

Geschäftsprozessmanagement Meets Semantic Web

Tammo van Lessen, Branimir Wetzstein, Jörg Nitzsche, Zhilei Ma,
Dimka Karastoyanova, Frank Leymann

Institut für Architektur von Anwendungssystemen
Universität Stuttgart
Universitätsstraße 38
70569 Stuttgart
{vorname.nachname}@iaas.uni-stuttgart.de

Abstract: IT-gestütztes Geschäftsprozessmanagement ist derzeit in aller Munde, verspricht es doch einen hohen Grad an Flexibilisierung und eine wachsende Verschmelzung der Fach- und IT-Abteilungen. Trotz wachsender Unterstützung durch Modellierungswerkzeuge kann die Lücke zwischen der fachlichen Sicht und der technischen Umsetzung derzeit nicht ausreichend automatisiert überbrückt werden. Das EU-Forschungsprojekt SUPER hat zum Ziel, diese Kluft mit Hilfe von semantisch annotierten Geschäftsprozessen und Diensten zu schließen. Dabei wird die Modellierung nicht isoliert betrachtet, sondern alle vier Phasen des Geschäftsprozessmanagements (Modellierung, Konfiguration, Ausführung und Analyse) ganzheitlich untersucht und verbessert.

1 Einleitung

Heutzutage versucht man die IT Unterstützung im Geschäftsprozessmanagement (Business Process Management oder BPM) [SF03] durch dienstbasierte Systeme zu verbessern. Die Dienstorientierung wird durch den neuesten Architekturstil – die serviceorientierte Architektur (SOA) – ermöglicht und bringt verbesserte Flexibilität und Wiederverwendbarkeit mit sich. Diese Vorteile kann man nur dann vollständig ausschöpfen, wenn man die Modellierung und Ausführung von Prozessmodellen näher an die eigentlichen Benutzer, d.h. die Fachexperten und Geschäftsanalysten, bringt. Leider ist dieser Grad an Automatisierung wegen der mangelnden Werkzeug-Unterstützung für Fachexperten noch nicht möglich. Die daraus entstehende Lücke ist momentan im Fokus der Wissenschaft im Bereich BPM und es wird versucht diese zu schließen.

In der Forschung auf diesem Gebiet zeichnet sich die Kombination von Semantic Web Technologien [BLH+01] mit Web Services und Geschäftsprozessmanagement als neuester Trend ab [HLD+05]. In diesem Beitrag stellen wir die Vorteile durch die

Benutzung von semantischen Beschreibungen im Umfeld von Geschäftsprozessen dar. Dies wird am Beispiel des EU-Projekts SUPER¹ gezeigt.

2 Semantisches Geschäftsprozessmanagement am Beispiel von SUPER

Im Projekt SUPER versucht man die Modellierung und Ausführung von Geschäftsprozessen aus dem Telekommunikationsbereich einfacher zu gestalten. Im Rahmen des Projektes wurde eine Methodologie für semantisches BPM (SBPM) definiert, die alle Phasen des BPM Lebenszyklus mit Semantik anreichert [WMF+07]. Diese Methodologie und die dazugehörigen Techniken und Konzepte werden im Folgenden dargestellt.

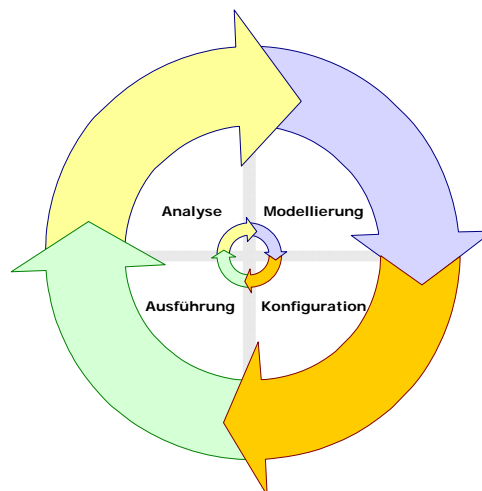


Abbildung 1 – Lebenszyklus des Geschäftsprozessmanagements

2.1 Modellierung

Die Modellierung eines Geschäftsprozesses ist die erste Phase des SBPM Lebenszyklus. In ihr werden die Geschäftsmodelle definiert und mit semantischen Informationen angereichert. Welche Aktivitäten welche Voraussetzungen und Auswirkungen haben, wird nicht mehr nur natürlichsprachlich in der Dokumentation ausgedrückt sondern ist fester Bestandteil des Prozessmodells. Auf dieser Basis kann die technische Realisierung des Modells leichter automatisch aus den geschäftlichen Anforderungen abgeleitet werden. Für die semantische Annotation werden Ontologien für Geschäftsprozessmanagement (u.a. Prozessontologie, Organisationsontologie) [HR07] und domänen-spezifische Ontologien verwendet. Die Annotation hilft die konventionelle Geschäftsprozessmodellierung um folgende Funktionen zu erweitern:

¹ <http://www.ip-super.org/>

Wiederverwendung von Prozessfragmenten: Prozessfragmente sind wieder verwendbare Teile eines Prozessmodells. Diese können während der Modellierung identifiziert werden und einem Repository [MWA+07] abgelegt werden. Durch die semantischen Annotationen ist es dem Geschäftsanalysten später möglich, werkzeuggestützt Fragmente zu finden, die eine bestimmte Aufgabe lösen oder bestimmte nicht-funktionale Anforderungen erfüllen und in ein anderes Prozessmodell einzufügen/einzubetten.

Automatische Vervollständigung von Prozessmodellen: Die Einbettung von Prozessfragmenten kann jedoch auch vereinfacht werden. Anhand der maschinell verwertbaren Vor- und Nachbedingungen (*preconditions* und *effects*) können für „Lücken“ im Prozessmodell geeignete Prozessfragmente gefunden werden und diese damit gefüllt werden.

Mediation: In heterogenen Integrationsszenarien ist man häufig mit komplexen, organisch gewachsenen Prozessmodellen konfrontiert. Um solche Prozesse (Dienste) flexibel miteinander kombinieren zu können helfen semantische Prozessmediatoren, die sowohl unterschiedliche Datentypen als auch Unterschiede in den Kommunikationsmustern überbrücken können.

Mit Hilfe von erweiterten Modellierungswerkzeugen [DSS+07] kann der Geschäftsanalyst wie gewohnt mit einer Prozessnotation wie z.B. BPMN [BPMN06] arbeiten.

2.2 Konfiguration

Im konventionellen Geschäftsprozesslebenszyklus werden die durch die Fachabteilung modellierten Prozessmodelle an eine IT-Abteilung übergeben und dort implementiert. Im Lebenszyklusmodell der semantischen Geschäftsprozesse wachsen diese beiden Phasen zusammen. Um die Prozesse zur Ausführung vorzubereiten muss die Verfügbarkeit geeigneter Dienste sichergestellt werden. Dies findet im SBPM Lebenszyklus in der Konfigurationsphase statt. Bleibt die Suche nach einem konkreten Dienst erfolglos, kann automatisch ein neuer Dienst aus Bestehenden komponiert werden.

Finden von semantischen Web Services (SWS): Hinter den Aktivitäten in Prozessmodellen verbergen sich Aufrufe von externen Diensten. In konventionellen service-orientierten Architekturen handelt es sich meist um Web Services [WCL+05], die beispielsweise mit WS-BPEL [BPEL07] zu einem höherwertigen Prozess orchestriert werden. Da BPEL von der eigentlichen Implementierung des jeweiligen Dienstes abstrahiert und nur an dessen abstrakte Schnittstelle gebunden ist, müssen zum Zeitpunkt des Deployments die konkreten Dienstimplementierungen gebunden werden. Bei konventionellem BPEL werden die Dienste in der Regel statisch gebunden, können aber auch zur Laufzeit dynamisch ausgewählt werden [KLN+06].

Semantische Web Services (SWS) stellen eine Alternative zur dynamischen Dienstausswahl dar. Ansätze wie OWL-S [MPM+04] und die Web Services Modeling Ontology (WSMO) [RLK+06] bauen auf konventionelle Web Services auf und ergänzen

sie um semantische Beschreibungen. Neben nicht-funktionalen Beschreibungen definieren sie auch funktionale Aspekte wie die semantische Bedeutung der Ein- und Ausgabeparameter, der verwendeten Kommunikationsmuster sowie eine maschinenverständliche Beschreibung des Zustandes, den sie vor ihrer Ausführung voraussetzen und danach hinterlassen. Die semantische Beschreibung hat den Vorteil, dass Dienste zur Laufzeit nicht nur anhand ihrer nicht-funktionalen Eigenschaften, sondern anhand ihrer Funktionalität ausgewählt werden können. Das in SUPER verwendete WSMO unterscheidet dafür zwischen Web Service und Goal. Ein *WSMO Web Service* beschreibt die funktionalen wie nicht-funktionalen Anforderungen eines konkreten Web Service und verweist auf das WSDL dieses Dienstes. Diese WSMO Beschreibungen werden in einem Repository abgelegt. Um einen Dienst mit bestimmten Merkmalen zu finden, wird ein *WSMO Goal* definiert, welches die Anforderungen an einen Dienst semantisch ausdrückt. Wird ein solches *Goal* an die WSMO Ausführungsumgebung SEE (Semantic Execution Environment) [ZMH+07] übergeben, findet diese mittels Reasoning einen passenden Dienst. Werden in Goal und Web Service unterschiedliche Ontologien verwendet, helfen Mediatoren diese Diskrepanz zu überwinden.

BPEL4SWS [NLK+07] ist eine Erweiterung von BPEL und erlaubt es neben konventionellen auch semantische Web Services (z.B. WSMO) zu orchestrieren. Dazu werden die Datentypen der Variablen und die Interaktionsaktivitäten semantisch annotiert. BPEL4SWS verwendet zur Annotation der Datentypen SA-WSDL [FL07], eine Erweiterung des WSDL Standards, die XML Schema Typen mit Ontologie-Konzepten in Relation bringt. Dadurch ist es möglich, ein- und ausgehende XML-Nachrichten jederzeit in eine maschineninterpretierbare Repräsentation zu überführen.

Ziel der Konfigurationsphase ist es, die Ausführbarkeit von konzeptionellen Prozessmodellen in semantisch annotiertem BPMN oder EPK zu überprüfen und in ausführbares BPEL4SWS zu überführen. Das kann durch manuelle Anpassungen oder durch intelligente Algorithmen geschehen.

Komposition von Diensten: Die konzeptionellen Prozessmodelle, die in der Modellierungs-Phase entstanden sind, sind recht abstrakt formuliert. Um die Ausführbarkeit eines solchen Prozessmodells sicher zu stellen, müssen für die jeweiligen Aktivitäten auch entsprechende Dienste vorhanden sein. Dazu werden für alle Aktivitäten entweder konventionelle Web Services gesucht und gebunden (um ein konventionelles BPEL-Prozessmodell zu erzeugen) oder es werden semantische Web Services gesucht (um ein BPEL4SWS-Prozessmodell zu generieren). Auch hier kann entweder direkt ein WSMO Web Service an die Aktivität gebunden werden (early binding) oder ein WSMO Goal angegeben werden. Im letzteren Fall wird der konkrete Dienst erst zur Laufzeit gesucht und gebunden (late binding). Ist kein passender Dienst für eine bestimmte Aktivität im Repository hinterlegt, kann eine automatische Komposition [WMD+07] angestoßen werden. Dazu werden die semantisch beschriebenen Vor- und Nachbedingungen einzelner existierender Dienste betrachtet und so in Reihenfolge gebracht, dass die die Bedingungen der Aktivität erfüllen.

2.3 Ausführung

In SUPER wurde eine umfangreiche Architektur zur Ausführung von semantischen Geschäftsprozessen definiert (Abbildung 2). Die Kernkomponente stellt der Semantic Service Bus (SSB) [KLN+07] dar, ein Enterprise Service Bus [Ch04], der die anderen SUPER-Komponenten integriert und das zentrale Deployment von semantischen Diensten und Prozessmodellen auf die Infrastruktur ermöglicht.

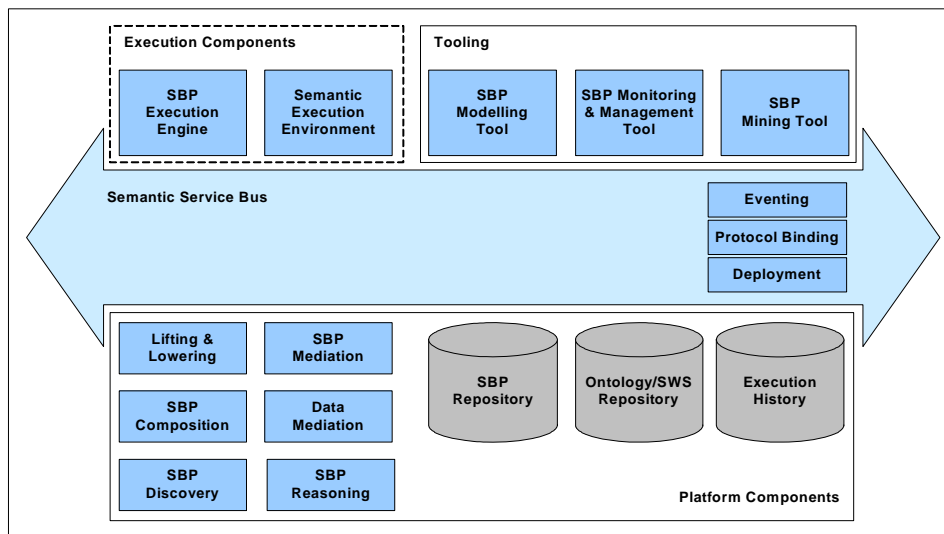


Abbildung 2 – Architektur der SUPER-Infrastruktur

Die Ausführung von BPEL4SWS Prozessen findet in der *Semantic BPEL Execution Engine* (SBPELEE) [LND+07] statt. Dort werden die Prozesse und Prozessinstanzen ausgeführt und verwaltet. Diese Engine ist eine BPEL 2.0 konforme Implementierung und wurde um die folgenden Funktionalitäten erweitert:

Lifting und Lowering: BPEL4SWS Prozessmodelle können sowohl konventionelle als auch semantische Web Services zur Implementierung von Aktivitäten verwenden. Daher müssen Variablen in BPEL auch die entsprechenden semantischen Informationen enthalten. Unter Zuhilfenahme von SA-WSDL können die Inhalte von Variablenwerten nach Belieben von ihrer XML-Repräsentation in eine ontologische Darstellung und zurück transformiert werden.

Mediation: In konventionellem BPEL werden Wertzuweisungen auf Variablen hauptsächlich über XPath-Ausdrücke formuliert. Diese operieren ausschließlich auf den XML-Werten der Variablen. Verwendet man jedoch die ontologische Repräsentation kann man mit Hilfe von semantischen Mediatoren von der syntaktischen Darstellung der Werte abstrahieren. Die Mediatoren definieren auf der semantischen Ebene die Äquivalenz zwischen zwei Ontologiekonzepten und erlauben dadurch die Transformation von syntaktisch unterschiedlichen aber semantisch identischen Variablentypen.

Aufruf von Semantischen Web Services: Um neben konventionellen auch semantische Web Services aufrufen zu können, erlaubt es BPEL4SWS Aktivitäten mit einem *WSMO Goal* zu annotieren. Dieses wird zur Ausführung an die SEE weitergegeben, die anhand der semantisch beschriebenen Dienstanforderungen einen passenden, registrierten Dienst sucht. Für die Suche werden die semantisch angereicherten Daten verwendet und vor dem Aufruf falls nötig durch einen Datenmediator in ein für den gefundenen Dienst verständliches Format gebracht. Der eigentliche Aufruf wird von der SEE durchgeführt und das Ergebnis dem aufrufenden Prozess zurück gegeben. Die späte Bindung an einen bestimmten Dienst erlaubt eine flexiblere Modellierung und Ausführung.

2.4 Überwachung und Analyse

Das Ziel der Analysephase ist es die Ausführung der Prozesse zu überwachen und zu verfolgen. Wir unterscheiden zwischen drei Funktionalitäten [APA+07]: (1) Prozessüberwachung (Monitoring) in Echtzeit, die den Ablauf und die Performance laufender Prozessinstanzen analysiert, vordefinierte Metriken berechnet und bei Zielabweichungen zuständige Fachleute zeitnah benachrichtigt; (2) Ad-Hoc-Abfragen, die der Geschäftsanalyst an die Ausführungshistorie (Execution History, Abbildung 2) abgelaufener und laufender Prozessinstanzen stellt; (3) Process Mining, das aus der Ausführungshistorie die Prozessmodelle abgelaufener Prozesse rekonstruiert und mit den bestehenden Modellen aus der Modellierungsphase vergleicht, um dadurch eventuelle Optimierungspotenziale herzuleiten.

Die Prozessüberwachung wird durch Business Activity Monitoring (BAM) Technologie unterstützt. Dabei definiert zunächst der Geschäftsanalyst Metriken (Key Performance Indicators (KPI)), welche die Performance der Prozesse aufzeigen sollen. Eine mögliche KPI für einen Bestellprozess wäre beispielsweise „Prozentsatz der Bestellungen, die ohne Terminüberschreitung und ohne Änderung bearbeitet werden konnten sollte über 90% liegen“. Diese KPIs werden im nächsten Schritt in ein entsprechendes Modell für das Überwachungswerkzeug übersetzt. Zur Laufzeit werden dann auf Basis von Ereignissen, welche die BPEL4SWS Maschine publiziert, KPIs zeitnah berechnet, in Dashboards präsentiert, und im Fall von Abweichungen von festgelegten Zielwerten betreffende Fachleute benachrichtigt. Während die momentan erhältlichen BAM-Werkzeuge eine relativ große Involvierung von Entwicklern erfordern um KPIs zu definieren, ist das Ziel im SBPM die Definition der KPIs von Geschäftsanalysten erstellen zu lassen und die entsprechenden IT-Artefakte automatisch zu generieren. Der Ansatz ist dabei, die KPIs auf Basis von Ontologiekonzepten zu spezifizieren, die dem Geschäftsanalysten geläufig sind (im oben genannten Beispiel „Bestellung“, „Terminüberschreitung“) und auch Teil der semantischen Annotationen von Prozessen sind. Dadurch wird die Semantik der KPIs explizit festgelegt und eine Generierung des entsprechenden Überwachungswerkzeugmodells erleichtert.

Während bei der Prozessüberwachung die KPIs im Vorhinein definiert werden müssen, insbesondere um auch automatische zeitnahe Benachrichtigungen im Fall von Zielabweichungen zu ermöglichen, erlauben **Ad-Hoc-Abfragen** dem Geschäftsanalysten auch nachträglich die bereits abgelaufenen Prozessinstanzen zu analysieren. Die

Abfragen werden dabei auf der Ausführungshistorie ausgeführt, die alle geloggtten Ereignisse der SBPELEE enthält. Im SBPM sind diese Ereignisse semantisch annotiert, d.h. der Inhalt des Ereignisses wird durch Referenzieren von entsprechenden Ontologiekonzepten explizit beschrieben. Dies erlaubt mächtigere Abfragen, da durch logische Inferenz implizites Wissen hergeleitet und berücksichtigt werden kann.

Process Mining operiert ebenfalls auf der Ausführungshistorie und leitet durch Analyse der stattgefundenen Ereignisse Prozessmodelle her, die den bisherigen Ausführungen von Prozessinstanzen entsprechen. Diese müssen nicht unbedingt deckungsgleich mit den modellierten und deployten BPEL4SWS Prozessen sein, da beispielsweise manche modellierten Pfade in der Realität nie ausgeführt werden. Durch Vergleichen des hergeleiteten mit dem modellierten Prozessmodell können dann Optimierungspotenziale erkannt werden. Process Mining Algorithmen können wiederum die semantische Annotation von Ereignissen ausnutzen um bei Abfragen auch implizites Wissen zu berücksichtigen.

4 Zusammenfassung und Ausblick

In diesem Beitrag haben wir semantisches Geschäftsprozessmanagement, wie es im Projekt SUPER entwickelt wird, vorgestellt. Wir haben für jede Phase des Geschäftsprozesslebenszyklus gezeigt, wie semantische Technologien verwendet werden können um bestehende Funktionalitäten zu erweitern und einen höheren Grad an Automatisierung zu erreichen.

In der Modellierungsphase werden Prozessmodelle semantisch annotiert. Die semantische Annotation erlaubt die automatische Suche und Wiederverwendung von bereits existierenden Prozessfragmenten. In der Konfigurationsphase werden semantische Prozessmodelle in ausführbare BPEL4SWS Prozessmodelle übersetzt. Diese Übersetzung kann fast vollständig automatisiert werden, indem Technologien zur Suche nach SWS und zur ontologiegetriebenen Dienstkomposition verwendet werden. Während BPEL4SWS Prozesse ausgeführt werden, können dynamisch zur Laufzeit neue Partner SWS gesucht und aufgerufen werden. Schließlich erlauben semantische Annotationen in der Analyse-Phase mehr Automatisierung bei der Spezifikation von KPIs und semantische Abfragen der Ausführungshistorie.

Die in diesem Beitrag dargestellten Funktionalitäten wurden in der ersten Projekthälfte unterschiedlich stark berücksichtigt. Konzeptionell lag der Schwerpunkt bisher auf der Definition der Architektur, der semantischen Annotation von Prozessen, der Prozesskomposition, und der Ausführung auf Basis von BPEL4SWS. In der zweiten Projekthälfte wird der Fokus insbesondere auf die Suche und Auto-Vervollständigen von Prozessfragmenten und auf das Überwachen und die Analyse von Prozessen erweitert. Im Laufe des Projekts werden alle vorgestellten Funktionalitäten in einem Prototyp basierend auf der vorgestellten Architektur implementiert.

Danksagungen

Diese Arbeit ist zum Teil im Rahmen des EU Forschungsprojekt SUPER (FP6-026850) entstanden.

Literaturverzeichnis

- [APA+07] Alves de Medeiros, A.K.; Pedrinaci, C.; Aalst, W.M.P.; Domingue, J.; Song, M.; Rozinat, A.; Norton, B.; Cabral, L.: An Outlook on Semantic Business Process Mining and Monitoring. In Proceedings of 3rd International IFIP Workshop On Semantic Web & Web Semantics (SWWS '07) at On The Move Federated Conferences and Workshops.
- [BLH+01] Berners-Lee, T.; Hendler, J.; Lassila, O.: The SemanticWeb. Scientific American, May 2001.
- [BPEL07] OASIS WS-BPEL TC: Web Services Business Process Execution Language Version 2.0. OASIS Standard, 2007.
- [BPMN06] Business Process Modeling Notation Specification. OMG Final Adopted Specification, February 6, 2006.
- [Ch04] Chappell, D. A.: Enterprise Service Bus. O'Reilly, 2004.
- [DSS+07] Dimitrov, M.; Simov, A.; Stein, S.; Konstantinov, M.: A BPMS Based Semantic Business Process Modelling Environment, Proceedings of the Workshop on Semantic Business Process and Product Lifecycle Management (SBPM-2007), Vol-251, CEUR-WS, June 2007, ISSN 1613-0073
- [FL07] Farrell, J.; Lausen, H.: Semantic Annotations for WSDL and XML Schema (SA-WSDL). W3C Recommendation 28 August 2007.
- [HLD+05] 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, pp. 535-540.
- [HR07] Hepp, Martin; Roman, Dumitru: An Ontology Framework for Semantic Business Process Management, Proceedings of Wirtschaftsinformatik 2007, February 28 - March 2, 2007, Karlsruhe
- [KLN+06] Karastoyanova, D., Leymann, F., Nitzsche, J., Wetzstein, B., Wutke, D.: Parameterized BPEL Processes: Concepts and Implementation. In Proceedings of BPM 2006. Vienna, Austria, September 2006.
- [KLN+07] Karastoyanova, D.; Lessen, T. van; Nitzsche, J.; Wetzstein, B.; Wutke, D.; Leymann, F.: Semantic Service Bus: Architecture and Implementation of a Next Generation Middleware. 2nd International Workshop on Services Engineering (SEIW) 2007. Istanbul, Turkey, April 16, 2007.
- [LND+07] van Lessen, T.; Nitzsche, J.; Dimitrov, M.; Konstantinov, M.; Karastoyanova, D. Cekov, L.; Leymann, F.: An Execution Engine for Semantic Business Processes, SeMSoC-07: Proceedings of the 2nd International Workshop on Business Oriented Aspects concerning Semantics and Methodologies in Service-oriented Computing, September 2007
- [MWA+07] Ma, Z.; Wetzstein, B.; Anicic, D.; Heymans, S.; Leymann, F.: Semantic Business Process Repository, Proceedings of the Workshop on Semantic Business Process and Product Lifecycle Management (SBPM-2007), Vol-251, CEUR-WS, June 2007, ISSN 1613-0073
- [MPM+04] Martin, D. L., Paolucci, M.; McIlraith, S. A.; Burstein, M. H.; McDermott, D. V.; McGuinness, D. L.; Parsia, B.; Payne, T. R.; Sabou, M.; Solanki, M.; Srinivasan, N.;

- Sycara, K. P.: Bringing Semantics to Web Services: The OWL-S Approach. In SWSWPC, pages 26–42, 2004.
- [NLK+07] Nitzsche, J., van Lessen, T., Karastoyanova, D., Leymann, F.: BPEL for Semantic Web Services. In Proceedings of the 3rd International Workshop on Agents and Web Services in Distributed Environments (AWeSome'07), 2007.
- [RLK+06] Roman, D.; Lausen, H.; Keller, U.; et al.: D2v1.3 Web Service Modeling Ontology (WSMO). WSMO Final Draft 21 October 2006. <http://www.wsmo.org/TR/d2/v1.3/>
- [SF03] Smith, H.; Fingar, P.: Business Process Management. The Third Wave. Meghan-Kiffer, US 2003.
- [WCL+05] Weerawarana, S.; Curbera, F.; Leymann, F.; Storey, T.; Ferguson, D.: Web Services Platform Architecture: Soap, WSDL, WS-Policy, WS-Addressing, WS-BPEL, WS-Reliable Messaging and More. Prentice Hall PTR, 2005.
- [WMD+07] Weber, I.; Markovic, I.; Drumm, C.: A Conceptual Framework for Composition in Business Process Management, BIS 2007: Proceedings of the 10th International Conference on Business Information Systems, 2007
- [WMF+07] Wetzstein, B.; Ma, Z.; Filipowska, A.; Kaczmarek, M.; Bhiri, S.; Losada, S.; Lopez-Cob, J.M.; Cicurel, L.: Semantic Business Process Management: A Lifecycle Based Requirements Analysis, Proceedings of the Workshop on Semantic Business Process and Product Lifecycle Management (SBPM-2007), Vol-251, CEUR-WS, June 2007, ISSN 1613-0073
- [ZMH+07] Zaremba, M.; Matthew, M.; Haselwanter, T.; Norton, B.: Semantic Web Services Architecture and Information Model, 2007 OASIS SEE TC Draft