

Prozessintegration und Datensicherheit im Rahmen der Digitalen Fabrik

DISSERTATION

zur Erlangung des Grades eines Doktors
der Ingenieurwissenschaften
vorgelegt von

Dipl.-Ing. Arno Filter
aus Hannover

genehmigt von der Fakultät für Mathematik/Informatik und Maschinenbau
der Technischen Universität Clausthal

Tag der mündlichen Prüfung

24.06.2009

Vorsitzender der Prüfungskommission
Prof. Dr.-Ing. Norbert Müller

Hauptberichterstatter
Prof. Dr.-Ing. Uwe Bracht

Berichterstatter
Prof. Dr. rer. nat. Jörg P. Müller

Das vorliegende Buch ist die inhaltlich unveränderte Wiedergabe der Dissertation, die der Fakultät für Mathematik/Informatik und Maschinenbau der Technischen Universität Clausthal in der Sitzung vom 24.06.2009 zur Erlangung des Grades eines Doktor-Ingenieurs von Dipl.-Ing. Arno Filter vorgelegt wurde.

D 104
Dissertation TU Clausthal 2009

Innovationen der Fabrikplanung und -organisation

Band 21

Arno Filter

Prozessintegration und Datensicherheit im Rahmen der Digitalen Fabrik

D 104 (Diss. TU Clausthal)

Shaker Verlag
Aachen 2009

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.: Clausthal, Technische Universität, Diss., 2009

Copyright Shaker Verlag 2009

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

Printed in Germany

ISBN 978-3-8322-8348-3

ISSN 1615-5211

Shaker Verlag GmbH • Postfach 101818 • 52018 Aachen

Telefon: 02407/9596-0 • Telefax: 02407/9596-9

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

Vorwort des Herausgebers

Nur die erfolgreiche Gestaltung und Weiterentwicklung industrieller Wertschöpfung kann auf Dauer unseren Lebensstandard und die Errungenschaften der sozialen Marktwirtschaft absichern. Die Produktion bildet nach wie vor das Rückgrat einer modernen, im globalen Wettbewerb stehenden Industrie-, Dienstleistungs- und Informationsgesellschaft. Umfassendes Wissen und stetig neue Erkenntnisse auf den Gebieten der Fabrikplanung und Produktionsorganisation sind existentiell notwendig.

Die unternehmerische Bedeutung der Produktionsplanung ist im gleichen Maße gestiegen, wie sich die Innovationszyklen von Produkten, Fertigungs- und Logistiksystemen sowie der Arbeitsorganisation verkürzt haben. Um die vorhandene Marktposition zu festigen oder um Wettbewerbsvorteile zu erlangen, muss jede Unternehmensleitung neben dem Produkt und der Technologie auch die Produktionsstrukturen ständig analysieren, sie rechtzeitig an die zu erwartenden Marktentwicklungen anpassen und gegebenenfalls erneuern.

Die erhöhten Ansprüche an die Gestaltung und Wandlungsfähigkeit von Produktionsstrukturen im turbulenten Umfeld erfordern ein effizientes Projektmanagement und eine durchgehende rechnergestützte Planungsunterstützung. In der vorliegenden Reihe - Innovationen der Fabrikplanung und -organisation - sollen neue Methoden und Instrumente zur Planung und Optimierung von Produktionssystemen und -abläufen einer breiten Leserschaft in verständlicher Form vorgestellt werden. Es sind Forschungsergebnisse, die häufig in enger Zusammenarbeit mit der Industrie am Institut für Maschinelle Anlagentechnik und Betriebsfestigkeit der Technischen Universität Clausthal im Bereich Anlagenprojektierung und Materialflusslogistik entstanden sind.

Ein gemeinsamer systemtechnischer Ansatz kennzeichnet die Fachgebiete Anlagenplanung und Logistik, deren technische, informationstechnische, organisatorische und wirtschaftliche Fragestellungen ganzheitlich und zukunftsweisend zu beantworten sind. Die angestrebten Lösungsstrategien sind im Rahmen des gesamten Produkt- und Produktionsentstehungsprozesses zu sehen und beinhalten sowohl eine theoretische, planerische und simulierende Seite als auch die konkrete Ausgestaltung von Prozessketten, Organisationsformen und Abläufen.

In der Vergangenheit wurden Produktionsstrategien, Programme und Teilebedarfe nicht selten aufgrund persönlicher Einschätzung und Erfahrung festgelegt. Heute sind mit Hilfe mathematischer, wissensbasierter Modelle hinreichende Prognosen und Szenarien zu entwickeln und das Komplexitätsmanagement muss bereits bei der Entwicklung variantenreicher Serienprodukte einsetzen. So können z.B. Agentensysteme schon vorausschauend bei der Analyse von Verbindungen möglicher Module helfen.

Früher wurden die darauf aufbauenden Produktionsstrukturen in der Regel nur statisch geplant und für dynamische Betrachtungen allenfalls Mittelwerte herangezogen. Um in Zukunft falsche oder überhöhte Investitionen und unnötige Folgekosten zu vermeiden, sind bestehende und zu planende Anlagen umfassend dynamisch zu analysieren und optimieren. Mit dem inzwischen zur Realität gewordenen ganzheitlichen Ansatz der Digitalen Fabrik kann jetzt - auf Basis eines umfassenden integrierten Datenmanagements durch rechnergestützte Einzelmethoden bis hin zur Virtuellen Realität - der Planungsprozess entscheidend beschleunigt und verbessert sowie die Planungsqualität und -sicherheit erheblich erhöht werden.

Nicht zuletzt gilt es, die in den Produktions- und Logistiksystemen arbeitenden Menschen wieder stärker in den Mittelpunkt zu stellen, ihre Bedürfnisse zu respektieren und ihnen genügend Raum für Engagement und Verantwortung mit effizienten Formen der Arbeitsorganisation zu geben, die Verschwendung vermeiden und eine stetige Steigerung des Produktionsflusses ermöglichen.

Clausthal, im Juli 2009

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Uwe Bracht

Vorwort des Verfassers

Diese Arbeit entstand während meiner Tätigkeit als Doktorand im Bereich Gesamtplanung bei der AUDI AG in Ingolstadt. Professor Uwe Bracht vom Institut für Maschinelle Anlagentechnik und Betriebsfestigkeit der TU Clausthal übernahm die wissenschaftliche Betreuung und sorgte mit zahlreichen wertvollen Ratschlägen für das Gelingen der Arbeit. Dafür sowie für das entgegengebrachte Vertrauen und die Möglichkeit zur Promotion gilt ihm mein ganz besonderer Dank. Für die Übernahme des Zweitgutachtens und die Anregungen zur Verbesserung der Arbeit bedanke ich mich ganz herzlich bei Professor Jörg Müller vom Institut für Informatik der TU Clausthal.

Doktor John Chacko, Gerhard Grabmeier und Helmut König danke ich, mir die Durchführung dieser Arbeit bei der AUDI AG ermöglicht zu haben. Für die ausgezeichnete Aufnahme und Integration in das Unternehmen danke ich allen Kollegen und Führungskräften in meinem Umfeld. Besonders hervorheben möchte ich hierbei meine Kollegen Manohar Malagimani und Ernst Forster. Sie haben mich nicht nur fachlich unterstützt, sondern auch die notwendigen Rahmenbedingungen geschaffen, um begleitende Projekte durchzuführen.

Ein großer Dank geht an Dennis Arnhold, Reinhard Baller, Carsten Böhle, Sören Groh, Barbara Handte, Patrick Holst, Yasser Jadidi und Deike Neumann, denn die gemeinsame Zusammenarbeit mit ihnen waren die entscheidenden Meilensteine bei der Erstellung dieser Arbeit. Sie gaben mir durch ihr Engagement und Fachwissen viele wertvolle Anregungen. Ohne ihre Ideen und die nicht enden wollenden, aber immer konstruktiven Diskussionen wäre mein Forschungsprojekt nicht soweit gekommen.

Ein besonders herzlicher Dank gilt meinen Eltern, ohne die mein Studium und diese Doktorarbeit niemals möglich gewesen wäre. Bei ihnen, meinen Schwiegereltern, Katharina Böhnke, Andrés Kohler sowie Ursula und Franz Wiemann bedanke ich mich für die Unterstützung beim Korrekturlesen und dafür, dass sie alle auf ihre Weise zum Gelingen meiner Arbeit beigetragen haben.

Ich danke meiner Frau Isabelle von ganzem Herzen für ihr Verständnis und ihre Geduld über all die Jahre hinweg. Sie hat mich unermüdlich in allen Bereichen unterstützt und daher widme ich ihr diese Arbeit.

Kurzfassung

Die Stagnation der Triademärkte und der Trend zur Globalisierung erzeugen in der Automobilindustrie zunehmenden Wettbewerbsdruck. Die Antwort der Automobilhersteller liegt in kürzeren Modelllebenszyklen bei gleichzeitiger Erhöhung von Modell- und Variantenvielfalt. Letztere erzeugt eine signifikante Komplexitätserhöhung, der einerseits mit der Verlagerung der Entwicklung zu den Zulieferern begegnet wird. Andererseits erfordert die Parallelisierung des Produktentstehungsprozesses die konsequente Umsetzung des Simultaneous Engineering.

Diese erfordert im Kontext der notwendigen frühzeitigen Einbindung von Lieferanten etwa in der Anlagenplanung eine deutlich erhöhte Kommunikation. Dabei sind allerdings Anforderungen des Daten- und Know-how-Schutzes zu berücksichtigen. Gerade im Rahmen der Simultaneous Engineering-Arbeit ist dabei ein leistungsfähiges Änderungsmanagement unerlässlich.

Diese Arbeit fokussiert daher zwei grundsätzliche Herausforderungen, denen sich die Fertigungsplanung von Automobilherstellern heute stellen muss: Prozessintegration und Datensicherheit im Simultaneous Engineering.

Dazu wird anhand einer Geschäftsprozessoptimierungsmethodik eine prozessuale und technische Lösung zunächst qualitativ erarbeitet. Die Methodik folgt dabei der folgenden Struktur: Der erste Schritt, die Ist-Erfassung, beschreibt bestehende Abläufe. In der nachfolgenden Analyse werden die Ursachen von Prozessmängeln herausgearbeitet. Dem folgt die Herleitung von Kriterien zur Bestimmung des Soll-Prozesses und schließlich die qualitative Beschreibung der Lösung. Der letzte Schritt ist die Implementierung.

Die Methodik wird dazu am Beispiel der Karosseriebauplanung angewandt und im anschließenden Kapitel bewertet. Dabei zeigt sich im Wesentlichen, dass die erzeugte Lösung die geforderten Kriterien weitestgehend erfüllt – lediglich die Anpassungsgeschwindigkeit an Veränderungen etablierter Prozesse erschwert die Auswertbarkeit der Umsetzung.

Inhaltsverzeichnis

Vorwort des Herausgebers	V
Vorwort des Verfassers	VII
Kurzfassung	IX
Abbildungsverzeichnis	XV
1 Einleitung	1
1.1 Wandel der Marktanforderungen in der Automobilindustrie	1
1.2 Produktentstehungsprozess und Simultaneous Engineering	4
1.3 Stand der Technik	8
1.3.1 Computergestütztes Arbeiten (CAX)	9
1.3.2 Computer Integrated Manufacturing (CIM)	10
1.3.3 Produktdatenmanagement und Product Lifecycle Management . .	12
1.3.4 Digitale Fabrik	13
1.3.5 Kollaboration - Ansätze zur Zusammenarbeit	16
1.4 Gegenstand und Aufbau dieser Arbeit	20
1.4.1 Gegenstand der Arbeit	20
1.4.2 Aufbau der Arbeit	24
2 Ökonomische, methodische und technische Grundlagen	25
2.1 Grundlegende Begriffe und ihre Abgrenzung	25
2.1.1 Prozessintegration	25
2.1.2 IT-, Informations- und Datensicherheit	29
2.2 Methoden zur Geschäftsprozessoptimierung	31
2.2.1 Prozessaufnahme und Analyse	32
2.2.2 Modellierungsmethodik	35
2.3 Methoden zur Bewertung von Optimierungsmaßnahmen	37
2.3.1 Benchmarking	38
2.3.2 Erweiterte Wirtschaftlichkeitsbetrachtung	40
2.4 Anwendungssoftware und technische Grundlagen	42
2.4.1 Planungssoftware Process Designer	42

2.4.2	Weitere Software	49
2.4.3	Technologien für Datenaustausch und Kollaboration	51
2.4.4	Modellierungssoftware ARIS Toolset	58
3	Lösungsansatz zur integrierten Zusammenarbeit	61
3.1	Beschreibung des Ist-Zustands	61
3.1.1	Produktentstehungsprozess in der Automobilindustrie	62
3.1.2	Detaillierte Prozessbeschreibung am Beispiel des Karosseriebaus	69
3.2	Analyse	80
3.2.1	Einzelprozessanalyse	81
3.2.2	Kausalitätsanalyse und Ursachenfindung	88
3.2.3	Herleitung der Kriterien für die Lösungsentwicklung	89
3.3	Entwicklung der Prozessintegration mit Datensicherheit	90
3.3.1	Herleitung der Lösungsmodule	90
3.3.2	Abbildung der Lösung im Phasenmodell	95
4	Anwendungsbeispiel für Prozessintegration und Datensicherheit	101
4.1	Anwendung der Methode im Planungssystem Process Designer	101
4.1.1	Projektstart und Initialbefüllung des Process Designer	101
4.1.2	Zusammenspiel der technischen Stückliste mit den Bauteilständen der Planung	106
4.1.3	Übergabe von Datenständen zwischen OEM und Anlagelieferant	110
4.2	Technische Umsetzung des Datenaustauschs mit Datensicherheit	114
4.2.1	Auswahl der Technologie	114
4.2.2	Die Anwendung Pack&Go	115
4.2.3	Prozess zur Erstbereitstellung von Produkt- und Anlagendaten für den Anlagelieferanten	116
4.2.4	Prozess zur Aktualisierung von Produktdaten beim Anlagelieferanten	116
4.2.5	Prozess zur Aktualisierung von Anlagendaten beim OEM	117
5	Auswertung	119
5.1	Bewertung der neuen Methode im Process Designer	119
5.2	Nutzen der Datenaustauschlösung	122
6	Zusammenfassung und Ausblick	125
6.1	Zusammenfassung	125
6.2	Ausblick	127
A	Vergleich zentrale/replizierte/verteilte Datenbasis	133

B	Produktprozesse in der Automobilindustrie	135
C	Produktstrukturen	139
D	Process Designer Datenmodell	141
E	Pack&Go-Spezifikation	145
F	Benchmarking-Dokumente	147
	Literaturverzeichnis	155
	Glossar	163
	Stichwortverzeichnis	187

Abbildungsverzeichnis

1.1	Entwicklung der PKW-Dichte in Deutschland	1
1.2	Entwicklung der Modell- und Variantenvielfalt	2
1.3	Verkürzung der Entwicklungszeiten	3
1.4	Lokalisierung bei Toyota	3
1.5	Trends in der Automobilindustrie	4
1.6	Parallele Produktentwicklung Simultaneous Engineering	5
1.7	Zusammensetzung eines SE-Teams	6
1.8	Veränderung der Fertigungstiefe	7
1.9	Trends verändern die Anforderungen an den Datenaustausch	8
1.10	Sketchpad-Projekt von Sutherland	10
1.11	Y-Modell nach Scheer	12
1.12	Einordnung der Digitalen Fabrik	13
1.13	Fokus der Digitalen Fabrik	14
1.14	Zeitgewinn durch Simultaneous Engineering und Digitale Fabrik	15
1.15	EAI Business-Bus für Integration	19
2.1	Ausprägungen integrierter Informationsverarbeitung	28
2.2	Die Prozessabfolge im Automobilbau	32
2.3	Das PFITA-Prinzip und seine fünf Sichten	33
2.4	Ebenenmodell mit vier Ebenen	36
2.5	Eine Aktion mit Input und Output in UML	36
2.6	Eine Aktion mit Input und Output im ARIS Toolset	37
2.7	Das Benchmarking-Programm von Xerox	38
2.8	Die erweiterte Wirtschaftlichkeitsbetrachtung	40
2.9	Die Anwendung der erweiterten Wirtschaftlichkeitsbetrachtung im BMI	41
2.10	Vergleich RollerCoaster Tycoon und Process Designer	43
2.11	Verknüpfung der vier Grundelemente im Process Designer	44
2.12	Process Designer mit dargestellter Ressourcenverwaltung	45
2.13	Beispiel einer Vorkonfigurationsbibliothek für Ressourcen	47
2.14	Inkrementeller Datenaustausch	52
2.15	Implementierungen einer replizierten Datenbasis	53
2.16	Mögliche Implementationen einer zentralen Datenbasis	55

2.17	Konzept der verteilten Datenbasis	57
2.18	Das ARIS-Haus	59
3.1	Produktentstehungsprozess in der Automobilindustrie	62
3.2	Entwicklungsschritte während der Konzeptentwicklung	63
3.3	Vom Clay-Modell zum Datenkontrollmodell	65
3.4	Konstruktion und Absicherung durch Simulation und Berechnung	66
3.5	Anlagenplanung im Produktentstehungsprozess	67
3.6	Anlagenplanungsprozess im Karosseriebau	69
3.7	Prozess der Geometrie- und Verbindungsdatenerzeugung	70
3.8	Prozess zur Pflege der VPM-Struktur	71
3.9	Prozess der Stücklistenerstellung	73
3.10	Prozess der Bereitstellung von Stücklisteninformationen	74
3.11	Produktdatenbeschaffung in der Karosserieplanung	75
3.12	Produktdatenbeschaffung mit KATE	77
3.13	Aufgaben und Handlungsfelder der Karosseriebauplanung	79
3.14	Dokumentenvielfalt in Entwicklung und Fertigungsplanung	82
3.15	Stücklistenaktualität und Geometriedatenverfügbarkeit	84
3.16	Stücklistenaktualisierung	85
3.17	Analyse der Prozessmängel	98
3.18	Phasenstrukturierte Lösung	99
4.1	Grundstruktur eines Projektes im Process Designer	102
4.2	Datenflussdiagramm Process Designer Initialbefüllung	103
4.3	Verknüpfung der Datenstände	103
4.4	Farbenbaum	104
4.5	Aktualisierung „Bauteilstand aktuell“ im Process Designer	105
4.6	Verknüpfung von Planungs-PPR mit „Bauteilstand aktuell“	106
4.7	Vorgehensweise bei der Erstellung von „Bauteilstand 2“	107
4.8	Eigenschaften von „Bauteilstand 2“	108
4.9	Zusammenhang „Stückliste“, „Bauteilstand aktuell“, Planungs-PPR	109
4.10	Zusammenhang „Stückliste“, „Bauteilstand aktuell“, „Lieferantenstand aktuell“, Planungs-PPR	110
4.11	Vorgehensweise bei der Erstellung von „Lieferantenstand 1“	111
4.12	Eigenschaften von „Lieferantenstand 1“	112
4.13	Die Strukturen beim OEM und Anlagenlieferanten	113
4.14	Grundprinzip der replizierten Datenbasis	114
4.15	Datenaustausch unter Verwendung von „Pack&Go“	115
4.16	Soll-Grobprozess zur Erstbereitstellung	116

4.17 Soll-Grobprozess zur Aktualisierung von Produktdaten	117
4.18 Soll-Grobprozess zur Aktualisierung der Anlagenplanung	117
4.19 Datenbereitstellung und Weitergabe mit dem Process Designer	118
5.1 Erweiterte Wirtschaftlichkeitsbetrachtung	124
6.1 Vergangenheit oder Realität	129
B.1 Übergreifende Geschäftsprozesse eines Automobilherstellers	135
B.2 Produktentstehungsprozess eines Automobilherstellers	136
B.3 Phasen des Produktentstehungsprozesses	136
B.4 Phasen des Produktentstehungsprozesses im Detail	137
C.1 Zusammenhang Pfeilung und Produktstruktur	139
D.1 Verknüpfung Produkt, Prozess, Ressource, Verbindungstechnik	142
D.2 Prinzip von Prototyp und Instanz	142
D.3 Process Designer Entity-Relationship-Modell	143
F.1 Benchmarking-Formular, Titelseite	148
F.2 Benchmarking-Formular, Abschnitt Allgemeines (1/3)	149
F.3 Benchmarking-Formular, Abschnitt Allgemeines (2/3)	150
F.4 Benchmarking-Formular, Abschnitt Allgemeines (3/3)	151
F.5 Benchmarking-Formular, Abschnitt Vergleichsobjekte (1/3)	152
F.6 Benchmarking-Formular, Abschnitt Vergleichsobjekte (2/3)	153
F.7 Benchmarking-Formular, Abschnitt Vergleichsobjekte (3/3)	154