

Semantische Integration von Ontologien und Ereignisgesteuerten Prozessketten

Oliver Thomas, Michael Fellmann

Institut für Wirtschaftsinformatik (IWi)
im Deutschen Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz (DFKI)
Universität des Saarlandes
Stuhlsatzenhausweg 3, Geb. D3 2, D-66123 Saarbrücken
{oliver.thomas|michael.fellmann}@iwi.dfki.de

Abstract. Dieser Beitrag beschreibt eine Erweiterung der Ereignisgesteuerten Prozesskette (EPK), mit deren Hilfe die in natürlicher Sprache formulierte Semantik der Bezeichner von EPK-Modellelementen durch formale Konzepte einer Ontologie repräsentiert werden kann. Hierfür wird ein mehrschichtiger Ansatz entwickelt, der eine Ontologieebene, eine Metadatenebene sowie eine Modellebene umfasst. Durch den vorgestellten Ansatz, der am Beispiel der Web Ontology Language (OWL) illustriert wird, können die Suche und Navigation in EPK-Modelldatenbanken verbessert, eine fortgeschrittene semantische Validierung von EPK-Modellen ermöglicht sowie die Ausführbarkeit der Prozessmodelle erleichtert werden.

1 Semantik in EPK-Modellen

Sowohl die Alltagssprachliche als auch die wissenschaftliche Verwendung des Begriffs „Semantik“ sind nicht einheitlich. In den verschiedenen Lebens- und Wissenschaftsbereichen haben sich unterschiedliche Semantikdefinitionen entwickelt. Dies führt insbesondere in der Wissenschaft bei der Verwendung des Semantikbegriffs zu Kommunikations- und Verständnisproblemen. Während im Alltagssprachlichen Sinne mit dem Begriff der Semantik häufig auf die Bedeutung oder den Inhalt eines Wortes oder Satzes hingewiesen wird, stützt sich das wissenschaftliche Verständnis von Semantik häufig auf die Begriffsbildung der Sprachwissenschaft (Linguistik) [z. B. Dürr06]. Innerhalb dieser Disziplin bezeichnet die Semantik (auch: Bedeutungslehre) dasjenige sprachwissenschaftliche Teilgebiet, das sich mit dem Sinn und der Bedeutung von Sprache beziehungsweise sprachlichen Zeichen befasst, mit anderen Worten: die Lehre von den Bedeutungen und von der Beziehung der Zeichen zum gemeinten Gegenstand.

Überträgt man dieses Verständnis im Allgemeinen auf Modellierungssprachen sowie im Speziellen auf die Prozessbeschreibungssprache Ereignisgesteuerte Prozesskette (EPK) und auf die mit Hilfe der Sprache explizierten EPK-Modelle, so kann unter der Semantik eines Prozessmodells die Beziehung zwischen den Elementen des Modells (Zeichen) und einem existierenden oder neu zu schaffenden betrieblichen Geschäftsprozess (Gegenstandsbereich) verstanden werden. Diese Auffassung von Semantik entspricht im Wesentlichen derjenigen, die von Keller, Nüttgens und Scheer bereits im Ursprungspapier

„Semantische Prozeßmodellierung auf der Grundlage ‚Ereignisgesteuerter Prozessketten (EPK)‘“ verwendet wurde [KeNS92]. Das Adjektiv „semantisch“ gebrauchten die Autoren insbesondere, um auf die Bedeutung der Modellierung von Abläufen aus einer fachlichen, d. h. nicht-technischen, betriebswirtschaftlichen Perspektive hinzuweisen.

Bei genauerem Hinsehen zeigt sich allerdings, dass zwei verschiedene Arten der Semantik für EPK-Modelle unterschieden werden müssen: eine über das Metamodell der EPK bzw. mit logisch-mathematischen Methoden definierte formale Semantik der EPK-Sprache (im Sinne der exakten Bedeutung dieser künstlichen Sprache) und eine über die Bezeichner der EPK-Modellelemente definierte Semantik, die an die natürliche Sprache gebunden ist.

Die formale Semantik der EPK wird zum einen durch die festgelegte Bedeutung ihrer Sprachkonstrukte, wie z. B. Ereignisse, Funktionen und Konnektoren bestimmt, zum anderen mit Hilfe einer abstrakten Syntax, die unabhängig von der EPK-Notation vorgibt, welche Beziehungen deren Sprachkonstrukte eingehen können. Diese Beziehungen können entweder zwischen den Sprachkonstrukten der EPK selbst in Form eines Kontrollflusses bestehen oder zwischen Sprachkonstrukten der EPK und denen anderer Modellierungssprachen der ARIS-Methode (z. B. Organigramm, Fachbegriffsmodell oder Leistungsbaum). Aus der Sicht der formalen Semantik sind individuelle Modellelemente austauschbare Platzhalter, eine Bedeutung resultiert ausschließlich aus der Art der Verbindung der Elemente, mithin also im systemtheoretischen Sinne aus der strukturalen Form des Modells [Wies59, S. 12]. Untersuchungen zur Semantik der EPK haben sich bislang hauptsächlich auf diese formale Semantik konzentriert [LaSW98; Aals99; NüRu02; Kind06; RoAa06].

Gleichwohl die Diskussion der formalen Semantik zum Verständnis und zur Anwendung der EPK aus modellierungssprachlicher Sicht notwendig erscheint, bleibt sie unvollständig in Bezug auf eine exakte Spezifikation der Semantik individueller Modellelemente. Dies rührt daher, dass ein wesentlicher Teil der Semantik eines individuellen Modellelementes auch an dessen Bezeichner gebunden ist, der mit Hilfe der natürlichen Sprache vom Modellkonstrukteur formuliert wird. Dieser Umstand wurde bisher nur wenig beachtet, obwohl die Wichtigkeit einer exakten Spezifikation der Semantik auf Modellelementebene bereits im Ursprungspapier von 1992 betont wurde. Hierin argumentieren Keller, Nüttgens und Scheer unter anderem, dass „im Rahmen der betrieblichen Informationsmodellierung [...] die eindeutige Definition des durch die Syntax repräsentierten semantischen Inhalts eines Informationsobjekts eine besondere Rolle [spielt]“ [KeNS92, S. 8]. Diese Forderung sollte allerdings nicht nur für Informationsobjekte gelten, sondern auch auf weitere Konstrukte der EPK wie Funktionen und Ereignisse übertragen werden (so kann z. B. eine Funktion „Auftrag prüfen“ unterschiedliche Aufgaben beinhalten, je nachdem, ob es sich um die Bearbeitung von Entwicklungsaufträgen, Bestellaufträgen oder Fertigungsaufträgen handelt).

Insgesamt ist somit ein wesentlicher Teil der Semantik eines EPK-Modells 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 Model-

lierer 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. Er ist im weiteren Verlauf wie folgt strukturiert: Zunächst werden in Abschnitt 2 Ontologien und Ontologiekonstruktionen für das semantische Geschäftsprozessmanagement skizziert. Nach diesen Einführungen wird in Abschnitt 3 detailliert die semantische Erweiterung von EPK-Modellen beschrieben. Abschnitt 4 behandelt die Potenziale einer IT-Unterstützung der semantischen Geschäftsprozessmodellierung. Der Beitrag schließt mit der Analyse verwandter Arbeiten in Abschnitt 5 und der Diskussion der Ergebnisse in Abschnitt 6.

2 Ontologien für das semantische Geschäftsprozessmanagement

2.1 Prozessmodellierung im Kontext des semiotischen Dreiecks

Die aus der Verwendung der natürlichen Sprache zur Bezeichnung von EPK-Modellelementen resultierenden Probleme lassen sich mit Hilfe des Semiotischen Dreiecks verdeutlichen. In seiner Grundform wurde dies bereits 1923 veröffentlicht [OgRi23]. Die zentrale Idee des semiotischen Dreiecks ist eine Trennung von Ding, Begriff und Symbol. Begriffe fungieren gleichsam als die „Griffe“, die Dinge (Objekte) begreifbar machen. Sie werden von Symbolen (Bezeichnungen, Benennungen) aktiviert. Somit stehen die Symbole schließlich für die Dinge. Diesen Zusammenhang veranschaulicht Abbildung 1.

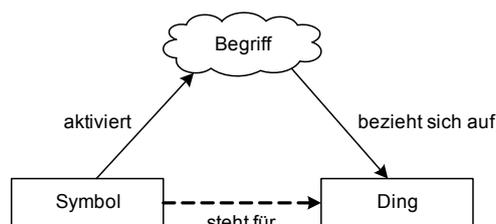


Abbildung 1: Semiotisches Dreieck [Stef02]

Bezogen auf die Modellierung bedeutet dies, dass ein Modellkonstrukteur zunächst durch die Interpretation von Sinneseindrücken oder durch Überlegung zu Begriffen gelangt, die Bestandteile seines internen, mentalen Modells sind. Wird dieses Modell schließlich expliziert, so versieht ein Modellkonstrukteur seine Begriffe mit Benennungen. Beide Vorgänge sind mit Problemen verbunden – die Begriffsbildung ist abhängig vom Vorwissen (Weltbild) und der Vorstellungskraft des Modellkonstrukteurs, die Be-

nennung der Begriffe von dessen Wortschatz und der zur Verfügung stehenden natürlichen Sprache. 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 terminologische und konzeptuelle Vereinheitlichung dringend erforderlich. Dazu muss ein von allen beteiligten Akteuren geteiltes Verständnis der relevanten Begriffe einer Domäne gefunden werden.

2.2 Ontologien und Ontologiesprachen

Im Bereich der Künstlichen Intelligenz und des Semantic Web wird eine solche Vereinheitlichung von Begriffen und Konzepten über Ontologien seit Jahren erforscht. Eine Ontologie ist nach Gruber [Grub95] „a formal, explicit specification of a shared conceptualisation“, frei übersetzt also das formal explizierte Verständnis der von einer Gruppe von Individuen geteilten Auffassung über bestimmte Sachverhalte einer Domäne. Mit OWL (Web Ontology Language) steht eine durch das W3C (World Wide Web Consortium) normierte Beschreibungssprache für Ontologien zur Verfügung. Der Grundgedanke des Semantic Web, die Bedeutung der im Web verfügbaren Ressourcen durch das Hinzufügen von Metadaten für Menschen und Maschinen besser interpretierbar zu machen [BeHL01], wird im Rahmen dieser Arbeit auf das Gebiet der Geschäftsprozessmodellierung übertragen. Dies geschieht durch die Zuordnung von Konzepten aus formalen Ontologien zu Modellelementen, womit die in den Modellelementbezeichnern enthaltene, mit Hilfe der natürlichen Sprache formulierte Semantik explizit spezifiziert werden kann. Der Ansatz ist damit komplementär zur Betrachtung der Semantik auf Metaebene: Die in einem Prozessmodell enthaltene, formale Semantik des Kontrollflusses wird um eine formale Spezifikation der im Prozess involvierten Entitäten ergänzt.

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) [SmWM04] 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 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 (Business Management Ontology) bereits ein Ansatz [Jenz03]. Zur Klassifikation von Produkten und Dienstleistungen existiert mit eclassOWL eine Portierung des eCl@ss-Standards nach OWL Lite [Hepp05]. Es können weiter Ontologien herangezogen werden, die (noch) nicht in OWL vorliegen,

wie beispielsweise die „Enterprise Ontology“ [UKMZ98] und TOVE (TOronto Virtual Enterprise) [Fox92]. Neben der Verwendung von Ontologien als Ganzem können auch Teilbereiche bestehender Ontologien genutzt werden. So besitzt die Top-level Ontologie CYC (abgeleitet vom englischen enCYClopedia) u. a. einen Bereich „Business & Commerce“, der für Geschäftsprozesse relevante Konzepte enthält [MCWD06].

Sind ein oder mehrere Ontologien gefunden, die dazu geeignet sind, die Semantik eines Geschäftsprozesses zu beschreiben, so können diese durch einen Prozess der Ontologiekonstruktion derart miteinander verschmolzen werden, dass sie 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` (für weiterführende Informationen sei auf den „OWL Guide“ des W3C verwiesen [SmWM04]). Die (teil-) automatisierte Zusammenführung von Ontologien ist darüber hinaus ein etablierter Forschungsgegenstand [MeIG00; SSFI04; StGH04] (vgl. auch ein Portal zu diesem Thema unter der URL <http://www.ontologymatching.org>).

2.3 Grundgerüst einer Ontologie zur Annotation von Prozessmodellen

In den folgenden Ausführungen wird ein einfaches Beispiel für eine Ontologie gezeigt und anhand einer grafischen Darstellung veranschaulicht, die Abbildung 2 zeigt. Beschriftungen werden mit den durch `rdfs:label`-Elemente gegebenen Bezeichnern 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.

Die Struktur der im Rahmen der weiteren Arbeit verwendeten Beispielontologie wird in Abbildung 2 verdeutlicht (aus Darstellungsgründen werden nicht alle in der Ontologie enthaltenen Klassen grafisch repräsentiert). Die Ontologie enthält exemplarisch Klassen für Organisationseinheiten, Aufgaben, Ereignisse, Dienste und Regeln. Diese Klassen können beliebige Spezialisierungen erfahren, beispielhaft wurden die Klassen Ereignis und Dienst weiter spezialisiert. Neben Klassen enthält die Beispielontologie Instanzen, die Individuen oder konkrete Vertreter einer Klasse repräsentieren. Die Properties `istTeilvon` und `nutzt` sind transitiv definiert, sodass bei Anfragen an die Ontologie mit Hilfe von Anfragesprachen zusätzliche Fakten geschlossen werden können (vgl. dazu auch Abschnitt 3.3). Im weiteren Verlauf wird diese Beispielontologie dazu benutzt, die modellelementspezifische Semantik von Elementen eines EPK-Modells zu spezifizieren.

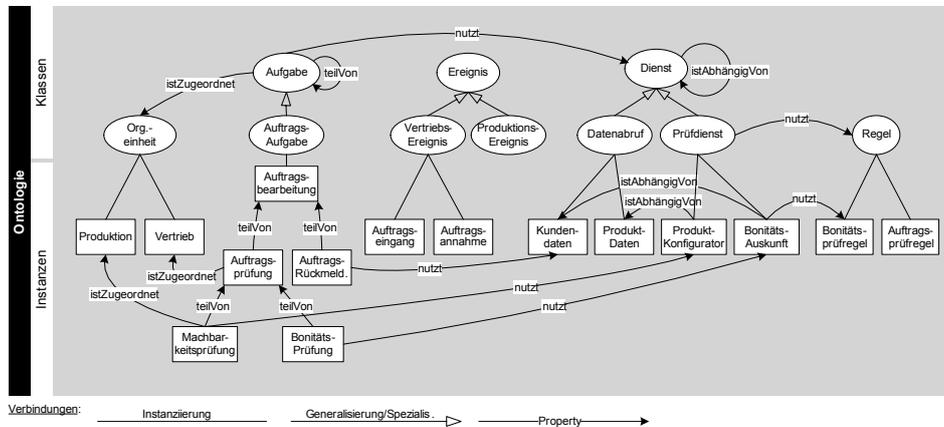


Abbildung 2: Grundgerüst einer Unternehmensontologie

3 Semantische Erweiterung der EPK

Bevor der Beitrag auf eine semantische Erweiterung der EPK eingeht, wird zunächst in Abschnitt 3.1 das Erweiterungsprinzip erläutert. Der darauf folgende Abschnitt 3.2 expliziert die zur Schaffung der Erweiterung benötigten Grundlagen, Abschnitt 3.3 beschreibt die Erweiterung der EPK in Form der Verknüpfung von Modellelementen mit Ontologieinstanzen. Abschnitt 3.4 zeigt dessen Operationalisierung auf Basis der EPK- und Ontologierepräsentationsformate EPML/XML bzw. RDF/XML auf.

3.1 Erweiterungsprinzip

Zur semantischen Erweiterung von EPK-Modellen wurde ein mehrstufiger Ansatz entwickelt, der drei separate Ebenen umfasst (vgl. Abbildung 3). Die oberste Ebene „Ontologie“ enthält eine Ontologie, die alle relevanten Konzepte eines Unternehmenskontextes und deren Bezüge untereinander als OWL-Klassen, Instanzen und Eigenschaften (Properties) enthält. Die im Rahmen dieses Beitrags beispielhaft verwendete Ontologie wurde bereits eingeführt. In der darunter liegenden Ebene „Metadaten“ werden Instanzen der Ontologie dazu verwendet, die individuelle Semantik von EPK-Modellelementen zu spezifizieren. Auf der untersten Ebene befindet sich das EPK-Modell, dessen Modellelemente mit Hilfe der Ontologie der obersten Schicht beschrieben werden sollen. Gestrichelte Linien zwischen den Ebenen deuten die Beziehungen der Elemente der verschiedenen Ebenen an. EPK-Modellelemente werden durch diese Zuordnungsbeziehungen Elementen der Metadatenebene zugeordnet und diese wiederum den Konzepten der Ontologie.

Um die Verknüpfung von EPK-Modellelementen mit Ontologieinstanzen über eine Metadatenebene zu realisieren, müssen die Elemente der EPK zunächst innerhalb der Ontologie sichtbar bzw. referenzierbar sein. Wenn dies der Fall ist, können weitere Aussa-

gen – in Abbildung 3 als gestrichelte Linien zwischen der Metadatenebene und der Ontologieebene dargestellt – über die zugrunde liegen Modellelemente getroffen werden. Somit ist zunächst eine Repräsentation der EPK in der Ontologie vonnöten, die Gegenstand des nächsten Abschnitts ist.

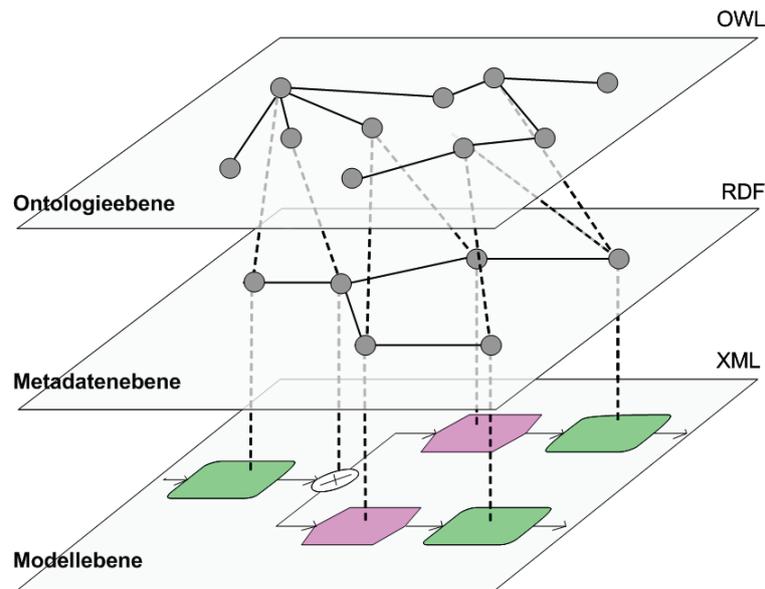


Abbildung 3: Ebenenmodell zur semantischen Geschäftsprozessbeschreibung

3.2 Repräsentation der EPK in der Ontologie

Bezüglich der Repräsentation der EPK in der Ontologie lässt sich eine Repräsentation der EPK-Sprachkonstrukte und eine Repräsentation von EPK-Modellelementen unterscheiden.

Die Repräsentation der EPK-Sprachkonstrukte geschieht durch gleichnamige Klassen in der Ontologie, wie beispielsweise Ereignis, Funktion oder Konnektor. Diese können als Spezialisierung einer allgemeinen Klasse Modellelement angelegt werden. Der in EPK-Modellen auftretende Kontrollfluss kann als Property fluss definiert werden. Zur Abbildung des Kontrollflusses ist es ausreichend, diesen einmalig mit der Domäne Modellelement zu spezifizieren. Kontrollflussrestriktionen, wie beispielsweise die Tatsache, dass EPK-Ereignisse oder Funktionen jeweils nur maximal eine aus- und eingehende Kontrollflusskante besitzen dürfen, könnten in der Ontologie ebenfalls angelegt werden. Allerdings sind diese Restriktionen bereits Gegenstand des Metamodells der EPK und daher aus der Perspektive der hier verfolgten semantischen Erweiterung der EPK nicht relevant – es wird vielmehr davon ausgegangen, dass bereits ein syntaktisch korrektes EPK-Modell vorliegt.

Modellelemente sind weiter Bestandteil eines Modells, dies wird durch ein entsprechendes Property gehörtZu mit der Domäne Modellelement und dem Wertebereich Modell berücksichtigt. Da Funktionen in EPK-Modellen mit Funktionshinterlegungen detailliert werden können, wird ein Property hatDetailModell mit der Domäne Funktion und dem Wertebereich Modell definiert. Insgesamt wird somit die EPK-Sprache grundlegend in der Ontologie repräsentiert. Abbildung 4 zeigt im oberen Bereich diese Repräsentation der EPK-Sprachkonstrukte in der Ontologie.

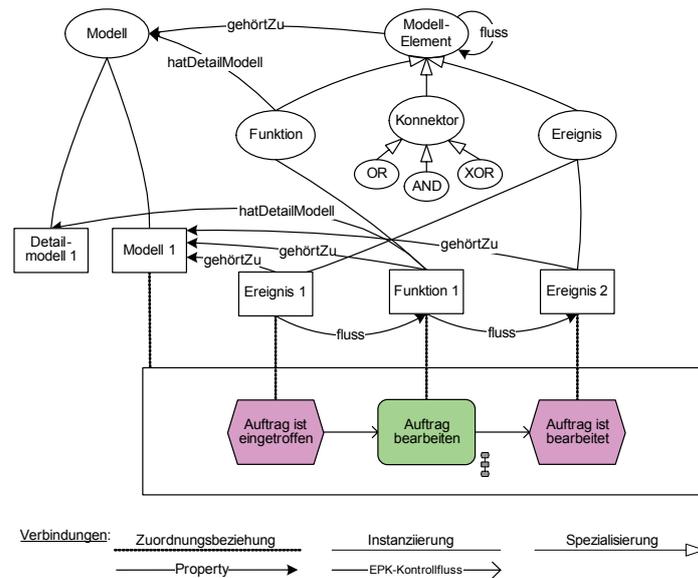


Abbildung 4: Repräsentation der EPK in der Ontologie

Die Repräsentation von EPK-Modellelementen in der Ontologie erfolgt durch die Instanziierung der zuvor definierten Sprachkonstruktclassen. Abbildung 4 verdeutlicht diesen Zusammenhang anhand eines EPK-Beispiels. Das EPK-Ereignis Auftrag ist eingetroffen wird als Ontologieinstanz Ereignis 1 der Ontologiekategorie Ereignis angelegt. Die somit erzeugte Instanz fungiert nun als Stellvertreter für das betreffende Modellelement des EPK-Modells in der Ontologie. Sie wird später dazu verwendet, eine Verknüpfung zu einer weiteren Ontologieinstanz zu etablieren, welche die Semantik des Modellelementes spezifiziert. Aus der Perspektive der Ontologie besitzen diese Stellvertreterinstanzen zunächst noch keine weitere, über die Bedeutung des jeweiligen EPK-Sprachkonstrukts hinausgehende Semantik.

Auch der Kontrollfluss der EPK wird in die Ontologierepräsentation übernommen. Dies ist zur späteren Suche in Modellen relevant und ermöglicht Anfragen wie „Welche Ereignisse lösen Funktionen aus, die einer bestimmten Organisationseinheit zugeordnet sind?“. Im Beispiel der Abbildung 4 wird der im EPK-Modell vorhandene Kontrollfluss als Property fluss zwischen den entsprechenden Ontologieinstanzen ebenfalls abgebildet. Das gesamte EPK-Beispiel der Abbildung 4 wird durch eine Ontologieinstanz Modell 1

der Ontologiekategorie Modell repräsentiert. Dieser werden die Ontologieinstanzen der im EPK-Modell auftretenden Modellelemente über gehörtZu-Properties zugeordnet. Ein Beispiel für eine Funktionshinterlegung ist in Abbildung 4 durch die EPK-Funktion Auftrag bearbeiten gegeben. Dieser Sachverhalt ist im EPK-Modell durch ein Funktionshinterlegungssymbol rechts unten am Funktionssymbol dargestellt. In der Ontologie wird dies durch ein Property hatDetailModell der korrespondierenden Instanzen Funktion 1 und Detailmodell 1 berücksichtigt.

Damit ist anhand eines einfachen Beispiels verdeutlicht, wie ein EPK-Modell in der Ontologie repräsentiert werden kann. Abbildung 5 zeigt ein (gegenüber dem vorangegangenen Modell) ausführlicheres Prozessmodell einer Kundenauftragsbearbeitung. Aus Übersichtlichkeitsgründen ist die zuvor beschriebene Repräsentation der EPK-Sprachkonstrukte und damit verbunden die Typisierung der Stellvertreterinstanzen nicht wiedergegeben. Elemente dieses Modells werden im Folgenden mit weiteren Instanzen der Ontologie verknüpft.

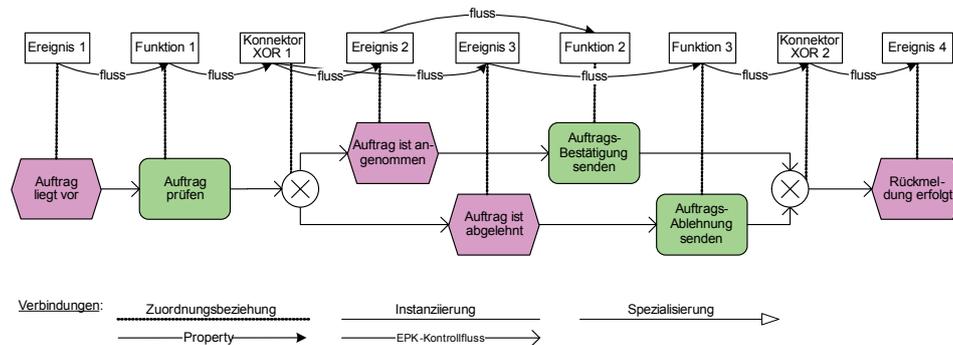


Abbildung 5: Repräsentation eines Auftragsbearbeitungsprozesses in der Ontologie

3.3 Verknüpfung von EPK-Modellelementen mit Ontologieinstanzen

Die Verknüpfung von EPK-Modellelementen mit Ontologieinstanzen kann auch als Vorgang der *semantischen Annotation* bezeichnet werden. Dabei werden die durch Stellvertreterinstanzen in der Ontologie repräsentierten EPK-Modellelemente mit weiteren Instanzen der Ontologie in Verbindung gebracht, welche die modellelementspezifische Semantik spezifizieren. Abbildung 6 zeigt diese Verknüpfung am Beispiel des in Abbildung 5 gezeigten Beispielprozesses und der in Abbildung 2 gezeigten Beispielontologie. Die Verknüpfung von Ontologie- und EPK-Modellelementinstanzen geschieht über Properties, In Abbildung 6 sind diese als *semType*-Properties dargestellt. Wie der Name impliziert, spezifizieren bzw. typisieren diese Properties die Semantik eines EPK-Modellelements durch eine Relation zu einer Ontologieinstanz, die eine durch die Ontologie definierte, formale Semantik besitzt.

Wesentliche Merkmale der Verknüpfung sind, dass zum einen individuelle Modellelemente mit der durch die Ontologie definierten Semantik ausgestattet werden, die gemäß

der Definition des Ontologiebegriffs von einer Gruppe von Individuen geteilt wird. Somit besitzt ein EPK-Modellelement nun eine explizit spezifizierte Bedeutung, die nicht mehr an den Modellelementbezeichner gebunden ist.

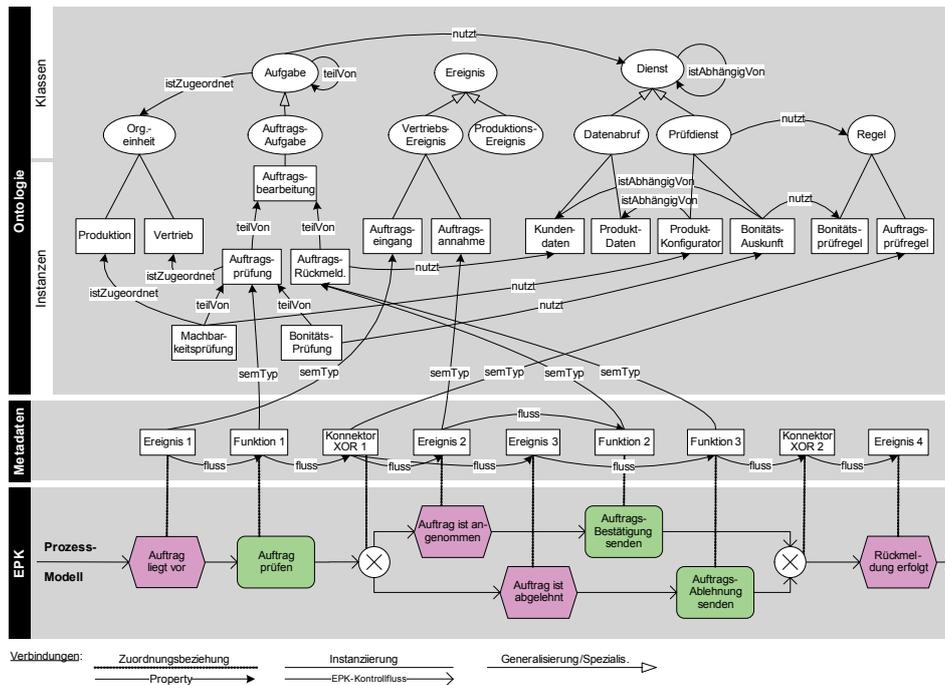


Abbildung 6: Semantisch annotierter Auftragsbearbeitungsprozess

Zum anderen wird durch die Verknüpfung der Kontext eines Modellelementes genauer spezifiziert. Dies geschieht indirekt über Relationen, die zwischen der ein EPK-Modellelement repräsentierenden Ontologieinstanz und weiteren Instanzen der Ontologie bestehen. Prinzipiell ist eine solche Spezifikation von Beziehungen zu weiteren Elementen wie Organisationseinheiten oder Ressourcen bereits mit den Konstrukten der ARIS-erweiterten EPK möglich. Im Unterschied zur ARIS-EPK und den weiteren Sprachen der ARIS-Methode können zum einen jedoch die zwischen diesen weiteren Elementen bestehenden Beziehungen mit einer umfangreicheren formalen Semantik definiert werden. Dies geschieht mit Hilfe der von OWL bereitgestellten Möglichkeiten wie die der Definition von Hierarchien oder transitiven, inversen oder symmetrische Eigenschaften. Zum anderen stehen diese in der Ontologie enthaltenen Beziehungen bei Anfragen an ein Modell ausgehend vom semantisch annotierten EPK-Modellelement zur Verfügung.

Im Beispiel der Abbildung 6 kann durch die transitive Definition des Properties `teilVon` durch maschinelle Inferenz geschlossen werden, dass die `Machbarkeitsprüfung` ein Teil der `Auftragsbearbeitung` ist. Wird weiter ein Property `hatTeilAufgabe` in der Ontologie definiert und dieses als invers in Bezug auf `teilVon` definiert, so kann auch in umgekehrter

Richtung geschlossen werden, dass die Auftragsbearbeitung aus den Teilaufgaben Auftragsprüfung, Machbarkeitsprüfung, Bonitätsprüfung und Auftragsrückmeldung besteht. In gleicher Weise kann bei einer transitiven Definition des Properties genutzt werden, dass die Bonitätsprüfung eine Bonitätsprüfregel benutzt.

Ein Beispiel für eine verkettete Anfrage ausgehend von einem EPK-Modellelement ist im Beispiel der Abbildung 6 die Frage, von welchen Diensten die Funktion Auftragsbearbeitung außer den unmittelbar spezifizierten Diensten abhängt. Zunächst werden dazu die Aufgabe Auftragsbearbeitung und deren Teilaufgaben auf benutzte Dienste untersucht. Anschließend wird für alle diese Dienste untersucht, ob diese ein Property ist. Abhängig davon besitzen und ggf. der entsprechende Dienste als Ergebnis der Anfrage zurückgegeben.

Ein Beispiel für eine symmetrische Eigenschaft wäre ein Property `hatGeschäftsPartner` zwischen Organisationseinheiten. Wird für eine Organisationseinheit A eine Organisationseinheit B als Geschäftspartner definiert, so kann auch gefolgert werden, dass Organisationseinheit B einen Geschäftspartner Organisationseinheit A besitzt.

Insgesamt können sehr weit reichende Anfragen an die semantisch annotierten Geschäftsprozessmodelle gerichtet werden. Obwohl sich Anfragesprachen für Ontologien noch weiterhin in der Entwicklung befinden, existiert mit SPARQL [PrSe05] bereits eine vom W3C vorgeschlagene Anfragesprache, mit Hilfe derer die oben beschriebenen Anfragen durchgeführt werden können.

3.4 RDF-Repräsentation der semantischen EPK

In technischer Hinsicht wird die Verknüpfung von EPK-Modellelementen durch das Einfügen von Attributen in die XML-Repräsentation eines EPK-Modells realisiert. Diese Attribute identifizieren die jeweils zu einem Modellelement zugehörige Ontologieinstanz, die das betreffende Element semantisch spezifiziert. Abbildung 7 veranschaulicht dies sowohl grafisch als auch mit Hilfe der entsprechenden XML-Vokabulare EPML/XML (Event Driven Process Markup Language) für die EPK-Repräsentation, RDF/XML (Resource Description Framework) für eine semantische Repräsentation der EPK – im Rahmen dieses Beitrags auch als sEPK bezeichnet – und OWL/XML zur Repräsentation der Ontologieklassen und -instanzen.

Wie in Abbildung 7 ebenfalls zu erkennen ist, geschieht eine Verknüpfung von EPK-Modellelement und Ontologieinstanz in Übereinstimmung zu Abbildung 3 über eine Zwischenstufe in Form von Metadaten. Diese enthalten in Form eines `semanticType`-Attributs (vgl. auch Abbildung 6) die mit dem EPK-Modellelement korrespondierende Ontologieinstanz. Diese wird auch in der EPML-Repräsentation als Attribut hinterlegt. Weiter werden die natürlichsprachigen Bezeichner der EPK-Modellelemente als Bezeichner in den Metadaten im Feld `rdfs:label` verwendet. Beide Zuordnungsbeziehungen sind grafisch auf der rechten Seite der Abbildung 7 mit Hilfe einer gestrichelten Linie dargestellt.

Aus einer konzeptionellen Sicht ist der Sprachumfang von RDF für die Metadaten ausreichend, da keine Sprachkonstrukte aus OWL verwendet werden. Aus einer technischen

Sicht ergibt sich dennoch OWL-DL als Sprachumfang, da die zur Annotation verwendeten Ontologieinstanzen beispielsweise bei Anfragen in die Metadaten importiert werden müssen.

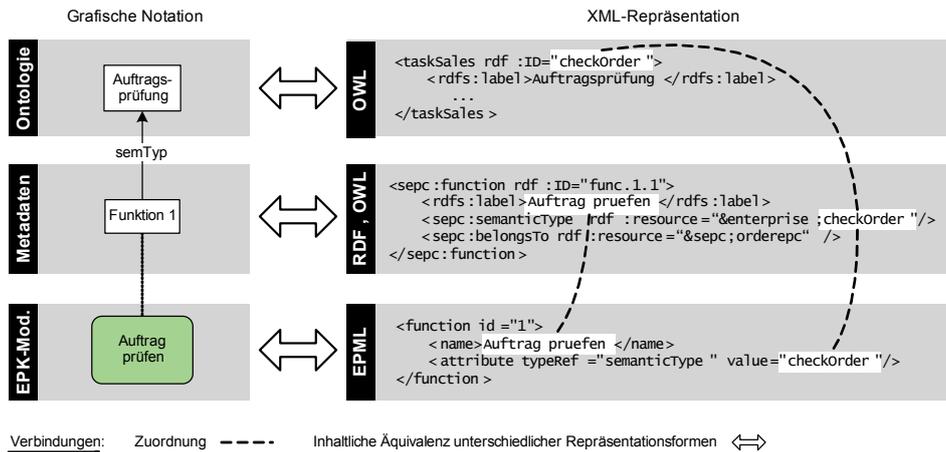


Abbildung 7: Verknüpfung von EPK-Modellen mit Ontologien auf Repräsentationsbasis

Nachdem eine Verknüpfung von EPK-Modell und Ontologieinstanzen wie in Abbildung 7 gezeigt realisiert ist, kann auf Basis der Repräsentationsformate eine komplette Transformation der EPK in eine sEPK-Repräsentation erfolgen. Diese besteht aus der XML-Repräsentation der Metadaten, die beispielhaft bereits in der mittleren Ebene der Abbildung 7 gezeigt wurde. Die Transformation ist in Abbildung 8 dargestellt.

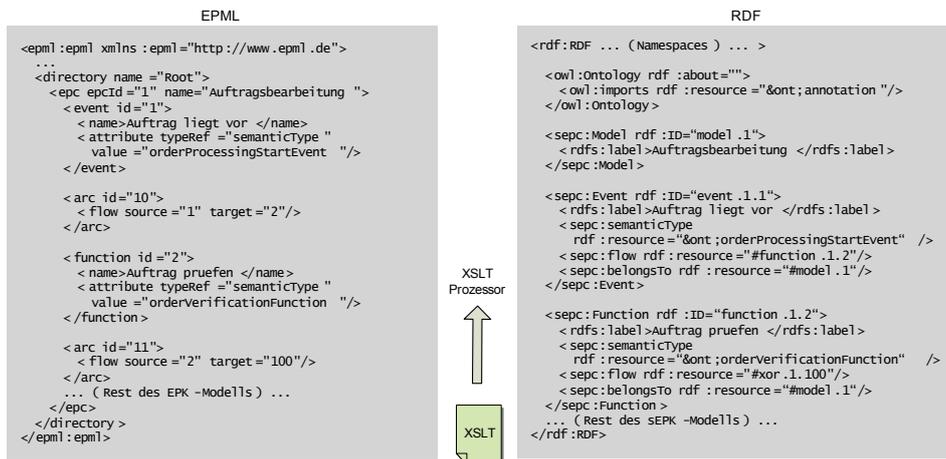


Abbildung 8: Transformation von EPML nach RDF

4 IT-Unterstützung der semantischen Geschäftsprozessmodellierung

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

Die *Annotation* betreffend müssen Werkzeuge zur Verfügung stehen, die innerhalb der EPK-Modellierungsumgebung die semantische Annotation von Modellelementen durch einen Auswahlmechanismus für Ontologieinstanzen 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“ (<http://www.wcs.uni-paderborn.de/cs/kindler/research/EPCTools>) als auch zur Ontologiemodellierung durch das „Integrated Ontology Development Toolkit“ von IBM existieren (<http://www.alphaworks.ibm.com/tech/semanticstk>).

Des Weiteren kann die Entwicklung einer zur Annotation geeigneten Ontologie unterstützt werden, indem aus bereits vorhandenen Prozessmodellen, die sich den Konstrukten der ARIS-EPK bedienen, zur Annotation geeignete Instanzen in der Ontologie angelegt werden. Im Beispiel der Abbildung 9 wird aus einer EPK-Funktion, die mit einer Organisationseinheit „Vertrieb“ verbunden ist und als Ressource „Kundendaten“ benötigt, eine korrespondierende Ontologieinstanz „Auftrag prüfen“ angelegt. Die Auswahl geeigneter Properties „benötigt“ und „istZugeordnet“ erfolgt automatisiert aufgrund der im Metamodell definierten Semantik der EPK-Sprachkonstrukte.

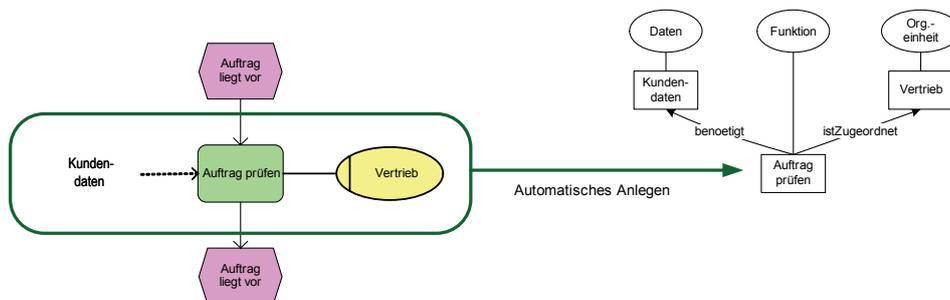


Abbildung 9: Automatisches Anlegen einer Ontologieinstanz

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

Die *Speicherung und Anfrage* wurde ebenfalls bereits prototypisch mit Hilfe des RDF-Rahmenwerks Jena und Tomcat als Server entwickelt. Anfragen an sEPK-Modelle sind

mit der RDF-Anfragesprache SPARQL möglich, wobei die in Jena enthaltene Inferenzmaschine benutzt wird. 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.

5 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 [Aals99; NüRu02; Kind06; RoAa06]. Diese ist auch im Hinblick auf eine Transformation der EPK in ausführbare BPEL-Prozessdefinitionen relevant. Zur Lektüre entsprechender Arbeiten wird ergänzend 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 [Jenz03]. Bezogen auf das Geschäftsprozessmanagement im Zusammenspiel mit (Semantic) Web Services existiert mit eine Beschreibung der Potenziale einer Kombination semantischer Prozessbeschreibungen mit semantischen Web Services insbesondere unter Berücksichtigung der fachlichen Perspektive des Prozessmanagements [HLDW05]. Allerdings behandelt dieser Ansatz keine konkreten fachlichen Beschreibungssprachen.

Die IT-Unterstützung betreffend existiert mit Sementalk bereits ein gut ausgebauter Ansatz für die Verknüpfung von EPK-Modellen mit Ontologien auf der Basis des grafischen Modellierungs- und Zeichenwerkzeugs Microsoft VISIO [FiWe04]. 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.

6 Diskussion der Ergebnisse und Ausblick

Die genaue semantische Spezifikation von Modellelementen wurde zwar bereits bei der Einführung der EPK gefordert [KeNS92], aber deren Durchführung jedoch in der Folge nicht aufgezeigt. Die erneute Betonung der Semantik von EPK-Modellen geschieht nun vor dem Hintergrund der Ergebnisse des Semantic Web, das Sprachen, Techniken und Werkzeuge zur Spezifikation und Verarbeitung von Semantik zur Verfügung stellt. Mit dessen Hilfe ist die Semantik betrieblicher Abläufe exakter spezifizierbar und damit auch einer maschinellen Verarbeitung zugänglich.

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. 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.
- Durch die Annotation von Ontologieinstanzen wird das Verständnis der Geschäftsprozesse erhöht, da Ontologien die von Individuen geteilten Konzeptionalisierungen und Terminologie enthalten. Durch die Möglichkeit, eine vorhandene Ontologie beliebig um weitere Aussagen zu erweitern, beispielsweise die relevanten gesetzlichen Grundlagen in Bezug auf die Abwicklung einer betrieblichen Aufgabe, eignen sich semantisch annotierte Prozessketten als Ausgangspunkt eines prozessorientierten Wissensmanagements.
- Der Aufwand zur „Internationalisierung“ von Prozessmodellen wird reduziert, da Übersetzungsarbeiten der Bezeichner individueller Modellelemente aufgrund von in der Ontologie mehrsprachig hinterlegbaren Bezeichnungen der Ontologieinstanzen erleichtert oder teilautomatisiert werden können.
- 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 [ACDF05], WSDL-S [AFMN05], OWL-S [MBLP04], KDSWS [HoKe04], METEOR-S [ASSV04] und IRS-II [MDCG03]. Abbildungen fachlicher Sachverhalte auf technische erfolgen durch die zentrale Speicherung von Geschäftsprozesselementen als Ontologieinstanzen redundanzfrei.

Weiterer Forschungsbedarf existiert hinsichtlich der Integration semantisch heterogener Ontologien in eine zur Annotation geeigneten Ontologie, hinsichtlich der Abbildung von Dynamik, d.h. Änderungen an der Ontologie, sowie der Verbindung des Ansatzes zu Semantic Web Services oder Web Services Repositories.

Literaturverzeichnis

- [Aals99] 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
- [ACDF05] Arroyo, S.; Cimpian, E.; Domingue, J.; Feier, C.; Fensel, D.; König-Ries, B.; Lausen, H.; Polleres, A.; Stollberg, M.: Web Service Modeling Ontology Primer : W3C Member Submission 3 June 2005. Innsbruck : DERI, 2005

- [AFMN05] Akkiraju, R.; Farrell, J.; Miller, J.; Nagarajan, M.; Schmidt, M.-T.; Sheth, A.; Verma, K.: Web Service Semantics – WSDL-S : W3C Member Submission 7 November 2005. University of Georgia Research Foundation, Inc., 2005
- [ASSV04] Abhijit, P.; Swapana, O.; Sheth, A.; Verma, K.: METEOR-S Web Service Annotation Framework. In: The Thirteenth International World Wide Web Conference (WWW 2004), May 17–22, 2004, New York, USA. ACM, 2004, S. 553–562
- [BeHL01] Berners-Lee, T.; Hendler, J.; Lassila, O.: The Semantic Web. Scientific American, 2001. – URL <http://www.sciam.com/article.cfm?articleID=00048144-10D2-1C70-84A9809EC588EF21&sc=I100322> [Zugriffsdatum 23.11.2005]
- [Dürr06] Dürr, M.: Deskriptive Linguistik: Grundlagen und Methoden. Göttingen : Vandenhoeck & Ruprecht, 2006
- [FiWe04] Fillies, C.; Weichhardt, F.: On Ontology-based Event-driven Process Chains. URL <http://www.semtalk.com/pub/semtalkep.pdf> [Zugriffsdatum 25.11.2005]
- [Fox92] 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, June 9–12, 1992, Proceedings. London : Springer, 1992, S. 25–34
- [Grub95] Gruber, T. R.: Toward principles for the design of ontologies used for knowledge sharing? In: International Journal of Human-Computer Studies 43 (1995), Nr. 5–6, S. 907–928
- [Hepp05] 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, 2005
- [HLDW05] Hepp, M.; Leymann, F.; Domingue, J.; Wahler, A.; Fensel, D.: 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, 2005, S. 535–540
- [HoKe04] Howard, R.; Kerschberg, L.: A Knowledge-based Framework for Dynamic Semantic Web Services Brokering and Management. In: Galindo, F.; Takizawa, M.; Traummüller, R. (Hrsg.): Database and expert systems applications : 15th International Conference, DEXA 2004, Zaragoza, Spain, August 30-September 3, 2004 : proceedings. Berlin : Springer, 2004, S. 174–178
- [Jenz03] Jenz, D. E.: Strategic White Paper: Ontology-Based Business Process Management ; The Vision Statement. Erlensee : Jenz & Partner GmbH, 2003
- [KeNS92] 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
- [Kind06] Kindler, E.: On the semantics of EPCs: Resolving the vicious circle. In: Data & Knowledge Engineering 56 (2006), Nr. 1, S. 23–40
- [LaSW98] 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. Berlin [u. a.] : Springer, 1998, S. 286–305
- [MBLP04] Martin, D.; Burstein, M.; Lassila, O.; Paolucci, M.; Payne, T.; McIlraith, S. A.: Describing Web Services using OWL-S and WSDL. Arlington, VA : BBN Rosslyn office, 2004

- [MCWD06] Matuszek, C.; Cabral, J.; Witbrock, M.; DeOliveira, J.: 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, 2006, S. 44–49. – Technical Report SS–06–05]
- [MDCG03] Motta, E.; Domingue, J.; Cabral, L.; Gaspari, M.: IRS–II: A Framework and Infrastructure for Semantic Web Services. In: Fensel, D.; Sycara, K.; Mylopoulos, J. (Hrsg.): The SemanticWeb – ISWC 2003 : Second International Semantic Web Conference, Sanibel Island, FL, USA, October 20–23, 2003 : Proceedings. Berlin : Springer, 2003, S. 306–318
- [MeIG00] Mena, E.; Illarramendi, A.; Goni, A.: Automatic Ontology Construction for a Multiagent-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. Berlin : Springer, 2000, S. 232–243
- [NüRu02] 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. Bonn : Köllen, 2002, S. 64–77
- [OgRi23] Ogden, C. K.; Richards, I. A.: The meaning of meaning : A study of the influence of language upon thought and of the science of symbolism. 1. Aufl. London : Kegan Paul, Trench, Trubner, 1923
- [PrSe05] Prud’hommeaux, E.; Seaborne, A. (Hrsg.): SPARQL Query Language for RDF : W3C Working Draft 23 November 2005. W3C, 2005. – URL <http://www.w3.org/TR/rdf-sparql-query/> [Zugriffsdatum 02.12.2005]
- [RoAa06] Rosemann, M.; van der Aalst, W. M. P.: A configurable reference modelling language. In: Information Systems (2006). – In Press, Corrected Proof
- [SmWM04] Smith, M. K.; Welty, C.; McGuinness, D. L. (Hrsg.): OWL Web Ontology Language Guide : W3C Recommendation 10 February 2004. W3C, 2004. – URL <http://www.w3.org/TR/owl-guide/> [Zugriffsdatum 29.01.2006]
- [SSFI04] Sugiura, N.; Shigeta, Y.; Fukuta, N.; Izumi, N.; Yamaguchi, T.: 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. Berlin : Springer, 2004, S. 1–15
- [Stef02] Steffen, S.: Wissensmanagement mit Ontologien und Metadaten. In: Informatik-Spektrum 25 (2002), Nr. 3, S. 194–209
- [StGH04] 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
- [UKMZ98] Uschold, M.; King, M.; Moralee, S.; Zorgios, Y.: The Enterprise Ontology. In: The Knowledge Engineering Review 13 (1998), Nr. 1, S. 31–89
- [Wies59] Wieser, W.: Organismen, Strukturen, Maschinen : Zu einer Lehre vom Organismus. Frankfurt am Main [u. a.] : Fischer Bücherei, 1959

