

Semantischer Assistent für die flexible Modellierung und Echtzeit-Planung von Engineering Change-Prozessen

Dissertation
Zur Erlangung des Grades
Doktor-Ingenieur

der
Fakultät für Maschinenbau
der Ruhr-Universität Bochum

von
Youssef Aidi
Aus Rabat

Bochum 2017

Dissertation eingereicht: 17. März 2016

Tag der mündlichen Prüfung: 15. Juli 2016

Erster Referent: Prof. Dr.-Ing. Michael Abramovici

Zweiter Referent: Prof. Dr.-Ing. Rainer Stark

Maschinenbauinformatik

Band 2/2017

Youssef Aidi

**Semantischer Assistent für die flexible
Modellierung und Echtzeit-Planung
von Engineering Change-Prozessen**

Shaker Verlag
Aachen 2017

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Zugl.: Bochum, Univ., Diss., 2016

Copyright Shaker Verlag 2017

Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen oder vollständigen Wiedergabe, der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen und der Übersetzung, vorbehalten.

Printed in Germany.

ISBN 978-3-8440-5373-9

ISSN 1865-3081

Shaker Verlag GmbH • Postfach 101818 • 52018 Aachen

Telefon: 02407 / 95 96 - 0 • Telefax: 02407 / 95 96 - 9

Internet: www.shaker.de • E-Mail: info@shaker.de

Vorwort des Herausgebers

Der Engineering Change-Prozess (ECP) stellt einen zentralen Teilprozess innerhalb der Produktentwicklung dar. ECPs sind häufig mit einem sehr hohen Aufwand verbunden und haben einen signifikanten Einfluss auf die Entwicklungskosten und -zeiten. Technische Änderungsbedarfe können durch eine Vielzahl kundenbezogener, technologischer, umweltbezogener, oder wirtschaftlicher Treiber hervorgerufen werden. Entsprechend ihrer möglichen heterogenen Ausprägungen haben technische Änderungen unterschiedliche Auswirkungen auf die ECPs. Bisher leiten Industrie-Unternehmen ihre ECPs von generischen Referenzprozessmodellen wie z.B. in der VDA4965 beschrieben ab. Diese ECPs beschreiben deterministische, sequentielle Vorgehensweisen, die von ECP-Managern als unternehmensspezifische Workflows mithilfe von Business Prozess Management (BPM)-Werkzeugen modelliert und ausgeführt werden. Diese BPM-Werkzeuge lassen nur wenige Prozessvarianten zu. Prozessvariationen oder -Anpassungen aufgrund von unvorhergesehenen Ereignissen erfordern aufwendige Software-Modifikationen, die mit hohen Risiken verbunden oder gar nicht realisierbar sind.

Um die benötigte Anpassungsfähigkeit von ECPs zu gewährleisten, stellt die vorliegende Arbeit einen neuen Ansatz zur flexiblen Modellierung und Echtzeit-Planung von komplexen und dynamischen ECPs vor. Dieser Ansatz basiert auf einer zielorientierten Modellierung von ECPs. Auf der Grundlage dieses Konzeptes wurde ein semantischer Software-Assistent entwickelt, der ECP-Manager dabei unterstützt, zielorientierte Prozessmodelle zu modellieren, in Echtzeit zu planen und anzupassen. Dabei werden auf der Basis einer ECP-Ontologie die Rahmenbedingungen des Änderungsvorgangs analysiert, die Planung des Prozessmanagers auf Plausibilität geprüft und der Erfüllungsgrad der Prozessziele in Echtzeit evaluiert.

Die vorgestellte Verbesserung der Modellierung und Planung von ECPs kann einen wichtigen Beitrag zur Effizienzsteigerung der Produktentwicklung und somit zur Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit produzierender Unternehmen liefern.

*"It is not the strongest of the species that survives, nor the most intelligent that survives.
It is the one that is most adaptable to change"*

Charles Darwin (1809-1889)

Danksagung

Die vorliegende Arbeit entstand während meiner Tätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Maschinenbauinformatik (ITM) der Ruhr-Universität Bochum und wurde von der dortigen Fakultät für Maschinenbau als Dissertation angenommen.

Zuerst gebührt mein Dank Prof. Dr.-Ing. Michael Abramovici, dem Leiter des Lehrstuhls für Maschinenbauinformatik (ITM). Für die wissenschaftliche Anleitung und Förderung dieser Arbeit, die zahlreichen wertvollen und kritischen Anregungen sowie für das mir entgegengebrachte Vertrauen möchte ich mich herzlich bedanken.

Prof. Dr.-Ing. Rainer Stark, Leiter des Geschäftsfeldes Virtuelle Produktentstehung des Fraunhofer Instituts für Produktionsanlagen und Konstruktionstechnik und Leiter des Fachgebietes Industrielle Informationstechnik der Technischen Universität Berlin, danke ich für das Interesse an der Arbeit und die Übernahme des Koreferats sowie für die erfolgreiche Zusammenarbeit im Rahmen des DFG Sonderforschungsbereiches SFB Transregio 29 „Engineering hybrider Leistungsbündel“.

Ein großer Dank geht ebenfalls an alle Kolleginnen und Kollegen sowie an alle studentischen Hilfskräften des Lehrstuhls für Maschinenbauinformatik für die hilfreiche Unterstützung bei der Durchführung dieser Arbeit. Das harmonische und kreative Arbeitsumfeld hat sicher wesentlich zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen.

Mein besonderer Dank gilt meinem Onkel Ahmed, meinem Onkel Taoufik, meiner Tante Giuliana, meinen Cousins Amin und Karim für die jahrelange unermüdliche Förderung und Unterstützung meiner Ausbildung. Ihre Unterstützung hat mir diesen Lebensweg überhaupt erst ermöglicht.

Der größte Dank aber gilt meiner Mutter Rabiaa und meiner Schwester Nezha, die mich stets mit ihrer grenzenlosen Liebe auf meinem Weg unterstützt haben und dabei auf vieles verzichten mussten. Ihnen ist dieses Buch gewidmet.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Ausgangssituation	1
1.2	Handlungsbedarf und Abgrenzung	3
1.3	Zielsetzung	4
1.4	Vorgehensweise	6
2	Grundlagen	8
2.1	Engineering Change-Prozess	8
2.1.1	Technische Änderungen	8
2.1.2	Engineering Change-Prozess	9
2.2	Prozessmodellierung und -Planung	10
2.2.1	Business Process Management (BPM)	10
2.2.2	Workflows	11
2.2.3	Business-Prozess- und Workflowmodellierung	11
2.3	Semantische Technologien	13
2.3.1	Aufbau von Ontologien	14
2.3.2	Modellierung von Ontologien	15
3	Anforderungen	17
3.1	Anforderungen an das Fachkonzept	18
3.1.1	Anforderungen an die Modellierung anpassungsfähiger Engineering Change Prozesse	18
3.1.2	Anforderung an die Echtzeit-Planung von EC-Prozessen	19
3.1.3	Anforderung an die Echtzeit-Evaluierung von EC-Prozessen	19
3.1.4	Anforderungen an eine kontextspezifische Informationsversorgung	19
3.2	Anforderungen an das informationstechnische Konzept	20
4	Stand der Forschung und der Technik	22
4.1	Engineering Change-Referenzprozesse	23
4.1.1	DIN 199 Teil 4	23
4.1.2	DIN EN ISO 10007 (Konfigurationsmanagement)	23
4.1.3	Configuration Management II	24
4.1.4	ISO/IEC 20000 (Release Management)	25

4.1.5	VDA 4965.....	26
4.2	Modellierung und Ausführung von Business-Prozessen.....	27
4.3	Flexibilisierung von Business-Prozessen	28
4.4	Zusammenfassung des Standes der Forschung und der Technik	30
5	Konzept für eine flexible Modellierung und Echtzeit-Planung von Engineering Change-Prozessen.....	32
5.1	Auswahl geeigneter Modellierungsmethoden	32
5.1.1	Erweiterte ereignisgesteuerte Prozessketten (eEPKs).....	33
5.1.2	Business Process Management Notation (BPMN)	36
5.1.3	Objektorientierte Prozessmodellierung (oEPK).....	40
5.1.4	Subjekt-orientiertes Business Process Management (S-BPM)	45
5.1.5	Goal-oriented BPMN (GoBPMN).....	49
5.1.6	Goal-oriented Requirement Language (GRL)	54
5.1.7	Bewertung der Ansätze und Auswahl der Modellierungsmethode.....	58
5.2	Fachkonzept.....	61
5.2.1	Modellierungsassistent.....	64
5.2.2	Informationsassistent	70
5.2.3	EC-Prozess-Ontologie	73
5.2.4	EC-Prozess-Engine	76
6	Informationstechnisches Konzept und prototypische Realisierung	78
6.1	Informationstechnisches Konzept (Software Architektur)	78
6.2	Realisierung des Modellierungsassistenten	80
6.2.1	Funktionalitäten des Prototyps.....	80
6.2.2	Evaluierung des zielorientierten EC-Prozessmodells	83
6.3	Realisierung des Informationsassistenten.....	86
6.4	Realisierung der EC-Prozess-Ontologie.....	88
6.5	Realisierung der EC-Prozess-Engine.....	91
6.5.1	Architektur und Funktionsweise der EC-Prozess-Engine.....	92
6.5.2	Komponenten der EC-Prozess-Engine	93
7	Verifikation der Lösung anhand eines Anwendungsszenarios	95
7.1	Anwendungsszenario.....	95
7.2	Modellierung des zielorientierten EC-Prozessmodells.....	96
7.3	Echtzeit-Planung des EC-Prozesses	99

7.4	Echtzeit-Evaluierung des EC-Prozesses	102
7.5	Kontextspezifische Informationsversorgung über den EC-Prozess.	105
8	Zusammenfassung und Ausblick	107
8.1	Zusammenfassung	107
8.2	Ausblick.....	108
9	Literatur.....	110