

Wissenschaftliche Zusammenfassung der Dissertation mit dem Titel

Durchgängige Verfolgbarkeit im Vorfeld der Softwareentwicklung von E-Government-Anwendungen

Ein ontologiebasierter und modellgetriebener Ansatz am Beispiel von Bürgerdiensten

von
Thomas Off

1 Fragestellung

Die vorliegende Arbeit leistet einen Beitrag zur Verbesserung der Verfolgbarkeit im Vorfeld der Softwareentwicklung von E-Government-Anwendungen. Im Rahmen des *E-Governments* steht die Durchführung der Verwaltungsprozesse unter intensiver Nutzung der Informationstechnik im Vordergrund (vgl. [1]). Für diese Arbeit ist die Anwendungssoftware relevant, die einen wichtigen Teil dieser Informationstechnik ausmacht. Von der Vielzahl unterschiedlicher Arten von Verwaltungsprozessen betrachtet die Arbeit solche Prozesse, in deren Rahmen Verwaltungsleistungen mit unmittelbarem Bezug zum Einzelfall eines Bürgers (so genannte *Bürgerdienste*) unter intensiver Nutzung der Informationstechnik erbracht werden (vgl. [2, S. 23]). Da die öffentliche Verwaltung in ihrem Handeln in besonderem Maße an Recht und Gesetz gebunden ist und E-Government zur zunehmenden Durchdringung der Verwaltung mit moderner Informationstechnik führt, verstärkt und verbreitet sich der Zusammenhang zwischen den Gesetzen und Rechtsvorschriften einerseits und der Aufgabenunterstützung durch die Informationstechnik andererseits. Aus Sicht der Softwaretechnik handelt es sich bei diesem Zusammenhang um eine spezielle Form der Verfolgbarkeit von Anforderungen (engl. Traceability), die so genannte *Verfolgbarkeit im Vorfeld der Anforderungsspezifikation* (Pre-Requirements Specification Traceability, kurz Pre-RS Traceability) (vgl. [3]), da sie Aspekte betrifft, die relevant sind, bevor die Anforderungen in eine Spezifikation eingeflossen sind (Ursprünge von Anforderungen). Diese Form der Verfolgbarkeit¹ wird in der Praxis noch nicht ausreichend beherrscht und es zeigt sich noch Forschungsbedarf (vgl. [3, S. 13]; übereinstimmend [4, S. 34]), so dass hier ein Beitrag zur Verbesserung der Verfolgbarkeit geleistet werden kann.

2 Lösungsansatz

In aktuellen Entwicklungen im Bereich der modellgetriebenen Architektur, in der Konvergenz von Modellierungsstandards mit Ontologiesprachen, in den Techniken und Standards des Semantic Web sowie in Entwicklungen des E-Governments werden im Rahmen dieser Arbeit Ansatzpunkte für Verbesserungsmöglichkeiten aufgezeigt. Der Lösungsansatz, der nach der detaillierten Betrachtung dieser Entwicklungen konstruiert wurde, umfasst eine spezielle Ontologie des Verwaltungshandeln, die mit den Techniken, Methoden und Werkzeugen des Semantic Web eingesetzt wird, um in Texten von Rechtsvorschriften relevante Ursprünge von Anforderungen durch Annotationen mit einer definierten Semantik zu versehen. Darauf aufbauend wird eine Erweiterung der *Model Driven Architecture (MDA)* [5] vorgeschlagen, die unter Nutzung des *Ontology Definition Metamodels (ODM)* [6] eine Lösung für den Übergang von annotierten Rechtsvorschriften zu MDA-konformen Modellen darstellt. Die Erweiterung in Form eines Modells für die Modellierung der Ursprünge von Anforderungen kann zur Ergänzung durch verwaltungsspezifische Besonderheiten genutzt werden, die sich nicht unmittelbar aus den Texten von Rechtsvorschriften ergeben. Darauf aufbauend wird der Übergang vom initialen Modell zum Modell einer Anforderungsspezifikation durch MDA-konforme Transformation definiert und dabei insbesondere die Lücke geschlossen, die aus der unterschiedlichen Semantik beider Modelle resultiert. Abschließend werden die bei der Durchführung der Transformation aufgezeichneten Verfolgbarkeitsinformationen zu einem Gesamtansatz kombiniert, aus dem sich neue Möglichkeiten für die Verfolgbarkeit ergeben.

¹ Im Gegensatz dazu gilt die Verfolgbarkeit im Nachgang der Anforderungsspezifikation (Post-RS Traceability) als umfassend erforscht und wird in der Praxis gut beherrscht (vgl. [3][4]).

3 Vorhandene Ansätze

Im Gegensatz zur Anforderungsanalyse, die mit allgemein gültigen Metamodellen [7][8] eine Formalisierung anstrebt, mit etablierten Methoden der Softwareentwicklung [9-11], die auch Verfolgbarkeitsbeziehungen dokumentieren und mit Werkzeugen des Requirements Managements (vgl. [12]) arbeiten, betrachtet der Ansatz dieser Arbeit das Vorfeld der Anforderungsspezifikation, indem die Ursprünge von Anforderungen analysiert und für die Modellierung durch Annotationen handhabbar gemacht werden. Werkzeuge des Requirements Managements bieten zwar auch die Möglichkeit, Textpassagen in Ausgangsdokumenten durch einfache Beziehungen mit Anforderungen zu verbinden. Sie setzen allerdings zu diesem Zweck keine Ontologien und keine offenen Standards des Semantic Web ein. Das eigentliche Vorfeld der Anforderungsanalyse wird beispielsweise von zielbasierten und zielorientierten Ansätzen [13-19] betrachtet, die nur für die Ausschnitte von Rechtsvorschriften verwendet werden können, in denen die Ziele und Zwecke des Handelns definiert sind. Andere Ansätze des Vorfelds [20-22], die explizit den Zusammenhang zwischen Rechtsvorschriften und Anforderungen formalisieren, wenden nicht die Techniken des Semantic Web auf Texte von Rechtsvorschriften an oder bieten keinen Anschluss an eine Anforderungsspezifikation innerhalb der MDA-basierten, modellgetriebenen Softwareentwicklung. Von Corporate Compliance-Ansätzen [23-28], die „einen Verstoß des Unternehmens gegen gesetzliche Pflichten verhindern sollen“ [29, S. 119], unterscheidet sich der Ansatz dieser Arbeit, weil er die öffentliche Verwaltung betrachtet, deren Leistungserstellung in besonderem Maße durch Rechtsvorschriften geregelt wird. Der Ansatz dieser Arbeit unterscheidet sich auch von Ansätzen zur Entwicklung von Rechtsinformationssystemen, regelbasierten oder wissensbasierten Systemen, obwohl Elemente in Texten von Rechtsvorschriften identifiziert, semantisch aufbereitet und auch für die werkzeugunterstützte Weiterverarbeitung zugänglich gemacht werden. Die Formalisierung und Nutzung von (berechenbaren) Regeln, die sich aus den Rechtsvorschriften ableiten lassen, ist nicht Ziel dieser Arbeit. Sie sucht vielmehr nach einem Ansatz zur Konstruktion des Zusammenhangs, der für die Verfolgbarkeit von Anforderungen im Vorfeld der modellgetriebenen Softwareentwicklung verwendet werden kann.

Vergleichbar ist diese Arbeit mit dem Ansatz des *Continuous Model-Driven Engineering (CMDE)* [30]. Beiden Ansätzen liegt die Erkenntnis zugrunde, dass modellgetriebene Softwareentwicklung zwar die Modellierung in den Vordergrund stellt, diese aber weiterhin im Aufgabenbereich der IT verbleibt: „Model-driven design shifts the attention [...] to the modeling level, but still remains in the IT realm.“ [30, S. 94]. CMDE ändert dies, indem durch das *eXtreme Model-Driven Design (XMDD)*, ausgehend von fachlichen Modellen, die Lücke zwischen Anforderungsanalyse und Implementierung iterativ verringert wird, Anforderungen ermittelt und stabilisiert werden (vgl. [30, S. 95]). Dazu werden die Fachmitarbeiter (bzw. Kunden/Endbenutzer) entlang des gesamten System-Lebenszyklus eingebunden (vgl. [31, S. 490]). An dieser Stelle geht die vorliegende Arbeit einen anderen Weg zur Optimierung der Anforderungsanalyse. Es wird einerseits auch aus den durch Fachmitarbeiter annotierten Rechtsvorschriften eine initiale Anforderungsspezifikation erzeugt. Andererseits erweitert er aber die MDA auf das Vorfeld der Anforderungsanalyse und verbindet es mit den Annotationen in Ausgangsdokumenten. Hier können mit geeigneter Werkzeugunterstützung erneut Fachmitarbeiter tätig werden und Ergebnisse produzieren, die in die weitere Entwicklung einfließen. Die Betrachtung weitergehender System-Lebenszyklusphasen liegt jedoch außerhalb des Themas dieser Arbeit, worin ein Unterschied zu XMDD liegt. Ähnlich dem *One Thing Approach (OTA)*, der verwandt mit XMDD ist, ermöglicht der Ansatz dieser Arbeit die Endbenutzerorientierte Modellierung, die schrittweise verfeinert werden kann, bis ein ausreichender Detaillierungsgrad für die Implementierung erreicht ist (vgl. [32, S. 1]). In OTA wird dazu genau ein zentrales Arbeitsergebnis in verschiedenen Dimensionen verfeinert: „[...]there is only one artifact during the whole systems' life cycle. This artifact is successively refined in various dimensions [...]“ [32, S. 1]. Weil in dieser Arbeit die MDA eingesetzt wird, kommen hier mehrere Modelle zum Einsatz, die aufeinander aufbauen und durch Transformation in einander überführt werden. Der Unterschied resultiert auch aus der Ausrichtung dieser Arbeit auf die Nutzung der Modellierungsstandards der *Object Management Group (OMG)*² und des *World Wide Web Consortium (W3C)*³, das Standards des World Wide Web erarbeitet.

² Die OMG ist ein Zusammenschluss zahlreicher Unternehmen und Institutionen. Ihre Aufgabe ist u. a. die Definition von Modellierungsstandards. Die Homepage der OMG ist unter der folgenden Adresse zu erreichen: <http://www.omg.org> (letzter Aufruf: 19.08.2011).

³ Das W3C ist eine internationale Community, deren Mitgliedsorganisationen und Mitarbeiter gemeinsam mit der Öffentlichkeit an Standards für das World Wide Web arbeiten (vgl. <http://www.w3.org/Consortium>, letzter Aufruf:

4 Bearbeitung und Ergebnisse

Als Ausgangspunkt wird eine Ontologie benötigt, die einerseits Konzepte formalisiert, deren Existenz in Rechtsvorschriften vorausgesetzt werden, die andererseits auch Besonderheiten des Verwaltungshandelns berücksichtigt. Eine solche Ontologie existierte in den dokumentierten Ansätzen bisher nicht, so dass sie im Rahmen dieser Arbeit entwickelt wurde. Diese Ontologie des Verwaltungshandelns wurde mit dem Werkzeug Protegé erstellt und im OWL-Format (*Web Ontology Language*) [33] bereitgestellt, das direkt zur Annotation von Rechtsvorschriften, die als (X)HTML-Dokumente vorliegen⁴, verwendet werden kann. Mit dem *OntoMat Annotizer*⁵ wurde praktisch demonstriert, wie in Rechtsvorschriften Textpassagen, die Ursprünge von Anforderungen sind, mit Annotationen versehen werden können. Dies vermittelt einen Eindruck davon, wie Fachmitarbeiter den Ansatz nutzen und Annotationen erstellen können. Weil das Werkzeug jedoch den aktuellen *RDFa*-Standard [34] zur Annotation nicht unterstützt und ein vergleichbares Werkzeug hierfür nicht existiert, wurden *RDFa*-Annotationen mit einem einfachen XML-Editor manuell zu XHTML-Dokumenten hinzugefügt. Die vorliegenden Annotationen sind einerseits Instanzen der Ontologie-Konzepte (Individuen). Andererseits verfügen sie definitionsgemäß über einen Annotationskontext, der sie mit der annotierten Textpassage verfolgbar verbindet.

Die so annotierten Rechtsvorschriften sind für die modellgetriebene Softwareentwicklung nicht direkt nutzbar, geht die MDA doch immer von der Existenz eines initialen Modells aus. Für die Überführung von Ontologien in die modellgetriebene Architektur wurde von der OMG das ODM standardisiert. Allerdings beschränkt sich die MDA auf die Softwareentwicklung im engeren Sinne. Deshalb wurde hier eine Erweiterung der MDA entwickelt, die ihren Einsatz auch im Vorfeld der Anforderungsspezifikation ermöglicht. Zentrales Element dieser Erweiterung ist das *Pre-Requirements Model* (PRM, dt. Modell im Vorfeld der Anforderungsspezifikation), das die vorhandenen Modelltypen erweitert. Das PRM formalisiert als MDA-konformes Modell Elemente und deren Beziehungen, die ein System von Aspekten vereinfacht beschreiben, die im Vorfeld einer Anforderungsspezifikation relevant sind und Ursprünge von Anforderungen darstellen. Der vorhandene Modelltyp *Computation Independent Model* (CIM, dt. informationstechnikunabhängiges Modell) repräsentiert einen weiteren für diese Arbeit relevanten Modelltyp. Modelle dieses Typs repräsentieren die Anforderungsspezifikation im Kontext der MDA.

Mit dem PRM wird es möglich, die durch Annotationen gewonnenen OWL-Individuen für die MDA in Form eines Modells nutzbar zu machen. Dazu wurden im Rahmen dieser Arbeit aus den Annotationen die Individuen per XSLT [35] extrahiert und diese unter Verwendung der aus dem ODM-Standard abgeleiteten Abbildungsregeln in Modellelemente des PRM, basierend auf dem UML Profil für RDF/OWL, transformiert. Weder das ODM noch XSLT sehen einen standardisierten Mechanismus zur Aufzeichnung von Verfolgbarkeitsinformationen vor. Deshalb wurde hierfür eine eigene Umsetzung implementiert, die sich am QVT-Standard (siehe unten) der MDA-Transformationen orientiert.

Durch das PRM wird die MDA auf das Vorfeld der Anforderungsspezifikation ausgeweitet, allerdings ist allein hierdurch noch kein Anschluss an die MDA-basierte, modellgetriebene Softwareentwicklung, basierend auf den vorhandenen Modelltypen, gefunden. Dies setzt voraus, dass eine MDA-konforme Transformation zur Überführung des PRM in ein CIM erfolgen kann und dabei insbesondere die semantische Lücke zwischen den beiden Modelltypen geschlossen wird. Hierfür wurden, vergleichbar mit dem Einsatz des Plattformmodells der PIM-PSM-Transformation, die im Rahmen des Projektes *Local Electronic Government (eLoGo)* am Kommunalwissenschaftlichen Institut der Universität Potsdam entwickelten *Referenzmodelle für E-Government* [36] verwendet. Im Rahmen dieser Arbeit wurden Abbildungsregeln definiert, prototypisch mit dem QVT-Standard (*Query View Transformation*, Teil der *Meta*

19.08.2011). Die W3C-Standards werden, basierend auf breitem Konsens, in Form technischer Spezifikationen oder Empfehlungen veröffentlicht (vgl. <http://www.w3.org/standards/>, letzter Aufruf: 19.08.2011).

⁴ Gesetzes- und Vorschriftensammlungen im Internet zeigen, dass Rechtsvorschriften als HTML- oder XHTML-Dokumente vorliegen oder in diese Form gebracht werden können. Beispiele sind zu finden unter: <http://www.juris.de>, <http://www.gesetze-im-internet.de>, <http://www.bravors.brandenburg.de> (letzter Aufruf: 18.08.2011).

⁵ Das Werkzeug ist am Institut für Angewandte Informatik und Formale Beschreibungsverfahren (AIFB) der Universität Karlsruhe im Rahmen des Forschungsprojektes OnTo-Agents Anfang der 2000er-Jahre entwickelt worden und steht kostenlos zur Verfügung. Die Homepage des Projektes OnTo-Agents ist erreichbar unter: <http://infolab.stanford.edu/OnToAgents/> (letzter Aufruf: 18.08.2011). Das Werkzeug *OntoMat Annotizer* kann auf der folgenden Homepage heruntergeladen werden: <http://annotation.semanticweb.org/ontomat/index.html> (letzter Aufruf: 19.08.2011).

Object Facilities) [37] implementiert und mit dem Werkzeug *medini QVT*⁶ ausgeführt, um das PRM mit den eLoGo-Referenzmodellen zusammenzuführen und auf das CIM abzubilden. Das CIM ist in nachfolgenden Aktivitäten des Softwareentwicklungsprozesses zu vervollständigen und weiterzuentwickeln, wodurch Anschluss an den standardisierten modellgetriebenen Softwareentwicklungsprozess gefunden wird.

Während der Durchführung der PRM-CIM-Transformation wurden entsprechend des QVT-Standards Informationen in Form von Verfolgbarkeitsklassen und -instanzen aufgezeichnet. Sie wurden in einen Gesamtansatz mit den Verfolgbarkeitsinformationen aus der Transformation der Annotationen in das PRM kombiniert. Der Ansatz basiert auf einer so genannten Verfolgbarkeitsdokumentation in Form verlinkter Hypertextdokumente, die mittels XSL-Stylesheet erzeugt wurden und eine Verbindung zur graphischen Darstellung des Diagramms (z. B. Anwendungsfall-, Klassendiagramm der UML [38][39]) haben. Der Ansatz unterstützt die horizontale Verfolgbarkeit zwischen Elementen unterschiedlicher Modelle umfassend vorwärts- und rückwärtsgerichtet. Für die vertikale Verfolgbarkeit, die Elemente des gleichen Modells und verschiedener Modellversionen in Beziehung setzt, existieren Ansatzpunkte. Der Unterschied zwischen vertikaler und horizontaler Verfolgbarkeit resultiert aus dem horizontalen Charakter der Transformationsprozesse.

Für die prototypische Implementierung des Ansatzes dieser Arbeit wurden Standards des W3C und der OMG zugrunde gelegt, die als *Standards und Architekturen für E-Government-Anwendungen (SAGA)* [40][41] vom Beauftragten der Bundesregierung für Informationstechnik anerkannt sind.

5 Erkenntnisfortschritt und Nutzen

Der durch diese Arbeit erzielte Erkenntnisfortschritt resultiert aus der Kombination der Techniken, Standards und Ergebnisse aus den Bereichen E-Government, Semantic Web, Ontologien und modellgetriebene Softwareentwicklung zur Konstruktion eines Ansatzes, der einen Beitrag zur bisher nur unzureichend unterstützten Verfolgbarkeit im Vorfeld der Anforderungsspezifikation liefert. Die im Rahmen dieser Arbeit entwickelte Ontologie des Verwaltungshandelns, die Erweiterung der MDA auf das Vorfeld der Anforderungsspezifikation, die Definition von Transformationsprozessen und die Integration der aufgezeichneten Verfolgbarkeitsinformationen in einem Gesamtansatz sind die zentralen Ergebnisse. Sie erlauben bei der Anwendung des Ansatzes dieser Arbeit, Ursprünge von Anforderungen in Rechtsvorschriften durchgängig bis zu Elementen in einer Anforderungsspezifikation zu verfolgen. Daran können sich etablierte Methoden, Werkzeuge und Techniken der Verfolgbarkeit im Nachgang der Anforderungsspezifikation anschließen.

Für die Praxis wird es möglich, Änderungen an annotierten Passagen einer Rechtsvorschrift bis in die Softwareentwicklung zu verfolgen. Dadurch können Auswirkungen von Gesetzesänderungen analysiert werden, indem gezielt die betroffenen Anforderungen und die aus ihnen resultierenden Bestandteile der E-Government-Anwendung identifiziert werden. Damit kann in der Praxis der „immense[n] Abhängigkeit der öffentlichen Verwaltung“ [42, S. 43] von der eingesetzten Informationstechnik begegnet werden. Aber auch für den Prozess der Gesetzgebung kann der Ansatz Relevanz haben. Stehen beispielsweise mehrere gleichwertige Gestaltungsoptionen zur Auswahl, können die Auswirkungen jeder Option analysiert und der Aufwand ihrer Umsetzung in E-Government-Anwendungen als Auswahlkriterium berücksichtigt werden. Die am 16. März 2011 in Kraft getretene Änderung des NKR⁷ schreibt eine solche Analyse des so genannten „Erfüllungsaufwands“⁸ für Teilbereiche des Verwaltungshandelns verbindlich vor.

Die Softwareentwicklung profitiert weiterhin, wenn beispielsweise Anforderungen auf ihre Ursprünge in Rechtsvorschriften zurückgeführt werden müssen. Dies kann der Fall sein, wenn als Aufgabe des Projektmanagements Anforderungen in der Softwareentwicklung zu priorisieren sind oder wenn die Rechtmäßigkeit des durch die E-Government-Anwendung unterstützten Verwaltungshandelns (z. B. in Form des „Verfahrensverzeichnis“ nach Bundesdatenschutzgesetz⁹) nachzuweisen ist.

⁶ Die Homepage des Werkzeugs ist erreichbar unter: <http://projects.ikv.de/qvt> (letzter Aufruf: 19.08.2011).

⁷ Gesetz zur Einsetzung eines Nationalen Normenkontrollrates vom 14. August 2006 (BGBl. I S. 1866), das durch Artikel 1 des Gesetzes vom 16. März 2011 (BGBl. I S. 420) geändert worden ist, im Folgenden kurz: NKR

⁸ NKR, §2

⁹ Bundesdatenschutzgesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 14. Januar 2003 (BGBl. I S. 66), das zuletzt durch Artikel 1 des Gesetzes vom 14. August 2009 (BGBl. I S. 2814) geändert worden ist, §4, §4e und §4f Satz 1, Absätze 4 und 5.

6 Perspektiven

Die bisherige Diskussion und Umsetzung des E-Governments hat gezeigt, dass in besonderem Maße „Wissen über die Praxis und die theoretischen Grundlagen des arbeitenden Staates [...], ja vom gesamten öffentlichen Handeln“ [43, S. 17] erforderlich ist und es geeigneter Ansätze für die systematische Systementwicklung (vgl. [43, S. 17]) bedarf, die auch verwaltungsspezifische Nutzungsmöglichkeiten, wie beispielsweise eine den Gesetzgebungsprozess „von Beginn an begleitende Informationstechnik-Folgenabschätzung und Validierung von Normen“ [42, S. 43] ermöglichen. Der im Rahmen dieser Arbeit entwickelte Ansatz basiert auf der Formalisierung von Wissen über das Verwaltungshandeln, berücksichtigt verwaltungsspezifische Aspekte und ermöglicht die vorausschauende Analyse der Auswirkungen von Gesetzesänderungen. Er ist daher prinzipiell geeignet, um zur Beantwortung weiterführender Fragestellungen beizutragen, die das „technisch ermöglichte sozio-technische Handlungssystem der Verwaltung“ [44, S. 7] ins Blickfeld rücken, um der „Transformation des öffentlichen Sektors und dem Entstehen der technisch-organisatorischen Infrastruktur des Verwaltungshandelns Schwung zu verleihen“ [43, S. 20].

7 Literatur

- [1] GI und ITG VDE (Hrsg.): Electronic Government als Schlüssel zur Modernisierung von Staat und Verwaltung. Ein Memorandum des Fachausschusses Verwaltungsinformatik der GI und des Fachbereichs 1 der Informationstechnischen Gesellschaft im VDE, Bonn und Frankfurt 2000.
- [2] K. Lenk: Bürgerdienste – schon eine lange Geschichte. In: G. Schwabe (Hrsg.): Bürgerservices Grundlagen - Ausprägungen - Gestaltung Potenziale. Erschienen in der Reihe: E-Government und die Erneuerung des öffentlichen Sektors - Band 11, herausgegeben von K. Lenk, M. Brüggemeier, T. Schuppan; edition sigma; Berlin; 2011; ISBN 978-3-89404-841-9; Seiten 23 - 37.
- [3] O. C. Z. Gotel, A. C. W. Finkelstein: An Analysis of the Requirements Traceability Problem. In: Proceedings of the First International Conference on Requirements Engineering. IEEE Computer Society Press; 1994; ISBN 0-8186-5480-5; S. 94-101.
- [4] R. Torkar, T. Gorschek, R. Feldt, M. Svahnberg, U. A. Raja, K. Kamran: Requirements Traceability: A Systematic Review and Industry Case Study; In: International Journal of Software Engineering and Knowledge Engineering, 2011 (zur Veröffentlichung vorgesehen); ISSN: 0218-1940.
- [5] Object Management Group (OMG): MDA Guide Version 1.0, OMG Document Number: omg/2003-05-01, 2003, <http://www.omg.org/cgi-bin/doc?omg/03-05-01> (letzter Aufruf: 19.08.2011).
- [6] Object Management Group (OMG); Ontology Definition Metamodel Version 1.0. OMG Document Number: formal/2009-05-01, 2009. <http://www.omg.org/spec/ODM/1.0> (letzter Aufruf: 19.08.2011).
- [7] M. Toranzo, J. Castro: The Multiview++ Environment - Requirements Traceability from the Perspective of stakeholders. Anais do WER99 - Workshop em Engenharia de Requisitos, Buenos Aires, Argentinien, 9-10 September 1999; WER; 1999; S. 95-105.
- [8] B. Ramesh, M. Jarke. Towards Reference Models for Requirements Traceability. In: IEEE Transactions on Software Engineering, Vol. 27, No. 1.; 2001; ISSN: 0098-5589; S. 58-93.
- [9] IT-Stab des Bundesministerium des Innern im Auftrag des Beauftragten der Bundesregierung für Informationstechnik (Hrsg.): V-Modell XT Bund Version 1.0 - Teil 1 bis 9. 2009; <http://download.4soft.de/v-modell-xt-bund/releases/1.0/V-Modell-XT-Bund-Gesamt.pdf> (letzter Aufruf: 19.08.2011).
- [10] I. Spence, L. Probasco: Traceability Strategies for Managing Requirements with Use Cases. Version 1.0; Rational Software Corporation, 1998.
- [11] o.A.: actiF - Das Prozessmodell für die objektorientierte Entwicklung mit objectiF, Best Practices. microTool GmbH, 1998.
- [12] C. Hood, A. Kreß, R. Stevenson, G. Versteegen, R. Wiebel: iX-Studie zum Thema Anforderungsmanagement - Methoden und Techniken, Einführungsszenarien und Werkzeuge im Vergleich. Heise Zeitschriften Verlag, 2005.

- [13] A. I. Antón. Goal-Based Requirements Analysis. In: L. Macaulay (Hrsg.): Requirements for Requirements Engineering Technique. Proceedings of IEEE Second International Conference on Requirements Engineering (ICRE'96); Springer-Verlag, London, UK; 1996; ISBN 3-540-76006-7; S. 136-144
- [14] E. Yu, J. Mylopoulos: Why Goal-Oriented Requirements Engineering, University of Toronto, 1998. <ftp://ftp.db.toronto.edu/pub/eric/REFSQ98.html> (letzter Aufruf: 21.08.2011).
- [15] B. Berkem: Traceability Management from Business Processes to Use Cases with UML – A Proposal for Extensions to the UML's Activity Diagram Through Goal-Oriented Objects. In: Journal of Object-Oriented Programming; Vol. 12, No. 5, Sept. 1999; ISSN 0896-8438; S. 29-34
- [16] A. van Lamsweerde, Goal-Oriented Requirements Engineering: A Guided Tour. In: Proceedings of the 5th IEEE International Symposium on Requirements Engineering (RE 2001), 27-31 August 2001, Toronto, Kanada; IEEE Computer Society; 2001; ISBN 0-7695-1125-2; S. 249-263.
- [17] A. van Lamsweerde: Goal-Oriented Requirements Engineering: A Roundtrip from Research to Practice. In: Proceedings of 12th IEEE International Conference on Requirements Engineering (RE 2004), 6-10 September 2004; Kyoto, Japan; IEEE Computer Society; 2004; ISBN 0-7695-2174-6; S. 4-8.
- [18] P. Donzelli, P. Bresciani: Goal-Oriented Requirements Engineering: a Case Study in E-Government. Technical Report # P03-12-40; Istituto Trentino di Cultura, 2003.
- [19] Object Management Group (OMG): Business Motivation Model (BMM) Version 1.1; OMG Document Number: formal/2008-08-02; 2008; <http://www.omg.org/spec/BMM/1.0/PDF> (letzter Aufruf: 19.08.2011)
- [20] T. D. Breaux: Compliance Engineering: Aligning Software Requirements with Policies and Regulations. Doctoral Symposium at the ACM/SIGSOFT 14th Symp. on Foundations of Software Engineering (FSE-14), Portland, Oregon, Nov. 2006.
- [21] N. Kiyavitskaya, N. Zeni, T. D. Breaux, A. I. Antón, J. R. Cordy, L. Mich, J. Mylopoulos: Automating the Extraction of Rights and Obligations for Regulatory Compliance. In: Q. Li, S. Spaccapietra, E. Yu, A. Olivé (Hrsg.): Conceptual Modeling - Proceedings of the 27th International Conference on Conceptual Modeling (ER'08); Barcelona, Spanien, 2008; LNCS 5231; Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg; 2008; ISBN 978-3-540-87876-6; S. 154-168.
- [22] A. Siena: Engineering Law-Compliant Requirements The Nomos Framework. International Doctorate School in Information and Communication Technologies, DISI - University of Trento; PhD Dissertation; 2010.
- [23] S. Sadiq, G. Governatori, K. Naimiri: Modeling Control Objectives for Business Process Compliance. In: G. Alonso, P. Dadam, M. Rosemann (Hrsg.): Proceedings of the 5th International Conference, BPM 2007, Brisbane, Australien, 24-28. September 2007; LNCS 4714; Springer, Berlin; 2007; ISBN 978-3-540-75182-3; S. 149-164.
- [24] Y. Liu, S. Müller, K. Xu: A static compliance-checking framework for business process models. in: IBM Systems Journal, vol. 46, no. 2, 2007, Seite 335 - 362
- [25] V. Padmanabhan, G. Governatori, S. Sadiq, R. Colomb and A. Rotolo. (2006) Process Modeling: The Deontic Way. In M. Stumptner, S. Hartmann, Y. Kiyoki (Hrsg.): Conceptual Modelling 2006, Third Asia-Pacific Conference on Conceptual Modelling (APCCM 2006), Hobart, Australien, Januar 2006. CRPIT 53, Australian Computer Society; 2006; ISBN 1-920-68235-X; S. 75-84.
- [26] D. Schleicher, F. Leymann, D. Schumm, M. Weidmann: Compliance Scopes: Extending the BPMN 2.0 Meta Model to Specify Compliance Requirements. In: Proceedings of IEEE International Conference on Service-Oriented Computing and Applications (SOCA 2010), 13-15 Dezember 2010, Perth, Australien; IEEE; 2010; ISBN 978-1-4244-9802-4; S. 13-15.
- [27] C. Giblin, A. Y. Liu, s. Müller, B. Pfitzmann, X. Zhou: Regulations Expressed As Logical Models (REALM). In Proceedings of the 18th Annual Conference on Legal Knowledge and Information Systems (JURIX 2005). IOS Press, 2005. Erweiterte Version verfügbar als IBM Research Report RZ 3616, 2005, <http://kisogawa.inf.ethz.ch/WebBIB/publications/papers/2005/rz3616.pdf> (letzter Aufruf: 19.08.2011)

- [28] D. Schumm (Hrsg.): COMPAS - Compliance-driven Models, Languages, and Architectures for Services, Achievements & Lessons Learned; Institute of Architecture of Application Systems, University of Stuttgart; 25.01.2011.
- [29] M. Rath: Rechtliche Aspekte von IT-Compliance. in: G. Wecker, H. van Laak: Compliance in der Unternehmerpraxis. Gabler Verlag, Wiesbaden; 2. Auf., 2009, ISBN 978-3-8349-1660-0; S. 119-167
- [30] T. Margaria, B. Steffen: Continuous Model-Driven Engineering. In: Computer, Vol. 42, No. 10, Oktober 2009; ISSN 0018-9162; S. 94-97.
- [31] T. Margaria, B. Steffen: Agile IT: Thinking in User-Centric Models. In: T. Margaria, B. Steffen (Hrsg.): Leveraging Applications of Formal Methods, Verification and Validation; Communications in Computer and Information Science, Vol. 17; Springer, Berlin, Heidelberg; 2009; ISBN 978-3-540-88478-1; S. 490-502
- [32] T. Margaria, B. Steffen: Business Process Modelling in the jABC: The One-Thing-Approach. In: J. Cardoso, W. van der Aalst (Hrsg.): Handbook of Research on Business Process Modeling. IGI Global; 2009; ISBN 1605662887; S. 1-26.
- [33] World Wide Web Consortium (W3C): OWL Web Ontology Language Reference, W3C Recommendation 10 February 2004, <http://www.w3.org/TR/owl-ref/> (letzter Aufruf: 19.08.2011)
- [34] World Wide Web Consortium (W3C): RDFa in XHTML: Syntax and Processing - A collection of attributes and processing rules for extending XHTML to support RDF. W3C Recommendation, 14 October 2008, <http://www.w3.org/TR/rdfa-syntax/> (letzter Aufruf: 19.08.2011).
- [35] World Wide Web Consortium (W3C): XSL Transformations (XSLT) Version 2.0, W3C Recommendation, 23 January 2007, <http://www.w3.org/TR/xslt20/> (letzter Aufruf: 19.08.2011).
- [36] E. Horn, T. Off: eGovernment-Architekturen auf Basis der eLogo-Referenzmodelle; KWI-Projektberichte Nr. 9; Universität Potsdam, 2004, ISBN 3-937786-04-X.
- [37] Object Management Group (OMG): Meta Object Facility (MOF) 2.0 Query/View/Transformation Specification Version 1.1 OMG Document Number: formal/2011-01-01 Januar 2011, <http://www.omg.org/spec/QVT/1.1> (letzter Aufruf: 19.08.2011).
- [38] Object Management Group (OMG): OMG Unified Modeling Language (OMG UML), Infrastructure Version 2.2, OMG Document Number: formal/2009-02-04.
- [39] Object Management Group (OMG): OMG Unified Modeling Language (OMG UML), Superstructure Version 2.2, OMG Document Number: formal/2009-02-02.
- [40] Bundesministerium des Innern (Hrsg.): SAGA - Standards und Architekturen für E-Government-Anwendungen, Version 4.0; März 2008; http://www.cio.bund.de/SharedDocs/Publikationen/DE/Standards_und_Architekturen/saga_4_0_download.pdf?__blob=publicationFile (letzter Aufruf: 19.08.2011).
- [41] Bundesministerium des Innern (Hrsg.): SAGA - Standards und Architekturen für E-Government-Anwendungen, Aktualisierte Version 4.0; Juli 2010; http://www.cio.bund.de/SharedDocs/Publikationen/DE/Standards_und_Architekturen/saga_4_0_update_kapitel_8_download.pdf?__blob=publicationFile (letzter Aufruf: 19.08.2011).
- [42] M. Wulff: Vorausschauende Technikfolgenabschätzung. In: Innovative Verwaltung. Das Fachmedium für erfolgreiches Verwaltungsmanagement. Heft 6; 2010; ISSN 1618-9876; S. 43.
- [43] K. Lenk: E-Government is about Government - Verwaltungsmodernisierung mit IT im nächsten Jahrzehnt. in: K. Klenk, M. Brüggemeier: Zwischenbilanz: E-Government und Verwaltungsmodernisierung; Alcatel-Lucent Stiftung für Kommunikationsforschung; Schriftenreihe 91; ISSN 0932-156x; 2011; http://www.stiftungaktuell.de/files/sr91_e-government_und_verwaltungsmodernisierung_1.pdf (letzter Aufruf: 02.08.2011)
- [44] K. Lenk: Evolution im Denken und Handeln - Verwaltungsmodernisierung im nächsten Jahrzehnt: Mehr als nur Bürgerdienste. in: VITAKO Aktuell, Zeitschrift der Bundesarbeitsgemeinschaft der Kommunalen IT-Dienstleister e.V.; Ausg. 4; November 2010; S. 6-7; http://www5.infokom-gt.de/medien/bindata/vitako_aktuell_4_10_infokom_WEB.pdf (letzter Aufruf: 02.08.2011)