

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.

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 Abgrenzung von Zeichen, Daten, Informationen und Wissen	5
2.1.2 Klassifikation von Wissen	7
2.1.3 Lerntheorien	11
2.2 EINORDNUNG DES WISSENSMANAGEMENTS	12
2.2.1 Grundlagen des organisationalen Lernens.....	13
2.2.2 Ziele des Wissensmanagements.....	14
2.2.3 Abgrenzung zu existierenden Managementbegriffen	15
2.2.4 Einflüsse auf die Weitergabe von Wissen.....	16
2.3 KONZEPTE DES WISSENSMANAGEMENTS.....	17
2.3.1 Wissensmanagement nach Nonaka/Takeuchi	17
2.3.2 Wissensmanagement nach Probst et al.....	18
2.3.3 Geschäftsprozessorientiertes Wissensmanagement	19

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

6.3	KONZEPTION UND BEISPIELHAFTE 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>	<i>157</i>
7.3.2	<i>Evaluierung der Wissensumgebung anhand eines praktischen Beispiels.....</i>	<i>162</i>
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
PPF	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

1 Einleitung und Zielsetzung

*„Wir ertrinken in Informationen,
aber uns dürstet nach Wissen.“*

(John Naisbitt, US-Zukunftsforscher)

1.1 Ausgangssituation und Problemstellung

Zunehmend kürzere Produktlebenszyklen implizieren eine schnellere Produktentwicklung, Produktions- und Fabrikplanung. Dabei nehmen die technischen und die organisatorischen Anforderungen an ein modernes Engineering stetig zu. Dies liegt an den Faktoren eines ständigen Wandels von Märkten und Technologien, der Notwendigkeit von Unternehmenskooperationen unter gleichzeitiger Beibehaltung von Kernkompetenzen sowie dem Einsatz rechnerunterstützter Informations- und Kommunikationstechnologie. Alle Faktoren führen gemeinsam zu einer Veränderung der Arbeitsorganisation und Arbeitskultur.

Die Verkürzung von Entwicklungs- und Planungsprozessen lässt sich durch eine maximale Parallelisierung und Integration von Aktivitäten im Sinne des Simultaneous Engineering erreichen. Hierzu steht eine Vielzahl von Werkzeugen zur Verfügung, die in die Geschäftsprozesse eines Unternehmens eingebunden sind. Dagegen werden die Rolle der Organisation und die Bedürfnisse von Mitarbeitern¹ in diesem Kontext vernachlässigt.

Die Bereitstellung und Verteilung von Informationen erlaubt im komplexen und dynamischen Umfeld produzierender Unternehmen einen Zugriff auf dokumentiertes Wissen innerhalb der Organisation. Durch den Einsatz von rechnerunterstützter Technologie kommt es allerdings zu einer visuell nicht mehr erfassbaren Menge an Informationen im Unternehmen. Folglich ist der benötigte Aufwand, die gewünschten Informationen im passenden Kontext zu finden bzw. für eine bestimmte Aufgabe bereitzustellen, sehr hoch.

¹ Für Personen- und Rollenbezeichnungen wird in dieser Arbeit aus Gründen der Lesbarkeit die maskuline Form verwendet. In diesem Sinne sind alle Bezeichnungen geschlechtsneutral gemeint und schließen das feminine Geschlecht mit ein, auch wenn es nicht im Schriftbild erscheint.

1.1 Ausgangssituation und Problemstellung

Neben Daten und Informationen ist personengebundenes Wissen ein elementarer Bestandteil der Leistungserstellung in einem Unternehmen, weil der Wissenseinsatz zukünftige Innovationen in Produkt, Prozess und Produktion begründet. Bislang fehlt es jedoch an einem systematischen Umgang mit der Ressource Wissen.

Aus Mitarbeitersicht ist eine bewusste und effiziente Wissensvermittlung für dessen spezifische Planungstätigkeiten notwendig. Es ist nicht mehr ausreichend, einmal erworbenes Wissen in Einklang mit der schnellen Technologieentwicklung, den dynamischen Veränderungen von Arbeitsprozessen und der Nutzung umfangreicher Planungswerkzeuge zu bringen. Bezogen auf den Einsatz rechnerunterstützter Technologien resultiert hieraus die Anforderung an das Konzept einer kontextbezogenen Wissensentwicklung mit direkter Wissensnutzung am Arbeitsplatz. In Ergänzung ist zudem der Bedarf an Wissensaustausch und Wissensbewahrung in der Planungsumgebung zu berücksichtigen.

1.2 Eingrenzung der Forschungsobjekte

Die Themen *Wissensmanagement* sowie *Digitale Fabrik* werden seit Mitte der Neunziger Jahre verstärkt in Forschung und Wissenschaft betrachtet.

Der Bedarf einer strategischen Betrachtung von Wissen und dessen effektive Nutzbarmachung sind allgemein akzeptiert. Wettbewerbsvorteile und Unternehmenserfolg basieren neben klassischen Produktionsfaktoren mehr denn je auf dem Einsatz von Wissen.

Der Ansatz der Digitalen Fabrik beschreibt die durchgängige, abgesicherte Planung und Betriebsführung einer Fabrik. Er resultiert aus den Anforderungen an ein modernes Engineering hinsichtlich qualitativer, kostenseitiger und zeitlicher Verbesserungen. Gegenüber früheren Methoden einer rechnergestützten Fabrikplanung wird durch die Einbeziehung organisatorischer Faktoren von einem ganzheitlichen Ansatz gesprochen.

Die vielseitige und komplexe Planungstätigkeit in der Digitalen Fabrik findet in der Regel am eigenen Arbeitsplatz statt. Klassische Qualifikationsansätze können die dort benötigten Kompetenzen nur unzureichend vermitteln. Im Gegensatz dazu werden neue Organisationsstrukturen und Planungswerkzeuge erheblich schneller eingeführt sowie der Umfang von Weiterbildungsmaßnahmen für Mitarbeiter kontinuierlich reduziert. Demzufolge kann ein effektiver und effizienter Planungsverlauf und Fabrikbetrieb nur durch neue Methoden der Wissensvermittlung und Einsatz von Wissensmanagement erzielt werden.

1.3 Motivation und Inhalt der Arbeit

Mit dieser Arbeit wird das Zusammenspiel von Digitaler Fabrik und Wissensmanagement erörtert und im Hinblick auf ein praxisorientiertes Nutzungskonzept hinterfragt. Konkrete Idee ist die Umsetzung eines wissensbasierten Planungsprozesses mit dem Ziel einer Steigerung von Effektivität und Effizienz in der Digitalen Fabrik. Die gemeinsame Betrachtung von Organisation, Prozess und Technologie ist Fundament der Arbeit.

Zunächst ist der individuelle Wissensbedarf und Wissensaustausch innerhalb der Digitalen Fabrik zu ermitteln. Das Fundament dafür bildet die Modellierung von bestehenden Geschäftsprozessen und Wissensaktivitäten. Aus diesen lassen sich charakteristische Tätigkeiten und Abläufe in der Digitalen Fabrik identifizieren und klassifizieren.

In Bezug auf eine nachhaltige Verbesserung des Fabrikplanungsprozesses besteht die

Herausforderung, das benötigte Wissen zur richtigen Zeit in der gewünschten Art und Weise am richtigen Ort für eine spezifische Tätigkeit verfügbar zu haben.

Unterschiedliche Wissensstände von beteiligten Mitarbeitern in der Digitalen Fabrik verlangen nach einer Lösung, eine Planungstätigkeit zeit-, orts- und personenbezogen in Abhängigkeit des individuellen Wissensbedarfs durchführen zu können. Durch den Begriff des Context Awareness werden Systemanwendungen charakterisiert, welche einen Kontext bewusst wahrnehmen und sich diesem angepasst verhalten [DeA-99]. Die Nutzung einer solchen Technologie hat einen positiven Einfluss sowohl auf eine gezielte Mitarbeiterunterstützung als auch auf eine effiziente Durchführung von Planungstätigkeiten.

In der klassischen Fabrikplanung gibt es eine klare Aufgabenverteilung und folglich einen konträren Wissensstand und Wissensbedarf von beispielsweise Produktentwickler und Prozessplaner. Die Umsetzung von Wissensmanagement in der Digitalen Fabrik kann der zweckmäßige Weg sein, sämtliche Entwickler- und Planerrollen kompatibel, d.h. austauschbar zu gestalten. Die informationstechnische Unterstützung von Personen in einer ihnen fremden Rolle ermöglicht eine Wissensentwicklung für eine spezifische Planungstätigkeit und – idealerweise – eine direkte Rückführung individueller Erfahrungen.

Ergebnis der Dissertation ist das Konzept einer generischen Systemumgebung, welche den aktuellen Kontext während einer Planungstätigkeit berücksichtigt. Anwendungsbeispiele zeigen auf, dass sich der Gesamtprozess der Fabrikplanung durch einen bewussten Umgang mit Wissen gegenüber aktuellen Prozessen gezielt und nachhaltig verbessern lässt.

1.4 Aufbau der Arbeit

Mit Bezug auf Kapitel 1.3 wird in Abbildung 1 der Aufbau der Arbeit näher erläutert. Darin sind die wesentlichen Inhalte der einzelnen Kapitel kurz beschrieben.



Abbildung 1: Aufbau der Arbeit mit Kurzbeschreibung der Kapitelinhalte

2 Einführung in das Wissensmanagement

*„Der Begriff Wissensmanagement meint kein Software-Paket.
Wissensmanagement beginnt noch nicht einmal mit der Technologie.
Es beginnt mit Unternehmenszielen und Arbeitsabläufen und der Erkenntnis über
die Notwendigkeit, Informationen auszutauschen.“*

(Bill Gates, [Gat-99], S. 257)

Nachfolgend sind zunächst die Grundbegriffe, Zusammenhänge, Ziele und Ansätze rund um den Themenkomplex „Wissensmanagement“ zu charakterisieren. Dabei erfolgt die Beschreibung der Problemfelder und der Anforderungen an die Einführung von Wissensmanagement auf Basis des Standes von Forschung und Technik. Der Bezug zur Digitalen Fabrik findet im Anschluss in Kapitel 3 statt.

2.1 Grundbegriffe und Zusammenhänge

2.1.1 Abgrenzung von Zeichen, Daten, Informationen und Wissen

Daten sind nach DIN 44300 Zeichen, welche vorrangig zum Zweck einer Verarbeitung dargestellt werden. Zeichen beschreiben in diesem Zusammenhang numerische Werte zur Beschreibung physikalischer, theoretischer oder ideeller Größen. Daten können sowohl aus einzelnen Zeichen als auch aus einer Folge von Zeichen, verknüpft durch eine bestimmte Syntaxregel, bestehen [DIN-88]². Nach Lehner sind Daten an ein physikalisches Trägermedium gebunden und beinhalten noch keinen Verwendungszweck [Leh-00].

Gegenüber einem einheitlich verstandenen Datenbegriff variiert bereits die Verwendung des Informationsbegriffs. Überwiegend vertreten ist in der Literatur die semantische Ebene. Rehäuser und Krcmar verstehen Informationen demnach als zielgerichtete, mit einer Bedeutung versehene Daten [ReK-96]. Nach Nonaka und Takeuchi entstehen Informationen aus der Einordnung von Daten in einen Kontext [NoT-95].

Wissen lässt sich entweder als Objekt oder als Prozess betrachten [Bla-95; DaP-98].

² Die Norm wurde durch ISO/IEC 2382-1:1993 abgelöst, welche nicht in deutscher Sprache erhältlich ist.

2.1 Grundbegriffe und Zusammenhänge

Definitionen, die Wissen als Objekt auffassen, orientieren sich vorwiegend am Daten- und Informationsbegriff. Rehäuser und Krcmar bezeichnen Wissen diesbezüglich als „*Informationen, die zweckorientiert vernetzt sind*“ [ReK-96], S. 5. Probst, Raub und Romhardt definieren: „*Wissen bezeichnet die Gesamtheit der Kenntnisse und Fähigkeiten, die Individuen zur Lösung von Problemen einsetzen. Dies umfasst sowohl theoretische Erkenntnisse als auch praktische Alltagsregeln und Handlungsanweisungen. Wissen stützt sich auf Daten und Informationen, ist im Gegensatz zu diesen jedoch immer an Personen gebunden. Es wird von Individuen konstruiert und repräsentiert deren Erwartungen über Ursache und Wirkungs-Zusammenhänge.*“ [PRR-99], S. 35.

Abbildung 2 grenzt Daten, Informationen und Wissen als Objekt aus Sichtweise von Rehäuser und Krcmar ab, ohne dabei auf die Personengebundenheit von Wissen einzugehen.³

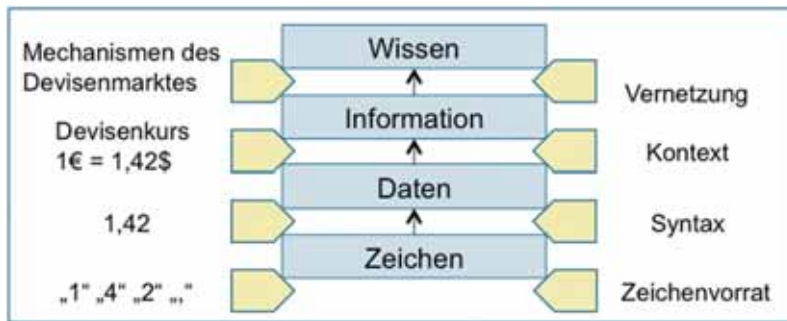


Abbildung 2: Abgrenzung von Daten, Information und Wissen in Anlehnung an [ReK-96], S. 6

Polanyi beschreibt Wissen nicht als Objekt sondern als „... *an activity best described as a process of knowing*“ [Pol-66], S. 6. Diese prozessorientierte Sichtweise wird von Nonaka und Takeuchi aufgegriffen, die Wissen „*als dynamischen Prozess der Erklärung persönlicher Vorstellungen über die Wahrheit*“ ansehen [NoT-95], S. 58. Lehner sieht diesbezüglich die Dynamik von Wissen in dessen Kontextabhängigkeit begründet [Leh-00].

Tuomi argumentiert, dass Wissen existiert, bevor Informationen formuliert und Daten erhoben werden können. Durch Artikulation, Verbalisierung und Strukturierung wird Wis-

³ Basierend auf ihrer Definition von Wissen nehmen Probst et al. im Gegensatz zu Rehäuser und Krcmar keine strikte Trennung zwischen Daten, Informationen und Wissen vor. Vielmehr sehen sie ein Kontinuum zwischen Daten und Wissen (vgl. Abbildung [PRR-99], S. 38).

sen zu Information. Informationen wiederum werden durch geeignete Repräsentation und Interpretation zu Daten [Tuo-99]. Tuomi betrachtet die von Rehäuser und Krcmar [ReK-96] und Probst et al. [PRR-99] aufgestellte Hierarchie aus Sicht des Lehrens und nicht des Lernens. Da beide Sichtweisen gleichermaßen von Bedeutung für das Wissensmanagement sind, werden diese nachfolgend gemeinsam berücksichtigt.

Wissen wird demnach als ein mit den genannten Eigenschaften versehenes Objekt, basierend auf interpretierten und vernetzten Daten sowie Informationen, betrachtet. Wissen ist aber zugleich der dynamische Prozess, welcher diese Vernetzungen durchführt. In diesem Rahmen muss Wissen nicht nur im Zusammenhang mit Personen sondern außerdem mit Bezug auf Situation und Zeit – einem Kontextbezug – gesehen werden.

2.1.2 Klassifikation von Wissen

In der Literatur wird Wissen im Wesentlichen gemäß seines Zustandes eingeteilt. Weiterhin kann zwischen der Objektebene und der Metaebene von Wissen unterschieden werden.

2.1.2.1 Wissensdichotomien

Nonaka und Takeuchi greifen die Ausführungen von Polanyi [Pol-58] auf und unterscheiden explizites sowie implizites Wissen [NoT-95]. Explizites Wissen (auch: kodifizierbares Wissen, Faktenwissen) kann formalisiert ausgetauscht sowie in dokumentierter Form gespeichert werden. Implizites Wissen (auch: stillschweigendes Wissen (tacit knowledge), Erfahrungswissen) dagegen entzieht sich dem formalen sprachlichen Ausdruck, da es auf persönlichen Erfahrungen aufbaut und kaum fassbare Faktoren (Überzeugungen, Perspektiven, Intuition) enthält. Folglich ist implizites Wissen schwer formalisierbar bzw. übertragbar [NoT-95].

Des Weiteren kann Wissen nach dem Träger des Wissens differenziert werden. Individuelles (persönliches) Wissen ist immer an eine Person gebunden, die über den Einsatz und die Weitergabe bestimmt. Dagegen ist kollektives Wissen mehreren Personen, Gruppen oder auch einem Unternehmen als Ganzes zugänglich. Es kann wie das individuelle Wissen in impliziter oder expliziter Form vorliegen, wird jedoch nur in explizitem Zustand als organisationales Wissen bezeichnet [NoT-95].

Die Unterteilung in internes und externes Wissen nutzt die Unternehmensgrenze als Klassifizierungskriterium. Externes Wissen existiert außerhalb dieser Grenze [BWP-98].

2.1 Grundbegriffe und Zusammenhänge

2.1.2.2 Wissenstransformation

Anlehnend an die Unterscheidung von implizitem und explizitem Wissen existieren vier Mechanismen der Wissensveränderung [NoT-95]:

- Sozialisation ist der direkte Wissensaustausch zwischen Personen. Es entsteht kein kodifiziertes Wissen in Form von Dokumenten, das der Organisation zur Verfügung steht. Vielmehr entsteht stillschweigendes Wissen wie Erfahrung und Intuition während des Dialogs oder durch Nachahmung („Learning-by-doing“).
- Externalisierung ist die Überführung von stillschweigendem, explizierbaren Wissen in explizite Dokumente. Durch diesen Prozess der Kodifizierung wird neues Wissen für die Organisation geschaffen. Unter Nutzung von Metaphern, Analogien, Modellen oder Hypothesen wird stillschweigendes, explizierbares Wissen so ausgedrückt (auch: formalisiert, kodifiziert), dass es durch Dritte verstanden wird.
- Durch die Kombination von bereits kodifiziertem Wissen wird neues explizites Wissen erzeugt, z.B. neue Ideen oder Methoden. Dies erfolgt durch Kategorisierung, Aggregation, Sortierung, Selektion und Addition. Das kollektive Gesamtwissen wird nicht vermehrt, jedoch durch die Kombination miteinander vernetzt.
- Internalisierung ist der bewusste und unbewusste Prozess zur Aufnahme, Ergänzung und Neuordnung von explizitem Wissen in personengebundenes implizites Wissen. Die damit erlangten Fertigkeiten und Erfahrungen werden mittels Externalisierung oder Kombination zusammengetragen.

Abbildung 3 stellt den Zusammenhang der Wissensdichotomien und deren Transformation innerhalb einer Organisation im SECI-Modell nach Nonaka und Takeuchi [NoT-95] dar.

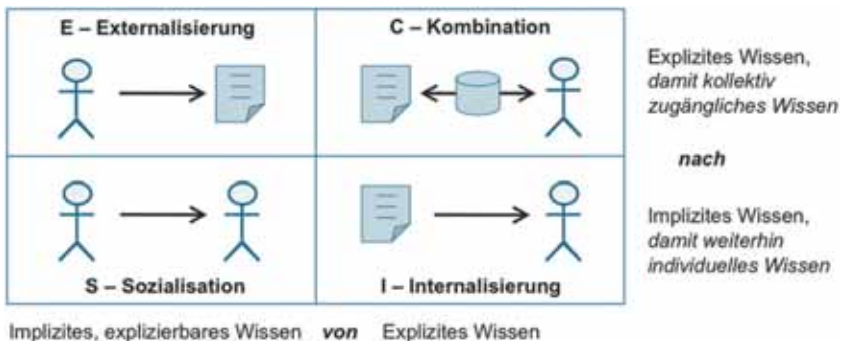


Abbildung 3: Das SECI-Modell nach Nonaka/Takeuchi in Anlehnung an [Non-94], S. 19

2.1.2.3 Wissen über Objekte

Das Wissen über Objekte kann in verschiedene Wissenskategorien unterteilt werden:

- Das Know-what umfasst das Faktenwissen über Kundenbedürfnisse und Technologietrends und Möglichkeiten zur Erreichung angestrebter Ziele, d.h. Wissen über konkrete Sachverhalte aus einem Problembereich [KrH-97].
- Das Know-how baut auf dem Know-what auf und beinhaltet das Handlungswissen um Prozesse, Methoden und Hilfsmittel. Es bestimmt das „Wie“ und „Womit“ der Problemlösung und damit die Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge [KrH-97].
- Das Know-why umfasst das Grundwissen und zielt damit auf die Ursachen des Know-what. Dessen Kern ist die Erkundung grundlegender Wirkungszusammenhänge und damit der richtige Umgang mit Handlungswissen [KrH-97].
- Das Know-who beschreibt das Wissen über Schlüsselpersonen sowie das strukturelle Wissen, welcher Akteur über welches Wissen verfügt [LuJ-94].
- Know-where und Know-when beschreiben den Ort von Wissen zur Erweiterung von Wissen sowie die Situation, wann welches Wissen benötigt wird [Gar-95].

Lundvall und Johnson ordnen das Know-who analog zum Know-how dem sozial eingebetteten Wissen zu, während das Know-what und Know-why in kodifizierter, d.h. bereits dokumentierter Form vorliegt [LuJ-94].

2.1.2.4 Wissen über Wissen

Metawissen kann als Wissen über ein bestimmtes Objektwissen und deren Wissensträger definiert werden [Hei-00]. Als Wissensträger können Personen aber auch Systeme, Produkte und Prozesse bezeichnet werden [PrR-97]. Mittels geeignetem Metawissen wird Wissen über den Prozessablauf (Aktivitäten), über die Aufbauorganisation (Organisation und Personen) oder Ressourcen (Systeme) referenziert. Dagegen ist Know-how nicht Bestandteil des Metawissens [Hei-00]. Folglich werden Fragen wie „Was wissen andere Projektbeteiligte bereits?“ oder „Welche Aktivität kommt als nächstes?“ adressiert.

2.1.2.5 Abgrenzung von Wissen und Kompetenz

North baut die hierarchische Abgrenzung von Daten, Informationen und Wissen von Rehäuser und Krcmar [ReK-96] zur Wissenstreppe aus (vgl. Abbildung 4, [Nor-02]). Dieser Ansatz beschreibt speziell die Abgrenzung der Begriffe „Wissen“ und „Kompetenz“.

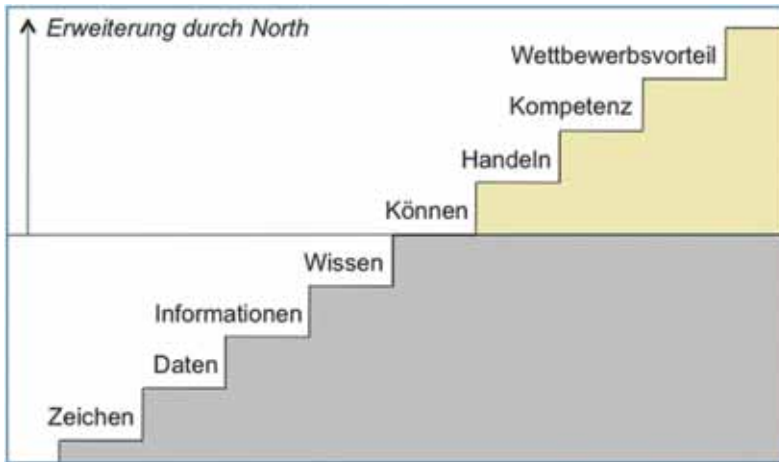


Abbildung 4: Wissenstreppe nach North [Nor-02], S. 39

Im Verlauf der Wissenstreppe wird das Wissen im Rahmen der Nutzung durch einen Anwendungsbezug (z.B. eine konkrete Problemstellung) zu Können. Können kombiniert mit einer bestimmten Absicht oder einem Ziel, ergibt Handeln, was erneut ergänzt um richtiges Handeln letztendlich Kompetenz ergibt. Das Ziel der unternehmerischen Tätigkeit ist das Erhalten und Ausbauen des Wettbewerbsvorteils. Den Mehrwert dessen gegenüber der Kompetenz versteht North als „Einzigartigkeit“ [Nor-02].

Erpenbeck und Rosenstiel erweitern den Begriff um den psychologischen Gesichtspunkt und beschreiben Kompetenz als integrierte Gesamtheit von Kenntnissen, Fähigkeiten und Fertigkeiten, bezogen auf bestimmte Anforderungen. Im Gegensatz dazu vermittelt eine Qualifikation, erworben durch Ausbildung und Weiterbildungsmaßnahmen, einer Person im Allgemeinen nur die Fähigkeit für eine bestimmte Tätigkeit auf einem bestimmten Niveau. Folglich sind Kompetenzen im Vergleich zu Qualifikationen nur indirekt erschließbar und evaluierbar [ErR-03].

Kompetenzen lassen sich nach North in fachliche, methodische und soziale Kompetenzen untergliedern [Nor-02]. Baacke fasst Fach- und Methodenkenntnisse in allgemeiner PC-Arbeit sowie Umgang mit Fernseh-, Video- und Multimedia-Anwendungen gesondert als Medienkompetenzen zusammen [Baa-97]. Erste Fachkompetenzen lassen sich über einen allgemeinen Schulabschluss, d.h. eine Qualifikation, erreichen. Dagegen beinhalten methodische Kompetenzen von den fachlichen Kompetenzen weitestgehend unabhängige

Fähigkeiten für Know-how-Transfer und kompetentes Handeln. Soziale Kompetenzen sind eng mit Persönlichkeit und Erfahrung verbunden und können nicht systematisch erlangt werden [Nor-02]. Tabelle 1 nennt Kompetenzen beispielhaft in der Übersicht.

Fachliche Kompetenzen	Methodische Kompetenzen	Soziale Kompetenzen
Schreib- und Lesekompetenz	Abstraktionsfähigkeit	Kommunikationsfähigkeit
Sprachkenntnisse	Entscheidungsfähigkeit	Kooperationsfähigkeit
Allg. technisches Verständnis	Problemlösungsfähigkeit	Kritik- und Konfliktfähigkeit
Allgemeine IKT-Kenntnisse	Ergebnisorientierung	Teamfähigkeit
Interdisziplinäres Wissen	Projektmanagement	Eigeninitiative, Motivation
	Prozessverständnis	Veränderungsbereitschaft
	Führungsqualität, d.h. Förderung von Mitarbeitern	Offenheit und Toleranz
	Austausch und Bewerten von Informationen / Wissen	Wertschätzung und Respekt

Tabelle 1: Beispiele fachlicher, methodischer und sozialer Kompetenzen (eigene Darstellung)

2.1.3 Lerntheorien

Lerntheorien sind Verfahren zum Erlernen, Erhalt oder Ausbau von Kenntnissen, Fähigkeiten und Kompetenzen. Damit adressieren sie die nachhaltige Entwicklung von Kompetenzen. Die Lerntheorien verdeutlichen den untrennbaren Bezug von Lernen und Wissen und bauen dabei auf den Erkenntnissen der Lernpsychologie bzw. der Pädagogischen Psychologie auf (vgl. [Lef-06], [NoP-99], [Sch-01]).

2.1.3.1 Behaviorismus und Instrukionalismus

Das Führungsmodell des Behaviorismus sowie dessen Weiterentwicklung, der Instrukionalismus, vermittelt den lernenden Personen Wissen, welches diese passiv aufnehmen sollen. Hier wird von Reiz-Reaktionsmodellen gesprochen, da auf einen bestimmten Reiz eine Reaktion antrainiert wird. Der Lehrer ist autoritär, während die Lernenden das Fachwissen reflektieren und wiedergeben müssen. Dieses Wissen wird durch Übungen vertieft. Der Lernprozess ist sehr einfach, da der Lernende wenig Eigenverantwortung hierfür haben muss, da dieser vorgegeben ist. Folglich wird kaum auf Vorwissen, Erfahrungen oder

2.1 Grundbegriffe und Zusammenhänge

Stärken einer Person eingegangen. Indessen ist der Lernerfolg gut kontrollierbar, da den Lernenden die Lernziele vordefiniert werden [Ski-82].

2.1.3.2 Kognitivismus

Die kognitive Psychologie nimmt an, dass Handlungen zielgerichtet sind und durch aktive Verarbeitungsprozesse des Lernenden gesteuert werden. Sie beschäftigt sich daher mit der Frage, wie Personen ihre Erfahrungen strukturieren, ihnen Sinn beimessen und wie sie ihre aktuellen Erfahrungen zu vergangenen Erfahrungen in Beziehung setzen. Hierzu müssen die Lernenden spezifische Probleme unabhängig lösen. Mögliche Formen des Kognitivismus sind das Lernen am Modell, Imitationslernen und Identifikationslernen. Dabei liegt der Anreiz beim Erfolg der beobachteten Handlung (Lernen am Modell), in der beobachteten Handlung (Imitationslernen) oder in der beobachteten Person (Identifikationslernen) [Sch-01].

2.1.3.3 Konstruktivismus

Im (sozialen) Konstruktivismus besitzt die individuelle Erfahrung der Lernenden Priorität. In lernpsychologischer Hinsicht setzt der Ansatz voraus, dass menschliches Erleben und Lernen Konstruktionsprozessen unterworfen sind, die durch sinnesphysiologische, neuronale, kognitive und soziale Prozesse beeinflusst werden. Die Lernenden müssen mit komplexen Situationen zurecht kommen und werden zeitgleich mit der Lösung aktueller Probleme konfrontiert. Der Lehrer soll sich im Hintergrund halten, Lernangebote schaffen, Wissensquellen bereitstellen und den Lernprozess beobachten. Die durch den Konstruktivismus gelebte „soziale Praxis“ wird folglich als kontinuierlicher, dynamischer Lernprozess verstanden. Was jemand unter bestimmten Bedingungen lernt, hängt letztlich stark, jedoch nicht ausschließlich von der lernenden Person selbst und den individuellen Erfahrungen ab [Pal-98].

2.2 Einordnung des Wissensmanagements

In der Literatur gibt es unzählige Definitionen von Wissensmanagement. Diese variieren in ihrem Ursprung und ihrer Ausrichtung. Übereinstimmungen finden sich in der Handhabung von Wissen durch Individuen und Organisationen sowie im multidisziplinären Ansatz des Themas. Klabunde nennt diesbezüglich die Disziplinen der Informationstechnik, Betriebswirtschaft, Informationswissenschaft, Arbeitswissenschaft sowie der künstlichen

Intelligenz [Kla-03]. Nach Brücher sind die Unterschiede in der organisatorischen oder strategischen Betrachtung des Themas sowie in der Gewichtung des Menschen im Kontext von Organisation, Prozess und Technologie zu sehen [Bru-04].

Für diese Arbeit wird folgende Definition von Wissensmanagement verwendet:

Wissensmanagement ist ein ganzheitliches, um den Menschen konzentriertes Konzept, welches organisatorisch-kulturelle, prozessorientierte und informationstechnische Faktoren beinhaltet. Ziel des Ansatzes ist vor allem die effektive und effiziente Erschließung, Verteilung, Nutzung und Bewahrung von Wissen.

Die einzelnen Aspekte der zuvor genannten Arbeitsdefinition von Wissensmanagement werden in den folgenden Abschnitten näher erläutert.

2.2.1 Grundlagen des organisationalen Lernens

Foppa versteht Lernen im klassischen Sinne als einen Anpassungsprozess der Organisation an seine Umwelt [Fop-72].

Die Lernende Organisation⁴ bzw. das zugrunde liegende organisationale Lernen ist elementarer Bestandteil des Wissensmanagements. Zahlreiche Autoren sehen die lernende Organisation als Rahmen für eine aktive Umsetzung bzw. als Zielrichtung des Wissensmanagements (vgl. u. a. [Sen-94], [Paw-92], [Wil-01]).

Neben formalen Lernansätzen (vgl. Kapitel 2.1.3) wird Wissen vielfach durch „informelles Lernen“ erlangt. Dahinter verbirgt sich ein von Lernzielen, Lernumfeld und Zeiträumen unabhängiger Prozess des Wissensaufbaus, der sich unmittelbar aus gegebenen Zusammenhängen und außerhalb von formalen Bildungsmaßnahmen entwickelt [Doh-01].⁵

Einer der Hauptbegründer des Konzepts der Lernenden Organisation ist Peter Senge. Er betont in seinem Buch „Die Fünfte Disziplin“ vor allem die „weichen Faktoren“ für die Anpassungsflexibilität von Organisationen. Sein Konzept enthält fünf grundlegende Disziplinen: Das „Personal Mastery“ (weitgehende Selbstführung im Gesamtinteresse der

⁴ Der Begriff der lernenden Organisation kann als eine Metapher auf der Ebene der Organisation in ihrer Gesamtheit gesehen werden, während sich das organisationale Lernen (auch: organisatorische Lernen) als Prozess bzw. Aktivität versteht. Häufig werden jedoch beide Begriffe synonym verwendet [Hen-97], S. 16.

⁵ Zum Thema „Informelles Lernen“ gibt es unzählige Definitionen und Erörterungen (vgl. [Gar-98]).

Organisation), die „Mental Models“ (kritisches Hinterfragen von Denk- und Verhaltensmustern), die „Shared Vision“ (gemeinsam getragene mittel- und langfristige Vision), das „Team Learning“ (kooperativer Austausch von individuell und gemeinsam gesammelten Erfahrungen zur Weiterentwicklung der Handlungskompetenz der Organisation) und schließlich das „System Thinking“ (Denken in Systemen, ganzheitliche Problemanalyse). Besonders das Denken in Systemen ist nach Senge der Erfolgsfaktor für eine ganzheitliche Berücksichtigung aller fünf Faktoren bei der Organisationsgestaltung [Sen-94].

Pawlowsky beschreibt organisationales Lernen als *„einen Prozess der Veränderung oder Erweiterung der Wissensbasis von Organisationen, der im Wechselspiel zwischen Individuen und der Organisation abläuft, in Interaktion mit der Umwelt stattfindet und einer erhöhten Problemlösungsfähigkeit dient“* [Paw-92], S. 204. Unter der Wissensbasis wird die Gesamtheit des individuellen und kollektiven, expliziten wie impliziten Wissens einer Organisation verstanden [Kim-93].

Nach Argyris und Schön erlangt eine Organisation die größte Lernfähigkeit, wenn sie darüber hinaus ihre Lernumgebungen analysieren und diese bewusst gestalten [ArS-78]. Dabei ist die Lernfähigkeit von Organisationen durch das zur Verfügung stehende Wissen bestimmt, wobei Wissen wiederum Ergebnis von Lernprozessen ist [Paw-92].

Nach Senge sind Lernbereitschaft und Lernfähigkeit der beteiligten Individuen notwendige Bedingungen für das Lernen in einer Organisation. Zudem nennt er den Bedarf kultureller und organisatorischer Veränderungen [Sen-94].

Alle Aussagen betonen den primär strategischen Ansatz der Lernenden Organisation, in der es für alle Mitarbeiter selbstverständlich ist, sich gemeinsam kontinuierlich weiterzubilden. Für die Realisierung der Lernenden Organisation müssen sich die Organisationen ständig den neuen Herausforderungen anpassen.

2.2.2 Ziele des Wissensmanagements

Nonaka und Takeuchi sehen das Wissensmanagement im Allgemeinen als Ansatz für die Schaffung und Verbreitung von Wissen. Dabei soll individuelles Wissen der Organisation zugänglich gemacht werden [NoT-95].

Rehäuser und Krcmar verstehen Wissensmanagement als Ansatz zur Schaffung der infrastrukturellen und organisatorischen Voraussetzungen zur Nutzung, Veränderung und

Weiterentwicklung der organisatorischen Wissensbasis [ReK-96]. Die beiden Autoren sehen Wissensmanagement analog zur ihrer Definition des Wissensbegriffs (vgl. Kapitel 2.1.1) als Erweiterung und Anpassung dieser Konzepte.

Nach Probst et al. bildet Wissensmanagement ein integriertes Konzept, das sich mit der gezielten Gestaltung und Lenkung der organisatorischen Wissensbasis befasst und dadurch Wissen zielgerichtet nutzt und entwickelt. Alle Beteiligten können auf das für sie relevante Wissen zugreifen, um ihre vorab definierten Ziele effektiv und effizient zu erreichen [PRR-99].

Albrecht sieht es als Ziel eines ganzheitlichen Wissensmanagements an, *„das im Unternehmen vorhandene Potential an Wissen derart aufeinander abzustimmen, dass ein integriertes unternehmensweites Wissenssystem entsteht, welches eine effiziente gesamtunternehmerische Wissensverarbeitung im Sinne der Unternehmensziele gewährleistet. Dazu bedarf es vor allem der Gestaltung des gesamten Wissens des Unternehmens unter gleichberechtigtem Einsatz natürlicher sowie künstlicher Ressourcen zur Wissensverwaltung und -verarbeitung.“* [Alb-93], S. 97

Der von Albrecht empfohlene Aufbau eines integrierten Wissenssystems lässt sich mit den Ansätzen von Nonaka/Takeuchi und Konzept von Probst et al. gemeinsam interpretieren. Demnach muss es operatives Ziel von Wissensmanagement sein, das benötigte Wissen zur richtigen Zeit an den richtigen Ort zu liefern, damit Mitarbeiter im Rahmen ihrer Aufgabenstellung oder Problemlösung schnell und effektiv handeln und entscheiden können. Strategische Aufgabe von Unternehmen ist es indessen, Wissensträger im Sinne der lernenden Organisation zu Wissensgemeinschaften zu vernetzen, also die erforderliche Organisations- bzw. Infrastruktur für ein Wissensmanagement zu schaffen.

2.2.3 Abgrenzung zu existierenden Managementbegriffen

Der Vergleich des Wissensmanagements mit den Inhalten eines Informationsmanagements und eines Kompetenz- und Skill-Managements hilft, den ganzheitlichen sowie strategischen und operativen Anspruch von Wissensmanagement zu verstehen.

2.2.3.1 Informationsmanagement

Informationsmanagement umfasst das Planen, Gestalten, Überwachen und Verteilen von Informationen sowie die Kommunikation im Unternehmen auf Grundlage geeigneter

Infrastrukturen [Zar-04]. Darüber hinaus beschäftigt sich Wissensmanagement mit der Entwicklung und Nutzung neuen Wissens. Wichtiges Ziel ist die Bildung der organisatorischen Wissensbasis, die sämtliche Daten und Informationen, alles Wissen und alle Fähigkeiten, die zur Bewältigung der vielfältigen im Unternehmen anfallenden Aufgabenstellungen benötigt werden [Ame-02].

Hansen, Nohria und Tierney unterscheiden mit der Personalisierung sowie der Kodifizierung von Wissen zwei grundsätzliche Strategien von Wissensmanagement. Während die Personalisierungsstrategie die Individuen eines Unternehmens als Wissensträger in den Vordergrund stellt, geht es bei der Kodifizierungsstrategie darum, jedem Mitarbeiter Zugriff auf das organisationale Wissen zu ermöglichen [HNT-99]. Nach Nohr wird bei der Kodifizierungsstrategie Wissen mit Information gleichgesetzt. Damit verschiebt sich das Management von Wissen in Richtung Informationsmanagement [Noh-01].

2.2.3.2 Kompetenz- und Skill-Management

Nach Nedeß et al. beinhaltet strategisches Kompetenzmanagement die Ermittlung und Beurteilung von Kompetenzen, das Erkennen von Kompetenzlücken sowie das Kompetenzcontrolling [NFK-07].

Dem gegenüber ist der Fokus von Skill-Management das Wissen und die Fähigkeiten der Mitarbeiter. Skill (deutsch: Fertigkeit, Fähigkeit) wird in einigen Definitionen neben Wissen als Teil der Kompetenz genannt (vgl. Kapitel 2.1.2.5). Skill-Management beschäftigt sich mit einem systematischen Umgang mit Mitarbeiterkompetenzen bei der Personalauswahl, bei der Personalentwicklung und beim Personaleinsatz und ist damit eine Kernaufgabe des Personalbereichs [FBW-91].

Ein Vergleich der Definitionen von Kompetenz- bzw. Skill-Management mit den Zielen des Wissensmanagements zeigt eine große Überschneidung der Bereiche hinsichtlich der Betrachtung des strategischen Aufbaus von Wissen, Fähigkeiten und Kompetenzen.

2.2.4 Einflüsse auf die Weitergabe von Wissen

Wissen ist in der Vollständigkeit seiner Definition – anders als Information – immer an eine bestimmte Person gebunden. Sichtbar wird dieses Wissen nur durch die Art und Weise, wie eine Person handelt und entscheidet. Eine Externalisierung von Wissen,

insbesondere von personengebundenem Erfahrungswissen, ist folglich eine Herausforderung. Hierdurch kommt es zu Beeinträchtigungen im Umgang mit Wissen.

Eine durchgeführte Untersuchung des Fraunhofer Institutes bei 250 deutschen Unternehmen legt die für Menschen in Unternehmen am meisten genannten Barrieren bei der Weitergabe von Wissen offen [BWP-98a].

Wesentliche Barrieren lassen sich der Organisation zuordnen. Dazu gehört die Unkenntnis über den Wissensbedarf in der Unternehmensführung, vorhandene hierarchische Strukturen und die Konkurrenz zwischen Abteilungen (mit der Folge fehlender Transparenz) sowie fehlende Anreizsysteme. Auch zeitliche Gründe, die neben der eigentlichen Aufgabe keine zusätzliche Tätigkeit erlauben, lassen sich der Organisation zuordnen, da auch sie eine Unternehmenskultur vermuten, welche einen Wissensfluss im Unternehmen unterbindet [BWP-98a].

Nach Bullinger et al. gehören Anreize zu den zentralen Fragestellungen im Wissensmanagement. Anreizsysteme sollen Menschen motivieren, sich aktiv am Wissensaustausch zu beteiligen und insbesondere ihr persönliches Wissen an andere Personen oder geeignete IKT-Systeme weiterzugeben [BWP-98a].

2.3 Konzepte des Wissensmanagements

Nachfolgend werden verschiedene Ansätze des Wissensmanagements vorgestellt und im Zusammenhang mit Geschäfts- sowie Wissensprozessen diskutiert.

2.3.1 Wissensmanagement nach Nonaka/Takeuchi

Nonaka und Takeuchi erklären in ihrem organisationstheoretischen Ansatz die Schaffung und Verbreitung von Wissen. Basierend auf den vier Hauptprozessen der Wissensumwandlung (vgl. Kapitel 2.1.2.2) gehen sie von einem kontinuierlichen, sich zyklisch wiederholenden Prozess („Spirale des Wissens“) aus, in deren Mittelpunkt der Mensch als Individuum steht (vgl. Abbildung in [NoT-95], S. 73). Weil nach Nonaka und Takeuchi nur der Mensch in der Lage ist, neues Wissen zu entwickeln, stehen die Prozesse des organisationalen Lernens im Mittelpunkt ihrer Betrachtungen [NoT-95].

2.3.2 Wissensmanagement nach Probst et al.

Das von Probst, Raub und Romhardt entwickelte Konzept ist ein pragmatischer Wissensmanagement-Ansatz, der durch die Zusammenarbeit mit europäischen Unternehmen innerhalb der „Geneva Knowledge Group“ entstanden ist [PrR-97]. Er ermöglicht eine Systematisierung der Wissensmanagementprozesse und -aufgaben durch Strukturierung in logische Phasen. Auf der operativen Ebene sind dies Wissensidentifikation, Wissenserwerb, Wissensentwicklung, Wissensverteilung, Wissensnutzung und Wissensbewahrung als vernetzte Kernprozesse („Bausteine“). Nach Probst et al. wirken die operativen Bausteine im Allgemeinen sequentiell aufeinander ein. Da sie sich aber auch gegenseitig beeinflussen, dürfen die operativen Bausteine nie getrennt betrachtet werden. Die strategische Ebene umfasst die beiden Elemente Wissensziele und Wissensbewertung [PrR-97].

Die Ebenen mit ihren Bausteinen und Abhängigkeiten werden in Abbildung 5 dargestellt.

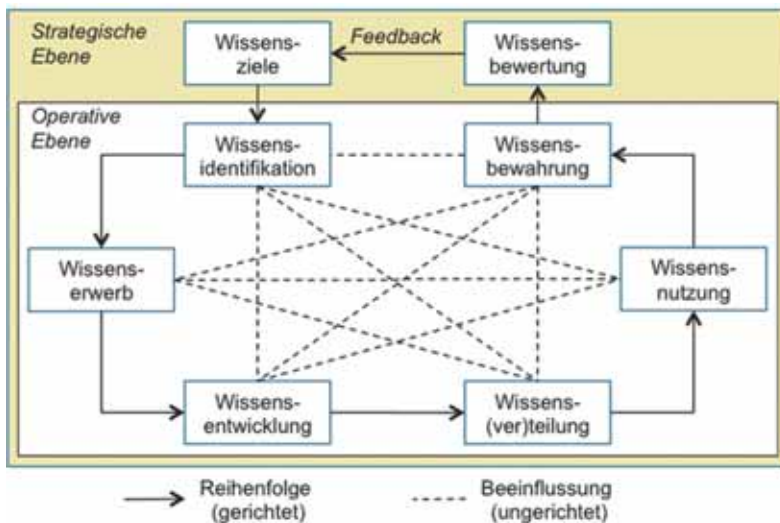


Abbildung 5: Bausteine des Wissensmanagements nach Probst et al. [PrR-97], S. 56

Wissensziele verdeutlichen die Wichtigkeit einer strategischen Ausrichtung des Wissensmanagements. Sie geben den Aktivitäten eine Richtung [PrR-97].

Die **Wissensbewertung** befasst sich mit der Beurteilung der Umsetzung sämtlicher Wissensziele in der operativen Ebene. Das Ergebnis dieses Controllings leitet ein Feedback in das strategische Management zurück [PrR-97].

Wissensidentifikation befasst sich mit der Herstellung der Transparenz über vorhandenes implizites und explizites Wissen in der Organisation [PrR-97].

Wissenserwerb bezieht sich auf den Import von Wissen aus unternehmensexternen Quellen. Dazu gehört sowohl das wirtschaftliche Umfeld (Kunden, Lieferanten, Partner) als auch die Rekrutierung von Experten oder Akquisition [PrR-97].

Wissensentwicklung ist ein komplementärer Baustein zum Wissenserwerb und beschäftigt sich mit dem Aufbau von Wissen auf individueller und kollektiver Ebene innerhalb der Organisation [PrR-97]. Dieser Baustein ist ein wichtiger Schritt zur Wissensreife, bei der das existierende Wissen mit neu erlerntem Wissen kontinuierlich ergänzt wird.⁶

Wissens-(ver-)teilung ist die Voraussetzung für Wissensnutzung und beschäftigt sich mit der Frage, welchen Mitarbeitern welches Wissen zur Verfügung gestellt wird. „Teilen“ drückt die Wissensbereitstellung an die Organisation aus, während das „Verteilen“ anschließend den Bedarf der Mitarbeiter an dem zuvor geteilten Wissen deckt [PrR-97].

Wissensnutzung stellt den logischen Anschluss an die Wissensverteilung dar, denn die Nutzung von Wissen ist der Prozess, der sich auf die Wertschöpfung in der Organisation auswirkt: *„Die Nutzung, also der produktive Einsatz organisationalen Wissens zum Nutzen des Unternehmens, ist Ziel und Zweck des Wissensmanagement.“* [PrR-97], S. 138.

Wissensbewahrung beschäftigt sich mit dem Schutz vor Wissensverlust im Unternehmen und beruht auf der effizienten Nutzung verschiedener organisationaler Speichermedien für Wissen. Dieser Prozess lässt sich nach Probst et al. in die Selektion geeigneten Wissens, Speicherung und Aktualisierung des Wissens unterteilen. Die Wissensselektion orientiert sich an dem Baustein der Definition von Wissenszielen. Die Wissensbasis muss nicht nur dauerhaft gespeichert, sondern auch ständig aktualisiert werden [PrR-97].

2.3.3 Geschäftsprozessorientiertes Wissensmanagement

Mit der Fragestellung einer verstärkten Prozessorientierung beschäftigen sich bereits Konzepte wie das Business Re-Engineering, die Geschäftsprozessoptimierung oder das Lean Management. Grundlage dieser Konzepte sind unter anderem die Arbeiten von Gaitanides [Gai-83], Nippa/Picot [NiP-95] und Hammer/Champy [HaC-94].

⁶ Heisig fasst Wissenserwerb und Wissensentwicklung in Wissensserzeugung zusammen [Hei-00].

2.3 Konzepte des Wissensmanagements

Karagiannis und Telesko definieren Wissen als relevant, wenn es in Geschäftsprozessen benötigt wird. Die Betrachtung von Prozessen aus Wissenssicht ist sinnvoll, wenn Wissen einen Beitrag zur Wertschöpfung leistet [KaT-00].

Heisig nimmt in seiner Methode des geschäftsprozessorientierten Wissensmanagements an, dass der einzelne Geschäftsprozess den Kontext des Wissensmanagements darstellt. Ergebnis ist die Darstellung von wissensintensiven Geschäftsprozessen mit notwendigen Aufgaben, genutzten Ressourcen und zu erstellenden Leistungen [Hei-00].

Verschiedene Autoren und Ansätze betonen, dass der Wissensfluss in vielen Fällen zwischen und quer zu den regulären Geschäftsprozessen verläuft (vgl. u.a. [DHM-00], [Goe-02], [HKT-02], [Str-05]).⁷

Als Wissensprozess wird „jeder aufgabenrelevante Fluss von Wissen zwischen den an der Aufgabe beteiligten Personen verstanden.“ [KMD-09], S. 15 Demzufolge leisten Wissensprozesse den Transfer und die Entwicklung von Wissen über spezifische Aufgaben und Geschäftsprozesse hinweg.

Abbildung 6 stellt die Verknüpfung von Geschäfts- und Wissensprozessen dar. Dabei versorgen die Wissensprozesse die Geschäftsprozesse mit Wissen aus der organisationalen Wissensbasis und überführen das im Geschäftsprozess entstehende Wissen in die Wissensbasis.

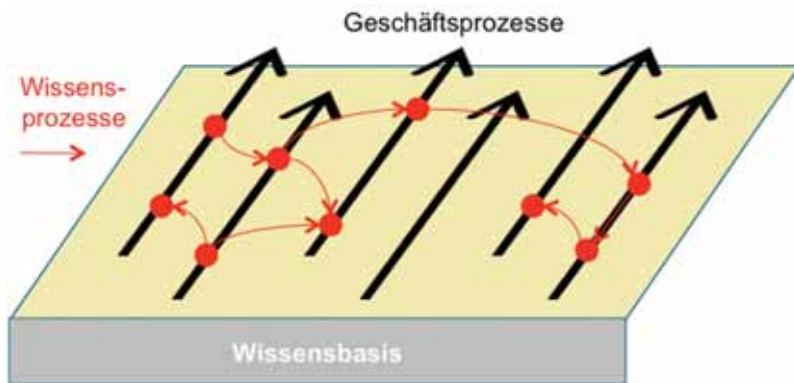


Abbildung 6: Verknüpfung von Geschäfts- und Wissensprozessen nach [DHM-00], S. 1

⁷ Vgl. den „Ad-hoc-Prozess“, welcher spontan initiierte Aktivitäten beschreibt und somit komplementär zu den definierten Abläufen eines Geschäftsprozesses ist [WiW-09].

ARIS (ARchitektur integrierter Informations-Systeme) bietet ein Rahmenkonzept für die Modellierung von Geschäftsprozessen, welches eine detaillierte Ablaufbeschreibung unter zeitlich-logischen und fachlichen Aspekten ermöglicht.⁸ Das Konzept erlaubt diesbezüglich eine integrierte Sicht von Daten, Steuerung, Organisation, Funktion und Leistung auf die Prozesse eines Unternehmens. Scheer ordnet Wissensmanagement dabei dem Bereich der Prozessgestaltung, also der Modellierung von Geschäftsprozessen, zu [Sch-01a].

Abbildung 7 stellt einen mit ARIS modellierten Geschäftsprozess aus Wissensmanagementsicht dar. Als Leistung wird implizites und dokumentiertes Wissen aufgeführt.⁹

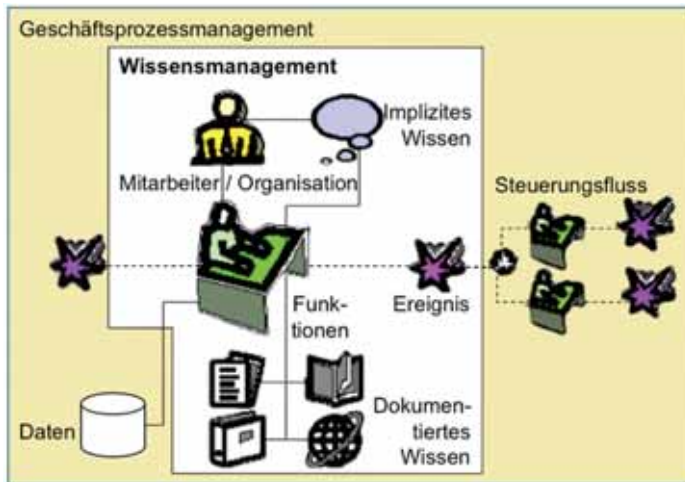


Abbildung 7: Der Geschäftsprozess aus Wissensmanagementsicht nach [Pet-98], S. 337

Die Betrachtung des Wissensmanagements aus Geschäftsprozessssicht bietet und erfordert zugleich die Möglichkeit der Identifizierung bzw. Integration von beteiligten Personen und Organisationen („Wissensträger“). Da deren Initiative und Motivation einen wesentlichen Einfluss auf den Erfolg des Wissensmanagements haben, dürfen Anreizsysteme nicht unberücksichtigt bleiben (vgl. Kapitel 2.2.4).

⁸ Allweyer ergänzt das ARIS-Konzept um Elemente zur Modellierung von Wissensprozessen [All-99].

⁹ Jania argumentiert dagegen wesentlicher allgemeiner, dass das Informationsmanagement die Eingangsseite und das Wissensmanagement die Ausgangsseite eines Geschäftsprozessmanagements darstellt [Jan-05].

Die Identifizierung von Aktivitäten der Koordination und Kommunikation aller Wissensträger erlauben im weiteren Schritt die Abbildung der Schnittstellen zwischen den Geschäfts- und Wissensprozessen. Wie Abbildung 6 verdeutlicht, gibt es bei Wissensprozessen keine klar definierten Abläufe und Richtungen. Vielmehr wird Wissen überwiegend „ad-hoc“, also nach Bedarf bzw. aus eigenem Antrieb während einer Aufgabe verarbeitet. Dies gilt es im Rahmen der Zielsetzung dieser Dissertation zu berücksichtigen.

2.4 Methoden und Instrumente für das Wissensmanagement

Alle zuvor genannten Ansätze beinhalten keine hinreichenden bzw. konkreten Vorschläge zur Umsetzung. Im Folgenden werden diesbezüglich relevante organisatorische Maßnahmen und Methoden sowie informationstechnische Systeme und weiterführende Technologien beschrieben.

2.4.1 Organisatorische Maßnahmen und Methoden

Die Umsetzung organisatorischer Maßnahmen bzw. der Einsatz von Methoden greift die Strategie der Personalisierung von Wissensmanagement auf (vgl. Kapitel 2.2.3.1). Diesbezüglich steht die Förderung des Austausches von individuellem Wissen im Vordergrund.

Vor allem für die strategischen Phasen der Wissensziele und Wissensbewertung empfiehlt sich als organisatorische Maßnahme die „Installation“ eines Wissensmanagers (auch: Knowledge Steward, Chief Knowledge Officer). Dieser verantwortet in einem Unternehmen sämtliche Aktivitäten in Bezug auf das Wissensmanagement [Ken-02].

Kaplan und Norton haben mit der „Balanced Scorecard“ ein Planungs- und Steuerungsinstrument entwickelt, zu dem das „Lernen und Entwickeln“ der individuellen und organisatorischen Wissensbasis gehört [KaN-97]. Weiterhin lassen sich Wissensziele beispielsweise durch Kreativitäts- und Szenariotechniken erarbeiten (vgl. [BMS-02], [GFS-96]).

Im Zentrum organisatorischer Maßnahmen zur Wissensidentifikation bzw. Wissensrepräsentation stehen „Wissenslandkarten“ (auch: „Yellow Maps“). Diese sind Verzeichnisse von Wissensträgern, Wissensstrukturen, Wissensquellen oder Wissensanwendungen [PRR-99]. Weitere Maßnahmen zur Identifikation sind unter anderem informelle Netzwerke, Experteninterviews und das betriebliche Vorschlagswesen [Kla-03].

Unternehmen können Wissen durch Personalakquise, Beratung, Kooperationen sowie durch eine Patentrecherche oder durch ein Benchmarking und Reverse Engineering von Konkurrenzprodukten gewinnen [Wil-01].

Für die gemeinsame Identifizierung, Entwicklung, Verteilung und Nutzung von Wissen zwischen Individuen stellt die „Community of Practice“ (CoP) einen Ansatz dar, in denen gemeinsame Lernprozesse und die Wissensteilung im Vordergrund stehen [LaW-91].¹⁰

Der Leitfaden „Project Management Body of Knowledge“ (PMBOK®)¹¹ greift die Gedanken von Lave und Wenger auf. Auf Basis des Projektmanagement-Ansatzes wird die Erstellung eines Kommunikationsplans und von Lessons Learned gefordert, um sämtliche Kommunikation und Dokumentation zu systematisieren [PMI-04].

Beispiele für die herkömmliche Wissensentwicklung sind die Durchführung formaler Weiterbildungsmaßnahmen sowie das informelle Lernen im Kollektiv oder isoliert am individuellen Arbeitsplatz.

Beispiel für die Wissensverteilung ist im Wesentlichen das „Story-Telling“, dessen Grundlage eine erfolgreiche Wissensidentifikation und -entwicklung darstellt [ErT-04]. „Best Practice“ und „Lessons Learned“ beschreiben zwei systematische Methoden der Wissensförderung, die gleichzeitig auch eine Wissensverteilung und -bewahrung ermöglichen [WIP-07]. Zusätzliche Maßnahmen zur Bewahrung von Expertenwissen können durch Interviews, Patente sowie Anreizsysteme erzielt werden (vgl. Kapitel 2.2.4).

Die eigentliche Wissensnutzung gebraucht in hohem Maße die Ergebnisse der vorherigen Wissensbausteine. Dazu gehören bei den organisatorischen Maßnahmen sämtliche persönlichen und kollektiven sowie internen und externen Wissensbasen.

Die Wissensbewertung gehört wie die Definition von Wissenszielen zur strategischen Planung. Mögliche Maßnahmen sind Mitarbeiterbefragungen, Kernkompetenzanalysen, die Auswertung von Balance Scorecards sowie Wissensbilanzen [Alw-05].

¹⁰ Entscheidender Erfolgsfaktor bei Communities of Practice ist situiertes Lernen, das dem Lernmodell des Konstruktivismus ähnlich ist (vgl. Kapitel 2.1.3.3 und [LaW-91]).

¹¹ Der PMBOK® Leitfaden ist als IEEE 1490-2003 standardisiert.

2.4.2 Informationstechnische Werkzeuge

In den letzten Jahren hat sich in allen Teilen der Gesellschaft und Industrieunternehmen der Anteil von Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) verstärkt. Zahlreiche Werkzeuge haben den Anspruch, für einen Einsatz im Wissensmanagement geeignet zu sein (vgl. [Hec-02], [Kla-03], [Sch-05]). Zu beobachten ist dabei eine fortschreitende Integration und Vereinheitlichung vieler Technologien, die eine Einordnung der informationstechnischen Werkzeuge in die Bausteine des Wissensmanagements erschwert.

Zu den informationstechnischen Werkzeugen zur Identifikation und Analyse von Daten gehören Online Analytical Processing Systeme, die ihren Schwerpunkt in der entscheidungsorientierten Datenanalyse und als Frontend-Analyse-Tools zur Erstellung von Analysen und Reports verstanden werden [Gen-99]. Data Mining und Text Mining verbinden auf Basis von Suchwerkzeugen strukturierte und unstrukturierten Daten bzw. Texte [FSV-01]. Böhmann und Krcmar sehen Visualisierungswerkzeuge, die hierarchische Informationsstrukturen und Wissen grafisch darstellen können, ebenfalls in diesem Bereich [BöK-99]. Sofern Klassifizierungs- und Quantifizierungskriterien existieren, kann auch eine Wissensbewertung auf Basis dieser Werkzeuge erfolgen [FSV-01].

Für einen reinen Wissenserwerb steht mit dem Internet inklusive Newsgroups und Newslettern ein umfangreiches Medium zur Informationsrecherche zur Verfügung. Gezielte Abfragen können mit Suchdiensten bzw. -technologien entscheidend unterstützt werden. Mit dem Erwerb elektronischer, bereits aufbereiteter Informationen auf Speichermedien kann Wissen zudem systematisch erworben werden.

Die aktivitätsgenaue Bereitstellung bereits dokumentierten Wissens erfolgt über Methoden des Informations- und Text-Retrieval. Verbreitete Suchformen sind Volltextsuche, attributbasierte oder hypertextbasierte Suche, ggf. unter Verwendung von geeigneter Filtersysteme [Gen-99].

Eine direkte Wissensverteilung kann neben Telefon und Fax über Systeme realisiert werden, die Gruppen und Communities bei der Zusammenarbeit hinsichtlich der Überwindung zeitlicher und räumlicher Distanzen unterstützen [BöK-99]. Der Ansatz von „Computer Supported Collaborative Work“ (CSCW) fasst verschiedene Werkzeuge (z.B. „Groupware“) zusammen, welche Prozesse der Kommunikation, Koordination und Kooperation mit dem Ziel des Informations- und Wissensaustausches unterstützen [Noh-01].

Dokumenten-Management-Systeme (DMS) stellen Daten und Informationen zur Verfügung, auf deren Grundlage Wissen verteilt und genutzt werden kann. Sie dienen der Identifikation, Speicherung, Verwaltung und Wiedergewinnung von strukturierten und unstrukturierten Dokumenten in elektronischer Form. Content-Management-Systeme (CMS) basieren gegenüber DMS auf Webtechnologie, d.h. deren „Content“ kann über das Internet bzw. Intranet dargestellt, gepflegt und abgerufen werden [FSV-01].

In der Unternehmenspraxis werden viele Bausteine und Technologien des Wissensmanagements durch webbasierte „Enterprise Portale“ zusammengefasst und einheitlich unterstützt. Die Portale ermöglichen einen personalisierten und teilweise auch prozessgenauen Zugang zu strukturierten Unternehmensinformationen, Anwendungen und Diensten [WIP-07]. Ein Unternehmensportal bietet besonders dann eine leistungsfähige Integrationsplattform, wenn die Umsetzung konsequent auf Basis von Geschäftsprozessen erfolgt. Dies kann durch Workflow-Management-Systeme (WFMS) gezielt unterstützt werden, welche Arbeitsabläufe durch einen modellierten Geschäftsprozess definieren, steuern und koordinieren [FSV-01].

2.4.3 CommonKADS als Ansatz für eine Einführung von Wissensmanagement

CommonKADS¹² als Methodologie versteht sich als ganzheitlicher Engineering-Ansatz für die Wissensanalyse und Entwicklung wissensintensiver Systeme. Um den organisatorischen Kontext und die Umwelt der Ausgangssituation besser erfassen zu können, werden die Systeme nach ihren organisatorischen Anforderungen, Aufgaben und Aufgabenträgern (Agenten) differenziert in jeweils einem Organisations-, Aufgaben- und Agentenmodell betrachtet. Aufbauend auf diesen Ergebnissen wird die Struktur und Art des relevanten Wissens für die Aspekte der Aufgaben abgebildet, die mit Hilfe von Wissenssystemen sinnvoll gelöst werden können. Das Kommunikationsmodell zeigt die Informationsflüsse zwischen den beteiligten Agenten implementierungsunabhängig auf.¹³ Auf der letzten Ebene wird die Frage der technischen Umsetzung und Implementierung im Designmodell behandelt, indem aus den gesammelten Informationen der vorherigen Modelle eine Systemarchitektur erstellt wird [SAA-99].

¹² KADS - Knowledge Acquisition and Documentation Structuring [SAA-99]

¹³ Der Ansatz des Kommunikationsmodells aus der zweiten Ebene kommt in Kapitel 4.3 zur Anwendung.

Da CommonKADS verschiedene Aspekte einer Organisation detailliert betrachtet und abbildet, ist die Methodologie prinzipiell zur Einführung von Wissensmanagement geeignet. CommonKADS bietet hierbei vor allem eine frühe Identifikation der Wissensträger (Agenten) und Kommunikationswege, bevor es an die eigentliche Extraktion und Dokumentation expliziten Wissens geht.

Dagegen wird die Gewinnung und Nutzbarmachung impliziten Wissens von CommonKADS nicht in ausreichender Weise unterstützt und der psychologische Aspekt (vgl. Kapitel 2.2.4) vernachlässigt [Wag-00].

2.4.4 Weiterführende Technologien

Aktuellen informationstechnischen Werkzeugen fehlen die Möglichkeiten einer Interpretation von Informationen bezüglich Inhalt, Bedeutung und Absicht, einer automatischen Verknüpfung von Informationen sowie einer Darstellung dieser Beziehungen.

In der Vision des „Semantic Web“ sollen zukünftig sämtliche Informationen umfassend strukturiert und durch Computer zu interpretieren und zu verknüpfen sein [BHL-01].

Schlüsseltechnologie für das semantische Netz sind Ontologien. Hierunter wird in der Informatik ein explizit gefasstes, formales, maschinenlesbares Modell einer Anwendungsdomäne verstanden, das von einer Gruppe von Benutzern geteilt wird [Hes-02]. Ontologien bestehen im Wesentlichen aus Taxonomien („ist Spezialisierung von“) und Partonomien („Ist ein Teil von“) zur Klassifizierung von Informationen und Abbildung von logischen Relationen zwischen Informationen (vgl. [BHL-01], [Dav-03], [DOS-03]).

Nach Abecker et al. eignen sich Ontologien als Wissensmodelle zur Spezifikation von auf Personen oder Aufgaben angepassten Informationsbedürfnissen sowie zur Unterstützung der Wissensrepräsentation und zur Strukturierung einer Wissensbasis [AvE-04].

Beim Aufbau eines semantischen Netzes bzw. eines Wissensmodells wird auf formale Sprachen („Description Logic“) zurückgegriffen, die Interferenzen und folglich die Verarbeitung von Wissen durch Computer erlauben. Ein Description Logic (DL)-Reasoner kann als Software aus logischen Folgerungen und Aussagen Schlüsse ziehen und damit die Konsistenz von Ontologien überprüfen sowie Informationen erzeugen, die nicht explizit in der Ontologie vorhanden sind. Die Schwierigkeit ist dabei die Formulierung von einheitlichen Ontologien, d.h. die Standardisierung eines Wissensmodells [PaS-04].

Abbildung 8 zeigt ein Beispiel für ein semantisches Netz auf Basis von Ontologien.¹⁴

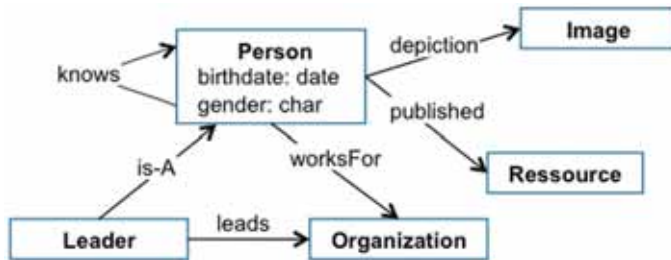


Abbildung 8: Ontologien als Schlüsseltechnologie eines semantischen Wissensnetzes [DOS-03], S. 10

Eine wichtige Technologie für das semantische Netz sind intelligente Softwareagenten. Sie stellen Programme dar, die automatisch bzw. im Auftrag eines Benutzers autonome Aufgaben, wie z.B. die Suche nach Informationen, den Kauf von Produkten oder das Überwachen von Prozessen, erfüllen. Zur Unterstützung von Geschäfts- bzw. Wissensprozessen können Agenten auf Ontologien zurückgreifen [BZW-98].

Während das Semantic Web durch den Einsatz von Ontologien eine starke Strukturierung vorsieht, ist „Web 2.0“ ein Begriff für eine Reihe loser, interaktiver und kollaborativer Ansätze [ORe-05]. Der Mensch bildet das Zentrum für das Web 2.0, da sämtliche Informationen von unabhängigen, untereinander vernetzten Personen erzeugt werden. Beispiele sind Wikis, Weblogs („Blogs“), Feeds und Podcasts [Hip-06]. Diese technischen Anwendungen lassen sich unter dem Begriff des „Social Computing“ (auch: soziale Software) zusammenfassen und erlauben – hinsichtlich der Wissensteilung – die Realisierung des klassischen Instrumentes der „Kaffeecke“ [Sch-06].

Aufbauend auf der Idee des Web 2.0 bzw. der einzelnen Anwendungen erweitert der Begriff „Enterprise Mashup“ die Grundidee von CMS und Enterprise Portalen um den Anwenderfokus. Ziel ist die Kombination kleiner Anwendungen des täglichen Bedarfs, um situationsbezogene Aufgaben selbst und vor allem schnell zu lösen [War-06].

Mit dem Begriff „Web 3.0“ beschreibt Markhoff eine Vision, welche Semantic Web und Web 2.0 für eingegrenzte Aufgabenbereiche vereint [Mar-06]. Dabei werden von Experten aufgebaute Ontologien als streng hierarchische Wissensrepräsentationen mit unstrukturier-

¹⁴ Eine bekannte Visualisierungsform von Ontologien ist der ISO-Standard „Topic Maps“.

ten und vom Laien frei zu vergebenen Schlagwörtern, den Folk Taxonomies (kurz: Folkonomies oder Tags), verknüpft [JDB-06].

2.4.5 Zwischenfazit

Aus der Sammlung an vorgestellten Methoden und Werkzeugen ist keine Systematik zu erkennen bzw. anwendbar, die einen konkreten Einsatz von Wissensmanagement in einem spezifischen Kontext und mit Fokus auf den Mitarbeiter als Wissensträger zulässt.

Die weiterführenden Technologien stellen mit dem „Semantic Web“ einen möglichen Ansatz für eine organisationale Wissensbasis dar und bieten zahlreiche Werkzeuge, um Menschen mit ähnlichen Interessen zum Austausch von individuellem Wissen („Web 2.0“) zu bewegen.

Die ganzheitliche Umsetzung von Wissensmanagement verlangt sowohl technische als auch organisatorische Ansätze. Diesbezüglich sollten die Geschäftsprozesse die erforderlichen Aktivitäten von Menschen in ihrer Organisation bezüglich des benötigten Wissens unterstützen bzw. den Aufwand im Umgang mit Wissen transparent gestalten.

Dies ist mit Bezug auf Kapitel 3 die Ausgangsbasis für diese Dissertation.

3 Grundlagen der Digitalen Fabrik

„Die Reale Fabrik wird erst gebaut, wenn Stückzahl und Qualität in der Digitalen Fabrik nachgewiesen wurden.“

(Volkswagen AG, [Hin-01])

In diesem Kapitel werden zum besseren Verständnis der Arbeit notwendige Grundlagen der Fabrikplanung und der Digitalen Fabrik erläutert. Damit können wesentliche Objekte aus diesem Umfeld im späteren Verlauf dieser Arbeit nachvollzogen und angewendete Methoden und Werkzeuge eingeordnet werden.

3.1 Die klassische Fabrik aus Prozess- und Systemsicht

Der Begriff der Fabrik wird nach Schmigalla als *„industrieller Betrieb, der erwerbs- oder gemeinwirtschaftliche Zwecke verfolgt“*, verstanden. Er wird *„insbesondere dann verwendet, wenn der produktionstechnische und produktionsorganisatorische Aspekt im Vordergrund steht“* [Sch-95], S. 34.

Felix beschreibt die Fabrik als *„eine Stätte zur Herstellung eines Produktes durch Umwandlung der Produktionsfaktoren Boden, Arbeit, Kapital, Energie und Information“* [Fel-98], S. 32. Diese Definition verknüpft eine aufgabenbezogene Sichtweise der Fabrik mit einem räumlichen, gegenständlichen Verständnis.

3.1.1 Fabrikprozesse

Sämtliche Fabrikprozesse werden in wertschöpfende („direkte“) und unterstützende („indirekte“) Geschäftsprozesse unterteilt (vgl. [Ber-05], [ScW-04]).

Der Wertschöpfungsprozess beschreibt nach Schenk und Wirth *„die Menge aller unternehmerischen Aktivitäten zur Lösung eines Kundenproblems“* [ScW-04], S. 15. Er durchläuft sämtliche Unternehmensbereiche bis zum fertigen Produkt und beinhaltet alle Vorgänge zur Herstellung von Sach- und Dienstleistungen, die sich in Einheit von Personal, Technik und Organisation befinden [ScW-04].

3.1 Die klassische Fabrik aus Prozess- und Systemsicht

Unterstützende Geschäftsprozesse werden auch Ergänzungs- oder indirekte Wertschöpfungsprozesse genannt. Sie unterstützen die operativen Kernprozesse in Bezug auf Managementprozesse (Unternehmensführung, Unternehmens- und Fabrikplanung), administrative Prozesse (Finanzen, Controlling, Personalwesen) sowie die Informations- und Kommunikationsstruktur [ScW-04].

Produktionsprozesse werden durch die räumliche und zeitliche Anordnung der Betriebsmittel (Anlagen, Maschinen, Vorrichtungen) in einer Fabrik beschrieben. Sie gliedern sich in technologische (Veränderungen der Eigenschaften/Form) und logistische Teilprozesse („Produktionslogistik“). Die Schnittstellen zwischen den einzelnen Teilprozessen sind durch Flusssysteme dargestellt. Hierzu gehören Energie-, Material- und Informationsflüsse, die durch Produktionsplanung und -steuerung (PPS) getrieben werden [Sch-95].

Abbildung 9 stellt die beschriebenen Zusammenhänge aus Prozess- bzw. Logistiksicht dar. Beginnend mit einem Kundenwunsch oder einer technischen Innovation werden die einzelnen Teilprozesse in ihrer Reihenfolge durchlaufen. Während im Produkt- und Produktionsplanungsprozess nur ein Informationsfluss stattfindet, wird der zentrale Prozess der Produktherstellung durch zusätzliche Material- und Energieflüsse geprägt. Die unterstützenden Prozesse haben keinen sichtbaren Bezug zum operativen Prozess.

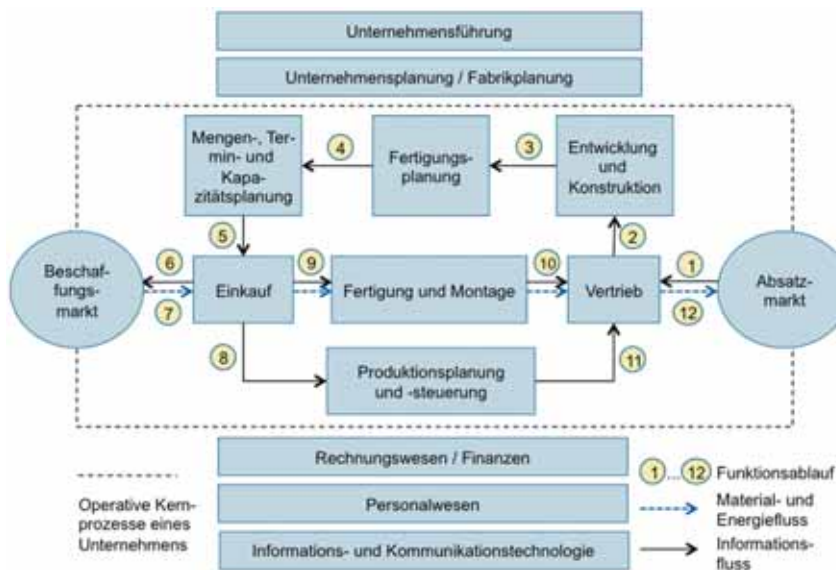


Abbildung 9: Wertschöpfungs- und Unterstützungsprozesse einer Fabrik nach [Sch-95], S. 73

3.1.2 Abgrenzung von Fabrikplanung und Fabrikbetrieb

Der Gegenstand der Fabrik wird historisch in Fabrikplanung und Fabrikbetrieb unterteilt [ScW-04]. Eine Einordnung dieser beiden Begriffe lässt sich anhand der Phasen des Fabriklebenszyklus beschreiben. Diese unterscheiden sich zwischen verschiedenen Autoren [Ber-05]. Abbildung 10 zeigt eine mögliche Ausprägung, in der die Realisierungsphase die Abgrenzung zwischen Fabrikplanung und -betrieb darstellt.

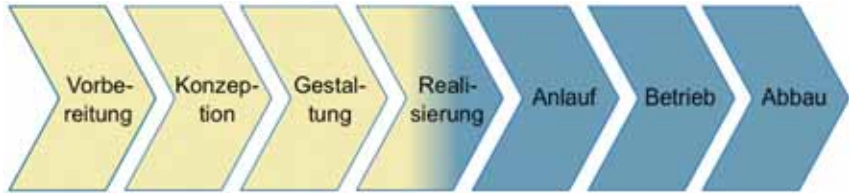


Abbildung 10: Phasen des Fabriklebenszyklus in Anlehnung an [ScW-04], S. 105 und [Sau-04], S. 31

Der VDI definiert Fabrikplanung als „systematischen, zielorientierten, in aufeinander aufbauenden Phasen strukturierten und unter Zuhilfenahme von Methoden und Werkzeugen durchgeführten Prozess zur Planung einer Fabrik von der ersten Idee bis zum Anlauf der Produktion.“ [VDI-11], S. 3

Schmigalla beschreibt Fabrikplanung als „die vorausbestimmende Gestaltung von Fabriken“ [Sch-95], S. 323. Die Fabrik ist nach betriebswirtschaftlichen Zielen sowie nach den Erfordernissen des arbeitenden Menschen und der Umwelt zu planen [Sch-95].

Bestandteil der Fabrikplanung ist demnach eine vorausgeplante Produktion in Bezug auf personelle, technisch-organisatorische, ökologische und ökonomische Randbedingungen. Folgerichtig umfasst die Aufgabe des Fabrikbetriebs nach Schenk und Wirth die wirtschaftliche Realisierung einer effizienten Produktion entlang der Wertschöpfungskette und unter Berücksichtigung der vorgegebenen Randbedingungen [ScW-04].

3.1.3 Fabrikplanung als Teil der Unternehmensplanung

Aggteleky definiert die Fabrikplanung als „ein Teilgebiet der Unternehmensplanung“, welche „die optimale Gestaltung und rationelle Verwirklichung von Investitionsvorhaben zum Gegenstand“ hat [Agg-87], S. 26.

Die Unternehmensplanung umfasst „*alle Planungstätigkeiten (...), die zum Aufbau neuer oder im Rahmen bestehender Unternehmen durchgeführt werden*“ [Voi-93], S. 6. Sie ist „*der Versuch, die Zukunft des Unternehmens im Voraus zu gestalten und damit die gewünschte Zielrichtung der Entwicklung des Unternehmens zu beeinflussen*“ [Fis-96], S. 4.

Schmigalla stuft die Fabrikplanung analog zur strategischen Unternehmensplanung als Planungsfeld mit Querschnittscharakter und einem langfristigen Planungshorizont ein [Sch-95]. Der Horizont solcher Planungen ist üblicherweise größer als fünf Jahre [Fis-96].

Mit einer Neuplanung und einer Umplanung können zwei grundsätzliche Kategorien einer Fabrikplanung unterschieden werden. Bei einer Neuplanung („Grüne Wiese“) gilt es, sämtliche Objekte und Eigenschaften der Fabrik zu gestalten. Dagegen bezieht sich eine Umplanung („Braune Wiese“) auf eine existierende Fabrik [Agg-87].

Zu den Aufgaben der Fabrikplanung gehört die Planung sämtlicher Strukturen und Prozesse. Zu den Strukturen gehört Aufbauorganisation, Layout, Gebäude, Betriebsmittel und Personal. Die Aufbauorganisation wird von Bergholz als „*Gliederung und Strukturierung der Teilleistungen in funktionaler und räumlicher Sicht*“ beschrieben [Ber-05], S. 22.

Schmigalla nennt die Definition sämtlicher Produktions-, Dienstleistungs- und Logistikprozesse als Aufgabe der Fabrikplanung (vgl. Abbildung 9; [Sch-95]).

Hinsichtlich des Personals als Planungsobjekt der Fabrikplanung gibt es unterschiedliche Auffassungen. Nach Bergholz betrifft dies nur die Ermittlung des Personalbedarfs und die Organisationsform [Ber-05].

Folglich umfasst der Umfang der Fabrikplanung analog zur Unternehmensplanung und in Bezug auf die festzulegenden Objekte prinzipiell die Fabrik in ihrer Gesamtheit.

3.1.4 Fabrikplanung aus Systemsicht

Bei zahlreichen Autoren wird übereinstimmend ein systemtechnisches Verständnis der Fabrik und ihrer Gestaltungsobjekte zugrunde gelegt (vgl. [Agg-87], [Spu-94], [ScW-04]). Besonders zur Beschreibung der Planungsobjekte der Fabrikplanung ist es zweckmäßig, die Fabrik als Produktionssystem im Sinne der Systemtechnik zu betrachten [EvS-96].

Ein System ist eine Anordnung von Komponenten, die aufeinander einwirken und durch eine Systemgrenze von ihrer Umgebung abgegrenzt sind [DIN-09]. Relationen verbinden

die Systemkomponenten miteinander, so dass ein Prozess ablaufen kann. Über Schnittstellen kommt es zu einem Austausch von Materie, Energie und Informationen [VDI-10].

Nach Daenzer und Huber können Systeme hierarchisch gegliedert sein, da Elemente wiederum als Subsysteme aufgefasst werden können. Weiterhin können Elemente durch Merkmale beschrieben sein [DaH-99].

Die Charakteristika von Systemen werden am Beispiel der Fabrik in Abbildung 11 dargestellt. Eine Fabrik stellt dabei die oberste Ebene eines Produktionssystems dar und setzt sich aus Bereichen zusammen. Die Bereiche bestehen aus Arbeitsplatzgruppen bzw. Linien. Auf der untersten Hierarchieebene der betrachteten Subsysteme stehen die einzelnen Arbeitsplätze bzw. Stationen. Den Stationen sind Ressourcen als Basiselemente zugeordnet, welche für die Durchführung eines Prozesses notwendig sind.

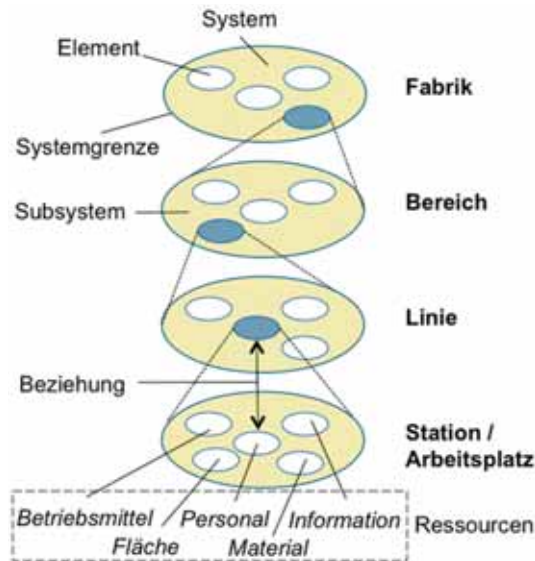


Abbildung 11: Systemtechnisches Verständnis der Fabrik in Anlehnung an [Ber-05], S. 129 und [DaH-99]

Die Ressource Betriebsmittel umfasst nach Eversheim und Schuh alle Maschinen, Anlagen, Vorrichtungen, Werkzeuge und Hilfsmittel für Fertigung, Montage, Transport und Lagerung. Fläche wird als umbaut interpretiert und beinhaltet damit auch gebäudetechnische Aspekte. Der Begriff Personal bezieht sich sowohl auf direkte als auch indirekte humane Tätigkeiten. Material umfasst Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffe, die sich in der Bearbeitung oder in Puffern und Lagern befinden. Die Ressource Information beinhaltet alle

für die Durchführung und Steuerung der Prozesse in einem Produktionssystem erforderlichen Informationen und Dokumente [EvS-96].

3.1.5 Fabrikplanung im Kontext von Veränderungsprozessen

Die heutige Fabrik wird durch geänderte Randbedingungen sowie durch eine dynamische Marktentwicklung beeinflusst. Dazu gehören die zunehmende Globalisierung der Wirtschaft, die starke Individualisierung der Kundenwünsche, verkürzte Innovations- und Technologiezyklen sowie die fortschreitende Verbreitung moderner IKT (vgl. [ScW-94]).

Die höhere Produkt- und Prozesskomplexität sowie die Ausrichtung auf stetig steigende Produktionszahlen führten in den 90er Jahren zum „Computer Integrated Manufacturing“ (CIM). Die Zielsetzung dieses Ansatzes war zunächst eine zentrale Steuerung der Fertigungsprozesse auf Basis computerunterstützter Systeme, später die daten- und informationstechnische Integration der einzelnen Bestandteile der Fabrik [Gei-87].

Durch die Studie „Die 2. Revolution in der Automobilindustrie“ des Massachusetts Institute of Technology (MIT) kam es zu einem neuen Verständnis der Fabrikplanung. Dabei wurde die durch veränderte innere und äußere Bedingungen erforderliche Anpassung der Unternehmensorganisation betont [Sch-95]. Der in der Studie verwendete Begriff der schlanken Produktion“ (englisch: Lean Production), welcher sich zunächst nur auf die Produktion beschränkte, wurde später als Lean Management¹⁵ auf alle Unternehmensbereiche ausgedehnt [WJR-94].

Bergholz nennt „Flexibilität“, „Wandlungsfähigkeit“ und „Vernetzungsfähigkeit“ als grundlegende Prinzipien zum Umgang mit wechselnden Anforderungen [Ber-05].

Das Prinzip der Flexibilität ist auf eine kurzfristige Anpassung ausgerichtet, da größere Abweichungen bei einer dynamischen Markt- und Technologieentwicklung nur mit einer Überdimensionierung des Gesamtsystems realisierbar sind [Ber-05].

Westkämper et al. nennen die Wandlungsfähigkeit als *„Anpassungs- und Entwicklungsfähigkeit über die Phasen des Fabriklebenszyklus sowie aller Elemente der Fabrik an veränderte, auch zunächst unbekannte, Anforderungen.“* [WZB-00], S. 22

¹⁵ Aus dem Lean-Gedanken entwickelten sich Methoden zur Verbesserung von Wertschöpfungsprozessen im Kontext der Produktion: u.a. Just-in-Time, TQM, Kaizen, Six Sigma (vgl. [ScW-04], [Sch-95]).

Die Anwendung des Prinzips der Vernetzung findet sowohl auf überbetrieblicher als auch auf innerbetrieblicher Ebene statt. Bergholz nennt als Beispiel Kunden-Lieferanten-Beziehungen. Ziel ist die Leistungsoptimierung gegenüber dem Kunden durch Kombination von Kompetenzen und Kapazitäten verschiedener Unternehmen [Ber-05].

Die Wandlungsfähigkeit hängt nach Klabunde entscheidend von den technologischen Möglichkeiten sowie den Kompetenzen und Fähigkeiten des Personals ab [Kla-03]. Auf die fehlende Berücksichtigung dieser beiden Sichtweisen lässt sich das Scheitern der „CIM-Fabrik“ zurückführen. Abramovici nennt mit Problemen bei der Beherrschbarkeit der Datenflut, ihrer Qualität, Aktualität sowie den methodischen, soft- und hardwareseitigen Voraussetzungen mehrere Gründe für das Scheitern der Gesamtvision „CIM“ [AbS-04]. Nach Schmigalla konzentrierte sich das CIM-Konzept zunächst auf die Steuerung von Fertigungsprozessen, d.h. auf rechnergestützte Methoden in der Fertigungsplanung, und vernachlässigte die Aspekte der Organisation (vgl. „arbeiterlose Fabrik“ [Sch-95], S. 15).

3.2 Einführung in die Digitale Fabrik

„Keine Produktionsanlage wird geplant, gebaut und in Betrieb genommen, ohne vorhergehende digitale Absicherung des Produktes, der Produktionsprozesse und der Produktionsanlagen.“ [DC-05]

3.2.1 Definition und Begriffe der Digitalen Fabrik

In der Literatur gab es seit der Verwendung des Begriffs der Digitalen Fabrik Ende der 1990 Jahre lange Zeit unterschiedliche Definitionen für den Begriff bzw. Umfang dieses Ansatzes [Sch-08]. Kern dieser Definitionen ist jedoch das gemeinsame Verständnis der Abbildung aller Prozesse, Produkte und Ressourcen einer realen Fabrik in einem digitalen Modell (vgl. u.a. [SKS-02], [Wie-03], [ZFP-03]).

Seit der Initiative zur VDI-Richtlinie 4499 findet folgende Definition der Digitalen Fabrik allgemeine Akzeptanz und Verbreitung:

„Die Digitale Fabrik ist der Oberbegriff für ein umfassendes Netzwerk von digitalen Modellen, Methoden und Werkzeugen - u. a. der Simulation und 3D-Visualisierung -, die durch ein durchgängiges Datenmanagement integriert werden. Ihr Zweck ist die ganzheit-

liche Planung, Realisierung, Steuerung und laufende Verbesserung aller wesentlichen Fabrikprozesse und -ressourcen in Verbindung mit dem Produkt.“ [VDI-08], S. 3

Wenzel erweitert die Definition um die explizite Einbeziehung der erforderlichen operativen Arbeitsabläufe der Mitarbeiter in Produkt- und Produktionsentstehungsprozessen sowie um die Betrachtung der Betriebsunterstützung, d.h. des Anlagenbetriebs [Wen-06].

Die VDI-Definition verdeutlicht, dass die Digitale Fabrik kein reines Softwarethema ist. Vielmehr geht es um Methoden und Prozesse, die durch entsprechende Softwarelösungen unterstützt werden. Aus dem neuen Verständnis der Fabrikplanung, resultierend aus der MIT-Studie (vgl. Kapitel 3.1.5), sowie auf Grundlage moderner IKT resultiert die Motivation, die Integration sämtlicher Prozesse prinzipiell ganzheitlich zu betrachten.

Um dem ganzheitlichen Anspruch gerecht zu werden, betrachtet die Digitale Fabrik mit dem Fokus auf die Produktionsplanung und Fabrikgestaltung auch die angrenzenden Unternehmens- bzw. Geschäftsprozesse (Abbildung 12). Unter Produktionsplanung wird in diesem Zusammenhang sowohl die Planung der Produktionsabläufe als auch die Planung der Produktionssysteme verstanden [VDI-08]. Die Fabrikgestaltung bezieht die Planung und Auslegung von Fabrikbauten, Produktionsanlagen und Arbeitsplätzen gemäß der Systemtechnik mit ein (vgl. Kapitel 3.1.4), jedoch nicht die Produktionsplanung und -steuerung (PPS) [Tie-05].

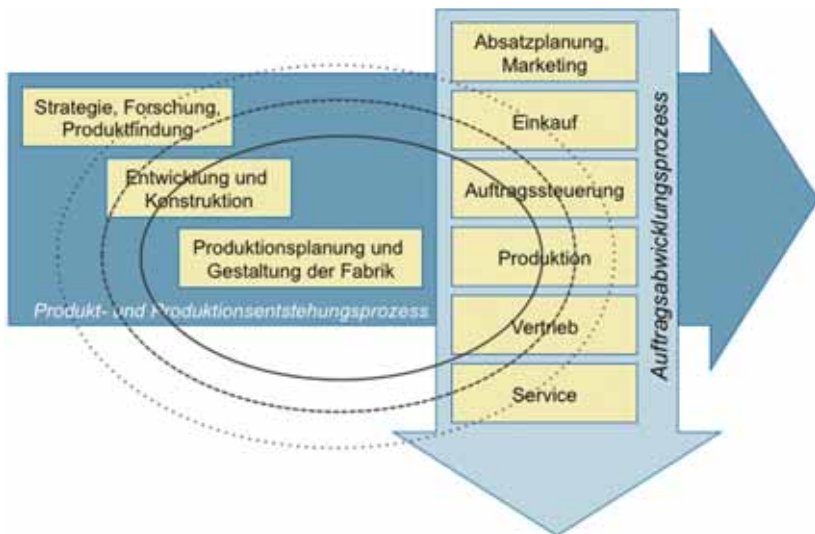


Abbildung 12: Die Digitale Fabrik im Strahlenkreuz der Unternehmensprozesse [VDI-08], S. 3

Der Begriff der Virtuellen Fabrik beschreibt im Gegensatz zur Digitalen Fabrik den Aufbau von Unternehmenskooperationen im Sinne eines gemeinsam produzierenden, virtuellen Unternehmens, welches „eine Kooperationsform rechtlich unabhängiger Unternehmen, Institutionen und/oder Einzelpersonen [ist], die eine Leistung auf Basis eines gemeinsamen Geschäftsverständnisses erbringen.“ [MGE-98], S. 3

Einen Zusammenhang von Digitaler und Virtueller Fabrik kann insofern bestehen, dass die Digitale Fabrik die IKT-Infrastrukturbasis für Fabrikplanung und -betrieb einer Virtuellen Fabrik darstellt [Wen-06].

3.2.2 Verknüpfungsaspekte der Digitalen Fabrik

Seit dem CIM-Ansatz ist die Digitalisierung der Entwicklungsarbeiten kontinuierlich angestiegen und der Einsatz von Simulationsmethoden stetig gewachsen (vgl. [ScW-04], [Mas-06]). Zur Unterstützung sind diesbezüglich unterschiedliche, rechnergestützte Simulations- und Planungssysteme im Einsatz. Diese stellen häufig auf spezifische Planungsaufgaben zugeschnittene Insellösungen dar (vgl. [Sch-95], [WZB-00], [WGG-01]).

Der Umfang der Digitalen Fabrik wird in der VDI-Richtlinie 4499 auf die reale Produktion – als Teil des Fabrikbetriebs – zwecks Überprüfung und Verbesserung durch digitale Modelle und Werkzeuge erweitert, um eine durchgängige Unterstützung entlang der Wertschöpfungskette und der Lebenszyklusphasen zu schaffen (vgl. [VDI-08], Bild 2).¹⁶

Abbildung 13 zeigt verschiedene Verknüpfungsaspekte der Digitalen Fabrik, auf deren Basis sich wesentliche Einsparungspotentiale im Entwicklungs- und Planungsprozess erzielen lassen.

Eine zeitliche **Parallelisierung** von Lebenszyklusphasen, insbesondere der Produktentwicklung und Produktionsplanung, durch moderne Methoden und arbeitsorganisatorische Verfahren wie das Simultaneous Engineering erlaubt eine Verkürzung der Entwicklungs- und Planungszeiten bzw. der Zeit bis zur Marktreife („Time-to-Market“) [Kla-03].

Die **Vernetzung** sämtlicher Lebenszyklen führt zu einer ziel- und termingerechten Vorbereitung und Durchführung des Produktionsanlaufes sowie zur Reduzierung von Anlaufkosten. Hierauf basierend lässt sich mit geeigneter Systemunterstützung zwischen Fabrik-

¹⁶ Der Digitale Fabrikbetrieb wird u.a. in der VDI Richtlinie 4499 Blatt 2 betrachtet [VDI-09a].

betrieb und Digitaler Planung ein verbessertes Änderungsmanagement sowie eine kurzfristige, präzise Anlagenum- oder -erweiterungsplanung erzielen [Wen-06].

Durch den Einsatz von Informationstechnologie kann eine Verwaltung und **Integration** sämtlicher Daten, Modelle und Werkzeuge (bzw. Systeme) innerhalb der Digitalen Fabrik realisiert werden. Diese erlaubt eine gemeinsame Verwendung von Entwicklungs- und Planungsergebnissen unabhängig von Lebenszyklusphase oder Reifegrad (vgl. [Mas-06], [Wen-06]).

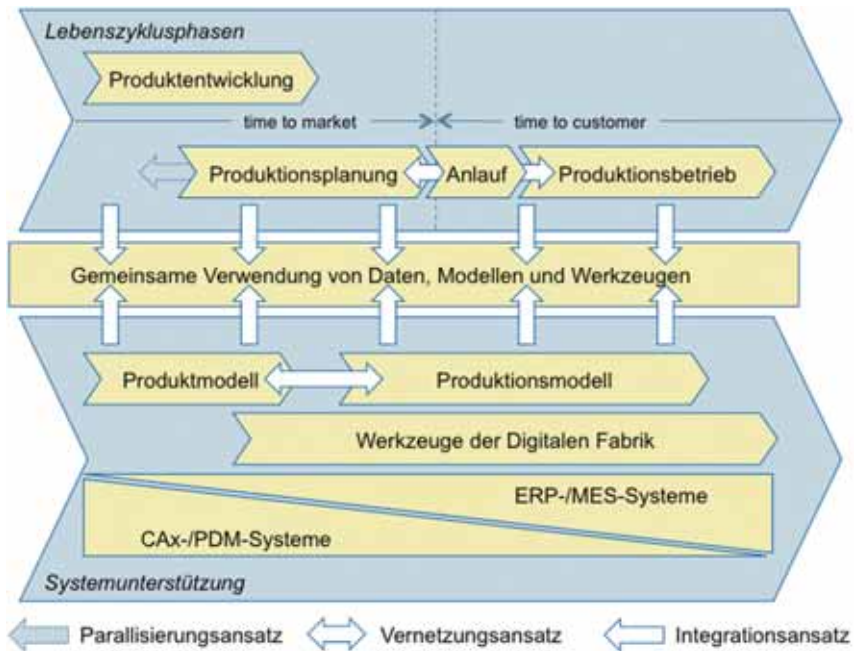


Abbildung 13: Verknüpfungsaspekte der Digitalen Fabrik in Anlehnung an [VDI-08], S. 10 und 12

3.2.3 Ziele der Digitalen Fabrik

„Hauptziel der Digitalen Fabrik ist es, die Produktionsplanung zu beschleunigen und zu verbessern, sowie sie im Sinne eines *Simultaneous Engineering* mit der Produktentwicklung intensiv zeitlich zu überlappen.“ [Sau-04], S. 32

Die Ziele der Digitalen Fabrik können nach Hanßen und Rieger in Primär- und Sekundärziele untergliedert werden. Primärziele beschreiben die Ziele, die ein Anwender unmittelbar durch den Einsatz der Digitalen Fabrik verfolgt. Sekundäre Ziele ergeben sich direkt aus dem Einsatz der Digitalen Fabrik [HaR-02].

Primärziele sind zunächst Rationalisierungs- und Qualitätsziele, die zu einem schnelleren und zugleich frühzeitig abgesicherten Produktionsanlauf und damit letztendlich zu einem schnelleren „Return on Investment“ (ROI) führen [HaR-02]. Dazu gehören im Einzelnen

- die Verkürzung der **Zeiten** von Entwicklung und Planung durch eine allgemeine Reduzierung der Zeiten sowie durch die Parallelisierung der Prozesse von der Produktionsplanung bis zum Produktionsanlauf (vgl. Abbildung 13);
- die Reduktion der **Kosten** durch erhöhte Absicherung als Basis für Investitionsentscheidungen sowie durch Vermeidung von Mehrfacharbeit und Standardisierung der Prozesse;
- die Verbesserung der **Qualität** durch frühzeitiges Erkennen von Fehlern und Beherrschung der Prozesse sowie eine verbesserte Einbindung externer Lieferanten.

Als Sekundärziele lassen sich Kommunikations-, Integrations-, Standardisierungs-, Funktionserweiterungs- sowie Wissensziele bezeichnen (vgl. [ScW-04], [VDI-08]).

Geeignete Arbeitsabläufe und Organisationen unterstützen im Bereich der **Kommunikation** ein verteiltes, paralleles und standortübergreifendes Arbeiten [VDI-08]. Dafür fokussiert die Digitale Fabrik die Prozess- und Organisationsgestaltung zur kollaborativen Planung und Betriebsführung sowie die arbeitsablaufbezogene Integration der Methoden und Werkzeuge der Digitalen Fabrik in das Unternehmen [Wen-06].

Voraussetzung einer durchgängigen Verfügbarkeit der Planungsdaten sind systemtechnische sowie informationstechnische Integrations- und Standardisierungsmaßnahmen.

Der Ansatz der **Integration** ist bereits in Abbildung 13 dargestellt. Dazu sind auf informationstechnischer Ebene geeignete Schnittstellen-, Methoden- und Modellstandards zu entwickeln. Eine systemtechnische Integration fordert zudem die verbesserte Integrationsfähigkeit und Nutzung der technischen Systeme [Wen-06].

Die **Standardisierung** von Prozessen, Methoden und Modellen in Bezug auf die zahlreichen Planungsobjekte und -bereiche (z.B. Betriebsmittel und Anlagen) stellt einen Schlüsselfaktor der Digitalen Fabrik dar. Sie ermöglicht die Wiederverwendbarkeit der Planung

und führt gleichzeitig zu einer Zeit- und Kostenreduzierung in Planung und Produktion sowie zu einer Erhöhung der Prozesssicherheit [VDI-08]. Die Aufbereitung von Arbeitsabläufen hinsichtlich mitarbeiterbezogener Tätigkeiten („Routinetätigkeiten“) und IT-gestützter Ablaufgestaltung („Workflowmanagement“ – vgl. nachfolgendes Kapitel 3.3) bieten eine zusätzliche Sicherheit auf organisatorischer Ebene [Wen-06].

Funktionserweiternde Ziele bieten über den eigentlichen Planungsprozess hinaus die Bereitstellung von Daten, Modellen und Prozessen. Hiermit können zum einen die reale Fabrik unterstützt bzw. optimierend gesteuert, zum anderen Dokumente bereitgestellt werden, die außerhalb des Wertschöpfungsprozesses benötigt werden (vgl. [ScW-04], [VDI-08]). Sofern es gelingt, nach Realisierung bzw. Inbetriebnahme der Fabrik bzw. Produktion ein ständig aktualisiertes Abbild der realen Fertigung in die Digitale Fabrik zurück zu führen, kann der Produktionsbetrieb kontinuierlich verbessert werden [Bra-07].

Die Digitale Fabrik schafft Voraussetzungen dafür, dass vorhandenes **Wissen** bezüglich der Prozesse Methoden, Modelle und Ergebnisse der Planung so verwaltet wird, dass es weitergegeben und wieder verwendet werden kann [VDI-08]. Dieses Ziel des Wissenserwerbs und -erhalts wird durch die anderen sekundären Ziele wesentlich unterstützt.

3.3 Stand von Forschung und Technik

Neben dem digitalen Entwicklungs- und Planungsprozess werden nachfolgend entscheidende Elemente einer Systemarchitektur für die Digitale Fabrik beschrieben. Zudem werden erste Ansätze einer Wissensintegration vorgestellt.

3.3.1 Anwendungsgebiete für die Digitale Fabrikplanung

Nach Abschluss des Produktkonzeptes – bzw. gemäß Kapitel 3.2.2 idealerweise bereits parallel zu Produktentwicklung und Konzeptuntersuchung (DMU) – werden in der Prozessplanung mögliche Verfahren entwickelt sowie erste Fertigungs- und Montageabläufe im Rahmen von Prozessmodellen konzipiert. Das Technologiekonzept umfasst die vollständige digitale Absicherung von Fabrik und Produktion durch Detailplanung von Gebäude-, Anlagen- und Maschinenlayout, Konstruktion sämtlicher Betriebsmittel sowie der planungsseitigen Zeit- und Ressourcenkalkulation. Die erzeugten Layoutdaten sind die Grundlage für die Visualisierung und Simulation sämtlicher Prozesse und Materialflüsse,

um abschließend die Funktionsfähigkeit und die Qualität des Gesamtablaufs sicher zu stellen. Die Simulationsergebnisse liefern wichtige Steuerdaten für die spätere Produktion. In Kombination mit der Programmierung der Maschinen- und Robotersteuerungen lassen sich bereits vor dem Produktionsanlauf („Start of Production“ – SOP) Verbesserungen iterativ erzielen.

Abbildung 14 beschreibt die Anwendungsgebiete der digitalen Produkt-, Fabrik- und Produktionsplanung in ihrem logischen Ablauf und mit Bezug zu einem übergreifenden bzw. durchgängigen Projekt-, Daten- und Workflowmanagement, jedoch ohne Darstellung der Verknüpfungsaspekte aus Kapitel 3.2.2. Die operativen Bereiche des Fabrikbetriebs, d.h. Beschaffung und Logistik, Produktionsplanung und -steuerung, Verkauf, Vertrieb und Service (vgl. Abbildung 12, senkrechter Strahl), sind in dieser Planungssicht ebenfalls nicht enthalten.

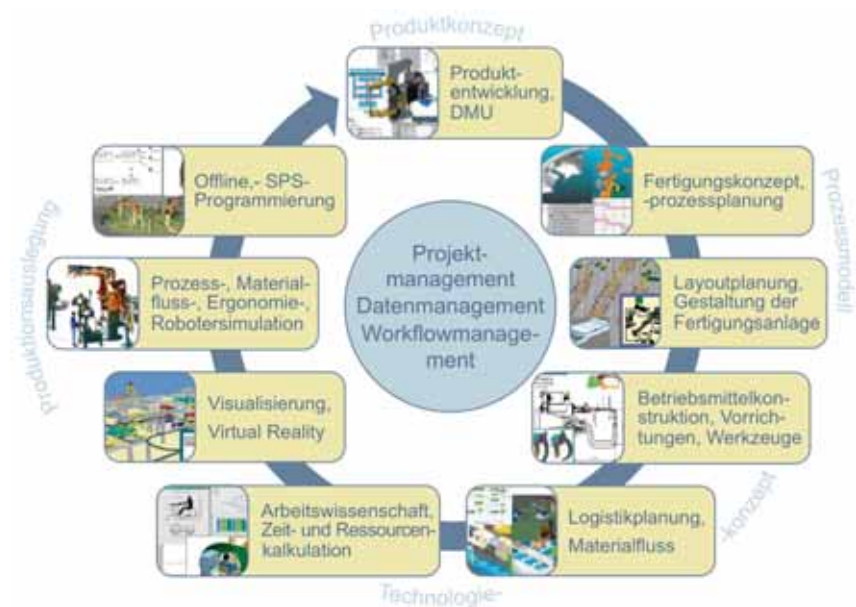


Abbildung 14: Der digitale Entwicklungs- und Planungsprozess (eigene Darstellung)¹⁷

¹⁷ Der Ablauf beschreibt den Umfang in der Automobilindustrie. Je nach Planungs- und Produktionstiefe sowie Kunden- und Lieferantensicht eines Unternehmens ergeben sich Abweichungen.

3.3.2 Managementsysteme und Architekturen

Die IT-basierte Arbeitsweise innerhalb der Digitalen Fabrik erfordert eine geeignete Architektur von Softwaresystemen für den durchgängigen Einsatz von Planungs- und Simulationswerkzeugen.

Im Kontext der Produktentstehung wird häufig der Begriff des Product Lifecycle Managements (PLM) verwendet. Schuh definiert PLM als Managementkonzept, welches alle Daten-, Informations- und Dokumentationsflüsse bezogen auf ein Produkt über den gesamten Lebenszyklus dieses Produktes beschreibt und integriert [Sch-05a].

Der Ansatz bietet somit als Schnittmenge der Digitalen Fabrik ebenfalls Verbesserungspotentiale durch Prozess- und Datenintegration.¹⁸

Wesentliche Grundlage von PLM stellen Produktdatenmanagementsysteme (PDMS) dar. Diese bieten eine zentrale Verwaltung sämtlicher Informationen, die innerhalb eines Produktentstehungsprozesses anfallen [VDI-02]. Des Weiteren können Entwicklungsabläufe („Workflows“) definiert, standardisiert und gesteuert werden [HMG-02].¹⁹

Nach VDI 4499 Blatt 1 lässt sich die Softwarearchitektur der Digitalen Fabrik in jeweils eine Bedienungs-, Funktions- und Datenmanagementebene einteilen. Danach erhält ein Anwender über die Schnittstelle der Bedienungsebene und für seine Aufgabe den Zugriff auf die notwendigen Informationen und Funktionsmodule in Anlehnung an Abbildung 14. Das Datenmanagement stellt über Verknüpfungen die Abhängigkeiten zwischen allen relevanten Daten des Produktionsentstehungsprozesses bezogen auf das Produkt, die Resource, den Prozess und das Projekt her (vgl. [VDI-08], Bild 15).

In der VDI 4499 Blatt 1 wird eingangs ein durchgängiges Datenmanagement als Anforderung für eine Integration der digitalen Modelle, Methoden und Werkzeuge genannt [VDI-08]. Eine erweiterte Interpretation dieser Vorgabe lässt sich als Integration vorhandener Einzelsysteme mit dem Ziel einer geschlossenen Prozesskette formulieren.

¹⁸ Eine exakte Abgrenzung von PLM und Digitaler Fabrik existiert nicht. Ein Beispiel: „*A new and fast growing discipline within PLM is Digital Manufacturing - a strategic approach to developing and deploying optimal manufacturing processes.*“ [Bro-04], S. 3

¹⁹ Die grundsätzliche Vorgehensweise zur Einführung sowie eine ausführliche Beschreibung sämtlicher Funktionen von PDM-Systemen ist Bestandteil der VDI-Richtlinie 2219 [VDI-02].

Abbildung 15 zeigt zwei grundsätzliche Alternativen einer Infrastruktur für die Digitale Fabrik. Einerseits kann eine Integrationsplattform geschaffen werden, welche Schnittstellen zu allen eingesetzten Systemen bzw. Planungsfunktionen aufweist. Andererseits ist eine Kopplung von Systemen über Direktschnittstellen, d.h. ein Verzicht auf ein integriertes Management, möglich. Eine gemischte Lösung wie dargestellt ist denkbar, um kurzfristige Ergebnisse bei der Umsetzung einer Integration von Einzelsystemen zu erzielen.

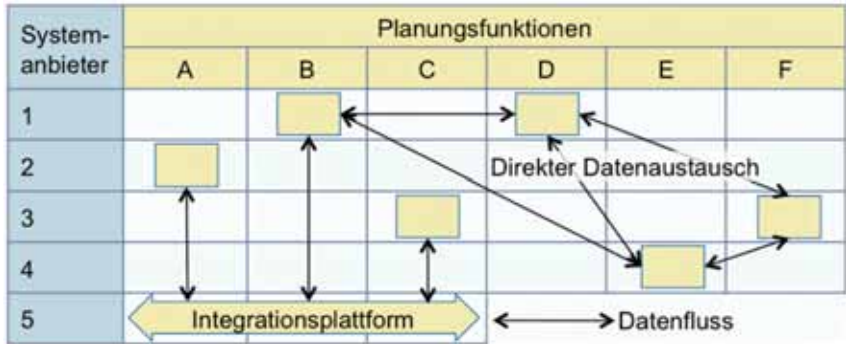


Abbildung 15: Möglichkeiten einer Verknüpfung verschiedener Systeme in Anlehnung an [PeD-08], S. 42

Für die Digitale Fabrik existiert kein vergleichbares detailliertes Systemkonzept. Dies ist Fokus von Blatt 3 der VDI Richtlinie 4499 – Datenmanagement und Systemarchitektur.²⁰

Eine Systemarchitektur ist das Ergebnis einer individuellen Bedarfsanalyse aus ganzheitlicher Sicht, welche in Abhängigkeit von Unternehmensgröße, Arbeitsinhalten und bestehender Werkzeuglandschaft erfolgen muss [Wen-06].

Moderne Systemarchitekturen, insbesondere Produktdatenmanagementsysteme, bestehen aus drei Schichten, im Einzelnen sind dies Daten-, Applikations- (auch: Geschäftslogik-) und Präsentationsschicht.²¹ Vorteile des 3-Schichtenmodells sind unter anderem die Unterstützung der Webtechnologien für die Präsentationsfunktionen und eine Entkopplung von Anwenderoberfläche (grafische Darstellung), Datenverarbeitung (Verwaltung der

²⁰ Blatt 3 der VDI 4499 (noch unveröffentlicht) beinhaltet ein Vorgehensmodell zum Software-Engineering-Prozess für die Digitale Fabrik, die Bandbreite der technischen Gestaltungsmöglichkeiten sowie Lösungen zur Skalierung der Digitalen Fabrik.

²¹ Diese Begriffe aus dem Software Engineering sind äquivalent zu den genannten Ebenen der VDI 4499 Blatt 1 [VDI-08], Bild 15, auch wenn jene in der Richtlinie nicht weiter ausgeführt werden.

logischen Zusammenhänge) und Datenspeicherung (Sicherung und Bereitstellung). Zudem ist eine Modularisierung der Architektur möglich, die eine Verteilung auf unterschiedliche Rechner sowie das Ersetzen oder Verändern einzelner Komponenten erlaubt [Mül-04].

Die Übertragung von Organisationsstruktur und Prozessverantwortlichkeiten in systemseitig umsetzbare Nutzerrollen ist Grundlage eines Rollen- und Rechtekonzepts.

Der Begriff der Rolle ist eine personenneutrale Bezeichnung für die Anforderungen an verschiedene Situationen. In der Soziologie beschreibt er die Erwartungen an eine Person in einem System. In der Informatik bezieht sich der Rollenbegriff auf die Aufgaben, Eigenschaften und Berechtigungen des Benutzers in einer Software (vgl. „Benutzerrolle“, englisch: „User Role“) [Sta-10]. Dies hat wiederum direkte Auswirkungen auf das Datenmodell und die Systemarchitektur.

Aktuelle Herausforderungen im Bereich PLM bzw. Datenmanagement im Konkreten sind insbesondere die disziplinübergreifende Erfassung von Daten im Planungsprozess sowie die Abbildung wissensbasierter, semantischer Datenmodelle und Ontologien [Ger-08].

3.3.3 Knowledge Based Engineering

Knowledge Based Engineering (KBE) beschreibt den Ansatz einer Integration von Prozess- und Funktionswissen über Systemmechanismen in das 3D-CAD-Modell. Zusätzlich zu den Struktur- und Geometrieelementen werden somit auch produktbezogene Informationen und Konstruktionsabsichten festgehalten. Der Ansatz entlastet in erster Linie den Produktentwickler von zeitraubenden Routine-Tätigkeiten. Durch die Verwendung standardisierter Methoden und Bibliotheken wird die Nachvollziehbarkeit von Entwicklungsprozessen gewährleistet [Lie-04].

Abbildung 16 zeigt die Abbildung von Funktionsprinzipien eines Antriebsstrangs auf Basis einer Ontologie (vgl. Abbildung 8).

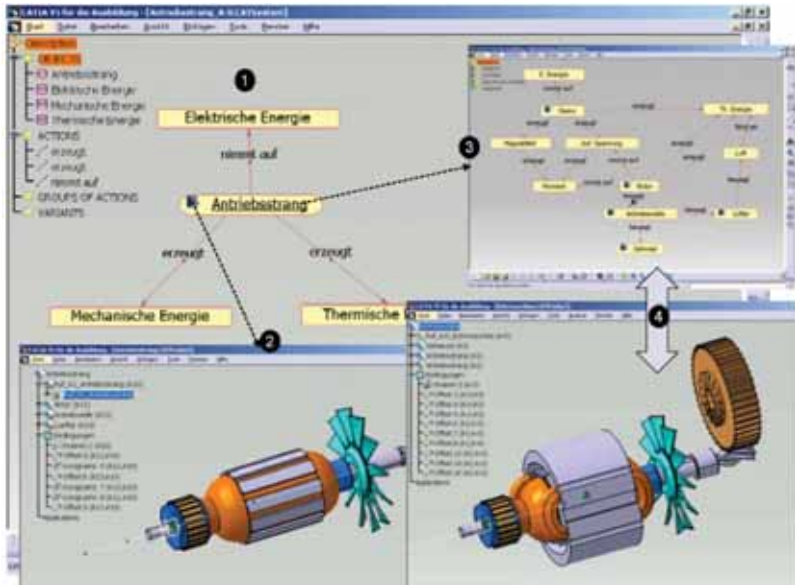


Abbildung 16: Knowledge Based Engineering am Beispiel von Wirkprinzipien [Lie-04], S. 203

Szulman et al. beschreiben Lösungsansätze zum Einsatz von Metamodellen und Ontologien (zur Strukturierung von Begrifflichkeiten) im Rahmen der Digitalen Fabrik in Bezug auf die Sicherstellung der richtigen Bedeutung von Modellinformationen [SAD-05].

Derzeit werden nur bestimmte Phasen des Entwicklungsprozesses durch die KBE-Technologie unterstützt. Zudem sind die Lösungen Softwarehersteller-spezifisch. Folglich existieren keine allgemein einsetzbaren Technologien für die Digitale Fabrik.

3.4 Erfolgsfaktoren der Digitalen Fabrik

Ein möglicher Einführungsprozess der Digitalen Fabrik ist in der VDI-Richtlinie 4499 beschrieben [VDI-08]. Für eine erfolgreiche Einführung der Digitalen Fabrik sind wesentliche Voraussetzungen zu schaffen, die sich wie folgt unterteilen lassen.

Erfolgsfaktoren, welche die Projektdurchführung und -absicherung betreffen.

Durch den Anspruch, unternehmensweit eine Verbesserung zu erzielen, gehört zunächst die Freigabe durch das oberste Management inklusive der Absicherung von Projektbudget

3.4 Erfolgsfaktoren der Digitalen Fabrik

sowie personellen und finanziellen Ressourcen für die Zeitdauer eines strategischen Projektes (mindestens 5 Jahre).

Die Komplexität der Digitalen Fabrik setzt eine verstärkte Prozessorientierung und ein Abflachen von Hierarchien voraus. Dafür muss die bestehende Aufbau- und Ablauforganisation analysiert und optimiert werden [Tie-05].

Für die Projektorganisation muss ein leistungsfähiges, interdisziplinäres Kernteam aus Fachbereichen und IT zusammengestellt werden. In tangierenden Projekten und Fachbereichen muss Akzeptanz für die Digitale Fabrik geschaffen werden [GrB-05].

Erfolgsfaktoren, welche gleichzeitig die Ziele der Digitalen Fabrik darstellen.

Zu diesen Faktoren gehören die Festlegung von Standards und Workflows, das Erreichen einer durchgängigen Datenintegration bzw. geeigneter Schnittstellen sowie die Schaffung einer umfassenden Planungsfunktionalität.

Eine Standardisierung proprietärer Lösungen ist wünschenswert, aber zeitnah nicht zu erwarten.²² Vielmehr müssen die Werkzeuge der Digitalen Fabrik auf die Kernprozesse bzw. die elementaren Bedürfnisse des jeweiligen Unternehmens zugeschnitten werden.

Die große Durchdringung von Software-Werkzeugen im Wertschöpfungsprozess setzt die konsequente Vernetzung der bisherigen Software-Insellösungen voraus (vgl. Abbildung 13). Dabei steigt die Komplexität mit der Einbindung von Kooperationspartnern, weil ein Zusammenschluss von Unternehmen zu erheblichen Abstimmungen in der gemeinsamen Planungstätigkeit führt [Wie-03].

Erfolgsfaktoren, welche den ganzheitlichen Aspekt der Digitalen Fabrik betonen.

Tiedemann nennt in seiner Arbeit mit „Mensch/Personal“, „Kunde/Markt“, „Technik/Prozesse“ und „Logistik/Organisation“ vier Gestaltungsfelder für ein Unternehmen, um zukünftigen Trends im Umfeld der Produktion zu begegnen [Tie-05].

Der Themenkomplex der Digitalen Fabrik verlangt von allen Projektbeteiligten ein umfangreiches Gesamtverständnis. Der wachsende Druck für die Industrie, sich mit der

²² Während der Erstellung dieser Arbeit entstand AutomationML (Automation Markup Language) als XML-basiertes Format für die Speicherung und zum Austausch von Anlagenplanungsdaten (vgl. <http://www.automationml.org>, Zugriff am 07.03.2011). Daneben existieren weitere Datenformate wie z.B. STEP zur Beschreibung physikalischer und funktionaler Merkmale von Produktdaten.

Digitalen Fabrik auseinander zu setzen, resultierte in der Erarbeitung der VDI-Richtlinie 4499 erarbeitet [Mas-06].

3.5 Interaktion von Digitaler Fabrik und Wissensmanagement

Die Digitale Fabrik lässt sich für diese Arbeit wie folgt charakterisieren:

Die Digitale Fabrik ist keine ausschließliche Frage von Software, sondern ein ganzheitliches und zugleich dynamisches und komplexes Thema, welches mit dem Ziel einer Integration von Entwicklung, Produktionsplanung und Produktion die Neu- oder Umgestaltung von Strukturen (Aufbauorganisation) und Prozessen (Ablauforganisation) im individuellen Unternehmen erfordert.

Kommunikation, Integration und Standardisierung sind nach Kapitel 3.2.3 entscheidende Aspekte für eine Weitergabe und Wiederverwendung vorhandenen Wissens in der Digitalen Fabrik. Dies setzt jedoch die Existenz geeigneten bzw. benötigten Wissens voraus. Folglich muss relevantes Wissen für eine Planungstätigkeit zunächst entwickelt werden.

Unter Berücksichtigung des erforderlichen Gesamtverständnisses beteiligter Personen, der notwendigen Vernetzung, einer Kooperation von Unternehmen sowie der ständigen technologischen Weiterentwicklung bietet sich für die Digitale Fabrik das Wissensmanagement auf Basis der Ausführungen von Kapitel 2 grundsätzlich an.

Die VDI-Richtlinie 4499 Blatt 1 spricht nicht explizit von Wissensmanagement. Es besteht jedoch der Anspruch an die Digitale Fabrik, dass durch deren Einführung die Voraussetzungen geschaffen werden, Wissen zu erwerben, zu nutzen, zu erhalten und zu vermitteln [VDI-08]. Konkrete Ansätze zur Umsetzung von Wissensmanagement in der Digitalen Fabrik sowie zur Mitarbeiterqualifikation werden nicht genannt.

Die VDI-Richtlinie 5610 behandelt Wissensmanagement im Engineering. Anhand eines Modells des Ingenieurwissens wird deutlich gemacht, mit welchen Wissensobjekten im Engineering umgegangen wird und wie die hierzu passenden Methoden gefunden und etabliert werden können [VDI-09b]. Ein Bezug zur Digitalen Fabrik erfolgt nicht.

Masurat beschreibt das Ideal einer reinen Projektorganisation, für die Mitarbeiter aus ihren Abteilungen herausgelöst und einem Projektverantwortlichen unterstellt werden. Diese Organisation erlaubt die Bildung von interdisziplinären Teams und beinhaltet Strukturen für eine gezielte Vorbereitung von Mitarbeitern auf ihre Planungstätigkeit („Newcomer-

Pool“) [Mas-06]. Das Ergebnis der Arbeit von Masurat ist eine wichtige Grundlage für eine erfolgreiche Einführung der Digitalen Fabrik. Der Autor erkennt die Notwendigkeit des Wissensmanagements und benennt eine Kommunikationsplattform, in der Experten ihr Wissen an Kollegen vermitteln. Weiterhin beschreibt Masurat das Qualifikationsprofil von Mitarbeitern als Werkzeug eines strategischen Kompetenzmanagements. Ein rollenspezifischer Umgang mit Wissen innerhalb der konzipierten Projektorganisation bzw. des operativen Fabrikplanungsprozesses ist dagegen kein Bestandteil der Dissertation.²³

Tiedemann beschreibt in seiner Dissertation einen Ansatz zur Umsetzung von Wissensmanagement in der Fabrikplanung. Auf Basis der Bausteine von Probst et al. erarbeitet er ein „Methodenpaket“, das den Aufbau einer gemeinsamen Wissensbasis in der Fabrikplanung ermöglicht. Konkrete Elemente diesbezüglich sind ein Referenzprozessmodell für die Standardisierung, die Teilautomatisierung sowie der Multimediaeinsatz für die Mitarbeiterqualifikation [Tie-05]. Tiedemann geht nicht konkret auf die Beziehung von Planungsmitarbeiter und Wissensbedarf ein. Zudem benennt erst im Ausblick der Arbeit das Vorhaben, die Elemente in eine (nicht weiter definierte) Softwareplattform zu überführen.

Die Analyse der genannten VDI-Richtlinien und Dissertationen lässt darauf schließen, dass die individuellen Bedürfnisse bzw. Kompetenzen beteiligter Entwickler und Planer bislang nicht berücksichtigt wurden. Somit fehlt ein praxisorientiertes Konzept, wie Wissen im operativen Planungsprozess systematisch eingesetzt bzw. verwaltet werden kann.

Wenn es um die Realisierung von Wissensmanagement in der Digitalen Fabrik gemäß der Motivation in Kapitel 1.3 geht, ist festzuhalten, dass ein kontextabhängiger und rollenspezifischer Umgang mit Wissen nicht zwangsläufig auf eine Systemumgebung reduziert werden darf. Dabei sind diese Aspekte wichtige Faktoren einer effizienten Entwicklung und Vermittlung fehlenden Wissens sowie der zielgerichteten Durchführung von Planungstätigkeiten im Hinblick auf eine Rollenkompatibilität.

Ein erster Schritt in Richtung eines Wissensmanagements in der Digitalen Fabrik unter Berücksichtigung der genannten Aspekte erfolgt in Kapitel 4 durch die Modellierung von Anwendungsfällen. Diese stellen für die Rollen in einer Produktentwicklung sowie Produktions- und Fabrikplanung (allgemein: „Funktionsrollen“) den Umgang mit Wissen dar.

²³ Analog zum Rollenbegriff in der Informatik spricht man in der Projektorganisation aufgrund des temporären Charakters von Projekten ebenfalls von Rollen und nicht von Personen (vgl. [V-M-06]).

4 Wissensaktivitäten aus Geschäftsprozesssicht

*„Es ist nicht genug, zu wissen, man muss auch anwenden;
es ist nicht genug, zu wollen, man muss auch tun.“*

(Johann Wolfgang von Goethe)

Für eine Prozessmodellierung sind zunächst einige Grundlagen hinsichtlich geeigneter wissensflussorientierter Modellierungsmethoden zu schaffen. Die Identifizierung relevanter Funktionsrollen erlaubt die Ableitung von Anwendungsfällen sowie die Modellierung rollenspezifischer und aufgabenorientierter Wissensprozesse im Kontext der Digitalen Fabrik. Die Erkenntnisse aus der Modellierung werden schließlich in Form von Wissensaktivitäten klassifiziert und im Hinblick auf ein operatives Wissensmanagement diskutiert.

4.1 Modellierung rollenspezifischer Wissensprozesse

Voraussetzung für einen optimalen Umgang mit Wissen in der Digitalen Fabrik ist das Verständnis über die Geschäfts- und Wissensprozesse in allen relevanten Bereichen der Fabrikplanung. Mit Hilfe einer Prozessmodellierung können die relevanten Informationen übersichtlich dargestellt und hinsichtlich ihrer Schwachstellen analysiert werden. Dabei wird nach Möglichkeiten gesucht, die Prozesse um vorhandene Fehler und Schwachstellen zu bereinigen oder diese wenigstens zu reduzieren.

Bei der Modellierung haben Begriffe wie Prozess, Organisation und Verantwortlichkeit eine zentrale Bedeutung. Ein Prozess ist in der Regel eine Menge aus Teilprozessen. Ein Teilprozess selbst besteht aus einer Menge von Aufgaben, welche ihrerseits eine oder mehrere Aktivitäten vereinen [KMD-09]. Jeder Prozess (analog: Teilprozess, Aufgabe und Aktivität) hat einen Eigentümer. Dieser ist für die Erstellung und kontinuierliche Verbesserung seines Prozesses verantwortlich. Basierend auf dem Rollenverständnis der Informatik bzw. Projektorganisation sind an einem Prozess häufig unterschiedliche Rollen mit ihren individuellen Aufgaben beteiligt.

Eine erhöhte Transparenz der Prozesse in einer Organisation wird dadurch erreicht, dass die bestehende Realität vereinfacht und verständlich dargestellt wird. Um vereinfachte

Darstellungen zu erreichen, werden Modelle eingesetzt, die ein reales System in ein abstraktes System abbilden (vgl. Abbildung 17).



Abbildung 17: Modellbildung von realer zu abstrakter Welt nach [Gad-04], S. 54

Im Rahmen des Prozessmanagements existieren zahlreiche grafische Darstellungsmethoden zur Modellierung von Geschäftsprozessen. Diese lassen sich in die Kategorien der objektorientierten und kontrollflussorientierten Methoden gliedern [Gad-04]. Die kontrollflussorientierte Methode wird zu einer wissensflussorientierten Methode erweitert.

Objektorientierte Methoden

Eine bekannte Modellierungsmethode bzw. -sprache ist die Unified Modeling Language (UML). Ihr Fokus liegt in der objektorientierten Modellierung und damit in der Softwareentwicklung. Dafür bietet UML die Möglichkeit der Beschreibung struktureller, verhaltens- und zustandsorientierter Aspekte objektorientierter Modelle. Die verschiedenen Diagramme (u.a. Use-Case-, Aktivitäts-, Sequenz-, Kommunikationsdiagramme) erlauben eine vollständige und eindeutige Modellierung von Prozessen inklusive aller Objekte, Komponenten und Schnittstellen (vgl. [Oes-06], auch www.uml.org).

Die softwaretechnische Notation von UML erlaubt keine flexible Wissensrepräsentation und damit keine allgemein verständliche Wissensmodellierung. Dennoch ist das Use-Case-Diagramm insbesondere für die Darstellung von personenbezogenen Aktivitäten und Kollaboration in einem spezifischen Kontext geeignet („Was leistet mein System für seine Umwelt?“). Die Modellbildung in Abbildung 17 lässt sich diesbezüglich auf die Vereinfachung realer Personen durch abstrakte Rollen erweitern.

Eine im Vergleich zu UML verbesserte Verständlichkeit und Handhabbarkeit der Prozesse liefert die Business Process Modeling Notation (BPMN, vgl. [All-09], Anhang A.3). Sie bietet eine geschäftsprozess- bzw. Workflow-orientierte Modellierung sowie die Definition von echten Unterprozessen (auch Ad-hoc-Prozessen) und Transaktionen (logische Gruppe von Aktivitäten). Andererseits eignet sich BPMN nur bedingt für Prozesse, die auch Menschen involvieren [Wei-08].

Kontrollflussorientierte Methoden

Die Gruppe der kontrollflussorientierten Notationen zur Prozessmodellierung hat sich aufgrund von Anforderungen an das Prozessmanagement entwickelt. Dazu gehört die Berücksichtigung beteiligter Organisationseinheiten und IT-Systeme in der Betrachtung von Geschäftsabläufen [LSW-97]. Eine verbreitete kontrollflussorientierte Methode ist die Darstellung von Prozessen mit Ereignisgesteuerten Prozessketten (EPK)²⁴. Sie ist die bestimmende Modellierungsmethode der integralen Steuerungssicht des ARIS-Konzepts (vgl. Kapitel 2.3.3, [All-99]).

Werden die ARIS-Sichten mit Bezug auf Abbildung 7 unter dem Gesichtspunkt des Wissensmanagements betrachtet, ergeben sich die in Tabelle 2 genannten Fragestellungen.

Datensicht	Welche Datenbanken und Informationssysteme gibt es? Welche Wissensdokumente (explizites Wissen) existieren?
Steuerungssicht	Wie werden Informations- und Wissensprozesse verknüpft?
Organisationssicht	Wo sind die Wissensträger? Wer besitzt welches Wissen? Welche Kommunikationsstrukturen existieren im Planungsprozess?
Funktionssicht	Welche Funktionen bzw. Handlungen erzeugen Wissen?
Leistungssicht	Welches Wissen wird im Planungsprozess generiert? Welches Wissen ist für die Durchführung von Aktivitäten erforderlich?

Tabelle 2: Übertragung von Fragestellungen des Wissensmanagements auf die ARIS-Sichten

Das ARIS-Konzept setzt eine Prozessmodellierung in einem festgelegten organisatorischen Rahmen voraus. Mittels der EPK kann bestimmt werden, welches Objekt bzw. welcher Prozess Gegenstand der Modellierung sein soll. Prozesse mit verborgenem bzw. unstrukturiertem Wissen werden allerdings nicht explizit durch die EPK unterstützt.

Wissensflussorientierte Methoden

Um wissensintensive Abläufe zu modellieren, ist es erforderlich, die bisherige EPK-Nomenklatur hinsichtlich einer wissensspezifischen Syntax zu erweitern. Diesbezüglich bietet sich die Knowledge Modeling and Description Language (KMDL) an [GPS-03].

²⁴ Die Notation der EPK ist in Anhang A.1 abgebildet.

Diese Modellierungssprache unterscheidet eine Prozess- und Aktivitätssicht.²⁵ Während die Prozesssicht vollständig auf der EPK basiert und Aufgaben in einen zeitlichen Zusammenhang bringt, werden in der Aktivitätssicht Informations- und Wissensobjekte detailliert. Informationsobjekte beinhalten ausschließlich kodifiziertes Wissen und sind mit Informationssystemen verknüpft. Wissensobjekte charakterisieren dagegen undokumentiertes Wissen, weshalb sie einen Bezug zu Personen bzw. Rollen haben. Sämtliche Wissensflüsse zwischen an Aufgaben beteiligten Personen, d.h. auch verborgene und unstrukturierte Prozesse, können durch Konversionen (sinngemäß die Umwandlung von Wissen) abgebildet werden. Damit wird das von Nonaka und Takeuchi geprägte SECI-Modell der Wissenstransformation (vgl. Abbildung 3) in der Notation unterstützt.

Hinsichtlich der Analyse von Wissensprozessen werden folgende Schritte durchlaufen:

- Modellierung des Planungsprozesses aus Wertschöpfungssicht (Kapitel 4.2)

Zur Identifizierung von Funktionsrollen in der Digitalen Fabrikplanung wird unter Verwendung von EPK der Kernprozess der Produkt- und Produktionsplanung modelliert. Aus der Einordnung der Funktionsrollen in den Kontext der Planungslebenszyklen und Fabriksystemebenen lassen sich sechs Anwendungsfälle ableiten.

- Modellierung aufgabenorientierter Prozesse (Kapitel 4.3):

Die Beschreibung der Aufgaben und Anforderungen für ausgewählte Funktionsrollen innerhalb der abgeleiteten Anwendungsfälle ermöglicht eine detaillierte Analyse des aufgabenorientierten Informations- und Wissensflusses zwischen allen Wissensträgern, d.h. Projektmitgliedern und der Informations- und Kommunikationstechnologie. Diesbezüglich werden die Fragestellungen aus Tabelle 2 erörtert.

- Systematisierung wissensintensiver Teilprozesse (Kapitel 4.4):

Die Erkenntnisse aus der Modellierung von Wissensprozessen erfordern eine Systematisierung der aufgabenorientierten Teilprozesse hinsichtlich relevanter Funktionen und Methoden. In Anlehnung an Tabelle 2 und der Folgerung, dass Leistungen die Ergebnisse von Prozessen bzw. Funktionen sind, können Wissensaktivitäten klassifiziert und Schwachstellen aktueller Abläufe identifiziert werden.

²⁵ Die Version 2.2 ergänzt die KMDL um eine Kommunikationssicht (vgl. [KMD-09]). Diese beschreibt den Ablauf der Kommunikation innerhalb der betrachteten Organisation. Da die Organisation auf die Projektumgebung reduziert ist, wird die Kommunikationssicht für diese Arbeit nicht weiter verfolgt.

4.2 Mitarbeiterrollen im Planungsprozess der Digitalen Fabrik

Mitarbeiter können durch abstrakte Funktionsrollen („Entwickler“, „Planer“) hinsichtlich ihrer Tätigkeit in die Anwendungsgebiete der Digitalen Fabrik (vgl. Abbildung 14) eingeordnet werden. Sehr praxisnah kann dies über die Zuordnung ausgewählter Tätigkeiten in den Wertschöpfungsprozess eines Fertigungsunternehmens erfolgen. Diese Zuordnung ist mithilfe der EPK-Methode dargestellt worden und befindet sich in Anhang B.

Alternativ können Rollen aus betrieblichen Eingruppierungen resultieren, wo Mitarbeiter gemäß ihrer Aufgaben, Ausbildung, Verantwortung und Erfahrung bewertet werden.²⁶

Für die Modellierung der Fabrikplanungsprozesse lassen sich die identifizierten Funktionsrollen verschiedenen Aspekten zuordnen.

Zunächst können die Rollen mit ihren jeweils unterschiedlichen Aufgaben hinsichtlich des Gestaltungsfokus einzelnen Systemebenen der Fabrik (vgl. Kapitel 3.1.4) zugewiesen werden. Sofern eine Funktionsrolle mehrere Ausprägungen besitzt, definiert die höchste Systemebene den erforderlichen Planungshorizont einer Rolle im Hinblick auf Wissen und Kommunikation.

Eine weitere Charakterisierung bietet die Einordnung der Rollen über die Lebenszyklen der Produktentwicklung (PE), Produktionsplanung (PP), Produktionsanlauf (PA), Produktionsbetrieb (PB) und Auftragsabwicklung (AA).²⁷

Aus den Anwendungsgebieten der Digitalen Fabrik (vgl. Abbildung 14) sowie angelehnt an Prozessstrukturen und -abläufe aus der Praxis lassen sich schließlich sechs Anwendungsfälle (englisch: Use-Cases) für eine Wissensflussmodellierung innerhalb der Digitalen Fabrik ableiten. Diese bilden die Basis von Abbildung 18. Aus Gründen der Transparenz wird die Produktionsplanung (PP) für die Modellierung der Wissensflüsse in die drei Use-Cases der Prozessplanung, Ressourcenplanung und Planungsabsicherung zerlegt.

Kernaufgabe des Projektmanagements als erster Anwendungsfall liegt in der inhaltlichen und zeitlichen Synchronisation einzelner Teilprojekte bzw. Fachdisziplinen, hier dargestellt durch weitere Use-Cases. Alle aus Anwendungsgebieten, Wertschöpfungsicht und

²⁶ vgl. ERA - <http://eratv.de>, Zugriff am 07.03.2011.

²⁷ Die Schnittstelle zum Fabrikbetrieb (PB+AA) aus Sicht des Wissensflusses wird in Kapitel 7.5 diskutiert.

4.2 Mitarbeiterrollen im Planungsprozess der Digitalen Fabrik

Praxisbezug abgeleiteten Funktionsrollen, namentlich Projektmanager [PM], Produktplaner [PP], Produktentwickler [PE], Prozess-/Fertigungsplaner [PFP], Logistikplaner [LOG], Arbeitswissenschaftler [AWI], Betriebsmittelplaner [BMP], Layoutplaner [LAY], Ergonomiesimulationsexperte [ESE], Robotersimulationsexperte [RSE], Prozesssimulationsexperte [PSE], Ablaufsimulationsexperte [ASE], Offline-Programmierer [OLP] und Produktionsprogrammplaner [PPS], sind in das Raster von Lebenszyklen, Systemebenen der Fabrik und Use-Cases eingefügt, sofern sie eine zentrale Rolle im Use-Case wahrnehmen.

Neben der Projektorganisation (vgl. Kapitel 3.4) stellt das Daten- und Informationsmanagement gemäß Kapitel 3.3.1 ein weiteres Element zur Daten- und Prozessintegration der Digitalen Fabrik dar.

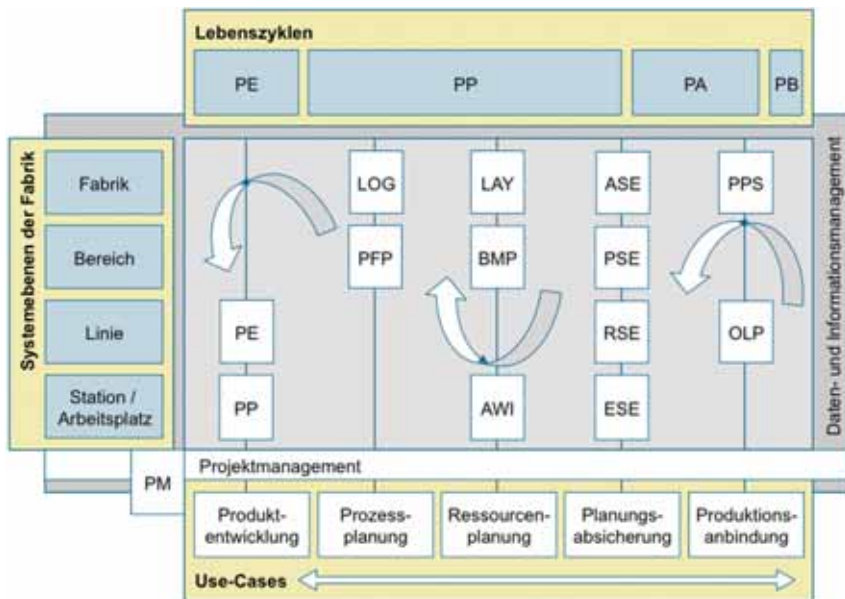


Abbildung 18: Aus mehreren Ausprägungen abgeleitete Use-Cases mit zugeordneten Funktionsrollen²⁸

²⁸ Die Zuordnung von Mitarbeiterrollen und Lebenszyklen erfolgte am 04.03.2008 auf der 4. Sitzung des VDI-Unterausschusses „Datenmanagement und Systemarchitektur in der Digitalen Fabrik“.

Die in Abbildung 18 auf dem Raster befindlichen Pfeilbögen verdeutlichen den iterativen Projektverlauf. Des Weiteren stellt der horizontale Pfeil innerhalb der Use-Cases die Verknüpfung zwischen diesen dar. Darauf aufbauend ist die Wissensintegration zu klären, d.h. der Verlauf des zwischen den Funktionsrollen generierten, ausgetauschten und gespeicherten Wissens.

4.3 Rollenspezifische und aufgabenorientierte Wissensprozesse

Nachfolgend werden die wissensintensiven Teilprozesse für die in Kapitel 4.2 abgeleiteten Anwendungsfälle modelliert. Hierfür wird die kombinierte Prozess- und Aktivitätssicht der KMDL genutzt, welche das SECI-Modell (vgl. Abbildung 3) einbezieht.

Der fehlende Bezug zu realen Personen bietet keine Möglichkeit der Ableitung von verfügbaren Kompetenzen („Ist-Kompetenzen“), die ein individueller Mitarbeiter aktuell in seiner spezifischen Rolle besitzt. Dagegen lassen sich die spezifischen Tätigkeiten bzw. Aufgaben einer Funktionsrolle in charakteristische Wissenskonversionen gemäß SECI-Modell überführen. Hierbei erlauben die Konversionen eine Aussage über die benötigten Kompetenzen („Soll-Kompetenzen“) für die Funktionsrolle in einer idealen Planungsumgebung.

In den folgenden Unterkapiteln werden für jeden Anwendungsfall die Wissensträger (vgl. Kapitel 2.1.2.4) hinsichtlich ihrer Tätigkeiten und Schnittstellen beschrieben. Da die Inhalte der jeweiligen Anwendungsfälle in Anlehnung an die gängige Praxis größerer automobiler Fertigungsunternehmen modelliert sind, besteht kein Anspruch an eine Übertragbarkeit für andere Branchen oder Unternehmensgrößen.

Aus Gründen der Transparenz kann die Granularität der Wissensflüsse nicht beliebig fein sein. Dabei wird angenommen, dass einer Funktionsrolle die benötigten Kompetenzen zur Verfügung stehen. Zudem werden optionale Elemente der KMDL wie Methoden (M) und Funktion (F) aus gleichen Gründen den Wissensprozessen nur exemplarisch zugeordnet. Kapitel 4.4 greift ausgewählte Bereiche bzw. Aufgaben sowie Methoden und Funktionen hinsichtlich einer Systematisierung auf und stellt diese dabei vergrößert dar.

Aus Platzgründen ist die KMDL-Notation nicht als Legende in den nachfolgenden Abbildungen enthalten, sondern gesondert in Anhang A.2 dargestellt.

4.3.1 Szenario „Projektmanagement“

Das Projektmanagement ist sowohl elementarer Baustein eines Projektes als auch gleichzeitig notwendige Kompetenz für die Rolle eines Projektmanagers. Es ist im Allgemeinen abhängig von der Unternehmensgröße, dem daraus resultierenden Projektumfang und der ggf. in diesem Zusammenhang gezielt eingesetzten Projektgliederung und -organisation.

In Abbildung 19 ist die Untergliederung des Projekts der Fabrik- und Produktionsplanung in einzelne Teilprojekte und Arbeitspakete dargestellt. Diesbezüglich können externe (Auftraggeber, Kunde) und interne Schnittstellen (Teilprojektbereiche sowie führende und unterstützende Unternehmensbereiche) identifiziert werden. Deren inhaltliche und zeitliche Verantwortung, Koordination und Synchronisation stellt die Hauptaufgabe des Projektmanagements bzw. der Rolle des Projektmanagers dar.

Zu den notwendigen Kenntnissen des Projektmanagers gehören neben einem umfassenden Prozessverständnis das Projektmanagement und betriebswirtschaftliche Grundlagen. Außerdem erfordert die Fabrikplanung eine ausreichende Fach- und Methodenkompetenz in der Informations- und Kommunikationstechnik inklusive der Anwendung von Werkzeugen und Methoden der Digitalen Fabrik und des Wissensmanagements. In seiner Rolle benötigt der Projektmanager eine hohe soziale Kompetenz sowie die Fähigkeit, in komplexen Systemen und Prozessen zu denken und zu handeln.

Die Arbeitspakete des Projektmanagers können in die Fortschrittskontrolle des Projektes (Überwachung des Projektstatus), die Planungsabstimmung (Koordination von Planungsständen) und die Ergebnisdokumentation sowie – abhängig von der Organisationsform – die Mitarbeiterführung aufgeteilt werden. Jedes Arbeitspaket beinhaltet mehrere Wissens-träger, die ihr spezifisches Wissen zur Lösung der Aufgabe beitragen. In den Teilprojekt-bereichen kann das erforderliche Wissen als unstrukturiertes Kollektivwissen oder – bei Einsatz zusätzlicher Teilprojektleiter – als bereits vorstrukturiertes Wissen existieren.

Sämtliche Ergebnisse in Form von Informationsobjekten (z.B. Arbeitsplan, Simulationsergebnisse, Projektplan) werden als gespeicherte Planungsstände personenunabhängig in Informationssystemen abgelegt. Deren Interpretation generiert neues persönliches Wissen und ergänzt dies mit eigenen Erfahrungen. Analog können vorhandene Informationen (z.B. Zeit- und Ressourcenpläne, erhaltene Berichte via E-Mail) für die Erstellung neuer Informationen (Projektpläne, Statusberichte) kombiniert werden. Für die Unternehmensführung oder den Auftragsgeber bzw. Kunden werden Statusberichte in ggf. abgeänderter

Form erstellt. Sofern es dabei nicht zu einem gezielten Feedback kommt, handelt es sich um eine einseitige Kommunikation.

Die kollaborative Abstimmung des Planungsstandes erfordert die Einladung aller benötigten Wissensträger. Das in der Besprechung ausgetauschte persönliche Wissen wird mit verfügbaren Informationen kombiniert und schließlich dokumentiert. Dabei stellt diese Abstimmung eine komplexe Sozialisation dar, bei der umfangreiches Wissen über den jeweiligen Projektstatus vorhanden sein muss.²⁹

Die Aktivitäten im Projektmanagement bauen umfangreich auf existierendem Wissen auf, so dass die Bausteine der Wissensverteilung, -nutzung und -speicherung zum Einsatz kommen. Damit aber ein Projektstatus inklusive verknüpftem Fakten- und Handlungswissen jederzeit und vollständig erfassbar bzw. abrufbar ist, müssen alle Wissensträger allgemein bekannt sowie verfügbar sein. Hieraus resultiert ein erhöhter Aufwand für die Identifikation von Wissen, vor allem zu Beginn eines Projekts, d.h. nach Neu- bzw. Umgestaltung einer Projektorganisation.

In Bezug auf die Einbindung neuer Projektmitglieder muss der Projektmanager allen Mitgliedern grundlegende Projektinformationen zur Verfügung stellen. Zugleich erfordert die Mitarbeiterführung auch eine Abstimmung des individuellen (Ist-)Kompetenzstandes auf kommunikativer Ebene.³⁰

Es ist die Aufgabe des Projektmanagers, von allen Projektbeteiligten das für ihn wichtige, selektive Wissen über den Projektstatus regelmäßig und verwertbar zu bekommen. Dieser Wissensaustausch kann sowohl durch direkte Kommunikation mit dem benötigten Wissensträger als auch durch indirekten Austausch erfolgen, indem der Wissensträger einer Schnittstelle sein persönliches Erfahrungswissen dokumentiert und dieses über geeignete Werkzeuge der IKT an den Projektmanager schickt.

Der im Projektmanagement im Vergleich zu anderen Anwendungsfällen hohe Anteil von Kommunikation macht sich in der Menge weniger Internalisierungen bemerkbar.

²⁹ Komplexe Konversionen werden in der KMDL durch eine ungleiche Anzahl an Informations- oder Wissensobjekte (1:n oder n:1) auf den beiden Seiten dargestellt. Dagegen besteht eine atomare Konversion aus genau einem eingehenden und einem ausgehenden Objekt (vgl. [KMD-09], S. 32 und 33).

³⁰ Sämtliche lernbezogenen Aktivitäten, also gezielter Wissenserwerb aus Sichtweise des Projektmitglieds, fehlen mangels gängiger Praxis in der Abbildung. Sie werden in Kapitel 4.4.2 hergeleitet.

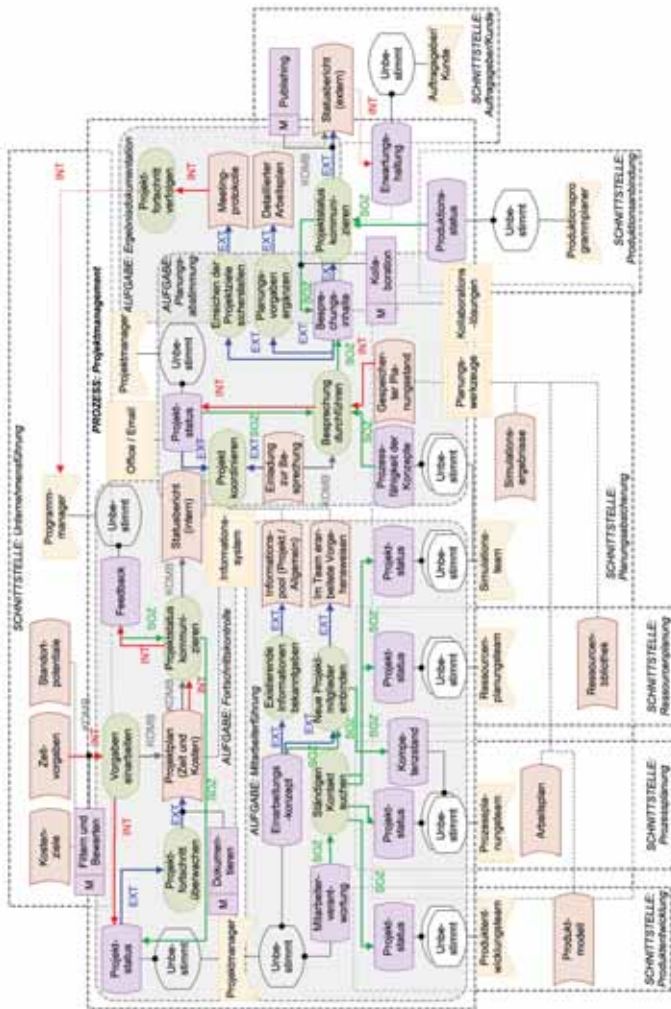


Abbildung 19: Wissensintensive Teilprozesse im Projektmanagement ³¹

³¹ Legende in Anhang A.2

4.3.2 Szenario „Produktentwicklung“

Ziel der Produktentwicklung ist die Absicherung des Produktkonzepts.³² In Abhängigkeit von der Produktkomplexität wird die Ermittlung der produktrelevanten Strategien und Anforderungen durch die Rolle eines Produktplaners vorgenommen. Dieser verknüpft sämtliche Informationen aus dem Markt- und Technikumfeld (Marktinformationen, Kundenbedürfnisse, Umweltvorschriften) mit weiteren Anforderungen aus dem Umfeld der Fabrik und fasst diese in einem Pflichtenheft zusammen. Entscheidend ist die Kommunikation des Ergebnisses an die Produktentwicklung durch Konversionen der Sozialisation oder Internalisierung kodifizierten Wissens auf Basis des Pflichtenheftes.

Der Kern der Produktentwicklung untergliedert sich in verschiedene Arbeitspakete, welche Schnittstellen zu anderen Bereichen mit ihren Funktionsrollen besitzen.

Die Aufgabe der „Umsetzung der Vorgaben der Produktplanung“ führt zu ersten produkt-spezifischen Geometrie-, Struktur- und Materialinformationen. Diesbezüglich verlangen vorhandene Informationsobjekte (z.B. Pflichtenheft, dokumentierte Konzepte, Konstruktionsskizzen, etc.) vom Produktentwickler ein Kombinieren und Internalisieren in geeignetes Fach- und Handlungswissen und dessen Ergänzung mit eigener Erfahrung.

Diese ersten generierten Informationen werden vom Produktentwickler gemeinsam mit den Funktionsrollen der angrenzenden Arbeitspakete analysiert und visualisiert. Ziel ist zum einen die Abstimmung der Prozess- und Fertigungsvorgaben mit dem Prozess- und Betriebsmittelplaner, zum anderen die Abstimmung des Entwicklungsstandes mit dem Entwicklungsteam, dem Projektmanager und ggf. dem Kunden.³³ Der Austausch von Wissen bzw. Erfahrung basiert überwiegend auf der Konversionsmethode der Sozialisation, kann aber auch mittels dokumentierter Maßnahmen („Best Practices“) transferiert werden.

Eng mit der Produktentwicklung verbunden sind spezielle Funktionsrollen innerhalb des Arbeitspaketes der „Produktoptimierung“. Der CAE-Analyst ist mit der fertigungsgerechten Auslegung und Optimierung der Bauteile beschäftigt. Der DMU-Spezialist analysiert Produkte durch Anwendung von Visualisierungswerkzeugen hinsichtlich eines bestmöglichen Bauraumkonzepts. Beide Funktionsrollen arbeiten eng mit dem Produktentwickler

³² Die Produktplanung wird an dieser Stelle nicht detailliert. Bezüglich der Wissensrelevanz in den frühen Phasen vgl. [WeW-06].

³³ Thematisch lässt sich die Abstimmung bereits dem Projektmanagement zuordnen (siehe Abbildung 19).

zusammen, um das detaillierte Produktkonzept abzusichern.³⁴ Diese Tätigkeiten sind von hoher Fach- und Methodenkompetenz (branchen-, produkt-, materialspezifisch) sowie der Anwendung spezieller Werkzeuge (z.B. CAX- und Visualisierungswerkzeuge) geprägt.

Alle Ergebnisse der Produktentwicklung werden an die Prozess- und Ressourcenplanung übergeben. Dafür sind diese zuvor zwischen Entwicklungsteam, Prozessplaner, Betriebsmittelplaner und Projektmanager abzustimmen. Zu einem späteren Zeitpunkt bekommt der Produktentwickler konstruierte Betriebsmittel und ggf. physikalische Prototypen des Produkts zur Begutachtung oder ist angehalten, auf Änderungswünsche der Werkzeugkonstruktion einzugehen.

Die Aufgaben von Dokumentation und Änderung setzen Abstimmungen für weitere Aktivitäten voraus. Der Ist-Prozess sieht dabei keine Lösung für einen Rückfluss von Wissen („Feedback“) in die Projektorganisation als Kollektivwissen vor.

Neben seiner fachlichen Kompetenz benötigt der Produktentwickler für die eigene Aufgabe im Kontext des Gesamtprozesses ausreichend Prozessverständnis, um vorhandene Ressourcen (Dokumente, Personen) zu identifizieren. Des Weiteren ist es hilfreich zu wissen, wie der Daten- und Informationsfluss verläuft und welches bzw. wie viel Wissen in nachfolgenden Phasen erforderlich ist. Schließlich ist auch ein ausreichendes Maß an sozialer Kompetenz ein wichtiger Baustein hinsichtlich der Abstimmung und Kommunikation im Projektteam oder mit Kunden bzw. Lieferanten.

Die Übertragung des Produktkonzeptes in Dokumente und digitale Modelle, z.B. Spezifikationen, 3D-Produktrepräsentationen oder Berechnungsmodelle, ist maßgebliche Aufgabe des Produktentwicklers. Diese Informationsobjekte entstehen durch Anwendung persönlichen Handlungswissens des Produktwicklers als hauptsächlicher Wissensträger. Hier kommen die Konversionsmethoden der Externalisierung und Kombination zum Einsatz. Aufgrund der abstrakten Konversionen³⁵ in der Produktkonzeption und -verbesserung verbleibt jedoch stets stillschweigendes Erfahrungswissen beim Produktentwickler. Diesbezüglich hat der

³⁴ Die hierfür relevante Kommunikation zwischen den verschiedenen Funktionsrollen („nach Feedback fragen“) ist aus Gründen der Übersichtlichkeit in Abbildung 20 nicht dargestellt.

³⁵ Abstrakte Konversionen setzen sich in der KMDL aus mehreren beteiligten Input- und Output-Objekten zusammen, wobei die Entstehungswege nicht mehr nachvollzogen werden können (vgl. [KMD-09], S.30). Dies ist in der Produktentwicklung durch das häufig kreative, intuitive und iterative Vorgehen der Fall.

Produktentwickler (analog der CAE-Analyst und DMU-Spezialist) ein Wissensmonopol, dessen vollständige Umwandlung in kollektives Wissen zu diskutieren ist.

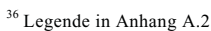
Für die Tätigkeiten in der Produktentwicklung nehmen Externalisierung und Kombination mehr als die Hälfte der Wissensaktivitäten ein. Dahinter verbirgt sich das in Dokumente bzw. Modelle integrierte Fach- und Handlungswissen des Produktentwicklers. Der Zugriff auf dieses gespeicherte und verteilte Wissen muss für alle Beteiligten im Prozess langfristig sichergestellt werden.

Nicht alle erforderliche Kompetenz kann bei einer Rolle bzw. Person liegen. Beispielsweise wird die Qualität und Validität des Ergebnisses der Produktentwicklung auch von der Kompetenz des Prozessplaners und Betriebsmittelplaners geprägt. Die Abstimmung auf kommunikativer Ebene zwischen den Schnittstellen der Teilprozesse und Aufgaben erfordert die dauerhafte Verfügbarkeit aller erforderlichen Funktionsrollen.

Der Wissensaustausch im der Produktentwicklungsprozess wird durch die Konversionsmethoden der Kombination und Sozialisation sichergestellt. Für die Interpretation vorhandener Informationen oder kommunizierten Erfahrungswissens muss die erforderliche Kompetenz sichergestellt oder ad-hoc entwickelt werden. Dies ist bei der Realisierung eines kontextspezifischen Wissensaufbaus zu berücksichtigen.

Die Wissenskonversionen innerhalb der Produktentwicklung sind nachfolgend abgebildet.

Abbildung 20: Wissensintensive Teilprozesse in der Produktentwicklung³⁶



4.3.3 Szenario „Prozessplanung“

Ziel der Prozessplanung ist die Prozessfähigkeit des Produktions- und Logistikprozesses inklusive der erforderlichen Zeit- und Kostenkalkulation. Dieser Anwendungsfall besteht aus den Teilprozessen der Prozess- und Fertigungsplanung sowie der Logistikplanung.

Der Prozessplaner hat eine führende Rolle innerhalb des Planungsprozesses, da er mit anderen Fachdisziplinen kontinuierlich im Austausch steht. Zu Beginn holt er sich die Ergebnisse der Produktentwicklung aus einem PDM-System. Bei Bedarf nimmt er Kontakt zum Produktentwickler auf und befragt diesen nach seinem stillschweigenden Produktwissen. Des Weiteren nutzt er vorhandene Planungsergebnisse und standardisierte Strukturen und Ressourcen sowie seine eigene Planungserfahrung, um den Prozess zur Produktherstellung zu entwerfen. Zu dieser Prozessauslegung gehören die Festlegung von Arbeitsvorgängen und deren Reihenfolge, die Planung möglicher Fertigungsvarianten und die Kalkulation benötigter Kapazitäten. Hilfe bei der Ermittlung des Arbeitskräftebedarfs bekommt der Prozessplaner von Seiten des Arbeitswissenschaftlers (kein Bestandteil des Anwendungsfalls).

Parallel zur Prozessauslegung erfolgt im Arbeitspaket „Materialflussdefinition“ die Planung der Prozesse für Transport, Lagerung, Materialhandhabung und Verpackung. Diesbezüglich definiert der Logistikplaner auf Grundlage aller verfügbaren Vorgaben und in enger Abstimmung mit der Prozess- und Layoutplanung den Materialfluss in mögliche Varianten des Fabriklayouts.

Die Wissenskonversionen der Prozessauslegung und Materialflussdefinition sind grundsätzlich von komplexer Art, da sie viele Informations- und Wissensobjekte als Grundlage benötigen und ebenfalls mehrere Ausgangsobjekte ergeben. Neben der erforderlichen Sozialisation wird Wissen durch den Prozess der Internalisierung erworben und mit eigenen Erfahrungen der Prozessplanung kombiniert.

Wichtig ist eine frühe Rückmeldung sämtlicher Prozess- und Materialflussentwürfe an die anderen Bereiche, damit Gesamtprozess und -layout zunehmend konkretisiert werden kann. Dies erfolgt im Arbeitspaket „Konzeptabstimmung“, welches vom Projektmanagement koordiniert wird und dem alle relevanten Funktionsrollen angehören. Hier werden die Planungsstände kontinuierlich und parallel zur Ressourcenplanung alphanumerisch und grafisch ausgewertet und dabei auf ihre ausreichende Dimensionierung, ihre zeitliche und räumliche Anordnung (in Bezug auf Verfahrenswege und Zugänglichkeiten) sowie mögliche Störeinflüsse bewertet.

Initiiert durch die Abstimmung werden die Zwischenergebnisse in die Phase der Planungsabsicherung übermittelt und dort kontinuierlich optimiert. Dafür werden generische Simulationsmodelle aufgebaut, welche unter Verwendung von Simulationswerkzeugen eine dynamische Analyse bzw. visuelle Auswertung der Prozesse ermöglichen. Diesbezüglich werden Prozess- und Logistikplaner im Rahmen der Planungsabsicherung von Simulationsexperten unterstützt. Es kommen die Wissenskonservierungen der Sozialisation und Kombination zum Tragen, welche durch nicht erfassbare Iterationsschleifen und Schnittstellen zur Planungsabsicherung abstrakter Art sind. Zudem sind optimale Abläufe und Materialflüsse Bestandteil des individuellen Erfahrungswissens, welches für eine Verbesserung durch den Simulationsexperten externalisiert werden muss.

Als Ergebnisse werden Arbeitsplan, Stationsliste, Taktzeitdiagramme und Mengengerüst in Form von „optimierten Informationen“ in den Planungswerkzeugen und Informationssystemen abgelegt und nach (positiver) Abstimmung an die Produktionsanbindung übermittelt.

Die Planung von Produktions- und Logistikprozessen verlangt ein umfassendes Verständnis des Mitarbeiters in vielerlei Hinsicht. Von elementarer Bedeutung ist das Grundsatz- und Faktenwissen des Planers über die Gesamtzusammenhänge, den erforderlichen Prozessablauf und die vorhandenen Ressourcen. Neben Kenntnissen über Planungsansätze (z.B. Kanban oder Just-in-Time) ist weiteres Wissen über Methoden der Verfahrensentwicklung, Arbeitsvorbereitung und Qualitätsprüfung erforderlich. Zudem verlangen spezielle Planungs- und Simulationswerkzeuge fundiertes Wissen für die Definition, Visualisierung und Simulation von Prozessen. Für die Aufstellung und Abstimmung von Zeit- und Kostenplänen werden neben kommunikativen Fähigkeiten ausreichende betriebs- und arbeitswirtschaftliche Kenntnisse vorausgesetzt.

Analog zur Produktentwicklung muss der Zugriff auf alle relevanten Informationsobjekte sichergestellt werden. Zudem müssen alle beteiligten Funktionsrollen als notwendige Wissensressourcen für die inhaltliche und zeitliche Abstimmung aller Planungstätigkeiten im erforderlichen Umfang verfügbar sein.

Die der Prozess- und Layoutplanung zur Verfügung gestellten Informationsobjekte müssen um notwendige Vorgehensweisen, Methoden und Hilfsmittel ergänzt werden. Insbesondere die Stärkung der Methodenkompetenz unterstützt den Planer dabei, dem komplexen Planungsverlauf mit seinen Iterationen und zahlreichen Planungswerkzeugen entgegen zu treten. Folglich entscheiden die persönlichen Handlungen, Erfahrungen und Strategien des

Prozess- bzw. Logistikplaners zusammen mit einem umfassenden Grundsatz- und Faktenwissen über Qualität und Effektivität des Planungsergebnisses.

Die Entscheidungsgrundlagen für die Auslegung und Auswertung des Prozesses bzw. Materialflusses verlangen im Vergleich zur Produktentwicklung eine verstärkte Offenlegung der eigenen Kompetenz und Erfahrung. Folglich ist die Externalisierung bzw. Kombination von Wissen durch den Prozess vielfach vorgegeben. Die Gewichtung von Sozialisation und Externalisierung ist vom Einzelfall, d.h. der spezifischen Aufgabe, abhängig.

Abbildung 21 stellt die Wissenskversionen innerhalb der Prozessplanung, ausgenommen Iterations- bzw. Optimierungsschleifen, in der KMDL-Notation dar.

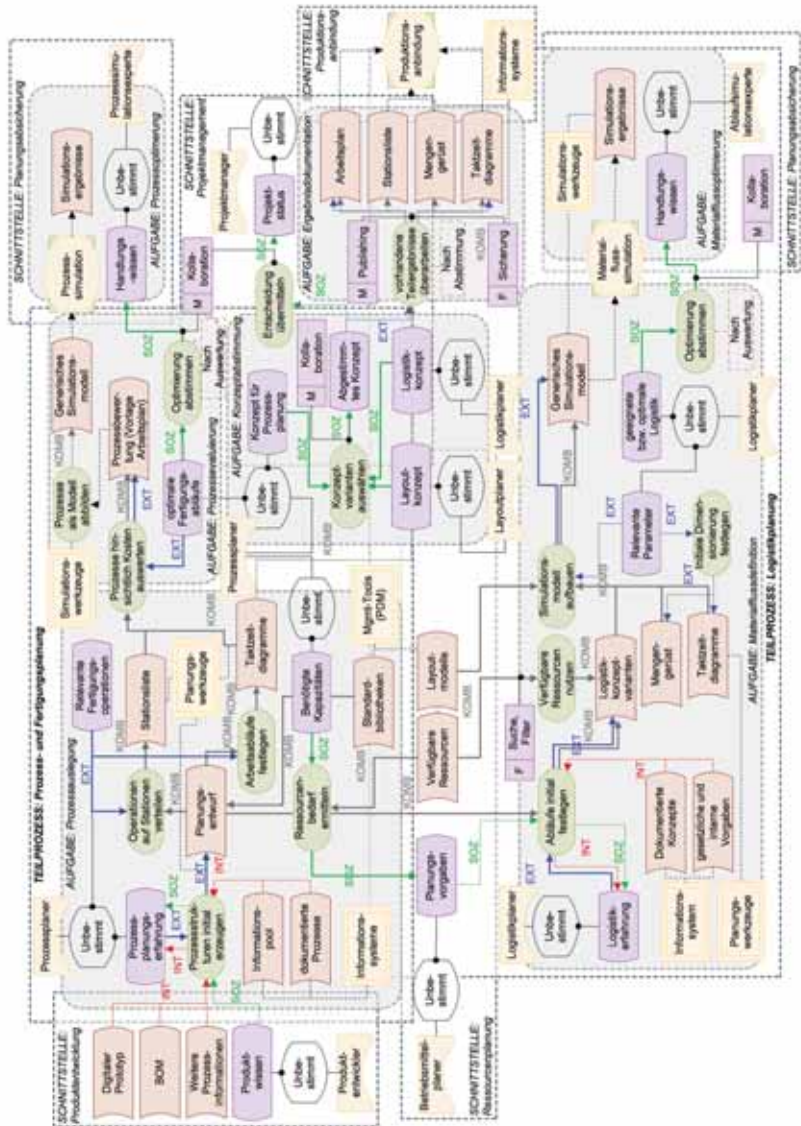


Abbildung 21: Wissensintensive Teilprozesse in der Prozessplanung³⁷

³⁷ Legende in Anhang A.2

4.3.4 Szenario „Ressourcenplanung“

Die Ressourcenplanung untergliedert sich in die Teilprozesse der Betriebsmittelplanung, Layoutplanung und Arbeitsplatzgestaltung. Ziel ist die Umsetzung des Technologiekonzepts hinsichtlich seiner Funktionsfähigkeit (vgl. Abbildung 14).

Unter Nutzung aller verfügbaren Informationsobjekte der Prozess-, Logistik- und Betriebsmittelplanung realisiert der Layoutplaner das ideale Layout hinsichtlich der räumlich-funktionellen Einordnung aller Fabrikelemente. Im Teilpaket der Groblayoutplanung erlauben standardisierte Ressourcen ein frühzeitiges, modulares Aufbauen von Planungsvarianten, die zur Konzeptabstimmung mit anderen Fachdisziplinen dienen.

Der Arbeitswissenschaftler ermittelt zunächst, gegebenenfalls gemeinsam mit dem Prozessplaner, den Arbeitskräftebedarf, indem er mit seiner Planungserfahrung auf die Informationen der Fertigungsplanungs- und Logistikprozesse zurückgreift. Diese Planung fließt in die Gestaltung und Validierung des idealen Arbeitsplatzes ein, die der Arbeitswissenschaftler in enger Abstimmung mit dem Layoutplaner vornimmt. Wesentliche Aspekte des Teilprozesses sind die Beachtung der Ergonomie- und Belastungsgesichtspunkte sowie die Auswahl von Prozessvarianten hinsichtlich der optimalen Führung von Werkzeugen oder Bauteilen. Eine weitere Verbesserung des Arbeitsplatzes erfolgt in enger Kooperation mit einem Ergonomiesimulationsexperten.

Der Betriebsmittelplaner verantwortet die Planung, sowie in Kooperation mit Werkzeugkonstrukteuren und Robotersimulationsexperten, die Konstruktion und Optimierung erforderlicher Betriebs- und Fertigungsmittel. Für ein erstes Konzept benötigt er relevante Informationsobjekte von Produktentwicklung, Prozess- und Layoutplanung. Diesbezüglich nutzt der Planer vorhandene Elemente aus einer Ressourcenbibliothek, um letztendlich die erforderlichen Anlagen, Werkzeuge, Vorrichtungen und Hilfsmittel zu konstruieren.

In allen initialen Planungstätigkeiten treten aufgrund der zahlreichen Informations- und Wissensobjekte überwiegend komplexe Wissenskonversionen auf. Dabei kommt verstärkt die Methode der Kombination zum Einsatz, welche eine Internalisierung enthaltenen Wissens sowie die Ergänzung um eigene Erfahrungen verlangt. Parallel erfolgt der Austausch notwendiger Erfahrung und Kompetenz über die Sozialisation. Deren Bestandteile können in die resultierenden Informationsobjekte einfließen.

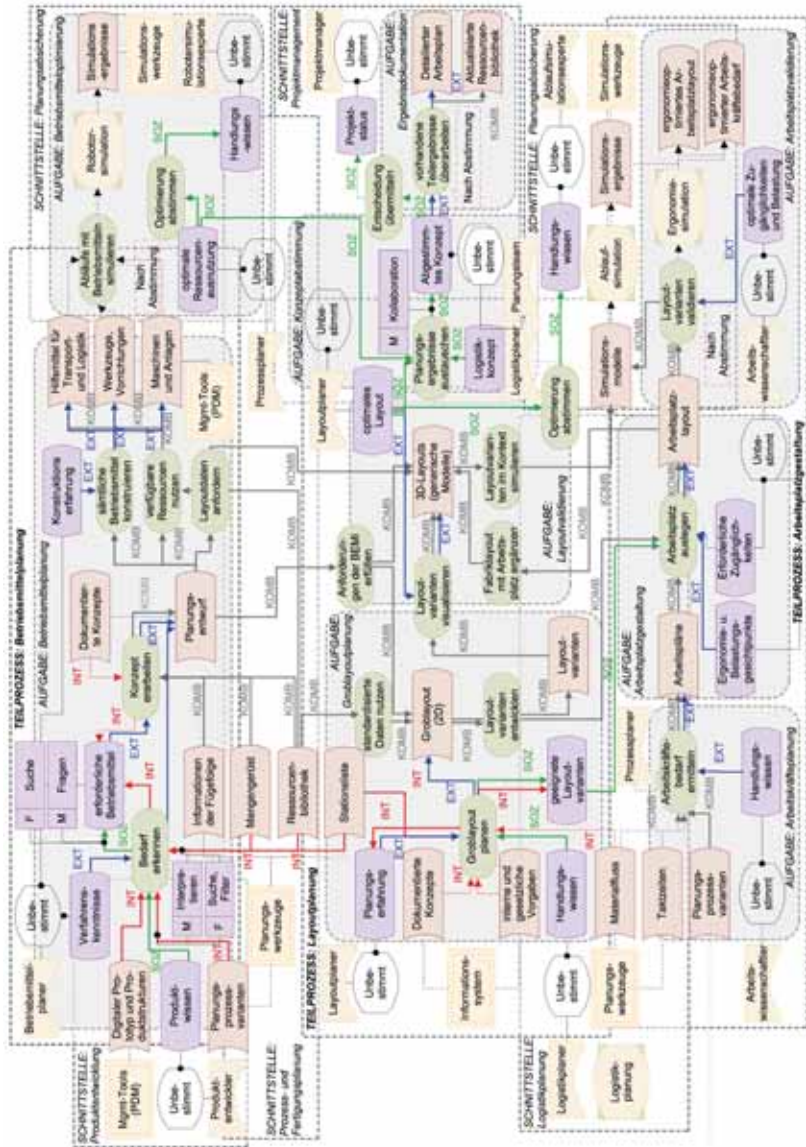
Analog zur Prozess- und Logistikplanung werden im Arbeitspaket „Konzeptabstimmung“ alle Planungsstände auf ihre ausreichende Dimensionierung und mögliche Probleme

bewertet. Das Abstimmungsergebnis wird erneut in die Planungs- bzw. Optimierungsphase übermittelt. Dabei wird das spezifische Handlungswissen zwischen den beteiligten Funktionsrollen ausgetauscht. Hierbei handelt es sich um abstrakte Konversionen von Sozialisation und Kombination. Weiterhin werden mit dem Arbeitsplan und der Ressourcenbibliothek vorhandene Teilergebnisse überarbeitet, d.h. an den neuen Planungsstand angepasst, indem Informationen und Wissen kombiniert wird.

Analog zur Prozessplanung verlangt die Ressourcenplanung elementares Wissen über Gesamtprozesse, Zusammenhänge und vorhandene Ressourcen. Dabei ist der Wissensbedarf bei Neuplanung („grüne Wiese“) und Umplanung („braune Wiese“) stark unterschiedlich einzustufen. Neben guter Kommunikationsfähigkeit aufgrund verstärkter interner und ggf. externer Abstimmung benötigt der Planer solide Prozess- und Systemkenntnisse sowie medien- und methodenspezifische Kompetenzen für den Aufbau von Modellen sowie der Analyse sämtlicher Planungsdaten. Der Arbeitswissenschaftler benötigt zudem überdurchschnittliche Methodenkompetenz für die Durchführung von Zeitanalysen (MTM – Arbeitsablauf-Zeitanalyse) und Ergonomiestudien (RULA). Für den Fall der eigenständigen Ergonomiesimulation benötigt der Arbeitswissenschaftler weiterhin umfassende Fach- und Methodenkenntnisse für die Definition geeigneter digitaler Simulationsmodelle und -umgebungen mittels spezifischer Softwarewerkzeuge. Die Betriebsmittelplanung erfordert umfangreiche Verfahrenkenntnisse in den Bereichen der Fertigung, Montage und Logistik von Produkten sowie grundlegende Erfahrung im Vorrichtungs- und Werkzeugbau.

In allen Teilprozessen sind die Konversionsmethoden von Sozialisation, Externalisierung und Internalisierung gleichmäßig verteilt. Der Anteil von Kombinationen liegt durch die häufige, verstärkt prozessübergreifende Verteilung und Verbesserung der Dokumente und Modelle deutlich höher. Zugleich sind alle Konversionen durch die jeweiligen Tätigkeiten explizit vorgegeben. Nicht eindeutig herausgestellt bzw. sichergestellt werden kann dabei die Speicherung und Verteilung individueller Erfahrung.

Abbildung 22 stellt die Wissenskonzersionen innerhalb der Teilprozesse Betriebsmittelplanung, Layoutplanung und Arbeitsplatzgestaltung dar.

Abbildung 22: Wissensintensive Teilprozesse in der Ressourcenplanung³⁸³⁸ Legende in Anhang A.2

4.3.5 Szenario „Planungsabsicherung und Produktionsanbindung“

Ziel der Planungsabsicherung ist die Verbesserung sämtlicher Prozesse und Ressourcen in Bezug auf ihre maximale Ergiebigkeit in der späteren Produktion. Die Prozessfähigkeit aller Konzepte ist Voraussetzung für deren Weitergabe an die Programmplanung und -steuerung.

Der Anwendungsfall der Planungsabsicherung untergliedert sich in verschiedene Teilprozesse. Der Simulationsexperte hat eine übergeordnete Funktionsrolle, in der er sich mit der Simulation einer Inbetriebnahme von Anlagen, Maschinen und Prozessen vor dem realen Produktionseinsatz beschäftigt. Die Simulation lässt sich in Abhängigkeit von Unternehmensgröße, Fabriksystemebene und Anwendungsfall differenzieren.

Der Prozesssimulationsexperte optimiert die Teilbereiche des Produktionsablaufes, z.B. Vormontage, Rohbau, etc., mit Fokus auf den Gesamtprozess. Dafür bekommt er die Informationsobjekte aus der Prozess-, Logistik- und Layoutplanung, insbesondere das generische Prozesssimulationsmodell und den Arbeitsplan. Mit seinem Handlungswissen und einer Unterstützung von Seiten des Prozessplaners legt der Simulationsexperte die Zielgrößen für die Optimierung fest. Eventuelle Änderungen im Prozessmodell werden in oder zusammen mit der Prozessplanung durchgeführt. Weitere Zielgrößen erhält der Simulationsexperte von der Produktionsanbindung, d.h. aus ersten Produktions-(test-)daten.

Der Ablaufsimulationsexperte überprüft das Materialflusskonzept auf dessen Machbarkeit. Hierzu bekommt er von den Schnittstellen alle erforderlichen Informationsobjekte. Im Rahmen der Simulation analysiert der Experte den Materialfluss auf verschiedene Logistikaspekte (Austaktung, Mengengerüst, Fahrwege) und leitet den Optimierungsbedarf ab. Erforderliche Konzeptänderungen werden mit dem Logistikplaner, ggf. auch mit dem Prozess- und Layoutplaner, abgestimmt. Ergebnis ist ein abgesicherter und optimierter Logistikprozess sowie eine optimierte Ressourcenauslastung.

Der Ergonomiesimulationsexperte verbessert die Arbeitsplanung und das Arbeitsplatzlayout aus ergonomischen Gesichtspunkten. Hierfür stimmt er sich eng mit dem Arbeitswissenschaftler ab und übernimmt dessen Planungsergebnisse bzw. Optimierungsvorgaben.

Der Robotersimulationsexperte überprüft unter Nutzung aller erforderlichen Ressourcen sowie des Arbeitsplans die Machbarkeit der roboterunterstützten Fertigungsbereiche in Bezug auf existierende Fertigungsvorgaben. Dabei stimmt er sich eng mit dem Prozess- und Betriebsmittelplaner ab, um die Zielgrößen für die Optimierung festzulegen sowie

erforderliche Konzeptänderungen durch die Betriebsmittelplanung vornehmen zu lassen. In Zusammenarbeit mit Programmsteuerung und Prozessplanung führt der Robotersimulationsexperte die virtuelle Inbetriebnahme der Anlagen durch und erhält so wertvolle Informationen zu Produktionsablauf, Optimierungspotentialen sowie logische Fehler im Planungsprozess.

Die Arten von Wissenskonzersionen in der Planungsabsicherung und Produktionsanbindung sind abhängig von der Schnittstellengestaltung zu Prozess- bzw. Ressourcenplanung. Muss der Simulationsexperte unterschiedliche Informationsobjekte suchen und filtern, treten analog zu Prozess- und Ressourcenplanung überwiegend komplexe Konversionen der Kombination auf. Der Austausch zusätzlichen Handlungswissens über die Methode der Sozialisation verringert den Aufwand der Interpretation und Aggregation kodifizierten Wissens auf Seiten des Simulationsexperten.

Das Arbeitspaket der Planungsabstimmung dient der finalen Abstimmung aller Konzepte und Simulationsergebnisse und unterliegt der Verantwortung des Projektmanagers. Insbesondere die Simulationsergebnisse bieten eine transparente Darstellung des Projektstandes und eine Basis für die Planungsdokumentation, welche eine erneute Anpassung des Arbeitsplans sowie die Erzeugung von Arbeitsanweisungen für die Produktion beinhaltet.

Die Definition, Nutzung und kontinuierliche Optimierung von 3D-Simulationsmodellen in der Fabrikplanung, aber auch während der Produktionslaufzeit, erfordert neben grundlegendem Verständnis über Gesamtprozesse und ihrer Zusammenhänge eine umfangreiche Methodenkompetenz sowie in Abhängigkeit der Spezialisierung (z.B. Robotersimulation) fundiertes Grundsatz-, Fakten- und Handlungswissen (NC-Programmierung) für die Funktionsrolle des Simulationsexperten.

Der Produktionsprogrammplaner bildet mit seiner Verantwortung für die Programmplanung und -steuerung (PPS) die Schnittstelle zum Fabrikbetrieb (vgl. Abbildung 9). Auf Basis von Arbeitsplan, Arbeitsanweisungen und Absatzplanung überprüft er bereits existierende Termin-, Kapazitäts- und Materialbedarfsplanungen sowie die Verfügbarkeit aller benötigten Ressourcen. Ergebnisse sind Arbeits- und Belegungspläne inklusive der Ressourcenzuordnung.

In Abstimmung mit dem Produktionsprogrammplaner und dem Robotersimulationsexperten setzt der Offline-Programmierer die Programmsteuerung sämtlicher Maschinen und

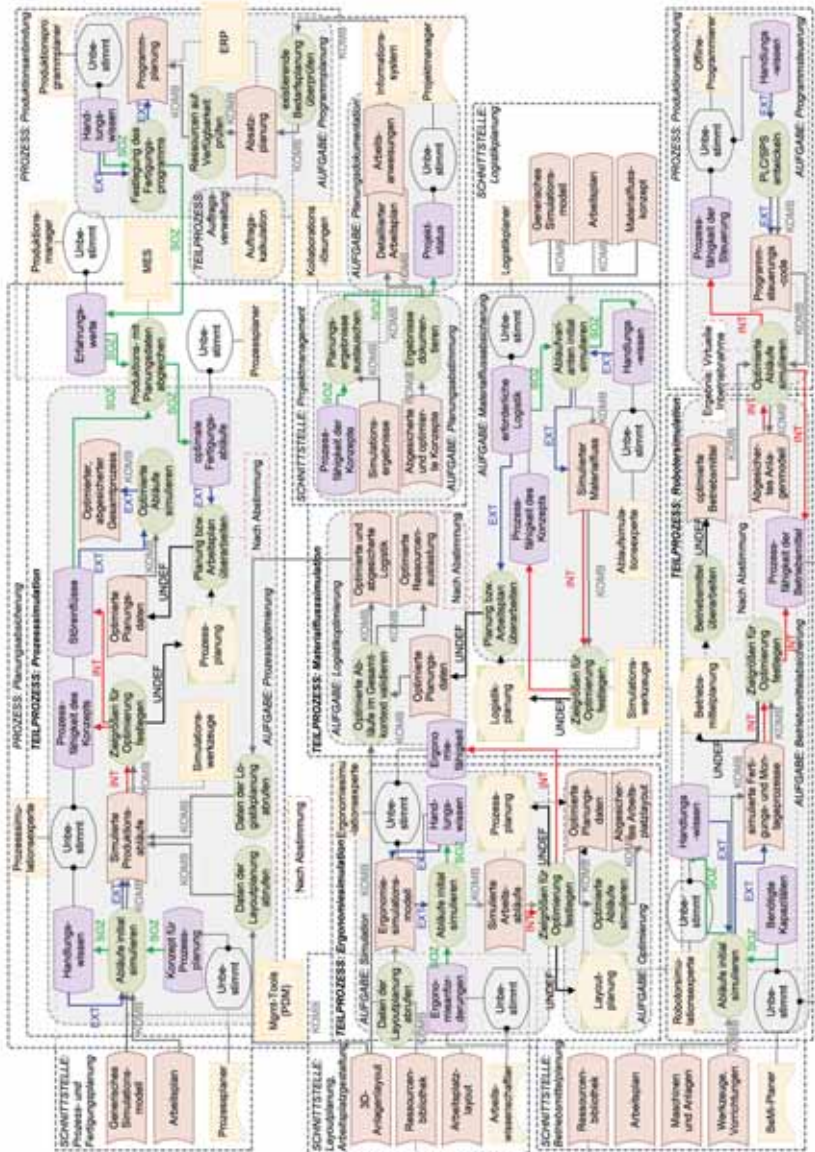
Anlagen mittels speicherprogrammierbarer Steuerungen (SPS)³⁹ um. Dieses Ergebnis ist zugleich wichtige Grundlage für die Konzeptvalidierung und virtuelle Inbetriebnahme und wird daher zurück in den Planungsprozess transferiert. Die Aufgabe des Offline-Programmierers erfordert demnach zum einen tiefes Handlungswissen in der Programmierung von Maschinen- und Anlagensteuerungen, zum anderen Abstimmungsbereitschaft.

Programmplanner und Offline-Programmierer stimmen sich regelmäßig mit den Simulationsexperten und Logistikplanern sowie mit dem Produktionsmanager und Logistikern aus der Produktion ab, um die Produktions- und Logistikprozesse sowie den Ressourceneinsatz auf Basis vorhandener Produktionsdaten und einer aktualisierten Planung kontinuierlich zu optimieren.

Die Tätigkeit der Programmplanung und -steuerung erfordert umfassende Verfahrenskennntnisse und Erfahrungen in den Bereichen der Fertigung, Montage und Logistik von Produkten. Neben betriebswirtschaftlichen Kenntnissen in der Kalkulation und Bedarfsplanung benötigt der Produktionsprogrammplanner eine ausgeprägte Sozial- und Methodenkompetenz, da er eine Schnittstellenfunktion zwischen Fabrikplanung und Fabrikbetrieb ausübt. Die Verfügbarkeit aller erforderlichen Wissensressourcen ist daher besonders für die Produktionsanbindung sicherzustellen.

In Abbildung 23 werden die Wissenskonversionen innerhalb der Planungsabsicherung und Produktionsanbindung in der KMDL-Notation beschrieben.

³⁹ Englischer Begriff: Programmable Logic Controller (PLC)

Abbildung 23: Wissensintensive Teilprozesse in der Planungsabsicherung und Produktionsanbindung ⁴⁰⁴⁰ Legende in Anhang A.2

4.3.6 Zwischenfazit

Trotz der aus Platz- bzw. Transparenzgründen nicht immer vollständigen Modellierung aller Anwendungsfälle ist die kontextabhängige und funktionsrollenspezifische Verteilung von Wissen und seiner Konversionen zu erkennen. Dabei verdeutlicht der überwiegend und im Laufe des Gesamtprozess zunehmend iterative und abstrakte Verlauf („n-fache Konversion“, vgl. Anhang A.2) in Verbindung mit den vielen abstimmungsrelevanten Tätigkeiten die Komplexität hinsichtlich der Realisierung eines Wissensmanagements.

In allen Anwendungsszenarien sind die vier Wissenskonversionen vorhanden. Der hohe Anteil an Kombinationen lässt zunächst den Rückschluss auf einen überwiegend auf Informationen basierten Austausch zwischen Teilprozessen zu. Allerdings ist die Güte der Kombination in Bezug auf die Bildung stillschweigend generierten Wissens zu relativieren.⁴¹ Die Interpretation von Informationen führt ebenfalls zu einer Wissensgenerierung, welche nicht explizit als KMDL-Notation in den Anwendungsszenarien enthalten ist.

Die überdurchschnittlich häufige Beteiligung einer Funktionsrolle (vgl. Prozessplaner, Projektmanager) ist Indikator für ein Wissensmonopol dieser Rolle [KMD-09], S. 59. Hier ist kritisch zu hinterfragen, ob Handlungswissen aktuell bezüglich Qualität und Quantität ausreichend und wieder verwendbar dokumentiert wird.

Eine Wissensaktivität wird – basierend auf mindestens einer Wissenskonversion – in dieser Arbeit als eine zielgerichtete Maßnahme in Bezug auf die Umsetzung der Bausteine des Wissensmanagement nach Probst et al. verstanden. Diesbezüglich kann der in Kapitel 4.2 hergestellte Bezug zu den Systemebenen der Fabrik sowie zu den Lebenszyklen der Produktionsplanung nicht weiter aufrecht erhalten zu werden, da beide Ausprägungen keine spezifischen Wissensaktivitäten erfordern. Dies bedeutet auch, dass der vielseitige Umgang mit Wissen alle Funktionsrollen gleichermaßen betrifft.

Die Modellierungsergebnisse hinsichtlich des rollenspezifischen Bedarfs an Wissen zeigen eine ausschließliche Identifizierung von aufgabenorientierten Wissensaktivitäten im Kontext der Digitalen Fabrik. Demnach wird in aktuellen Aufgaben des Planungsprozesses das erforderliche Wissen für Individuen und Organisation vorausgesetzt und es existiert kein (sichtbarer, bekannter) Ansatz einer integrierten, systematischen Wissensentwicklung am Arbeitsplatz. Sofern Wissen gewonnen wird, geschieht dies unbewusst.

⁴¹ Bei der Kombination wird bereits bekanntes, explizites Wissen neu vernetzt (vgl. Kapitel 2.1.2.2).

4.4 Systematisierung wissensintensiver Planungsprozesse

Ein Planungsmitglied benötigt in seiner Rolle Unterstützung durch geeignete Bausteine (Funktionen und Methoden), um seine Tätigkeiten im Prozess durchzuführen, aber auch, um dafür erforderliches Wissen aufzubauen.

Neben einer Systematisierung der aufgabenorientierten Prozesse wird in diesem Kapitel auch die Ableitung und Entwicklung lernorientierter Wissensaktivitäten, also die Systematisierung verborgener Wissensprozesse, vorgenommen. Gegenüber aufgabenorientierte Wissensaktivitäten sind lernorientierte Wissensaktivitäten nicht direkt mit einer Planungstätigkeit verknüpft, sondern dienen primär der Deckung eines konkreten Wissensbedarfs. Ziel der Systematisierung ist die Gegenüberstellung von „Ist-Bausteinen“ (Kapitel 4.4.1) und „Soll-Bausteinen“ (Kapitel 4.4.2) im Sinne einer ganzheitlichen Betrachtung.

Diese Systematisierung kann durch Klassifizierung von wiederholt auftretenden Aufgaben und Wissenskonversionen sowie durch Identifizierung von Prozessmustern erfolgen [KMD-09]. Eine Systematisierung von „Ad-hoc-Prozessen“ ist damit keineswegs ein Widerspruch. Vielmehr geht es um die Herausstellung elementarer Bausteine, die in Kapitel 6 in Maßnahmen und Werkzeuge münden.

4.4.1 Klassifizierung der aufgabenorientierten Wissensaktivitäten

Einige Gemeinsamkeiten innerhalb der modellierten Wissensprozesse sind in Kapitel 4.3, insbesondere in den Anwendungsszenarien drei bis fünf, bereits herausgearbeitet worden. Nachfolgend werden diese Wissensaktivitäten in eine zeitliche Abfolge (vgl. Abbildung 5) und in Bezug auf den Umgang mit vorhandenen bzw. benötigten Informationen und sowie Wissen aus der Digitalen Fabrikplanung in Zusammenhang gebracht.

Suchen nach und Filtern von verfügbaren Informationen

Grund für den Zugriff auf bestehende Informationen ist die Feststellung, dass bereits im direkten Zugriff befindliche Informationen und die eigene Erfahrung nicht ausreichen, um eine Aufgabe zu bearbeiten. Abbildung 24 zeigt ein Beispiel aus dem Teilprozess der Betriebsmittelplanung, in dem Informationen aus dem Umfeld der Produktentwicklung und Layoutplanung benötigt werden, um die erforderlichen Betriebsmittel zu bestimmen.

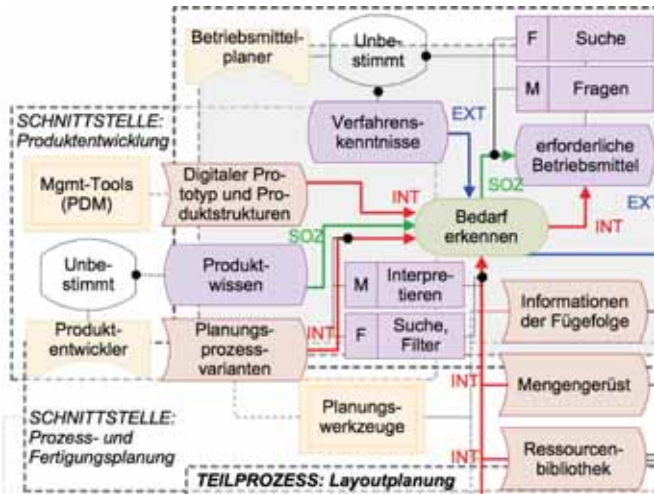


Abbildung 24: Informationen suchen, filtern und interpretieren (Ausschnitt aus Abbildung 22)

Die Informationen sind in Systemen (z.B. PDM-Systemen oder Planungswerkzeugen) gespeichert und über diese abrufbar. Der eigentliche Zugriff erfolgt über geeignete Suchmechanismen und wird durch integrierte Funktionen der Informationsfilterung ergänzt. Die gefilterten Informationen werden über die Konversionsmethode der Internalisierung durch den Mitarbeiter interpretiert und in stillschweigendes Wissen umgewandelt, welches letztlich wichtige Voraussetzung für die Lösung seiner spezifischen Aufgabe ist.

Erfragen und Interpretieren von individuellem, undokumentiertem Wissen

Der Baustein des Erfragens bzw. Erwerbens persönlichen Wissens einer anderen Person basiert auf den gleichen Bedürfnissen wie die Informationssuche und -filterung, setzt aber auf die Konversionsmethode der Sozialisation. Beispiel in Abbildung 24 ist der Austausch von Produktwissen, welches der Betriebsmittelplaner für seine Aufgabe benötigt und daher beim Produktentwickler erfragt. Hier geht es um ein gezieltes Erfragen mit direktem Interpretieren von Wissen, initiiert durch einen aktuellen Bedarf oder eine Problemstellung (Pfeilrichtung ist Wissensfluss). Die Aktualität des Wissens wird durch den Wissensträger, im Beispiel der Produktentwickler, gewährleistet. Analog zur Informationsrecherche ist ein geeigneter Suchmechanismus oder ein soziales Netzwerk erforderlich, um den benötigten Wissensträger bzw. den Vertreter einer Funktionsrolle zu identifizieren.

Austauschen und Verteilen von individuellem Wissen durch Kollaboration

Der Kollaborationsgedanke zielt auf eine schnelle Verteilung und Aktualisierung von individuellem Wissen, insbesondere aktuellem Erfahrungswissen, im Gruppen- bzw. Organisationskontext ab. Der Ansatz unterstützt die Kommunikation und Kooperation der Mitarbeiter, ohne aufwändige Formen, Strukturen und Abläufe vorzuschreiben. Eine Moderation durch einen Teilnehmer ist empfehlenswert.

Das Beispiel in Abbildung 25 stellt die Abstimmung der Konzepte von Prozess-, Layout- und Logistikplanung dar. Analog zum Erfragen von Wissen basiert dieser Baustein auf der Konversionsmethode der Sozialisation, besitzt jedoch keine eindeutige Richtung. Zudem erfordert die Konversion keine vorgelagerte Identifizierung der Wissensträger, da die Konzeptabstimmung als elementare Aufgabe im Planungsprozess eine Initiierung erfordert, z.B. über eine Besprechungsanfrage.

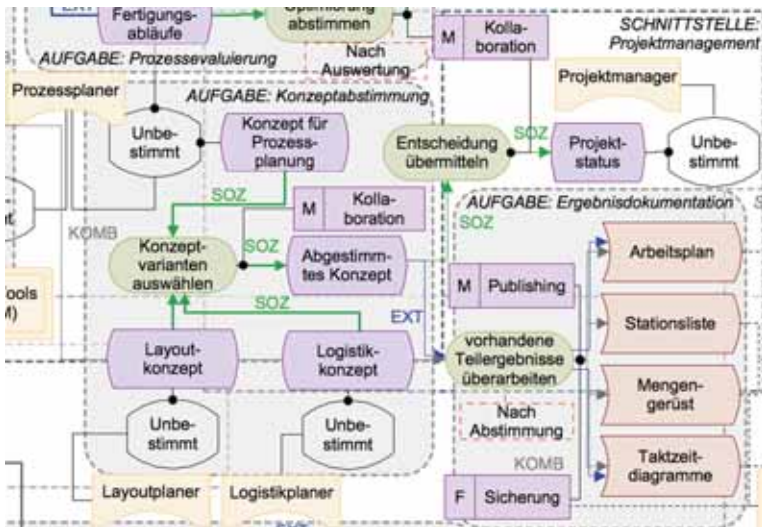


Abbildung 25: Individuelles Wissen austauschen und verteilen (Ausschnitt aus Abbildung 21)

Für eine Wissensverteilung kann parallel zur kommunikativen Abstimmung die Verteilung von Informationen erfolgen, um individuelles Wissen über eine geeignete Repräsentation im Planungsteam vorzustellen (nicht dargestellt). Zudem ist eine Dokumentation des Abstimmungsergebnisses anzustreben (siehe folgende Abschnitte).

Nutzen von eigenem und gewonnenem Wissen sowie interpretierten Informationen

Die Nutzung stellt den logischen Anschluss an die Wissenserzeugung und -verteilung dar (vgl. Probst et al., Kapitel 2.3.2). Bei der Nutzung ist zu unterscheiden, ob eigenes, direkt abrufbares Wissen oder gewonnenes, d.h. durch die Analyse und Interpretation verfügbarer Informations- und Wissensobjekte gewonnenes Wissen genutzt wird.

Abbildung 26 beschreibt die Wissensnutzung anhand eines Ausschnitts der Produktentwicklung. Persönliches Wissen (z.B. die Konstruktionserfahrung) wird direkt in der Aufgabe der Produktoptimierung eingesetzt. Hier kommt die Externalisierung zum Einsatz. Bereits kodifiziertes Wissen (z.B. dokumentierte Fertigungsvorgaben oder ein erster Modellentwurf) muss dagegen über die Kombination umgewandelt, d.h. interpretiert, aufbereitet und als neues Wissen ergänzend zu vorhandenem Wissen genutzt werden.⁴²

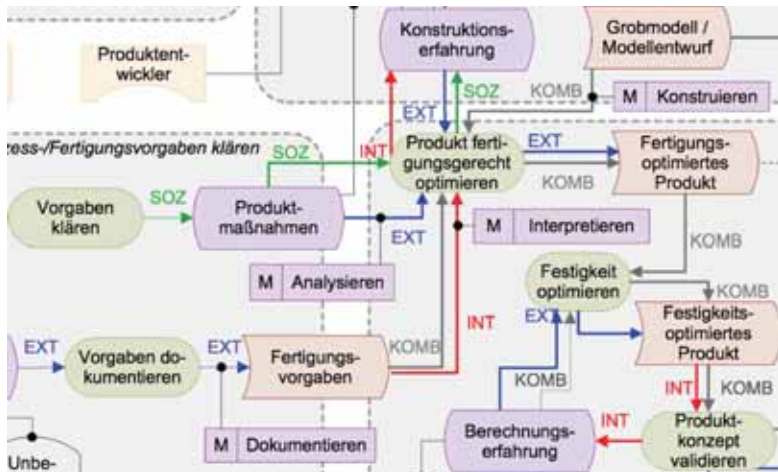


Abbildung 26: Wissen und Informationen integrieren und nutzen (Ausschnitt aus Abbildung 20)

In beiden Fällen ist das Ergebnis ein Informationsobjekt, welches neu entstanden oder mit neuem Wissen ergänzt worden ist. Zudem wird das über die Umwandlung neu generierte

⁴² Grundsätzlich lassen sich zwei Nutzertypen ableiten, die sich in der Tiefe der Wissensaneignung unterscheiden: Typ 1 erlangt durch die Schritte eines Informierens und Verstehens ein oberflächliches Verständnis (z.B. Projektmanager, Kunde). Typ 2 (z.B. Simulationsexperte) hingegen möchte bzw. muss ein tiefes Verständnis entwickeln, weshalb die zusätzlichen Schritte eines Assimilierens und Handelns relevant sind. Die unterschiedliche Wissenstiefe wird in dieser Granularität nicht berücksichtigt.

Wissen durch die Konversionsmethode der Internalisierung im Beispiel der Konstruktionserfahrung hinzugefügt. Dieses Wissen kann zukünftig bei Abstimmungen oder bei Nachfragen anderer – bewusst oder unbewusst – abgerufen werden.

Dokumentieren und kontextgerechtes Speichern von Wissen bzw. Informationen

Zu bestimmten Zeitpunkten, z.B. zum Abschluss einer Aufgabe oder – nach Abstimmung – zu Projektmeilensteinen gilt es persönliche Erfahrungen sowie Gesprächsergebnisse im Projektkontext zu dokumentieren und zu speichern. Die Konversionsmethode der Externalisierung und Kombination führt zu Informationsobjekten, unerheblich, ob neue Dokumente entstehen oder vorhandene Dokumente überarbeitet, also mit neuem oder aktualisiertem Wissen ergänzt werden.

Abbildung 27 stellt ein Beispiel aus dem Projektmanagement dar, in dem der aktuelle Projektstatus in den Projektplan übertragen wird. Dabei werden Vorgaben aus der Unternehmensführung kombiniert und zugleich als neues Handlungswissen internalisiert. Regelmäßig wird der Projektplan anderen Projektbeteiligten zugänglich gemacht. Bei Bedarf (z.B. nach Feedback, vgl. Baustein in Kapitel 4.4.2) wird das bereits kodifizierte Wissen aktualisiert bzw. das Dokument überarbeitet.

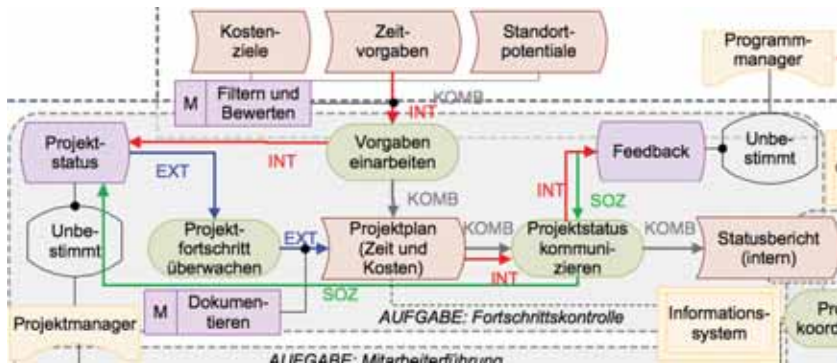


Abbildung 27: Wissen kodifizieren, integrieren und speichern (Ausschnitt aus Abbildung 19)

Der Vorgang beinhaltet neben der eigentlichen Dokumentation zugleich die Speicherung der zugrunde liegenden Daten sowie deren Schutz vor ungewünschten Zugriff durch

Ablage in einem geeigneten Informationssystem. Die Schritte der Speicherung und sicherer Ablage können in der Funktion „Sicherung“ zusammengefasst werden.⁴³

Zuweisen (Veröffentlichen) von Informationen

Die Durchführung einer Suche und Filterung nach geeigneten Informationen erfolgt in der Regel durch die Initiative des Mitarbeiters. Alternativ kann auch eine Zuweisung von Information durch Personen außerhalb der eigenen Tätigkeit erfolgen. Dazu wird individuelles Wissen geeignet kodifiziert und in Ergänzung zu einer Sicherung durch weitere systemseitige Mechanismen veröffentlicht, d.h. anderen Projektbeteiligten, Schnittstellenbereichen oder auch projektfremden Personen zugänglich gemacht. Der Ansatz Veröffentlichung („Publishing“) basiert auf einer klaren Rollenverteilung zwischen Autor und Nutzern sowie einer eindeutigen Richtung, z.B. durch einen geplanten, regelmäßigen Informationsaustausch. Durch die eindeutige Richtung wird diese Art der Informationsveröffentlichung in der Literatur häufig als „Push-Prinzip“ bezeichnet [Hen-92].⁴⁴ Ein Beispiel hierfür ist die Zusendung von Statusberichten des Projektmanagers an das Planungsteam oder den Kunden (Abbildung 28). Hier ist dann keine Suche notwendig.

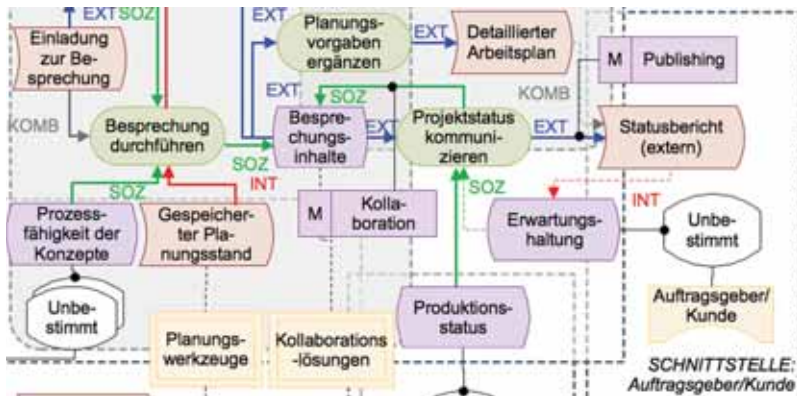


Abbildung 28: Informationen zuweisen bzw. veröffentlichen (Ausschnitt aus Abbildung 19)

⁴³ Der Zugriffsschutz erfolgt in Daten- bzw. Dokumentenmanagementsystemen üblicherweise durch die Zuordnung der Funktionsrolle des Mitarbeiters zu definierten Systemberechtigungen.

⁴⁴ Gegenstück des Push-Prinzips ist ein „Pull“: z.B. das gezielte Erfragen von Wissen (vgl. Baustein zuvor).

Aufgaben- bzw. geschäftsprozessorientierter Informations- und Wissensaustausch ist ein permanenter Prozess zwischen verschiedenen Wissensträgern, Aufgaben und Teilprozessen der Fabrikplanung. Kontinuierlich wird hierbei individuelles und allgemein verfügbares Wissen erzeugt, verteilt, bereitgestellt und genutzt. Bei stark strukturierten Prozessen kann der gezielte Einsatz von Wissen der effizienten Prozessdurchführung dienen. Die Bereitschaft, Wissen auszutauschen, ist hierfür die entscheidende Komponente (vgl. Kapitel 2.2.4).

4.4.2 Ableitung und Entwicklung lernorientierter Wissensaktivitäten

Ein Eigenstudium durch Suche, Interpretation und Aneignung existierender Informationen lässt vor allem bei schwach strukturierten Anwendungsszenarien wie beispielsweise der Produktentwicklung auf einen fehlenden systematischen Lernprozess zur Entwicklung rollenspezifischen Wissens schließen. Abbildung 29 zeigt eine typische lernorientierte Wissensaktivität, wie sie in Kapitel 4.3 des Öfteren in den Szenarien vorkommt.

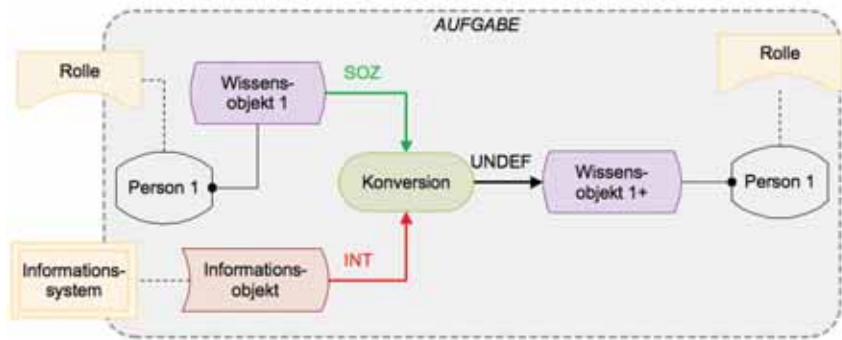


Abbildung 29: Self-Pattern-Learning in Anlehnung an [KMD-09], S. 81

Das in Kapitel 4.3 modellierte, geschäftsprozessorientierte Informations- und Wissensmanagement beinhaltet keine gezielten lernorientierten Wissensaktivitäten. Dies mindert die effiziente Bearbeitung der eigentlichen Aufgabe im Geschäftsprozess (vgl. Abbildung 6). Daher sind hinsichtlich der Unterstützung von Mitarbeitern in ihren spezifischen Funktionsrollen neben den aufgabenorientierten Bausteinen zusätzliche Maßnahmen abzuleiten bzw. zu entwickeln. Analog zu den identifizierten Ist-Bausteinen werden die lernorientierten Wissensaktivitäten nachfolgend als Soll-Bausteine in der KMDL-Notation modelliert.

Identifizieren vorhandenen, personengebundenen Wissens (Bestandsaufnahme)

Abbildung 19 beschreibt mit der Aufgabe der Mitarbeiterführung die Notwendigkeit der Einbindung neuer Mitarbeiter, jedoch ohne dabei das vorhandene Wissen zu ermitteln. Eine Bestandsaufnahme erfolgt im Wesentlichen durch Sozialisation, insbesondere persönliche Gespräche, aber auch durch Einschätzungen anderer Projektmitglieder. Weiterhin können die Teilnahme des Mitarbeiters im Projektteam sowie die Qualität der Ergebnisse wertvolle Hinweise geben, um ein personenbezogenes Einarbeitungs- bzw. Kompetenzaufbaukonzept für eine spezifische Rolle zu entwickeln (Abbildung 30).⁴⁵

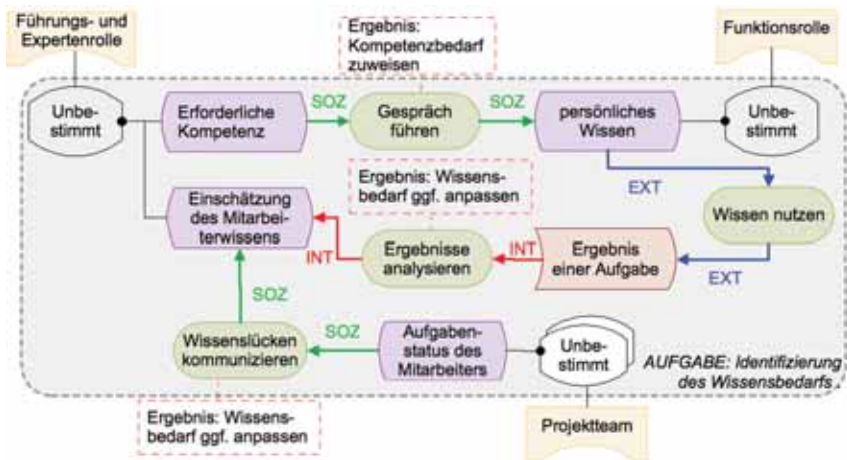


Abbildung 30: Vorhandenes, personengebundenen Wissen (zu Projektbeginn) identifizieren

Führen beim Aufbau von rollenspezifischem Wissen

Wissensaufbau wird durch einen bedarfsgerechten Führungsstil begünstigt. Ein „Anfänger“ braucht in seiner individuellen Rolle aufgrund fehlender Erfahrung grundlegende Unterstützung hinsichtlich präziser Anweisungen („Lenken“) durch Führungs- und Expertenrollen. Dafür ist das Lernmodell des Kognitivismus mit den Formen des sozialen Lernens (vgl. Kapitel 2.1.3) geeignet. Hingegen erlauben vorhandene Fach- und

⁴⁵ Gemäß Kapitel 2.2.3.2 gehört die Identifizierung des Kompetenzbedarfs bzw. von Wissenslücken weniger zum Wissensmanagement, sondern vielmehr zu Kompetenz- bzw. Skill-Management.

Methodenkompetenzen, erste Erfahrungen sowie das Zurechtfinden in der Projektumgebung ein reduziertes Lenken von fortgeschrittenen Mitarbeitern, indem die Durchführung von Aufgaben beaufsichtigt („Anleiten“) oder bereits eine teilweise Verantwortung übertragen („Unterstützen“) wird. Hier bietet der Konstruktivismus grundlegende Elemente einer praxisorientierten Wissensentwicklung, insbesondere durch Bereitstellung von Wissensquellen, Benennung von Wissensträgern und der Beobachtung des individuellen Lernprozesses aus dem Hintergrund.

Das Führen beim Aufbau von Wissen setzt eine Bestandsaufnahme des vorhandenen Wissens voraus (vgl. Abbildung 30). Die unterschiedlichen Führungsstile sind in Abbildung 31 dargestellt.

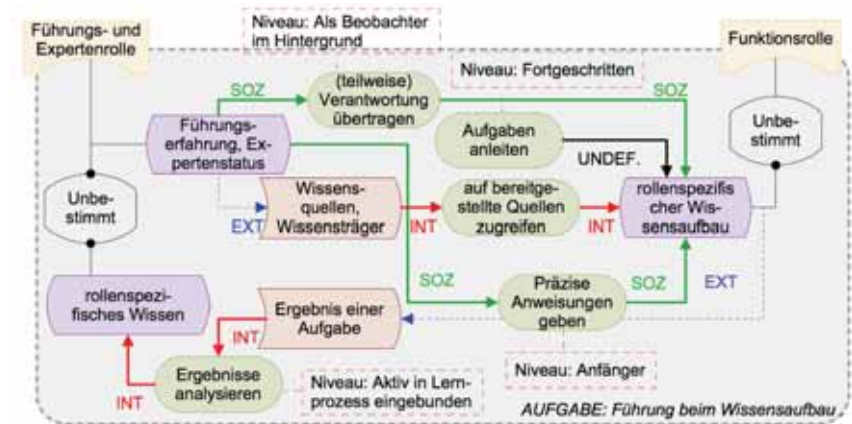


Abbildung 31: Wissensentwicklung rollenspezifisch lenken, anleiten und unterstützen

Feedback während des Lernprozesses erhalten bzw. einfordern

Eine erfolgreiche Durchführung von Projekten benötigt die regelmäßige Rückmeldung bzw. Reflexion abgeschlossener Tätigkeiten. Dieses „Feedback“ ist bereits Bestandteil der aufgabenorientierten Prozesse (vgl. „Fortschrittskontrolle“, Abbildung 19).

Im Kontext des informellen Lernens ist Feedback ein elementares Werkzeug für nachhaltige Wissensentwicklung bzw. Kompetenzaufbau. Zum einen kann der lernende Mitarbeiter Feedback bei einer Führungs- bzw. Expertenrolle einfordern („Pull“), zum anderen kann ein erfahrener Mitarbeiter seine Rückmeldung an eine andere Person geben

(„Push“). In beiden Fällen kommt die Sozialisation als aktive Konversion für den Austausch von Wissen mehrfach zum Einsatz. Wichtig ist eine zeitlich und örtlich definierte Feedbacksituation, die einen gezielten Austausch von Handlungswissen beinhaltet (Abbildung 32).

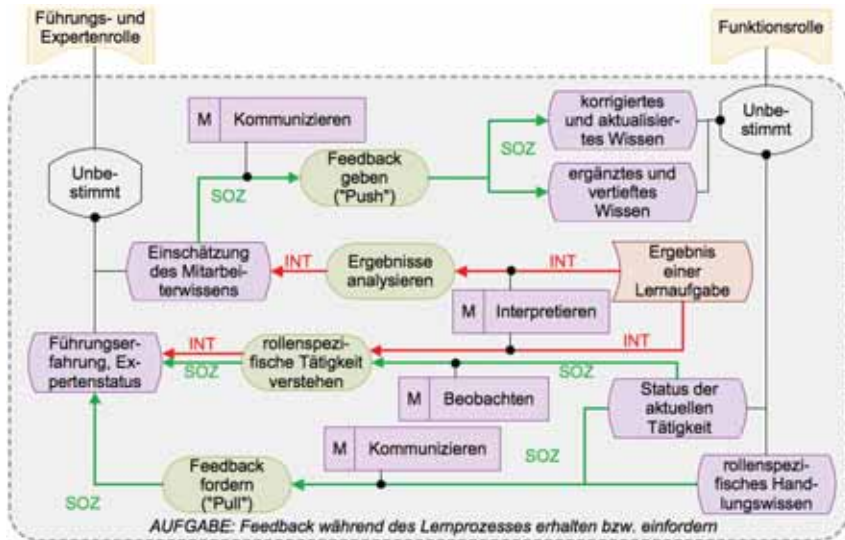


Abbildung 32: Feedback während des Lernprozesses erhalten bzw. einfordern⁴⁶

Rückführen von entwickeltem Wissen in den Planungsprozess

Entwickeltes Wissen ist für andere Nutzer bzw. für die gesamte Organisation von Interesse. Im Anschluss an ein Feedback, eine Abstimmung oder ad-hoc durch den Mitarbeiter erfolgt daher idealerweise die Rückführung von neu entwickeltem Wissen in den Prozess. Dies ist zugleich wichtige Voraussetzung zur Vermeidung von Wissensmonopolen.

Die Rückführung kann zum einen auf kommunikativer Ebene, d.h. durch die Methode der Sozialisation, erfolgen. Zum anderen kann eine Externalisierung entwickelten Wissens vorgenommen werden. Für beide Wege ist aus Sicht eines Mitarbeiters eine leicht zu

⁴⁶ Feedback kann, z.B. im Rahmen einer regelmäßigen Mitarbeiterbewertung, auch schriftlich bzw. durch Informationssysteme erfolgen.

initiiierende und zugleich zielgerichtete Rückführung von Wissen erstrebenswert, damit die Funktionsrolle für Folgeaktivitäten in der Projekt- oder persönlichen Arbeitsumgebung zeitnah zur Verfügung steht (Abbildung 33).

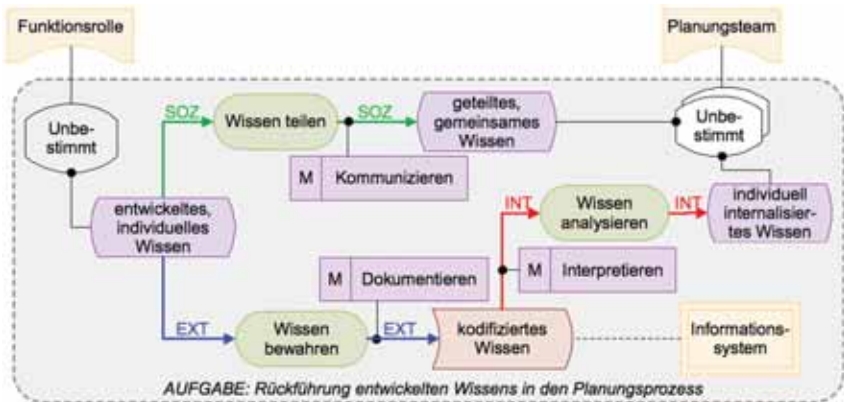


Abbildung 33: Rückführung entwickelten Wissens in den Planungsprozess

Aktualisieren und Verteilen von Wissen innerhalb des Planungsprozesses

Neben der Rückführung neuen Wissens fehlen bislang auch Konzepte zur Wissensaktualisierung innerhalb des Planungsprozesses. Zudem ist die Verteilung von Wissen nur in aufgabenorientierten Prozessen zu finden und nicht Bestandteil von lernorientierten Wissensaktivitäten. Basierend auf den beiden Konversionsmethoden der Wissensrückführung (Kommunikation, Dokumentation) muss eine Aktualisierung von Wissen auf unterschiedliche Weise initiiert werden.

Individuelles, explizierbares Wissen wird analog zur Wissensgenerierung über eine Sozialisation aktualisiert. Stillschweigendes, nicht kodifizierbares Wissen wird in diesem Zusammenhang unbewusst erneuert (Ergänzung oder Neuordnung von „Know-how“). Vorausgesetzt, dass der Anteil neu gewonnenen Wissens wiederum explizierbar ist, kann eine anschließende Verteilung erneut über Sozialisation (z.B. in einer Community of Practice) oder durch eine direkte Wissensformalisierung (Dokumentation) geschehen.

Die Aktualisierung kodifizierten Wissens wird über die Methode der Kombination vorgenommen. Gleichzeitig wird eine Interpretation des Wissens vorgenommen und als neu generiertes Wissen adaptiert. Anschließend kann das Informationsobjekt überarbeitet und

im nächsten Schritt durch eine erneute Kombination in den Planungsprozess zurückfließen.⁴⁷ Eine Überarbeitung des Informationsobjekts ist nur möglich bzw. sinnvoll, wenn sowohl die erforderlichen Rechte als auch die geeignete Kompetenz vorhanden sind. Ggf. muss das Informationsobjekt durch dessen Besitzer (Träger des ursprünglichen Wissens) aktualisiert werden (Konversion „UNDEF“, unbestimmt). Wenn das kodifizierte Wissen zuvor bereits verteilt und insbesondere veröffentlicht wurde, kann es in neuerer Version an gleicher Stelle gespeichert bzw. veröffentlicht werden (vgl. Abbildung 28).

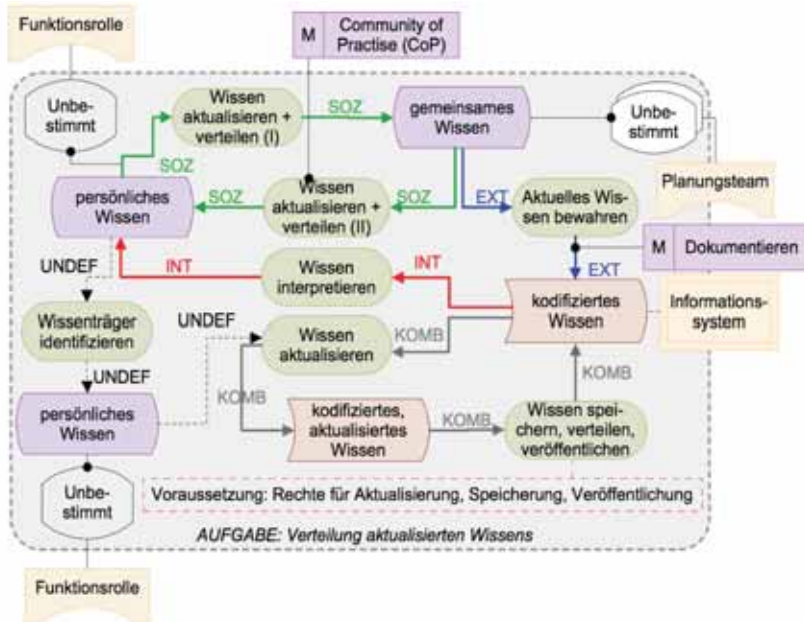


Abbildung 34: Verteilung und Aktualisierung von Wissens

Bewerten von kodifiziertem Wissen

Eine systematische Bewertung von kodifiziertem Wissen ist nach Probst et al. im operativen Wissensmanagement nicht vorgesehen. Dabei hat eine Wissensbewertung parallel zur

⁴⁷ Pogorzelska spricht von einem „Multi-Step-IE-Pattern“ in Form einer Wiedererfindung, wenn Wissen durch Internalisierung und Externalisierung zwischen eigenständigen Informationsobjekten transferiert wird [KMD-09]. Dagegen wird bei der Aktualisierung das ursprüngliche Informationsobjekt überarbeitet.

Vergabe bzw. zur Einforderung von Feedback mittels Sozialisation (vgl. Abbildung 32) aus unterschiedlichen Sichtweisen einen positiven Effekt auf den Planungsprozess.

Nach Veröffentlichung eines Informationsobjekts (als Resultat von aufgaben- oder lern-orientierten Tätigkeiten) besitzen andere Projektmitglieder in ihrer Funktions- oder Expertenrolle die Möglichkeit, das enthaltene Wissen zu verifizieren und zu bewerten. Die Konversionsmethode der Internalisierung ist neben der Kombination für die Prüfung des Inhalts notwendig. Die Bewertung kann namentlich (SOZ) oder anonym (EXT) erfolgen (Abbildung 35). Der Autor kann eine Bewertung lesen und interpretieren. Eine parallele Bewertung durch Kommunikation („Feedback“) kann beispielsweise bei einem Review von Planungsergebnissen unterstützen.

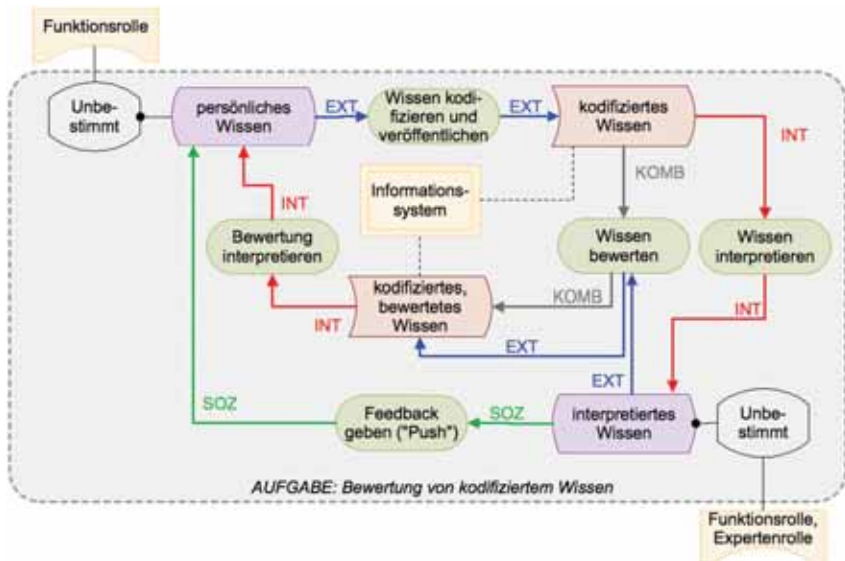


Abbildung 35: Bewertung von kodifiziertem Wissen

Eine Wissensbewertung fördert auf Seiten des Autors die Motivation. Zugleich bietet sie eine verbesserte Informations- und Wissensträgerrecherche hinsichtlich der Qualität individueller Erfahrung des Autors. Über eine Bewertung kann tendenziell sichergestellt werden, ob Informationen auf validem Wissen basieren oder einer Überarbeitung bedürfen.

4.4.3 Handlungsbedarf

Durch die individuelle und häufig nicht strukturierte Weitergabe von Wissen ist dessen Verfügbarkeit im Produktentwicklungs-, Produktions- und Fabrikplanungsprozess nur mit einer Bündelung von Maßnahmen zu realisieren. Insbesondere muss neben technischen Lösungen auch die zwischenmenschliche Beziehung bei der Integration der Bausteine des Wissensmanagements in die bestehende Infrastruktur der Digitalen Fabrik berücksichtigt werden. Dafür war die durchgeführte Systematisierung von aufgaben- und lernorientierten Wissensaktivitäten eine wichtige Vorbereitung.

In der Praxis ist eine klare Abgrenzung von aufgabenorientierten und lernorientierten Aktivitäten nicht immer möglich. Beispielsweise kann eine Bewertung von Informationen bzw. die Vergabe von Feedback im Rahmen einer Abstimmung von Planungsergebnissen auch aufgabenorientiert erfolgen. Weiterhin beinhaltet das Erfragen bzw. Interpretieren von Wissen als Bestandteil aufgabenorientierter Wissensaktivitäten in jedem Fall einen – ggf. unbewussten – lernorientierten Anteil, also eine Wissensentwicklung.

Entscheidend ist letztlich die gemeinsame Unterstützung aller Wissensaktivitäten innerhalb des Planungsprozesses bzw. einer Unternehmensorganisation.

5 Fabrikplanung im Kontext von Wissen und Management

*„Wissen ist der entscheidende Produktionsfaktor unserer Zeit
und Management ist die Kunst, Wissen produktiv zu machen.“*

(Prof. Dr. Fredmund Malik, St. Gallen)

Der im letzten Kapitel skizzierte Bedarf an individuellem Wissen in der Fabrikplanung wird in diesem Kapitel der Zielsetzung eines systematischen Umgangs mit Wissen in der Digitalen Fabrik gegenüber gestellt. Dazu werden konkrete Ansätze der Wissensentwicklung hinsichtlich ihrer Eignung bewertet. Im Anschluss werden Wissensrollen entsprechend ihrer vorhandenen Kompetenz charakterisiert. Zudem wird das ideale Gesamtwissen in den Kontext der Planungsobjekte einer Fabrik eingeordnet. In einem Zwischenfazit geht es um die Aufarbeitung der Erkenntnisse im Hinblick auf die Schaffung eines innovativen Ansatzes, der den Mitarbeitern am Arbeitsplatz das erforderliche Wissen für eine Tätigkeit in der Digitalen Fabrik vermittelt, vorhandenes Wissen kontextangepasst nutzen lässt und Möglichkeiten der Wissensrückführung anbietet.

5.1 Evaluierung aktueller Ansätze der Wissensentwicklung

In der dynamischen und komplexen Planungsumgebung ist die individuelle Wissensentwicklung ein wichtiger Erfolgsfaktor für die effiziente Einarbeitung von Mitarbeitern. Aktuelle Ansätze sind unterschiedlich in Bezug auf die Vermittlung von Grundlagen-, Fakten- und Handlungswissen zu bewerten.

5.1.1 Ansätze mit zeitlicher oder räumlicher Trennung zur Planungstätigkeit

Die klassische Präsenzschiilung wird über einen längeren Zeitraum von mindestens einem Seminarleiter an einem festen Ort und mit einem zuvor festgelegten Inhalt durchgeführt. Sinngemäß wird auch von „Blockunterricht“ oder „Face-to-Face-Lernen“ gesprochen. Dieser Ansatz erlaubt es weniger, die Teilnehmer individuell zu betreuen und Lerninhalte flexibel zu gestalten. Dennoch können im Rahmen dieser Maßnahmen zeitliche oder räumliche Möglichkeiten geschaffen werden, um Mitarbeitern die Gelegenheit zu einem

persönlichen Wissensaustausch zu geben. Unterlagen können im Anschluss als Referenz genutzt werden.

Zur universitären Ausbildung von Konzepten zur Digitalen Fabrik hat das Fachgebiet Produktionsorganisation und Fabrikplanung an der Universität Kassel ein eigenes Competence Labor „Digitale Fabrik“ (DFC-Lab) eingerichtet. Studierenden wird die Möglichkeit angeboten, unter Nutzung in der Industrie etablierter Simulationswerkzeuge sowie entsprechender Präsentationstechniken und IT-Infrastrukturen die heutigen Fabrikplanungsaufgaben zu verstehen und bearbeiten zu lernen [WeB-07].

Das Teilprojekt „Lernfabrik für advanced Industrial Engineering“ vermittelt die im Sonderforschungsbereich 467 erarbeiteten Erkenntnisse zur Wandlungsfähigkeit an Manager, Gestalter und Planer. Ziel ist es, im Rahmen einer nachuniversitären Aus- und Weiterbildung die Methoden der Wandlungsfähigkeit in einer Lernumgebung anzuwenden. Die Lernfabrik besteht zunächst aus einer virtuellen Modellfabrik mit Werkzeugen und Systemen der Digitalen Fabrik. Die Umsetzung der Ergebnisse in die Praxis erfolgt mit der physischen Modellfabrik [Wes-07] (Abbildung 36).



Abbildung 36: Virtuelle und physische Modellfabrik ⁴⁸

Fokus des Kompetenzlabors und der Lernfabrik ist die Verknüpfung fachlich fundierten Wissens mit dessen direkter Anwendung. Lernerfolge werden damit direkt sichtbar bzw. begreifbar. Allerdings fehlen in den Ansätzen die Möglichkeiten eines Wissensmanagements bezüglich der Nachhaltigkeit des Kompetenzaufbaus von Mitarbeitern.

Die Methode „Planspiel“ beschreibt eine „konstruierte Situation, in der sich eine/mehrere Person(en) in/an einem diskreten Modell nach vorgegebenen Regeln verhalten“ [Gei-95],

⁴⁸ <http://www.lernfabrik-aie.de>, Zugriff am 07.03.2011.

S. 49. Hier geht es um ein praxisnahes Vermitteln und Vertiefen von Kenntnissen in einem Team, wobei auch eigene Erfahrungen eingebracht werden können. Die aktive Teilnahme der Mitarbeiter macht die besondere Qualität von Planspielen gegenüber herkömmlichen Lernmethoden aus, da ein experimentelles Erproben (Learning by doing) ermöglicht wird. Das Planspiel bietet den Mitarbeitern somit ein ideales Lernumfeld, um risikolos neue Lösungswege zu suchen, zu erproben und in kurzer Zeit wertvolle Erfahrungen zu sammeln. Dagegen steht eine zielgerichtete Wissensentwicklung beteiligter Mitarbeiter nicht im Fokus des Planspiels. Weiterhin existiert kein nachhaltiges Konzept für die Erfassung generierten bzw. ausgetauschten Wissens.

Allen Ansätzen gemeinsam ist die Möglichkeit zum Aufbau und Austausch von Wissen, jedoch auch der fehlende Bezug zur aktuellen Projektstätigkeit bzw. zum individuellen Arbeitsplatz des Mitarbeiters.

5.1.2 Tätigkeitsbegleitende Ansätze zur Wissensentwicklung

Im Rahmen von Mentorenprogrammen („Mentoring“) werden neue Mitarbeiter („Newcomer“ oder „Mentees“) von erfahrenen Organisationsmitgliedern „an die Hand“ genommen (vgl. u. a. [LaW-91], [PeC-03]). Der Mentor steht als Ratgeber und Berater zur Verfügung und teilt mit dem Mentee sein Wissen und seine Erfahrung. Im Rahmen von Kompetenznetzwerken können Mentoren in ihrer Rolle zudem als „Multiplikatoren“ eingesetzt werden. Damit wird gewährleistet, dass auch neue Mitarbeiter in einer Organisation recht schnell über ein ausreichendes informelles Netzwerk verfügen. Weiterhin werden kulturelle Werte und soziale Kompetenzen vorgelebt. Als Mentoren ausgewählte Mitarbeiter werden verstärkt motiviert. Dabei müssen sie ihr Tun überdenken, werden sich jedoch gleichzeitig ihrer Erfahrung, ihres Wissens und ihrer Kontakte bewusst.

Analog zum Instrument der „Communities of Practice“ (vgl. Kapitel 2.4.1) garantiert das Mentoring einen intensiven, persönlichen Wissensaustausch und Kompetenzaufbau. Von diesem profitiert eine Organisation, solange der Wissensfluss zwischen den Beteiligten nicht unterbrochen wird. Ein Bezug zur Digitalen Fabrik existiert bislang nicht.

Unter dem Begriff der Lernplattform lassen sich softwarebasierte Werkzeuge wie Learning Management Systeme (LMS) und E-Learning-Ansätze zusammenfassen [WIP-07]. Charakteristisch für „E-Learning“ ist der fehlende persönliche Kontakt zum Lehrer und zu anderen Lernenden. Eine Kommunikation mit anderen Nutzern oder Experten findet nur

virtuell statt. Dagegen kann flexibel, d.h. orts- und zeitunabhängig auf die Lernplattformen und deren Lerninhalte zugegriffen werden. Diesbezüglich bieten die Werkzeuge geeignete Ansätze unter Nutzung moderner IKT. Dietinger geht in seiner Arbeit ausführlich auf die Historie und standardisierten Ansätze von E-Learning ein [Die-03].

E-Learning erlaubt die Anpassung von Lerninhalten und -konzepten auf individuelle Bedürfnisse und ist damit grundsätzlich für die Digitale Fabrik geeignet. Die Stärke des Ansatzes liegt in der unternehmensweiten Distribution und Vermittlung von Informationen, insbesondere fachlichem Wissen sowie spezifischen Arbeitsmethoden. Dagegen lassen sich persönliche oder teamspezifische Erfahrungen und Kompetenzen in einem Projekt- oder Problemkontext schwer austauschen bzw. aufbauen. Weiterhin steht der hohe Aufwand insbesondere für die Erzeugung und Aktualisierung von Lerninhalten in einem ungünstigen Verhältnis zur vergleichsweise kurzen Halbwertszeit von dokumentiertem Wissen. Letztlich sind die effiziente Einbindung von E-Learning in die individuellen Tätigkeiten des Planungsprozesses sowie die effiziente Aktualisierung von Inhalten entscheidende Kriterien für die Nutzerakzeptanz.

Allen Ansätzen gemeinsam ist die Unterbrechung der eigentlichen Tätigkeit bis zur erfolgreichen Aufnahme bzw. Integration des neu erworbenen Wissens.

5.2 Charakterisierung einer wissensbasierten Projektumgebung

Der individuelle Wissensstand von Personen ist dynamisch, d.h. sie besitzen zum Zeitpunkt eines Projektstarts spezifisches Wissen und werden auf Basis ihrer aktuellen Ist-Kompetenzen für eine Funktionsrolle gemäß Kapitel 4.2 in Planungsprojekten vorgeschlagen. Diesbezüglich sind typische Wissensrollen zu charakterisieren.

5.2.1 Direkte Beteiligte einer wissensbasierten Projektumgebung

5.2.1.1 Wissensarbeiter

Der Wissensarbeiter (Knowledge Worker) ist die eigentliche Zielgruppe eines Entwicklungsprojektes für Wissensinfrastrukturen [Mai-04]. Der Begriff des Knowledge Workers wurde erstmalig von Drucker verwendet und beschreibt jemanden, der primär mit Informationen arbeitet oder Wissen am Arbeitsplatz entwickelt und anwendet [Dru-73].

Der Grad der Ist-Kompetenz ist ein entscheidender Faktor, weshalb der Wissensarbeiter in seiner Rolle noch weiter unterteilt werden muss.⁴⁹

Wissenseinsteiger

Der Einsteiger (Knowledge Novice, „K-Einsteiger“) besitzt angeeignetes Fachwissen und idealerweise die Fähigkeit, sich schnell in neue Themengebiete einarbeiten zu können. Ansonsten hat diese Wissensrolle noch keine Handlungskompetenz und ist nicht im allgemeinen Umgang mit Wissensmanagement vertraut. Aus diesen Gründen müssen sich Einsteiger und neue Projektmitglieder zunächst mit der Informations- und Wissensverteilung im Projekt vertraut machen. Ziel des Einsteigers muss sein, ein Verständnis über Situationen und Zusammenhänge im spezifischen Kontext zu erlangen sowie erste Fach- und Methodenkompetenz in Bezug auf relevante Prozesse, Methoden und Technologien aufzubauen [SAA-99].

Wissensanfänger

Der Anfänger (Knowledge Beginner, „K-Anfänger“) besitzt ausreichende Fach- und Methodenkompetenz für ein rationales Kontextverständnis. Im Gegensatz zur Rolle des Novizen kann der Anfänger mit seinem Erfahrungswissen und den ihm bekannten Methoden innerhalb seiner ausgeübten Funktionsrolle – ggf. mit Unterstützung – handeln und auftretende Probleme lösen. Die in einer Projektumgebung neu gewonnene soziale Kompetenz ermöglicht es dem Wissensanfänger, Verantwortung zu übernehmen und sein Handeln selbstkritisch zu reflektieren. Speziell das Füllen von Entscheidungen unter Beachtung möglicher Konsequenzen im Hinblick auf den Gesamtzusammenhang macht dagegen den Unterschied zu einem Experten aus [SAA-99].

Wissensexperte

Der Wissensexperte (Knowledge Expert, „K-Experte“) ist eine Person mit erheblichem Erfahrungswissen sowie umfassender Fach- und Methodenkompetenz. Der Experte handelt intuitiv und ganzheitlich, was ermöglicht, verschiedenste komplexe Fragestellungen zielgerichtet zu lösen. In seiner Rolle als Wissensexperte kann ein Projektmitglied in Kooperation mit dem Projektmanager die Einarbeitung von Einsteigern unterstützen und

⁴⁹ In Abbildung 31 wird mit dem „Wissensniveau“ bereits auf diesen Sachverhalt hingewiesen. North stuft Mitarbeiter in ihren fachlichen und methodischen Kompetenzen nach Kenner, Könnner und Experte ein [Nor-02]. Dies entspricht Einsteiger, Anfänger und Experten aus [SAA-99].

anleiten (vgl. Kapitel 4.4.2 und 5.1.2). Durch die Einbeziehung in Lernprozesse und den Erfahrungsaustausch mit anderen Projektmitgliedern entwickelt der Wissensexperte bestehendes Wissen kontinuierlich weiter [SAA-99].

5.2.1.2 Projektmanager

Ein Projektmanager („K-Projektmanager“) verantwortet, koordiniert und überwacht ein spezifisches Projekt. Dabei stellt er sicher, dass die Projektziele in der vorgesehenen Zeit und mit den geplanten Ressourcen erreicht werden. Er sucht mit seiner sozialen Kompetenz den ständigen Kontakt zu den Projektmitgliedern. In dieser Beziehung unterscheidet sich die Wissensrolle von einem Wissensarbeiter, welcher stärkere fachliche und methodische Kompetenzen für seine eigene Funktionsrolle besitzen muss. Zudem verfügt er über Erfahrungen im Bereich der Kommunikation und Motivation [MVH-03].

5.2.2 Unterstützende Wissensrollen

5.2.2.1 Knowledge Engineer / Process Analyst

Der Wissensanalyst (auch „Knowledge Engineer“ [SAA-99], „K-Analyst“) ist projektverantwortlich für das Analysieren, Heranziehen und Aufbereiten des Wissens im Projektkontext, welches durch die Wissensarbeiter genutzt wird. Dazu nutzt er die in Kapitel 2.4.3 genannten Werkzeuge. Nach Mertins et al. ist diese Rolle für operative Aktivitäten wie das Kategorisieren oder Strukturieren von Wissensbasen vorgesehen [MVH-03].

5.2.2.2 Knowledge Manager

Die Rolle des Knowledge Managers („Wissensdirektor“, „K-Manager“) ist strategischer Ausrichtung und koordiniert die Wissensmanagementaktivitäten in der Organisation und deren Anpassung an die Strategie des Unternehmens. Zudem stimmt er sich mit der operativen Rolle des Projektmanagers ab [SAA-99].

5.2.2.3 Knowledge System Developer

Die Projektrolle des Systementwicklers (Knowledge System Developer, „K-Systementwickler“) ist verantwortlich für die Implementierung eines Wissensmanagementsystems nach CommonKADS (vgl. Kapitel 2.4.3). Dafür greift er auf die Arbeit und Bedürfnisse des Wissensanalysten zurück [SAA-99].

Abbildung 37 stellt die Wissensrollen und ihre Tätigkeiten im Kontext von Wissensmanagement vereinfacht dar. Kernrollen sind dabei die Wissensarbeiter in ihren beschriebenen Abstufungen sowie der Projektmanager, der insbesondere bei kleineren Projekten gemeinsam mit dem Wissensexperten analytische Tätigkeiten des Wissensanalysten ausübt. Kein Bestandteil der eigentlichen operativen Projektumgebung ist die strategische Rolle des Knowledge Managers. Auch die Rolle des Systementwicklers ist primär eine übergeordnete bzw. ausgelagerte Tätigkeit.

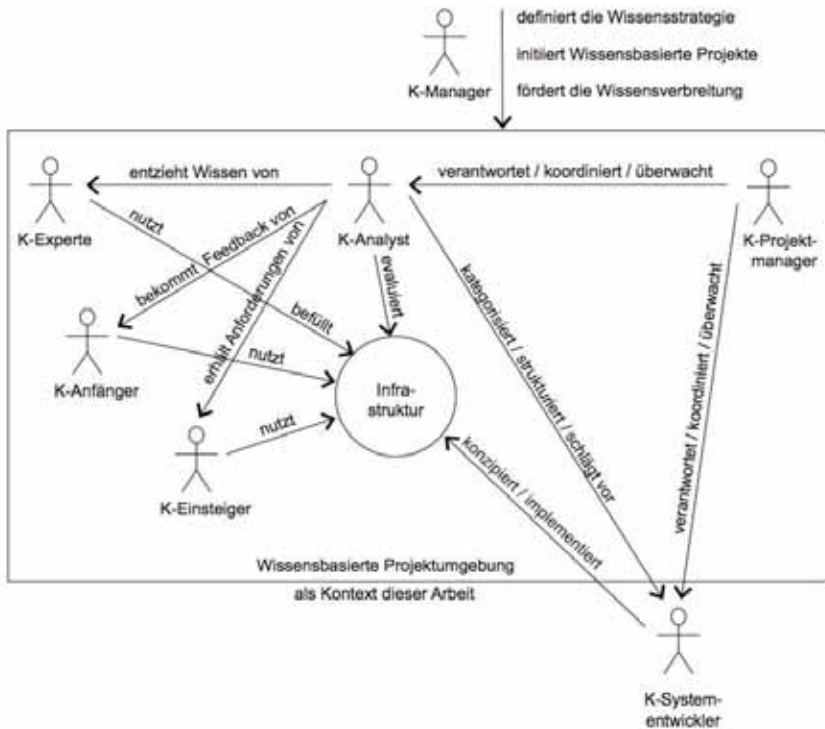


Abbildung 37: Wissensrollen im Kontext einer Projektumgebung in Anlehnung an [SAA-99], S. 20

Innerhalb einer Projektumgebung – dem üblichen Kontext der Digitalen Fabrik – besteht aufgrund der Beziehungen zwischen einzelnen Funktionsrollen (vgl. Abbildung 18) grundsätzlicher Bedarf an Kommunikations- und Lernprozessen.

Aus der Zuordnung einer Wissensrolle zu einer spezifischen Funktionsrolle ergibt sich der individuelle Wissensbedarf.

5.3 Strategien im Umgang mit Wissen in der Digitalen Fabrik

Die steigende Komplexität und Wissensintensität von Produkten, die veränderten Planungsprozesse sowie die Werkzeuge der Digitalen Fabrik erfordern gegenüber der klassischen Fabrikplanung eine effiziente Strategie im Umgang mit Wissen. Nachfolgend wird die Digitale Fabrik aus Wissenssicht näher untersucht.

5.3.1 Gesamtverständnis über die Planungsobjekte einer Digitalen Fabrik

Tabelle 3 zeigt das erforderliche Gesamtverständnis über den Prozesscharakter einer Fabrik im Allgemeinen sowie über den Themenkomplex der Digitalen Fabrik im Speziellen. Demnach decken die in Kapitel 2.1.2 genannten Kategorien des Grundsatzwissens (Know-why), Faktenwissens (Explizites Wissen, Know-what, auch Know-who) und Handlungswissens (Know-how) alle relevanten Objekte des Planungsprozesses (vgl. [VDI-08]) ab. Weiterhin lassen sich die in Kapitel 4.2 identifizierten Funktionsrollen beispielhaft diesen Planungsobjekten zuordnen, um den Mindestbedarf an Wissen im Hinblick auf erforderliche Wissensaktivitäten zu erkennen. Für alle Wissenskategorien werden die Planungsobjekte in den Kontext von Produkt, Ressource, Prozess und Projekt eingeordnet.

Kategorie	Grundsatzwissen	Faktenwissen	Handlungswissen	Rolle
Produkt	Markt- und Technologietrends	Funktions- und Wirkprinzipien, Werkstoffe, Product Feasibility	Methoden, Strategien und Erfahrungen zur Produktentwicklung	PP, PE
Ressource	Aktivitäten und Mittel	Systeme, Dokumente, Modelle, erforderliche Betriebsmittel	Methoden, Strategien und Erfahrungen zur Ressourcenplanung	LAY, BMP, AWI
Prozess	Aktivitäten und Abläufe	Planungsgegenstand, Fertigungstechnologien, benötigte Kapazitäten	Methoden, Strategien und Erfahrungen zur Prozessplanung	PFP, LOG, ASE
Projekt	Projektstrukturen und Ressourcenzuordnung	Organisation und Personen	Erfahrungen im Projekt, effizientes Arbeiten	PM

Tabelle 3: Beispielhafte Zuordnung von Wissen und Funktionsrollen in den Kontext der Planungsobjekte

Tabelle 3 verdeutlicht, in Ergänzung zu den modellierten Prozessen aus Kapitel 4.3, den besonders hohen Anteil impliziten Wissens in der Digitalen Fabrik. Handlungswissen muss folglich in ausreichendem Maße unterstützt sowie kontinuierlich weiterentwickelt werden.

Es fehlt ein Ansatz zur Dokumentation bzw. Verwaltung von fabrikplanungs- bzw. funktionsrollenspezifischem Wissen mit der Intention, dieses zukünftig systematisch und simultan zu anderen Daten und Informationen der Fabrikplanung zu nutzen.

Eine Vielzahl von Tätigkeiten innerhalb des Planungsprozesses wird mit Computerunterstützung durchgeführt. Dadurch liegen nicht nur das endgültige Arbeitsergebnis, sondern auch alle Zwischenergebnisse in Form von elektronischen Dokumenten und digitalen Modellen (z.B. Konstruktion, Simulation, Ergonomie) vor. Diese Daten bzw. Informationen werden über geeignete Infrastrukturen und Managementsysteme verwaltet (vgl. Kapitel 3.3.2) und somit den Beteiligten des Planungsprozesses zur Verfügung gestellt. Das zur Erfüllung der Tätigkeit verwendete Grundsatz- und Faktenwissen sowie die persönlichen Erfahrungen werden damit aktuell nicht mit dem Planungsergebnis verknüpft.

Es fehlt ein Ansatz für eine nachhaltige Verknüpfung des Handlungswissens von Mitarbeitern mit relevanten Planungsergebnissen der Digitalen Fabrik.

5.3.2 Identifizierung des individuellen Wissensbedarfs

Der vielseitige Umgang mit Wissen in der Digitalen Fabrik betrifft alle Funktionsrollen gleichermaßen (vgl. Tabelle 3). Die in Kapitel 1.3 erfolgte Definition der „Context Awareness“ umfasst mit dem Ort, der Zeit, der Identität (auch: Rolle) sowie der Aktivität (die aktuelle Tätigkeit) vier Kategorien, um eine Situation zu charakterisieren. Diesbezüglich bezieht sich der Kontext einer Digitalen Fabrik derzeit auf die Projektumgebung und die verschiedenen Anwendungsgebiete (vgl. Abbildung 14), die unterschiedlichen Funktionsrollen und ihre individuellen Tätigkeiten.

Es fehlt ein Ansatz von Context Awareness, welcher funktionsrollenspezifische Aktivitäten mit einer vorhandenen Wissensrolle in einer Weise verknüpft, die einem Mitarbeiter seinen individuellen Wissensbedarf innerhalb der Digitalen Fabrik aufzeigt.

Ley zeigt mit einer Fallstudie aus der Automobilindustrie auf, welche Schritte im Rahmen eines strategischen Kompetenzaufbaus aus Sicht einer Personalplanung durchlaufen werden. Wesentliche Methoden sind Interviews zur Ableitung und Bewertung des (Soll-)Kompetenzbedarfs bezüglich rollenspezifischer Aufgaben, die Überführung der Erkenntnisse in ein Anforderungsprofil (auch Kompetenzprofil) sowie die Abbildung aller Soll-Kompetenzen und Tätigkeitsbeschreibungen in einem Kompetenzkatalog [Ley-06].

Die Mitarbeiterauswahl für ein konkretes Projekt erfolgt üblicherweise im Vorfeld dessen über involvierte Fachbereiche und in Zusammenarbeit mit der Personalabteilung. Diesbezüglich werden vorhandene Kompetenzen, Fähigkeiten und Erfahrungen mit benötigten Tätigkeitsprofilen eines Prozessplaners, Simulationsexperten, etc. abgeglichen.⁵⁰ Durch diese Vorgehensweise werden die Wissenslücken von Mitarbeitern in Bezug auf ihre Funktionsrollen identifiziert.

Im Gegensatz zu einer strategischen Kompetenzplanung gilt es einen kurzfristigen und individuellen Wissensaufbau zu realisieren.

Wesentlicher Schritt bei der Identifizierung des Wissensbedarfs ist eine erste formelle oder informelle Schätzung der Kompetenzen eines Mitarbeiters durch ihn selbst oder durch andere. Denkbare Maßnahmen hierfür sind Interviews („Assessments“) zwischen Projektmanager und Mitarbeiter (ggf. unter Beteiligung von Personalverantwortlichen, Mentoren sowie Betriebsräten) oder vorgefertigte Fragenkataloge. Letztere bieten eine systematische Auswertung. Eine informelle Kompetenzbewertung kann durch die Analyse bisheriger Projektergebnisse (z.B. Planungsergebnisse oder Simulationsmodelle) erfolgen.

Ziel eines initialen Assessments ist die Zuweisung einer Wissensrolle sowie die Ableitung individueller Lernaktivitäten für eine bestmögliche Wissensentwicklung.

Klassische Werkzeuge des strategischen Kompetenzmanagements (vgl. [Ley-06]) können in der Projektorganisation genutzt werden und bieten zudem eine Basis für einen langfristigen, projektunabhängigen Kompetenzaufbau.

Analog soll ein Einsatz operativer Wissensaktivitäten individuell oder kollektiv erlangtes Wissen dauerhaft in die Digitale Fabrik zurückfließen lassen.

⁵⁰ Masurat konzipiert in seiner Arbeit eine Aufbauorganisation, bei der die notwendigen Teams im Projektverlauf bedarfsorientiert aus einem zentralen Mitarbeiter-Pool gebildet werden. Zu jedem Mitarbeiter werden Daten geführt, die Auskunft über Qualifikation, Verfügbarkeit und Projekterfahrung geben [Mas-06].

5.4 Übertragung der Erkenntnisse in das Konzept einer Wissensumgebung

Ausgangspunkt dieser Arbeit ist die große Herausforderung, Personen mit unterschiedlichen Wissensständen in die Digitale Fabrik zu integrieren und zugleich geeignete Ansätze einer effizienten Wissensentwicklung und -vermittlung für spezifische Planungstätigkeiten zu konzipieren. Dafür wurde in den Kapiteln zuvor der rollenspezifische Wissensbedarf ermittelt und der Bedarf einer Integration lern- und aufgabenorientierter Wissensaktivitäten in den Kontext der Digitalen Fabrik abgeleitet. Das Ziel ist nun, ein Lösungskonzept zu entwickeln, mit dem der individuelle Mitarbeiter in seinen Wissensaktivitäten unterstützt und damit der Planungsprozess nachhaltig verbessert bzw. abgesichert wird.

Die in Kapitel 5.1 vorgestellten Weiterbildungsansätze bieten einen vielfältigen Wissensaufbau, führen jedoch zugleich zur Unterbrechung der eigentlichen Arbeit oder erzwingen einen Ortswechsel. Aufgrund der Erkenntnisse von Kapitel 5.2 und 5.3 besteht vielmehr der Handlungsbedarf, das individuelle Wissen mit dem aktuellen Projekt- und Systemkontext eines Mitarbeiters, dem persönlichen Arbeitsplatz, zu verknüpfen.

Folglich lässt sich die Fragestellung dieser Dissertation wie folgt veranschaulichen:

Diese Arbeit erforscht die am Arbeitsplatz eigenständig initiierte oder geführte Wissensentwicklung von Mitarbeitern für eine spezifische Funktions- und Wissensrolle in der Digitalen Fabrik sowie den kontextangepassten Umgang mit Wissen mit dem Ziel einer Wissens(management)umgebung für diesen Projekt- und Systemkontext.⁵¹

Die nachhaltige Verknüpfung von Wissen und Kontext (Zeit, Ort, Tätigkeit, Rolle) kann nur über eine Systemumgebung erfolgen (vgl. Kapitel 1.3). Gleichzeitig verlangt die Vernetzung von digitalen Modellen, Methoden und Werkzeugen als ein Kernziel der Digitalen Fabrik den täglichen Einsatz moderner Informations- und Kommunikationstechnologie am Arbeitsplatz. Dennoch darf ein rollenspezifischer, bewusster Umgang mit Wissen nicht unmittelbar auf eine Systemumgebung reduziert werden. Wissensaustausch auf sozialem Weg ist ein ebenso wichtiger Baustein eines erfolgreichen Wissensmanagements.

⁵¹ Der Begriff einer Wissensmanagementumgebung wird aus Gründen der besseren Lesbarkeit und mit Fokus auf eine systemorientierte Lösung im weiteren Verlauf „Wissensumgebung“ genannt.

Abbildung 38 zeigt den Arbeitsplatz in der Digitalen Fabrik als kontextbasierende Wissensumgebung zur Unterstützung lern- und aufgabenorientierter Wissensaktivitäten. Der Mitarbeiter hat den Bedarf an der Bewältigung seiner individuellen Aufgabe innerhalb der Digitalen Fabrik. Bezogen auf die eigene Funktionsrolle und auf Grundlage seines Wissensbedarfs entscheidet er selbstständig, ob er auf explizites Wissen (z.B. Best Practice Dokument oder Fachliteratur) zurückgreift oder für einen Austausch von Erfahrungswissen den bewussten Dialog (mit einem Experten) innerhalb des Projektteams sucht.

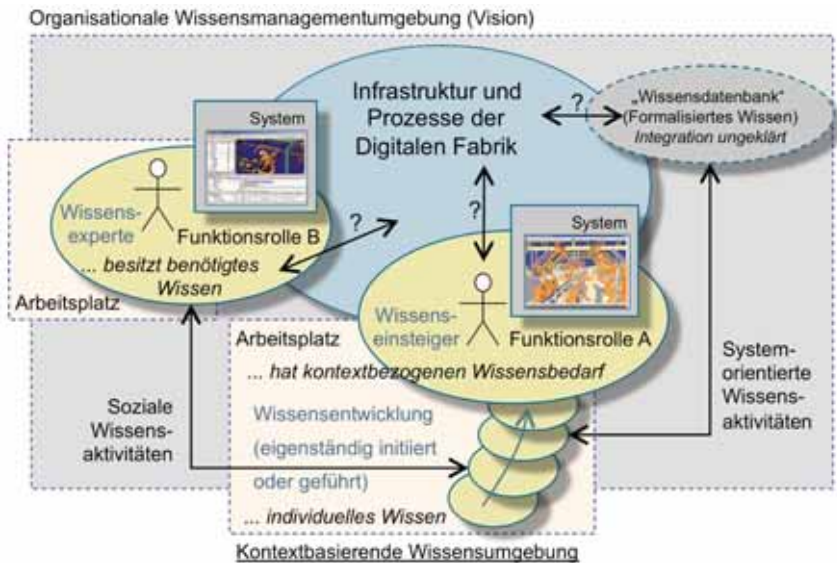


Abbildung 38: Der Arbeitsplatz in der Digitalen Fabrik als kontextbasierende Wissensumgebung

Die Grundlagen zur Lernenden Organisation (vgl. Kapitel 2.2.1) erlauben die These, dass die erfolgreiche Realisierung einer Wissensentwicklung bzw. -vermittlung am Arbeitsplatz ein erster, entscheidender Schritt für die Vision einer unternehmensweiten Lösung für organisationales Lernen ist.

Für gewöhnlich besteht bei einer lernorientierten Aktivität kein direkter Bezug zu einer Planungstätigkeit. Durch die Integration von beiden Wissensaktivitäten in eine kontextbasierende Wissensumgebung und der Zuordnung von Wissensrollen kann der rollenspezifische Wissensbedarf gezielt im aktuellen Kontext vorgeschlagen („Knowledge Pull“) und muss nicht manuell aus einer Situation heraus angestoßen werden.

Die Konzeption der kontextbasierenden Wissensumgebung erfolgt in den Kapiteln 6 und 7 im Rahmen eines Bottom-up Ansatzes.⁵² In dieser Reihenfolge ist zu klären, welche Kommunikationswerkzeuge für die Integration von lern- und aufgabenorientierten Wissensaktivitäten geeignet sind und wie diese in eine generische Systemlösung bzw. eine bestehende Planungsinfrastruktur eingebunden werden. Weiterhin ist der Rückfluss von entwickeltem und existierendem Wissen in den Planungsprozess zu entwerfen. Diese Anforderungen werden durch bidirektionale Pfeile und Fragezeichen in Abbildung 38 dargestellt.

⁵² Dieser Begriff findet sich in zahlreichen Disziplinen wieder, u.a. im Technologiemanagement und in der Informatik. Vgl. http://de.wikipedia.org/wiki/Top-down_und_Bottom-up, Zugriff am 07.03.2011.

6 Konzeption und beispielhafte Umsetzung von Komponenten

*„Bildung kommt von Bildschirm und nicht von Buch,
sonst hieße es ja Buchung.“*

(Dieter Hildebrandt, dt. Kabarettist)

Die in Kapitel 5.4 skizzierte Wissensumgebung wird in den Kapiteln 6 und 7 konzipiert und evaluiert. Dabei wird ein Bottom-up-Ansatz („von unten nach oben“) angestrebt, d.h. beginnend von der Erarbeitung möglicher Systembausteine („Komponenten“) hin zur Gestaltung und Evaluierung der Gesamtarchitektur.

In diesem Kapitel werden zunächst mit Hilfe des soziotechnischen Ansatzes grundlegende Anforderungen an die Wissensumgebung erarbeitet. Im Anschluss werden geeignete IKT für eine Unterstützung von ausgewählten Wissensaktivitäten in der Digitalen Fabrik beispielhaft umgesetzt. Des Weiteren werden neue Bausteine zur Abbildung von lernorientierten Wissensaktivitäten entwickelt. Schließlich werden die beispielhaft umgesetzten bzw. entwickelten Komponenten in Bezug auf die aufgestellten Anforderungen bewertet.

In Kapitel 7 wird die Systemarchitektur einer Wissensumgebung unter Einbindung der beispielhaft umgesetzten Komponenten gestaltet und evaluiert. Das Ziel der Arbeit ist diesbezüglich keine feste, sondern eine generische bzw. modulare Architektur, welche in verschiedene Planungsinfrastrukturen integrierbar ist.

6.1 Der soziotechnische Ansatz als Rahmengerüst

Das Lösungskonzepts einer Wissensumgebung (Kapitel 5.4) zeigt den Bedarf einer differenzierten Herangehensweise bezüglich eines Umgangs mit Wissen. Der Mitarbeiter entscheidet in Abhängigkeit seiner derzeitigen Funktions- und Wissensrolle „ad-hoc“, wie bzw. womit er aktuell benötigtes Wissen erwirbt. Die Tatsache, dass technische Systeme einen elementaren Bestandteil der Digitalen Fabrik darstellen, löst nicht die Problematik des Transfers von Handlungswissen an nachfolgende Aktivitäten und beteiligte Wissens-träger. Beispielsweise ist zwischen Fabriklayoutplanung und Materialflusssimulation eine zwischenmenschliche Abstimmung erforderlich, die zugleich Wissen austauscht und weiterentwickelt. Dies ist bei der Konzeption der Wissensumgebung zu berücksichtigen.

Unter soziotechnischen Systemen wird „eine organisierte Menge von Menschen und Technologien verstanden, welche in einer bestimmten Weise strukturiert sind, um ein spezifisches Ergebnis zu produzieren.“ [Syd-85], S. 27

Diese Kopplung von technischen Systemen und Kommunikationsprozessen adressiert beide Sichtweisen eines Wissensmanagements im Planungsprozess und bietet somit ein Rahmengerüst für die Unterstützung von Wissensaktivitäten am Arbeitsplatz.

Das Use-Case-Diagramm in Abbildung 39 beschreibt auf Grundlage der in Kapitel 4.4 identifizierten Bausteine eine Arbeits- bzw. Projektumgebung aus soziotechnischer Systemsicht. Hierbei kann der soziale Kontext durch moderne IT-Ansätze in eine reale und eine virtuelle Ebene aufgeteilt werden. Im realen Gruppenkontext wird Wissen direkt von Angesicht zu Angesicht ausgetauscht. Hingegen erlaubt der virtuelle Kontext eine Kommunikation und Kollaboration auf Basis technischer Lösungen.

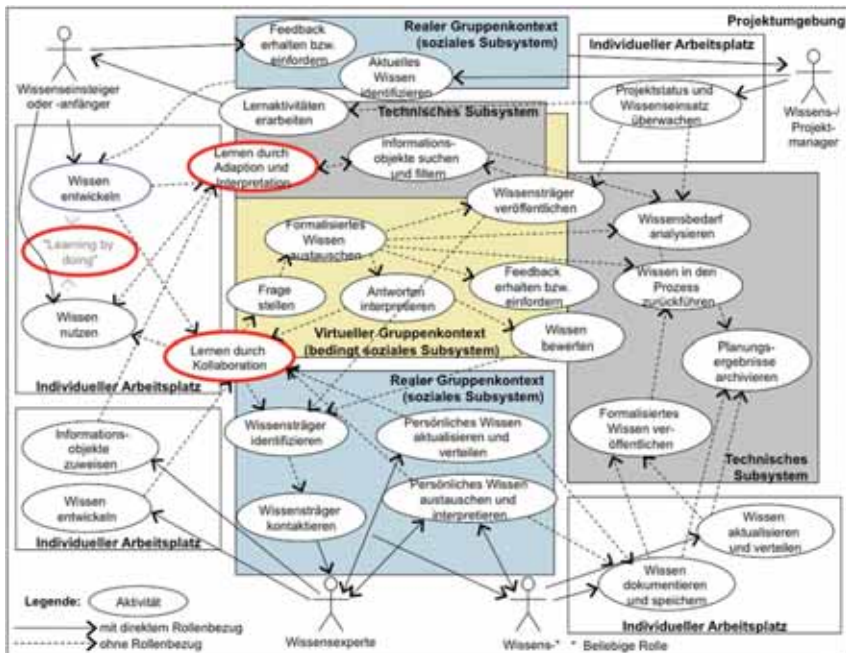


Abbildung 39: Aufgaben- und lernorientierte Wissensaktivitäten aus soziotechnischer Systemsicht⁵³

⁵³ Erstveröffentlichung in reduzierter Form in [WiW-09], S. 52

Nach Abbildung 39 kann ein Mitarbeiter in seiner Rolle fehlendes Wissen durch drei Wege (hervorgehoben) entwickeln: durch Adaption und Interpretation kodifizierten Wissens, durch Kommunikation in realem oder virtuellem Gruppenkontext (Rücksprache mit Gleichgesinnten oder Experten) sowie durch „Learning by doing“ (vgl. das „Planspiel“ in Kapitel 5.1). Der letzte Weg ist losgelöst von einem gezielten (gesteuerten) Kompetenzaufbau und weiteren Wissensaktivitäten und wird nicht weiter untersucht.

Tabelle 4 fasst die in Kapitel 4.4 identifizierten Wissensaktivitäten unter Berücksichtigung des soziotechnischen Kontextes zusammen. Die Adaption und Interpretation kodifizierten Wissens, also Informationen, erfordert technische Subsysteme, während die zwischenmenschliche Kommunikation davon losgelöst erfolgen kann.

Aufgabenorientierte und lernorientierte Wissensaktivitäten	
Suchen und Filtern von Informationen	Persönliches Wissen identifizieren
Erfragen und Interpretieren von Wissen	Führen beim Wissensaufbau
Austauschen und Verteilen von Wissen	Feedback erhalten und einfordern
Nutzen von Wissen und Informationen	Rückführen von Wissen in den Prozess
Dokumentieren und Speichern von Wissen und Informationen	Aktualisieren und Verteilen von Wissen im Prozess
Veröffentlichen von Informationen	Bewerten von Informationen

■ - technisches Subsystem

■ - (bedingt) soziales Subsystem

□ - beide Möglichkeiten

Tabelle 4: Einordnung der Wissensaktivitäten aus Kapitel 4.4 in den soziotechnischen Kontext

Bereits in Kapitel 4.4.3 wurde festgehalten, dass eine klare Abgrenzung von aufgaben- und lernorientierten Aktivitäten nicht möglich ist. Umso wichtiger ist es daher, in den folgenden Teilkapiteln geeignete Komponenten zu definieren, welche in der Summe beide Wissensaktivitäten innerhalb des Planungsprozesses unterstützen.

6.2 Grundlegende Anforderungen an die Wissensumgebung

Bei den Anforderungen an eine Systemumgebung kann zwischen funktionalen und nicht-funktionalen Anforderungen unterschieden werden. Zu den funktionalen Anforderungen gehören die Randbedingungen, unter denen das System operieren muss, inklusive der Be-

dienungsebene als Schnittstelle zum Systemnutzer.⁵⁴ Daraus resultieren die Funktionen des Systems, welche beschreiben, **was** das System leisten soll. Nichtfunktionale Anforderungen geben dagegen an, **wie gut** ein System etwas leisten soll. Sie gliedern sich in Leistungs- und Qualitätsanforderungen und beschreiben die Bedingungen an das System hinsichtlich technischer und anwenderspezifischer Bedürfnisse, welche sich im Gegensatz zu den funktionalen Anforderungen auf die gesamte Architektur auswirken [SoK-98].

Die nachfolgend formulierten Anforderungen sind in Anlehnung an die eigene berufliche Praxis – abgeglichen mit [VDI-02] – sowie aus dem Arbeitskreis zur VDI-Richtlinie 4499 Blatt 3 entstanden und hinsichtlich der Aspekte des Wissensmanagements ergänzt worden.

Eine systemseitige Abbildung von Wissensmanagement ist von der Akzeptanz der Wissensträger abhängig. Nach Abbildung 39 muss der Einsatz der kontextbasierenden Wissensumgebung in der täglichen Arbeit einen erkennbaren Nutzen zeigen. Die Ergebnisse aus der Modellierung und Systematisierung von Wissensaktivitäten beschreiben diesbezüglich Anforderungen an eine Wissensumgebung aus Anwendersicht. Weiterhin lassen sich zwei Forderungen hinsichtlich der Anwenderoberfläche formulieren (Tabelle 5).

#	Anwenderanforderungen an die kontextbasierende Wissensumgebung
1	Gezieltes Finden und direktes Nutzen von zum Kontext passenden Informationen
2	Schnelles Dokumentieren, Speichern und Veröffentlichen eigenen Wissens
3	Kontaktieren von geeigneten Experten für Wissensentwicklung und -austausch
4	Einfaches Werkzeug für ein Feedback bzw. zur Bewertung von Informationen
5	Erkennen bzw. Abstimmen des persönlichen Wissensbedarfs im Projekt
6	Einfaches Abstimmen und Protokollieren von Aktivitäten mit Ziel des Wissensaufbaus
7	Geführtes Rückgeben, Aktualisieren und Verteilen dokumentierten Wissens
8	Übersichtliche und in der gesamten Planungsumgebung einheitliche Anwenderoberfläche
9	Leicht bedienbare, nach individuellen Bedürfnissen anpassbare Anwenderoberfläche

Tabelle 5: Anwenderanforderungen an die kontextbasierende Wissensumgebung

⁵⁴ „Usability Engineering“ geht auf die bewusste Gestaltung der Schnittstelle zwischen Benutzer und System ein. Detaillierte Vorgaben sind in der ISO 9241-10/17 (Nutzbarkeit), ISO 13407 (Benutzerorientierte Gestaltung) und ISO 14915 (Software-Ergonomie für Multimedia-Anwendungen) zu finden.

Im Gegensatz zu Anwenderanforderungen nehmen die Systemanforderungen Bezug auf konkrete Funktionen des Systems. Sie definieren den exakten Implementierungsumfang in einer funktionalen Spezifikation, dem Pflichtenheft. Es bietet sich eine Aufteilung in die Schichten einer Systemarchitektur an (vgl. Kapitel 3.3.2). Grundlage für die Auswahl insbesondere von Applikationen sind sämtliche Wissensaktivitäten aus Tabelle 4. Diese werden in Tabelle 6 als funktionale Anforderungen an eine Systemumgebung für den aufgaben- und lernorientierten Umgang mit Wissen formuliert. Zudem sind in der Daten- und Präsentationsschicht einige Anforderungen für die Unterstützung der Wissensaktivitäten von Mitarbeitern in ihren individuellen Rollen aufgeführt.

#	Systemanforderungen an die kontextbasierende Wissensumgebung
Präsentationsschicht	
10	Orts-, zeit- und systemunabhängige Sicht auf Informationen bzw. Wissen im Planungsprozess
11	Rollenspezifische Sicht auf Informationen bzw. Wissen im Projekt- und Systemkontext
Applikationsschicht	
12	Funktionalitäten zur Suche und Filterung von kodifiziertem Wissen
13	Funktionalitäten des Content Managements: Dokumentation, Speicherung, Veröffentlichung und Überarbeitung (Revisionierung) von Information bzw. kodifiziertem Wissen
14	Funktionalitäten für die Strukturierung und Visualisierung von kodifiziertem Wissen
15	Funktionalitäten für die Verbreitung und Verteilung von Wissen (Kollaboration)
16	Funktionalitäten zur Analyse und Bewertung (Reporting) der Nutzung von Wissen
17	Funktionalitäten zur intelligenten Nachverfolgung und Initiierung von Benutzeraktionen
18	Funktionalitäten zur Unterstützung von aufgaben- und lernorientierten Aktivitäten
Datenschicht	
19	Integration einer Benutzerautorisierung für den Zugriff auf sicherheitsrelevantes Wissen
20	Speicherung von Metadaten und Nutzdaten (Content) in einer relationalen Datenbank

Tabelle 6: Systemanforderungen an die kontextbasierende Wissensumgebung

In der Detaillierungsebene der technischen Anforderungen werden überwiegend nicht-funktionale Anforderungen eingeordnet, die erst entstehen bzw. konkretisiert werden, nachdem grundsätzliche Entscheidungen über die Art der Realisierung gefallen sind. Diese Anforderungen wirken sich durch ihre Leistungs- und Qualitätsaspekte auf die Auswahl und Bewertung informations- und kommunikationstechnischer Werkzeuge aus.

Tabelle 7 nennt in Erweiterung von [VDI-08], S. 45, ausgewählte technische Anforderungen für eine Systemumgebung, klassifiziert nach Leistungs- und Qualitätsaspekten.

#	Technische Anforderungen an die kontextbasierende Wissensumgebung
Leistungsaspekte	
21	Flexibilität bei der Anbindung an existente Systeme (Verwendung von Standardtechnologie)
22	Skalierbarkeit in Bezug auf das Datenmodell, die Dienste, die Applikationen / Einsatzbereiche
23	Konfigurierbarkeit einer bedarfsgerechten, rollenspezifischen Wissensbereitstellung
24	Systemseitige Interpretation kodifizierten Wissens (Integration semantischer Technologie)
25	Adaptierbarkeit bestehender Rollen- und Rechtenkonzepte
26	Unterstützung zeitlich und örtlich asynchroner Arbeitsabläufe (Mobilität im Projektumfeld)
Qualitätsaspekte	
27	Systembenutzung (Ergonomie, Verständlichkeit, Effektivität und Einheitlichkeit)
28	Systemeffizienz (Ressourcenverbrauch, Reaktionszeit, Datendurchsatz)
29	Schutz vor unberechtigtem Zugriff auf Bestandteile bzw. Inhalte des Systems durch andere
30	Zuverlässigkeit (Verfügbarkeit, Reifegrad, Integrität, Stabilität, Wiederherstellbarkeit)
31	Übertragbarkeit, Austauschbarkeit, Erweiterbarkeit und Aktualisierbarkeit des Systems
32	Zukunftssicherheit und Marktdurchdringung des Systems bzw. einzelner Werkzeuge

Tabelle 7: Technische Anforderungen an die kontextbasierende Wissensumgebung

Die in den folgenden Abschnitten genannten Komponenten zur Abbildung von aufgaben- und lernorientierten Wissensaktivitäten werden genauso wie die generische Gesamtarchitektur in Kapitel 7 unter Beachtung der zuvor erarbeiteten Anforderungen konzipiert.

6.3 Konzeption und beispielhafte Umsetzung von IKT-Bausteinen

Hinsichtlich komplexer und verteilter Entwicklungs- und Planungsprozesse hat die Digitale Fabrik Bedarf an Informations- und Kommunikationstechnologien (vgl. Kapitel 3.2.2). Auch für ein Wissensmanagement in seiner ganzheitlichen Definition stellt die IKT eine Basis dar, um den Umgang mit Wissen in der Digitalen Fabrik nachhaltig zu unterstützen. Nachfolgend werden mögliche Komponenten für den Umgang mit persönlichem und kodifiziertem Wissen im Kontext der Digitalen Fabrik konzipiert und beispielhaft umgesetzt.

6.3.1 Komponenten für eine Wissensdokumentation und Informationsnutzung

Ein Ziel des Wissensmanagements ist die zentrale Ablage allen kodifizierten Wissens und dessen Einordnung in den Projektkontext der Fabrikplanung, sofern die Archivierung nicht auf andere Weise (z.B. in Form von Modellen in PDM-Systemen) erfolgt.

Ein geeignetes System muss zum einen das Einbringen von individuellem Wissen, zum anderen auch die Interpretation bereits abgelegter Informationen ermöglichen.

6.3.1.1 Konzepte für eine gemeinsame Dokumentation und Veröffentlichung von Wissen

Die Nutzung der Wiki-Technologie ermöglicht eine schnelle und einfache Bearbeitung und Aktualisierung von Inhalten direkt im Webbrowser. Dazu gehören das einfache Formatieren und Gestalten von Texten, die Integration von Bildern und Verweise auf externe Quellen. Die Wiki-Inhalte werden wie im Dokumentmanagement üblich, in einer Datenbank gespeichert (vgl. Kapitel 3.3.2). Im Gegensatz zu Content-Management-Systemen sind alle zugelassenen Leser bzw. Gruppen auch gleichzeitig Redakteure der Inhalte, so dass auf diese Weise Wissen geteilt, entwickelt und in Zusammenarbeit geändert werden kann. Dabei werden Änderungen über eine Revisionskontrolle erfasst und sind auch im Nachhinein jederzeit einsehbar. Abbildung 40 zeigt beispielhaft einen Wikipedia-Artikel in der Bearbeitungsansicht sowie in der formatierten Fassung (im Hintergrund).



Abbildung 40: Wikipedia-Artikel über Betriebsmittel in der Bearbeitungs- und finalen Sicht (Hintergrund)⁵⁵

⁵⁵ [http://de.wikipedia.org/wiki/Betriebsmittel_\(Produktion\)](http://de.wikipedia.org/wiki/Betriebsmittel_(Produktion)), Zugriff am 07.03.2011.

Web-basierte Content-Management-Systeme (WCMS) bieten ebenfalls Ansätze von Wiki-Technologien (vgl. Microsoft SharePoint⁵⁶ und IBM Lotus Quickr⁵⁷). Sie erweitern den einfachen Wiki-Ansatz um ein unternehmensweites Rollen- und Rechtekonzept sowie eine verbesserte Inhaltsbearbeitung hinsichtlich „WYSIWYG“⁵⁸ und der Nutzung von Vorlagen. Abbildung 41 zeigt basierend auf Microsoft SharePoint die exemplarische Umsetzung einer Wiki-Seite über die Definition und Zielsetzung der Digitalen Fabrik.



Abbildung 41: Vergleichbare Wiki-Funktionalität in einem CMS am Beispiel Microsoft SharePoint

6.3.1.2 Strukturierung kodifizierten Wissens

Klassische Navigationsstrukturen bilden den erforderlichen Kontextbezug von kodifiziertem Wissen informationstechnisch ab. Sie erleichtern die Navigation durch bereits strukturiert abgelegte Informationen und stellen somit sicher, dass der Mitarbeiter zu den für ihn relevanten Inhalten gelangt.

Die Darstellung von Zusammenhängen erfolgt durch die Einordnung von Inhalten in ein prozess- oder themenspezifisches System von Kategorien, dass den Nutzungskontext oder die Herkunft des Inhaltes widerspiegelt. Die Kategorien haben eindeutige Bezeichnungen („Schlagwörter“), die das Auffinden der Inhalte erleichtern. Während Wiki-Technologien die Kategorien ausschließlich als Schlagwortkatalog anbieten, sind

⁵⁶ <http://sharepoint.microsoft.com/>, Zugriff am 07.03.2011.

⁵⁷ <http://www-01.ibm.com/software/de/lotus/wdocs/quickr/>, Zugriff am 07.03.2011.

⁵⁸ WYSIWYG = What you see is what you get. Diese Abkürzung beschreibt die resultierende Darstellung von Textformat und -layout im Texteditor bereits während der Bearbeitung.

Dokumentmanagementsysteme in der Lage, einen differenzierten Ansatz von „Top-Down“ (Grobstrukturen und Inhalte werden vorgegeben) und „Bottom-Up“ (Mitarbeiter erstellt Inhalte und verknüpft diese mit Strukturen) zu leben. Abbildung 42 zeigt den typischen Schlagwortkatalog eines Wikis im Vergleich zu einer beispielhaft angelegten Themenstruktur in Microsoft SharePoint, in welcher der Mitarbeiter gesteuert durch das integrierte Rollen- und Rechtekonzept neue Dokumente zur Prozessplanung erstellen kann.



Abbildung 42: Themenstruktur in Microsoft SharePoint im Vergleich zu einer Wiki-Kategorienübersicht

Abbildung 43 beschreibt das Konzept einer Strukturierung für eine Wissensdokumentation innerhalb der Fabrikplanung. Für jede Planungsphase (Ebene 1) werden die Teilprozesse bzw. Anwendungsgebiete (Ebene 2) als Themenkategorien vordefiniert. Auf dieser Ebene kann Wissen zum Planungsablauf abgelegt werden. Jeder Teilprozess kann weiterhin detailliertes Wissen in Form von Dokumenten über eine dedizierte Aufgabe bzw. Aktivität und notwendige Hilfsmittel enthalten (Ebene 3). Dafür werden Informationsobjekte mit der gewünschten bzw. zutreffenden Strukturebene bzw. einer Themenkategorie verknüpft.

In einem Web-Content-Management-System ist der Strukturierungsansatz einfach umzusetzen, indem in Erweiterung zu Abbildung 42, links, eine weitere Ebene angelegt wird. In einem Wiki kann dagegen eine Strukturierung dahingehend angelegt werden, dass Subkategorien beliebig häufig zwischen Hauptkategorie („Category“) und dem kodifizierten Wissen („Article“) angelegt werden können (Abbildung 42, rechts).

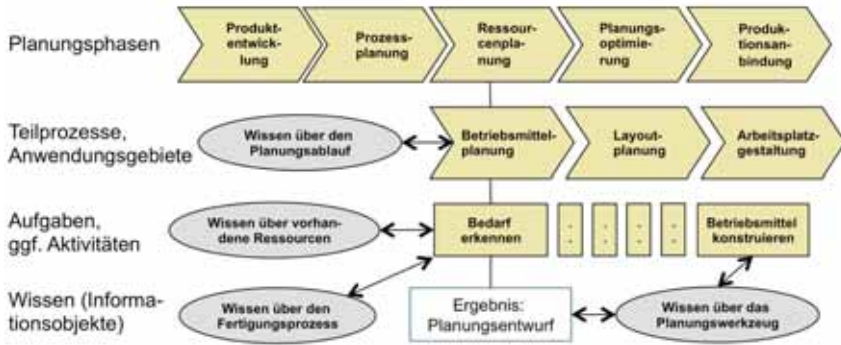


Abbildung 43: Strukturierungsansatz für eine Wissensdokumentation innerhalb der Fabrikplanung

Der entscheidende Nachteil einer klassischen Navigationsstruktur ist die Tatsache, dass ein Mitarbeiter in seiner Rolle Kenntnis über die Einordnung seiner Tätigkeit in den Gesamtprozess haben muss. Für den Zugriff auf dokumentiertes Wissen muss er wissen, in welchem Teilprozess er sich befindet und welche Informationen er benötigt. Zudem sind die Begriffe für Informationsobjekte beliebig und folglich auch doppeldeutig wählbar. Aus diesem Grund ist eine Nutzung von Abhängigkeiten zwischen Objekten eine sinnvolle Ergänzung für die schnelle Identifizierung bereits kodifizierten Wissens.

6.3.1.3 Verknüpfung kodifizierten Wissens mit Ontologien

Mit Ontologien können Zusammenhänge zwischen Objekten formal beschrieben werden, die in einer starren Strukturierung (vgl. Abbildung 43) nicht sichtbar sind. Darüber hinaus kann ein beliebiges Objekt durch das Zuweisen von Bedeutungen – Semantiken – auch ohne Bezug zu einer Struktur in einen Kontext eingeordnet werden.⁵⁹

Für die Darstellung der Abhängigkeiten zwischen Fabrikplanungsobjekten wurde zunächst eine Ontologie unter Verwendung einer Logiksprache für eine Digitale Fabrik entwickelt. Diese befindet sich in Anhang C. Abbildung 44 zeigt daraus exemplarisch einige Verknüpfungen (Relationen) zwischen den Planungsobjekten im Kontext der Fabrikplanung, die durch die Ontologie abgebildet sind. Dabei wird der Inhalt von Abbildung 43 um

⁵⁹ vgl. Kapitel 2.4.4: Ontologie ist der Überbegriff für die semantische Verknüpfung von Beziehungen und wird zugleich als Wissensmodell bezeichnet.

Abbildung 45 zeigt am Beispiel der Erweiterung „Halo“ des „Semantic Mediawiki+“ die Erstellung von Attributen und Relationen unter Verwendung eines Assistenten im Vergleich zu einer manuellen Definition in Wiki-Syntax (Auszug im Vordergrund).⁶¹ Der Unterschied zu einer formalen Ontologie liegt hier in der Möglichkeit, als Anwender aktiv an der Erweiterung bzw. Überarbeitung dieses Wissensmodells teilzuhaben.



Abbildung 45: Manuelle sowie unterstützte Definition von Attributen und Relationen in einem Wiki⁶²

Die entwickelte Ontologie aus Anhang C kann mittels gängiger Standards wie RDF oder OWL in Wiki-Umgebungen mit semantischer Unterstützung wie die in Abbildung 45 dargestellte importiert werden.

Tags beschreiben die Verknüpfung von Objekten mit durch den Anwender frei definierbaren Metadaten (vgl. Kapitel 2.4.3). Wiki-Technologien bieten diesbezüglich erste Ansätze einer Vergabe von Schlagwörtern, mit denen eine Wissensformalisierung klassifiziert werden kann (Abbildung 46, Beispiel TWiki). Alternativ können Tags inklusive Verknüpfung auf ein anderes Objekt in den gesonderten Bereich einer Seite (z.B. als Fußnote) eingefügt werden (Abbildung 46, links, Beispiel Microsoft SharePoint).

⁶¹ Weitere Lösungen mit einer Integration von semantischen Technologien sind Kaukolu Wiki als Bestandteil des Forschungsprojektes „NEPOMUK“ (<http://nepomuk.semanticdesktop.org>, Zugriff am 07.03.2011) oder KiWi – „Knowledge in a Wiki“ (<http://www.kiwi-project.eu/>, Zugriff am 07.03.2011).

⁶² Grafik unter http://smwforum.ontoprise.com/smwforum/images/d/da/Halo_advanced_annotation_mode.png, Zugriff am 07.03.2011.

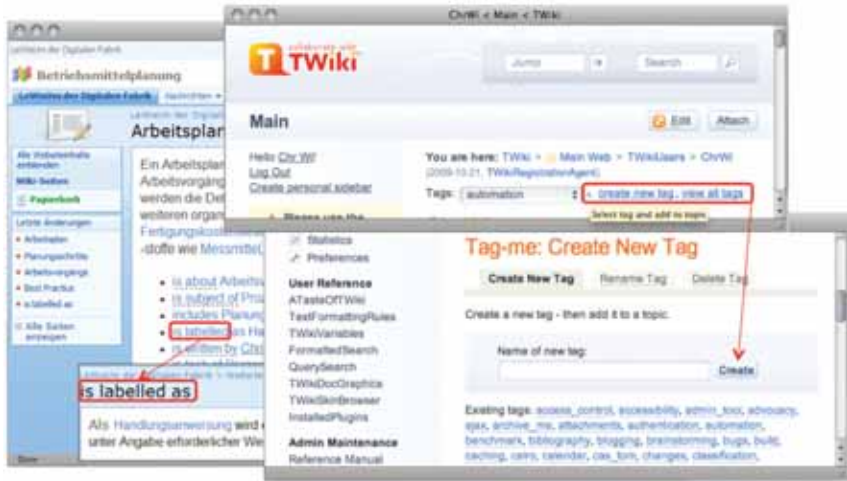


Abbildung 46: Verwendung von Tags auf einer Wiki-Seite am Beispiel SharePoint und TWiki ⁶³

Die Verwendung von Ontologien und Tags bietet weitere Funktionalitäten in Bezug auf die Suche, Filterung und Darstellung von Wissen.

6.3.2 Funktionen zur Suche, Filterung und Darstellung von Wissen

Suchfunktionen erlauben die Erschließung unstrukturierter oder nicht ausreichend strukturierter kodifizierter Wissens durch Indizierung, Kategorisierung und Zusammenfassung von Dokumenten aus unterschiedlichen Datenquellen und -formaten. Gängige Technologien sind Volltextsuche, Profilsuche oder die Suche nach Attributen („Metadaten“). Ergänzende Funktionen können die Suche unterstützen und die Darstellung der Ergebnisse verbessern. ⁶⁴

6.3.2.1 Einschränkung bzw. Auswahl des individuellen Informationsbedarfs

Die Wiki-Technologie unterscheidet zwischen einer Volltextsuche und einer Artikelsuche, die bei Mehrfachdeutung Auswahlmöglichkeiten bietet (Abbildung 47, links).

⁶³ <http://twiki.org>, Zugriff am 07.03.2011.

⁶⁴ Eine Einschätzung der Entwicklungsmöglichkeiten von Suchmaschinen befindet sich unter <http://mediaproducts.gartner.com/reprints/microsoft/vol6/article4/article4.html>, Zugriff am 07.03.2011.

DMS bieten erweiterte Suchoptionen, die eine Filterung nach Metadaten erlaubt. In Abhängigkeit von dem verwendeten System kann dies eine Vorauswahl von Dateitypen, eines bestimmten Projektes oder Zeitraums der letzten Änderung sein. Damit kann ein Mitarbeiter seinen individuellen Informationsbedarf einschränken (Abbildung 47, Mitte).

Im Kontext der Suche bislang wenig üblich ist die Identifizierung von Wissensträgern, d.h. die gezielte Recherche nach Mitarbeitern mit hinterlegten Profildaten, Fähigkeiten und Ansprechpräferenzen. Abbildung 47, rechts, zeigt am Beispiel von IBM Lotus Connections beispielhaft den Zugriff auf das Profil eines Wissensträgers durch das Markieren von Dokumenten oder Blog-Einträgen.



Abbildung 47: Beispiele der Suchfunktionen von Wikipedia, Microsoft SharePoint und Lotus Connections⁶⁵

6.3.2.2 Vernetzung vorhandener Datenquellen

Im Allgemeinen muss ein Mitarbeiter in seiner Tätigkeit aufgrund traditionell getrennter Systemumgebungen verschiedene, nicht vernetzte Quellen nach gewünschten Informationen durchsuchen. Daher ist zunächst eine integrierte Suche nach Daten bzw.

⁶⁵ Unter Einsatz von Lotus Greenhouse (<http://greenhouse.lotus.com>, Zugriff am 07.03.2011).

Informationen aus unterschiedlichen Systemen im Kontext der Fabrikplanung anzustreben. Voraussetzungen für eine Vernetzung verschiedener Datenquellen („Repositories“) sind zum einen ausreichende Zugriffsrechte der verwendete Suchtechnologie auf relevante Datenquellen in der Planungsumgebung, zum anderen geeignete Schnittstellen zwischen Suchtechnologie und den verschiedenen Quellen (Abbildung 48).

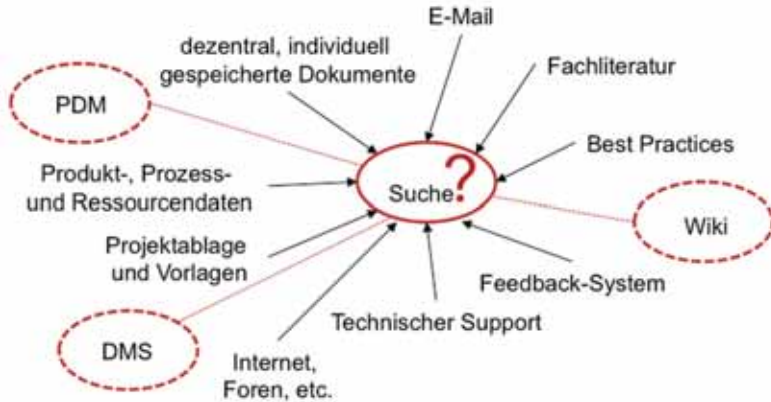


Abbildung 48: Integrierte Suche durch Vernetzung vorhandener Datenquellen

Eine Filterung von Suchergebnissen kann systemseitig auf bestimmte Planungsphasen, Projekte oder Ordnerstrukturen erweitert werden, indem die Suchfunktionalität mit einem Rollen- und Rechtekonzept verknüpft wird (vgl. Kapitel 3.3.2).

6.3.2.3 Integration semantischer Entwicklungen

Im Zuge der semantischen Entwicklungen sind Suchmaschinen zunehmend in der Lage, die Bedeutung von gestellten Suchanfragen zu analysieren.⁶⁶ Abbildung 49, links, stellt als Ergebnis einer Suche nach den Worten „Arbeitsplan“ und „Fabrik“ verwandte Begriffe in einer Schlagwortwolke („Tag Cloud“) dar.

Die gezielte Auswahl von „Tags“ bzw. Attributen erlaubt eine dynamische Filterung von Informationsobjekten, welche die getroffene Auswahl erfüllen. Die Kombination von

⁶⁶ Vgl. u. a. Conweaver (<http://www.conweaver.de>, Zugriff am 07.03.2011) und Hulbee (<http://www.hulbee.de>, Zugriff am 07.03.2011)

6.3 Konzeption und beispielhafte Umsetzung von IKT-Bausteinen

ausgewählten Metadaten mit einer Volltextsuche bietet eine weitere Verfeinerung der Recherche. In Abbildung 49, Mitte, wird die Auswahl des Tags „Fabrik“ mit der Volltextsuche nach „Product*“ kombiniert. Durch das manuelle Zuweisen von „Tags“ zu Dokumenten ist kein Wissensmodell, d.h. eine starre Ontologie, erforderlich.

Die Suchmaschine „cuil“ schlägt bereits während der Eingabe von Schlagwörtern ähnliche oder ähnliche Begriffe vor (Abbildung 49, rechts).⁶⁷

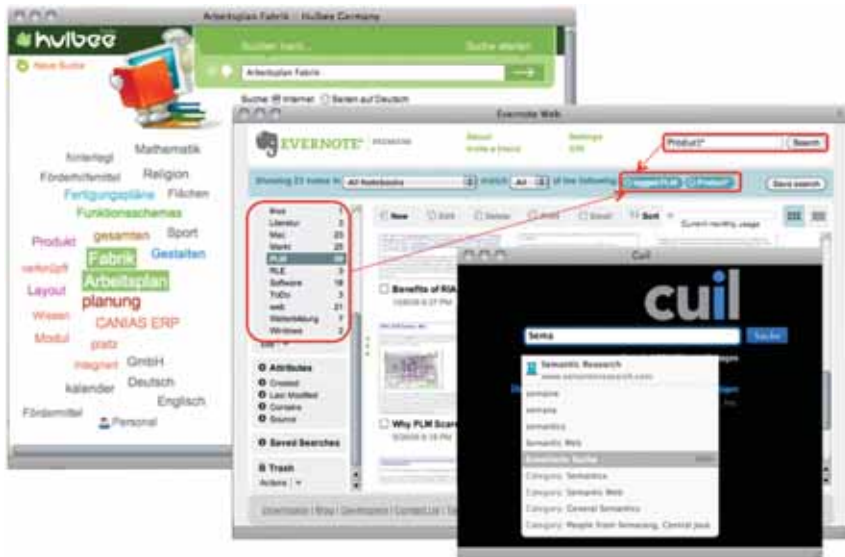


Abbildung 49: Suche nach Informationsobjekten unter Nutzung semantischer Technologien⁶⁸

6.3.3 Soziale und soziotechnische Kollaborationsansätze

Kollaboration ist Teil des Wissensmanagements und ein wichtiger Faktor bei der Wissensentwicklung bzw. zukünftigen Kompetenzbildung. Ziel ist, Personen und Tätigkeiten, ggf. auch Dokumente, in einen gemeinsamen Kontext zu bringen, um Aktionen darauf

⁶⁷ Auch Suchmaschinen wie bspw. Wikipedia und Google bieten diese Funktionalität.

⁶⁸ In der Abbildung dargestellt sind Hulbee (<http://www.hulbee.de>, Zugriff am 07.03.2011), Evernote (<http://www.evernote.com>, persönliches Profil, Zugriff am 07.03.2011) und cuil (<http://www.cuil.com>, Zugriff am 27.03.2010).

aufzubauen. Kollaboration, d.h. im Wesentlichen die Bestandteile der Kommunikation, Kooperation und Koordination, kann systemunabhängig oder mit technologischer Unterstützung erfolgen (vgl. Kapitel 2.4.1 und 2.4.2).

Werkzeuge zur Zusammenarbeit unterscheiden eine synchrone und asynchrone Kommunikation. Die IKT bietet in Erweiterung eines persönlichen Gesprächs die Möglichkeit eines zeitlich und örtlich versetzten Wissensaustausches. Tabelle 8 klassifiziert ausgewählte Methoden und Werkzeuge der Kommunikation nach Zeit und Ort.

	Gleiche Zeit (synchron)	Ungleiche Zeit (asynchron)
Gleicher Ort (Kontakt)	Community of Practices, Besprechung, persönliches Coaching	Schwarzes Brett, Geteilte Infrastruktur (Raum, Computer, u.a.)
Unterschiedlicher Ort (Abstand)	Audio- und Videokonferenzen, Instant-Messaging, Screen-Sharing	E-Mail, Blog, Internet-Foren, Community Workspaces

Tabelle 8: Methoden und Werkzeuge für die synchrone und asynchrone Kommunikation

Kommunikation als Basis eines Wissensaustausches zwischen Mitarbeitern benötigt zunächst die Kenntnis über einen geeigneten Wissensträger (vgl. Abbildung 39). Ohne einen Kontextbezug (z.B. Besprechung oder Schulung) kann dieser über eine Personensuche oder ein Expertenverzeichnis identifiziert werden. Aus dem Profil des Wissensträgers (vgl. Kapitel 6.3.2.1) sollte sich dann das gewünschte Medium der Kommunikation ergeben.

Communities of Practices als Instrument des klassischen Wissensmanagements bieten nur im Rahmen von Präsenzsitzungen eine soziale Plattform für Austausch und Entwicklung von Wissen zwischen Beteiligten mit gleichen Interessen oder Erfahrungen.

Soziotechnische Werkzeuge zur bilateralen Kommunikation erlauben einen gezielten Erfahrungsaustausch zwischen Mitarbeitern. Im Gegensatz zu „Präsenzveranstaltungen“ geht es bei Instant-Messaging, Conferencing und Screen-Sharing um informelle Kommunikation, die vom eigenen Arbeitsplatz aus initiiert und koordiniert wird. Dabei sind zwei wesentliche Szenarien denkbar: Zum einen kann eine Kommunikation zu einem zuvor vereinbarten Zeitpunkt und zu einem ebenfalls zuvor abgestimmten Thema stattfinden. Zum anderen ist eine spontane Sitzung möglich, die aufgrund einer aktuellen Problemstellung und durch Verfügbarkeit von Experten initiiert wird.

Abbildung 50 stellt eine Zusammenarbeit über Instant-Messaging und Conferencing schematisch dar. Dabei verfügt Arbeitsplatz A zusätzlich über ein Screen-Sharing.



Abbildung 50: Schematische Darstellung von Instant-Messaging und Conferencing ⁶⁹

Neben einem synchronen Wissensaustausch können informationstechnische Werkzeuge eine zeitliche unabhängige Kommunikation realisieren. Diesbezüglich können themenspezifische Foren zu einer Wissensverteilung im Sinne von Kompetenzaufbau und Unterstützung von Problemen beitragen. Auch E-Mails und Blogs ermöglichen eine dezentrale Umsetzung einer asynchronen Kommunikation. Beide Werkzeuge dienen primär zur reinen Informationsverteilung, können aber ferner zur Erfassung von Erfahrungswissen genutzt werden. Analog zu Foren ist das Schreiben von E-Mails und Blogs nicht fest in den Prozess eingebunden. Blogs können allerdings zusammen mit teambezogenen Aufgaben in personalisierten Projektportalen („Community Workspaces“) dargestellt werden.

6.3.4 Bewertung von kodifiziertem Wissen

In der Informationstechnologie gibt es für die Bewertung von resultierenden Informationsobjekten mehrere Möglichkeiten, welche sich in zwei Kategorien einordnen lassen.

Wikis und Blogs erlauben eine Bewertung durch das Hinzufügen von Kommentaren innerhalb eines Artikels oder mit Bezug auf ein veröffentlichtes Dokument. In Wikipedia wird explizit von „Diskussion“ gesprochen, da eine direkte Erwiderung auf einen Kommentar möglich ist (Abbildung 51, links).

Am Beispiel einer konzipierten Wiki-Seite zum Thema „Fertigungslinie“ in IBM Lotus Connections zeigt Abbildung 51, Mitte, die Funktionalität von Kommentaren. Analog kann auf ähnlicher Basis ein Feedback-Formular für eine direkte Rückmeldung an den Autor genutzt werden. In beiden Fällen sind die Angaben mit den Profildaten des Bearbei-

⁶⁹ Unter Verwendung des Bildes auf <http://office.microsoft.com/de-de/live-meeting/live-meeting-FX010172906.aspx>, Zugriff am 07.03.2011.

ters verknüpft. Als Alternative zu einem formalen Kommentar kann das „Rating“ eine schnelle Bewertung durch Zuweisung von Punkten oder Sternen erreichen. Diese Mechanismen ermöglichen eine interaktive Bewertung in Form von „Rankings“, welche eine Visualisierung bzw. Sortierung nach Relevanz („Am häufigsten empfohlen“, „Am häufigsten angesehen“, ...) erlaubt (Abbildung 51, rechts).

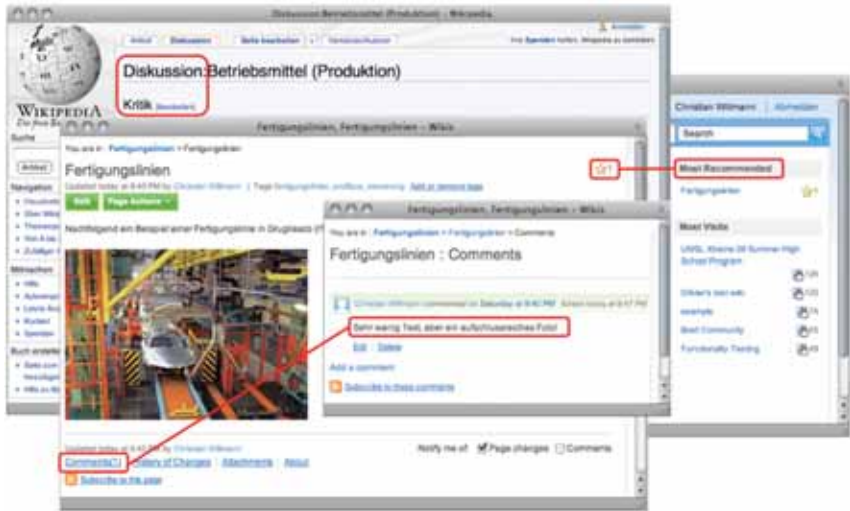


Abbildung 51: Bewertung von kodifiziertem Wissen am Beispiel von Wikipedia⁷⁰ und Lotus Connections⁷¹

Das Bewerten von kodifiziertem Wissen wurde in Kapitel 4.4 den lernorientierten Wissensaktivitäten zugeordnet. Diesbezüglich ist es ein wichtiges Element der Mitarbeitermotivation. Die im Rahmen einer Abstimmung von Planungsergebnissen vorgenommene Bewertung von kodifiziertem Wissen in Form von z.B. Arbeitsplänen, Stationslisten oder CAD-Modellen ist ebenfalls sinnvoll, erfolgt aber bislang nicht systematisch. Neben einer fehlenden Integration dieser Aktivität in den operativen Planungsprozess ist ein Grund dafür sicherlich auch in der im Vergleich zu Wiki- bzw. WCMS-Technologien fehlenden Bewertungsfunktionalität von PDM-Systemen zu sehen.

⁷⁰ [http://de.wikipedia.org/wiki/Diskussion:Betriebsmittel_\(Produktion\)](http://de.wikipedia.org/wiki/Diskussion:Betriebsmittel_(Produktion)), Zugriff am 07.03.2011.

⁷¹ Unter Einsatz von Lotus Greenhouse (<http://greenhouse.lotus.com>), Zugriff am 07.03.2011.

6.4 Konzeption personalisierter Lernkomponenten

Die Komponenten aus Kapitel 6.3 adressieren technische Möglichkeiten eines Wissensmanagements, ohne den einzelnen Mitarbeiter in seinen Arbeitsschritten zu unterstützen bzw. in den Planungsprozess einzubinden. Diese fehlende Integration verhindert eine systematische Durchführung von lernorientierten Wissensaktivitäten am individuellen Arbeitsplatz eines Mitarbeiters.

Der Mehrwert dieses Kapitels liegt in der gemeinsamen Abbildung von aufgaben- und lernorientierten Wissensaktivitäten mit dem Anspruch, die bewusste Wissensentwicklung und -vermittlung in die kontextabhängige Planungstätigkeit zu integrieren. Diesbezüglich wird zunächst der „Interaktionspfad“ als Werkzeug einer systemtechnischen Abbildung lernorientierter Wissensaktivitäten entwickelt. Schließlich wird die kontextangepasste Nutzung und Rückführung von Wissen unter Verwendung der Ontologie aus Kapitel 6.3.1.3 konzipiert.

6.4.1 Herausforderungen bei der Abbildung von Wissensaktivitäten

Die in Kapitel 5.1 vorgestellten Ansätze einer Aus- und Weiterbildung haben keinen direkten Bezug zu einer individuellen Planungstätigkeit am Arbeitsplatz. Letztlich kommt es zu einer Unterbrechung bei der Bearbeitung der eigentlichen Aufgabe. Die Vermittlung bzw. Aneignung benötigten Wissens erfolgt demnach isoliert und zu wenig systematisch für den individuellen Bedarf einer Funktions- bzw. Wissensrolle. Diesen Sachverhalt gilt es hinsichtlich der Integration des Lernprozesses in den Arbeitsprozess zu optimieren.

Die lernorientierten Wissensaktivitäten (nachfolgende Kurzform: Lernaktivitäten) sind zeitlich und örtlich in den aufgabenorientierten Planungsprozess zu integrieren. Die zeitliche Komponente erfordert die Nutzung von Kollaborationsansätzen (vgl. Kapitel 6.3.3) sowie einen effizienten Umgang bei der Anwendung zusätzlicher Werkzeuge. Örtliche Herausforderungen ergeben sich aus der Betrachtung von Lernen am Arbeitsplatz (englischer Fachbegriff: Workplace Learning) hinsichtlich einer systemseitigen Integration der Lernaktivitäten. Ziel ist diesbezüglich – unter Berücksichtigung des Fabrikplanungsumfeldes und abhängig von der individuellen Wissensrolle – die Lenkung, Anleitung oder Unterstützung des Mitarbeiters hinsichtlich seines aufgabenspezifischen Wissensbedarfs (vgl. Abbildung 31).

Das „E-Portfolio“ greift den Gedanken einer Personalisierung von Weiterbildungsmaßnahmen auf. Dahinter verbirgt sich die Möglichkeit einer kontinuierlichen Weiterentwicklung im Sinne einer verantwortungsbewussten, eigenständigen Steuerung aktueller Lernaktivitäten sowie der ständigen Erfassung und Darstellung gewonnener Fähigkeiten und abgeschlossener Lernaktivitäten. Weil das Portfolio ausschließlich vom Mitarbeiter in seiner Lernrolle verwaltet wird, besteht kein freier Zugriff auf den Inhalt [Cha-05]. Folglich sind die Fähigkeit des Mitarbeiters zur Selbstdarstellung sowie die Reflektion über die eigenen Lernstrategien und den direkten Wissensbedarf entscheidende Aspekte bei der Gestaltung eines E-Portfolios [MeR-06].⁷²

Auf der Systemseite hat das E-Portfolio eine starke Affinität zu multimedialen Anwendungen, indem es auf Grundlage des Konstruktivismus (vgl. Kapitel 2.1.3) Lösungen des E-Learnings, von WCMS und der Wiki-Technologie nutzt bzw. kombiniert. In diesem Zusammenhang beschreibt der Begriff des „Lernpfades“ im Wesentlichen die Strukturierung themenspezifischer Kurse (Abbildung 52).⁷³



Abbildung 52: Abbildung eines Lernpfades am Beispiel der Lernumgebung „Dokeos“⁷⁴

Mit Hilfe des E-Portfolios stellt ein Mitarbeiter seinen Lernpfad ausschließlich individuell, d.h. nach seinen Bedürfnissen und auf Basis seines aktuellen Wissensstandes zusammen. Diesbezüglich bietet das E-Portfolio bzw. ein darin enthaltener Lernpfad keinen in-

⁷² Ältere Definitionen gibt es z.B. bei Barrett (<http://electronicportfolios.org/portfolios/EPDevProcess.html>, Zugriff am 07.03.2011).

⁷³ Vgl. SCORM als Referenzmodell für Lerninhalte im Kontext von E-Learning (<http://www.scorm.com>, Zugriff am 07.03.2011).

⁷⁴ Neben Dokeos (<http://www.dokeos.com>) unterstützen u. a. Elgg (<http://elgg.org/about.php>), Mahara (<http://mahara.org>) das E-Portfolio in Verbindung mit sozialen Netzwerken und E-Learning-Elementen, Zugriff jeweils am 07.03.2011.

tegrierten Ansatz einer aktiven Unterstützung oder Einflussnahme durch andere Projektbeteiligte. Die Berücksichtigung der unterschiedlichen Wissensrollen in einer Projektorganisation macht dagegen eine gemeinsame Gestaltung von Lernaktivitäten erforderlich. Insbesondere Wissenseinsteiger müssen „von außen“ gelenkt werden (Lerntheorie des Kognitivismus, Kapitel 2.1.3). Wissensanfänger benötigen im Rahmen des Konstruktivismus eine abgestimmte Gestaltung von Lernaktivitäten im Kontext rollenspezifischer Tätigkeiten, die über die Möglichkeiten einer isolierten Lernumgebung hinausgeht.

Die genannten Anforderungen erfordern die Entwicklung eines erweiterten Ansatzes, des „Interaktionspfades“. Damit adressiert der Interaktionspfad nicht nur die Verwaltung von Aktivitäten aus Mitarbeitersicht, sondern im Gegensatz zu einem Lernpfad bzw. E-Portfolio auch die Zuweisung von Aktivitäten aus Mentoren- und Expertensicht:

„Wie kann ich meine Aktivitäten gestalten und dokumentieren (lassen)?“⁷⁵

Durch die mögliche Einsicht und Verwaltung von beteiligten Wissensrollen stellt der Interaktionspfad einen „roten Faden“ für Aktivitäten in einer Digitalen Fabrik dar. Zudem bietet er als Instrument einer Projektorganisation ein hohes Maß an Transparenz gegenüber einem individuellen Lernpfad bzw. E-Portfolio, wenn offen einsehbare Aktivitäten eine Statusabfrage aus der Sicht eines Managers oder Mentors erlauben:

„Wie (konsequent) gestaltet und dokumentiert der Mitarbeiter seine Aktivitäten?“

Die Herausstellung sämtlicher Aktivitäten innerhalb des Interaktionspfades gestattet allen Beteiligten im Projekt, eine professionelle Abwicklung ihrer eigenen und aller gemeinsamen Lern- und Wissensaktivitäten in der Digitalen Fabrik vorzunehmen.

Die am Interaktionspfad beteiligten Wissensrollen lassen sich in Anlehnung an Abbildung 39 auf die lernenden Mitarbeiter (Wissenseinsteiger und -anfänger), die lehrenden Wissensexperten und Mentoren sowie Projektmanager als Initiatoren und Beobachter reduzieren. Alle Rollen haben ihre persönlichen Sichten auf die Interaktionen im Rahmen von Lern- bzw. Wissensprozessen.

Die Charakterisierung des Wissenseinsteigers bzw. -anfängers (vgl. Kapitel 5.2.1) setzt die Existenz geeigneten Basiswissens voraus, welches den Einsatz eines Mitarbeiters in

⁷⁵ Aktivitäten sind diesbezüglich definierbare Handlungen, die im Umfang den aufgaben- und lernorientierten Wissensaktivitäten aus Abbildung 39 entsprechen.

der Fabrikplanung bzw. die Auswahl für eine Funktionsrolle rechtfertigt. Die Bearbeitung spezifischer Fragestellungen in der Fabrikplanung erfordert zusätzliches Vertiefungswissen, welches über soziale Kompetenz und Integrationswissen hinausgeht (vgl. Kapitel 6.3 – Wen kann ich fragen? Wo finde ich passende Informationen?). Zudem ist das zukünftige Wissen gegenüber mitgebrachtem Grundsatz- und Faktenwissen meist kontextspezifisch.

Die aktive Teilnahme am Interaktionspfad muss dem lernenden Mitarbeiter einen zielgerichteten Abschluss seiner Tätigkeit bieten, nachdem eine Wissenslücke die selbstständige Ausführung dieser Tätigkeit zunächst verhindert.

Aus Sicht des lehrenden Mitarbeiters gestattet die aktive Teilnahme am Interaktionspfad eine kontinuierliche Weiterentwicklung seiner eigenen Kompetenzen im Einklang mit der Unterstützung und Anleitung anderer Wissensarbeiter durch Weitergabe seines Fach- und Erfahrungswissens. In seiner Rolle als Experte kann er die Wissensteilung sowohl durch Zuweisung von dokumentiertem Wissen als auch durch direkte Hilfestellung bei einer Tätigkeit des Wissenseinsteigers initiieren.

Mentoren und Projektmanager können durch ihre Teilnahme am Interaktionspfad jederzeit den aktuellen Stand hinsichtlich des Kompetenzbedarfes einzelner Mitarbeiter und der Intensität des Wissensaustausches im Projekt einschätzen.⁷⁶ Durch Verantwortung und Initiative von geeigneten Lernaktivitäten oder der Benennung sowie Verfügungstellung wichtiger Ressourcen stellen sie die Einhaltung von Zeit und Qualität im Projekt sicher.

Anknüpfungspunkt für das Aufsetzen des Interaktionspfades ist zunächst der akute Wissensbedarf aus Sicht eines Wissensarbeiters. Abbildung 53 grenzt dafür unter Verwendung der BPMN (vgl. Kapitel 4.1 und [All-09]) die lernorientierten Aktivitäten (durch eine Tilde als „Ad-hoc-Aktivitäten“ gemäß Kapitel 2.3.3 gekennzeichnet) von geschäftsprozessorientierten Aktivitäten ab. Ziel ist eine Darstellung sämtlicher Aktivitäten sowie der Interaktionen zwischen den Wissensrollen in zeitlich-logischer Reihenfolge (unter Verwendung von Swimlanes), um die abstrakte Idee des Interaktionspfades in einem weiteren Schritt auf die Gestaltung und Dokumentation von Aktivitäten zu reduzieren.

Die in der Abbildung verwendeten Elemente der BPMN sind in Anhang A.3 aufgeführt.

⁷⁶ Die Rolle des Mentors beinhaltet gemäß Kapitel 5.1.2 sowohl Wissensexperte als auch Multiplikator, sofern geeignete soziale Kompetenzen vorhanden sind.

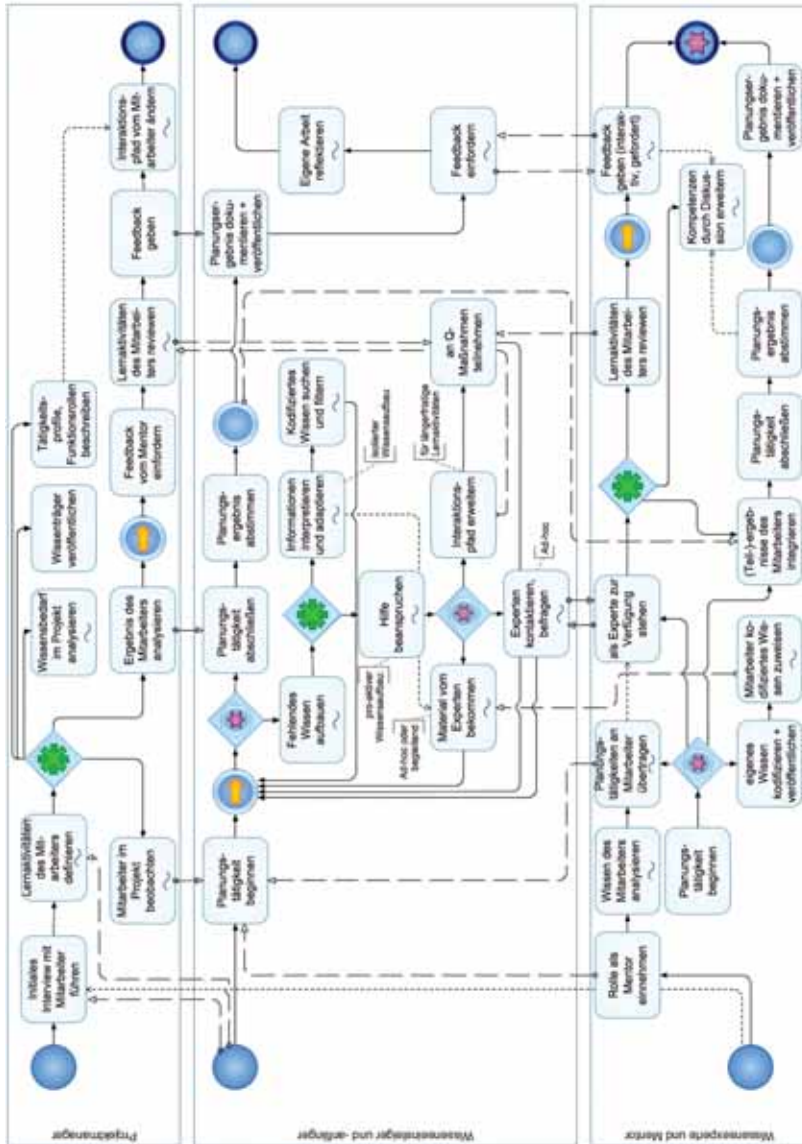


Abbildung 53: Der Interaktionspfad als Ansatz eines strukturierten Lern- und Wissensprozesses ⁷⁷

⁷⁷ Legende in Anhang A.3

In Abbildung 53 teilt sich der Prozess in einen isolierten und einen pro-aktiven Wissensaufbau auf. Dies beschreibt die Art der Aktivität, mit dem Wissen letztlich gewonnen („erlernt“) wird. Während der isolierte Weg sich durch Suche, Interpretation und Adaption kodifizierten Wissens auszeichnet, basiert der pro-aktive Wissensaufbau auf einem sozialen oder soziotechnischen Kontext. Die Interaktion zwischen mehreren Wissensrollen erfordert jedoch eine Abstimmung der Lernaktivitäten mit weiteren, hauptsächlich Aktivitäten im Planungsprozess bzw. in der Projektorganisation.

6.4.2 Systemtechnische Abbildung von lernorientierten Aktivitäten

Die Gestaltung von Lernaktivitäten im Projektkontext sowie die Unterstützung bei Aufbau und Reflektion eigener Kompetenzen bedingt eine systemtechnische Umsetzung. Hierfür müssen zukünftige Aktivitäten genauso wie zurückliegende (insbesondere Ad-hoc-) Aktivitäten, die bereits zum Wissenserwerb beigetragen haben, gespeichert werden.

Der Begriff der Aktivität ist bislang in unterschiedlichen Zusammenhängen verwendet worden (vgl. Kapitel 2.3 – Aktivitäten als Elemente des Wissensprozesses; Kapitel 3.3 – Aktivitäten als Element eines Workflows; Kapitel 4.1 – Aktivitäten als Bestandteil eines modellierten Prozesses).⁷⁸

In Bezug auf eine systemtechnische Abbildung sind Aktivitäten ein für sich abgeschlossener Bestandteil des konzipierten Interaktionspfades.

Während der zeitliche Zusammenhang aus Abbildung 53 hervorgeht, muss die inhaltliche Gestaltung und Synchronisation von Aktivitäten erarbeitet werden. Eine generische Formulierung sämtlicher Aktivitäten innerhalb des Interaktionspfades bietet diesbezüglich die Möglichkeit einer Wiederverwendung zu einem anderen Zeitpunkt, mit einem anderen Systembezug oder in einer anderen Rolle bzw. Tätigkeit. Informationstechnisch bedeutet dies eine Verwendung von Vorlagen (englisch: Templates).

Abbildung 54 beschreibt das Konzept einer Aktivität als Bestandteil des Interaktionspfades. Eine Aktivität wird in die Bereiche Aufgabe, Informationen und Kommentar

⁷⁸ In der KMDL-Notation ist die Abgrenzung zwischen Aktivität und Aufgabe stärker verschachtelt: Innerhalb der Aktivitätssicht stellen die Aufgaben wesentliche Teilelemente dar, bestehen jedoch erneut aus einer Reihe von Aktivitäten, den in Anhang A.2 beschriebenen Wissenskonversionen [KMD-09], S. 27.

untergliedert. Die Aufgabe enthält das Ziel und das benötigte Vorwissen zum Verständnis einer Aktivität sowie alle notwendigen Angaben über Ressourcen und Fälligkeiten. Hierdurch wird die Art der Interaktion zwischen Projektbeteiligten festgelegt. Die Informationen beinhalten zusätzliche Angaben zum Ablauf, die Einordnung in die Projektphase („Abschnitt“), den Ort der Durchführung („Kontext“) sowie Referenzdaten (z.B. existierende Planungsergebnisse, Handlungsanweisungen oder Podcasts) zur Verwendung in der Lernaktivität. Kommentare bieten unabhängig von den aktivitätsdefinierenden Elementen den Platz für ein Feedback. Aus den genannten Bestandteilen lässt sich die Struktur einer generischen Aktivität ableiten, welche den Zweck einer Aktivitätsvorlage erfüllt.

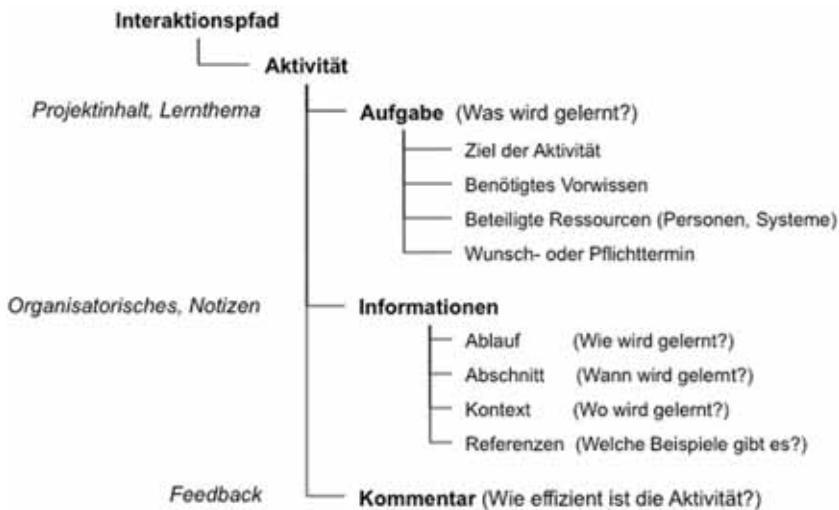


Abbildung 54: Konzept und Inhalt einer Aktivitätsvorlage

Workflow-Management-Systeme (WFMS) sind in der Lage, sämtliche geschäftsprozessorientierten Arbeitsabläufe zu definieren, zu steuern und zu koordinieren (vgl. Kapitel 3.3.2). Dagegen erfordert die häufig ad-hoc-orientierte Vorgehensweise im Lernprozess eine Einbindung von Aktivitäten in den Interaktionspfad wahlweise mit oder ohne Bezug zu einer bestimmten Tätigkeit aus dem Planungsprozess. Die Herausforderung liegt folglich in der Identifizierung einer geeigneten Kernkomponente.

„Ad-hoc-Workflows“ sind im Gegensatz zu geschäftsprozessorientierten Abläufen in der Lage, dynamische Arbeitsschritte abzubilden. Dies beinhaltet im Wesentlichen die Zuweisung von Aufgaben mit Definition des Ziels und Angabe des Endtermins an eine Person

zur Ausführung. Dagegen wird nur ein geringer Integrationsgrad mit anderen Systemen angestrebt [DaP-98]. Auf diese Weise sind Ad-hoc-Workflows für die Initiierung von Aktivitäten aus einem Interaktionspfad prinzipiell geeignet. Dies schließt die Gestaltung von Aktivitäten durch den Mitarbeiter in seiner Rolle (Einsteiger, Mentor, Manager) mit ein.

Existierende Werkzeuge für Ad-hoc-Workflows sind überwiegend im Rahmen von Web-CMS-Lösungen zu finden (vgl. Kapitel 2.4.2). Dies bedeutet, dass Ad-hoc-Workflows über einen Web-Browser initiiert bzw. durchgeführt werden.

In Abbildung 55 sind Aktivitäten beispielhaft unter Einsatz von IBM Lotus Activities angelegt worden.⁷⁹ Die in Listenform strukturierten Aktivitäten bekommt ein Mitarbeiter, wenn er sich gegenüber dem System authentifiziert. Bei der Definition einer Aktivität kann eine Vorlage mit vordefinierten Strukturen und Inhalten (Aufgaben) ausgewählt werden (Abbildung 55, Mitte). In einem separaten Schritt können weitere Informationen oder Mitarbeiter für eine Interaktion hinzugefügt oder Dateien angehängt werden.

Die Bedeutung des Ad-hoc-Workflows wird in IBM Lotus Activities durch die Integration anderer Personen mit dem Ziel einer kollaborativen Bearbeitung oder einer Zuweisung von Aktivitäten erzielt. Diesbezüglich können Zugriffsrechte für die Aktivität mit allen enthaltenen Objekten eingestellt werden. Standardmäßig ist eine Aktivität in IBM Lotus Activities nicht öffentlich einsehbar, so dass potentielle Ansätze einer Überwachung von Mitarbeitern nicht gegeben sind. Wird eine Aktivität explizit veröffentlicht, kann in Abhängigkeit der Vertraulichkeitsstufe sämtlicher Inhalt angezeigt, durchsucht und erweitert werden. Zudem können Aktivitäten per Feed (Abbildung 55: Activity Dashboard) nachverfolgt werden, auch wenn diese im Zugriff auf einen Mitarbeiter beschränkt sind.

Bei der Möglichkeit einer Darstellung des Interaktionspfades als Summe aller Aktivitäten bietet IBM Lotus Activities neben der Listenform in zeitlicher Reihenfolge eine zusätzliche Ansicht zur Filterung der Aktivitäten nach ihrem aktuellen Status und ihrer Priorisierung (Abbildung 55, links). Indessen fehlen gegenüber dem Konzept aus Abbildung 54 im Wesentlichen die Funktionalitäten für das Anlegen von Zeiträumen sowie für den Zugriff auf Ressourceninformationen bzw. deren Verfügbarkeit.

⁷⁹ Die in Kapitel 6.3 ebenfalls benannten Ansätze von Wikipedia und SharePoint bieten bezüglich einer Darstellung von Aktivitäten bzw. Ad-hoc-Workflows keine bzw. reduzierte Funktionalitäten.

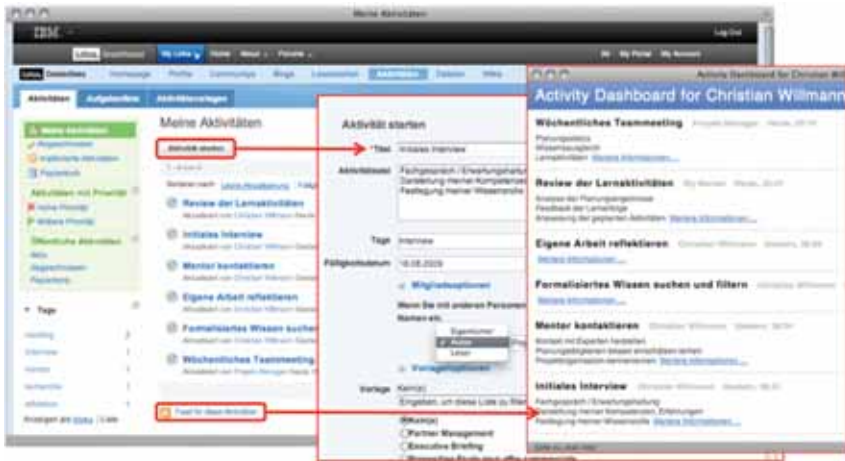


Abbildung 55: Arbeiten mit strukturierten Aktivitäten am Beispiel von IBM Lotus Activities⁸⁰

Meilensteine sind im Interaktionspfad insbesondere bei längerfristigen und zugleich wissensintensiven Aktionen hilfreich für alle Beteiligten. IBM Lotus Activities bietet hier eine Definition von Abschnitten an, jedoch ohne Möglichkeit eines Zieltermins bzw. Zeitraums. Demnach kann nur der Abschluss einer Tätigkeit bzw. untergeordneter Aufgaben als verifizierbares Ziel innerhalb des Interaktionspfades gelten.

Moderne PIM-Software⁸¹ bietet eine intuitive Gestaltung einzelner Aufgaben, Termine und Notizen an, unabhängig davon, ob ein klassischer Client oder ein Web-Browser zum Einsatz kommt. Dabei ist ein dynamisches Anlegen und Manipulieren von Terminen bzw. Aufgaben sowie eine Kennzeichnung der Mitarbeiter durch Farben möglich (vgl. Abbildung 56).

Der konsequente Einsatz von Aktivitätsvorlagen bietet durch vorgegebene Strukturen und Inhalte eine effiziente, d.h. einheitliche, schnelle und duplizierbare Planung bzw. Dokumentation neuer Aktivitäten. Diese Funktionalität ist in derzeitigen PIM-Lösungen standardmäßig nicht vorhanden. Vielmehr werden sämtliche Kalendereinträge manuell und damit vom Interaktionspfad isoliert erzeugt. Wiederum nur auf Seiten von PIM lässt sich

⁸⁰ Unter Einsatz von Lotus Greenhouse (<http://greenhouse.lotus.com>, Zugriff am 07.03.2011).

⁸¹ Die Software-Kategorie „Personal Information Manager“ beschreibt die Verwaltung persönlicher Daten wie Kontakte, Termine, Aufgaben und Notizen. Ein bekannter PIM ist Microsoft Outlook.

eine mitarbeiterübergreifende Darstellung von Aktivitäten aufgrund von Kalendereinträgen erzielen. Daher liegt es nahe, eine Verknüpfung der Funktionalitäten von PIM und Interaktionspfad zu konzipieren. Sie bietet zum einen den sozialen oder soziotechnischen Kontakt zum Mitarbeiter auf der Basis seiner Verfügbarkeit laut Kalenderinformation oder Instant Messaging-Status, zum anderen den Einblick über dessen abgeschlossene und laufende Aktivitäten – sofern der Zugriff auf diese Informationen gewährt wurde.

Abbildung 56 zeigt, wie ein Mentor seinem Mentee eine Lernaktivität per Ad-hoc-Workflow zuweist. Wird für die Aktivität ein Zeitraum von einem der Beteiligten definiert, erscheint dieser mit inhaltlichen und zeitlichen Informationen als Kalendereintrag. Ohne zeitliche Angaben erscheint die Aufgabe nur im Interaktionspfad des Mitarbeiters. Werden Ad-hoc-Maßnahmen durchgeführt, erlaubt eine Automation eine Rückführung des Kalendereintrages in den Interaktionspfad. Analog ist eine systemseitige Synchronisation denkbar, um einen Kalendereintrag mit Angabe zu Aufgabe und Zeitraum als neue Aktivität in den Interaktionspfad zu integrieren.

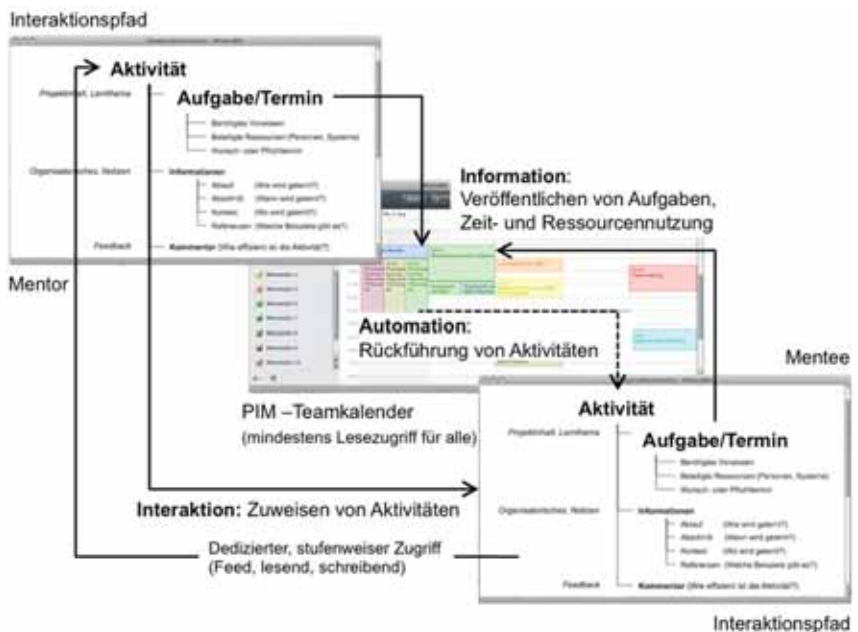


Abbildung 56: Verknüpfung von PIM-Umgebung und Interaktionspfaden

Bei allen technischen Möglichkeiten einer grundlegenden Darstellung, gemeinsamer Bearbeitung und vollständiger Freigabe sämtlicher Lernaktivitäten darf die Sichtweise auf den Mitarbeiter nicht vernachlässigt werden. Sie betrifft konkret die Anforderungen an den Schutz persönlicher Daten, die eingeschränkten Zugriff bzw. Einblick auf den individuellen Interaktionspfad bedürfen. Im Beispiel von IBM Lotus Activities ist ein Hinzufügen (Rolle: Autor) und ggf. auch Bearbeiten (Rolle: Eigentümer) von Inhalten gemäß Abbildung 54 möglich. Durch den gewährten Einblick in den Interaktionspfad des Mitarbeiters kann dann eine Analyse und Bewertung der Initiativen des Mitarbeiters vorgenommen werden. Im Sinne eines transparenten Austausches von Lernaktivitäten und Wissensständen zwischen allen Projektbeteiligten gilt es einen Kompromiss zwischen der vollständig isolierten Funktionalität eines E-Portfolios und der selektiven Freigabe eigener Aktivitäten für andere Projektmitglieder zu finden (vgl. Abbildung 55).⁸²

Analog zur Vorgehensweise im Interaktionspfad kann die Art der Berechtigung im Kalender einer PIM-Software nur durch den Mitarbeiter selbst definiert werden. Abbildung 57 zeigt beispielhaft Kalendereinträge von Mitarbeitern, wenn der aktive Mitarbeiter zwar den Zugriff auf die Kalender besitzt, jedoch keine Details von Aktivitäten einsehen kann („Private Appointment“). Folglich beschränkt sich die Kalendereinsicht auf die Prüfung der Verfügbarkeit eines Mitarbeiters für einen sozialen Kontakt. Andererseits erlaubt es eine PIM-Software, unmittelbaren Kontaktpersonen eines Mitarbeiters (Mentor, Projektmanager, ausgewählter Arbeitskollege) diesen Einblick zu gewähren.



Abbildung 57: Schutz persönlicher Daten im Projektkalender am Beispiel von Microsoft Outlook

Eine aktive Synchronisation der Aktivitäten des Interaktionspfades mit Kalenderfunktionalitäten der Projektorganisation erfordert für den Schutz persönlicher Daten einen Mechanismus bzw. Automatismus, um Details von zugewiesenen oder individuellen Lernaktivitäten standardmäßig vor allen Mitarbeitern zu verbergen.

⁸² In IBM Lotus Activities sind Aktivitäten standardmäßig privat, d.h. nicht öffentlich zugänglich. Ein Zugriff auf diese Informationen erfordert mindestens die Mitgliedsoption „Leser“.

6.4.3 Entwurf des kontextangepassten Umgangs mit Wissen

In Kapitel 6.3 wurden Werkzeuge vorgestellt, die Mitarbeitern eine Suche, Interpretation, Verteilung und Dokumentation von Wissen ermöglichen. Die vorherigen Abschnitte von Kapitel 6.4 beschreiben das Konzept eines Interaktionspfades. Dieser erlaubt die Zuweisung notwendigen Wissens durch Aktivitäten sowie dessen Visualisierung innerhalb der Projektorganisation. In beiden Ansätzen muss sich ein Mitarbeiter umfangreich mit der Systemumgebung bzw. vorhandenen Informationen auseinandersetzen und seine Aktivitäten auf dieser Grundlage am Arbeitsplatz initiieren, priorisieren und strukturieren. Die zum Ende von Kapitel 6.4.1 genannte Anforderung an eine individuelle, flexible und interaktive Durchführung von Aktivitäten aus Sicht des Mitarbeiters ist damit unzureichend erfüllt.

Aus dieser Situation heraus besteht der Bedarf, die Idee des Interaktionspfades um weitere systemseitige Komponenten zu erweitern. Das Ziel ist ein „roter Faden“, der den Wissensarbeiter im Kontext des Planungsprozesses bzw. des aktuell verwendeten Werkzeuges bei dessen persönlicher Entwicklung (Lernaktivitäten) und Anwendung von Wissen (Wissensaktivitäten) lenkt, anleitet und unterstützt

6.4.3.1 Kontextangepasste Bereitstellung von Wissen

Eine funktionsrollenspezifische Filterung von Planungsobjekten lässt sich über ein detailliertes Rechte- und Rollenkonzept eines Datenmanagementsystems realisieren (vgl. Kapitel 3.3.2). Dagegen ist die Abbildung von Wissensrollen aufgrund einer generell schwierigen Bewertung von Wissensbedarf sowie einer individuellen Zuordnung von Mitarbeitern zu einer Wissensrolle ungleich aufwändiger.

Im Konzept des Interaktionspfades werden sämtliche Lernaktivitäten ad-hoc und nicht zwangsläufig im Kontext initiiert oder zugewiesen. Indessen erfolgt bei „Context Awareness“ eine Systemanalyse des Kontextes in Bezug auf die aktuelle Tätigkeit und die derzeitige Mitarbeiterrolle, während der Wissensarbeiter an seinem Werkzeug tätig ist. Auf dieser Grundlage ist eine kontextangepasste Nutzung verfügbaren Wissens sowie analog die Bereitstellung individuell noch fehlenden Wissens möglich.

Abbildung 58 beschreibt das Konzept einer kontextangepassten Benutzersicht für den Umgang mit Wissen am Beispiel des Logistikplaners und Projektmanagers. Der Mitarbeiter wird aufgrund seiner Wissensrolle individuell in den Planungskontext eingeordnet und bekommt eine persönliche Sicht auf seine Aufgaben innerhalb des Kontexts sowie die

dafür benötigten Werkzeuge, Informationen und persönlichen Aktivitäten aus dem Interaktionspfad.



Abbildung 58: Konzept einer kontextangepassten Benutzersicht für den Umgang mit Wissen

Die systemseitige Erkennung des jeweils aktuellen Kontextes wird dabei durch den kombinierten Einsatz von intelligenten Softwareagenten und Ontologien realisiert. Unterstützend wirken Werkzeuge zur Strukturierung und Aufbereitung von Wissen für einen gezielten Kontext oder eine spezifische Wissensrolle.

Intelligente Softwareagenten stellen bei der Konzeption die zwingende Komponente dar, um sämtliche Planungsobjekte in Bezug auf den jeweiligen Kontext zu filtern und dem Mitarbeiter die relevanten Informationen zur Verfügung zu stellen.⁸³ Gemäß ihrer Definition in Kapitel 2.4.4 bieten die Agenten im Gegensatz zu klassischen Workflow-Systemen die Unterstützung semantischer Technologien.

Die in Kapitel 6.3.1.3 bzw. Anhang C.1 erarbeitete Ontologie bildet die Abhängigkeiten zwischen Fabrikplanungsobjekten formal ab. Sie ist damit gemeinsam mit den Tags als

⁸³ Die Klasse der Informationsagenten unterstützt den Mitarbeiter bei der Arbeit in verteilten Systemen und kann auf Änderungen in der Umwelt reagieren. Die Umwelt kann aus menschlichen Benutzern, anderen Agenten, externen Informationsquellen oder ähnlichen Schnittstellen bestehen [Bre-98].

frei definierbare Metadaten zur Klassifizierung von Wissen die entscheidende Grundlage für die Beschreibung eines spezifischen Kontextes. Dieser lässt sich definieren, da Taxonomien mit Kontextbezug bereits in die erarbeitete Ontologie eingeordnet sind und nun für ein spezifisches Planungsobjekt mit eindeutigen Werten bzw. Tags verknüpft werden. Tabelle 9 stellt das Konzept, gegliedert nach Person, System und Projekt, zusammen und nennt beispielhafte Werte, mit denen die Verwendung von Planungsobjekten, insbesondere kodifizierten Wissens, in einem spezifischen Kontext klassifiziert werden kann.

Kontextbezug (Relation) ⁸⁴	Wert (Beispiel)	Bedeutung
Person		
beinhaltet Person	Hans Mustermann	personengenaue Adressierung von Wissen
beinhaltet WissensRolle	Anfänger; Experte	vgl. Rollencharakterisierung in Kapitel 5.2
beinhaltet FunktionsRolle	Prozessplaner	vgl. Rollenbeschreibung in Kapitel 4.2
System		
beinhaltet System	System A	Arbeitsumgebung
Projekt		
beinhaltet Phase	Prozessplanung	Planungsbereich (vgl. Abbildung 14)
beinhaltet Teilprozess	Logistikplanung	Teilprozess, Anwendungsgebiet
beinhaltet Aufgabe	Materialflussdefinition	Aufgabe gemäß KMDL- und Projektmanagement-Verständnis
beinhaltet Aktivitaet	Simulationsmodell aufbauen	Kleinster, definierbarer Planungsschritt

Tabelle 9: Verknüpfung von Taxonomien und Planungsobjekten für die Kontextdefinition

Damit eine Interpretation des Kontextes durch Softwareagenten möglich ist, müssen wichtige Vorgaben erfüllt sein. Sämtliche in Tabelle 9 beispielhaft genannten Werte sind zu standardisieren. Dies beinhaltet eindeutige Bezeichnungen von Aktivitäten und ihren Relationen über alle Aufgaben, Teilprozesse und Phasen hinweg, wie dies in Anhang C.1 beispielhaft bereits erfolgt ist. Eine Erweiterung dieser Ontologie bietet einem Mitarbeiter eine einfache und zugleich sichere Verknüpfung von beliebigen Planungsobjekten mit vorgegebenen Taxonomien und standardisierten Werten. Die erfüllten Vorgaben vorausgesetzt, sind weiterhin Vererbungsmechanismen denkbar, welche bei eindeutig bezeichneten Aktivitäten automatisch die zugehörigen Aufgaben, Teilprozesse und Phasen zuordnet.

⁸⁴ Vgl. Ontologierstellung in Anhang C.1 bezüglich der Definition von Konzepten und Relationen.

Eine qualitative Aussage, ob eine Information für einen rollen-, system- und projektbezogenen Kontext verwertbar ist, kann innerhalb der Description Logic einer Ontologie formuliert werden.⁸⁵ Beispielsweise darf die Aktivität „LayoutvarianteEntwickeln“ nur einen Bezug zur Aufgabe der Groblayoutplanung, zum Teilprozess der Layoutplanung, zur Phase der Ressourcenplanung sowie zur Funktionsrolle eines Layoutplaners und ggf. Prozessplaners haben (vgl. Abbildung 22). Ein Ergebnis des Typs „Programmcode“ ist dagegen nur für die Rolle des Wissensexperten geeignet.

Der Wissensbedarf eines Mitarbeiters kann mit den zuvor getroffenen Maßnahmen durch zwei unterschiedliche Wege bestimmt werden:

Zum einen wird der Wissensbedarf aus der Verknüpfung einer spezifischen Wissensrolle mit einem Planungsobjekt durch einen anderen Projektbeteiligten gezielt oder möglicherweise auch unbewusst suggeriert. Danach identifiziert der Softwareagent exakt diejenigen Planungsobjekte, welche aufgrund ihrer Klassifizierung mit dem aktuellen Kontext übereinstimmen und schlägt diese dem Wissensarbeiter als kodifiziertes Wissen vor.

Zum anderen kann der Softwareagent durch die Interaktion des Mitarbeiters mit dem Werkzeug erkennen, ob ein Wissensbedarf besteht. Als Indikatoren wären neben der aktuellen Wissensrolle auch die Anzahl der ausgeführten Befehle oder das häufige Aufrufen der Hilfefunktion als Aktivität denkbar. Aus dieser Situation heraus empfiehlt der Agent weitere Projektbeteiligte in ihrer Rolle als Wissensträger, sofern deren Benutzerprofil als „Person“ sowie die aktuelle Funktions- und Wissensrolle mit der Ontologie verknüpft ist.

In beiden Fällen erfolgt die Zuweisung von Informationen bzw. Aktivitäten systemseitig und nicht auf Initiative des Mitarbeiters.⁸⁶ Sofern ein systemseitiger Lesezugriff auf den Interaktionspfad eines Mitarbeiters möglich ist, schlägt der Informationsagent in beiden Fällen zum Kontext passende, noch nicht abgeschlossene Lernaktivitäten vor.

⁸⁵ Die in Anhang C verwendete F-Logic sieht hierfür „F-Moleküle“ vor, welche gegenüber einfachen Atomen eine präzise Zusammenfassung von Informationen zu einem Objekt erlauben. In der Syntax der Ontologie wird ein F-Molekül in „Attribute Values“ aufgespalten (vgl. Source Code in Anhang C.1).

⁸⁶ „Push Technology“ bezeichnet einen serverseitig initiierten Datenversand. Entsprechend nimmt der Anwender auf Client-Seite keine gezielte Datenanfrage vor. Vgl. http://en.wikipedia.org/wiki/Push_technology, Zugriff am 07.03.2011.

Durch die kontextangepasste Einblendung geeigneter Wissensbausteine gerät die Visualisierung der zeitlichen Zusammenhänge des Gesamtprozesses schnell in den Hintergrund. Folglich muss die kontextbezogene Interaktion zwischen System und Mitarbeiter neben der Einblendung von Lernaktivitäten („Erinnerung“) und relevanter Informationen sowie verfügbarer Experten („Empfehlung“ bzw. „Wissensträger“) um eine reduzierte Darstellung des aktuellen Planungsbereiches („Kontext“) im Gesamtzusammenhang (z.B. zwei Schritte vorausblickend) ergänzt werden.

Abbildung 59 beschreibt in Ergänzung zu Abbildung 58 das Konzept der kontextangepassten Bereitstellung von Wissen. Ein Agent führt eine Suche und Filterung nach potentiellen Informationen und Lernaktivitäten aus und weist diese dem Mitarbeiter bezogen auf dessen Kontext zu. Der Mitarbeiter kann die vorgeschlagenen Bausteine ad-hoc in seine Tätigkeit einbinden. Für die Darstellung der gefilterten Elemente wird ein Widget verwendet.⁸⁷ Wesentlicher Vorteil des Widgets gegenüber anderen Werkzeugen ist die systemübergreifende Bereitstellung, d.h. die Darstellung der gefilterten Elemente ohne die Beschränkung auf ein bestimmtes Planungswerkzeug. Weiterhin lassen sich relevante kontextspezifische Informationen als Verknüpfungen zu den eigentlichen Systemen, d.h. Wiki bzw. WCMS oder PIM, generieren.

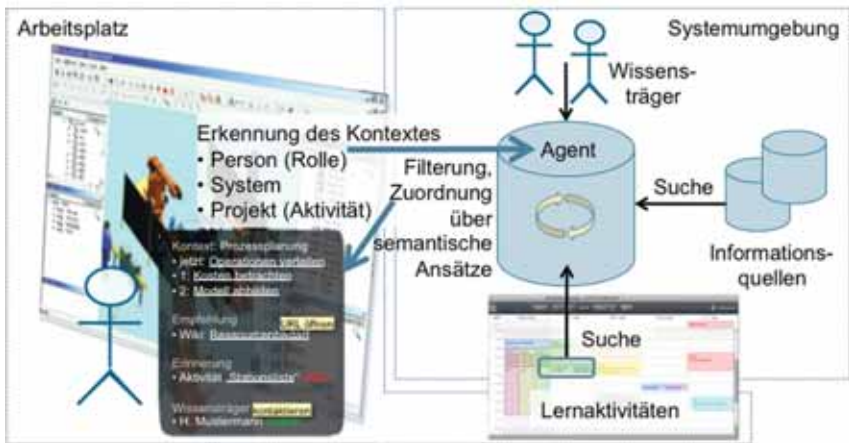


Abbildung 59: Agentengesteuerte, kontextangepasste Bereitstellung von Wissen

⁸⁷ Der Begriff „Widget“ (**Windows Gadget**) wird von Microsoft im Deutschen als „Minianwendung“ bezeichnet. Vgl. <http://de.wikipedia.org/wiki/Widget>, Zugriff am 07.03.2011.

6.4.3.2 Bewahrung von Wissen

Der erneute Einsatz des Widgets als „Sprungmarke“ auf separate Dokumentationswerkzeuge unterstützt den Mitarbeiter wesentlich bei einer Bewahrung, d.h. Rückführung von Wissen in ein Informationssystem. An dieser Stelle erfolgt ein Wechsel von der Lernaktivität (=lernorientierten Wissensaktivität, vorgeschlagen vom System oder einen Projektteiligten) zu einer aufgabenorientierten Wissensaktivität. Letztere lässt sich als eigenständig initiierte und im Allgemeinen sozial isolierte Tätigkeit eines Wissensarbeiters auffassen, welche einen direkten Bezug zur aktuellen Aufgabe hat und der nachhaltigen Effizienzsteigerung und Prozessabsicherung dieser Aufgabe dient.

Abbildung 60 zeigt die beiden Möglichkeiten einer Erstdokumentation sowie der Aktualisierung bereits kodifizierten Wissens exemplarisch an zwei Wiki-Seiten:

Erkennt der Agent, dass keine Dokumentation zu einer Aktivität existiert, kann die Funktion „Erstellen“ im Widget ausgewählt werden. Diese Funktion erlaubt eine Template-basierte und damit strukturierte Erfassung von individuellen Vorgehensweisen, Erfahrungen und Ergebnissen im Sinne einer semi-geführten Wissensabfrage.

Vorhandenes Wissen wird im Werkzeug direkt zur Bearbeitung geöffnet (Modus: „Seite bearbeiten“). Sieht der Mitarbeiter in seiner Rolle dabei eine Verlagerung oder Erweiterung des bisherigen Kontextes, müssen zugeordnete Schlagwörter bzw. Werte gemäß Tabelle 9 entsprechend geändert werden.



Abbildung 60: Unterstützung bei Erstdokumentation sowie Aktualisierung bestehenden Wissens

Ermöglicht der Kontext oder der Umfang und Typ generierten Wissens keine unmittelbare Kodifizierung, lässt sich diese zu einem späteren Zeitpunkt über Ad-hoc-Workflows erzwingen, d.h. über zugewiesene Aktivitäten delegieren (vgl. Kapitel 6.4.2). Alternativ ist die Aufzeichnung einer Kommunikation mittels Podcasts oder Screencasts (vgl. Kapitel 2.4.4) und deren anschließende Archivierung im Wiki denkbar.

6.4.3.3 Nachhaltige Nutzung des entwickelten Wissens

Eine nachhaltige Nutzung erfordert stets aktuelles Wissen, unabhängig davon, ob dieses nur individuell oder durch Kommunikation oder Kodifizierung im Kollektiv verfügbar ist. Die Entscheidung für die Art und Weise des Wissensaustausches ist im Wesentlichen abhängig vom sozialen oder systemtechnischen Kontext einer späteren Wissensnutzung.

Ein Austausch individuell gewonnenen Wissens ist über verschiedene organisatorische Maßnahmen möglich (vgl. Kapitel 2.4.1). Eine direkte Anwendung dieses Wissens am eigenen Arbeitsplatz setzt jedoch geeignete soziotechnische Ansätze voraus (vgl. Kapitel 6.3.3). Für eine nachhaltige Nutzung müssen die Beteiligten z. B. durch Ad-hoc-Workflows festlegen, wer das durch Sozialisation ausgetauschte Wissen kodifiziert.

Auf der Systemseite bietet die Kodifizierung von Wissen den Vorteil einer Information über die erfolgte Aktualisierung („Änderungsdatum“). Ergänzend kann bei der Verwendung einer Ampelsymbolik beispielsweise der Farbe „rot“ ein Änderungsdatum älter als 1 Jahr zugeordnet werden. Wird ein solcher Zeitstempel bzw. eine Farbe sichtbar – idealerweise in Wiki und Widget – eingeblendet, kann die Aktualisierung eines Dokumentes als Indikator für eine Wissensnutzung inklusive Rückführung herangezogen werden. Die Verknüpfung eines geänderten Dokumentes mit einer aktuellen Bewertung erlaubt eine Aussage über die Nutzung des Inhaltes bzw. dessen Qualität (vgl. Kapitel 6.3.4).

6.5 Bewertung der Komponenten

Die in Kapitel 6.2 formulierten Anwender- und Systemanforderungen (vgl. Tabelle 5 und Tabelle 6) sind die Basis für die Bewertung der in Kapitel 6.3 und 6.4 konzipierten und zum Teil beispielhaft umgesetzten Komponenten. Tabelle 10 fasst diese Komponenten im Hinblick auf die identifizierten und notwendigen Funktionalitäten und die einzelnen Technologieansätze für die anschließende Bewertung zusammen.

Komponenten für die kontextbasierende Wissensumgebung		
Identifizierte notwendige Funktionalitäten	Diskutierte Technologieansätze	
Dokumentation, Speicherung, Veröffentlichung	Web-basierte CMS, Standard-Wiki-Technologie, WYSIWYG-Editor	Kapitel 6.5.1
Strukturierung und Darstellung von Zusammenhängen über Kategorie und Bezeichnung		
Anreicherung kodifizierten Wissens mit Ontologien, Attributen, Schlagwörtern (Tags)	Wiki-Erweiterung durch semantische Technologien, Abbildung von Ontologien	
Identifizierung und Filterung von Dokumenten; Systemseitige Filterung von Suchergebnissen	Volltextsuche, Metadatensuche und Profilsuche in Wiki und WCMS, mögliche Integration semantischer Technologie	
Wissensbewertung, Feedback	Web-basierte CMS, Wiki-Technologie	
Soziale und soziotechnische Kollaboration	u.a. Werkzeuge für die informelle Kommunikation sowie Ansätze für eine asynchrone Kommunikation (E-Mail)	6.5.2
Planung, Gestaltung und Dokumentation individueller und gemeinsamer Lernaktivitäten	Interaktionspfad als Instrument einer Projektorganisation und einsehbarer ‚roter Faden‘ für beteiligte Rollen	Kapitel 6.5.3
Aktivitäten initiieren; Projektbeteiligte für eine Aktivität einladen	Verwendung von Templates für einheitliche Dokumentation neuer Aktivitäten; Nutzung von Ad-hoc-Workflows für die Zuweisung von Aktivitäten	
Information über Ressourcenverfügbarkeit; Einschätzung der Wissensintensität	Integration des Interaktionspfades in eine PIM-Software; Vergabe von Zugriffsrechten; Synchronisation des Kalenders	
Kontextangepasster Umgang mit Wissen; rollen- bzw. tätigkeitsspezifische Sicht auf einen Teilprozess der Fabrikplanung	Verknüpfung von Taxonomien mit Kontextbezug und Planungsobjekten (klassifiziert u.a. nach Person, System, Projekt)	Kapitel 6.5.4
Erkennung von Wissensbedarf; Filterung und systemseitige Zuordnung von Planungsobjekten	Softwareagenten für Kontextanalyse; Minianwendung (Widget) für die situative Einblendung von Informationen; Vorschlägen von Experten für direkte Hilfe	
Rückführung, d.h. systembezogene Erfassung und Aktualisierung von Wissen	Einsatz von Widgets, geführte Wissensabfrage für standardisierte, strukturierte Erfassung; direkter Überarbeitungsmodus; Ton- und Bildaufzeichnung	Kapitel 6.5.5
Nachhaltige Nutzung von Wissen;	Einsatz organisatorischer oder soziotechnischer Maßnahmen; Ad-hoc-Workflows für eine spätere Formalisierung; Farben und Zeitstempel für den Wissenszustand	

Tabelle 10: Die in Kapitel 6.3 und 6.4 diskutierten Technologieansätze in der Übersicht

6.5.1 Wiki-Technologie und Web-Content-Managementsysteme

Kurzbewertung der Ansätze

Wiki-Technologien bzw. äquivalente Funktionalitäten von WCMS sind für ein schnelles Dokumentieren, Speichern und Veröffentlichen von Wissen geeignet. WYSIWYG erhöht den Benutzerkomfort. Durch die Nutzung von Internettechnologie können die integrierten Funktionalitäten zudem orts-, zeit- und systemunabhängig verwendet werden.

Aufgrund der schwachen Inhaltsstruktur der Wiki-Technologie stellt die Abbildung von Kategorien auf Basis der Teilprozesse bzw. Anwendungsgebiete eine hinreichende Strukturierung dar (vgl. Abbildung 43). Eine zusätzliche Strukturierung erhöht den Aufwand der Pflege von Wiki-Inhalten und erfordert Kompromisse bei der Einordnung von Planungstätigkeiten, Werkzeugen, Methoden und Ergebnissen in den Gesamtkontext.

Die momentane Handhabung von Taxonomien innerhalb der Wiki-Technologie ist in Bezug auf die Benutzerakzeptanz als kritisch einzustufen. Mindestanforderung ist die Einordnung des Planungsobjektes (z.B. eines Dokumentes) in den Prozess- bzw. Planungskontext durch die Zuweisung vordefinierter, standardisierter Taxonomien. Somit lassen sich die Zusammenhänge zwischen allen Objekten der Digitalen Fabrik visualisieren. Dies setzt zwingend eine Erweiterung bestehender Wiki-Umgebungen um semantische Technologien voraus. Hingegen ist eine detaillierte Verschlagwortung von Inhalten eines Textdokumentes (vgl. Abbildung 45) für das Gesamtverständnis nicht von Vorteil.

Mit der Ablage aller Informationen in einem gemeinsamen Wiki oder WCMS werden Schnittstellen reduziert bzw. der Zugriff auf verteilte Systeme (vgl. Abbildung 48) vermieden.

Aus Anwendersicht ist eine Begrenzung von Suchfeldern sinnvoll. Dabei wird das Ergebnis einer Suche durch die Verwendung von einheitlichen Ontologien verbessert. Für die Suche nach Wissensexperten sind Personenverzeichnisse (Yellow Pages) mit geeigneten Profildaten, Fähigkeiten und Ansprechpräferenzen im verwendeten System zu hinterlegen.

In Wiki-Technologien bzw. WCMS enthaltene Kommentare oder Rankings bieten die Identifizierung „guten“ Wissens im Sinne von relevanten oder qualitativ hochwertigen Informationen. Eine bevorzugte Verwendung (subjektiv) bewerteten Wissens ist mit den beschriebenen Möglichkeiten alleine jedoch nicht zweckmäßig. Für eine strategische Wissensbewertung (vgl. Probst et al.) fehlen zusätzliche Reporting-Funktionalitäten sowie der Abgleich mit den Wissenszielen des Unternehmens.

Analyse relevanter Anwender- und Systemanforderungen (vgl. Tabelle 5, Tabelle 6)

Die Summe der Funktionalitäten von Wiki bzw. WCMS erfüllen die Anwenderanforderungen an ein schnelles Dokumentieren, Speichern und Veröffentlichen eigenen Wissens (#2), ein Kontaktieren von Experten (#3) und eine Bewertung von Informationen (#4). Das gezielte Finden und Nutzen von kontextbezogenen Informationen (#1) sowie die geführte Rückgabe, Aktualisierung und Verteilung dokumentierten Wissens (#7) benötigt die Unterstützung von Softwareagenten und Widgets. In Bezug auf die Anwenderoberfläche stellen Wiki bzw. WCMS einen zentralen Baustein der späteren Systemumgebung dar. Die Systemanforderungen #12 bis #14 sowie #18 bis #20 werden von Wiki-Technologie und WCMS erfüllt, sofern das Wiki ein Benutzerverwaltungsmodul enthält. Eine Wissensanalyse bzw. -bewertung (#16) kann ansatzweise umgesetzt werden. Während eine orts-, zeit- und systemunabhängige Sicht auf Planungsobjekte (#10) durch die Verwendung von Internettechnologie erfüllt wird, ist die Funktionalität einer rollenspezifischen Sicht in der Wiki-Technologie nur über Zusatzmodule realisierbar (vgl. die Erweiterungen SMW+ oder TWiki). Ein WCMS bietet diesbezüglich eine bessere Integrationsfähigkeit in bestehende IT-Umgebungen, sofern dort bereits ein Rollen- und Rechtekonzept und damit ein dedizierter Zugriffsschutz (#19) existiert.

Fazit

Ein Wiki oder WCMS kann prinzipiell die systemtechnische Basis für das gemeinsame Anlegen und Bearbeiten von „Wissen“ bilden, sofern grundlegende Anforderungen an die benutzerorientierte Gestaltung (z.B. WYSIWYG-Editor) und Systemfunktionalität (z.B. Rollen- und Rechtekonzept, Ontologie-Unterstützung) erfüllt werden.

6.5.2 Werkzeuge zur informellen und asynchronen Kommunikation

Kurzbewertung der Ansätze

Sozialisation ist eine wichtige Konversion für den tätigkeitsbegleitenden Wissensaustausch, welcher geplant oder spontan erfolgen kann. Gegenüber zeitlich und örtlich festen Maßnahmen fördern soziotechnische Werkzeuge eine informelle Wissensentwicklung am Arbeitsplatz, da benötigtes Wissen direkt in die aktuelle Tätigkeit einfließen kann.

Ohne eine Kodifizierung führt Austausch und Wiederverwendung von sozial oder soziotechnisch kommuniziertem Wissen zwangsläufig zu Wissensverlust. Ansatzpunkt muss

daher eine Integration von geeigneten Werkzeugen in die Anwenderoberfläche sein, welche den Schritt der Wissensrückführung, d.h. der Kodifizierung von Wissen, beinhaltet (vgl. Kapitel 6.4.3.2). Neben einer manuellen Kodifizierung adressiert diesbezüglich auch die Erstellung von Pod- bzw. Screencasts und deren Einbindung in ein Wiki bzw. WCMS das Ziel der Wissensrückführung.

Analyse relevanter Anwender- und Systemanforderungen (vgl. Tabelle 5, Tabelle 6)

Werkzeuge zur informellen und asynchronen Kommunikation erfüllen die Anforderung an ein Kontaktieren von Experten (#3) und ansatzweise die Forderungen an ein Feedback (#4) und eine direkte Nutzung von kommuniziertem Wissen (#1). Eine einheitliche und leicht bedienbare Anwenderoberfläche (#8, #9) für eine Dokumentation und Kollaboration muss konzipiert werden, da sie die Akzeptanz soziotechnischer Werkzeuge beeinflusst. Auf Seiten der Systemanforderungen werden Funktionalitäten für die Verbreitung und Verteilung von Wissen bereitgestellt (#15).

Fazit

Der Erfolg soziotechnischer Ansätze ist abhängig von ihrer Akzeptanz sowie ihrer Einbindung in den individuellen Arbeitsablauf aller Mitarbeiter. Insbesondere die fehlenden Standards bei diesen Werkzeugen erfordern eine Festlegung auf ein Herstellerprodukt.

6.5.3 Aktivitätenverwaltung zur Abbildung von Interaktionspfaden

Kurzbewertung der Ansätze

Das Konzept des Interaktionspfades bietet eine Verwaltung von individuellen Lernaktivitäten, die erst nach Freigabe auch von Außenstehenden einsehbar sind. Wesentlich ist dabei die flexible Gestaltung von Aktivitäten durch einen Mitarbeiter in seiner spezifischen Rolle als Wissensarbeiter, Mentor oder Projektmanager.

Die Abbildung von Aktivitäten auf Basis von Vorlagen wird bislang nur von wenigen WCMS und nicht von Wiki-Technologien unterstützt. Insbesondere die Abbildung von Aktivitätsvorlagen (vgl. Abbildung 54) erfordert eine Erweiterung bestehender Funktionalität. Für die Zuweisung (und Analyse nach einem Abschluss) von Aktivitäten muss weiterhin eine Workflow-Unterstützung existieren.

Die Integration des Interaktionspfades in eine PIM-Software, konkret mit dem Element eines von allen Projektbeteiligten einsehbaren Gruppenkalenders, bietet eine transparente

Einsicht in die Aktivitäten von Mitarbeitern, d.h. eine Verknüpfung mit Projektressourcen. Eine automatische Synchronisation von Projektkalender und personenbezogenen Interaktionspfad setzt zumindest die Definition von Zeiträumen für Aktivitäten voraus, was die im Rahmen dieser Arbeit eingesetzten Systeme nicht anbieten. Außerdem ist standardmäßig nicht sichergestellt, dass Aktivitäten für eine bestmögliche Integration in den Planungsprozess über die gleiche Benennung wie eine Planungstätigkeit verfügen (vgl. Kapitel 6.4.3.1).

Analyse relevanter Anwender- und Systemanforderungen (vgl. Tabelle 5, Tabelle 6)

Bezüglich der Anwenderforderungen adressiert der Interaktionspfad vor allem die einfache Abstimmung und Protokollierung von Aktivitäten (#6). Als Anforderungen an das System werden ansatzweise die Möglichkeiten zur Analyse der Nutzung von Wissen (#16) sowie vollständig die Funktionalitäten zur Initiierung von Benutzeraktionen (#17) und zur Unterstützung von Lernaktivitäten (#18) erfüllt.

Fazit

WCMS bieten einige, aber nicht alle erforderlichen Funktionalitäten, mit denen die Idee des Interaktionspfades als Summe aller Aktivitäten abgebildet und der Projektorganisation zur Verfügung gestellt werden kann. Eine grundlegende Erweiterung bestehender Software ist somit sinnvoll bzw. erforderlich. Analog zu den Kommunikationswerkzeugen führen fehlende Workflow-Standards zum Einsatz proprietärer Architekturen.

6.5.4 Agenten und Widgets für einen kontextangepassten Wissenseinsatz

Kurzbewertung der Ansätze

Damit ein Softwareagent relevante Textelemente kontextbewusst für die Darstellung in einem Widget aufbereiten kann, müssen sämtliche Informationen und Wissensaktivitäten dokumentiert und systemseitig interpretierbar sein. Mit den in Tabelle 9 beispielhaft aufgeführten Taxonomien ist eine kontextbezogene Verwendung eines Planungsobjektes grundsätzlich möglich. Je detaillierter der Kontextbezug mit standardisierten Werten definiert ist, desto eindeutiger ist das Objekt einem spezifischen Kontext zugeordnet. Eine durchgängige Verwendung von Templates fördert einen direkten und einheitlichen Zugriff auf die Ontologie. Die zusätzliche Einblendung von unerledigten Aktivitäten sowie die Benennung von Wissensträgern fördert die Qualität vorgeschlagener Informationen.

In Bezug auf die besondere Unterstützung und Weiterentwicklung von Handlungswissen (vgl. Kapitel 5.3.1) muss die Verknüpfung von Taxonomien und Planungsobjekten primär für sämtliche Planungsergebnisse der Subklasse „Dokumentation“ mit ihren Instanzen erfolgen (vgl. Anhang C.1). Weitere Objekte, insbesondere Modelle, die in PLM-basiertem Datenmanagement gespeichert werden, können ohne Bezug zu einem spezifischen Kontext nicht die aktive Wissensentwicklung fördern.⁸⁸

Analyse relevanter Anwender- und Systemanforderungen (vgl. Tabelle 5, Tabelle 6)

Zu den adressierten Anwenderforderungen an die kontextbasierende Wissensumgebung gehören die direkte Nutzung von zum Kontext passenden Informationen (#1), das Erkennen des persönlichen Wissensbedarfs (#5), das Kontaktieren von Experten (#3) sowie die leicht bedienbare und anpassbare Anwenderoberfläche (#9). Bei den Systemanforderungen wird durch den Einsatz von Agent und Widget erstmals die rollenspezifische Sicht auf Informationen möglich (#11). Weiterhin werden die Funktionalitäten zur Unterstützung von Aktivitäten (#18) und damit auch die Initiierung von Benutzeraktionen (#17) sowie – ansatzweise – eine Strukturierung von Wissen (#14) durch die Einordnung der Tätigkeit in den Planungskontext adressiert.

Fazit

Die Umsetzung eines kontextangepassten Wissenseinsatzes setzt eine Integration und konsequenter Nutzung semantischer Technologien sowie konfigurierbarer Minianwendungen (Widgets) voraus.

6.5.5 Rückführung und nachhaltige Nutzung von Inhalten

Kurzbewertung der Ansätze

Die Weiterführung des kontextangepassten Umgangs mit Wissen in Bezug auf eine effiziente Rückführung und nachhaltige Nutzung von Wissen bindet die bislang fehlenden Bausteine aus Kapitel 4.4 gezielt in den Planungskontext ein. Damit wird die Abbildung sämtlicher Bausteine des Wissensmanagements realisiert (vgl. Abbildung 5).

⁸⁸ Denkbar wäre stattdessen ein Verweis (Beschreibung oder Hyperlink, sofern systemseitig abbildbar) auf das konkrete Beispiel eines CAD-Modells innerhalb eines Wiki-Artikels.

Sofern kodifiziertes Wissen kontextabhängig genutzt wird, kann das Dokument durch die Nutzung von Agenten und Widgets auf gleiche Weise zur Überarbeitung bereitgestellt und im Anschluss erneut veröffentlicht werden. Dagegen erfordert neu generiertes Handlungswissen eine Initiative zur Kodifizierung bzw. eines Wissensaustausches, welche auf individueller Motivation basiert und durch Ad-hoc-Workflows delegiert werden kann.

Analyse relevanter Anwender- und Systemanforderungen (vgl. Tabelle 5, Tabelle 6)

Zu den erfüllten Anwenderforderungen gehören primär die geführte Erfassung, Aktualisierung und Verteilung dokumentierten Wissens (#7), dadurch bedingt zudem eine direkte Nutzung zum Kontext passender Informationen (#1) sowie ein schnelles Dokumentieren, Speichern und Veröffentlichen (#2). Eine leichte Bedienbarkeit (#9) ist im Zusammenhang mit einem Widget gewährleistet (vgl. Abbildung 60). Die Systemanforderungen entsprechen denen des kontextangepassten Umgangs mit Wissen (vgl. #11, 14, 17, 18).

Fazit

Ein konsequenter und nachhaltiger Umgang mit Wissen im Kontext der Digitalen Fabrik wird durch Abbildung einer geeigneten Systemumgebung gewährleistet bzw. durch diese ausgelöst.

Sämtliche Anwenderforderungen und Systemanforderungen werden von den diskutierten Technologieansätzen erfüllt. Diese lassen sich in die Komponenten

- Wiki bzw. WCMS
- Kollaborationswerkzeuge
- Interaktionspfad/Aktivitätenverwaltung (inkl. PIM) sowie
- Softwareagent und Desktop-Integration (Widget)

einteilen. Damit lässt sich die kontextbasierende Wissensumgebung aus benutzerorientierten und funktionalen Gesichtspunkten prinzipiell umsetzen.

Die technischen Anforderungen (vgl. Tabelle 7) ermöglichen eine Betrachtung verschiedener Szenarien in Bezug auf Leistung und Qualität bzw. Skalierbarkeit, welche in Kapitel 7 im Rahmen der Gestaltung einer Systemarchitektur analysiert werden.

7 Gestaltung und Evaluierung der Wissensumgebung

*„Wahres Wissen beruht auf Erfahrung,
alles andere ist nur Information“.*

(Albert Einstein)

Nachfolgend wird die Gestaltung und Evaluierung der Gesamtarchitektur einer kontextbasierenden Wissensumgebung durchgeführt. Zu diesem Zweck werden die in Kapitel 6 erarbeiteten und bewerteten Komponenten zunächst in eine generische Architektur eingefügt. Darauf aufbauend werden mögliche Integrationsszenarien und Infrastrukturen konzipiert, um die Wissensumgebung aus technologischer Sicht in verschiedene existierende Planungsinfrastrukturen einzuordnen. Die Evaluierung der Wissensumgebung erfolgt durch drei Fallbeispiele und ein Praxisbeispiel, indem der gezielte Einsatz von Bausteinen der Wissensumgebung für ausgewählte Rollen und Anwendungsfälle beschrieben wird. Abschließend wird die Erweiterung der Systemumgebung aus organisatorischer Sicht (Adaptierbarkeit des strategischen Wissensmanagements bzw. Kompetenzmanagements) und aus Prozesssicht (Übertragbarkeit der Umgebung auf den Fabrikbetrieb) diskutiert.

7.1 Gestaltung der Gesamtarchitektur

Die vier Komponenten, namentlich Wiki bzw. WCMS, Kollaborationswerkzeuge, Interaktionspfad/Aktivitätenverwaltung (inkl. PIM) sowie Softwareagent und Desktop-Integration (Widget) sind für die weitere Konzeption einer Gesamtarchitektur in Bezug auf technische Anforderungen einzuordnen (vgl. Tabelle 7). Insbesondere die aufgestellten Leistungsaspekte führen zu verschiedenen Architekturmodellen und Integrationsszenarien.

7.1.1 Beschreibung der generischen Architektur

Die Planungsumgebung der Digitalen Fabrik kann als systemseitig heterogen, komplex und zugleich dynamisch charakterisiert werden (vgl. Kapitel 3.2.3 ff., Kapitel 5.3.1). Für das Ziel einer unternehmensübergreifenden Zusammenarbeit muss neben einer technologi-

schen Vernetzung auch eine gemeinsame Wissensstrategie umgesetzt werden. Die Übertragung dieser Aspekte auf die technischen Anforderungen (vgl. Tabelle 7) bedingt eine grundlegende Evaluierung der kontextbasierenden Wissensumgebung hinsichtlich ihrer

- Kontextbewusstheit und Mobilität → *Unterstützung von „Context Awareness“ sowie Adaption bestehender Arbeitsabläufe sowie Rollen- und Rechtekonzepte* (#23, 25, 26);
- Konfigurier- und Adaptierbarkeit → *Anbindung an existierende Systeme sowie Integration semantischer Technologie und generelle Systemerweiterbarkeit* (#21, 24, 31);
- Skalierbarkeit → *Anpassung an individuelle Bedürfnisse des Planungsumfeldes mit Einfluss auf Systemeffizienz, Zuverlässigkeit und Sicherheit* (#22, 28, 29, 30) sowie
- Usability → *Systembenutzung, Bedienbarkeit, Verbreitung und Akzeptanz* (#27, 32).

Der Einsatz offener Standards der Web-Technologie, die plattformübergreifend verfügbare Auszeichnungssprachen und Protokolle bereitstellen, ermöglicht es, Systemgrenzen zu überwinden.⁸⁹ Dies gilt sowohl für Kommunikationsprotokolle als auch für Schnittstellen und Datenformate. Folglich stellt die Technologie eine ideale Basis für die Lern- und Wissensumgebung dar.

Abbildung 61 beschreibt die generische Architektur einer kontextbasierenden Wissensumgebung, bestehend aus drei Schichten (vgl. Kapitel 3.3.2) und vier Anwendungsbereichen (Wissensentwicklung, -(ver-)teilung, -nutzung und -bewahrung)⁹⁰. Die Präsentationsschicht ist durch den Fokus auf die Web-Technologie zwischen Server- und Client-Seite aufgeteilt. Die Nutzung dieser Technologie bietet bei allen vier Komponenten eine maximale Mobilität in Bezug auf die Integration bestehender Infrastrukturen mit Ziel einer orts-, zeit- und anwendungsunabhängigen Lösung zur Wissensrepräsentation. In Anlehnung an Kapitel 6 werden Wiki und WCMS mit der Desktop-Integration (Widget) verknüpft dargestellt (vgl. Abbildung 60). Weiterhin angedeutet ist eine „Mitarbeiterschicht“, welche die zwischenmenschlichen Aspekte bezüglich des Umgangs mit Wissen beachtet.

⁸⁹ Vgl. XML als Markup Language (<http://de.wikipedia.org/wiki/Auszeichnungssprache>) sowie SOAP als offenes Internet-Protokoll (<http://de.wikipedia.org/wiki/SOAP>), Zugriff jeweils am 07.03.2011.

⁹⁰ Die Wissensidentifikation ist integraler Bestandteil der vier Systemkomponenten und lässt sich somit innerhalb der konzipierten Wissensumgebung nicht isoliert betrachten.

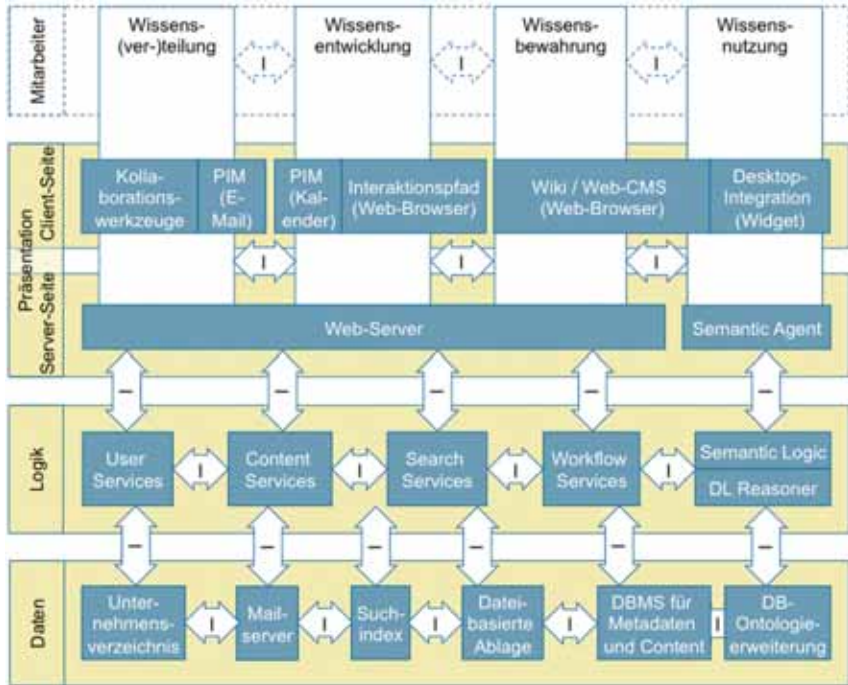


Abbildung 61: Generische Architektur einer kontextbasierten Wissensumgebung ⁹¹

Die Logikschicht enthält verschiedene Basisdienste (Services), die in unternehmensweiten Serveranwendungen und Portalen zum Einsatz kommen. Neben Such-, Inhalts- und Arbeitsablaufdiensten gehört die Rollen- und Rechteverwaltung bzw. der Zugriff auf die Datenschicht zu den Aufgaben der Logikschicht. Zudem kann die semantische Logik über Java-basierte Ansätze (Agent OWL, Pellet, Jena) in die Schicht integriert werden. ⁹²

Während die Wissensentwicklung und -bewahrung gemäß Kapitel 6.4.3 über gewöhnliche Web-Technologien und Protokolle erfolgen kann, muss für die kontextbewusste Wissensnutzung ein Agent in die Architektur eingebunden werden. ⁹³ Bezüglich des Widgets gibt

⁹¹ Die Reihenfolge der Anwendungsbereiche ist auf der Zuordnung von Elementen der Daten-, Logik- und Präsentationsschicht begründet und entspricht nicht dem Ablauf aus Abbildung 5.

⁹² Vgl. u.a. Jena Semantic Web Framework (<http://jena.sourceforge.net>, Zugriff am 07.03.2011).

⁹³ Vgl. semanticagent als quelloffener Ansatz eines Agenten, der auf dem JADE (Java Agent Development) Framework basiert (<http://code.google.com/p/semanticagent/>, Zugriff am 07.03.2011).

es Schnittstellen („Widget Engine“) zur Oberfläche eines Betriebssystems. Als Alternative zu einem Widget kann der Inhalt in Anlehnung an Abbildung 59 auf einer dynamischen Webseite abgebildet werden.

Die Integration von Schichten und Anwendungsbereichen, d.h. Auswahl geeigneter Schnittstellen, kann auf allen vier Schichten erfolgen.

7.1.2 Integration auf Datenschicht

Ein dateibasierter bzw. manueller Austausch von Planungsdaten bietet den geringsten Komplexitätsgrad einer Integration von unterschiedlichen Systemen. Dabei werden die Daten jeweils getrennt voneinander in den jeweiligen proprietären Datenbanken der Anwendungssysteme gespeichert. Eine weitere Form der Integration besteht darin, eine zentrale Datenbank einzurichten, auf die alle Anwendungen zugreifen können. Hierdurch werden Daten auf der Ebene von Datenmodellen integriert.

Im Vergleich zu herkömmlichen Datenmanagementarchitekturen befindet sich in der Datenschicht in Bezug auf die Wissensumgebung zusätzlich eine Datenbankerweiterung für die Ontologieunterstützung. Die Schaffung eines gemeinsamen Datenmodells für alle vier Komponenten ist hinsichtlich der Anbindung von PIM (inkl. Kollaboration und Verzeichnis), Interaktionspfad und Wiki-Technologie auf Durchführbarkeit zu prüfen.

7.1.3 Integration auf Geschäftslogikschicht

Der Austausch von Daten zwischen Systemen kann system- oder benutzergesteuert erfolgen, sofern spezifische Integrationsdienste eingesetzt werden. Dazu werden sämtliche Funktionen mit Hilfe von Integrationsplattformen integriert, während die einzelnen Anwendungen unverändert bleiben. Beispiele sind die kommunikationsorientierte Middleware sowie Enterprise Application Integrationen (EAI) und Serviceorientierte Architekturen (SOA).

Middleware bezeichnet anwendungsunabhängige Technologien, die Dienstleistungen zum Transport von Daten, zur Vermittlung von entfernten Funktionsaufrufen und zur Sicherstellung der Transaktionssicherheit zwischen lose gekoppelten Softwarekomponenten anbieten. Durch die Nutzung von Schnittstellen oder Diensten wird die Komplexität der zugrunde liegenden Applikationen und ihrer Infrastrukturen versteckt. Die Verwendung von

Web-Standards wie XML, SOAP sowie Web-Services innerhalb einer Middleware bietet den beteiligten Anwendungen einen direkten Zugriff auf erforderliche Funktionen [RMB-00].

Unter EAI werden technologische Konzepte zur Kopplung verschiedener Applikationen an eine zentrale Kommunikationskomponente verstanden [RMB-00].⁹⁴ Bestandteile sind neben dem „Enterprise Service Bus“ (auch: Integrationsbus) die einzelnen Applikationen sowie erforderliche überbrückende Elemente, die als Adapter bezeichnet werden [Cha-04]. Gegenüber der Verwendung von Middleware bieten Integrationsbus und Adapter im Allgemeinen eine bessere Skalierbarkeit sowie die Möglichkeit der Abbildung von Prozesslogik [RMB-00].

SOA bezieht sich im Vergleich zu EAI nicht auf die Applikationen in ihrer bestehenden Form. Vielmehr werden alle benötigten Komponenten als eigenständige Dienste gekapselt und koordiniert („orchestriert“). Durch die konsequente Verwendung von veröffentlichten Schnittstellen auf Basis von Web-Services ist eine plattformunabhängige und netzwerkbaasierte Integration der von den verteilten Diensten angebotenen Funktionen möglich [Mel-08]. Folglich ist die SOA-Methode innerhalb der Logikschicht sowie zwischen Logikschicht und der Web-Server-Komponente prinzipiell einsetzbar (vgl. Abbildung 61).

7.1.4 Integration auf Anwendungsebene

Die höchste systemtechnische Stufe der Integration ist die Möglichkeit der Kopplung von Systemen auf Anwendungsebene. Hierdurch erhält der Anwender eine einheitliche Benutzeroberfläche und -systematik zur Verfügung gestellt, ungeachtet dessen, welche Ansätze auf Logik- und Datenebene zum Einsatz kommen.⁹⁵ Dieser Anspruch wird von der Konzeption einer Architektur, welche auf Web-Technologie basiert, erfüllt.

Als Technologien sind auf Anwendungsebene Servlets und Portlets zu unterscheiden. Bei einem Servlet wird der Inhalt vom Web-Server zusammengesetzt und anschließend als Ganzes zum Web-Browser geschickt. Dies setzt voraus, dass alle integrierten Anwendungen native Web-Anwendungen sind. Portlets sind dagegen gekapselte Applikationen auf

⁹⁴ EAI wird auch im Zusammenhang mit Softwareprodukten bzw. -anbietern verwendet, vgl. http://de.wikipedia.org/wiki/Liste_von_EAI-Herstellern, Zugriff am 07.03.2011.

⁹⁵ Vgl. den Begriff der „Unified Architecture“ (UA), welcher im Kern die Vereinheitlichung von verwendeten Technologien und Datenmodellen sowie eine konsistente Benutzerphilosophie beschreibt.

der Präsentationsschicht, die unter Verwendung beliebiger Programmiersprachen erstellt werden und Daten auf Basis von Web-Standards bzw. Web-Services austauschen. Sie werden von einem Portalserver verwaltet und können im Web-Browser vom Anwender angepasst und kombiniert werden [Hep-03].⁹⁶

Eine Integration auf Anwendungsebene ist in Bezug auf die konzipierte Wissensumgebung differenziert zu betrachten. Ein umfangreiches WCMS bietet neben Wiki-Technologien auch Aktivitätenverwaltung und Projektkalender in einer einheitlich strukturierten Web-Anwendung. Im Gegensatz dazu kommen bei der Wissens-(ver-)teilung auf Präsentationsseite mit den in Kapitel 6.3.3 genannten Technologien Browser-unabhängige Applikationen sowie spezielle Protokolle zum Einsatz.⁹⁷ Gleichwohl bieten die beispielhaft in Kapitel 6 eingesetzten Lösungen Microsoft SharePoint und IBM Lotus Greenhouse ansatzweise eine Web-Browser-Integration von Kollaborationswerkzeugen.

Das Widget als „Desktop-Integration“ steht einer Integration auf Anwendungsebene nicht entgegen, ergänzt dieses jedoch auch nicht. Ziel des Widgets ist die schnelle und kontextbewusste Bündelung von Informationen bzw. Aktivitäten aus verschiedenen Quellen. Ein einziges und damit umfangreiches WCMS kann im Gegensatz zu einem Widget plus Softwareagenten nicht dynamisch auf einen geänderten Systemkontext reagieren. Folglich ist ein Widget in jedem Fall ein wichtiger Baustein der kontextabhängigen Wissensumgebung.

7.1.5 Integration auf Mitarbeiterebene

Ziel einer systemtechnischen Umsetzung ist die Unterstützung des individuellen Mitarbeiters im Umgang mit Wissen am Arbeitsplatz. Bietet die angestrebte Lösung keine benutzerorientierte Gestaltung, führt dies zu Motivationsverlust und unter Umständen zu einem Vorzug der sozialen gegenüber der system- bzw. informationstechnischen Ebene. Dem gegenüber erfordert gelebtes Wissensmanagement sowohl informationstechnisch abgesichertes Wissen als auch den Einsatz klassischer Methoden wie eines Mentorings oder ei-

⁹⁶ Vgl. Webparts als ähnliche Technologie in Microsoft SharePoint: <http://de.wikipedia.org/wiki/WebPart>, Zugriff am 07.03.2011.

⁹⁷ Vgl. [http://technet.microsoft.com/de-de/library/dd425299\(office.13\).aspx](http://technet.microsoft.com/de-de/library/dd425299(office.13).aspx), Zugriff am 07.03.2011.

ner Community of Practice (vgl. Abbildung 39). Daher ist ein Wissensaustausch auf Mitarbeiterebene wichtiger Bestandteil einer Planungstätigkeit.

7.2 Integration der Wissensumgebung in einen Planungskontext

Die Entscheidung für eine Systemlösung bzw. Softwaretechnologie steht und fällt mit den technischen Gestaltungsmöglichkeiten im Rahmen bereits existierender Infrastrukturen der Digitalen Fabrik. Planungsinfrastrukturen bestehen gewöhnlich aus einer Vielzahl von Werkzeugen bzw. Softwareumgebungen, die idealerweise bereits über eine Integrationsplattform gekoppelt sind (vgl. Kapitel 3.3.2, Abbildung 15). Sie werden beeinflusst von der Unternehmensgröße bzw. der Anzahl der Anwender, der Einsatzbreite der Digitalen Fabrik und damit auch von den bereits vorhandenen Systemen und deren Datenbestände. Eine kontextbasierende Wissensumgebung ist bislang kein integraler Bestandteil einer Planungsinfrastruktur bzw. von Managementsystemen. Dabei braucht nicht jedes Unternehmen die ganze Funktionalität einer Wissensumgebung.

Analog zu einer Skalierung von Lösungen zur Digitalen Fabrik lassen sich unterschiedliche Nutzungsszenarien bezüglich des Einsatzes und der Integrationstiefe von Wissensbausteinen ableiten.

7.2.1 Szenario: Zentrale Systemarchitektur mit einheitlichem Datenmodell

Die Konzentration auf ein führendes System ist aus Gründen der Anwenderakzeptanz sinnvoll („alles verfügbare Wissen für meine Tätigkeit und die Wissensentwicklung im Prozess“). Weiterhin können Schwierigkeiten bei der Integration mehrerer existierender Systeme vermieden sowie bestehende Rollen- und Rechtekonzepte adaptiert werden.

Eine zentrale Systemarchitektur lässt sich durch die Erweiterung bestehender Managementsysteme umsetzen. Zu diesem Zweck bieten sich PDM- bzw. PLM-Ansätze an (vgl. Kapitel 3.3.2). Aktuell beinhalten PDM- sowie PIM-Systeme keine Ansätze zur Verwendung von Wissensmodellen (Ontologien) mit Ziel eines „Tagging“ von Planungsobjekten oder einer Wissensentwicklung. Für die kombinierte Lösung eines Wissens- und Planungsdatenmanagements ist diese Methode zur Abbildung eines kontextangepassten Verhaltens jedoch zwingend erforderlich.

Durch die Verwaltung sämtlicher Planungsobjekte ist die Komplexität einer solchen Architektur sehr groß. Implementierungs- und Wartungskosten für ein komplexes Daten- und Wissensmodell dürfen daher nicht unterschätzt werden.

Basierend auf den in Kapitel 6.2 erarbeiteten Anforderungen ist insbesondere auf ein sinnvolles Daten- und Workflowmanagement zu achten. Dabei gibt es in allen Schichten der Architektur aus Abbildung 61 kritische Elemente. Zunächst ist die Integration von Ontologien in bestehende Datenmodelle die entscheidende Anforderung an die Realisierung eines kontextangepassten Umgangs mit Wissen. Ferner beinhalten Werkzeuge der Digitalen Fabrik keine standardisierten Workflow-Komponenten, so dass eine Steuerung von Aktivitäten zwischen Anwendungen unterschiedlicher Softwareanbieter aufgrund einer schlechten technischen Integrationsfähigkeit generell problematisch ist.

Eine durchgängige Unterstützung von Web-Technologien bzw. Standards bietet andererseits bei ggf. reduzierter Funktionalität eine mobile Nutzung und Aktualisierung von Dokumenten, auch außerhalb des Arbeitsplatzes und bei Bedarf für Außenstehende.⁹⁸

7.2.2 Szenario: Flexible Kopplung von Architekturen für Kooperationen

Im Rahmen von Unternehmenskooperationen werden ursprünglich eigenständige Systemumgebungen flexibel gekoppelt, um Planungsobjekte während der Zusammenarbeit zwischen verschiedenen Plattformen austauschen zu können. Im Fall der Auflösung einer Kooperation müssen die zugänglichen Objekte vor einem Verlust geschützt werden. Weiterhin dürfen die eigenständigen Systemumgebungen ihre Funktionsfähigkeit nicht verlieren [Sch-05].

Eine flexible Kopplung unternehmensspezifischen Systemumgebungen setzt – zusätzlich zu den innerhalb einer individuellen Umgebung erforderlichen Integrationsszenarien – geeignete Replikationsmechanismen zwischen den verschiedenen Plattformen voraus. Je nach gewünschter Abhängigkeit bzw. Eigenständigkeit der beteiligten Plattformen kann eine Replikation von Managementsystemen durch interne Server-Funktionen (Option 1), auf Datenbank-Ebene (Option 2) oder durch aufwändige „Export-Copy-Import-Mechanismen“ (Option 3) erfolgen. Dabei bietet die Möglichkeit des Exportierens und

⁹⁸ Vgl. <http://channel9.msdn.com/posts/PDCNews/First-Look-Office-14-for-Web/>, Zugriff am 07.03.2011.

erneuten Importierens von Logik- und Datenschicht die größtmögliche Flexibilität (Abbildung 62).

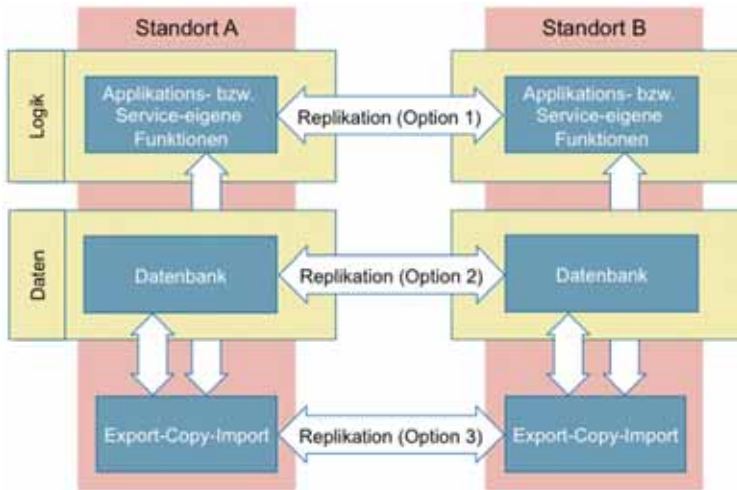


Abbildung 62: Kopplung von eigenständigen Systemarchitekturen über Replikationsszenarien

Die Anknüpfung an bestehende Werkzeuge ist auf Anwenderseite entscheidend für die Akzeptanz und Effizienz einer technischen Systemlösung. Auch im Rahmen von Unternehmenskooperationen können diesbezüglich Web-Technologien zum Einsatz kommen.

7.2.3 Szenario: Minimallösung am Beispiel von KMU

Unter der Bezeichnung „Kleine und mittelständische Unternehmen“ (KMU) wird im aktuellen Sprachgebrauch ein Unternehmen verstanden, das eine bestimmte Größenordnung nicht überschreitet und hinsichtlich Unternehmensorganisation und Führungsstruktur gewisse Merkmale besitzt. Beispielsweise gibt es kurze und direkte Informationswege, starke persönliche Bindungen und eine hohe Flexibilität. Weiterhin bestehen eine geringe Produktanzahl und weniger komplexe Entwicklungs- und Planungsprozesse [Pfo-97]. Im Gegensatz dazu fehlen häufig Kapazitäten und Know-how für die Durchführung aufwändiger Projekte wie der Digitalen Fabrik.

Eine Skalierung der kontextbasierenden Wissensumgebung kann für einen Einsatz in KMU unter Berücksichtigung der in Kapitel 6.5 geführten Argumentation aus verschiedenen Sichtweisen erfolgen. Auf eine zentrale Architektur bzw. eine Kopplung mit

existierenden Planungswerkzeugen kann aufgrund einer einfache(re)n Systemumgebung verzichtet werden. Der Aufbau einer Wissensumgebung über die Wiki-Technologie lässt dennoch eine Ontologie-Unterstützung zu (vgl. Kapitel 6.3.1.3).

Die Abbildung des Interaktionspfades über reine PIM-Funktionalitäten bietet zwar keine Strukturierung, aber zumindest die Erfassung von Wissensaktivitäten im Projektkontext. Eine Ad-hoc-Wissensentwicklung ist systemseitig erfassbar, wenn die Workflow-Unterstützung von WCMS anstelle der limitierten Wiki-Technologie zum Einsatz kommt.

Der geringe Komplexitätsgrad von Produkten und Prozessen sowie eine höhere Aufgabenintegration beim einzelnen Mitarbeiter im KMU-Kontext erlauben den Verzicht auf intelligente Softwareagenten und ein umfangreiches Rollenkonzept. Anstelle der Push-Technologie (Widget) und der Umsetzung von „Context Awareness“ kann ein Mitarbeiter kodifiziertes Wissen durch eine manuelle Suche in einem Wiki aufspüren.

Nicht vorhandene bzw. realisierte Systembausteine einer Wissensumgebung führen in Prozess und Organisation zu einer spontanen Kommunikation und Ad-hoc-Wissensentwicklung. Werkzeuge zur Kollaboration sind durch direkte Kontakte und überschaubare Organisationsstrukturen nicht zwingend erforderlich.

Abbildung 63 beschreibt die Minimallösung, bestehend aus Funktionalitäten eines Wikis bzw. WCMS sowie einer PIM-Plattform. Sofern ein Mitarbeiter in seiner Funktions- und Wissensrolle kein benötigtes Wissen im System identifizieren kann, ist die soziale oder soziotechnische Kommunikation mit Ziel des Wissensaustausches der logischer Schritt.

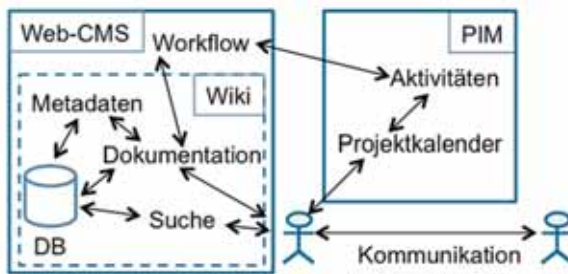


Abbildung 63: Schematische Darstellung der Minimallösung einer Wissensumgebung

Die Reduzierung der Wissensumgebung auf wesentliche Funktionalitäten gemäß Abbildung 63 bietet eine für den Mitarbeiter handhabbare Komplexität im Umgang mit relevanten Wissensaktivitäten im Projektkontext der Digitalen Fabrik.

7.3 Evaluierung der kontextbasierenden Wissensumgebung

Für eine Evaluierung der kontextbasierenden Wissensumgebung sind unterschiedliche Wissensstände von Mitarbeitern im aktuellen Aufgaben- und Systemkontext zu berücksichtigen. Hieraus werden nachfolgend drei Fallbeispiele sowie ein Praxisbeispiel abgeleitet.

7.3.1 Evaluierung der Wissensumgebung aus Prozesssicht

Ausgangspunkt bildet eine spezifische Planungstätigkeit, die relevantes Wissen, Methoden- und Werkzeugeinsatz voraussetzt. Es werden eine Funktions- und Wissensrolle mit einer für die jeweilige Wissensrolle repräsentativen Wissensarbeit verknüpft.

7.3.1.1 Fallbeispiel: Prozessplaner – Wissensinsteiger – Wissensentwicklung

Abbildung 64 beschreibt als Ausschnitt aus Abbildung 21 die Tätigkeiten des Prozessplaners während einer Prozessauslegung. Darin sind sämtliche Wissensaktivitäten und Ergebnisse aufgabenbezogener Tätigkeiten in Form von Informationsobjekten abgebildet. Nicht berücksichtigt sind rollenspezifische lernorientierte Wissensaktivitäten.

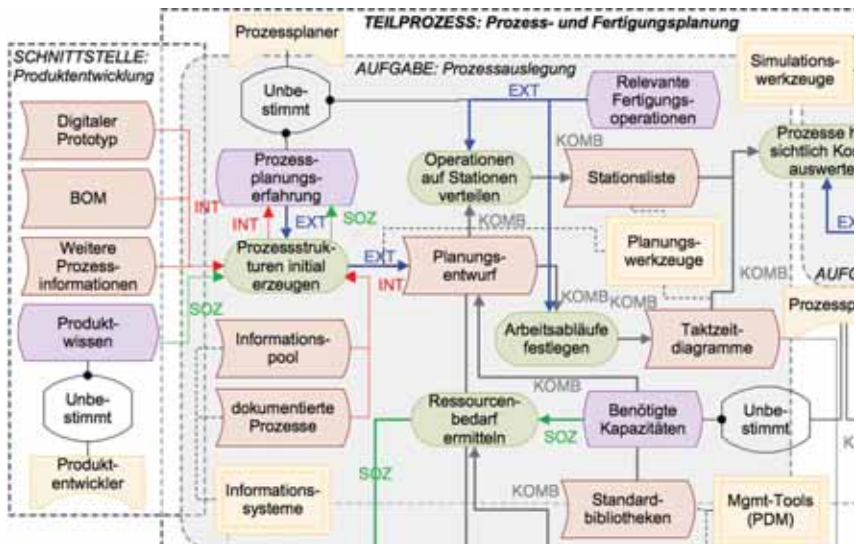


Abbildung 64: Prozessauslegung als Aufgabe des Prozessplaners (Ausschnitt aus Abbildung 21)

Der Wissenseinsteiger ist nicht mit den Bausteinen des Wissensmanagements vertraut und besitzt zudem kein Gesamtverständnis für seine Tätigkeit im Kontext. Diesbezüglich muss er durch präzise Anweisungen bei der Wissensentwicklung unterstützt werden:

„Wie bekomme ich benötigtes Wissen aus dem Prozess/der Organisation?“

Abbildung 65 stellt die Interaktion von Wissenseinsteiger und den Komponenten der konzipierten Wissensumgebung in KMDL-Notation dar. Dabei wird die Sichtweise der Wissensentwicklung betont. Das individuell benötigte Wissen wird durch den Kontextbezug kenntlich gemacht. Der Softwareagent übernimmt zusammen mit dem Widget die Aufgabe der Lenkung des Wissensarbeiters gemäß Abbildung 31. Erforderliche, im Kontext relevante Planungsobjekte und offene Lernaktivitäten werden der aktuellen Tätigkeit des Prozessplaners zugeordnet und durch das Desktop-Widget angezeigt („Knowledge Pull“). Zudem schlägt der Softwareagent verfügbare Wissensträger für die Prozessplanung vor, welche ad-hoc über Kollaborationswerkzeuge kontaktiert werden können.

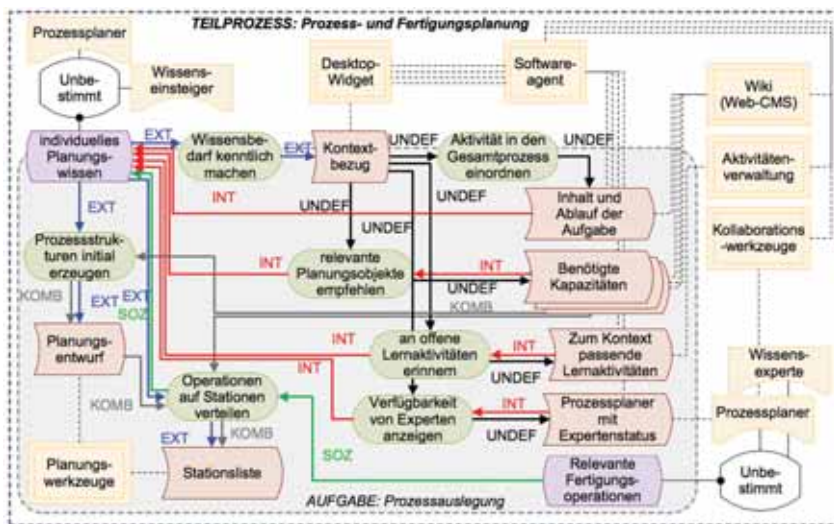


Abbildung 65: Kontextbezogene und geführte Prozessauslegung aus Sicht eines Wissenseinsteigers⁹⁹

Systemseitig nutzt der Wissenseinsteiger sämtliche Komponenten der Wissensumgebung. Die unmittelbare Hilfestellung der Umgebung führt bei einem Wissenseinsteiger

⁹⁹ Legende in Anhang A.2

idealerweise zu weniger Unterbrechung von Planungstätigkeiten durch Wissensentwicklung. Die Lenkung durch das Desktop-Widget führt zugleich zu mehr Prozesssicherheit. In Abbildung 65 wird dies durch strukturierte Konversionen der Internalisierung und Sozialisation ersichtlich, welche je nach Bedarf zum Einsatz kommen (vgl. diesbezüglich auch Abbildung 38).

Die Betrachtung von Wissensanwendung und Wissensdokumentation (Rückfluss von neu generiertem Wissen) erfolgt in den nachfolgenden Fallbeispielen.

7.3.1.2 Fallbeispiel: Layoutplaner – Wissensanfänger – Wissensanwendung

Der Layoutplaner nutzt alle verfügbaren Informationsobjekte zur Validierung des Fabriklayouts. In seiner Tätigkeit wendet er kodifiziertes Wissen in Form anderer Planungsergebnisse (z.B. Prozessvarianten, Arbeitsplatzgestaltung, Logistikkonzept) gezielt an. In diesem Zusammenhang besteht starker Bedarf einer Abstimmung und Adaption fremden Funktions- und Handlungswissens (Abbildung 66).

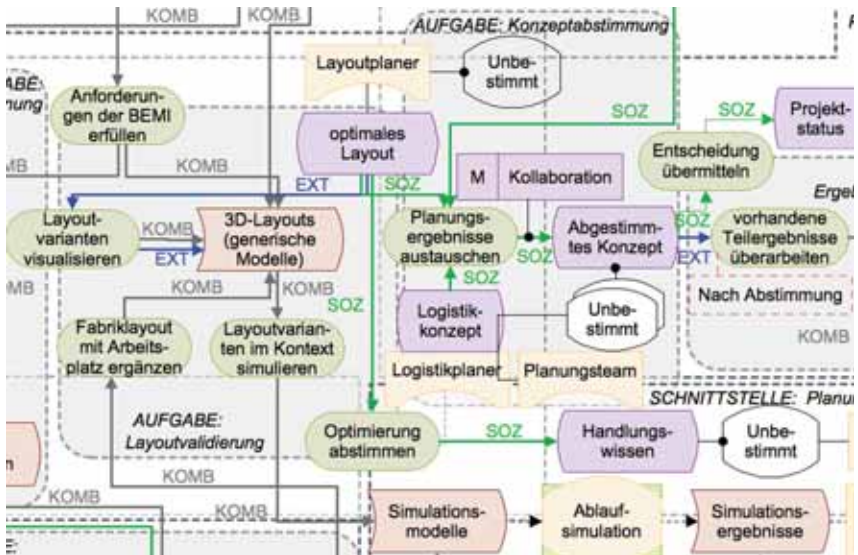


Abbildung 66: Layoutvalidierung als Aufgabe des Layoutplaners (Ausschnitt aus Abbildung 22)

Gegenüber dem Wissensneinsteiger besitzt der Wissensanfänger ausreichende Fach- und Methodenkompetenz und ist in der Lage, eigene Handlungen selbstkritisch zu reflektieren (vgl. Kapitel 5.2.1.1). Folglich benötigt der Wissensanfänger keine umfassende

Beschreibung seiner Planungsaktivitäten. Wichtig ist dagegen die Bereitstellung von Bausteinen zur Abstimmung und Bewertung seiner Ergebnisse (Abbildung 67).

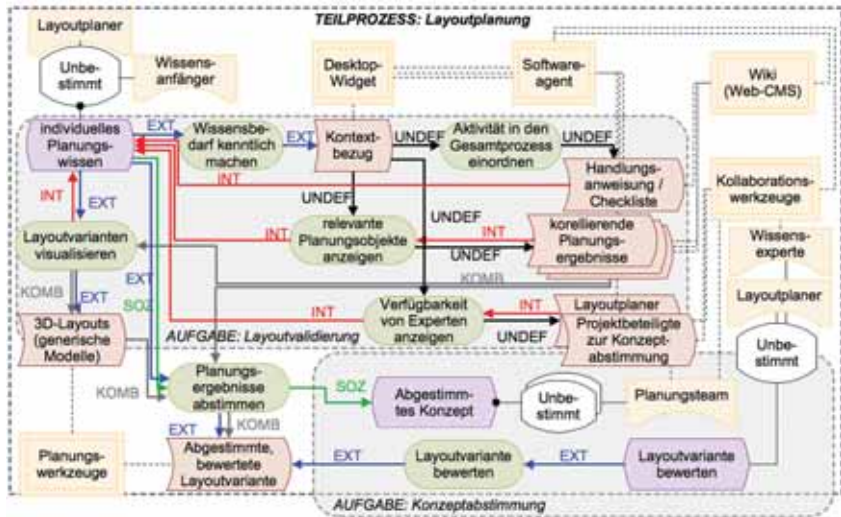


Abbildung 67: Kontextbezogene Validierung von Ergebnissen durch Anwendung vorhandenen Wissens¹⁰⁰

Die Wissensumgebung unterstützt den Wissensanfänger in seiner Rolle als Layoutplaner durch das kontextangepasste Anzeigen korrelierender Ergebnisse aus der Prozess-, Logistik- und Arbeitsplatzplanung. Durch den Einsatz einer Handlungsanweisung oder Checkliste wird die gezielte Nutzung des verfügbaren Planungswissens hinreichend strukturiert.

„Wie bringe ich meinen Gegenüber dazu, sich am Wissensprozess zu beteiligen?“

Die Benennung verfügbarer Ansprechpartner durch die Wissensumgebung ermöglicht dem Wissensanfänger bereits im Vorfeld einer Konzeptabstimmung, Experten um Feedback zu einer Layoutvariante zu bitten. Die Bewertung des Planungsergebnisses durch Experten kann über eine Sozialisation oder auf Systembasis erfolgen (vgl. Abbildung 35). In beiden Fällen werden Projektbeteiligte gezielt am kollektiven Wissensprozess beteiligt.

¹⁰⁰ Legende in Anhang A.2

7.3.1.3 Fallbeispiel: Simulationsexperte – Wissensexperte – Wissensdokumentation

Ein Experte benötigt für die Beurteilung der Prozessfähigkeit von Konzepten neben umfassender Fach- und Methodenkompetenz bedeutendes Handlungswissen. Abbildung 68 beschreibt dessen Tätigkeit am Beispiel der Logistik- bzw. Materialflussabsicherung.

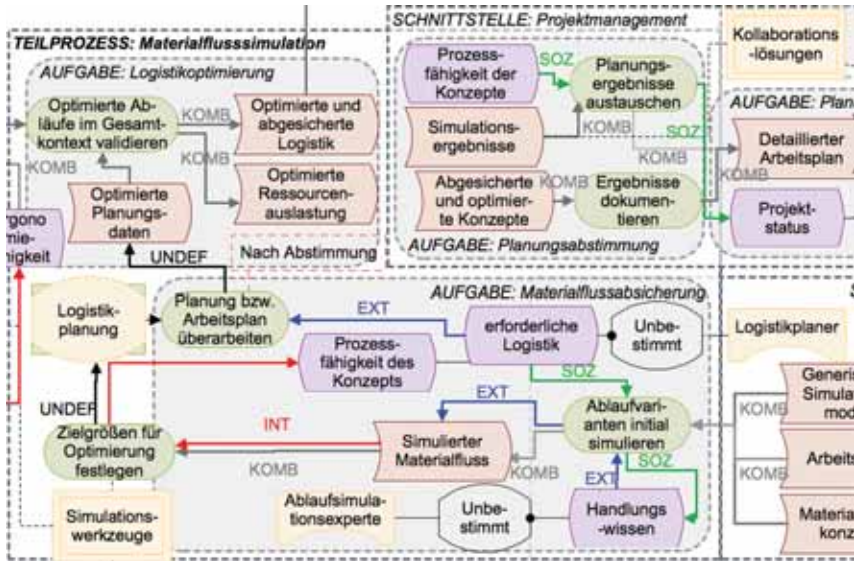


Abbildung 68: Logistikabsicherung als Aufgabe des Simulationsexperten (Ausschnitt aus Abbildung 23)

In Bezug auf die Unterstützung von Einsteigern liegt die Herausforderung des Wissensexperten in einer effizienten Dokumentation von Handlungswissen und einem kontinuierlichen Erfahrungsaustausch mit anderen Planungsbeteiligten:

„Wie bringe ich mein Wissen in den Prozess (zurück)?“

Abbildung 69 zeigt den kombinierten Ansatz von Wissensnutzung und -rückführung. Neben der Wiki-Technologie, auf die der Wissensexperte über das Desktop-Widget direkten Zugriff erhält, erfolgt ein persönlicher Wissensaustausch durch den Einsatz von Kollaborationswerkzeugen. Gegenüber Abbildung 68 wird der Prozessbruch zwischen Simulation und der späteren Absicherung des Konzepts aufgehoben, indem der Wissensexperte seine Erfahrungen aus dem iterativen Prozess der Logistikoptimierung kontinuierlich dokumentiert. Ferner kann er Lernaktivitäten konzipieren und diese bei konkretem Bedarf einem Wissensinsteiger oder -anfänger zuweisen.

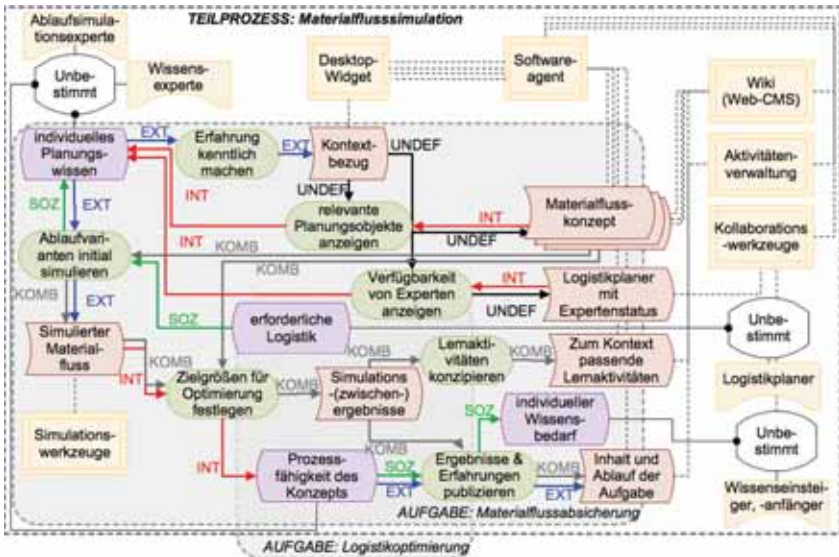


Abbildung 69: Rückführung von Wissen aus der Materialflussabsicherung als Wissensexperte ¹⁰¹

7.3.2 Evaluierung der Wissensumgebung anhand eines praktischen Beispiels

Die Schnittstelle zwischen Produktentwicklung und Prozessplanung (vgl. Abbildung 20 und Abbildung 21) ist die Basis für das nachfolgend beschriebene praktische Beispiel.¹⁰² Dieses stellt sowohl die Wissensentwicklung und -nutzung (vgl. Abbildung 59, Abbildung 65 und Abbildung 67 – Sicht von Wissenssteiger und -anfänger) als auch die Wissensdokumentation (vgl. Abbildung 60 sowie Abbildung 69) in der Wissensumgebung dar.

Ausgehend vom Konzept des Desktop-Widgets (vgl. Abbildung 59) wird in Abbildung 70 der Handlungs- und Kommunikationsablauf zwischen den Rollen (Akteuren) zweier Produktentwickler, eines Prozessplaners und der Wissensumgebung erläutert.

Zu Beginn melden sich die drei Mitarbeiter am System an, worauf hin die Wissensumgebung den jeweiligen Planungskontext erkennt.

¹⁰¹ Legende in Anhang A.2

¹⁰² Das in Abbildung 70 gezeigte praktische Beispiel wurde in realer Arbeitsumgebung mit Planungsbeteiligten erarbeitet und diskutiert. Eine Umsetzung der konzipierten Wissensumgebung erfolgte dagegen nicht.

Der Produktentwickler „H. Neuling“ hat die Aufgabe, die Produktgeometrie in einem CAD-Modell abzubilden und fertigungsgerecht zu bemaßen. Sein Ergebnis soll er vor der Veröffentlichung mit einem erfahrenen Produktentwickler abstimmen. Dieser Produktentwickler ist „H. Mustermann“. Als CAE-Experte berechnet und simuliert er die Produktmodellvarianten von H. Neuling in Bezug auf Festigkeit und Schwingverhalten. In Abhängigkeit der Modellkomplexität optimiert er das Produktmodell selbstständig oder teilt H. Neuling das Ergebnis der Berechnungssimulation und den Änderungsbedarf mit. Die Prozessplanerin „F. Sachlich“ hat die Aufgabe, das Produktkonzept zu analysieren und auf dieser Grundlage eine initiale Prozessplanung durchzuführen. In ihrer Rolle als Wissensanfängerin kann sie den Produktentwicklern mit ihrem Prozess- und Fachwissen im Bereich der Fertigungsoperationen helfen.

H. Neuling bekommt nach seiner Anmeldung am System die aktiven Tätigkeiten im Widget angezeigt und kann sich in seiner Rolle als Wissenseinsteiger daran orientieren. Zu Beginn sieht er sein noch offenes E-Learning-Modul der Gussteilkonstruktion als Erinnerung. Er kann diese Lernaktivität direkt starten, sofern er diese Methode für den Schritt der Geometrierzeugung benötigt. Später erkennt er, dass die Prozessplanerin F. Sachlich verfügbar („online“) ist und fragt sie nach erforderlichen Prozessvorgaben für sein Produktmodell. Da F. Sachlich ihm einige Hinweise zu Schweißvorgaben gibt, greift H. Neuling auf eine der beiden angebotenen Wiki-Seiten zu. Nachdem er die Fertigungsinformationen am Produktmodell angebracht hat, stimmt er den aktuellen Stand des Produktkonzepts mit einem Experten ab. Dazu nutzt er die Anzeige im Widget, welches H. Mustermann als verfügbaren Wissensträger nennt. Idealerweise erfolgt die Abstimmung mit Hilfe von Screen-Sharing (vgl. Abbildung 50). Abschließend nutzt H. Neuling das kodifizierte Wissen, welches mit dem Schritt „Digitalen Prototyp veröffentlichen“ verknüpft ist.

H. Mustermann arbeitet in seiner Rolle als Wissensexperte eng mit H. Neuling zusammen. Nach seiner Bewertung der Produktmodellvarianten klärt er noch offene Fertigungsanforderungen mit F. Sachlich, die als Wissensträger vom Widget angeboten wird. Alternativ dazu kann er die Wiki-Seite zu den Grundlagen der Prozessplanung öffnen. In seiner Rolle als Wissensexperte sorgt H. Mustermann dafür, dass Lernaktivitäten zur Berechnung erstellt werden. Sein persönliches Wissen stimmt er dabei mit dem Inhalt der Wiki-Seite „Referenzmodell zur Berechnung“ ab. Zusätzlich versucht H. Mustermann neben seiner eigentlichen Berechnungstätigkeit, der Projektorganisation regelmäßig die Ergebnisse und

Erfahrungen aus seiner täglichen Arbeit als kodifiziertes Wissen zur Verfügung zu stellen. Er bemerkt, dass noch keine Erfahrungen zur Speicherung eines Simulationsergebnisses existieren und erstellt ein neues Dokument. Dazu bedient er sich der integrierten Widget-Funktionalität (vgl. Abbildung 60).

F. Sachlich beginnt nach der Anmeldung am System mit der Analyse des Produktkonzeptes. Sie sieht im Widget, dass H. Neuling als Produktentwickler verfügbar ist und fragt ihn, ob es noch weitere Dokumentation zum Produktkonzept gibt. Danach fängt sie an, die Prozessstruktur zu erzeugen. Sie erkennt im Widget, dass die Lernaktivität „Stationsliste“ noch nicht abgeschlossen ist und entscheidet sich, diese zunächst durchzuführen. Im Anschluss vervollständigt sie ihre Prozessplanung aufgrund des frisch adaptierten Wissens und ergänzt die existierende Dokumentation „Prozessstruktur erzeugen“.

Das Praxisbeispiel in Abbildung 70 zeigt einen beabsichtigten Unterschied zwischen einem Wissenseinsteiger und einem Wissensexperten:

Der Wissenseinsteiger hat im Wissensprozess eine **aktive Rolle**. Er entwickelt neues und nutzt vorhandenes Wissen durch Interpretation bzw. Adaption sowie soziale Kollaboration. Er „darf“ zudem gezielt Wissensträger kontaktieren, um die Zeit bis zu einer offiziellen Konzeptabstimmung zu verkürzen und gleichzeitig dem Planungsergebnis eine höhere Reife zu geben. Damit wird der Wissenseinsteiger sowohl vom Experten als auch vom Widget „gelenkt“ (vgl. Abbildung 31).

Der Wissensexperte ‚sollte‘ einen Wissenseinsteiger von sich aus idealerweise nicht aktiv kontaktieren, sondern konzentriert sich auf seine Planungstätigkeit. Er nimmt als Experte im Wissensprozess hinsichtlich des Wissensaustausches vielmehr eine **passive Rolle** wahr, die sich auf die Wissensbewertung ‚auf Anfrage‘ sowie die Wissensbewahrung von Ergebnissen und Erfahrungen inklusive der Konzeption von Lernaktivitäten beschränkt.¹⁰³

Die Rolle des Wissensanfängers ist abhängig von den vorhandenen Kompetenzen und einer bereits teilweise übertragenen Verantwortung als sowohl aktiv als auch passiv einzustufen.

¹⁰³ Eine aktive Rolle des Wissensexperten ist jedoch im Rahmen eines Mentorenprogramms oder durch die Initiierung und Durchführung von Communities of Practices denkbar bzw. wünschenswert.

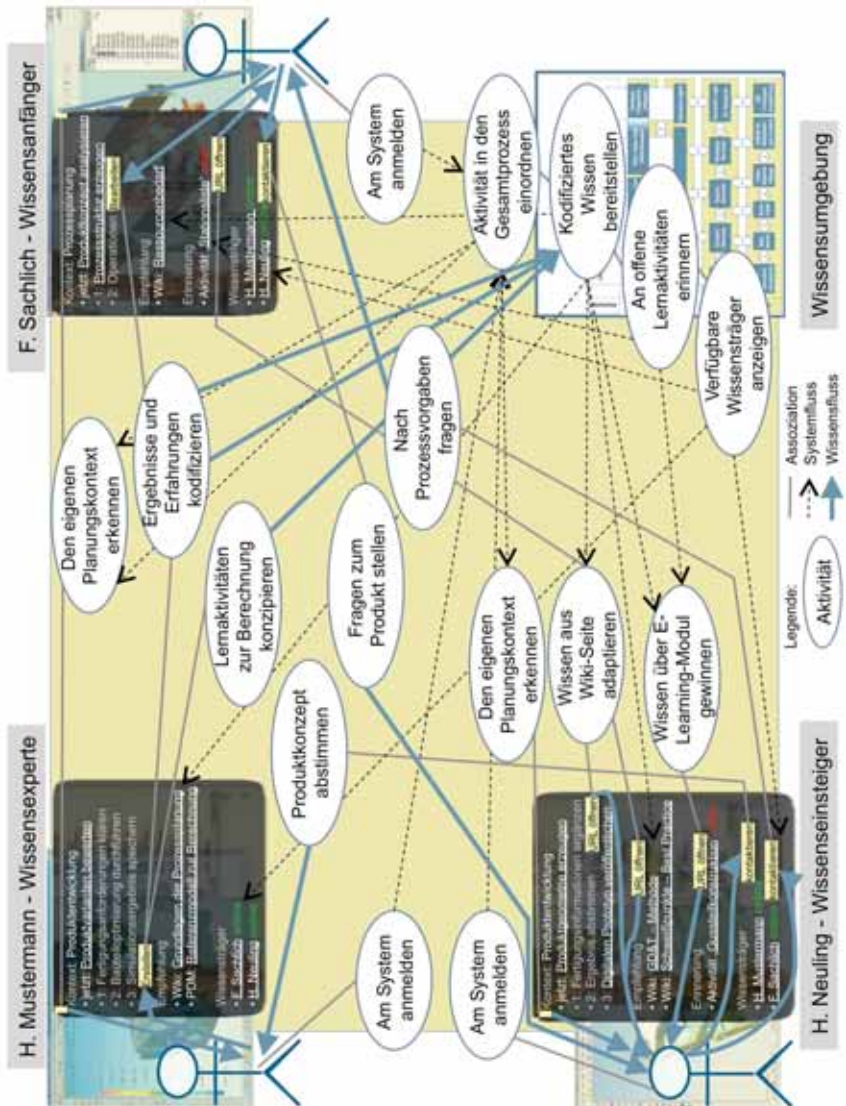


Abbildung 70: Einsatz der Umgebung als Bindeglied zwischen Produktentwicklung und Prozessplanung¹⁰⁴

¹⁰⁴ Vor einem Wissensaustausch dient das Widget für die initiiierende Person nur zur Kontaktanfrage, während die eigentliche Kommunikation und Informationsteilung über das Kollaborationswerkzeug erfolgt.

Gegenüber Abbildung 39 ist Abbildung 70 auf den virtuellen Gruppenkontext beschränkt. Die kontextbasierende Wissensumgebung zeigt diesbezüglich, dass mit Hilfe soziotechnischer Werkzeuge ein soziales, informelles Netzwerk mit Ziel des (unstrukturierten) Wissensaustausches zwischen allen beteiligten Rollen entstehen kann, sofern dies von allen Beteiligten ausdrücklich gewünscht ist.

Die Integration der Entwicklung, systematischen Anwendung und Dokumentation von Wissen in das Arbeitsumfeld eines Mitarbeiters erhöht die Effizienz des gesamten Planungsprozesses. Der strukturierte Lernprozess und kontextangepasste Wissens Einsatz fördert durch die systemseitige Aufbereitung, Zuweisung und Präsentation von bestehenden Informationen die Akzeptanz der Mitarbeiter gegenüber einem ausschließlich systemseitigen Wissensmanagement.

7.4 Erweiterung der Umgebung für ein strategisches Wissensmanagement

Bisher wurde die strategische Sichtweise von Wissensmanagement und Kompetenzaufbau nicht berücksichtigt (vgl. Kapitel 5.4).¹⁰⁵ Demzufolge bietet die konzipierte Wissensumgebung keine Vorgabe bzw. Nachverfolgung von Wissenszielen und deren Umsetzung innerhalb der Projektorganisation. Sämtliche Aktivitäten einer Identifizierung des Wissensbedarfs erfolgen ohne direkten Systembezug (vgl. Abbildung 30). Der Wissensexperte unterstützt – in der Rolle eines Mentors – die Einarbeitung von Einsteigern in Kooperation mit dem Projektmanager, bewertet jedoch nicht den Erfolg dieser Aktivitäten in Bezug auf das Planungsergebnis. Auch der Umgang mit Kompetenzen zur Personalauswahl wird durch den Ansatz des Ad-hoc-Wissensaufbaus nicht gefördert.

In Kapitel 5.3.2 wurden einige Methoden des strategischen Kompetenzaufbaus benannt. Elementar ist diesbezüglich die Erstellung von (Ist-)Kompetenzprofilen für eine Person sowie von (Soll-)Anforderungsprofilen für eine Rolle. Die KMDL beinhaltet in ihrer Notation hierfür einen Kompetenz-Report, der eine Profilerstellung auf Aktivitätsebene durch die Darstellung des in den Prozessen vorkommenden Wissens vorsieht [KMD-09]. Auf dieser Grundlage lässt sich ein Anforderungsprofil bezüglich der in Kapitel 4.3 modellierten Wissensprozesse jedoch nur für eine spezifische Rolle auswerten. Dadurch wird

¹⁰⁵ Bereits die Arbeitsdefinition von Wissensmanagement betont den operativen Ansatz (vgl. Kapitel 2.2).

der Aufwand bzw. Erfolg einer individuellen Kompetenzentwicklung nicht im Gesamtkontext des Planungsprozesses bewertet. Zudem kann keine Aussage über den Gesamtbedarf an Wissen sowie das verfügbare kollektive Gesamtwissen getroffen werden.

Die Abbildung aller Tätigkeitsbeschreibungen in einem Kompetenzkatalog sowie ein Ist-Soll-Abgleich von Kompetenzen mit Ziel einer systematischen Wissensbewertung kann durch eine Systemunterstützung erfolgen. Als Vorbereitung einer Auswertung sind sämtliche Bestandteile der Wissensprozesse als Objekte (die Ontologie in Anhang C.1 spricht diesbezüglich von Konzepten) systemtechnisch zu erfassen. Hier bietet sich die Adaption der beispielhaft umgesetzten Ontologie an (vgl. Kapitel 6.4.3). Eine automatisierte Datenauswertung in Bezug auf ein spezifisches Ontologie-Konzept (z.B. Rolle, Person, Aufgabe) kann auf diese Weise initial oder zu bestimmten Projektmeilensteinen durch die Verwendung geeigneter Software vorgenommen werden.

Die im Rahmen von Wissensmanagement verwendete IKT wie beispielsweise Data Mining und OLAP-Systeme sind die Basis für eine systematische Analyse von Ontologie-Bestandteilen mittels Business Intelligence (BI)-Ansätzen [GLK-06]. Die informationstechnische Integration beider Ansätze erlaubt sowohl die Definition und Nachverfolgung von Wissenszielen durch den Wissensmanager als auch die Überwachung und Bewertung einer Ad-hoc-Wissensentwicklung durch den Projektmanager. Es ist nicht erforderlich, die BI-Funktionalitäten allen Projektbeteiligten zur Verfügung zu stellen.

Aus Sicht des Wissensarbeiters ist eine kontinuierliche Auswertung seiner Wissensaktivitäten denkbar. Durch eine Erweiterung der Interaktion von Desktop-Widget und Softwareagent kann nach Beendigung einer Aufgabe eine geführte Befragung des Mitarbeiters erfolgen, um zu erkennen, ob das benötigte Wissen durch den kontextangepassten Wissensseinsatz und Lernprozess entwickelt werden konnte. Grundlage der Befragung ist das Anforderungsprofil für eine spezifische Funktionsrolle. Je nach Umfang oder Art der Befragung (z.B. Multiple Choice oder Fallbeispiel) ist eine nachfolgende Analyse und Bewertung der Angaben systemseitig möglich (Werte: True|False) oder durch den Projektmanager oder Wissensexperten erforderlich.

7.5 Übertragbarkeit auf den Fabrikbetrieb

Eine Abgrenzung zwischen Fabrikplanung und Fabrikbetrieb wurde in Kapitel 3.1.2 vorgenommen. Angrenzend an den realen Produktionsbetrieb beinhaltet der Digitale

Fabrikbetrieb als Teilumfang der Digitalen Fabrik die virtuelle Inbetriebnahme und den Anlauf von Anlagen sowie die Simulation realer Produktionsprozesse. Durch die Koppelung virtueller und realer Komponenten wird das Zusammenwirken von Fertigungssystemen, virtuellen oder realen Anlagensteuerungen und virtuellen oder realen Produktionsumgebungen optimiert [VDI-09a].

Der Digitale Fabrikbetrieb basiert auf der Infrastruktur der Digitalen Fabrik, um einerseits die Ergebnisse der Planung zu nutzen und andererseits Daten für operative Fertigungssysteme bereitzustellen. Die durchgängige Nutzung einer Infrastruktur erlaubt es, sämtliche Informationen in Bezug auf das Produkt, die Ressourcen und die Fertigungsoperationen für die Produktion zur Verfügung zu stellen. Dabei ist es unerheblich, ob die Fertigungsinformationen am Produktionsort oder in Verbindung mit einem MES oder ERP-System benötigt werden. Folglich kann die zuvor konzipierte Wissensumgebung nach Erweiterung der Ontologie auch im Digitalen Fabrikbetrieb genutzt werden.

Die Tätigkeiten in der Produktion unterscheiden sich hinsichtlich einer geringeren Komplexität und Dynamik von Tätigkeiten im Kontext der Digitalen Fabrikplanung. Nach Zülch et al. ist es notwendig, die Zeiträume für die Durchführung der erforderlichen Personalentwicklungsmaßnahmen zu definieren [ZRS-09]. Zudem gibt es im Allgemeinen weniger Abstimmungsbedarf und Änderungsschleifen als im frühen Planungsprozess.

Die Herstellung neuer Produkte und Einführung neuer Fertigungsverfahren erfordern eine gezielte Personalentwicklung im Fabrikbetrieb. Zu den üblichen Qualifizierungsmaßnahmen gehören die innerbetriebliche Weiterbildung sowie die Unterweisung von Mitarbeitern an ihrem Arbeitsplatz [ZRS-09]. Zusätzlich ermöglicht das Prinzip der Job-Rotation zu späteren Zeitpunkten den direkten und persönlichen Austausch von Wissen.

Für die Wissensnutzung lässt sich das Konzept der kontextbasierenden Wissensumgebung grundsätzlich auf den realen Fabrikbetrieb adaptieren, sofern eine geeignete Infrastruktur (im Allgemeinen ein Computer mit Zugriff auf die Quellen bzw. Systeme der Fabrikplanung) besteht. Dies bietet zudem die direkte Verwendung aktualisierten Planungswissens in der Fabrik. Einschränkungen bestehen in Bezug auf die soziotechnische Kollaboration. Diese ergeben sich aus dem Kontext des Fabrikbetriebs, wo Tätigkeiten weniger bildschirm- bzw. arbeitsplatzzentriert ausgeübt werden. Außerdem ist in direkter Nähe zu Fertigungseinrichtungen auf eine geeignete Abschirmung der Systemumgebung vor chemischen, mechanischen und elektromagnetischen Einflüssen zu achten. Hier ist beispielsweise der Einsatz berührungsempfindlicher Bildschirme (Touchscreens) und der damit ver-

bundene Verzicht auf eine herkömmliche Bedienung der Software per Tastatur und Maus empfehlenswert.

Der Zugriff auf Informationen passend zum Kontext kann auf zwei Wegen erfolgen.

Über ein Wiki bzw. WCMS kann ein Mitarbeiter an seinem Arbeitsplatz im Fabrikbetrieb auf aktuelle und strukturierte Informationen (z.B. Schritt-für-Schritt-Anleitungen, Tips & Techniques, Ansprechpartner, etc.) zugreifen und damit den Produktionsprozess absichern. In diesem Zusammenhang qualifiziert sich der Mitarbeiter direkt am Arbeitsplatz weiter und greift bei Bedarf auf einen Experten zurück.¹⁰⁶ Idealerweise kann der Facharbeiter ferner vorhandene Informationen aktualisieren bzw. neues Wissen von seinem Arbeitsplatz in die Wissensumgebung – und damit in den Planungsprozess – zurückführen.

Denkbar ist die Projektion kontextbezogener und standardisierter Arbeitsabläufe auf eine geeignete Oberfläche in Reichweite des Produktionsarbeitsplatzes oder die Verwendung von Augmented Reality (AR) zur Unterstützung der Mitarbeiter bei technisch anspruchsvollen Arbeiten. Gegenüber der Einblendung relevanter Information im Desktop-Widget eines Computerbildschirms wird der Arbeiter hierbei nicht in seiner Bewegung eingeschränkt (Abbildung 71).



Abbildung 71: Augmented Reality als Weiterführung des Ansatzes von Desktop-Widgets ¹⁰⁷

¹⁰⁶ Dieser Ansatz wird im Produktions-Lern-System (PLS) verfolgt, vgl. [Eng-06].

¹⁰⁷ Durch das Tragen einer speziellen Ausrüstung (u. a. Brille) wird die Sicht des Mitarbeiters auf das reale Produkt mit virtuellen Objekten und Informationen zur Vorgehensweise überlagert. Vgl.

Die Rückführung von Wissen aus der Produktion in die Wissensumgebung der Digitalen Fabrik ist analog zur Wissensentwicklung und -nutzung von der spezifischen Tätigkeit und der verfügbaren Infrastruktur abhängig. Sofern die zeitliche und örtliche Möglichkeit einer Nutzung der kontextbasierenden Wissensumgebung im Umfeld der Produktion besteht, lässt sich die Wissensrückführung, auch in die Anwendungsgebiete der (Digitalen) Fabrik hinein, soziotechnisch realisieren.

8 Schlussbetrachtung

*„Lernen ist ein individueller, aktiver Prozess.
Jeder Lernende sollte sich darüber im Klaren sein,
dass ihm kein Lehrender, keine „Lernhilfe“ und auch kein virtuelles System
die Mühe abnehmen kann, selbst zu lernen –
und dies ist häufig mit Anstrengungen verbunden!“*

(Horst Dichanz, emeritierter Professor der Medienpädagogik)

8.1 Zusammenfassung

Zu Beginn der Arbeit wurde das Ziel der Integration von Mitarbeitern mit unterschiedlichem Wissen in den Prozess der Digitalen Fabrik definiert. Zudem wurde deutlich gemacht, dass eine Anpassung bisheriger Lernprozesse in jedem Fall erforderlich ist.

In Kapitel 2 wurde zunächst der Themenkomplex des Wissensmanagements vorgestellt. Die Ansätze von Nonaka und Takeuchi sowie Probst et al. wurden als Grundlagen für die nachfolgende Modellierung und Systematisierung vorgestellt. Kapitel 3 beschrieb den Übergang von der klassischen Fabrikplanung hin zur Digitalen Fabrik. Die Betrachtung der Erfolgsfaktoren von Digitaler Fabrik und Wissensmanagement (als ein Sekundärziel der Digitalen Fabrik) zeigte den gemeinsamen Anspruch an eine ganzheitliche Berücksichtigung von Prozess, Organisation und Technologie sowie den Bedarf einer Wissensentwicklung bzw. Mitarbeiterqualifizierung.

Durch die Modellierung ausgewählter, praxisnaher Anwendungsfälle wurden in Kapitel 4 relevante Funktionsrollen und ihre individuellen Tätigkeiten in der Fabrikplanung beschrieben. Diesbezüglich wurden im Rahmen einer Systematisierung aufgabenorientierte und lernorientierte Wissensaktivitäten unterschieden, welche die Basis für weitere Schritte hinsichtlich eines effizienten, operativen Wissensmanagements bilden sollten.

In Kapitel 5 wurden aktuelle Ansätze zur Wissensentwicklung bewertet und eine wissensorientierte Projektumgebung konzipiert, die typische Wissensrollen sowie den Bedarf von sowohl Kommunikations- als auch Lernprozessen unterstreicht. Im Anschluss wurde das

Gesamtwissen den Planungsobjekten und Funktionsrollen der Digitalen Fabrik zugeordnet. Es wurde deutlich gemacht, dass derzeit kein Ansatz für einen systematischen und kontextangepassten Umgang mit Wissen innerhalb der Digitalen Fabrik existiert. Aus diesen Erkenntnissen wurde das Konzept der kontextbasierenden Wissensumgebung abgeleitet, welche den individuellen Mitarbeiter in seinen selbstständig initiierten Wissensaktivitäten unterstützt und den kontextbewussten Wissenseinsatz systemseitig umsetzt.

Kapitel 6 stellte auf der Grundlage des soziotechnischen Kontextes von Projektumgebung und Arbeitsplatz zu Beginn verschiedene Anforderungen an die Wissensumgebung zusammen. Durch Verwendung des Bottom-Up-Ansatzes wurden danach ausgewählte IKT für eine Unterstützung ausgewählter Wissensaktivitäten beispielhaft umgesetzt. Eine Herausforderung war die systemtechnische Abbildung von lernorientierten Wissensaktivitäten sowie die Konzeption des kontextbewussten Verhaltens der Wissensumgebung. Alle konzipierten Komponenten wurden hinsichtlich ihrer Eignung bewertet und in Kapitel 7 in eine generische Systemarchitektur eingefügt. Ausgewählte Integrationsszenarien, Fallbeispiele und ein Praxisbeispiel diskutierten den Einsatz der kontextbasierenden Wissensumgebung aus verschiedenen Blickwinkeln. Abschließend wurde eine Erweiterung der Systemumgebung aus organisatorischer Sicht und Prozesssicht diskutiert.

8.2 Diskussion

Die folgenden Fragestellungen erörtern, welchen Einfluss die konzipierte Wissensumgebung auf die Verbesserung des Fabrikplanungsprozesses hat.

Gestattet die kontextbasierende Wissensumgebung eine wissensbasierte (ergo auch optimierte) Fabrikplanung für eine spezifische Mitarbeiterrolle?

Im Vergleich zu konventionellen IKT grenzt das kontextbewusste Verhalten der Wissensumgebung die Menge an bereitgestellten Informationen für einen Kontext ein und weist kodifiziertes Wissen einer Rolle aktiv zu. Die Wissensumgebung sichert damit eine kontinuierliche Nutzung der Informationen sowie deren sichere und gezielte Verteilung an die relevanten Rollen. Sie signalisiert einer Rolle zudem den Bedarf einer Aktualisierung veralteten Wissens (vgl. Ampelsymbolik, Kapitel 6.4.3.3) oder die Notwendigkeit, neues Wissen zu dokumentieren. Dabei ist der Anspruch weniger die Kodifizierung allen Wis-

sens bzw. sämtlicher Planungstätigkeiten, sondern vielmehr der „rote Faden“ und eine transparente Abbildung von Objektwissen: Know-who, Know-where, Know-when.

Kritischer Erfolgsfaktor ist die Sicherstellung des passenden Kontextes durch die konsequente Verschlagwortung von Planungsobjekten und den Aufbau einer umfassenden und standardisierten Ontologie. Indes ist über den Web-Browser ein ungefilterter, direkter Zugriff auf kodifiziertes Wissen ebenfalls möglich.

Durch die Unterstützung sämtlicher Wissensaktivitäten verbindet die Wissensumgebung den aufgabenorientierten Planungsprozess mit eigenverantwortlichen, bei Bedarf auch angeleiteten Lernprozessen. Letztere sind im Idealfall für alle Projektbeteiligten in der Wissensumgebung einsehbar und werden spontan während der Arbeit initiiert oder über Widget und Agent in einem spezifischen Kontext vorgeschlagen.

Eine wissensbasierte Fabrikplanung kann in Unternehmenskooperationen nur erfolgreich sein, wenn eine Systemintegration existiert, d.h. alle Beteiligten der Digitalen Fabrik einen Zugriff auf die kontextbasierende Wissensumgebung haben. Diesbezüglich bietet die Wissensumgebung mit ihrer Skalierbarkeit und Verwendung gängiger Lösungen eine optimale Grundlage. Eine generelle Adaptierbarkeit ist aufgrund fehlender Standards bzw. Lösungen (vgl. die Umsetzung des Interaktionspfades) dagegen nicht hinreichend geklärt.

Motiviert die Einführung der Wissensumgebung den Mitarbeiter hinsichtlich einer aktiven Beteiligung an Wissensaktivitäten in der Digitalen Fabrik?

Im klassischen Planungsprozess bestimmt die tägliche Arbeit den Ablauf, die Werkzeuge und die Kontaktpersonen. In einer wissensbasierten Fabrikplanung muss der Mitarbeiter die Verantwortung für sich und seine Arbeit übernehmen. Dazu gehört die selbstständige Initiierung und Durchführung von Wissensaktivitäten (vgl. Ablauf in Abbildung 70).

Während der Mitarbeiter selbst den Anstoß für seine Wissensaktivitäten liefert, müssen IKT und Organisation für die geeigneten Rahmenbedingungen sorgen. Mit der kontextbasierenden Wissensumgebung bekommt der Mitarbeiter ein Werkzeug, welches ihn bei seiner Wissensentwicklung kontextbewusst und eingebunden in die wissensbasierte Planungstätigkeit unterstützt. Der direkte Zugriff auf die Aktivitäten mittels Desktop-Widget bindet die Wissensumgebung gezielt in die tägliche Wissensarbeit ein, ohne eine Kontrolle auf den Mitarbeiter auszuüben. Hier liegt ein wesentlicher Mehrwert gegenüber dem klassischen Workflow.

Ein Akzeptanzverlust ist zu erwarten, sofern eine Minimallösung ohne Realisierung des Kontextbezuges zum Einsatz kommt. Kritischer Erfolgsfaktor ist der zeitliche Zusatzaufwand für die Adaption der Wissensumgebung. Dies gilt jedoch auch für konventionelle Wissensaktivitäten in der Organisation, wie beispielsweise CoP oder Mentoring-Programme. Positiv wirkt dagegen die Reduzierung von Funktionalität auf das Wesentliche, wie dies bei dem Desktop-Widget umgesetzt wurde.

Ist eine nachhaltige Wissensentwicklung im Vergleich zu konventionellen Qualifizierungsmaßnahmen auf Basis der kontextbasierenden Wissensumgebung möglich?

Erfolgt die Wissensentwicklung über eine selbstständige oder angeleitete Interpretation von Informationen, wird initial Wissen bzw. Können (als konkrete Problemstellung, vgl. Abbildung 4) vermittelt. Dies führt im Planungsprozess zu verstärkter Prozesssicherheit und Effizienz. Der Aufbau von Kompetenz (richtiges Handeln unter bestimmter Absicht) kann dagegen nicht direkt durch die konzipierte Wissensumgebung abgedeckt werden. Hier ist eine mehrfache, regelmäßige Wissensnutzung, d.h. eine Verknüpfung eigenen und kodifizierten Wissens, gefragt, mit dem Ziel, die eigenen Ergebnisse bewerten zu können.

Für die nachhaltige Wissensentwicklung mit Ziel eines Kompetenzaufbaus sind Maßnahmen für eine Darstellung von Wissensdefiziten bzw. eine Auswertung der Erfolge bisheriger Lernaktivitäten erforderlich (vgl. Kapitel 7.4). Diese sind im Umfang der konzipierten Wissensumgebung nicht vorgesehen.

Herkömmliche Weiterbildungsansätze sind nicht vollständig zu ersetzen, sondern werden abhängig von Planungsphase, Werkzeug und Wissensrolle bzw. vorhandener Erfahrung eingesetzt (vgl. Kapitel 7.5, Fabrikbetrieb). Die Wissensumgebung beinhaltet den Interaktionspfad als wesentliches Element einer tätigkeitsbegleitenden Wissensentwicklung. In diesem können gleichermaßen individuelle Aktivitäten wie konventionelle Qualifizierungsmaßnahmen dokumentiert werden. Eine Wissensreife in Richtung persönlicher Kompetenz muss in beiden Fällen erfolgen.¹⁰⁸

¹⁰⁸ Das von der Europäischen Union geförderte Projekt „Mature“ (<http://mature-ip.eu/>, Start im April 2008, Zugriff am 07.03.2011) erforscht die Wissensreife in Organisationen auf Basis von semantischen Technologien.

Erlaubt die Umsetzung von Wissensmanagement in der Digitalen Fabrik den Verzicht auf die Rollenverteilung der klassischen Fabrikplanung?

Analog zur Zieldefinition der Digitalen Fabrik versteht sich Wissensmanagement als Ansatz einer kontinuierlichen Verbesserung. Bei mehreren Jahren Projektdauer der Digitalen Fabrik lassen sich mit diesem Ansatz die wissensbezogenen Ziele hinsichtlich einer Kostenreduzierung, Erhöhung der Planungssicherheit und effizienten Einarbeitung von Mitarbeitern realisieren (vgl. [VDI-08], S.13). Positiv beeinflusst werden zudem die Standardisierung von Planungsprozessen und die Wiederverwendbarkeit von Planungsergebnissen u.a. durch kodifiziertes Handlungswissen und Best Practices in der Wissensumgebung.

Die kontextbasierende Wissensumgebung unterstützt die Fabrikplanung mit ihrem technologischen Ansatz, ohne eine Reorganisation zu fordern. Sie erlaubt die Definition, Steuerung und Kontrolle von ausgewählten Planungsphasen und bietet eine individuelle Festlegung von Meilensteinen im Interaktionspfad eines Mitarbeiters. Damit ist die Wissensumgebung eine ideale Basis für eine Rollenkompatibilität im Zusammenhang mit dynamischen Projektorganisationen. Andererseits muss konstatiert werden, dass insbesondere komplexe Planungstätigkeiten nicht nur Wissen, sondern bereits umfangreiche Kompetenz benötigen. Es können nur solche Planungsprozesse als „rollenkompatibel“ eingestuft werden, die gut dokumentiert wurden und aufgrund geringerer Komplexität oder hoher Standardisierung eigenständig durchlaufen werden können. Ein vollständiger Verzicht auf die Rollenverteilung der klassischen Fabrikplanung ist demnach nicht realistisch.

Die Verknüpfung von Digitaler Fabrik und Wissensmanagement bietet das Potential einer neuen Dimension von Transparenz in der Fabrikplanung bzw. in der dazugehörigen Planungsorganisation. Voraussetzung für die Optimierung sämtlicher Abläufe ist die frühe Einführung von Elementen des Wissensmanagements, idealerweise bereits in der Konzeptphase der Digitalen Fabrik. Einen wesentlichen Beitrag zur Optimierung des Fabrikplanungsprozesses leistet die kontextbasierende Wissensumgebung.

8.3 Ausblick

Ein Produktiveinsatz der kontextbasierenden Wissensumgebung erfordert unabhängig von der Unternehmensgröße und in Ergänzung zu bereits genannten Faktoren (vgl. Kapitel

2.2.4 und Kapitel 3.4) weitere Vor- bzw. Zusatzleistungen auf Seiten des Unternehmens sowie zusätzliche Aktivitäten auf Seiten von Forschung und Entwicklung.

1. Es muss eine initiale „Befüllung“ der Wissensumgebung mit kodifiziertem Wissen erfolgen, um einen erkennbaren Nutzen zu erzielen und motivierte Wissensarbeiter zu erhalten.

Dazu sollte vorab ein Bereich der Digitalen Fabrik festgelegt werden, wo eine Kodifizierung gut kalkulierbar oder der Bedarf einer verbesserten Absicherung erkennbar ist. An dieser Stelle sei angemerkt, dass wesentliche Arbeiten in dieser Richtung, z.B. die Erstellung von Leitfäden oder Ablaufplänen, in vielen Teilen der Fertigungsindustrie auf externe Spezialisten (Berater) übertragen werden. Damit werden interne Ressourcen für ihre eigentliche Planungstätigkeit geschont.

2. Die exemplarisch umgesetzte Ontologie muss im Kontext der Digitalen Fabrik und einer Wissensumgebung auf eigene Strukturen, Abläufe und Bezeichnungen angepasst sowie nach einer Implementierung kontinuierlich erweitert bzw. standardisiert werden.

Die Unterstützung semantischer Technologien ist für die Auswahl der Wiki- bzw. WCMS-Lösung zu berücksichtigen (vgl. Anforderung #24, Tabelle 7).

3. Bestehende PDM-/PLM-Lösungen müssen auf ihre Erweiterbarkeit hinsichtlich der Integration semantischer Technologien überprüft werden.

Planungsergebnisse können durch eine Verschlagwortung mit kodifiziertem Wissen nachhaltig verknüpft werden. Die Alternative wäre ein manueller Verweis (Hyperlink) in ein Wiki-Dokument, sofern dies die PDM-Umgebung unterstützt (vgl. Kapitel 6.5.4).

4. Bestehende WCMS- und PIM-Lösungen müssen auf ihre Möglichkeit einer Integration bzw. Erweiterung geprüft werden, um die Idee des Interaktionspfades in dem beschriebenen Umfang umsetzen zu können.
5. Noch gänzlich unerforscht sind geeignete Verfahren, die es einem Mitarbeiter in einem verteilten Projektteam ermöglicht, die Fortschritte von Kollegen zeitversetzt zu erfassen. Dazu gehört das Erlernen des mit den Fortschritten verknüpften Wissens, bevor der Mitarbeiter die Planungstätigkeit übernimmt oder daran anschließende Aufgaben ausführt.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Aufbau der Arbeit mit Kurzbeschreibung der Kapitelinhalte.....	4
Abbildung 2: Abgrenzung von Daten, Information und Wissen in Anlehnung an [ReK-96], S. 6.....	6
Abbildung 3: Das SECI-Modell nach Nonaka/Takeuchi in Anlehnung an [Non-94], S. 19	8
Abbildung 4: Wissenstreppe nach North [Nor-02], S. 39	10
Abbildung 5: Bausteine des Wissensmanagements nach Probst et al. [PrR-97], S. 56	18
Abbildung 6: Verknüpfung von Geschäfts- und Wissensprozessen nach [DHM-00], S. 1	20
Abbildung 7: Der Geschäftsprozess aus Wissensmanagementsicht nach [Pet-98], S. 337	21
Abbildung 8: Ontologien als Schlüsseltechnologie eines semantischen Wissensnetzes [DOS-03], S. 10	27
Abbildung 9: Wertschöpfungs- und Unterstützungsprozesse einer Fabrik nach [Sch-95], S. 73	30
Abbildung 10: Phasen des Fabriklebenszyklus in Anlehnung an [ScW-04], S. 105 und [Sau-04], S. 31	31
Abbildung 11: Systemtechnisches Verständnis der Fabrik in Anlehnung an [Ber-05], S. 129 und [DaH-99].....	33
Abbildung 12: Die Digitale Fabrik im Strahlenkreuz der Unternehmensprozesse [VDI-08], S. 3	36
Abbildung 13: Verknüpfungsaspekte der Digitalen Fabrik in Anlehnung an [VDI-08], S. 10 und 12	38
Abbildung 14: Der digitale Entwicklungs- und Planungsprozess (eigene Darstellung)	41
Abbildung 15: Möglichkeiten einer Verknüpfung verschiedener Systeme in Anlehnung an [PeD-08], S. 42	43

Abbildung 16: Knowledge Based Engineering am Beispiel von Wirkprinzipien [Lie-04], S. 203.....	45
Abbildung 17: Modellbildung von realer zu abstrakter Welt nach [Gad-04], S. 54.....	50
Abbildung 18: Aus mehreren Ausprägungen abgeleitete Use-Cases mit zugeordneten Funktionsrollen	54
Abbildung 19: Wissensintensive Teilprozesse im Projektmanagement	58
Abbildung 20: Wissensintensive Teilprozesse in der Produktentwicklung	62
Abbildung 21: Wissensintensive Teilprozesse in der Prozessplanung	66
Abbildung 22: Wissensintensive Teilprozesse in der Ressourcenplanung	69
Abbildung 23: Wissensintensive Teilprozesse in der Planungsabsicherung und Produktionsanbindung	73
Abbildung 24: Informationen suchen, filtern und interpretieren (Ausschnitt aus Abbildung 22).....	76
Abbildung 25: Individuelles Wissen austauschen und verteilen (Ausschnitt aus Abbildung 21).....	77
Abbildung 26: Wissen und Informationen integrieren und nutzen (Ausschnitt aus Abbildung 20).....	78
Abbildung 27: Wissen kodifizieren, integrieren und speichern (Ausschnitt aus Abbildung 19).....	79
Abbildung 28: Informationen zuweisen bzw. veröffentlichen (Ausschnitt aus Abbildung 19).....	80
Abbildung 29: Self-Pattern-Learning in Anlehnung an [KMD-09], S. 81	81
Abbildung 30: Vorhandenes, personengebundenen Wissen (zu Projektbeginn) identifizieren.....	82
Abbildung 31: Wissensentwicklung rollenspezifisch lenken, anleiten und unterstützen ..	83
Abbildung 32: Feedback während des Lernprozesses erhalten bzw. einfordern	84
Abbildung 33: Rückführung entwickelten Wissens in den Planungsprozess	85
Abbildung 34: Verteilung und Aktualisierung von Wissens.....	86
Abbildung 35: Bewertung von kodifiziertem Wissen.....	87

Abbildung 36: Virtuelle und physische Modellfabrik	90
Abbildung 37: Wissensrollen im Kontext einer Projektumgebung in Anlehnung an [SAA-99], S. 20.....	95
Abbildung 38: Der Arbeitsplatz in der Digitalen Fabrik als kontextbasierende Wissensumgebung	100
Abbildung 39: Aufgaben- und lernorientierte Wissensaktivitäten aus soziotechnischer Systemsicht	104
Abbildung 40: Wikipedia-Artikel über Betriebsmittel in der Bearbeitungs- und finalen Sicht (Hintergrund)	109
Abbildung 41: Vergleichbare Wiki-Funktionalität in einem CMS am Beispiel Microsoft SharePoint	110
Abbildung 42: Themenstruktur in Microsoft SharePoint im Vergleich zu einer Wiki-Kategorienübersicht	111
Abbildung 43: Strukturierungsansatz für eine Wissensdokumentation innerhalb der Fabrikplanung	112
Abbildung 44: Ontologie von Verknüpfungen zwischen ausgewählten Planungsobjekten	113
Abbildung 45: Manuelle sowie unterstützte Definition von Attributen und Relationen in einem Wiki	114
Abbildung 46: Verwendung von Tags auf einer Wiki-Seite am Beispiel SharePoint und TWiki	115
Abbildung 47: Beispiele der Suchfunktionen von Wikipedia, Microsoft SharePoint und Lotus Connections.....	116
Abbildung 48: Integrierte Suche durch Vernetzung vorhandener Datenquellen	117
Abbildung 49: Suche nach Informationsobjekten unter Nutzung semantischer Technologien	118
Abbildung 50: Schematische Darstellung von Instant-Messaging und Conferencing	120
Abbildung 51: Bewertung von kodifiziertem Wissen am Beispiel von Wikipedia und Lotus Connections	121

Abbildung 52: Abbildung eines Lernpfades am Beispiel der Lernumgebung „Dokeos“	123
Abbildung 53: Der Interaktionspfad als Ansatz eines strukturierten Lern- und Wissensprozesses	126
Abbildung 54: Konzept und Inhalt einer Aktivitätsvorlage	128
Abbildung 55: Arbeiten mit strukturierten Aktivitäten am Beispiel von IBM Lotus Activities	130
Abbildung 56: Verknüpfung von PIM-Umgebung und Interaktionspfaden	131
Abbildung 57: Schutz persönlicher Daten im Projektkalender am Beispiel von Microsoft Outlook.....	132
Abbildung 58: Konzept einer kontextangepassten Benutzersicht für den Umgang mit Wissen.....	134
Abbildung 59: Agentengesteuerte, kontextangepasste Bereitstellung von Wissen	137
Abbildung 60: Unterstützung bei Erstdokumentation sowie Aktualisierung bestehenden Wissens	138
Abbildung 61: Generische Architektur einer kontextbasierenden Wissensumgebung	149
Abbildung 62: Kopplung von eigenständigen Systemarchitekturen über Replikationsszenarien	155
Abbildung 63: Schematische Darstellung der Minimallösung einer Wissensumgebung	156
Abbildung 64: Prozessauslegung als Aufgabe des Prozessplaners (Ausschnitt aus Abbildung 21).....	157
Abbildung 65: Kontextbezogene und geführte Prozessauslegung aus Sicht eines Wissenseinsteigers	158
Abbildung 66: Layoutvalidierung als Aufgabe des Layoutplaners (Ausschnitt aus Abbildung 22).....	159
Abbildung 67: Kontextbezogene Validierung von Ergebnissen durch Anwendung vorhandenen Wissens	160

Abbildung 68: Logistikabsicherung als Aufgabe des Simulationsexperten (Ausschnitt aus Abbildung 23).....	161
Abbildung 69: Rückführung von Wissen aus der Materialflussabsicherung als Wissensexperte	162
Abbildung 70: Einsatz der Umgebung als Bindeglied zwischen Produktentwicklung und Prozessplanung	165
Abbildung 71: Augmented Reality als Weiterführung des Ansatzes von Desktop-Widgets	169
Abbildung 72: Ausschnitt des Prozesses zur Arbeitsplatzgestaltung in eEPK-Notation.....	201
Abbildung 73: Prozesssicht der Arbeitsplatzgestaltung in der KMDL [®] v2.1.....	202
Abbildung 74: Modellierte Aktivitäten in der Arbeitsplatzgestaltung nach KMDL [®] v2.1.....	203
Abbildung 75: Der Prozess der Arbeitsplatzgestaltung aus BPMN-Sicht	205
Abbildung 76: Mitarbeiterrollen, Tätigkeiten und Informationsobjekte im Planungsprozess.....	206
Abbildung 77: Ontologie ausgehend vom „Ergebnis“ als Wurzel (vgl. Kapitel 6.3.1.3).....	213
Abbildung 78: Ontologie ausgehend vom „Kontext“ als Wurzel (vgl. Kapitel 6.4.3).....	214

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Beispiele fachlicher, methodischer und sozialer Kompetenzen (eigene Darstellung).....	11
Tabelle 2: Übertragung von Fragestellungen des Wissensmanagements auf die ARIS-Sichten.....	51
Tabelle 3: Beispielhafte Zuordnung von Wissen und Funktionsrollen in den Kontext der Planungsobjekte	96
Tabelle 4: Einordnung der Wissensaktivitäten aus Kapitel 4.4 in den soziotechnischen Kontext	105
Tabelle 5: Anwenderanforderungen an die kontextbasierende Wissensumgebung	106
Tabelle 6: Systemanforderungen an die kontextbasierende Wissensumgebung.....	107
Tabelle 7: Technische Anforderungen an die kontextbasierende Wissensumgebung	108
Tabelle 8: Methoden und Werkzeuge für die synchrone und asynchrone Kommunikation	119
Tabelle 9: Verknüpfung von Taxonomien und Planungsobjekten für die Kontextdefinition.....	135
Tabelle 10: Die in Kapitel 6.3 und 6.4 diskutierten Technologieansätze in der Übersicht	140

Literaturverzeichnis

- AvE-04 Abecker, A.; van Elst, L.: Ontologies for Knowledge Management. In: Staab, S.; Studer, R. (Eds.), Handbook on Ontologies, Berlin et al.: Springer, 2004, S. 435-455.
- AbS-04 Abramovici, M.; Schulte, S.: PLM, logische Fortsetzung der PDM-Ansätze oder Neuaufgabe des CIM-Debakels? In: VDI-Berichte 1819, I²P 2004: Integrierte Informationsverarbeitung in der Produktentstehung. Stuttgart: 12- 13. Oktober 2004.
- Agg-87 Aggteleky, B.: Fabrikplanung: Werksentwicklung und Betriebsrationalisierung, Bd. 1: Grundlagen, Zielplanung, Vorarbeiten. 2. Aufl., München, Wien: Hanser, 1987.
- Alb-93 Albrecht, F.: Strategisches Management der Unternehmensressource Wissen. Frankfurt/Main: Peter Lang, 1993.
- All-99 Allweyer, T.: Wissensmanagement mit ARIS-Modellen. In: Scheer, A.-W. (Hrsg.): ARIS - Vom Geschäftsprozess zum Anwendungssystem. 3. Aufl., Berlin et al.: Springer, 1998, S. 162-168.
- All-09 Allweyer, T.: BPMN 2.0: Business Process Model and Notation: Einführung in den Standard für die Geschäftsprozessmodellierung. 2. Aufl., Norderstedt: Books on Demand, 2009.
- Alw-05 Alwert, K.: Die integrierte Wissensbewertung: ein prozessorientierter Ansatz. In: Mertins, K.; Alwert, K.; Heisig, P. (Hrsg.): Wissensbilanzen – Intellektuelles Kapital erfolgreich nutzen und entwickeln. Berlin et al.: Springer, 2005, S. 253-277.
- Ame-02 Amelingmeyer, J.: Wissensmanagement: Analyse und Gestaltung der Wissensbasis von Unternehmen. 2. Aufl., Wiesbaden: DUV, 2002.
- ArS-78 Argyris, C.; Schön, D.: Organizational Learning: A theory of action perspective. Reading, MA: Addison Wesley, 1978.

- Baa-97 Baacke, D.: Medienpädagogik. Tübingen: Niemeyer, 1997.
- Ber-05 Bergholz, M. A.: Objektorientierte Fabrikplanung. Diss., Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen. Aachen: Shaker, 2005.
- BHL-01 Berners-Lee, T.; Hendler, J.; Lassila, O.: The Semantic Web - Computers navigating tomorrow's Web will understand more of what's going on. In: Scientific American 284 (2001) 5, S. 34-43.
- Bla-95 Blackler, F.: Knowledge, Knowledge Work and Interpretations. In: Organizational Studies, 16 (1995) 6, S. 1021-1046.
- BMS-02 Backerra, H.; Malorny, C.; Schwarz, W.: Kreativitätstechniken: Kreative Prozesse anstoßen – Innovationen fördern. 2. Aufl., München, Wien: Hanser, 2002.
- BöK-99 Böhmman, T.; Krcmar, H.: Werkzeuge für das Wissensmanagement. In: Antoni, C. H.; Sommerlatte, T. (Eds.): Report Wissensmanagement. Wie deutsche Firmen ihr Wissen profitabel machen. Düsseldorf: Symposion Publishing, 1999, S. 82-91.
- Bra-07 Brandt, O.: Intelligente Produktion mit Methoden der Digitalen Fabrik. In: CAD-CAM Report Nr. 1 (2007). Heidelberg: Dressler, S. 38-42.
- Bro-04 Brown, J.: Digital Manufacturing: The PLM Approach to Better Manufacturing Processes, 2004, http://www.tech-clarity.com/documents/Digital_Manufacturing.pdf, Zugriff am 07.03.2011.
- Bru-04 Brücher, H.: Leitfaden Wissensmanagement - Von der Anforderungsanalyse bis zur Einführung. Zürich: vdf Hochschulverlag, 2004.
- BWP-98 Bullinger, H.-J.; Wörner, K.; Prieto, J.: Wissensmanagement-Modelle und Strategien für die Praxis. In: Bürgel, H. D. (Hrsg.): Wissensmanagement: Schritte zum intelligenten Unternehmen. Berlin et al.: Springer, 1998, S. 21-39.
- BWP-98a Bullinger, H.-J.; Warschat, J.; Prieto, J.; Wörner, K.: Wissensmanagement: Anspruch und Wirklichkeit. Ergebnisse einer Unternehmensstudie in Deutsch-

- land. In: IM Information Management & Consulting 13 (1998), Nr. 1, IMC, S. 7-23.
- BZW-98 Brenner, W.; Zarnekow, R.; Wittig, H.; Schubert, C.: Intelligente Softwareagenten: Grundlagen und Anwendungen. 1. Aufl., Berlin et al.: Springer, 1998.
- Cha-04 Chappell, D.: Enterprise Service Bus. 1. Aufl., Sebastopol: O'Reilly Media, 2004.
- Cha-05 Challis, D.: Towards the mature ePortfolio: Some implications for higher education. In: Candian Journal of learning and Technology, Vol. 31 (2005) 3. <http://www.cjlt.ca/index.php/cjlt/article/view/93/87>, Zugriff am 07.03.2011.
- DaH-99 Daenzer, W. F.; Huber, F. (Hrsg.): Systems Engineering: Methodik und Praxis. 10. Aufl., Zürich: Industrielle Organisation, 1999.
- DaP-98 Davenport, T. H.; Prusak, L.: Working Knowledge: How Organizations Manage What They Know. Boston, MA: Harvard Business School Press, 1998.
- Dav-03 Davies, J.; Fensel, D.; van Harmelen, F. (Eds.): Toward The Semantic Web. Ontology-driven Knowledge Management. Chichester: John Wiley & Sons, 2003.
- DC-05 N.N.: DaimlerChrysler AG, EDM-Forum. Flyer zur Digitalen Fabrik. Stuttgart, 5. Juli 2005.
- DeA-99 Dey, A. K.; Abowd, G. D.: Towards a Better Understanding of Context and Context-Awareness. Georgia Institute of Technology, <http://www.cc.gatech.edu/fce/contexttoolkit/chiws/Dey.pdf>, Zugriff am 07.03.2011.
- DHM-00 Diefenbruch, M.; Hoffmann, M.; Misch, A.; Schneider, H.: Situated Knowledge Management: KM on the borderline between chaos and rigidity. In: Reimer, U. (Ed.): Proceedings of the 3rd International Conference on Practical Aspects of Knowledge Management. Basel, 30-31.10.2000, http://sunsite.informatik.rwth-aachen.de/Publications/CEUR-WS/Vol-34/diefenbruch_et_al.pdf, Zugriff am 07.03.2011.

- Die-03 Dietinger, T.: Aspects of E-Learning Environments. Diss., Technische Universität Graz. http://www.iicm.tu-graz.ac.at/thesis/tdieting_diss.doc, Zugriff am 07.03.2011.
- DIN-88 Deutsches Institut für Normung (Hrsg.), DIN 44300-1: Informationsverarbeitung, Teil 1: Begriffe, Allgemeine Begriffe. Berlin: Beuth, 1988, Zurückgezogen 2001-08. Kein deutschsprachiges Nachfolgedokument.
- DIN-09 Deutsches Institut für Normung (Hrsg.), DIN IEC 60050-351: Internationales Elektrotechnisches Wörterbuch – Teil 351: Leitetchnik; Deutsche Fassung IEC 60050-351:2006. Berlin, 2009.
- Doh-01 Dohmen, G., Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) (Hrsg.): Das informelle Lernen: Die internationale Erschließung einer bisher vernachlässigten Grundform menschlichen Lernens für das lebenslange Lernen aller. Bonn: 2001. http://www.bmbf.de/pub/das_informelle_lernen.pdf, Zugriff am 07.03.2011.
- DOS-03 Daconta, M.; Obrst, L.; Smith, K.: The Semantic Web: A Guide to the Future of XML, Web Services, and Knowledge Management. Indianapolis: Wiley, 2003.
- Dru-73 Drucker, P.: Management: Tasks, Responsibilities, Practices. New York: Harper & Row, 1973.
- Eng-06 Engert, V.: Das ProduktionsLernSystem als Instrument der arbeitsplatznahen Qualifizierung. Diss., Universität Koblenz-Landau, 2006, Auszug unter http://www.equalification.info/_media/Engert_Automobilindustrie.pdf, Zugriff am 07.03.2011.
- ErR-03 Erpenbeck, J.; von Rosenstiel, L. (Hrsg.): Handbuch Kompetenzmessung: Erkennen, verstehen und bewerten von Kompetenzen in der betrieblichen, pädagogischen und psychologischen Praxis. 1. Aufl., Stuttgart: Schäffer-Poeschel, 2003.
- ErT-04 Erlach, C.; Thier, K.: Mit Geschichten implizites Wissen in Organisationen heben. In: Wyssusek, B. (Hrsg.), Wissensmanagement komplex: Perspektiven

- und soziale Praxis. Berlin: Schmidt, 2004, S. 207-226.
- EvS-96 Eversheim, W.; Schuh, G.: Produktion und Management „Betriebshütte“, Teil 2, 7. Aufl., Berlin et al.: Springer, 1996.
- FBW-91 Faix, W.; Buchwald, C.; Wetzler, R.: Skill-Management. Qualifikationsplanung für Unternehmen und Mitarbeiter. Wiesbaden: Gabler, 1991.
- Fel-98 Felix, H.: Unternehmens- und Fabrikplanung: Planungsprozesse, Leistungen und Beziehungen. München, Wien: Hanser, 1998.
- Fis-96 Fischer, H.: Unternehmensplanung: Eine praxisorientierte Einführung. München: Vahlen, 1996.
- Fop-72 Foppa, K.: Lernen, Gedächtnis, Verhalten: Ergebnisse und Probleme der Lernpsychologie. Köln, Berlin: Kiepenheuer & Witsch, 1972.
- FSV-01 Fink, A.; Schneidereit, G.; Voß, S.: Grundlagen der Wirtschaftsinformatik. 1. Aufl., Heidelberg: Physica, 2001.
- Gad-04 Gadatsch, A.: Grundkurs Geschäftsprozess-Management. 3. Aufl., Wiesbaden: Vieweg, 2004.
- Gai-83 Gaitanides, M.: Prozessorganisation: Entwicklung, Ansätze und Programme prozessorientierter Organisationsgestaltung. München: Vahlen, 1983.
- Gar-95 Gardner, K.: Position paper for the International Knowledge Management Networking. 1995.
- Gar-98 Garrick, J.: Informal Learning in the Workplace. Unmasking Human Ressource Development. New York: Routledge, 1998.
- Gat-99 Gates, B.: Digitales Business: Wettbewerb im Informationszeitalter. München: Heyne, 1999.
- Gei-87 Geitner, U. W.: CIM-Handbuch. Wirtschaftlichkeit durch Integration. Braunschweig: Vieweg, 1987.
- Gei-95 Geilhardt, T.: Planspiele-Definition und Taxonomie. In: Geilhardt, T.; Mühl-

- bradt, T. (Hrsg.): Planspiele im Personal- und Organisationsmanagement. Göttingen: Hogrefe & Huber, 1995, S. 45-56.
- Gen-99 Gentsch, P.: Wissen managen mit innovativer Informationstechnologie: Strategien - Werkzeuge - Praxisbeispiele. 1. Aufl., Wiesbaden: Gabler, 1999.
- Ger-08 Gerhard, D.: Semantic Web Technologien und Produktdatenmanagement. Contact Automotive Symposium, München, 20.11.2008.
- GFS-96 Gausemeier, J.; Fink, A.; Schlake, O.: Szenario-Management: Planen und Führen mit Szenarien. 2. Aufl., München, Wien: Hanser, 1996.
- GIK-06 Gluchowski, P.; Kemper, H.G.: Quo Vadis Business Intelligence? In: BI-Spektrum, Ausgabe 1 (2006), S. 12-19.
http://www.sigs.de/publications/bi/2006/01/gluchowski_kemper_BIS_01_06.pdf, Zugriff am 07.03.2011.
- Goe-02 Goesmann, T.: Ein Ansatz zur Unterstützung wissensintensiver Prozesse durch Workflow-Management-Systeme. Diss., Technische Universität Berlin. Berlin, 2002.
- GPS-03 Gronau, N.; Palmer, U.; Schulte, K.; Winkler, T.: Modellierung von wissensintensiven Geschäftsprozessen mit der Beschreibungssprache K-Modeler. In: Reimer, U.; Abecker, A.; Staab, S.; Stumme, G. (Hrsg.): 2. Konferenz Professionelles Wissensmanagement: Erfahrungen und Visionen. Luzern, 2.-4. April 2003.
- GrB-05 Graupner, T.-D.; Bierschenk, S.: Erfolgsfaktoren bei der Einführung der Digitale Fabrik. In: Zeitschrift Industrie-Management 21 (2005) 2. Berlin: GITO, S. 59-62.
- HaC-94 Hammer, M.; Champy, J.: Business Reengineering: Die Radikalkur für das Unternehmen. 3. Aufl., Frankfurt/Main: Campus, 1994.
- HaR-02 Hanßen, D.; Riegler, T.: Roland Berger Studie: Digitale Fabrik: Zentrales Innovationsthema in der Automobilindustrie. Pressegespräch am 02.07.2002 bei T-Systems.

- Hec-02 Heckert, U.: Informations- und Kommunikationstechnologie beim Wissensmanagement. Gestaltungsmodell für die industrielle Produktentwicklung. Diss., Universität Göttingen. Wiesbaden: DUV, 2002.
- Hei-00 Heisig, P.: Business Process Oriented Knowledge Management. In: Mertins, K.; Heisig, P.; Vorbeck, J. (Hrsg.): Knowledge Management. Best Practices in Europe. Berlin et al.: Springer, 2000, S. 13-36.
- Hen-92 Henzler, R.: Information und Dokumentation: Sammeln, Speichern und Weitergeben von Fachinformationen in Datenbanken. Berlin et al.: Springer, 1992.
- Hen-97 Hennemann, C.: Organisationales Lernen und die lernende Organisation: Entwicklung eines praxisbezogenen Gestaltungsvorschlages aus ressourcenorientierter Sicht. München: Hampp, 1997.
- Hep-03 Hepper, S.: Comparing the JSR 168 Java Portlet Specification with the IBM Portlet API, http://www.ibm.com/developerworks/websphere/library/techarticles/0312_hepper/hepper.html, Zugriff am 07.03.2011.
- Hes-02 Hesse, W.: Ontologie(n) – Aktuelles Schlagwort. In: Informatik Spektrum 25 (2002) 6, S. 477- 480.
- Hip-06 Hippner, H.: Bedeutung, Anwendung und Einsatzpotenziale von Social Software. In: Hildebrand, K., Hofmann, J. (Hrsg.): Social Software: Weblogs, Wikis & Co. Heidelberg: dpunkt., 2006, S. 6-16.
- Hin-01 Hinda, U.: Die digitale Fabrik schafft Mehrwert. In: Handelsblatt, 18.04.2001. <http://www.handelsblatt.com/archiv/die-digitale-fabrik-schafft-mehrwert;431673>, Zugriff am 07.03.2011.
- HMG-02 Heinz, K.; Mesenhöller, E.; Grünz, L.: Workflow-Management-Systeme. Datenermittlung und -analyse für die Prozessoptimierung. Dortmund, 2002.
- HKT-02 Hinkelmann, K.; Karagiannis, D.; Telesko, R.: PROMOTE: Methodologie und Werkzeug für geschäftsprozessorientiertes Wissensmanagement. In: Abecker, A., Hinkelmann, K., Maus, H., Müller, H.J. (Hrsg.): Geschäftsprozessorien-

- tiertes Wissensmanagement. Berlin et al.: Springer, 2002, S. 65-90.
- HNT-99 Hansen, M.; Nohria, N.; Tierney, T.: Wie managen Sie das Wissen in Ihrem Unternehmen? In: Harvard Business manager 5 (1999), S. 85-96.
- Jan-05 Jania, T.: Änderungsmanagement auf Basis eines integrierten Prozess- und Produktdatenmodells mit dem Ziel einer durchgängigen Komplexitätsbewertung. Diss., Universität Paderborn. Paderborn: HNI-Verlagsschriftenreihe, 2005.
- JDB-06 John, M.; Drescher, J: Semantic Web. Wege zur vernetzten Wissensgesellschaft. In: Blumauer, A.; Tassilo, P. (Eds.): Semantische Technologien im Informations- und Wissensmanagement. Berlin et al.: Springer, 2006, S. 241-255.
- KaN-97 Kaplan, R. S.; Norton, D. P.: Balanced Scorecard: Personale Voraussetzungen und Konsequenzen. Stuttgart: Schäffer-Poeschel, 1997.
- KaT-00 Karagiannis, D.; Telesko, R.: The EU-Project PROMOTE: A Process-oriented Approach for Knowledge Management. In: Reimer, U. (Ed.): Proceedings of the 3rd International Conference on Practical Aspects of Knowledge Management. Basel, 30-31.10.2000, http://sunsite.informatik.rwth-aachen.de/Publications/CEUR-WS/Vol-34/karagiannis_tesko.pdf, Zugriff am 07.03.2011.
- Ken-02 Kenyon, J. D.: Method and apparatus for knowledge acquisition and management. United States Patent 6370542, <http://www.patents.com/us-6370542.html>, Zugriff am 07.03.2011.
- Kim-93 Kim, D.H.: The link between Individual and Organizational Learning. In: Sloan Management Review, Jg. 35, Fall 1993, Nr.1, S.37, <http://www.lib.ntust.edu.tw/paper/pdf/d903502d.pdf>, Zugriff am 07.03.2011.
- Kla-03 Klabunde, S.: Wissensmanagement in der integrierten Produkt- und Prozessgestaltung. Diss., Universität des Saarlandes. Wiesbaden: DUV, 2003.
- KMD-09 Pogorzelka, B.: Arbeitsbericht (umfangreiche Beschreibung) – KMDL® v.2.2.

- Stand: 07. Januar 2009, [http://www.k-modeler.de/projekte/kmdl/kmdlonline.nsf/0/DB00BF24EFAD3F87C12571D30044F3CE/\\$File/Arbeitsbericht_KMDL_v2.2.pdf](http://www.k-modeler.de/projekte/kmdl/kmdlonline.nsf/0/DB00BF24EFAD3F87C12571D30044F3CE/$File/Arbeitsbericht_KMDL_v2.2.pdf), Zugriff am 07.03.2011.
- KrH-97 Krüger, W.; Homp, C.: Kernkompetenz-Management: Steigerung von Flexibilität und Schlagkraft im Wettbewerb. Wiesbaden: Gabler, 1997.
- LaW-91 Lave, J.; Wenger, E.: Situated learning. Legitimate peripheral participation. Cambridge: Cambridge University Press, 1991.
- Lef-06 Lefrançois, G. R.: Psychologie des Lernens. 4. Aufl., Berlin et al.: Springer, 2006.
- Leh-00 Lehner, F.: Organisational Memory: Konzepte und Systeme für das organisationale Lernen und das Wissensmanagement. München, Wien: Hanser, 2000.
- Ley-06 Ley, T.: Organizational Competency Management: A Competence Performance Approach, Methods, Empirical Findings and Practical Implications. Diss., Universität Graz. Aachen: Shaker, 2006.
- Lie-04 Liese, H.: Wissensbasierte 3D-CAD-Repräsentation. Diss., Technische Universität Darmstadt. Aachen: Shaker, 2004.
- LSW-97 Langner, P.; Schneider, C.; Wehler, J.: Prozeßmodellierung mit ereignisgesteuerten Prozessketten (EPKs) und Petri-Netzen. In: Wirtschaftsinformatik 39 (1997) 5, Gabler, S. 479-489.
- LuJ-94 Lundvall, B.-Å.; Johnson, B.: The learning economy. In: Journal of Industry Studies 1 (1994) 2, S. 23-42.
- Mai-04 Maier, R.: Knowledge Management Systems: Information and Communication Technologies for Knowledge Management, 2. Aufl., Berlin et al.: Springer, 2004.
- Mar-06 Markhoff, J.: Entrepreneurs See a Web Guided by Common Sense. In: The New York Times, 12.11.2006, http://www.nytimes.com/2006/11/12/business/12web.html?_r=3&hp&ex=1163307600&en=8e48853554d71a49%0B&ei=5094&partner=homepage&oref=slogin, Zugriff am 07.03.2011.

- Mas-06 Masurat, T.: Neue Organisationsstrukturen für ein integriertes Produkt- und Prozess-engineering im Rahmen der Digitalen Fabrik. Diss., Technische Universität Clausthal. Aachen: Shaker, 2006.
- Mel-08 Melzer, Ingo (Hrsg.): Service-orientierte Architekturen mit Web Services: Konzepte - Standards - Praxis. 3. Aufl., Heidelberg; Spektrum, 2008, <http://www.soa-buch.de>, Zugriff am 07.03.2011.
- MeR-06 Mendoza-Calderón, M. A.; Ramirez-Buentello, J.: Handbook of Research on ePortfolios. Facilitating Reflection Through ePortfolio at Tecnológico de Monterrey. Hershe: Ali Jafari, 2006, S. 484-493.
- MGE-98 Mertens, P.; Griesse, J.; Ehrenberg, D. (Hrsg.): Virtuelle Unternehmen und Informationsverarbeitung. Berlin et al.: Springer, 1998.
- Mül-04 Müller, O.: 3-Tier-Architecture und J2EE. Seminar Software-Entwurf. WS 2004/05 Universität Hannover, http://www.se.uni-hannover.de/documents/ws2004_seminar_software_entwurf/11_3-Tier-und-J2EE.pdf, Zugriff am 07.03.2011.
- NFK-07 Nedeß, C.; Friedewald, A.; Kurzewitz, M.: Wettbewerbsstrategie Kompetenzführerschaft. In: Industrie Management 23 (2007) 2. Berlin: GITO, S. 57-60.
- NiP-95 Nippa, M.; Picot, A.: Prozessmanagement und Reengineering. Die Praxis im deutschsprachigen Raum. Frankfurt/Main: Campus, 1995.
- Noh-01 Nohr, H.: Wissensmanagement mit Knowledge Communities. In: Nohr, H. (Hrsg.): Virtuelle Knowledge Communities im Wissensmanagement: Konzeption - Einführung - Betrieb. Aachen: Shaker, 2001, S. 29-33.
- Non-94 Nonaka, I.: A Dynamic Theory of Organizational Knowledge Creation. In: Organization Science, 5 (1994) 1, S. 14-37.
- NoP-99 Nolting, H.-P., Paulus, P.: Psychologie lernen: Eine Einführung und Anleitung. 3. Aufl., Weinheim, Basel: Beltz, 1999.
- Nor-02 North, K.: Wissensorientierte Unternehmensführung: Wertschöpfung durch Wissen. 3. Aufl., Wiesbaden: Gabler 2002.

- NoT-95 Nonaka, I., Takeuchi, H.: The Knowledge-Creating Company: How Japanese Companies Create the Dynamics of Innovation. New York: Oxford University Press, 1995.
- Oes-06 Oestereich, B.: Objektorientierte Softwareentwicklung: Analyse und Design mit der Unified Modeling Language. 8. Aufl., München: Oldenbourg, 2006.
- ORe-05 O'Reilly, T.: What Is Web 2.0. Design Patterns and Business Models for the Next Generation of Software, 30.09.2005,
<http://www.oreilly.de/artikel/web20.html>, Zugriff am 07.03.2011.
- Pal-98 Palincsar, A.: Social constructivist perspectives on teaching and learning. Annual Review of Psychology, Vol. 49 (1998), S. 345-375.
- PaS-04 Parsia, B.; Sirin, E.: Pellet: An OWL DL Reasoner. In: Proceedings of the Third International Semantic Web Conference (ISWC 2004),
<http://ISWC2004.SemanticWeb.org/posters/PID-ZWCSLQK-1090286232.pdf>, Zugriff am 07.03.2011.
- Paw-92 Pawlowsky, P.: Betriebliche Qualifikationsstrategien und organisationales Lernen. In: Staehle, W. H.; Conrad P. (Hrsg.): Managementforschung 2. Berlin, New York: De Gruyter, 1992, S. 177-237.
- PeC-03 Penuel, B.; Cohen, A.: Coming to the Crossroads of Knowledge, Learning, and Technology: Integrating Knowledge Management and Workspace Learning. In: Ackerman, M.; Pipek, V.; Wulf, V. (Eds.): Sharing Expertise: Beyond Knowledge Management. Cambridge: MIT Press, 2003, S. 57-76.
- PeD-08 Petzelt, D.; Deuse, J.: Using Predetermined Standard Times in Digital Manufacturing for Deriving Operation Times. In: Proceedings of the 13th Annual International Conference on Industrial Engineering. Las Vegas, 7.-10.09.2008, S. 40-45.
- Pet-98 Petkoff, B.: Wissensmanagement. Konstruktiv-kritische Diskussion der bestehenden Ansätze. Bonn: Addison-Wesley Longman, 1998.
- Pfo-97 Pfohl, H.-C.: Abgrenzung der Klein- und Mittelbetriebe von Großbetrieben. In: Pfohl, H.-C. (Hrsg.): Betriebswirtschaftslehre der Mittel- und Kleinbetriebe: Größenspezifische Probleme und Möglichkeiten zu ihrer Lösung. 3. Aufl.,

Berlin: Erich Schmidt, 1997, S. 1-24.

- PMI-04 Project Management Institute: A Guide to the Project Management Body of Knowledge: PMBOK Guide. 3. Aufl., Newtown Square, 2004.
- Pol-58 Polanyi, Michael. Personal Knowledge: Towards a Post-Critical Philosophy. London: Routledge & Kegan, 1958.
- Pol-66 Polanyi, M.: The Tacit Dimension. London: Routledge & Kegan, 1966.
- PrR-97 Probst, G.; Romhardt, K.: Bausteine des Wissensmanagements: Ein praxisorientierter Ansatz. In: Dr. Wieselhuber & Partner (Hrsg.): Handbuch Lernende Organisation. Wiesbaden: Gabler, 1997, S. 129-143.
- PRR-99 Probst, G., Raub, S., Romhardt, K.: Wissen Managen. Wie Unternehmen ihre wertvollste Ressource optimal nutzen. 3. Aufl., Wiesbaden: Gabler, 1999.
- ReK-96 Rehäuser, J.; Krcmar, H.: Wissensmanagement im Unternehmen. In: Schreyögg, G.; Conrad, P. (Hrsg.): Managementforschung 6: Wissensmanagement. Berlin, New York: De Gruyter, 1996, S. 1-40.
- RMB-00 Ruh, W.; Maginnis, F.; Brown, W.: Enterprise Application Integration. A Wiley Tech Brief. New York: John Wiley & Sons Inc., 2000.
- SAA-99 Schreiber, G.; Akkermans, H.; Anjewierden, A.; Hoog, R. de; Shadbolt, N.; Van de Velde, W.; Wielinga, B.: Knowledge Engineering and Management: The CommonKADS Methodology. Cambridge: The MIT Press, 1999.
- SAD-05 Szulman, P.; Hefke, M.; Trifu, A.; Soto, M.; Assmann, D.; Doerr, J.; Eisenbarth, M.: Using Ontology-Based Reference Models in Digital Production Engineering Integration. In: Proceedings of the 16th IFAC WORLD CONGRESS, Prague, 4.- 8. July 2005, <http://www.fzi.de/images/files/pub/ifac.pdf>, Zugriff am 07.03.2011.
- San-97 Sanchez, R.: Managing Articulated Knowledge in Competence-based Competition. In: Sanchez, R.; Heene, A. (Hrsg.): Strategic Learning and Knowledge Management. Chichester: Wiley, 1997, S. 163-187.
- Sau-04 Sauer, O.: Einfluss der Digitalen Fabrik auf die Fabrikplanung. In: wt Werkstattstechnik online, Heft 1/2-2004, Springer VDI, S. 31-34.

- Sch-95 Schmigalla, H.: Fabrikplanung: Begriffe und Zusammenhänge. München: Hanser, 1995.
- Sch-01 Scholz, M.: Der Lernprozess in der erlebnispädagogischen Arbeit. Hamburg: Dr. Kovač, 2001.
- Sch-01a Scheer, A.-W.: ARIS: Modellierungsmethoden, Metamodelle, Anwendungen. 4. Aufl., Berlin et al.: Springer, 2001.
- Sch-05 Schmaltz, R.: IT-Unterstützung für das Wissensmanagement in Kooperationen. Diss., Universität Göttingen. Göttingen: Universitätsverlag, 2005.
- Sch-05a Schuh, G.: Produktkomplexität managen: Strategien - Methoden - Tools. 2. Aufl., München, Wien: Hanser, 2005.
- Sch-06 Schütt, P.: Social Computing im Web 2.0. In: Wissensmanagement, Heft 3 (2006), http://www.wissensmanagement.net/insight/peter_schuett/2006_03_008.pdf, Zugriff am 07.03.2011.
- Sch-08 Schack, R. J.: Methodik zur bewertungsorientierten Skalierung der Digitalen Fabrik. Diss., Technische Universität München. München: Herbert Utz, 2008.
- ScW-04 Schenk, M.; Wirth, S.: Fabrikplanung und Fabrikbetrieb: Methoden für die wandlungsfähige und vernetzte Fabrik. 1. Aufl., Berlin et al.: Springer, 2004.
- Sen-94 Senge, P. M.: Die Fünfte Disziplin: Kunst und Praxis der lernenden Organisation. Stuttgart: Klett-Cotta, 1994.
- Ski-82 Skinner, B.: Was ist Behaviorismus? Reinbek: Rowohlt, 1982.
- SKS-02 Schuh, G.; Klocke, F.; Straube, A.; Ripp, S.; Hollreiser, J.: Integration als Grundlage der digitalen Fabrikplanung. In: VDI-Z 144 (2002) 11/12, Springer, S. 48-51.
- SoK-98 Sommerville, I.; Kotonya, G.: Requirements Engineering: Processes and Techniques. New York: Wiley Chichester, 1998.
- Spu-94 Spur, G.: Fabrikbetrieb. Leipzig: Fachbuchverlag, 1994.

- Sta-10 Stange, W.: Psychologische Begriffsbestimmungen, <http://www.stangl.eu/psychologie/definition/Rolle.shtml>, Zugriff am 07.03.2011.
- Str-05 Strohmaier, M: B-KIDE: A Framework and a Tool for Business Process Oriented Knowledge Infrastructures. Diss., Technische Universität Graz. Aachen: Shaker, 2005.
- Syd-85 Sydow, J.: Der soziotechnische Ansatz der Arbeits- und Organisationsgestaltung - Darstellung, Kritik, Weiterentwicklung, Frankfurt a.M., New York: Campus, 1985.
- Tie-05 Tiedemann, H.: Wissensmanagement in der Fabrikplanung. Diss., Technische Universität Braunschweig. Aachen: Shaker, 2005.
- Tuo-99 Tuomi, I.: Corporate Knowledge: Theory and Practise of Intelligent Organizations. Helsinki: Metaxix, 1999.
- V-M-06 N.N.: Das V-Modell® XT. Teil 1: Grundlagen des V-Modells, <http://ftp.tu-clausthal.de/pub/institute/informatik/v-modell-xt/Releases/1.2.1/Dokumentation/V-Modell-XT-Gesamt.pdf>, Zugriff am 07.03.2011.
- VDI-93 Verein Deutscher Ingenieure: VDI-Richtlinie 2221: Methodik zum Entwerfen und Konstruieren technischer Systeme und Produkte. Düsseldorf, 1993.
- VDI-02 Verein Deutscher Ingenieure: VDI-Richtlinie 2219: Informationsverarbeitung in der Produktentwicklung: Einführung und Wirtschaftlichkeit von EDM/PDM-Systemen. Düsseldorf, 2002.
- VDI-08 Verein Deutscher Ingenieure: VDI-Richtlinie 4499 Blatt 1: Digitale Fabrik: Grundlagen. Düsseldorf, 2008.
- VDI-09a Verein Deutscher Ingenieure: VDI-Richtlinie 4499 Blatt 2: Digitale Fabrik: Digitaler Fabrikbetrieb. Richtlinien-Entwurf, Düsseldorf, 2009.
- VDI-09b Verein Deutscher Ingenieure: VDI-Richtlinie 5610 Blatt 1: Wissensmanagement im Ingenieurwesen: Grundlagen, Konzepte, Vorgehen. Düsseldorf, 2009.

- VDI-10 Verein Deutscher Ingenieure: VDI-Richtlinie 3633 Blatt 1: Simulation von Logistik-, Materialfluss- und Produktionssystemen: Begriffsdefinitionen. Überarbeitete Richtlinie, Entwurf, Düsseldorf, 2010.
- VDI-11 Verein Deutscher Ingenieure: VDI-Richtlinie 5200 Blatt 1: Fabrikplanung: Planungsvorgehen. Düsseldorf, 2011.
- Voi-93 Voigt, K.-I.: Strategische Unternehmensplanung: Grundlagen, Konzepte, Anwendung. Wiesbaden: Gabler, 1993.
- Wag-00 Wagner, R.: Wissensmanagement im Konzern: Systemtheoretische Perspektiven und Implementierungsansätze. Wiesbaden: DUV, 2000.
- War-06 Wartalla, R.: Weltbaukasten: Eine Revolution in Zeiten des Web 2.0. In: iX 7/2006, Heise, 2006, S. 54-61.
- WeB-07 Wenzel, S.; Bockel, B.: Ausbildung in der Digitalen Fabrik: Qualifizierung in Produktion und Logistik durch digitale Planungsmethoden. In: Schenk, M. (Hrsg.): Virtual Reality und Augmented Reality zum Planen, Testen und Betreiben technischer Systeme. 4. Fachtagung zu Virtual Reality, 27.-28. Juni 2007, Magdeburg, S. 219-224
- Wei-08 Weiss, C.: Brückenbau: Wie passen BPMN und UML zusammen? In: 10. OMG Information Days: Geschäftsprozesse und -modelle standardisiert und integriert. München, 11. November 2008; Zürich, 12. November 2008; Frankfurt, 13. November 2008.
- Wen-06 Wenzel, S.: Die Digitale Fabrik: Wirtschaftliche Notwendigkeit und wissenschaftliche Faszination. In: Mönch, L; Beyer, J. (Eds.): Aspekte der Wirtschaftsinformatik: Methoden, Werkzeuge und Anwendungen. Erlangen, San Diego: SCS Publishing House, 2006, S. 205-222.
- Wes-07 Westkämper, E.: Aufbau einer Lernfabrik für advanced Industrial Engineering: Folien zum TP1 des Einführungsvortrages des TFB 059, <http://www.inqa.de/Inqa/Redaktion/TIKs/Produktion/PDF/lernfabrik-aie-uni-stuttgart,property=pdf,bereich=inqa,sprache=de,rwb=true.pdf>, Zugriff am 07.03.2011.

- WeW-06 Wenzel, S.; Willmann, C.: Prozessbasiertes Wissensmanagement in der Produktentwicklung: Phasenübergreifender Wissenstransfer unterstützt den Produktentwicklungsprozess. In: Industrie Management 22 (2006) 5, GITO, S. 43-46.
- WGG-01 Wirth, S.; Gäse, T.; Günther, U.: Partizipative, simulationsgestützte Layoutplanung. In: wt Werkstattstechnik online, Heft 6-2001, Springer VDI, S. 328-332.
- Wie-03 Wiendahl, H.-P.: Wandel auch in der Fabrikplanung. In: wt Werkstattstechnik online, Heft 4-2003, Springer VDI, S. 226-230.
- Wil-01 Willke, Helmut: Systemisches Wissensmanagement. 2. Aufl., Stuttgart: Lucius & Lucius, 2001.
- WIP-07 Weißbach, H.-J.: Das WIPER-Projekt zum Wissens-, Innovations- und Personalmanagement in innovativen Unternehmen: Anwendungen und Instrumente, http://www.wiper.de/instrumente_org.htm, Zugriff am 07.03.2011.
- WiW-09 Willmann, C.; Wenzel, S.: Bereitstellung von Wissen am Arbeitsplatz zur Unterstützung individueller Lernprozesse: Veränderung der Qualifikation durch die Digitale Fabrik. In: Industrie Management 25 (2009) 2, GITO, S. 51-54.
- WJR-94 Womack, J. P.; Jones, D. T.; Roos, D.: Die zweite Revolution in der Automobilindustrie: Konsequenzen aus der weltweiten Studie des Massachusetts Institute of Technology. 8. Aufl., Frankfurt/Main, New York: Campus, 1994.
- WZB-00 Westkämper, E.; Zahn, E.; Balve, P.; Tilebein, M.: Ansätze zur Wandlungsfähigkeit von Produktionsunternehmen: Ein Bezugsrahmen für die Unternehmensentwicklung im turbulenten Umfeld. In: wt Werkstattstechnik online, Heft 1/2-2000, Springer VDI, S. 22-26.
- Zar-04 Zarnekow, R.: Produktorientiertes Informationsmanagement. In: Zarnekow, R.; Brenner, W.; Grohmann, H. (Hrsg.): Informationsmanagement. Konzepte und Strategien für die Praxis. Heidelberg: dpunkt, 2004, S. 41-56.

- ZFP-03 Zäh, M. F.; Fusch, T.; Patron, C.: Die Digitale Fabrik: Definition und Handlungsfelder. Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb (ZwF) 98 (2003) 3, S. 75-77.
- ZRS-09 Zülch, G.; Rottinger, S.; Schmidt, D.: Der personalorientierte Technologiekalender: Eine Methode zur Integration der Personalentwicklung in die Fertigungssystemplanung. In: Industrie Management 25 (2009) 1, GITO, S. 31-36.

Anhang A: Modellierungssprachen

A.1 Ereignisgesteuerte Prozesskette (EPK)

Die Ereignisgesteuerte Prozesskette (EPK) ist eine in den 1990er Jahren von der Universität des Saarlandes entwickelte Notation zur formalen Visualisierung, Spezifikation und Dokumentation von Geschäftsprozessen. Sie ist Bestandteil des ARIS-Konzepts und enthält mit *Funktionen* und *Ereignissen* zwei wesentliche Elemente.

Funktionen sind die aktiven Komponenten einer EPK und beschreiben eine konkrete Tätigkeit oder einen Vorgang. Ereignisse stellen einen Zustand des modellierten Geschäftsprozesses dar, der unter bestimmten Bedingungen eintreten kann. Ereignisse werden als Bedingung für die Auslösung von Funktionen oder als Ergebnis von Funktionen verwendet. Ereignisknoten und Funktionsknoten dürfen nur maximal eine eingehende und maximal eine ausgehende Kante besitzen. *Prozesswegweiser* sind Hinweise auf andere Prozesse. Zum Aufteilen oder Zusammenführen des Kontrollflusses, der durch die Kanten einer EPK vorgegeben wird, dient der dritte Knotentyp, der *Konnektor*. Weitere Elemente lassen sich mit der „erweiterten EPK“ (eEPK) hinzufügen. Die eEPK charakterisiert sich dadurch, dass *Organisationseinheiten*, *Informationsobjekte* und *Systeme* an die einzelnen Funktionen angehängt werden können. Organisationseinheiten geben Aufschluss darüber, wer die Funktion ausführt, während die Informationsobjekte entsprechend ihrer Orientierung den Input für eine Funktion bzw. den Output einer Funktion definieren [Sch-01a].

Abbildung 72 stellt die einzelnen Knoten sowie die Zusammenhänge einer eEPK beispielhaft anhand des Prozesses der Arbeitsplatzgestaltung inklusive Validierung dar.

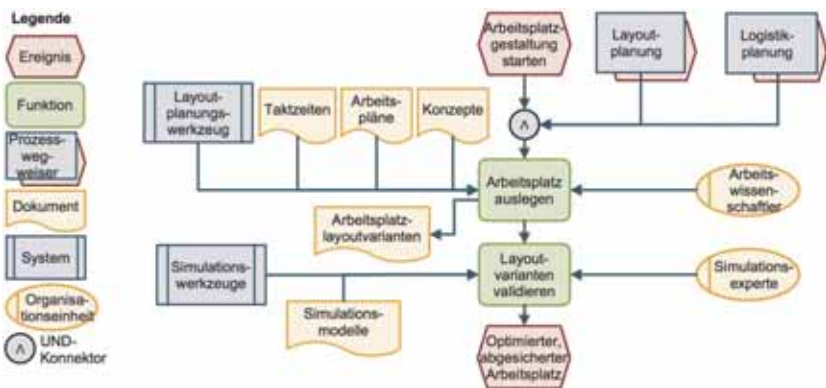


Abbildung 72: Ausschnitt des Prozesses zur Arbeitsplatzgestaltung in eEPK-Notation

A.2 Knowledge Modeling and Description Language (KMDL[®] v2.1)

Die Methode der Knowledge Modeling and Description Language (KMDL[®]) wird seit 2003 an der Universität Oldenburg (später Universität Potsdam) zur Modellierung, Analyse und Bewertung wissensintensiver Geschäftsprozesse bzw. wissensintensiver Anteile von Geschäftsprozessen entwickelt.¹⁰⁹ Der Wissensfluss wird mittels Konversionen (Umwandlungen) dargestellt, welche zwischen Informations- und Wissensobjekten verlaufen. In Anlehnung an Nonaka und Takeuchi werden die vier Konversionstypen *Sozialisation*, *Externalisierung*, *Kombination* und *Internalisierung* unterschieden [KMD-09].

In der KMDL[®] v2.1 wird zwischen der *Prozesssicht* und der *Aktivitätssicht* unterschieden. Auf der Prozessebene können die Aufgaben in einen zeitlichen Zusammenhang gebracht werden. Es ist erkennbar, welche Aufgaben nacheinander abgearbeitet werden und welche Alternativen existieren. Zu jeder Aufgabe können *Rollen* und verwendete *Informationssysteme* angegeben werden [KMD-09].

Abbildung 73 stellt in Anlehnung an die eEPK-Notation die Prozesssicht der Arbeitsplatzgestaltung in der KMDL dar.

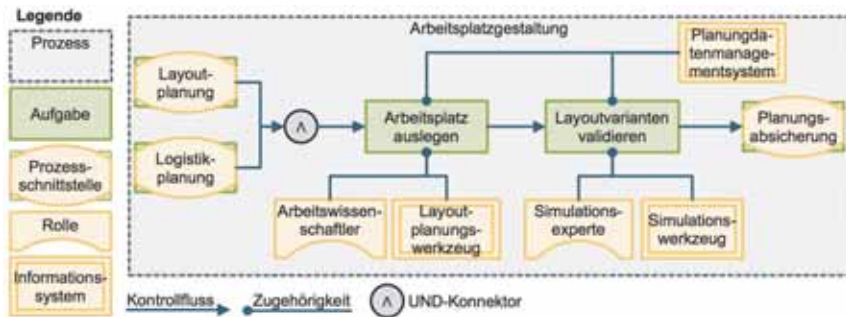


Abbildung 73: Prozesssicht der Arbeitsplatzgestaltung in der KMDL[®] v2.1

Die Aktivitätssicht erlaubt eine detaillierte Beschreibung der ablaufenden Wissenskonversionen bei der Aufgabenerfüllung. Eine Aufgabe aus der Prozesssicht kann in der Aktivitätssicht aus mehreren Konversionen bestehen. Start- und Zielobjekte von Konversionen

¹⁰⁹ Die volle Funktionalität, d.h. Modellierung, Analyse und Bewertung, bietet die Software „K-Modeler“ (<http://www.k-modeler.de>, Zugriff am 07.03.2011). Alternativ wird ein Microsoft Visio Shape für die ausschließliche Modellierung von Prozessen zur Verfügung gestellt.

können sowohl Informations- als auch Wissensobjekte sein. Für jede Konversion können zusätzliche Anforderungen definiert werden. Dabei werden technische Anforderungen durch *Funktionen* von Informationssystemen abgedeckt, welche *Informationsobjekte* als kodifiziertes Wissen beinhalten. *Konversionsmethoden* geben zudem an, auf welche Weise die Wissensumwandlung durchgeführt wird (vgl. Abbildung 25). Undokumentiertes Wissen wird als *Wissensobjekt* mit einem Bezug zu individuellen Teams, bestimmten oder unbestimmten Personen dargestellt. *Listener* überwachen Konversionen und können Bedingungen und Einschränkungen an Start- oder Zielobjekte stellen [KMD-09].

Abbildung 74 zeigt die mit KMDL modellierte Aktivitätssicht am Beispiel der Arbeitsplatzgestaltung. Aufgaben und Rollen bilden die Schnittstellen zur Prozesssicht.

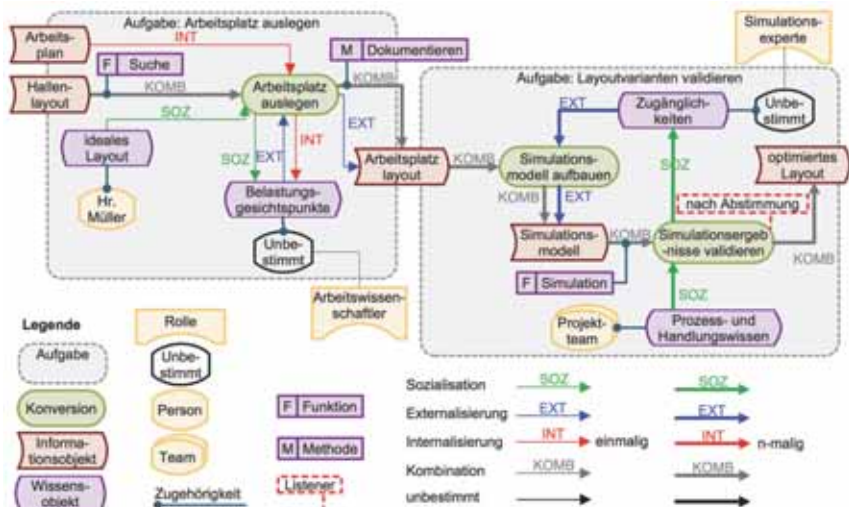


Abbildung 74: Modellierte Aktivitäten in der Arbeitsplatzgestaltung nach KMDL[®] v2.1

Die Objekte von Prozess- und Aktivitätssicht können kombiniert werden. In dieser Sicht sind sowohl die Wissenskonversionen als auch der Prozessablauf sichtbar [KMD-09]. Die Analyse in Kapitel 4.3 ff. basiert auf der kombinierten Prozess- und Aktivitätssicht.

Für eine Analyse und Bewertung bietet die KMDL[®] verschiedene Ansätze. Diese können auf der Ebene der Aktivität, der Aufgabe oder des Prozesses erfolgen. Weiterhin können verschiedenen Kombinationen an Wissenskonversionen analysiert und klassifiziert werden [KMD-09].

A.3 Business Process Modeling Notation (BPMN)

Die Business Process Modeling Notation (BPMN) ist eine grafische Spezifikationsprache zur Darstellung von Geschäftsprozessen und Arbeitsabläufen. Sie wurde 2002 von Stephen A. White ausgearbeitet und 2006 durch die Object Management Group (OMG) zum Standard erklärt. Für 2010 ist die Verabschiedung von Version 2.0 geplant [All-09].

In einem Business Process Diagram (BPD) werden die Interaktionen zwischen *Organisationseinheiten* und *Rollen* abgebildet. Im Gegensatz zur EPK erfolgt die Darstellung dieser Geschäftsprozesse in der BPMN tabellarisch. Dazu enthält die Notation eine *Swimlane* („Schwimmbahn“), welche den Ausführenden der Aktivität repräsentiert. Diesbezüglich unterscheidet die BPMN einen *Pool* und eine *Lane*. Ein Pool repräsentiert einen Teilnehmer in einem Arbeitsablauf, was sowohl ein Benutzer in seiner Rolle als auch ein System sein kann. Eine Lane ist eine feinere Unterteilung eines Pools, die sich über die komplette Länge des Pools erstreckt. Weiterhin im BPD enthalten sind *Flow Objects* („Knoten“), *Connecting Objects* („verbindende Kanten“) und *Artifacts* [All-09].

Zu den Flow Objects gehören die Elemente *Activity*, *Gateway* und *Event*. Eine Activity beschreibt eine Aufgabe (*Task*), die in einem Geschäftsprozess zu erledigen ist. Komplexere Aktivitäten werden als *Subprocess* bezeichnet.¹¹⁰ Ein Gateway stellt einen Entscheidungspunkt dar oder einen Punkt, an dem verschiedene Kontrollflüsse zusammenlaufen. Ein Event ereignet sich in einem Geschäftsprozess (vgl. EPK) und wird nach seiner Art sowie nach seiner Position und Wirkung im Geschäftsprozess unterschieden [All-09].

Die Flow Objects werden innerhalb des Diagramms durch *Associations*, *Sequence Flows* oder *Message Flows* verbunden. Eine Association (gepunkteter Linientyp) kennzeichnet die Inputs und Outputs von Aktivitäten und verbindet zudem Artefakte mit den Flow Objects. Sequence Flows verbinden Activities, Gateways und Events und stellen dabei die Reihenfolge der Ausführung von Activities dar. Message Flows kennzeichnen einen Nachrichtenaustausch zwischen zwei Flow Objects unterschiedlicher Pools [All-09].

Zu den Artefakten gehören *Data Objects* (von Aktivitäten benötigte oder generierte elektronische oder physische Objekte), *Groups* (visuelles Hilfsmittel zur Dokumentation oder Analyse) und *Annotations* (ergänzender Text zu einem Element innerhalb des Diagramms) [All-09].

¹¹⁰ Auch die KMDL baut auf dieser Logik auf.

Während die EPK-Elemente frei platziert werden können (vgl. nachfolgende Abbildung 76), werden die BPMN-Elemente im BPD jeweils einer Swimlane zugeordnet. Folglich werden Organisationen bzw. Rollen und Systeme zeilenweise dargestellt. Zwischen den Swimlanes bzw. ihren jeweiligen Pools erfolgt der Nachrichtenaustausch. Abbildung 75 stellt den Prozess der Arbeitsplatzgestaltung zwischen Systemumgebung (Werkzeuge), Arbeitswissenschaftler und Simulationsexperte beispielhaft in einem BPD dar.

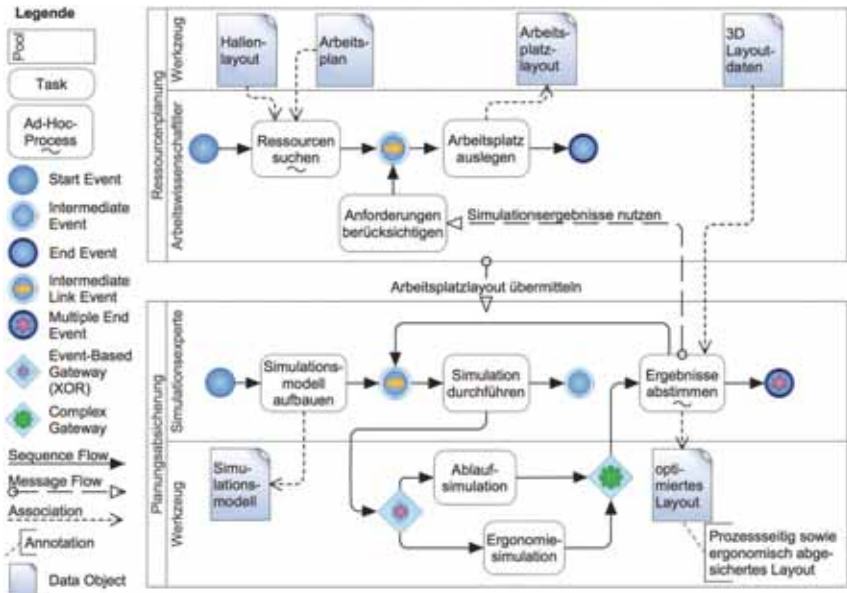


Abbildung 75: Der Prozess der Arbeitsplatzgestaltung aus BPMN-Sicht

Anhang B: Flussorientiertes Prozessmodell

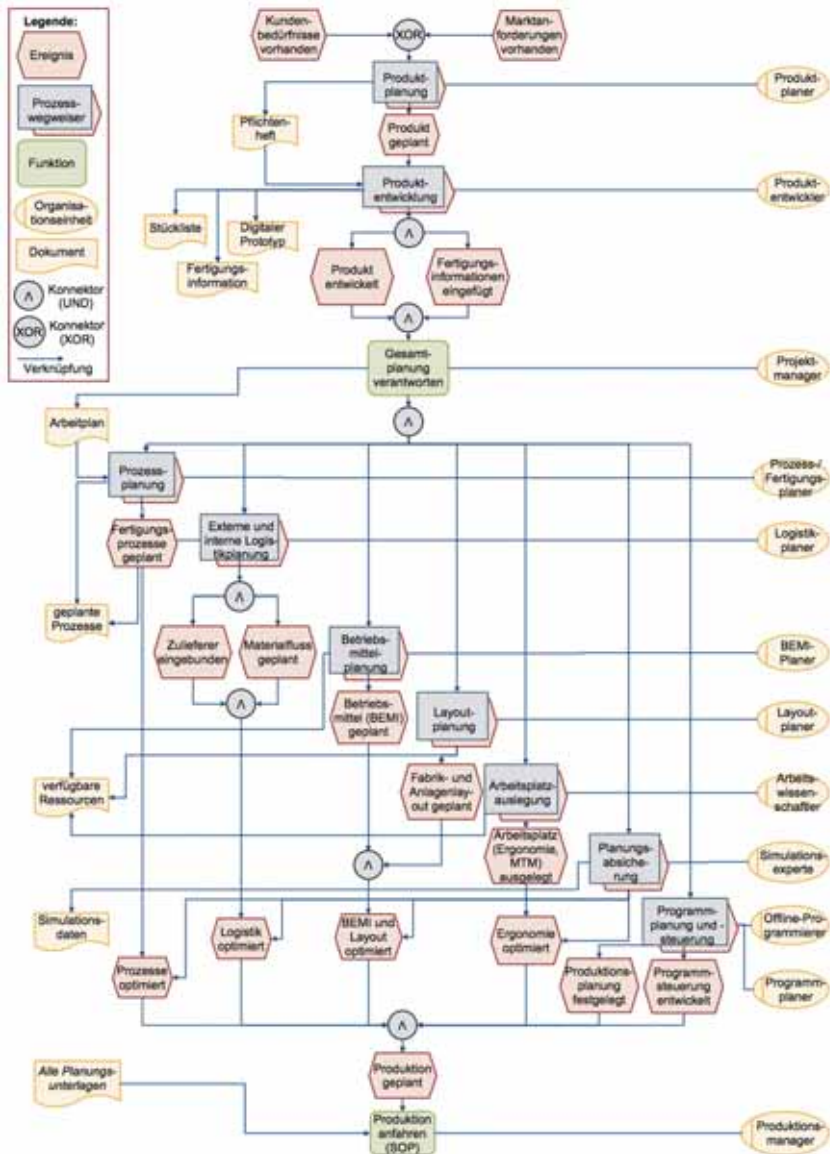


Abbildung 76: Mitarbeiterrollen, Tätigkeiten und Informationsobjekte im Planungsprozess

Anhang C: Ontologie-Ansatz für eine Digitale Fabrik

Zur Erstellung der Ontologie wurde das Programm OntoStudio (<http://www.ontoprise.de/de/produkte/ontostudio/>, Zugriff am 07.03.2011) in der Version 2.3.2-B1353 von der Firma ontoprise GmbH verwendet.

Die verwendete Syntax ist in einem dazugehörigen Tutorial unter <http://help.ontoprise.de/index.html> beschrieben (Zugriff am 07.03.2011).

C.1: F-Logic Source

```
// -----
// ontology: "http://www.cawicon.de##DigitaleFabrik
// date: Tue Nov 24 21:28:04 CET 2009
// created with OntoStudio 2.3.2-B1353
// -----
:- prefix ="http://schema.ontoprise.com/rdf/core/noNSdefined#".
:- prefix a="http://www.cawicon.de/DigitaleFabrik#".
:- prefix xs="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#".
:- module =b#DigitaleFabrik.

// Concepts -----
a#Objekt[].

a#Projekt::a#Objekt.
a#Produkt::a#Objekt.
a#Prozess::a#Objekt.
a#Ressource::a#Objekt.
a#Kontext[].

a#Person::a#Kontext.
a#Rolle::a#Kontext.
a#WissensRolle::a#Rolle.
a#FunktionsRolle::a#Rolle.
a#System::a#Kontext.
a#Phase[].
```

```
a#Phase::a#Kontext.
a#Produktentwicklung::a#Phase.
a#Prozessplanung::a#Phase.
a#Ressourcenplanung::a#Phase.
a#Planungsoptimierung::a#Phase.
a#Produktionsanbindung::a#Phase.
a#Teilprozess[].
a#Teilprozess::a#Kontext.
a#Betriebsmittelplanung::a#Teilprozess.
a#Layoutplanung::a#Teilprozess.
a#Arbeitsplatzgestaltung::a#Teilprozess.
a#Aufgabe[].
a#Aufgabe::a#Kontext.
a#Betriebsmittelloptimierung::a#Aufgabe.
a#Groblayoutplanung::a#Aufgabe.
a#Arbeitskraefteplanung::a#Aufgabe.
a#Aktivitaet[].
a#Aktivitaet::a#Kontext.
a#BedarfErkennen::a#Aktivitaet.
a#KonzeptErarbeiten::a#Aktivitaet.
a#BetriebsmittelKonstruieren::a#Aktivitaet.
a#LayoutvariantenEntwicklen::a#Aktivitaet.
a#Ergebnis[].
a#Modell::a#Ergebnis.
a#Programmcode::a#Ergebnis.
a#Dokumentation::a#Ergebnis.
// Relations -----
a#Projekt[a#hatMitarbeiter=>>a#Person].
a#Projekt[a#plantProdukt=>>a#Produkt].
a#Projekt[a#plantProzess=>>a#Prozess].
```

```
a#Projekt[a#plantRessource=>>a#Ressource].
a#Person[a#hatFamilienName=>>xs#string].
a#Person[a#hatVorname=>>xs#string].
a#Person[a#hatStammnummer=>>xs#string].
a#Person[a#istMitgliedInPhase=>>a#Phase].
a#Person[a#arbeitInTeilprozess=>>a#Teilprozess].
a#Person[a#verantwortetAufgabe=>>a#Aufgabe].
a#Person[a#bearbeitetAktivitaet=>>a#Aktivitaet].
a#Person[a#istAutorVonErgebnis=>>a#Ergebnis].
a#Person[a#hatWissensRolle=>>a#WissensRolle].
a#Person[a#hatFunktionsRolle=>>a#FunktionsRolle].
a#Rolle[a#gehörtZuPerson=>>a#Person].
a#WissensRolle[a#istRolleVonPerson=>>a#Person].
a#WissensRolle[a#erzeugtObjekt=>>a#Objekt].
a#FunktionsRolle[a#istRolleVonPerson=>>a#Person].
a#FunktionsRolle[a#erzeugtObjekt=>>a#Objekt].
a#Produktentwicklung[a#istTeilVonProjekt=>>a#Projekt].
a#Prozessplanung[a#istTeilVonProjekt=>>a#Projekt].
a#Ressourcenplanung[a#istTeilVonProjekt=>>a#Projekt].
a#Planungsoptimierung[a#istTeilVonProjekt=>>a#Projekt].
a#Produktionsanbindung[a#istTeilVonProjekt=>>a#Projekt].
a#Betriebsmittelplanung[a#istTeilprozessVonRessourcenplanung=>>a#R
essourcenplanung].
a#Layoutplanung[a#istTeilprozessVonRessourcenplanung=>>a#Ressource
nplanung].
a#Arbeitsplatzgestaltung[a#istTeilprozessVonRessourcenplanung=>>a#
Ressourcenplanung].
a#Betriebsmittelplanung[a#istAufgabeVonBetriebsmittelplanung=>>a#B
etriebsmittelplanung].
a#Groblayoutplanung[a#istAufgabeVonLayoutplanung=>>a#Layoutplanung
].
```

```
a#Arbeitskraefteplanung[a#istAufgabeVonArbeitsplatzgestaltung=>>a#Arbeitsplatzgestaltung].
a#BedarfErkennen[a#istAktivitaetVonBetriebsmittelplanung=>>Betriebsmittelplanung].
a#KonzeptErarbeiten[a#istAktivitaetVonBetriebsmittelplanung=>>Betriebsmittelplanung].
a#BetriebsmittelKonstruieren[a#istAktivitaetVonBetriebsmittelplanung=>>Betriebsmittelplanung].
a#Teilprozess[a#istBestandteilVonPhase=>>a#Phase].
a#Aufgabe[a#istBestandteilVonTeilprozess=>>a#Teilprozess].
a#Aufgabe[a#bearbeitetObjekt=>>a#Objekt].
a#Aktivitaet[a#istBestandteilVonAufgabe=>>a#Aufgabe].
a#Aktivitaet[a#hatErgebnis=>>a#Ergebnis].
a#Objekt[a#istErgebnisEinerAufgabe=>>a#Aufgabe].
a#Objekt[a#wirdErzeugtVonPerson=>>a#Person].
a#Objekt[a#wirdErzeugtVonWissensrolle=>>a#Wissensrolle].
a#Objekt[a#wirdErzeugtVonFunktionsrolle=>>a#Funktionsrolle].
a#Ergebnis[a#hatName=>>xs#string].
a#Ergebnis[a#hatRevision=>>xs#string].
a#Ergebnis[a#hatErstellungsdatum=>>xs#date].
a#Ergebnis[a#beschreibtObjekt=>>a#Objekt].
a#Ergebnis[a#istVomTyp=>>a#Modell].
a#Ergebnis[a#istVomTyp=>>a#Programmcode].
a#Ergebnis[a#istVomTyp=>>a#Dokumentation].
a#Ergebnis[a#wirdErzeugtVonPerson=>>a#Person].
a#Ergebnis[a#gehörtZuProjekt=>>a#Projekt].
a#Ergebnis[a#gehörtZuPhase=>>a#Phase].
a#Ergebnis[a#gehörtZuTeilprozess=>>a#Teilprozess].
a#Ergebnis[a#gehörtZuAufgabe=>>a#Aufgabe].
a#Ergebnis[a#gehörtZuAktivitaet=>>a#Aktivitaet].
a#Ergebnis[a#istInstanzVonErgebnis=>>a#Ergebnis].
```

```

a#Kontext[beinhaltetSystem=>>a#System].
a#Kontext[beinhaltetPerson=>>a#Person].
a#Kontext[beinhaltetFunktionsRolle=>>a#FunktionsRolle].
a#Kontext[beinhaltetWissensRolle=>>a#WissensRolle].
a#Kontext[beinhaltetPhase=>>a#Phase].
a#Kontext[beinhaltetTeilprozess=>>a#Teilprozess].
a#Kontext[beinhaltetAufgabe=>>a#Aufgabe].
a#Kontext[beinhaltetAktivitaet=>>a#Aktivitaet].

// Instances -----
#Experte:a#WissensRolle.
#Einsteiger:a#WissensRolle.
#Anfaenger:a#WissensRolle.
#Prozessplaner:a#FunktionsRolle.
#Layoutplaner:a#FunktionsRolle.
#Betriebsmittelplaner:a#FunktionsRolle.
#Fertigungsprozess:a#Prozess.
#Montageprozess:a#Prozess.
#Arbeitsplan:a#Ressource.
#Personal:a#Ressource.
#System:a#Ressource.
#Checkliste:a#Dokumentation.
#Spezifikation:a#Dokumentation.
#Methode:a#Dokumentation.
#LessonsLearned:a#Dokumentation.
#BestPractice:a#Dokumentation.
#SystemA:a#System.
#SystemB:a#System.
#SystemC:a#System.

```

```
// Attribute Values -----  
  
LayoutvariantenEntwickeln[istBestandteilAufgabe-  
>Groblayoutplanung].  
  
LayoutvariantenEntwickeln[wirdErzeugtVonFunktionsrolle-  
>Prozessplaner].  
  
LayoutvariantenEntwickeln[wirdErzeugtVonFunktionsrolle-  
>Layoutplaner].  
  
LayoutvariantenEntwickeln[istBestandteilTeilprozess-  
>Layoutplanung].  
  
LayoutvariantenEntwickeln[istBestandteilPhase->Ressourcenplanung].  
  
Programmcode[wirdErzeugtVonWissensrolle->Wissensexperte].  
  
Programmcode[istBestandteilAufgabe->Programmsteuerung].
```

C.2: Ontologie-Visualisierung (Auszüge)

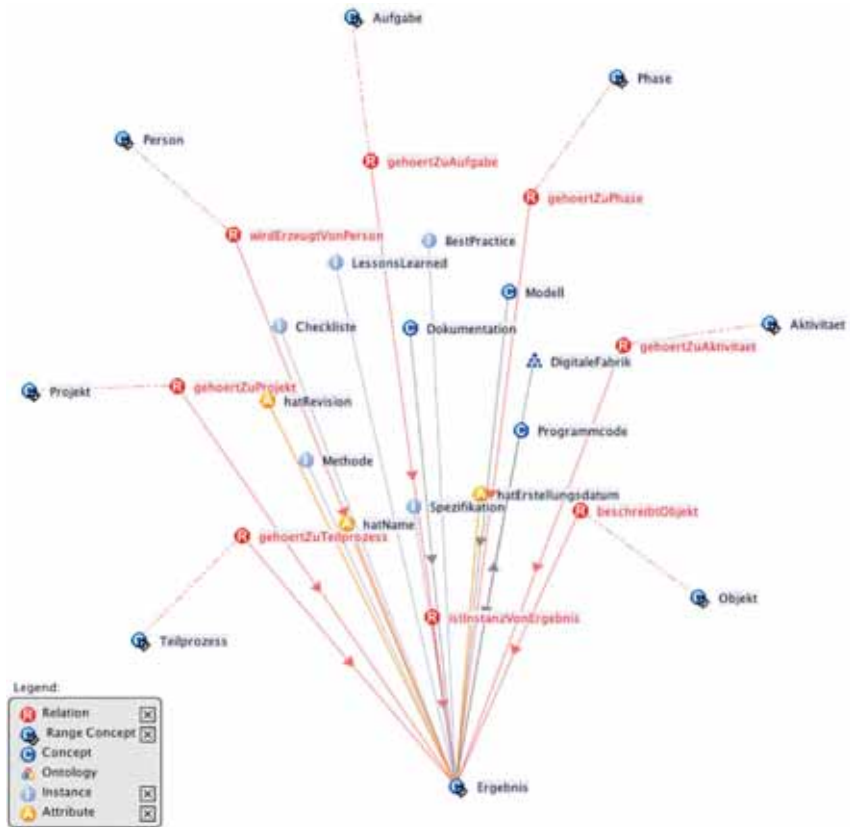


Abbildung 77: Ontologie ausgehend vom „Ergebnis“ als Wurzel (vgl. Kapitel 6.3.1.3)¹¹¹

¹¹¹ Weitere Legende:

- Blaue Linien: Verbindung zwischen Konzepten (C) und Instanzen (I)
- Gelbe Pfeile: Verbindung zwischen Konzepten (C) und Attributen (A)
- Rote Pfeile: Verbindung zwischen Konzepten (C) und Relationen (R)
- Graue Pfeile: Verknüpfung zwischen Super- und Unterkonzepten oder zwischen Superkonzept und Ontologiewurzelknoten.

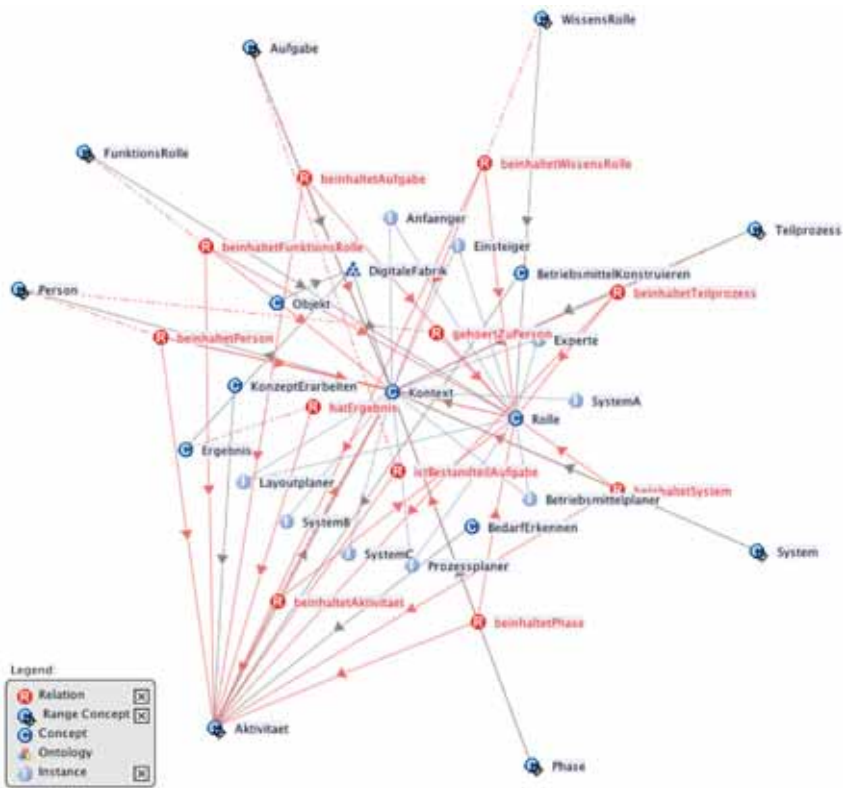


Abbildung 78: Ontologie ausgehend vom „Kontext“ als Wurzel (vgl. Kapitel 6.4.3)¹¹²

¹¹² Weitere Legende:

- Blaue Linien: Verbindung zwischen Konzepten (C) und Instanzen (I)
- Rote Pfeile: Verbindung zwischen Konzepten (C) und Relationen (R)
- Graue Pfeile: Verknüpfung zwischen Super- und Unterkonzepten oder zwischen Superkonzept und Ontologiewurzelknoten.

Lebenslauf

Christian Andreas Willmann

Geburtsdatum, -ort 17. März 1976 in Aachen
Anschrift Schiefersburger Weg 33
50739 Köln
Telefon 0221 . 42 36 96 60
E-Mail christian@willmann.name



Beruf

seit 01.2011 Manager, Supply Chain Management Group, Accenture GmbH, Düsseldorf
01.2007 – 12.2010 Senior PLM Consultant, casolute GmbH, ab 10.2009 RLE International GmbH, Köln
11.2005 – 12.2006 Consultant Global Services (Übernahme der DENC AG durch die PTC Parametric Technology GmbH), Homeoffice Köln
11.2002 – 10.2005 Berater für MCAD und PDM, DENC (Design Engineering Consultants) AG, Darmstadt

Promotion

seit 06.2007 Mitarbeit im VDI-Richtlinienausschuss „Datenmanagement und Systemarchitektur in der Digitalen Fabrik“ (VDI 4499, Blatt 3)
06.2005 Zulassung als externer Doktorand am Institut für Produktionsorganisation und Fabrikplanung der Universität Kassel

Studium

10.1996 – 09.2002 Allgemeiner Maschinenbau, Technische Universität Darmstadt

Schule und Wehrdienst

07.1995 – 06.1996 Grundwehrdienst
08.1992 – 06.1995 Abitur am Söderblom Gymnasium in Espelkamp

