

Felix Basse

Gestaltung eines adaptiven Änderungssystems für einen beherrschten Serienhochlauf



Gestaltung eines adaptiven Änderungssystems für einen beherrschten Serienhochlauf

Design of an Adaptive Engineering Change System for a Stable Series Ramp-Up

Von der Fakultät für Maschinenwesen
der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen
zur Erlangung des akademischen Grades eines
Doktors der Ingenieurwissenschaften
genehmigte Dissertation

vorgelegt von

Felix Hans-Ulrich Basse

Berichter:

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wirt. Ing. Günther Schuh
Außerplanmäßiger Professor Dr.-Ing. Wolfgang Boos

Tag der mündlichen Prüfung: 17. Dezember 2018

ERGEBNISSE AUS DER PRODUKTIONSTECHNIK

Felix Basse

Gestaltung eines adaptiven Änderungssystems
für einen beherrschten Serienhochlauf

Herausgeber:

Prof. Dr.-Ing. T. Bergs
Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wirt. Ing. G. Schuh
Prof. Dr.-Ing. C. Brecher
Prof. Dr.-Ing. R. H. Schmitt

Band 22/2019



Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

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

Felix Basse:

Gestaltung eines adaptiven Änderungssystems für einen beherrschten Serienhochlauf

1. Auflage, 2019

Gedruckt auf holz- und säurefreiem Papier, 100% chlorfrei gebleicht.

Apprimus Verlag, Aachen, 2019
Wissenschaftsverlag des Instituts für Industriekommunikation und Fachmedien
an der RWTH Aachen
Steinbachstr. 25, 52074 Aachen
Internet: www.apprimus-verlag.de, E-Mail: info@apprimus-verlag.de

Printed in Germany

ISBN 978-3-86359-735-1

D 82 (Diss. RWTH Aachen University, 2018)

Vorwort

Die vorliegende Arbeit entstand während meiner Tätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Produktionssystematik des Werkzeugmaschinenlabors WZL der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule (RWTH) Aachen.

Für die Möglichkeit zur Promotion und das Vertrauen in mich möchte ich zuerst Herrn Professor Günther Schuh danken. Das von ihm gestaltete Umfeld am Campus Melaten ist mit seinem Fokus auf praxisnahe Problemstellungen und Forschungstätigkeiten wesentlicher Grundstein für diese Arbeit. Ferner gilt mein Dank Herrn Professor Boos für die Übernahme des Koreferats. Herrn Professor Schleifenbaum danke ich für die Übernahme des Vorsitzes der Prüfungskommission sowie Frau Professor Schmitz für die Rolle als Beisitzerin.

Die inhaltliche Ausrichtung der Arbeit ist durch meine Einbindung in das Graduiertenkolleg Anlaufmanagement 1491/1 geprägt. Der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) will ich meinen Dank für die Förderung dieser Arbeit aussprechen.

Zur Entstehung der Arbeit hat darüber hinaus der intensive und kreative Diskurs mit meinen Kollegen des WZLs, insbesondere der Abteilung Produktionsmanagement, beigetragen. Die Zusammenarbeit mit Euch während meiner Zeit am Institut war prägend und war mir stets eine große Freude. Die hohe Motivation, das kollegiale Miteinander und die gegenseitige Unterstützung in der Abteilung schaffen ein unvergleichliches Arbeitsumfeld. Ich bin dankbar, ein Teil hiervon gewesen zu sein. Frederick Sauermann, Dir danke ich für die uneigennützigte Hilfestellung in den letzten Zügen der Erstellung dieser Arbeit. Außerdem möchte ich mich bei meinen studentischen Hilfskräften und Abschlussarbeitern für die intensive Unterstützung im Entstehungsprozess der Arbeit bedanken.

Mein größter Dank gilt meinen Eltern, die mir auf diesem Weg fortwährend und vorbehaltlos Rückhalt gegeben haben. Eure moralische Unterstützung und Euer Zuspruch waren entscheidend dafür, dass ich mein Ziel während dieser Zeit beharrlich verfolgt und auch Hürden erfolgreich gemeistert habe. Euch widme ich diese Arbeit.

Aachen, im Juli 2019

Felix Basse

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	I
Abbildungsverzeichnis	VII
Abkürzungsverzeichnis	XI
Formelverzeichnis	XIII
Zusammenfassung	XV
Abstract	XVII
1 Einleitung	1
1.1 Ausgangssituation und Problemstellung	1
1.2 Ziel der Arbeit	5
1.3 Einordnung in das Graduiertenkolleg Anlaufmanagement	6
1.4 Forschungskonzeption	6
1.4.1 Wissenschaftstheoretischer Bezugsrahmen	6
1.4.2 Forschungsmethodologie.....	7
1.5 Aufbau der Arbeit.....	8
2 Serienanlauf im agilen Entwicklungsumfeld	11
2.1 Beschreibung des Produktentstehungsprozesses.....	11
2.1.1 Phasen des Produktentstehungsprozesses.....	11
2.1.2 Entwicklung	13
2.1.3 Serienanlauf.....	14
2.1.4 Serienproduktion	16
2.1.5 Anlaufmanagement	16
2.2 Entwicklungsansätze.....	17
2.2.1 Deterministische Ansätze	17
2.2.2 Agile Ansätze	17

2.2.3	Adaption agiler Ansätze für die mechatronische Produktentwicklung	18
2.3	Zielsystem des Serienanlaufs	20
2.3.1	Dynamisches Zielsystem	21
2.3.2	Beherrschung des Serienanlaufs als instabiles System	22
2.4	Technisches Änderungsmanagement	23
2.4.1	Technische Änderungen und technisches Änderungsmanagement.....	23
2.4.2	Änderungsentstehung und -auswirkungen	25
2.4.2.1	Änderungsentstehung	26
2.4.2.2	Änderungsauswirkungen	28
2.4.3	Änderungsorganisation, IT-Unterstützung und Strategien.....	30
2.4.3.1	Änderungsprozesse	30
2.4.3.2	Organisationsformen	31
2.4.3.3	Informationstechnische Unterstützung	32
2.4.3.4	Strategien.....	33
2.5	Bedeutsamkeit und Herausforderungen des Änderungsmanagements im dynamischen Wettbewerbsumfeld	34
2.5.1	Relevanz des Änderungsmanagements im agilen Umfeld	34
2.5.2	Fallbeispiel A: Einzel- und Kleinserienfertiger im Maschinen- und Anlagenbau.....	35
2.5.3	Fallbeispiel B: E-Mobility Start-Up	37
2.5.4	Fazit: Herausforderungen und resultierende Anforderungen aus Sicht der Praxis.....	39
3	Theoriezusammenhang und Stand der Forschung	43
3.1	Systemtheoretische Grundlagen	43
3.1.1	Der Systembegriff	43
3.1.2	Systemtheorie	45
3.1.3	Kybernetik	46
3.2	Sozio-technische Systeme.....	47
3.3	Komplexe Systeme	49
3.3.1	Der Komplexitätsbegriff.....	49
3.3.2	Merkmale komplexer Systeme	51
3.3.3	Komplexitätstreiber und Komplexitätsbefähiger	52
3.3.4	Strategien zum Umgang mit Komplexität	53

3.4	Vorgehensweise und relevante Forschungsarbeiten	55
3.4.1	Bestehende Ansätze des Themengebiets Änderungsmanagement	56
3.4.2	Bestehende Ansätze des systemtheoretischen Managements	60
3.5	Zusammenfassende Evaluierung des Stands der Forschung	61
4	Konzeption der Methodik	65
4.1	Anforderungen an eine Methodik	65
4.1.1	Inhaltliche Anforderungen	65
4.1.2	Formale Anforderungen	67
4.2	Methodische Grundlagen	68
4.2.1	Bestandteile einer Methodik	68
4.2.2	Modelltheoretische Betrachtungen	69
4.3	Das Unternehmen als komplexes System	70
4.3.1	Das Änderungssystem als Subsystem des Unternehmenssystems	72
4.3.2	Wirkung des Zielsystems auf das Änderungssystem	74
4.4	Ausgangshypothese des adaptiven Änderungsmanagements	75
4.4.1	Technische Änderungen in der hochiterativen Produktentwicklung	75
4.4.2	Unternehmenskomplexität während der hochiterativen Produktentwicklung	76
4.4.3	Anpassung des Änderungssystems	78
4.4.3.1	Entsprechung der Umweltkomplexität	78
4.4.3.2	Berücksichtigung von (Inter-)Dependenzen	80
4.4.4	Nutzung von Gestaltungsmaßnahmen	81
4.4.5	Heuristischer Gestaltungsansatz zur Anpassung des Änderungssystems	82
4.5	Ableitung von Teilmodellen der Methodik	84
4.6	Fazit	88
5	Detaillierung der Methodik	89
5.1	Unternehmenssystemmodell: Beschreibung des relevanten Einflusses des Unternehmenssystems	89
5.1.1	Einflussfaktoren der Kategorie Stakeholder	90
5.1.1.1	Lieferantenintegration	91
5.1.1.2	Kundenausrichtung	92
5.1.1.3	Komplexität interner Stakeholder	93

5.1.2	Einflussfaktoren der Kategorie Produkt.....	94
5.1.2.1	Produktkomplexität	95
5.1.2.2	Produktfamilie	97
5.1.3	Einflussfaktoren der Kategorie Neuheitsgrad	98
5.1.4	Einflussfaktoren der Kategorie Organisation.....	100
5.1.4.1	Zielsystem	100
5.1.4.2	Organisationsmerkmale.....	101
5.1.4.3	Dokumentationsanforderungen	102
5.1.5	Morphologie der Einflussfaktoren	103
5.2	Änderungssystemmodell: Beschreibung des Änderungssystems	105
5.2.1	Gestaltungsfaktoren der Kategorie Organisationsstrukturen	105
5.2.1.1	Qualifikation	106
5.2.1.2	Erfahrung.....	107
5.2.1.3	Motivation	108
5.2.1.4	Zusammenarbeit	108
5.2.1.5	Flexibilität	110
5.2.1.6	Kommunikation.....	111
5.2.1.7	Änderungsprozess	112
5.2.1.8	Morphologie der Gestaltungsfaktoren der Organisationsstrukturen ..	114
5.2.2	Gestaltungsfaktoren der Kategorie Informationsstrukturen.....	116
5.2.2.1	Datenmanagement.....	118
5.2.2.2	Auswirkungsanalyse.....	123
5.2.2.3	Informationsmanagement.....	127
5.2.2.4	Wissensmanagement	132
5.2.2.5	Morphologie der Gestaltungsfaktoren der Informationsstrukturen...	134
5.2.3	(Inter-)Dependenzen zwischen den Gestaltungsfaktoren.....	136
5.2.3.1	(Inter-)Dependenzen der Organisationsstrukturen.....	136
5.2.3.2	(Inter-)Dependenzen der Informationsstrukturen	139
5.2.3.3	Übersicht über (Inter-)Dependenzen der Gestaltungsfaktoren.....	142
5.2.4	Zwischenfazit	144
5.3	Maßnahmenmodell: Beschreibung der Gestaltungsmaßnahmen des Änderungssystems	144
5.3.1	Maßnahmen zur Gestaltung der Organisationstruktur	145
5.3.1.1	Maßnahmen zur Befähigung der Qualifikation	145

5.3.1.2	Maßnahmen zur Befähigung der Erfahrung	146
5.3.1.3	Maßnahmen zur Befähigung der Motivation.....	146
5.3.1.4	Maßnahmen zur Befähigung der Zusammenarbeit.....	147
5.3.1.5	Maßnahmen zur Befähigung der Flexibilität.....	148
5.3.1.6	Maßnahmen zur Befähigung der Kommunikation	149
5.3.1.7	Maßnahmen zur Befähigung des Änderungsprozesses	149
5.3.1.8	Maßnahmenmodell der Organisationsstrukturen.....	151
5.3.2	Maßnahmen zur Gestaltung der Informationsstrukturen	152
5.3.2.1	Maßnahmen zur Befähigung des Datenmanagements.....	152
5.3.2.2	Maßnahmen zur Befähigung der Auswirkungsanalyse	156
5.3.2.3	Maßnahmen zur Befähigung des Informationsmanagements.....	158
5.3.2.4	Maßnahmen zur Befähigung des Wissensmanagements	160
5.3.2.5	Maßnahmenmodell der Informationsstrukturen	161
5.3.3	Zwischenfazit	162
5.4	Wirkmodell: Wirkzusammenhänge zwischen Einfluss- und Gestaltungsfaktoren	163
5.4.1	Wirkzusammenhänge der Einflussfaktoren der Kategorie Stakeholder.....	166
5.4.1.1	Wirkung der Lieferantenintegration	166
5.4.1.2	Wirkung der Kundenausrichtung	167
5.4.1.3	Wirkung der Komplexität interner Stakeholder	167
5.4.2	Wirkzusammenhänge der Einflussfaktoren der Kategorie Produkt.....	168
5.4.2.1	Wirkung der Produktkomplexität.....	168
5.4.2.2	Wirkung der Produktfamilie.....	169
5.4.3	Wirkzusammenhänge der Einflussfaktoren der Kategorie Neuheitsgrad	170
5.4.4	Wirkzusammenhänge der Einflussfaktoren der Kategorie Organisation	170
5.4.4.1	Wirkung des Zielsystems	170
5.4.4.2	Wirkung der Organisationsmerkmale.....	171
5.4.4.3	Wirkung der Dokumentationsanforderungen	171
5.4.5	Zwischenfazit	171
5.5	Änderungsmodell: Steuerung und Regelung des adaptiven Änderungssystems	172
5.5.1	Regelkreis zum Management des adaptiven Änderungssystems.....	173

5.5.2	Nutzung des Messglieds zur Überwachung des Änderungssystems	175
5.5.3	Verwendung des Reglers zur Adaption des Änderungssystems	178
5.5.3.1	Grobplanung.....	178
5.5.3.2	Feinplanung.....	179
5.5.3.3	Implementierung	181
5.5.4	Zwischenfazit	181
5.6	Fazit	181
6	Prototypische Anwendung und kritische Reflexion.....	183
6.1	Umsetzung der Methodik in einem Software-Tool	183
6.2	Fallstudie zur Beurteilung der Methodik	184
6.2.1	Konzeption der Fallstudie.....	184
6.2.2	Kurzvorstellung des Unternehmens und der Ausgangssituation.....	185
6.2.3	Vorstellung der Methodik im Anwenderkreis	185
6.3	Prototypische Anwendung der Methodik.....	185
6.3.1	Nutzung des Messglieds zur Überwachung des Änderungssystems	186
6.3.2	Verwendung des Reglers zur Adaption des Änderungssystems	190
6.3.2.1	Grobplanung.....	191
6.3.2.2	Feinplanung.....	193
6.3.2.3	Implementierung	195
6.4	Evaluierung.....	196
6.4.1	Beurteilung des Nutzens der vorgeschlagenen Maßnahmen.....	196
6.4.2	Evaluierung der Methodik	197
6.4.2.1	Bewertung inhaltlicher Anforderungen	197
6.4.2.2	Bewertung formaler Anforderungen.....	198
7	Zusammenfassung und Ausblick.....	199
8	Literaturverzeichnis	203
	Lebenslauf	235

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1-1: Unzulänglichkeiten im Serienanlauf.....	1
Abbildung 1-2: Stabilisierung des Serienanlaufs durch hochiterative Produktentwicklung	3
Abbildung 1-3: Explorativer Forschungszyklus.....	8
Abbildung 1-4: Aufbau der Arbeit.....	9
Abbildung 2-1: Erzeugnisorientierte Phaseneinteilung.....	12
Abbildung 2-2: Mögliche Verläufe von Anlaufkurven	15
Abbildung 2-3: Produktreifegrad in der hochiterativen Produktentwicklung.....	19
Abbildung 2-4: Zielsystem des Serienanlaufs.....	21
Abbildung 2-5: Dynamische Zielgewichtung von Produkt- und Prozessreifegrad	22
Abbildung 2-6: Zeitliche Einordnung von Änderungen.....	24
Abbildung 2-7: Fallübergreifendes und fallspezifisches Änderungsmanagement.....	25
Abbildung 2-8: Merkmale einer technischen Änderung	26
Abbildung 2-9: Übersicht externer und interner Verursacher von Änderungen	27
Abbildung 2-10: Änderungsreferenzprozess.....	31
Abbildung 2-11: Zielkonflikt bei der <i>Lamellen GmbH</i>	37
Abbildung 2-12: Herausforderungen und Anforderungen aus Sicht der Praxis	42
Abbildung 3-1: Grundlegende Aspekte des Systembegriffs.....	45
Abbildung 3-2: Grundstruktur eines Regelkreises	47
Abbildung 3-3: Subsysteme und Aufgaben sozio-technischer Systeme.....	48
Abbildung 3-4: Klassifikation der Systemkomplexität	50
Abbildung 3-5: Beschreibungsformen der Systemkomplexität.....	51

Abbildung 3-6: Prinzipien der Varietäts-Dämpfung und -Verstärkung.....	54
Abbildung 3-7: Optimierungsproblem der Komplexität.....	55
Abbildung 3-8: Bewertung bestehender Ansätze	62
Abbildung 4-1: Anforderungsprofil an die Methodik.....	66
Abbildung 4-2: Bestandteile einer Methodik	69
Abbildung 4-3: Phasen der Modellierung	70
Abbildung 4-4: Systemtheoretische Sicht auf das Änderungssystem.....	74
Abbildung 4-5: Steigerung der Umweltkomplexität im hochiterativen Prototypenbau	78
Abbildung 4-6: Anpassung des Änderungssystems an das Unternehmenssystem.....	79
Abbildung 4-7: Anpassung der funktionalen Komplexität mittels Maßnahmen	82
Abbildung 4-8: Planungsebenen der hierarchischen Planung.....	84
Abbildung 4-9: Teilmodelle der Methodik inklusive adressierter Teilforschungsfragen.....	86
Abbildung 5-1: Grundlegende Modellstruktur des Unternehmenssystems	90
Abbildung 5-2: Einflussfaktoren der Kategorie Stakeholder.....	91
Abbildung 5-3: Einflussfaktoren der Kategorie Produkt.....	95
Abbildung 5-4: Produktarchitektur bestehend aus Funktions- und Produktstruktur.....	97
Abbildung 5-5: Einflussfaktoren der Kategorie Neuheitsgrad	99
Abbildung 5-6: Einflussfaktoren der Kategorie Organisation	100
Abbildung 5-7: Morphologie der Einflussfaktoren des Unternehmenssystems.....	104
Abbildung 5-8: Grundlegende Modellstruktur des Änderungssystems	105
Abbildung 5-9: Gestaltungsfaktoren der Organisationsstrukturen	106
Abbildung 5-10: Morphologie der Gestaltungsfaktoren der Organisationsstrukturen	115
Abbildung 5-11: Zusammenhang von Daten, Informationen und Wissen.....	116
Abbildung 5-12: Vergleich der IOP-Infrastruktur mit den Informationsstrukturen.....	117
Abbildung 5-13: Gestaltungsfaktoren der Informationsstrukturen	118

Abbildung 6-6: Komplexitätsabgleich anhand des Gestaltungsfaktors Erfahrung	190
Abbildung 6-7: Ergebnis von Schritt 3 des Messglieds – Komplexitätsabgleich	190
Abbildung 6-8: (Inter-)Dependenzen im Rahmen der Priorisierung	191
Abbildung 6-9: Ergebnis von Schritt 1 der Grobplanung – Priorisierung	192
Abbildung 6-10: Komplexitätsabgleich anhand des Gestaltungsfaktor Prozessdefinition.....	192
Abbildung 6-11: Ergebnis von Schritt 2 der Grobplanung – Komplexitätsabgleich	193
Abbildung 6-12: Komplexitätsabgleich anh. des Gestaltungsfaktors Methodenkompetenz	194
Abbildung 6-13: Ergebnis von Schritt 3 der Feinplanung – Maßnahmenauswahl	195
Abbildung 6-14: Ergebnis der Implementierung – Implementierungsplan	196

Abkürzungsverzeichnis

#	Nummer
%	Prozent
ÄSM	Änderungssystemmodell
AG	Aktiengesellschaft
AVDICE	Advanced Distributed Virtual Change Environment
BOM	Bill of Materials
bspw.	beispielsweise
bzw.	beziehungsweise
ca.	circa
CAD	Computer-Aided-Drawing
CPA	Change Propagation Analysis
CPM	Change Propagation Method
d.h.	das heißt
DK	Dynamische Komplexität
DSM	Design Structure Matrix
eBOM	Engineering Bill of Materials
EDI	Electronic Data Interchange
EF	Einflussfaktor
ERP	Enterprise-Resource-Planning
ECR	Engineering Change Request (Änderungsanfrage/-antrag)
ECN	Engineering Change Notice (Änderungsbekanntgabe)
ECO	Engineering Change Order (Änderungsauftrag)
EDV	Elektronische Datenverarbeitung
EK	Elementekomplexität
ESI	Enterprise System Integration
Ebd.	eibenda
et al.	et alii/et aliae
etc.	et cetera
FL	Frontloading
gew	gewichtet

GF	Gestaltungsfaktor
ggf.	gegebenenfalls
GmbH	Gesellschaft mit beschränkter Haftung
GRK	Graduiertenkolleg
IOP	Internet of Production
IT	Informationstechnologie
Kap.	Kapitel
KDD	Knowledge Discovery in Databases
LoC	Level of Change
mBOM	Manufacturing Bill of Materials
PDM	Produktdatenmanagement
PEP	Produktentstehungsprozess
PLM	Product-Lifecycle-Management
PR	Problem Report (Problembereich)
RK	Relationenkomplexität
RWTH	Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule
SK	Strukturelle Komplexität
SOP	Start of Production
ToC	Type of Change
u.	und
u.a.	unter anderem
UK	Umweltkomplexität
USM	Unternehmenssystemmodell
V	Varietät
VBA	Visual Basic for Applications
VDI	Verband Deutscher Ingenieure
vgl.	vergleiche
VPN	Virtual Private Networks
WZL	Werkzeugmaschinenlabor
z.B.	zum Beispiel

Formelverzeichnis

Formel 5-1	177
Formel 5-2	177
Formel 5-3	177
Formel 5-4	178

Zusammenfassung

Produkte müssen im heutigen Wettbewerbsumfeld in immer kürzeren Abständen neu entwickelt oder modifiziert werden. Neben einem optimierten Entwicklungsprozess bedarf es hierfür eines beherrschten Serienanlaufs, der den Übergang des Systems von der Entwicklung in den Serienzustand beschreibt. Die hochiterative Produktentwicklung birgt erhebliches Potenzial hinsichtlich der Effizienzsteigerung von Entwicklungsprozessen und der Stabilisierung von Serienanläufen. Im hochiterativen Prototypenbau, als Teil des hochiterativen Produktentwicklungsprozesses, wird eine Vielzahl von Prototypen ab einem frühen Zeitpunkt physisch realisiert. Aufgrund der hiermit einhergehenden hohen Anzahl an technischen Änderungsbedarfen stellt ein effizientes Änderungsmanagement einen zentralen Erfolgsfaktor dar. Weder in der Praxis noch der Forschung existieren Methoden, welche Unternehmen unter Einfluss der dynamischen Rahmenbedingungen der hochiterativen Produktentwicklung zur effizienten Handhabung von technischen Änderungen befähigen.

Das Ziel der vorliegenden Dissertation ist die Entwicklung einer Methodik zur komplexitätsorientierten Gestaltung des Änderungssystems im hochiterativen Prototypenbau. Die Ausgangshypothese als zentraler Lösungsansatz sieht eine kurzzyklische Adaption des Änderungssystems im hochiterativen Prototypenbau vor, um systematisch auf die aktuell vorherrschende Komplexität im Unternehmen zu reagieren.

Im konzeptionellen Teil der Arbeit werden zunächst Einflussfaktoren identifiziert, die das Auftreten von Änderungen und das Ausmaß von Änderungsauswirkungen beeinflussen. Der durch die Einflussfaktoren induzierten Komplexität ist durch Möglichkeiten der Ausgestaltung des Änderungssystems zu begegnen. Hierfür werden auf unterschiedlichen Detaillierungsniveaus Gestaltungsfaktoren und Gestaltungsmaßnahmen des Änderungssystems eruiert und Abhängigkeiten im Änderungssystem identifiziert. Die Wirkzusammenhänge zwischen Einflussfaktoren und Gestaltungsfaktoren sind als Grundlage einer zielorientierten Identifizierung der Handlungsbedarfe im Änderungssystem zu untersuchen. Die Integration der Modellbestandteile in eine Methodik unterstützt die komplexitätsorientierte Adaption des Änderungssystems in der Praxis.

Abstract

In today's competitive environment, products have to be developed or modified at ever shorter intervals. In addition to an optimised development process, a controlled series ramp-up, which describes the transition of the system from development to series production, is required. The highly-iterative product development process holds considerable potential with regard to increasing the efficiency of development processes and stabilising series ramp-ups. In highly-iterative prototyping, as part of the highly-iterative product development process, a large number of prototypes are physically realised from an early stage. Due to the high number of engineering change requirements associated with this agile development process, an efficient change management is a key success factor. Currently, no methods in practice or research are known to exist that enable companies to efficiently handle technical changes under the influence of the dynamic requirements of highly-iterative product development.

The objective of this work is the development of a methodology for the complexity-oriented design of the engineering change system in highly-iterative prototyping. The hypothesis aims at adapting the engineering change system in highly-iterative prototyping in a short-cycle to be able to react systematically to the current prevailing level of complexity in the company.

In the conceptual part of this work firstly influencing factors that influence the occurrence of engineering changes and the extent of engineering change effects are identified. The complexity induced by the influencing factors must be counteracted by possibilities of designing the engineering change system. For this purpose, design factors and design measures of the engineering change system are identified at different levels of detail and dependencies in the engineering change system are investigated. The causal relationships between influencing factors and design factors are examined as the basis for a goal-oriented identification of the need for action in the engineering change system. The integration of the models into a methodology supports the complexity-oriented adaptation of the change system in practice.

1 Einleitung

1.1 Ausgangssituation und Problemstellung

Das heutige Wettbewerbsumfeld zeichnet sich durch eine ausgeprägte Marktdynamik, eine geringere Vorhersehbarkeit, rapide Technologiewechsel sowie steigende Kundenanforderungen an die Individualität und Qualität von Produkten, aus.¹ Hiermit einher geht die Notwendigkeit, Produkte in immer kürzeren Abständen neu zu entwickeln oder zu modifizieren. Neben einem optimierten Entwicklungsprozess bedarf es hierfür eines beherrschten Serienanlaufs, der den Übergang des Systems von der Entwicklung in den Serienzustand beschreibt.²

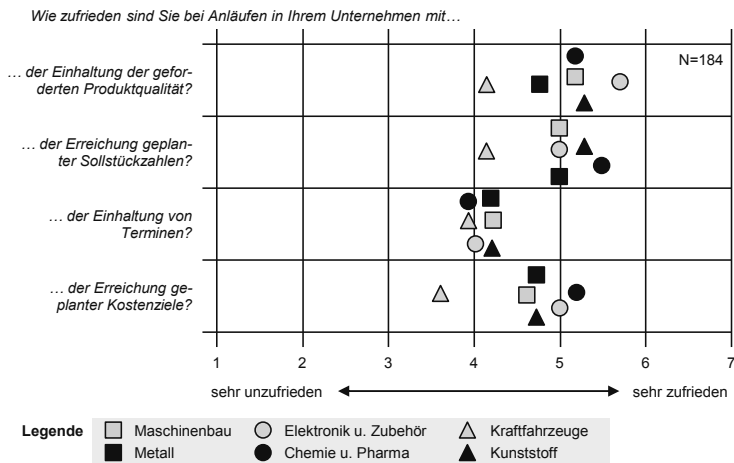


Abbildung 1-1: Unzulänglichkeiten im Serienanlauf³

Der großen Bedeutung der Erreichung der Terminziele für die Wettbewerbssituation von Unternehmen steht eine branchenübergreifend nicht zufriedenstellende Zielerfüllung in

¹ Vgl. Cooper (2014) What's Next, S. 20; Vgl. Schuh et al. (2017) Change Request, S. 111

² Vgl. Basse (2015) Systemtheoretische Modellierung, S. 1

³ Vgl. Renner et al. (2011) CoRuS Studie, S. 20 ff.; Vgl. Gartzten (2012) Diskrete Migration, S. 3

dieser Dimension des Serienanlaufs gegenüber, wie aus einer durch das Graduiertenkolleg (GRK) Anlaufmanagement durchgeführten Studie ersichtlich wird (siehe Abbildung 1-1).⁴

Die konventionelle Vorbereitung des Serienanlaufs in Form sequenzieller Entwicklungsansätze, wie z.B. in der VDI-Richtlinie 2221⁵ beschrieben, trägt einen entscheidenden Anteil zu der mangelnden Zielerreichung bei: So versäumt es die sequenzielle Produktentwicklung trotz der Bedeutung einer frühen Erhöhung der Produkt- und Prozessreife zumeist, diese im Zuge der Phasen Frontloading, Prototypen- und Pilotserienproduktion bis zum Start des Serienhochlaufs (Start of Production – SOP) auf Serienniveau zu überführen.⁶ Maßgeblich zurückzuführen ist dieser Umstand auf eine späte Identifikation eines Großteils der Änderungsbedarfe in den Pilotserien, was eine umfangliche Behebung dieser Änderungsbedarfe bis zum Start of Production verhindert.⁷ Hieraus resultieren ausgeprägte Restentwicklungsumfänge, welche die Störanfälligkeit des Serienanlaufs durch zahlreiche Produkt- und Prozessfehler im Serienhochlauf erhöhen. In der fortgeschrittenen Lebenszyklusphase des Serienhochlaufs erfordert die Behebung dieser Fehler einen gesteigerten Aufwand. In der Fachliteratur wird der Serienanlauf infolgedessen als instabil charakterisiert.⁸ Im Kontext der beschriebenen Problematisierung weisen Produktentwicklungsprozesse, die sich an agilen Entwicklungsansätzen der Softwareindustrie orientieren, erhebliches Potenzial hinsichtlich der Effizienzsteigerung von Entwicklungsprozessen auf.⁹ Die hochiterative Produktentwicklung wird hier stellvertretend angeführt. Sie zeichnet sich durch eine frühzeitige und systematische Realisierung physischer Prototypen und Primotypen und schließlich einer Vorserie aus, was zu einer konsequenten Reduzierung marktseitiger sowie technologischer Unsicherheiten führt. Die hiermit einhergehende konsequente Steigerung des Produktreifegrades ab einem frühen Zeitpunkt ist von zentraler Bedeutung für die Vermeidung von Restentwicklungsumfängen. Die hochiterative Produktentwicklung ermöglicht auf dieser Grundlage einen früheren Start of Production sowie eine Stabilisierung des Serienhochlaufs. Die Kenngrößen Time-To-Market und Time-To-Volume werden positiv beeinflusst.¹⁰ In Abbildung 1-2 wird ein Überblick über die erläuterten Zusammenhänge gegeben.

⁴ Vgl. Renner et al. (2011) CoRuS Studie, S. 20 ff.

⁵ Vgl. Verein Deutscher Ingenieure (1993) VDI 2221, S. 9

⁶ Vgl. Gerst (1998) Änderungserkennung, S. 132 f.

⁷ Vgl. Bruns (2010) Organisation des Anlaufmanagements, S. 15

⁸ Vgl. Fritsche (1998) Bewertung von Anlaufprozessen, S. 17; Vgl. Lanza (2005) Simulationsbasierte Anlaufunterstützung, S. 19 f.; Vgl. Dombrowski et al. (2009) Lean Ramp-up, S. 877

⁹ Vgl. Schuh et al. (2017) HIPD, S. 576

¹⁰ Vgl. Schuh et al. (2017) Enabling Agility, S. 343