

**Konzeption einer kontextbasierenden
Wissensumgebung für die Digitale Fabrik**

Dissertation

zur Erlangung des akademischen Grades
eines Doktors der Ingenieurwissenschaften

(Dr.-Ing.)

im Fachbereich Maschinenbau
der Universität Kassel

vorgelegt von

Dipl.-Ing. Christian Willmann

aus Köln

Kassel, im April 2010

Die vorliegende Arbeit wurde vom Fachbereich Maschinenbau der Universität Kassel als Dissertation zur Erlangung des akademischen Grades eines Doktors der Ingenieurwissenschaften (Dr.-Ing.) angenommen.

Erste Gutachterin: Prof. Dr.-Ing. Sigrid Wenzel, Universität Kassel

Zweiter Gutachter: Prof. Dr.-Ing. Uwe Bracht, Technische Universität Clausthal

Weitere Prüfer: Prof. Dr.-Ing. Roland Jochem, Technische Universität Berlin

Prof. Dr.-Ing. Konrad Spang, Universität Kassel

Tag der mündlichen Prüfung:

13. Dezember 2010

Produktionsorganisation und Fabrikplanung

Band 1

Christian Willmann

**Konzeption einer kontextbasierenden
Wissensumgebung für die Digitale Fabrik**

D 34 (Diss. Univ. Kassel)

Shaker Verlag
Aachen 2011

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.: Kassel, Univ., Diss., 2010

Copyright Shaker Verlag 2011

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

Printed in Germany.

ISBN 978-3-8440-0203-4

ISSN 2192-5569

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

Geleitwort der Herausgeberin

Globalisierung und Strukturwandel bedingen eine permanente Anpassung der unternehmenseigenen Produktions- und Dienstleistungsprozesse an die Bedarfe des Marktes. Damit Produktions- und Logistiksysteme wettbewerbsfähig, nachhaltig und wandlungsfähig werden, bedarf es einer vernetzten Betrachtung von Produkten, Prozessen und Ressourcen sowie einer durchgängigen Integration von Informations- und Kommunikationstechniken in Planung und Betrieb. Um diesen Anforderungen zu genügen, verlangen die heutigen Fabrikplanungsprozesse kollaborative Arbeitsweisen und den intensiven Einsatz modellgestützter Methoden und Werkzeuge.

Ziele der Forschungsarbeiten des Fachgebietes Produktionsorganisation und Fabrikplanung *ppf* im Institut für Produktionstechnik und Logistik an der Universität Kassel sind die Weiterentwicklung von Methoden und Werkzeugen der Digitalen Fabrik und ihre verbesserte Anwendung im Rahmen eines Virtual Simultaneous Engineering in interdisziplinären Planungsteams. Mit diesen Forschungen einher gehen eine permanente Verbesserung des Planungsprozesses, eine Erhöhung von Planungsqualität und -sicherheit, aber auch eine Weiterentwicklung der Produktions- und Logistiksysteme sowie -prozesse und damit verbunden der Material- und Informationsflüsse in der produzierenden Industrie, im Handel, in der Landwirtschaft, aber auch in Organisationen.

Im Rahmen dieser Buchreihe werden die Ergebnisse einschlägiger Forschungsarbeiten des Fachgebietes *ppf* publiziert. Diese beziehen sich einerseits auf die methodische Verbesserung und informationstechnische Ausgestaltung der Fabrikplanung, andererseits auf zukunftsorientierte Konzepte für Produktions- und Logistikprozesse. In diesem Zusammenhang werden auch die für eine intelligente, wandlungsfähige und vernetzte Systemgestaltung wichtigen Querschnittsaufgaben der Modellbildung, der Simulation und Visualisierung, des Daten-, Informations- und Wissensmanagements sowie der Kooperation und Kollaboration behandelt. Die einzelnen Bände der Buchreihe präsentieren ausgewählte Forschungsarbeiten, mit denen die Autoren dem Anwender in der Praxis einen Einblick in ihre aktuellen Forschungserkenntnisse und Anhaltspunkte für potentielle Verbesserungen in Planung und Betrieb geben möchten.

Vorwort des Autors

Die vorliegende Dissertation entstand während meiner Tätigkeiten als Berater im Umfeld von „Product Lifecycle Management“ bei der DENC Design ENgineering Consultants AG (später PTC Parametric Technology GmbH) sowie der casolute GmbH (später RLE International GmbH). Sie wurde vom Fachgebiet Produktionsorganisation und Fabrikplanung der Universität Kassel betreut.

Ich danke insbesondere meiner Betreuerin, Frau Prof. Dr.-Ing. Sigrid Wenzel, dass sie mir das Thema dieser Arbeit zur weitgehend selbstständigen Bearbeitung überlassen hat sowie in vielen Diskussionen und mit kritischen Anmerkungen beratend zur Seite stand.

Herrn Prof. Dr.-Ing. Uwe Bracht vom Institut für Maschinelle Anlagentechnik und Betriebsfestigkeit der TU Clausthal danke ich für die Übernahme des Koreferates.

Mein Dank gilt stellvertretend für alle Beteiligten auf Unternehmensseite Dr. Klaus Dibern, DENC AG, als Befürworter meines Dissertationsvorhabens sowie Dr. Guido Freis und Dr. Martin Strietzel, casolute GmbH, welche mir die größtmögliche Flexibilität zur Fertigstellung dieser wissenschaftlichen Arbeit gegeben haben.

Darüber hinaus bedanke ich mich bei allen Kollegen, die direkt oder indirekt an Diskussionen bezüglich meiner Arbeit beteiligt waren. Dies gilt vor allem für die Verantwortlichen der Ford Werke GmbH und das PMTI-Team, die mir ebenfalls den für diese Arbeit benötigten zeitlichen Freiraum während meiner Projekte ermöglicht haben.

Bedanken möchte ich mich auch bei den Mitwirkenden der Richtlinienarbeit zum Blatt 3 der VDI-Richtlinie 4499, Datenmanagement und Systemarchitekturen. Unsere Diskussionen während der Sitzungen führten zu Ideen und Fragestellungen in dieser Arbeit.

Maike Saidler danke ich für ihre Korrekturen und inhaltlichen Anmerkungen zur Arbeit.

Meinen Eltern und meinen Freunden danke ich für ihre Geduld, ihre Motivation und dafür, dass sie mich daran erinnern haben, dass das Leben nicht nur aus „digitalem Wissen und Prozess“ besteht.

Abschließend danke ich von ganzem Herzen meiner Frau Sandra. Durch ihre Geduld und Unterstützung hat sie einen wesentlichen Anteil am erfolgreichen Abschluss dieser Arbeit.

Köln, im April 2010

Christian Willmann

Kurzfassung

Die Digitale Fabrik hat das Ziel einer frühzeitigen Optimierung der realen Fabrik vor deren Inbetriebnahme. Bedingt durch veränderte Prozesse und neue Werkzeuge müssen alle Beteiligten der Digitalen Fabrik individuell vorbereitet werden. Dabei gibt es im zeitintensiven Alltagsgeschäft kaum noch Möglichkeiten für die klassische Variante der Weiterbildung abseits des Arbeitsplatzes. Vor diesem Hintergrund untersucht die vorliegende Arbeit, wie ein Kompetenzaufbau für die Digitale Fabrik unter Ausnutzung von Methoden des Wissensmanagements aussehen könnte. Die Aufgabe eines Wissensmanagements ist es hier, die beteiligten Personen mit dem benötigten Wissen zu versorgen.

Der Anspruch an eine ganzheitliche Berücksichtigung von Prozess, Organisation und Technologie führt in dieser Arbeit zu einer anwenderzentrierten Modellierung und Systematisierung von Planungsprozessen. Daraus können die beteiligten Personen und wissensbasierten Aktivitäten in der Fabrikplanung identifiziert werden. Charakteristisch für die Digitale Fabrik ist die Verknüpfung aller Daten und Informationen aus den verschiedenen Phasen der Fabrikplanung. Der Technologiebezug der Digitalen Fabrik wird in der Arbeit aufgegriffen. Er bildet das soziotechnische Rahmengerüst für die kontextbasierende Wissensumgebung, welche sowohl die Wissensentwicklung am Arbeitsplatz als auch den weiteren Umgang mit Wissen innerhalb der Digitalen Fabrik systemseitig unterstützt.

Verschiedene Technologieansätze werden hinsichtlich ihrer Potentiale bewertet. Das Konzept eines Interaktionspfades bietet eine flexible Verwaltung von individuellen Wissensaktivitäten. Zudem wird eine kontextangepasste Wissensnutzung realisiert, um einer beteiligten Person in ihrem Kontext geeignete Informationen und potentielle Aktivitäten aktiv zuzuweisen. Für dieses Verhalten müssen Informationen und Aktivitäten durch die Systemumgebung interpretierbar sein. Zu diesem Zweck werden Zusammenhänge zwischen Planungsobjekten in der Digitalen Fabrik beispielhaft über eine Ontologie abgebildet.

Anhand von Beispielen wird die erzielte Verbesserung des Planungsprozesses aus Mitarbeitersicht gegenüber aktuellen Prozessen aufgezeigt. Diesbezüglich leistet die kontextbasierende Wissensumgebung neben dem Fokus der Wissensentwicklung einen wichtigen Beitrag zum planungstätigkeitsübergreifenden Verständnis und damit zur notwendigen engen Kooperation der verschiedenen Experten innerhalb der Digitalen Fabrik.

Diese Dissertation betont die interdisziplinäre Ausrichtung der beiden Forschungsthemen *Wissensmanagement* und *Digitale Fabrik*. Sie adressiert insbesondere Probleme aus der Praxis und bezieht sich nur in Ausnahmefällen auf strategische Fragestellungen.

Hiermit versichere ich, dass ich die vorliegende Dissertation selbständig und ohne unerlaubte Hilfe angefertigt und andere als die in der Dissertation angegebenen Hilfsmittel nicht benutzt habe. Alle Stellen, die wörtlich oder sinngemäß aus veröffentlichten oder unveröffentlichten Schriften entnommen sind, habe ich als solche kenntlich gemacht. Kein Teil dieser Arbeit ist in einem anderen Promotions- oder Habilitationsverfahren verwendet worden.

Köln, 11. April 2010

Inhaltsverzeichnis

GELEITWORT DER HERAUSGEBERIN.....	I
VORWORT DES AUTORS.....	III
KURZFASSUNG.....	V
INHALTSVERZEICHNIS	IX
ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS.....	XIV
1 EINLEITUNG UND ZIELSETZUNG.....	1
1.1 AUSGANGSSITUATION UND PROBLEMSTELLUNG.....	1
1.2 EINGRENZUNG DER FORSCHUNGSOBJEKTE	2
1.3 MOTIVATION UND INHALT DER ARBEIT.....	3
1.4 AUFBAU DER ARBEIT	4
2 EINFÜHRUNG IN DAS WISSENSMANAGEMENT.....	5
2.1 GRUNDBEGRIFFE UND ZUSAMMENHÄNGE	5
2.1.1 <i>Abgrenzung von Zeichen, Daten, Informationen und Wissen</i>	<i>5</i>
2.1.2 <i>Klassifikation von Wissen</i>	<i>7</i>
2.1.3 <i>Lerntheorien</i>	<i>11</i>
2.2 EINORDNUNG DES WISSENSMANAGEMENTS	12
2.2.1 <i>Grundlagen des organisationalen Lernens.....</i>	<i>13</i>
2.2.2 <i>Ziele des Wissensmanagements.....</i>	<i>14</i>
2.2.3 <i>Abgrenzung zu existierenden Managementbegriffen</i>	<i>15</i>
2.2.4 <i>Einflüsse auf die Weitergabe von Wissen.....</i>	<i>16</i>
2.3 KONZEPTE DES WISSENSMANAGEMENTS.....	17
2.3.1 <i>Wissensmanagement nach Nonaka/Takeuchi</i>	<i>17</i>
2.3.2 <i>Wissensmanagement nach Probst et al.....</i>	<i>18</i>
2.3.3 <i>Geschäftsprozessorientiertes Wissensmanagement</i>	<i>19</i>

2.4	METHODEN UND INSTRUMENTE FÜR DAS WISSENSMANAGEMENT	22
2.4.1	<i>Organisatorische Maßnahmen und Methoden</i>	22
2.4.2	<i>Informationstechnische Werkzeuge</i>	24
2.4.3	<i>CommonKADS als Ansatz für eine Einführung von Wissensmanagement</i>	25
2.4.4	<i>Weiterführende Technologien</i>	26
2.4.5	<i>Zwischenfazit</i>	28
3	GRUNDLAGEN DER DIGITALEN FABRIK	29
3.1	DIE KLASSISCHE FABRIK AUS PROZESS- UND SYSTEMSICHT	29
3.1.1	<i>Fabrikprozesse</i>	29
3.1.2	<i>Abgrenzung von Fabrikplanung und Fabrikbetrieb</i>	31
3.1.3	<i>Fabrikplanung als Teil der Unternehmensplanung</i>	31
3.1.4	<i>Fabrikplanung aus Systemsicht</i>	32
3.1.5	<i>Fabrikplanung im Kontext von Veränderungsprozessen</i>	34
3.2	EINFÜHRUNG IN DIE DIGITALE FABRIK.....	35
3.2.1	<i>Definition und Begriffe der Digitalen Fabrik</i>	35
3.2.2	<i>Verknüpfungsaspekte der Digitalen Fabrik</i>	37
3.2.3	<i>Ziele der Digitalen Fabrik</i>	38
3.3	STAND VON FORSCHUNG UND TECHNIK	40
3.3.1	<i>Anwendungsgebiete für die Digitale Fabrikplanung</i>	40
3.3.2	<i>Managementsysteme und Architekturen</i>	42
3.3.3	<i>Knowledge Based Engineering</i>	44
3.4	ERFOLGSFAKTOREN DER DIGITALEN FABRIK	45
3.5	INTERAKTION VON DIGITALER FABRIK UND WISSENSMANAGEMENT	47
4	WISSENSAKTIVITÄTEN AUS GESCHÄFTSPROZESSSICHT	49
4.1	MODELLIERUNG ROLLENSPEZIFISCHER WISSENSPROZESSE.....	49
4.2	MITARBEITERROLLEN IM PLANUNGSPROZESS DER DIGITALEN FABRIK	53

4.3	ROLLENSPEZIFISCHE UND AUFGABENORIENTIERTE WISSENSPROZESSE	55
4.3.1	<i>Szenario „Projektmanagement“</i>	56
4.3.2	<i>Szenario „Produktentwicklung“</i>	59
4.3.3	<i>Szenario „Prozessplanung“</i>	63
4.3.4	<i>Szenario „Ressourcenplanung“</i>	67
4.3.5	<i>Szenario „Planungsabsicherung und Produktionsanbindung“</i>	70
4.3.6	<i>Zwischenfazit</i>	74
4.4	SYSTEMATISIERUNG WISSENSINTENSIVER PLANUNGSPROZESSE.....	75
4.4.1	<i>Klassifizierung der aufgabenorientierten Wissensaktivitäten</i>	75
4.4.2	<i>Ableitung und Entwicklung lernorientierter Wissensaktivitäten</i>	81
4.4.3	<i>Handlungsbedarf</i>	88
5	FABRIKPLANUNG IM KONTEXT VON WISSEN UND MANAGEMENT	89
5.1	EVALUIERUNG AKTUELLER ANSÄTZE DER WISSENSENTWICKLUNG	89
5.1.1	<i>Ansätze mit zeitlicher oder räumlicher Trennung zur Planungstätigkeit</i>	89
5.1.2	<i>Tätigkeitsbegleitende Ansätze zur Wissensentwicklung</i>	91
5.2	CHARAKTERISIERUNG EINER WISSENSBASIERTEN PROJEKTUMGEBUNG	92
5.2.1	<i>Direkte Beteiligte einer wissensbasierten Projektumgebung</i>	92
5.2.2	<i>Unterstützende Wissensrollen</i>	94
5.3	STRATEGIEN IM UMGANG MIT WISSEN IN DER DIGITALEN FABRIK	96
5.3.1	<i>Gesamtverständnis über die Planungsobjekte einer Digitalen Fabrik</i>	96
5.3.2	<i>Identifizierung des individuellen Wissensbedarfs</i>	97
5.4	ÜBERTRAGUNG DER ERKENNTNISSE IN DAS KONZEPT EINER WISSENSUMGEBUNG .	99
6	KONZEPTION UND BEISPIELHAFTE UMSETZUNG VON KOMponenten	103
6.1	DER SOZIO-TECHNISCHE ANSATZ ALS RAHMENGERÜST	103
6.2	GRUNDLEGENDE ANFORDERUNGEN AN DIE WISSENSUMGEBUNG.....	105

6.3	KONZEPTION UND BEISPIELHAFTER UMSETZUNG VON IKT-BAUSTEINEN	108
6.3.1	<i>Komponenten für eine Wissensdokumentation und Informationsnutzung</i>	109
6.3.2	<i>Funktionen zur Suche, Filterung und Darstellung von Wissen.....</i>	115
6.3.3	<i>Soziale und soziotechnische Kollaborationsansätze.....</i>	118
6.3.4	<i>Bewertung von kodifiziertem Wissen.....</i>	120
6.4	KONZEPTION PERSONALISierter LERNKOMponentEN	122
6.4.1	<i>Herausforderungen bei der Abbildung von Wissensaktivitäten.....</i>	122
6.4.2	<i>Systemtechnische Abbildung von lernorientierten Aktivitäten.....</i>	127
6.4.3	<i>Entwurf des kontextangepassten Umgangs mit Wissen</i>	133
6.5	BEWERTUNG DER KOMPONENTEN.....	139
6.5.1	<i>Wiki-Technologie und Web-Content-Managementsysteme.....</i>	141
6.5.2	<i>Werkzeuge zur informellen und asynchronen Kommunikation.....</i>	142
6.5.3	<i>Aktivitätenverwaltung zur Abbildung von Interaktionspfaden.....</i>	143
6.5.4	<i>Agenten und Widgets für einen kontextangepassten Wissenseinsatz.....</i>	144
6.5.5	<i>Rückführung und nachhaltige Nutzung von Inhalten.....</i>	145
7	GESTALTUNG UND EVALUIERUNG DER WISSENSUMGEBUNG	147
7.1	GESTALTUNG DER GESAMTARCHITEKTUR.....	147
7.1.1	<i>Beschreibung der generischen Architektur.....</i>	147
7.1.2	<i>Integration auf Datenschicht</i>	150
7.1.3	<i>Integration auf Geschäftslogikschicht.....</i>	150
7.1.4	<i>Integration auf Anwendungsebene.....</i>	151
7.1.5	<i>Integration auf Mitarbeiterebene.....</i>	152
7.2	INTEGRATION DER WISSENSUMGEBUNG IN EINEN PLANUNGSKONTEXT.....	153
7.2.1	<i>Szenario: Zentrale Systemarchitektur mit einheitlichem Datenmodell</i>	153
7.2.2	<i>Szenario: Flexible Kopplung von Architekturen für Kooperationen.....</i>	154
7.2.3	<i>Szenario: Minimallösung am Beispiel von KMU.....</i>	155

7.3	EVALUIERUNG DER KONTEXTBASIERENDEN WISSENSUMGEBUNG	157
7.3.1	<i>Evaluierung der Wissensumgebung aus Prozesssicht</i>	157
7.3.2	<i>Evaluierung der Wissensumgebung anhand eines praktischen Beispiels</i>	162
7.4	ERWEITERUNG DER UMGEBUNG FÜR EIN STRATEGISCHES WISSENSMANAGEMENT	166
7.5	ÜBERTRAGBARKEIT AUF DEN FABRIKBETRIEB.....	167
8	SCHLUSSBETRACHTUNG	171
8.1	ZUSAMMENFASSUNG	171
8.2	DISKUSSION	172
8.3	AUSBLICK	175
	ABBILDUNGSVERZEICHNIS	177
	TABELLENVERZEICHNIS.....	182
	LITERATURVERZEICHNIS.....	183
	ANHANG A: MODELLIERUNGSSPRACHEN.....	201
	ANHANG B: FLUSSORIENTIERTES PROZESSMODELL.....	206
	ANHANG C: ONTOLOGIE-ANSATZ FÜR EINE DIGITALE FABRIK.....	207
	LEBENS LAUF.....	215

Abkürzungsverzeichnis

AA	.....	Auftragsabwicklung
AR	.....	Augmented Reality
ARIS	.....	ARchitektur integrierter Informations-Systeme
ASE	.....	Ablaufsimulationsexperte
AWI	.....	Arbeitswissenschaftler
BI	.....	Business Intelligence
BMP	.....	Betriebsmittelplaner
BPD	.....	Business Process Diagram
BPMN	.....	Business Process Modeling Notation
CAD	.....	Computer Aided Design
CAE	.....	Computer Aided Engineering
CAX	.....	Computer Aided x (Platzhalter für diverse Ansätze)
CIM	.....	Computer Integrated Manufacturing
CMS	.....	Content-Management-System
CoP	.....	Community of Practice
CSCW	.....	Computer Supported Cooperative Work
DBMS	.....	Datenbankmanagementsystem
d.h.	.....	das heißt
DIN	.....	Deutsches Institut für Normung
DL	.....	Description Logic
DMS	.....	Dokumenten-Management-System
DMU	.....	Digital Mock-Up
EAI	.....	Enterprise Application Integration
(e)EPK	.....	(erweiterte) Ereignisgesteuerte Prozesskette
ERA	.....	Entgeltrahmenabkommen (Tarifvertrag)

ERP.....	Enterprise Resource Planning
etc.	et cetera
ff.	folgende (Plural)
ggf.....	gegebenenfalls
IBM	International Business Machines Corporation
IDEF	ICAM Definition; Integrated Definition
IKT	Informations- und Kommunikationstechnologie
ISO	International Organization for Standardization
IT	Informationstechnik (auch: Informationstechnologie)
JADE	Java Agent Development
KADS	Knowledge Acquisition and Documentation Structuring
KBE	Knowledge-based Engineering
KMDL [®]	Knowledge Modeling and Description Language
KMU.....	Kleine und Mittlere Unternehmen
LAY.....	Layoutplaner
LMS.....	Learning Management System
LOG.....	Logistikplaner
MES.....	Manufacturing Execution System
MIT.....	Massachusetts Institute of Technology
MTM.....	Methods-Time Measurement
NC	Numerical Control
OLAP.....	Online Analytical Processing
OMG.....	Object Management Group
OWL	Web Ontology Language
PA.....	Produktionsanlauf
PB	Produktionsbetrieb

Abkürzungsverzeichnis

PDM(S)	Produktdatenmanagement-System
PE	Produktentwicklung, Produktentwickler
PFP	Prozess-/Fertigungsplaner
PIM.....	Personal Information Manager
PLC	Programmable Logic Controller
PLM.....	Product Lifecycle Management
PLS	Produktions-Lern-System
PM	Projektmanager
PP	Produktionsplanung, Produktplaner
PPS	Produktionsplanung und -steuerung
RDF	Resource Description Framework
ROI	Return on Investment
RULA	Rapid Upper Limb Assessment
SADT.....	Structured Analysis and Design Technique
SCORM	Sharable Content Object Reference Model
SOA.....	Serviceorientierte Architektur
SOAP.....	Simple Objects Access Protocol
SOP	Start of Production
SPS	Speicherprogrammierbare Steuerung
STEP.....	STandard for the Exchange of Product model data
TQM.....	Total Quality Management
u. a.	unter anderem
UML.....	Unified Modeling Language
VDI.....	Verein Deutscher Ingenieure
vgl.....	vergleiche
WCMS	Web-Content-Management-System

WFMS	Workflow-Management-System
WYSIWYG.....	What You See Is What You Get
XML	Extensible Markup Language
z.B.	zum Beispiel