

Agentenbasierte Konsistenzprüfung heterogener Modelle in der Automatisierungstechnik

Von der Fakultät Informatik, Elektrotechnik und Informationstechnik
der Universität Stuttgart zur Erlangung der Würde eines
Doktor-Ingenieurs (Dr.-Ing.) genehmigte Abhandlung

Vorgelegt von
Michael Rauscher
aus Backnang

Hauptberichter: Prof. Dr.-Ing. Dr. h. c. Peter Göhner
Mitberichter: Prof. Dr.-Ing. Birgit Vogel-Heuser

Tag der Einreichung: 09.06.2015
Tag der mündlichen Prüfung: 28.09.2015

Institut für Automatisierungs- und Softwaretechnik
der Universität Stuttgart

2015

IAS-Forschungsberichte

Band 2/2015

Michael Rauscher

**Agentenbasierte Konsistenzprüfung heterogener
Modelle in der Automatisierungstechnik**

D 93 (Diss. Universität Stuttgart)

Shaker Verlag
Aachen 2015

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.: Stuttgart, Univ., Diss., 2015

Copyright Shaker Verlag 2015

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

Printed in Germany.

ISBN 978-3-8440-4019-7

ISSN 1610-4781

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

Die vorliegende Arbeit entstand während meiner Tätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Automatisierungs- und Softwaretechnik (IAS) der Universität Stuttgart.

Mein besonderer Dank an dieser Stelle gilt meinem Doktorvater Herrn Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. Peter Göhner, für die Unterstützung, die kritischen Diskussionen sowie für die vielen wertvollen Hinweise und Ideen, die zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben.

Ebenso möchte ich mich bei Frau Prof. Dr.-Ing. Birgit Vogel-Heuser für das Interesse an meiner Arbeit und für die Übernahme des Mitberichts bedanken.

Herzlich möchte ich mich bei meinen ehemaligen Kollegen am IAS für die hervorragende Zusammenarbeit und die Unterstützung während meiner Zeit am Institut bedanken. Die Diskussionen haben viel zu dieser Arbeit beigetragen, genauso wie die gegenseitige Motivation. Ohne sie wäre die Zeit am Institut nur halb so schön gewesen. Nicht vergessen möchte ich an dieser Stelle die Kollegen von anderen Instituten und Universitäten, mit denen ich beispielsweise in Forschungsprojekten zusammengearbeitet habe.

Ein ebenfalls gebührender Dank gilt den Studierenden, die durch ihre Arbeiten zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben. An viele unterhaltsame und motivierende Momente erinnere ich mich gerne zurück.

Zu guter Letzt, möchte ich mich bei meiner Familie und meinen Freunden für die Unterstützung, den Rückhalt und das mir entgegengebrachte Verständnis bedanken.

Stuttgart, im Oktober 2015

Michael Rauscher

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	iv
Tabellenverzeichnis	vi
Abkürzungsverzeichnis	vii
Begriffsverzeichnis	ix
Zusammenfassung	xii
Abstract	xiii
1 Einleitung und Motivation	1
1.1 Multidisziplinäre Zusammenarbeit.....	1
1.2 Herausforderungen multidisziplinärer Zusammenarbeit.....	2
1.3 Ziel einer rechnergestützten Konsistenzprüfung der Modelle.....	4
1.4 Abgrenzung zu ähnlichen Themenstellungen.....	5
1.5 Gliederung der Arbeit.....	6
2 Grundlagen zur Mechatronik	8
2.1 Einführung in die Mechatronik.....	8
2.2 Vorgehen beim mechatronischen Entwurf	12
2.2.1 V-Modell.....	12
2.2.2 Problemlösungszyklus	14
2.2.3 Prozessbaustein.....	15
2.3 Mechatronische Entwurfsmodelle	17
2.3.1 Funktionsbeschreibung	17
2.3.2 A3 Architektur-Übersichten	19
2.3.3 System kohärenter Partialmodelle	20
3 Grundlagen zu Softwareagenten	24
3.1 Einführung in die agentenorientierte Softwareentwicklung	24
3.2 Agentenorientierte Konzepte.....	26
3.3 Aufbau eines Agenten.....	27
3.4 Aufbau eines Agentensystems.....	29
3.5 Einsatzgebiete von Softwareagenten in der Automatisierungstechnik.....	31
4 Grundlagen zu Ontologien	34
4.1 Einführung in Ontologien.....	34
4.2 Aufbau von Ontologien	36
4.3 Erstellung von Ontologien.....	40
4.3.1 Begriffsbildung	41
4.3.2 Evaluierung.....	42

4.4	Anwendungsbeispiele für Ontologien	42
5	Bestehende Konzepte zur Konsistenzsicherung von Modellen.....	45
5.1	Klassifizierung von Inkonsistenzen	45
5.1.1	Modellübergreifend und modellinterne Inkonsistenzen	45
5.1.2	Horizontale, vertikale und evolutionäre Inkonsistenzen.....	46
5.1.3	Formale und inhaltliche Inkonsistenzen	46
5.2	Manuelle Konsistenzsicherung	47
5.3	Halbautomatisierte Konsistenzsicherung.....	48
5.4	Vollautomatisierte Konsistenzsicherung	49
5.4.1	Modell-zu-Modell-Transformation.....	49
5.4.2	Automatisierte Konsistenzsicherung	51
5.5	Anforderungen an die Konsistenzsicherung.....	52
6	Konzept zur agentenbasierten Konsistenzprüfung von heterogenen Modellen.....	54
6.1	Prinzipielles Vorgehen bei der Prüfung von Modellen	54
6.2	Überblick über das Konzept	56
6.3	Voraussetzungen im Umgang mit heterogenen Modellen.....	59
6.4	Abstraktion der Entwurfsmodelle.....	60
6.4.1	Formalisierung am Beispiel „Wirkstruktur“.....	62
6.4.2	Erprobung an weiteren Modellen	66
6.4.3	Grenzen der Verallgemeinerung.....	69
7	Konzept der agentenbasierten Prüfung	70
7.1	Übersicht über die im System vorhandenen Entitäten.....	70
7.2	Aufgaben bzw. Rollen der Agenten.....	71
7.3	Agententypen.....	74
7.3.1	Der Modellagent	75
7.3.2	Der Regelagent	77
7.3.3	Der Ontologieagent.....	79
7.3.4	Der Koordinierungsagent.....	80
7.4	Interaktionen der Agenten	81
7.4.1	Interaktionen zwischen Koordinierungsagent und Regelagenten.....	82
7.4.2	Interaktionen zwischen Koordinierungsagent und Modellagenten	83
7.4.3	Interaktionen zwischen Regelagenten und Modellagenten	83
7.4.4	Interaktionen zwischen Regelagenten und dem Ontologieagent.....	84
8	Konzept zur ontologiebasierten Wissensrepräsentation	86
8.1	Übersicht und Ziel der Wissensrepräsentation	86
8.2	Beschreibung von Modellen.....	87
8.2.1	Beschreibung der Struktur	87
8.2.2	Beschreibung des Inhalts	88
8.3	Aufbau einer lokalen Ontologie.....	91
8.4	Beschreibung von Regeln.....	94
8.4.1	Strukturelle Regeln	96
8.4.2	Inhaltliche Regeln	98

8.4.3	Zuordnung der Regeln	103
8.5	Aufbau der globalen Ontologie	105
9	Realisierung eines Prototyps	107
9.1	Editor für die mechatronischen Modelle	107
9.2	Implementierung des Agentensystems	108
9.2.1	Realisierung der Modellagenten	109
9.2.2	Realisierung der Regelagenten	109
9.2.3	Realisierung des Ontologieagenten	111
9.2.4	Realisierung des Koordinierungsagenten	111
9.3	Realisierung der Ontologien	113
10	Anwendungsbeispiel für die Prüfung von Modellen.....	115
10.1	Beispielszenario	115
10.2	Ablauf der Prüfung	118
10.3	Ergebnisse und Erfahrungen	118
11	Zusammenfassung und Ausblick	122
11.1	Bewertung des Konzepts	122
11.2	Notwendige Voraussetzungen und Grenzen	123
11.3	Ausblick	125
	Literaturverzeichnis.....	127
	Anhang A: Ausschnitte aus den Ontologien	140