

erschienen in: Hans Robert Hansen, Dimitris Karagiannis und Hans-Georg Fill, Hrsg., *Business Services: Konzepte, Technologien, Anwendungen, 9. Internationale Tagung Wirtschaftsinformatik, 25. - 27. Februar 2009, Wien*, vol. 1, S. 193 - 201, 2009, Oesterreichische Computer Gesellschaft.

Fallstudie zum Einsatz agiler, prozessorientierter Methoden in der Chipindustrie

Mirjam Minor¹, Daniel Schmalen², Andreas Koldehoff³

Kurzfassung

Der vorliegende Beitrag befasst sich mit einer Fallstudie zum Einsatz Agiler Workflow-Technologie in der Chipindustrie. Im Zentrum der Untersuchung stehen die eigens entwickelten agilen, prozessorientierten Methoden, die wichtiger Bestandteil dieser Technologie sind⁴. In der Fallstudie wurde eine prototypische Implementierung eines Agilen Workflow-Management-Systems verwendet. Dieser Pilot wurde in einem realen Chipentwicklungsprojekt in der Firma Silicon Image angewandt. Die Ergebnisse wurden von einem gemischten Team aus Chip-Experten und Workflow-Experten bewertet. Dabei wurden IT-technische, ökonomische und organisatorische Aspekte betrachtet. Die beiden Hauptziele der Studie waren, branchenspezifische Erkenntnisse über die Anwendbarkeit der Agilen Workflow-Technologie zu gewinnen und Hinweise zur Gestaltung von neuen Methoden und Tools für Agile Workflows zu bekommen. Die guten Resultate der Fallstudie lassen darauf hoffen, dass Agile Workflow-Technologie ein wichtiger Baustein für ein serviceorientiertes Geschäftsprozessmanagement werden könnte.

1. Einführung

1975 sagte Gordon Moore eine „Verdopplung der Transistoren je Chip alle 18 Monate“ [zitiert nach 3, S.23] voraus. Seitdem bestätigt der Markt dieses Moore'sche Gesetz mit bemerkenswerter Genauigkeit. Mit der steigenden Anzahl an Transistoren und Komponenten, die auf einem Chip integriert werden, steigt auch die Komplexität der Entwicklungsprozesse und damit der Aufwand für eine systematische Qualitätssicherung. Trotz der steigenden Komplexität muss die Chipentwicklung unter sehr engen zeitlichen Rahmenbedingungen geschehen, um am Markt Chancen auf Erfolg zu haben. Projektverzögerungen bergen die Gefahr, den gesamten Markt zu verlieren. Kann ein konkurrierendes Unternehmen ein Chipdesign oder fabrizierte Chips mit neuen Funktionalitäten schneller liefern, wird es sehr schwierig, für die eigenen Entwürfe und Produkte noch Kunden zu finden. Folglich ist es ein entscheidender Erfolgsfaktor für die Firmen, die Balance

¹ Universität Trier, Wirtschaftsinformatik II, D-54286 Trier

² Universität Trier, Wirtschaftsinformatik II, D-54286 Trier

³ Silicon Image GmbH, Garbsener Landstr. 10, D-30419 Hannover

⁴ Die Autoren verwenden einen Technologie-Begriff, der sowohl die Technik (Tools, Standards, etc.) als auch die Methoden und deren Anwendung einschließt (vgl. [1, S. 653]).

zwischen Qualität und schneller Marktreife zu halten. Prozessorientierte Methoden und Tools sind in der Chipindustrie auf dem Vormarsch⁵. Die Methoden und Tools tragen durch die systematische Unterstützung der Chip-Entwicklungsprozesse dazu bei, den entscheidenden Zeitvorsprung zu schaffen und gleichzeitig die Qualität durch lückenlose Verifikation und Validierung der Designs zu sichern. Wichtige Grundlage hierfür ist die Spezifikation und Einhaltung eines *Design Flows*, der die Entwicklungsprozesse Schritt für Schritt beschreibt. Dies wird in einigen Firmen bereits betrieben und gewinnt zunehmend an Bedeutung. Als technische Mittel zur Spezifikation von Design Flows werden vorwiegend Texteditoren oder graphische Tools wie Microsoft Visio eingesetzt. Der hohe Automatisierungsgrad der Einzelschritte in der Chipentwicklung, zum Beispiel bei der Synthese eines Chiplayouts aus einer Beschreibung in HDL (hardware description logic), spricht für eine stärkere Formalisierung der Prozesse mit Orientierung am Service-Gedanken und am Workflow-Paradigma. Heutige Workflow-Technologie fokussiert darauf, Geschäftsprozesse durch automatische Unterstützung zügig abzuwickeln. Auf den ersten Blick sind bereits käufliche Lösungen, die Services mit Geschäftsprozessmanagement integrieren, für *Electronic Design Automation* (EDA) anwendbar, so zum Beispiel Microsoft Biztalk Server [4], IBM WebSphere Business Services Fabric [2] oder SAP NetWeaver [10]. Design Flows können damit in Standards wie Web Services Business Process Execution Language WS-BPEL [9] oder Business Process Modeling Notation BPMN [8] spezifiziert werden. Automatisierte Einzelaufgaben im Prozess können durch Services erbracht werden. Die Integration nicht-automatisierter Aufgaben („human tasks“) ist derzeit Gegenstand der Forschung, wird jedoch bald realisiert sein [12].

Wie die Unternehmenspraxis aber gezeigt hat, reicht die Flexibilität der verfügbaren, kommerziellen Lösungen für die Anforderungen der Chipindustrie nicht aus: „Eine Workflow-Technologie, die sich nicht an Veränderungen anpasst, könnten wir nicht einsetzen“, konstatiert ein Chipexperte von Silicon Image GmbH [S. Rackow, persönliches Interview, 25. Oktober 2006]. Damit ist nicht der bloße Austausch einzelner Services und Tools im Sinne einer Neu-Orchestrierung gemeint, sondern echte, strukturelle Anpassungen der Entwicklungsprozesse zur Laufzeit, wie sie die zunehmende Flexibilisierung der Chipindustrie erfordert. Dies kann zum Beispiel die Parallelisierung ursprünglich sequentieller Entwicklungs-Aufgaben sein, um die laufende Entwicklung durch den Einsatz von freischaffenden Mitarbeitern ad hoc zu beschleunigen. Agile Workflow-Technologie [14,7] widmet sich der automatischen Unterstützung von Prozessen, die einen hohen Grad an Agilität aufweisen, das heißt, die – geplant oder ad hoc – strukturelle Anpassungen zur Laufzeit erfahren.

Um exemplarisch zu überprüfen, ob eine Weiterentwicklung prozessorientierter Methoden und Werkzeuge zu agiler Workflow-Technologie in der Chipentwicklung nutzbringend einsetzbar ist, wurde die vorliegende Fallstudie unter Verwendung einer eigenen, prototypischen Implementierung durchgeführt und die Ergebnisse durch ein gemischtes Team von Chipentwicklern und Workflow-Experten bewertet. Die Potenziale für intra- und interorganisationale Geschäftsprozesse in der Chipindustrie wurden durch die Chipexperten abgeschätzt. Des Weiteren ist die Fallstudie Bestandteil eines inkrementellen Entwicklungsansatzes für neue Workflow-Technologie. Die Erkenntnisse aus der Fallstudie dienen der Gestaltung der Methoden und Werkzeuge für agile Workflows. Dies gilt nicht primär der branchenspezifischen Weiterentwicklung agiler Workflow-Technologie für die Chipindustrie als vielmehr einem

⁵ Die Autoren konnten sich bei den Chipentwicklern AMD, Cadence, Infineon und Silicon Image persönlich von der heutigen Unternehmenspraxis überzeugen. Diese Kooperation wurde vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) im Rahmen des URANOS-Projekts von Juli 2005 bis Juni 2008 unter Nr. 01M3075 gefördert.

domänenübergreifenden Ansatz, der eine erste Evidenz aus den Ergebnissen der Fallstudie bezieht. Diese Evidenz wird unter ökonomischen, organisatorischen und IT-technischen Aspekten gewonnen.

Im Folgenden wird in Kapitel 2 kurz der verwendete Ansatz zur Modellierung agiler Workflows skizziert, der in der Literatur [7] im Detail beschrieben ist. In Kapitel 3 werden Aufbau, Durchführung und Bewertung der Fallstudie vorgestellt. Schließlich gibt Kapitel 4 eine Zusammenfassung und einen Ausblick auf das weitere Vorgehen.

2. Methoden zur Modellierung agiler Workflows

Workflows sind „die Automatisierung eines Geschäftsprozesses im Ganzen oder in Teilen, wodurch Dokumente, Informationen oder Aufgaben in einer durch Regeln festgelegten Abfolge von einem Bearbeiter zu einem nächsten gereicht werden können“ [15, eigene Übersetzung]. Ein *Workflow-Management-System* „definiert, erzeugt und verwaltet die Abarbeitung von Workflows mit Hilfe von Software ..., die die Prozessdefinition interpretieren, mit den Workflow-Teilnehmern interagieren und gegebenenfalls Tools und Anwendungen aufrufen kann“ [15, eigene Übersetzung]. *Agile Workflows* sind Workflows, die zur Laufzeit strukturelle Änderungen erfahren. Unser Ansatz für agile Workflows betrachtet sowohl spontane Änderungen („ad hoc changes“) als auch geplante Modellierungsvorgänge („late modeling“).

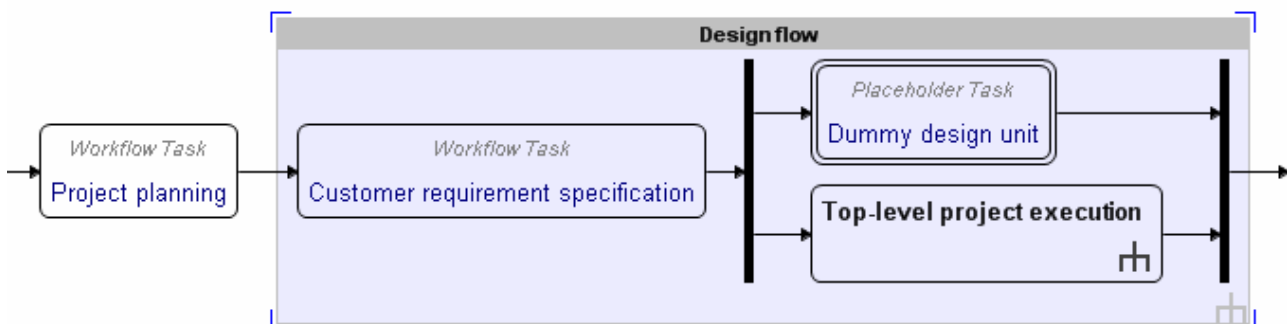


Abbildung 1: Ausschnitt einer Workflow-Definition für die Chipentwicklung.

Abbildung 1 zeigt einen Ausschnitt aus unserem prototypischen Modellierungswerkzeug. Dort ist ein Teil eines UML Aktivitäts-Diagrammes zu sehen [11], das eine *Workflow-Definition* für die Chipentwicklung graphisch darstellt. Die Workflow-Definition fungiert als Vorlage für *Workflow-Instanzen*, die ein konkretes Chipentwicklungs-Projekt unterstützen. In dem Workflow-Ausschnitt in Abbildung 1 folgen nach den Aktivitäten für die Projektplanung („Project planning“) und die Spezifikation der Kundenanforderungen („Customer requirement specification“) dann die Aktivitäten zur Entwicklung der einzelnen Chipbausteine („design units“) parallel zu der Integration dieser Bausteine auf oberster Ebene des Entwicklungsprojekts („Top-level project execution“). Ein „Placeholder Task“ ist ein Platzhalter für einen Sub-Workflow, das heißt eine Referenz auf eine andere Workflow-Instanz. Das Gabel-Symbol steht für die Bündelung mehrerer Aktivitäten in einer Gruppe, z.B. in der Gruppe „Design flow“. Da ein Design Flow mehrere tausend Aktivitäten beinhalten kann, ist diese hierarchische Darstellungsweise unumgänglich.

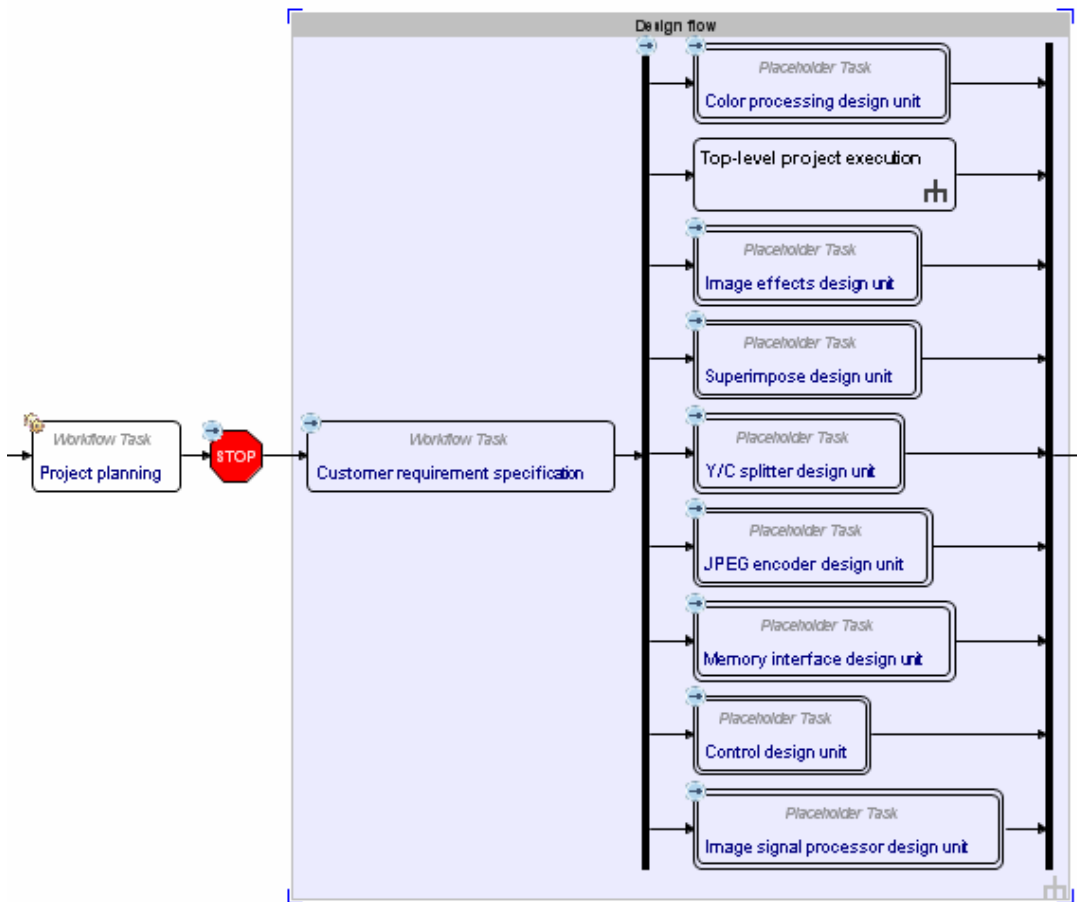


Abbildung 2: Ausschnitt der laufenden Workflow-Instanz für das Beispielprojekt MARVIN, die von der Workflow-Definition in Abbildung 1 abgeleitet und erweitert wurde.

Die Bezeichnung „Dummy design unit“ in Abbildung 1 deutet schon an, dass es sich um ein Beispiel für einen geplanten Modellierungsvorgang handelt. Abbildung 2 zeigt die Ergebnisse der Nachmodellierung an der Workflow-Instanz für das Beispiel-Chipentwicklungsprojekt MARVIN (*Megapixel Camera Interface DesignObjectTM*, siehe auch Kapitel 3). Erst bei Ausführung der Aktivität „Project planning“ wird festgelegt, aus welchen Bausteinen der Chip tatsächlich bestehen soll. Folglich kann auch erst dann die weitere Struktur des Workflows modelliert werden. In MARVIN geschieht dies durch Einführung von acht Sub-Workflows für die Design units, die alle von derselben Workflow-Definition für Design units abgeleitet werden. Typische, spontane Änderungen sind zum Beispiel Änderungen der Reihenfolge von Aktivitäten oder das Einfügen zusätzlicher Aktivitäten zur Laufzeit.

Die Sprache zur Modellierung agiler Workflows ist in unserem Ansatz bewusst einfach gehalten. Sie orientiert sich an den Workflow-Pattern von van der Aalst et al. [13] mit den fünf grundlegenden Kontrollfluss-Elementen *Sequenz*, *AND-split*, *AND-join*, *XOR-split*, *XOR-join* und mit Schleifen. Die Schleifen sind strukturierte Zyklen mit genau einem Eintrittspunkt, nämlich dem Kontrollfluss-Element *Loop-join*, und genau einem Austrittspunkt, nämlich dem Kontrollfluss-Element *Loop-split*. Diese weit verbreiteten Sprachkonzepte wurden um zwei eigene Kontrollfluss-Elemente ergänzt, die der Agilität der Workflows Rechnung tragen: den *Stoppschildern* und den oben bereits beschriebenen *Platzhaltern für Sub-Workflows*. Stoppschilder ermöglichen Modellierungsarbeiten an einer (großen) Workflow-Instanz, während die Abarbeitung der Instanz an anderen Stellen weiterlaufen kann. Sie halten den Kontrollfluss an einer einzelnen Stelle des

Workflows auf, hinter der dann unbehelligt modelliert werden kann. Detailliertere Angaben zur Modellierungssprache und zur prototypischen Implementierung des Workflow-Management-Systems finden sich in der Literatur [7,6].

3. Aufbau, Durchführung und Ergebnisse der Fallstudie

Die Anwendung der im vorigen Kapitel beschriebenen agilen Workflow-Technologie auf ein echtes Chipentwicklungsprojekt war Gegenstand einer Fallstudie beim Chiphersteller Silicon Image. Dabei wurden folgende Punkte untersucht:

- Mächtigkeit und Flexibilität der Modellierungssprache
- Nutzeffekte für den Koordinationsaufwand im Chipentwicklungsprojekt
- Integration in die bestehenden Geschäftsprozesse der Firma
- Nutzeffekte für das Qualitätsmanagement
- Nutzeffekte für die intra- und interorganisationalen Geschäftsprozesse.

Die Untersuchung der Modellierungssprache bildete den *IT-technischen Aspekt* der Studie. Sie untergliederte sich einerseits in die Frage, ob die Sprachkonzepte ausreichend mächtig waren, um ein reales Chipentwicklungsprojekt abbilden zu können. Andererseits spielte die Flexibilität des Ansatzes eine große Rolle, nämlich die Frage ob alle auftretenden Änderungswünsche durch die vorgesehenen Methoden zur Modifikation von laufenden Workflows abgedeckt werden konnten. Beim *ökonomischen Aspekt* der Studie war vor allem eine potenzielle Senkung des Koordinationsaufwands mit Hilfe der agilen Workflow-Technologie von Interesse. Bei den letzten drei Punkten, nämlich bei der Integration in die Geschäftsprozesse der Firma und bei den Nutzeffekten für Qualitätsmanagement und Geschäftsprozesse wurden vor allem die *organisatorischen Potenziale* der Agilen Workflow-Technologie beleuchtet.

Das Chipentwicklungsprojekt, das im Mittelpunkt der Fallstudie stand, gehört zu einem langjährig erfolgreichen Produkt der Firma Silicon Image namens MARVIN (*Megapixel Camera Interface DesignObjectTM*). Dabei handelt es sich um eine Kameraschnittstelle für Video- und Bilddaten mit einer Auflösung von bis zu 12,6 Megapixeln. Die Chips, die nach diesem Design fabriziert werden, werden in hohen Stückzahlen zum Beispiel für Mobiltelefone verkauft. Es sind mehrere Varianten des Chipdesigns mit unterschiedlichen Auflösungen auf dem Markt (MARVIN-3MP, MARVIN-5MP, MARVIN-12MP). Die Chipentwickler von Silicon Image bekommen immer wieder die Aufgabe, MARVIN an neue Auflösungen anzupassen. Neben den höheren Auflösungen für leistungsfähigere Produkte werden auch oft niedrigere Auflösungen gewünscht, um die Produkte preiswerter oder kleiner zu machen. Die Fallstudie wurde im Rahmen eines solchen, typischen Anpassungsprojekts mit einer Dauer von etwa zwölf Monaten durchgeführt. Fünf Chipentwickler arbeiteten mit einem Teil ihrer Arbeitszeit am Projekt, so dass ein Gesamtaufwand von etwa drei Personal-Monaten für die MARVIN-Anpassung entstand.

Für den ersten Untersuchungsgegenstand der Fallstudie, die Modellierungssprache, wurde der ursprünglich geplante Design Flow für die MARVIN-Anpassung sowie die strukturellen Änderungen des Design Flows während der Ausführung der Entwicklungsarbeiten mit dem Workflow-Management-System modelliert und ausgeführt. Es traten während der Laufzeit des Projekts sieben Änderungsgesuche („change requests“) auf. Beispielsweise stellte sich während eines Durchlaufs der Validierungs-Software heraus, dass eine Nachschlagetabelle („look-up table“) zu klein konzipiert worden war. Die vom Kunden bereitgestellten Testdaten benötigten eine größere Tabelle als vorgesehen. Die Validierung geschieht normalerweise erst relativ spät im

Design Flow, nämlich wenn für jede Design Unit Ergebnisse erster Probesynthesen⁶ vorliegen. Änderungen zu diesem späten Zeitpunkt sind meist problematisch. Im vorliegenden Fall mussten die noch laufenden Entwicklungsarbeiten zur Verfeinerung einzelner Design Units mit der angestrebten Vergrößerung der besagten Tabelle in Einklang gebracht werden. Die Koordination der zusätzlichen und der alten Aufgaben wurde mit Hilfe der agilen Workflow-Technologie bewerkstelligt. Dies beinhaltete natürlich auch strukturelle Veränderungen am laufenden Design Flow. In ganz ähnlicher Weise wurde für die Berücksichtigung der sechs anderen change requests gesorgt. Nach Ablauf des Beispiel-Projekts wurden in einem Fragebogen Antworten auf die ökonomischen und organisatorischen Fragen der Fallstudie erhoben.

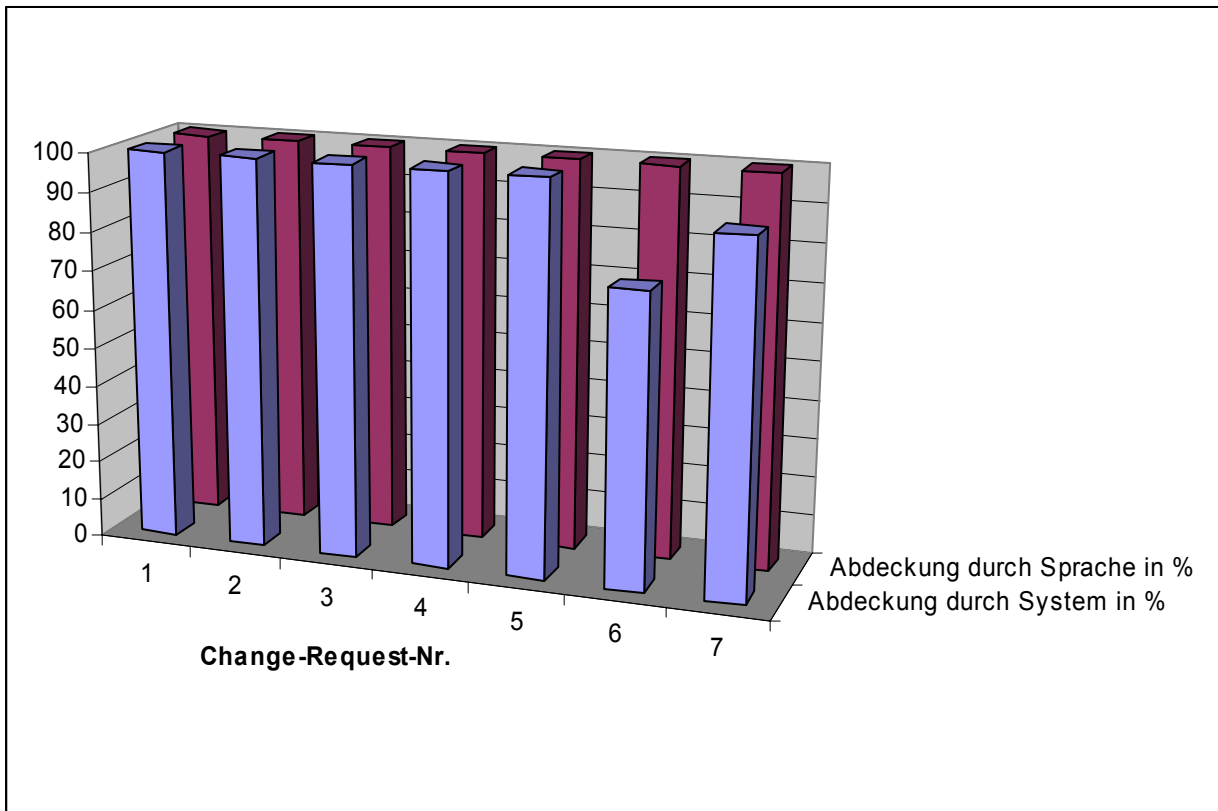


Abbildung 3: Anpassbarkeit der Workflows bei Change Requests.

Die Ergebnisse des praktischen Teils der Fallstudie waren die Folgenden: Die Mächtigkeit der Modellierungssprache war geeignet um den initialen Design Flow von MARVIN abzubilden. Die Flexibilität der Modellierungssprache war mit leichten Einschränkungen ausreichend, um den Design Flow in Folge von change requests strukturell anzupassen. Abbildung 3 zeigt, dass in zwei von sieben Fällen die Modellierungssprache zwar geeignete Konzepte enthielt, um die Design Flows mit hundertprozentiger Abdeckung des change requests anzupassen, es aber leichte Probleme mit der prototypischen Implementierung gab. Bei Change Request 6 hatte das grafische Modellierungstool Schwierigkeiten, die zweite Iteration einer loop-Schleife korrekt darzustellen, so dass sie nicht wie gewünscht modifiziert werden konnte. Bei Change Request 7 trat ein Modellierungsfehler in der Workflow-Definition zu Tage: Eine fehlende Loop-Schleife führte dazu, dass ein Teil des Workflows kopiert werden musste statt dass er einfach in einer zweiten

⁶ Mit Synthese bezeichnet man die Transformation einer logischen Beschreibung eines Chipdesigns in eine strukturelle Beschreibung, zum Beispiel in ein sogenanntes Chiplayout, in dem schon die Platzierung von Gattern spezifiziert ist.

Schleifeniteration wiederholt werden konnte. Dies stellte sich als umständliche Aufgabe heraus, da das Modellierungstool das Kopieren und Einfügen noch nicht unterstützt. Keiner der sieben Change Requests hätte mit den kommerziellen Workflow-Systemen, die in der Einleitung erwähnt wurden, behandelt werden können.

Die Ergebnisse der Expertenbefragung im Anschluss an den praktischen Teil der Fallstudie waren zusammengefasst die Folgenden:

- *Modellierungssprache*: Die Experten bestätigten die grundsätzliche Eignung der Modellierungssprache und der prototypischen Implementierung des Workflow-Management-Systems für die Unterstützung von Design Flows. Sie kritisierten allerdings die Unausgereiftheit der Implementierung bezüglich unerwarteter Loop-Schleifen. Diese Kritik ist im Einklang mit der Beobachtung im praktischen Teil, dass das System noch keine Unterstützung von Kopieren und Einfügen bietet. Das nachträgliche Einfügen von Loop-Schleifen in die Vergangenheit ist nicht erstrebenswert, da dies die ansonsten streng beachtete Grundregel verletzen würde, dass die Vergangenheit nicht modifiziert werden darf. Dies würde zwar nur ein Einfügen eines zusätzlichen Kontrollfluss-Elementes (Loop-join) in die Vergangenheit bedeuten und inhaltlich nichts verändern, könnte aber zu Diskussionen über den Einsatz des Systems zu Zwecken der Dokumentation für das Qualitätsmanagement führen. Eine benutzerfreundliche Kopierunterstützung scheint derzeit eine bessere Lösung zu bieten.
- *Koordinationsaufwand*: Die Experten schätzten den Aufwand für Koordination der Aktivitäten in Chipentwicklungsprojekten auf durchschnittlich 10 bis 20 % der insgesamt aufgebrauchten Arbeitszeit. Einsparpotenzial durch agile Workflow-Technologie wurde vor allem für große Teams mit über fünfzig Mitarbeitern und für die Einarbeitung neuer Mitarbeiter gesehen. Davon verspricht man sich eine erhöhte Produktivität.
- *Integration in Geschäftsprozesse*: Die Integration der Agilen Workflow-Technologie in die Geschäftsprozesse der Firma wurde als mittelgut bewertet. Die Planungsprozesse wurden positiv hervorgehoben.
- *Qualitätsmanagement*: Es wurde ein positiver Einfluss von Agiler Workflow-Technologie auf das Qualitätsmanagement erwartet.
- *Intra- und interorganisationale Geschäftsprozesse*: Es wurden keine Veränderungen der bestehenden intraorganisationalen Prozesse durch die Einführung Agiler Workflow-Technologie erwartet. Als Begründung wurde unter anderem angeführt, dass die Prozesse schon sehr optimal sind. Für die interorganisationalen Prozesse wurden Verbesserungen bei der Abstimmung mit anderen Firmen erwartet. Zum Beispiel übernehmen langjährige Kunden oft einen Teil der Entwicklungsarbeiten. In solchen Fällen wird eine Stärkung der Kundenbindung durch die Agile Workflow-Technologie und damit eine verbesserte Marktposition erwartet.

Insgesamt hat die Expertenbefragung mit kleineren Abstrichen also eine positive Bewertung der Agilen Workflow-Technologie erbracht. Die Chipexperten sahen einige potentielle Nutzeffekte, bewerteten die technische Umsetzung aber noch als zu unreif, um die sehr dynamischen Entwicklungsprozesse problemlos damit unterstützen zu können.

4. Zusammenfassung und weiteres Vorgehen

In der vorliegenden Fallstudie wurde die Anwendung Agiler Workflow-Technologie auf ein Chipentwicklungsprojekt der Firma Silicon Image untersucht. Agile Workflow-Technologie ist eine Weiterentwicklung herkömmlicher Workflow-Technologie, die Änderungen der Workflows zur Laufzeit erlaubt. Die Fallstudie erbrachte ein positives Beispiel für die Frage der

branchenspezifischen Anwendbarkeit von Agiler Workflow-Technologie in der Chipindustrie. Außerdem wurden wertvolle Hinweise für die Gestaltung neuer Methoden und Tools der Agilen Workflow-Technologie gewonnen.

Um dem Ziel eines branchenübergreifenden Ansatzes näher zu kommen, ist im weiteren Vorgehen eine Anwendung der Agilen Workflow-Technologie auch in anderen Branchen und Domänen vorgesehen. Daneben ist geplant, die Integration der agilen Technologie mit dem BPEL Standard weiter zu betreiben, um ein serviceorientiertes Geschäftsprozessmanagement durch Agile Workflow-Technologie breiter zu unterstützen [5]. Außerdem soll der Ansatz um neue Methoden und Tools zur Wiederverwendung von Prozesswissen erweitert werden. Erste Ideen dazu sind in der Literatur [7] bereits formuliert. Unsere Vision für die Zukunft ist eine automatische Wiederverwendung von Prozesswissen, so dass die Anpassung von Workflow-Instanzen auf der Basis von Erfahrungswissen weitgehend automatisiert werden kann.

Die guten Ergebnisse der Fallstudie sind ein wichtiger Schritt auf dem Weg zu einer kommerziellen Entwicklung eines agilen Workflow-Management-Systems mit den oben beschriebenen Konzepten und Methoden. Die Betrachtung IT-technischer, ökonomischer und organisatorischer Aspekte in der Studie liefert einen Beitrag zur Wirtschaftsinformatik als Mittlerin zwischen IT und Management.

5. Danksagung

Die Autoren danken den Chipexperten Marko Höpken, Frank Recoullé und Stefan Pipereit (alle Silicon Image) ganz herzlich für die Unterstützung bei dieser Forschungsarbeit. Auch dem Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) gilt der Dank der Autoren für die Förderung des URANOS-Projekts unter der Nr. 01M3075.

Literatur

- [1] HEINRICH, L., HEINZL, A., & ROITHMAYR, F., Wirtschaftsinformatik-Lexikon, 7., vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage, R. Oldenbourg Verlag, München, Wien, 2004.
- [2] IBM, WebSphere Business Services Fabric, 2008, <http://www-306.ibm.com/software/integration/wbsf/>, Stand: 12. November 2008.
- [3] JANSEN, D., Einführung, in: D. Jansen (Hrsg.), Handbuch der Electronic Design Automation, Carl Hanser Verlag, München, 2001.
- [4] MICROSOFT, Microsoft Biztalk Server Roadmap, 2008, <http://www.microsoft.com/biztalk/en/us/roadmap.aspx>, Stand: 12. November 2008.
- [5] MINOR, M., SCHMALEN, D., & BERGMANN R., XML-based Representation of Agile Workflows, in: M. Bichler, T. Hess, H. Krcmar, U. Lechner, F. Matthes, A. Picot, B. Speitkamp, & P. Wolf (Hrsg.), Multikonferenz Wirtschaftsinformatik 2008, pp 439-440, 2008, GITO-Verlag Berlin.
- [6] MINOR, M., SCHMALEN, D., WEIDLICH, J., & KOLDEHOFF, A., Introspection into an agile workflow engine for long-term processes, in: Proceedings of WETICE 2008, im Druck.
- [7] MINOR, M., TARTAKOVSKI, A., SCHMALEN, D., & BERGMANN, R., Agile Workflow Technology and Case-Based Change Reuse for Long-Term Processes, International Journal of Intelligent Information Technologies, 4(1), pp.80-98, 2008.

- [8] OBJECT MANAGEMENT GROUP, Business Process Modeling Notation V1.1, 2008, <http://www.bpmn.org/Documents/BPMN%201-1%20Specification.pdf>, Stand: 28. Juli 2008.
- [9] ORGANIZATION FOR THE ADVANCEMENT OF STRUCTURED INFORMATION STANDARDS, Web Services Business Process Execution Language Version 2.0 Standard, 2007, <http://docs.oasis-open.org/wsbpel/2.0/OS/wsbpel-v2.0-OS.pdf>, Stand: 28. Juli 2008.
- [10] SAP, SAP Netweaver: Ideen sofort in die Tat umsetzen, 2008, <http://www.sap.com/germany/plattform/netweaver/index.epx>, Stand: 12. November 2008.
- [11] STÖRRLE, H., UML 2 für Studenten, Pearson Studium Verlag, München, 2005.
- [12] UNGER, T., & BAUER, T., Towards a Standardized Task Management, in: M. Bichler, T. Hess, H. Krcmar, U. Lechner, F. Matthes, A. Picot, B. Speitkamp, & P. Wolf (Hrsg.), Multikonferenz Wirtschaftsinformatik 2008, pp. 443-444, 2008, GITO-Verlag Berlin.
- [13] VAN DER AALST, W. M. P.; TER HOFSTEDÉ, A. H. M.; KIEPUSZEWSKI, B.; BARROS, A. P.: Workflow patterns, Distributed and Parallel Databases, 14, 2003, pp. 5 – 51.
- [14] WEBER, B., & WILD, W, Towards the agile management of business processes. in: K. D. Althoff, A. Dengel, R. Bergmann, M. Nick, & T. Roth-Berghofer (Eds.), Professional knowledge management, Third Biennial Conference, WM 2005, Kaiserslautern, Germany, Revised Selected Papers, LNCS 3782, Springer, 2005, pp. 409-419.
- [15] WORKFLOW MANAGEMENT COALITION, Glossary & Terminology. http://www.wfmc.org/standards/docs/TC-1011_term_glossary_v3.pdf, Stand: 23. Mai 2007.