Adaptierbares Wiederverwendungskonzept für die Entwicklung von automatisierten Systemen

Vorgelegt von
Camelia Rodica Maga
aus Iasi, Rumänien

Hauptberichter:	Prof. Dr.-Ing. Dr. h. c. Peter Göhner
Mitberichter:	Prof. Dr.-Ing. Alexander Fay
Tag der Einreichung:	29.06.2012
Tag der mündlichen Prüfung:	26.04.2013

Institut für Automatisierungs- und Softwaretechnik
der Universität Stuttgart

2013

IAS-Forschungsberichte

Band 4/2013

Camelia Rodica Maga

**Adaptierbares Wiederverwendungskonzept für die
Entwicklung von automatisierten Systemen**

D 93 (Diss. Universität Stuttgart)

Shaker Verlag
Aachen 2013

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., 2013

Copyright Shaker Verlag 2013

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

Printed in Germany.

ISBN 978-3-8440-2305-3

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 wissenschaftliche Mitarbeiterin am Institut für Automatisierungs- und Softwaretechnik (IAS) der Universität Stuttgart.

Danksagung

Mein besonderer Dank gilt Herrn Prof. Göhner für die Chance, diese Forschungsarbeit am IAS durchführen zu dürfen, für die Betreuung der Dissertation und für die wertvollen Hinweise während der Durchführung. Außerdem möchte ich mich für die persönlichen Ratschläge bedanken, die über die Forschungsarbeit hinaus gingen und mir den Blick für die Management-Aspekte geschärft haben.

Herrn Prof. Fay danke ich für das Interesse an meiner Arbeit, für die wegweisenden Anregungen hinsichtlich des Forschungsthemas und für die Übernahme des Mitberichts.

Ganz herzlich bedanke ich mich bei Herrn Dr.-Ing. Nasser Jazdi für die jahrelange Begleitung im Projekt, in der Forschung und in allen Institutsaufgaben, für die langen und oft heftigen Diskussionen, für die gemeinsamen Veröffentlichungen und die weisen Ratschläge, die diese Promotion erst möglich gemacht haben.

Des Weiteren gilt mein Dank allen Kollegen am IAS, die mir durch Gespräche und Reviews geholfen haben, meine Arbeit aus neuen Blickwinkeln zu betrachten. Ebenfalls möchte ich mich bei meinen Studierenden bedanken, die durch ihre Begeisterung, Fragen und Mitarbeit zur Entstehung dieser Arbeit beigetragen haben.

Schließlich bin ich meiner Familie von Herzen dankbar, insbesondere meinem Ehemann, der mich unterstützt hat und während der letzten Jahre viel Verständnis für lange Arbeitszeiten gehabt hat.

Ludwigsburg, im Mai 2013
Camelia Rodica Maga

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis.....	v
Tabellenverzeichnis.....	vi
Abkürzungsverzeichnis.....	vii
Begriffsverzeichnis.....	viii
1 Einleitung und Motivation	1
1.1 Bedeutung der Wiederverwendung für automatisierte Systeme	1
1.2 Problemstellung bei der Identifikation wiederverwendbarer Artefakte in automatisierten Systemen	3
1.3 Zielsetzung der Arbeit	6
1.4 Gliederung der Arbeit	7
2 Grundlagen.....	9
2.1 Grundlagen der Automatisierungstechnik	9
2.1.1 Grundstruktur und Charakteristika eines automatisierten Systems	9
2.1.2 Entwicklung und Engineering automatisierter Systeme.....	14
2.2 Grundlagen der Wiederverwendung.....	18
2.2.1 Grundlagen der Wiederverwendung für Hardware	18
2.2.2 Grundlagen der Wiederverwendung für Software.....	24
2.3 Anforderungen an ein adaptierbares Wiederverwendungskonzept für die Entwicklung von automatisierten Systemen	27
3 Stand der Wissenschaft und Technik.....	30
3.1 Klassifizierung der Ansätze für die systematische Wiederverwendung.....	30
3.2 Vorstellung der Ansätze für die systematische Wiederverwendung	33
3.2.1 Featured Reuse-Driven Software Engineering Business	33
3.2.2 Produktlinien-Framework des Software Engineering Instituts.....	35
3.2.3 Software-Produktlinien nach Pohl, Böckle, van der Linden	37
3.3 Zusammenfassende Bewertung der Ansätze für die systematische Wiederverwendung.....	39
4 Grundgedanke des adaptierbaren Wiederverwendungskonzeptes für die Entwicklung automatisierter Systeme	41
4.1 Entwicklung des Konzeptes.....	41
4.2 Berücksichtigung des Produkt, Prozess, Ressource-Konzeptes	43
5 Konzept des Domain Engineering für automatisierte Systeme	47
5.1 Vorgehen zur Konzeption des Domain Engineering für automatisierte Systeme	47
5.2 Domain Analyse für automatisierte Systeme	49
5.3 Domain Entwurf für automatisierte Systeme	56

5.4	Domain Realisierung für automatisierte Systeme	61
6	Konzept des Domain Repository für automatisierte Systeme.....	66
6.1	Vorgehen zur Konzeption des Domain Repository für automatisierte Systeme	66
6.2	Inhalte des Domain Repository für automatisierte Systeme.....	67
6.2.1	Artefakte des Domain Repository für automatisierte Systeme.....	68
6.2.2	Gruppierung der Artefakte zu Referenzarchitekturen	70
6.2.3	Evaluierungskriterien für Referenzarchitekturen.....	72
6.3	Struktur des Domain Repository für automatisierte Systeme.....	85
6.4	Beziehungen zwischen den Artefakten des Domain Repository	92
7	Konzept des Application Engineering für automatisierte Systeme.....	97
7.1	Vorgehen zur Konzeption des Application Engineering für automatisierte Systeme .	97
7.2	Application Analyse für automatisierte Systeme	99
7.3	Application Entwurf für automatisierte Systeme	103
7.4	Application Realisierung für automatisierte Systeme	107
8	Anwendung des Konzeptes.....	112
8.1	Adaptierung des Wiederverwendungskonzeptes an unterschiedliche Domänen	112
8.2	Domäne „Lasten- und Personenaufzüge“	114
8.2.1	Beschreibung der Domäne „Lasten- und Personenaufzüge“	115
8.2.2	Anwendung des Konzeptes in der Domäne „Lasten- und Personenaufzüge“	115
8.2.3	Evaluierung in der Domäne „Lasten- und Personenaufzüge“	121
8.3	Domäne „Modulare Produktionssysteme“	125
8.3.1	Beschreibung der Domäne „Modulare Produktionssysteme“	126
8.3.2	Anwendung des Konzeptes in der Domäne „Modulare Produktionssysteme“	127
8.3.3	Evaluierung in der Domäne „Modulare Produktionssysteme“	130
8.4	Schlussfolgerungen aus der Anwendung des Wiederverwendungskonzeptes in den zwei Domänen	132
9	Zusammenfassung und Ausblick	134
9.1	Zusammenfassung der Arbeit	134
9.2	Vorteile und Grenzen des Konzeptes	135
9.3	Ausblick auf zukünftige Arbeiten.....	136
	Literaturverzeichnis.....	137
	Anhang A: Überblick Gesamtkonzept	146
	Anhang B: Normen und Richtlinien für Lasten- und Personenaufzüge.....	147

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1.1:	Automatisierte Systeme, die die Vorteile der Wiederverwendung nutzen [Lock11], [Noki11], [Daim11].	2
Abbildung 1.2:	Interessenkonflikt bezüglich Granularität wiederverwendbarer Artefakte nach [Szd02].	6
Abbildung 2.1:	Bestandteile eines automatisierten Systems nach [LaGö99b], [Wede10].	11
Abbildung 2.2:	Überblick über verschiedene Kategorien von Systemen.	12
Abbildung 2.3:	Überblick über den Prozess des Engineering technischer Anlagen [NA35] und den Prozess der Entwicklung technischer Produkte [INCO04].	14
Abbildung 2.4:	Überblick über Wiederverwendungsansätze in der Hardwarewelt [Feld11]. ..	18
Abbildung 2.5:	Beispiel einer Baureihe für Triebmotoren [LeSoMa11].	19
Abbildung 2.6:	Beispiel einer PKW-Plattform [Feld11].	20
Abbildung 2.7:	Prinzip der Plattformbauweise nach [Feld11].	21
Abbildung 2.8:	Prinzip der Baukastenbauweise [VDI11].	22
Abbildung 3.1:	Prinzip des Feature-Set Ansatzes nach [GFA98] und [Berg07].	33
Abbildung 3.2:	Prinzip des Produktlinien-Frameworks nach [SEI09].	35
Abbildung 3.3:	Prinzip des Software-Produktlinien-Ansatzes nach [PBL05].	38
Abbildung 3.4:	Prinzip des orthogonalen Variabilitätsmodells nach [PBL05].	38
Abbildung 4.1:	PPR aus der Sicht des automatisierten Systems.	45
Abbildung 4.2:	PPR aus der Sicht des Domain Engineering.	45
Abbildung 4.3:	PPR aus der Sicht des Application Engineering.	46
Abbildung 5.1:	Ermittlung der Tätigkeiten des Domain Engineering für automatisierte Systeme.	48
Abbildung 5.2:	Domain Analyse für automatisierte Systeme.	56
Abbildung 5.3:	Untersuchung bestehender automatisierter Systeme in der Domäne.	58
Abbildung 5.4:	Domain Entwurf für automatisierte Systeme.	61
Abbildung 5.5:	Domain Realisierung für automatisierte Systeme.	65
Abbildung 6.1:	Struktur des Domain Repository für automatisierte Systeme.	92
Abbildung 6.2:	Beispiel für strukturelle Beziehungen.	93
Abbildung 6.3:	Beispiel für Austausch-Beziehungen.	94
Abbildung 6.4:	Beispiel für Entwicklungs-Beziehungen.	94
Abbildung 6.5:	Beispiel für Variabilitäts-Beziehungen.	95
Abbildung 6.6:	Unterschiedliche Sichten auf Inhalte des Domain Repository.	96
Abbildung 7.1:	Application Analyse für automatisierte Systeme.	102
Abbildung 7.2:	Application Entwurf für automatisierte Systeme.	107
Abbildung 7.3:	Application Realisierung für automatisierte Systeme.	110
Abbildung 8.1:	Variationsmöglichkeiten für Lasten- und Personenaufzüge.	117
Abbildung 8.2:	Erstellung von SysML-Zustandsautomaten anhand der Informationen aus Normen und Richtlinien.	118
Abbildung 8.3:	Der implementierte Aufzugs-Konfigurator.	120
Abbildung 8.4:	Bearbeitungsstationen des modularen Produktionssystems am IAS.	126
Abbildung 8.5:	Disziplinspezifische Sichten auf Bearbeitungsstationen [Kipp10].	128
Abbildung 8.6:	Echtzeit-Visualisierung und -Überwachung des Fertigungsprozesses [Roth10].	130

Tabellenverzeichnis

Tabelle 3.1:	Erfüllung der Anforderungen durch die vorgestellten Ansätze	40
Tabelle 8.1:	Vorlage zur Dokumentation der Anwendung des Konzepts	116

Abkürzungsverzeichnis

BoM	B ill of M aterials
CAFE	F rom C oncepts to A pplication in S ystem- F amily E ngineering
CAN	C ontroller A rea N etwork
EMV	E lektromagnetische V erträglichkeit
ESAPS	E ngineering S oftware A rchitectures, P rocesses and P latforms for S ystem-Families
FAMILIES	F ACT-based M aturity through I nstitutionalisation L essons-learned and I nvolved E xploration of S ystem-family engineering
FeatuRSEB	F eatured R euse-Driven S oftware E ngineering B usiness
FODA	F eature-Oriented D omain A nalysis
IAS	I nstitut für A utomatisierungs- und S oftwaretechnik
LRU	L ine R eplaceable U nit
MOST	M edia O riented S ystems T ransport
MPS	M odulares P roduktionssystem
OO	O bjekt O rientierung
PLT	P rozessleittechnik
PPR	P rodukt, P rozess, R essource
PROFIBUS	P rocess F ield B us
SEI	S oftware E ngineering I nstitute
SPS	S peicherprogrammierbare S teuerung
SysML	S ystems M odeling L anguage
UML	U nified M odeling L anguage
WS	W erkstück

Begriffsverzeichnis

Aktor: Einheit, die der zielgerichteten Beeinflussung von Prozessparametern durch Eingriffe in Energie-, Masse- oder Informationsströme dient [Lang04]. Sie bilden die Schnittstelle zwischen elektrischer Signalverarbeitung und Mechanik und setzen die elektrischen Ausgangssignale des Steuergeräts in mechanische Größen um.

Anforderung: Bezeichnet eine Bedingung oder eine Fähigkeit, die ein Benutzer benötigt, um ein Problem zu lösen oder ein bestimmtes Ziel zu erreichen [IEEE90].

Anlagen (technische): Automatisierte Systeme, bei denen der technische Prozess aus einzelnen Teilvorgängen besteht, die auf größeren, räumlich ausgedehnten technischen Systemen ablaufen [LaGö99a].

Anlagenteil: Technische Ausrüstungsteile einer Anlage, z. B. Pumpen, Motoren, Leitungen, etc. [Lang04].

Apparat: Ein Apparat dient der Zufuhr oder dem Entzug von Stoff oder Energie. Beispiel: Wärmetauscher oder Dosiereinrichtungen [Lang04].

Application Engineering: Erstellung konkreter Systeme anhand der im Domain Engineering erstellten wiederverwendbaren Arbeitsergebnisse [PBL05].

Artefakt: Artefakte sind in Anlehnung an [VDI4003] Arbeitsergebnisse, die als eindeutig beschriebene, lieferbare, aus Hardware- und/oder Software-Anteilen zusammengesetzte Geräte, Systeme, Verfahren, Prozesse, Anlagen und Dienstleistungen vorhanden sind und als abgegrenzte Einheiten aufgefasst werden.

Aspekt: Spezifische Betrachtungsweise, Information über ein System auszuwählen oder ein System oder ein Objekt eines Systems zu beschreiben [DIN61346-1].

Automatisiertes System: Als automatisiertes System werden diejenigen technischen Einrichtungen bezeichnet, welche für die Automatisierung des technischen Prozesses erforderlich sind. Das beinhaltet das technische System, das Rechner- und Kommunikationssystem und die Menschen zur Leitung und Bedienung des auf dem technischen System ablaufenden technischen Prozesses [LaGö99a].

Automatisierungsprojekt: Vorhaben zur Lösung einer Automatisierungsaufgabe durch Ingenieure, wie z. B. Planung und Realisierung eines Transportleitsystems [LaGö99a].

Baugruppe: Eine Baugruppe (auch Montagegruppe, kurz Gruppe) ist ein in sich geschlossener aus zwei oder mehr Teilen und/oder Baugruppen niedriger Ordnung bestehender Gegen-

stand, wobei ein Einzelteil ein technisch beschriebener, nach einem bestimmten Arbeitsablauf zu fertigender bzw. gefertigter, nicht zerlegbarer Gegenstand ist [DIN6789].

Baukasten: Ein Baukastensystem besteht aus einer Menge von vorausgedachten technischen Lösungen, die spezifisch ausgewählt und unter Beachtung von Verträglichkeiten miteinander kombiniert werden, um in einem begrenzten Anwendungsbereich technische Systeme zu realisieren [Baum05], [PaBe06].

Baureihe: Gruppe von technischen Artefakten mit gleicher Funktion, gleichem Lösungskonzept aber unterschiedlichen Größeneinstufungen [PaBe06]. Beispiel: Gleichstrommotoren, geordnet von klein bis groß.

Betriebshilfsmittel (Operating supplies): Betriebshilfsmittel (Hilfs- und Betriebsstoffe) werden in der Produktion eingesetzt, um den Herstellungsprozess zu ermöglichen (z. B. Schmierstoffe, Reinigungsmittel oder Öle) oder gehen bei der Fertigung direkt in das Produkt ein (z. B. Farben oder Klebstoffe) [VDI 4499], [Wien93].

Betriebsmittel (Equipment): Die Betriebsmittel richten sich nach dem Produktionsprozess. Zu dessen Durchführung sind bestimmte Mittel erforderlich, deren Anzahl und Dimension im Rahmen der Prozess- und Einrichtungsplanung in Abstimmung mit der Arbeits- und Methodenplanung bestimmt werden. Betriebsmittel können in Ver- und Entsorgungsanlagen, Fertigungsmittel, Mess- und Prüfmittel, Fördermittel, Lagermittel, Organisationsmittel und Innenausstattung gegliedert werden [VDI 4499].

Betriebsstätte (Factory): Die Betriebsstätte ist als feste Geschäftseinrichtung definiert, die der Tätigkeit eines Unternehmens dient. Als Betriebsstätte gelten auch Bauausführungen und Montagen. Betriebsstätten sind insbesondere der Sitz der Geschäftsleitung, Fabrikationsstätten, Lager, Ein- und Verkaufsstellen sowie sonstige Geschäftsstellen, die dem Unternehmer zur Durchführung des Betriebes dienen. Personal und Betriebsmittel sind die Kapazitäten, die im Arbeitssystem zusammenwirken. Sie dienen der Durchführung bestimmter Aufgaben und werden qualitativ und quantitativ beschrieben [VDI 4499].

Charge (Batch): Eine Charge ist diejenige Menge eines Produktes, welche in einem einheitlichen Herstellungsgang erzeugt wird. Die Menge wird durch die Größe des Apparats bestimmt [Lang04].

Digitale Fabrik: Die Digitale Fabrik ist der Oberbegriff für ein umfassendes Netzwerk von digitalen Modellen, Methoden und Werkzeugen -u. a. der Simulation und der dreidimensionalen Visualisierung-, die durch ein durchgängiges Datenmanagement integriert werden. Ihr Ziel ist die ganzheitliche Planung, Evaluierung und laufende Verbesserung aller wesentlichen Strukturen, Prozesse und Ressourcen der realen Fabrik in Verbindung mit dem Produkt [VDI 4499].

Domain Engineering: Systematische Aufbereitung einer Domäne im Hinblick der Wiederverwendung der Arbeitsergebnisse [PBL05].

Domäne: Abgrenzbarer Anwendungsbereich, in dem typische Technologien mit vergleichbaren Methoden für gleiche Interessengruppen eingesetzt werden [CzEi00].

Engineering: Unter Engineering versteht man den Prozess der Projektabwicklung zur Erstellung einer spezifischen Kundenlösung über die Angebots-, Klärungs- und Realisierungsphase bis hin zur Inbetriebnahme und Übergabe der Anlage an den Kunden [LBB+05].

Feature: Eigenschaft eines Systems, welche für eine Interessengruppe innerhalb einer oder mehreren Domänen relevant ist [CzEi00].

Hilfsmittel: Objekte, die benutzt werden, um ein bestimmtes Ziel schneller, besser oder mit geringerem Aufwand zu erreichen, als es ohne diese möglich wäre. Sie sind für die Erfüllung der Aufgabe nicht zwingend notwendig, sondern unterstützen lediglich die Mitarbeiter bei der Durchführung ihrer Tätigkeiten [VDI 3695].

Interessengruppe: Person oder Organisation, die an Gestaltung oder Benutzung eines Systems direkt oder indirekt beteiligt ist.

Konfigurator: Software-Tool zur Unterstützung des Entwicklers bei Konfigurierung oder Parametrierung eines Systems.

Konfigurierung: Anpassung einer Software-Komponente, indem vom Komponentenhersteller definierte Optionen gesetzt werden. Beispiel: Die Funktion „Automatisch Schalten“ wird deaktiviert [Wede10].

Mechatronische Systeme: Systeme, die durch Integration von mechanischen mit digital-elektronischen und informationsverarbeitenden Komponenten entstehen [Iser06].

Modell: Ein Modell ist eine vereinfachte Nachbildung eines geplanten oder existierenden Systems mit seinen Prozessen in einem anderen begrifflichen oder gegenständlichen System. Es unterscheidet sich hinsichtlich der untersuchungsrelevanten Eigenschaften nur innerhalb eines vom Untersuchungsziel abhängigen Toleranzrahmens vom Vorbild [VDI 4499].

Modul: Ein Modul ist eine funktional und physisch vom restlichen Produkt weitgehend unabhängige Einheit [Baum04].

Parametrierung: Anpassung einer Software-Komponente, indem vom Komponentenhersteller definierte Parameter und Eigenschaften auf einen systemspezifischen Wert gesetzt werden. Beispiel $MAX_DREHZAHL = 5000$ [Wede10].

Produkt: Unter dem Begriff Produkt werden eindeutig beschriebene, lieferbare, aus Hardware- und/oder Software-Anteilen zusammengesetzte Geräte, Systeme, Verfahren, Prozesse, Anlagen und Dienstleistungen verstanden und als abgegrenzte Einheit aufgefasst [VDI 4003].

Produktlinie: Eine Produktlinie umfasst eine Menge ähnlicher Systeme mit genügend Gemeinsamkeiten, um signifikante Kostenreduktion durch Wiederverwendung zu realisieren, und mit genügender Variation, um die Anfangsinvestitionen durch eine ausreichend hohe Anzahl von Systemvarianten zu rechtfertigen [Romb03].

Prozess: Ein Prozess ist eine Gesamtheit von aufeinander einwirkenden Vorgängen in einem System, durch die Materie, Energie oder Information umgeformt, transportiert oder gespeichert wird [DIN66201].

Prozessleitsystem: Im Bereich der Verfahrenstechnik und Energietechnik wird an Stelle des Begriffs „Automatisierungssystem“ der Begriff „Prozessleitsystem“ bevorzugt, um die Aufgabe des Menschen in den Vordergrund zu stellen, den technischen Prozess zu leiten [MaSc89].

Ressource: Unter Ressourcen werden alle Mittel verstanden, die zur Durchführung eines Prozesses oder allgemein zur Erfüllung einer Aufgabe notwendig sind. Im Kontext der Produktion bezeichnet der Begriff in Anlehnung an [REFA91] u. a. Betriebsstätte und Arbeitsplatz, Betriebsmittel und – hilfsmittel, Personal, Auftrag sowie Aufgaben- und Ablaufbeschreibung, jedoch nicht den Arbeitsgegenstand selbst oder das zu produzierende Produkt selbst [VDI 4499].

Sensor: Einheit zur Erfassung von physikalischen Prozessgrößen und deren Umwandlung in elektrische oder optische Messsignale mit dem Zweck der Verarbeitung dieser Messsignale durch Automatisierungscomputer [Wede10]. Sensoren, früher auch Messfühler genannt, stellen das Bindeglied zwischen der nichtelektrischen Umwelt und der überwiegend elektrischen Messtechnik/Automatisierungstechnik dar [Lang04].

Smart Sensor/Actuator: Sensor/Aktor mit Fähigkeiten zur Informationsverarbeitung (z. B. zur Einheitenumwandlung) und Feldbusanbindung [BOSC03].

Softwarekomponente: Eine Softwarekomponente ist nach [EbGö04a] eine in sich abgeschlossene, mehrfach verwendbare Softwareeinheit. Insgesamt weist eine Softwarekomponente die acht Merkmale Unveränderbarkeit durch Dritte, Anpassbarkeit, Verknüpfbarkeit, Strukturelle Unabhängigkeit, Nebenläufigkeit, Funktionale Geschlossenheit, Einmaligkeit und Offenheit auf.

Steuergerät: In der Domäne der Kraftfahrzeugelektronik verwendeter Begriff für Feldgerät [BOSC03].

Technischer Prozess: Prozess, dessen physikalische Größen mit technischen Mitteln erfasst und beeinflusst werden [DIN66201].

Technisches Produkt: Automatisierungssysteme, bei denen der technische Prozess in einem Gerät oder einer Maschine abläuft [LaGö99a].

Technisches System: Bezeichnet ein Gerät, eine Maschine oder eine technische Anlage [LaGö99a].

Unterstützender Prozess: Unterstützende Prozesse sind operative Prozesse, stellen aber für sich genommen noch keine eigene Wertschöpfung aus Sicht des Kunden dar. Die unterstützenden Prozesse dienen der Bereitstellung der Infrastruktur für die Geschäftsabwicklung [SBM+06].

Variante: Bezeichnet eine alternative Lösung, die durch Variation qualitativer und quantitativer Gestaltungsparameter entsteht und zur Realisierung des gleichen oder annähernd gleichen Zwecks wie eine andere Lösung dient [Baum05].

Variantenmanagement: Der Begriff fasst alle Tätigkeiten zur Optimierung der Variantenvielfalt der Lösungselemente und zur Beherrschung der Auswirkungen auf die Lösungserstellung zusammen [PBL05].

Variationspunkt: bezeichnet die Stelle, an der optionale oder alternative Eigenschaften eines Systems realisiert werden können. Ein Variationspunkt ermöglicht die Bildung der Varianten, die durch Auswahl der Alternativen oder Optionen erzeugt werden [PBL05].

Kurzfassung

Die zunehmende Globalisierung hat dazu geführt, dass der Wettbewerb zwischen den Herstellern automatisierter Systeme immer stärker geworden ist. Übliche Markttreiber sind der steigende und gleichzeitig kundenspezifische Funktionsumfang automatisierter Systeme und die Forderung der Kunden nach hoher Qualität zu einem möglichst niedrigen Preis.

Um unter diesen Rahmenbedingungen weiterhin automatisierte Systeme wirtschaftlich entwickeln zu können, war auf der Seite der Unternehmer ein Paradigmenwechsel erforderlich. Statt Einzelsysteme wurden Produktlinien entwickelt, um die Gemeinsamkeiten mehrerer automatisierter Systeme nutzen zu können. Das Prinzip der Wiederverwendung der Arbeitsergebnisse aus abgeschlossenen Projekten hat infolgedessen immer mehr an Bedeutung gewonnen. Falls die Wiederverwendung jedoch unsystematisch stattfindet, treten Schwierigkeiten während der Entwicklung oder während des Betriebs der automatisierten Systeme nahezu zwangsläufig auf. Während der Entwicklung können Abhängigkeiten übersehen werden, sodass Inkompatibilitäten zwischen wiederverwendeten Arbeitsergebnissen entstehen. Da ein automatisiertes System mehr als nur die Summe seiner Hardware- und Software-Bestandteile ist, muss also ein ganzheitliches Wiederverwendungskonzept angewandt werden. Während des Betriebs des automatisierten Systems können Fehler in den wiederverwendeten Teilen des automatisierten Systems auftreten, die erst aufgrund geänderter Betriebsbedingungen erkennbar sind. Teure Rückrufaktionen, Image-Schäden oder sogar die Gefährdung des Benutzers sind nur manche der unerwünschten Folgen der unsystematischen Wiederverwendung. Um diese zu vermeiden, ist ein Wiederverwendungskonzept, welches das gesamte automatisierte System berücksichtigt und für verschiedene Anwendungsgebiete adaptiert werden kann, zwingend erforderlich.

Das im Rahmen dieser Arbeit entwickelte Wiederverwendungskonzept berücksichtigt die Charakteristika der automatisierten Systeme so, dass eine systematische Wiederverwendung ermöglicht wird. Dies wird erreicht, indem die Bestandteile automatisierter Systeme, die durchzuführenden Prozesse und die erforderlichen Ressourcen behandelt werden. Es werden dabei sowohl projektspezifische, als auch projektunabhängige Aspekte betrachtet. Des Weiteren sind Freiheitsgrade in der Umsetzung vorgesehen und beschrieben, um eine Adaptierung für unterschiedliche Anwendungsgebiete zu ermöglichen. Schließlich ist das Wiederverwendungskonzept so entwickelt, dass es mit unterschiedlichen Technologien und Software-Werkzeugen genutzt werden kann.

Abstract

As history has shown, increased globalization has been known to cause a strong competition amongst manufacturers of industrial automation systems. Customized functionalities and a high quality at a low price are just some of the current market drivers.

In order to economically engineer industrial automation systems under these conditions, a paradigm shift from traditional approaches was necessary. The engineering evolved from separate systems to product lines, so that commonalities between several industrial automation systems could be used. Hence, the idea of reusing artifacts from existing projects gained more relevance.

Unfortunately, unsystematic reuse can easily lead to difficulties during the engineering processes and ultimately to failures during the operation of industrial automation systems. For instance, if interdependencies between reused artifacts are ignored, then incompatibilities within the industrial automation system could occur. Moreover, errors may only become visible during operation, when the environment conditions are changed. This situation leads to expensive and image-damaging product recalls, or even worse, to the endangerment of the user. In order to avoid such circumstances, a holistic reuse concept to enable more systematical engineering in different areas of application is required.

This thesis proposes a reuse concept that considers the characteristics of industrial automation systems in such a way that systematical reuse is enabled. This is achieved by regarding the components of industrial automation systems, the development processes, and the necessary resources. Thereby both project-specific and project-independent activities are treated. In addition, several degrees of freedom regarding the deployment have been conceived, in order to make an adaptation to different areas of application possible. Furthermore, the proposed reuse concept can be used with various technologies and software tools.