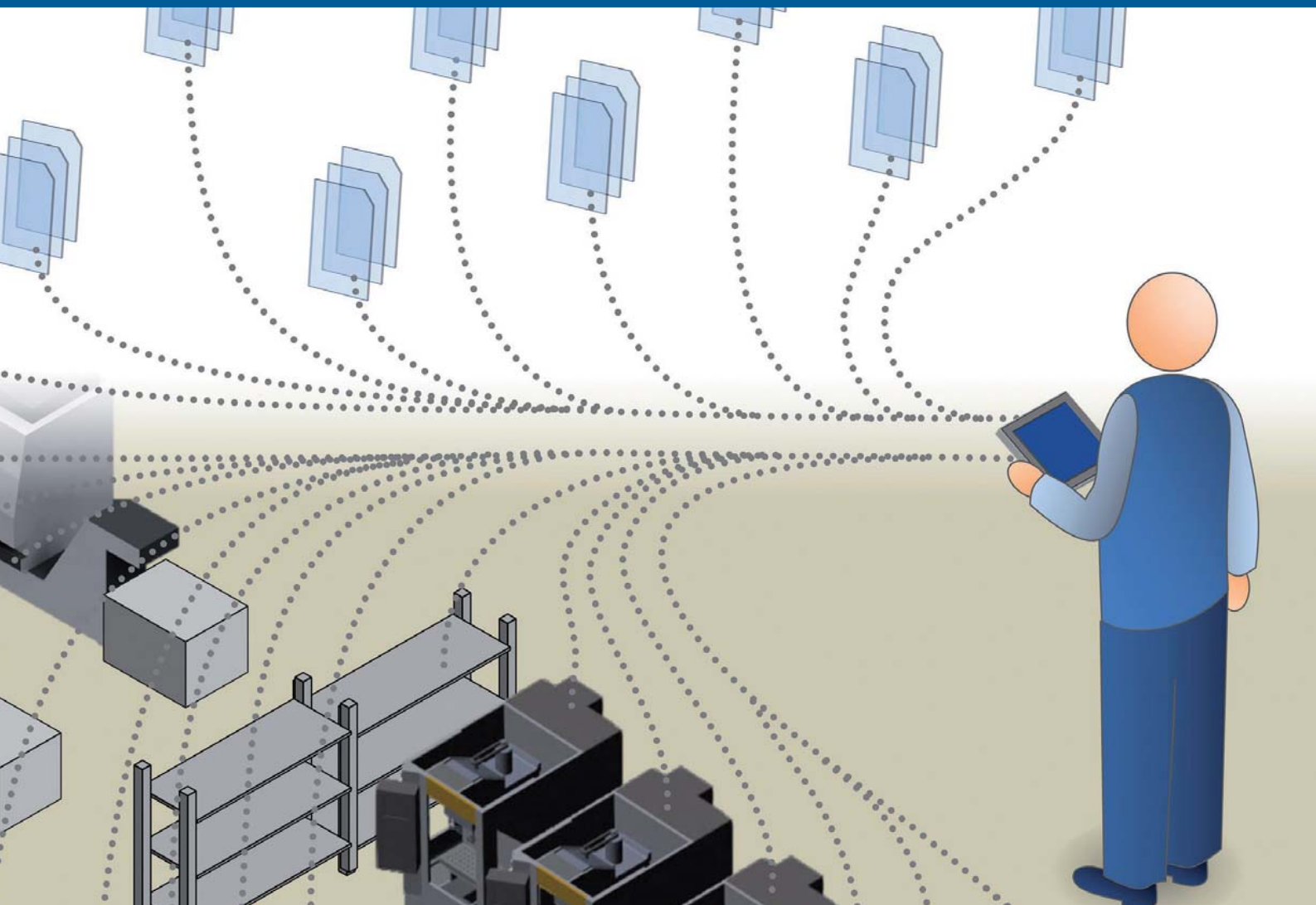


DOMINIK MARTIN LUCKE

Ad hoc Informationsbeschaffung unter Einsatz kontextbezogener Systeme in der variantenreichen Serienfertigung



Universität Stuttgart



Fraunhofer

IPA

Herausgeber:

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Thomas Bauernhansl

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. mult. Alexander Verl

Univ.-Prof. a. D. Dr.-Ing. Prof. E.h. Dr.-Ing. E.h. Dr. h.c. mult. Engelbert Westkämper

Dominik Martin Lucke

**Ad hoc Informationsbeschaffung unter
Einsatz kontextbezogener Systeme in der
variantenreichen Serienfertigung**

Kontaktadresse:

Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA, Stuttgart
Nobelstraße 12, 70569 Stuttgart
Telefon 0711 970-00, Telefax 0711 970-1399
info@ipa.fraunhofer.de, www.ipa.fraunhofer.de

STUTTGARTER BEITRÄGE ZUR PRODUKTIONSFORSCHUNG**Herausgeber:**

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Thomas Bauernhansl
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. mult. Alexander Verl
Univ.-Prof. a. D. Dr.-Ing. Prof. E.h. Dr.-Ing. E.h. Dr. h.c. mult. Engelbert Westkämper

Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA, Stuttgart
Institut für Industrielle Fertigung und Fabrikbetrieb (IFF) der Universität Stuttgart
Institut für Steuerungstechnik der Werkzeugmaschinen und Fertigungseinrichtungen (ISW)
der Universität Stuttgart

Titelbild: © Dominik Martin Lucke

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.

ISSN: 2195-2892

ISBN (Print): 978-3-8396-0665-0

D 93

Zugl.: Stuttgart, Univ., Diss., 2013

Druck: Mediendienstleistungen des Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau IRB, Stuttgart
Für den Druck des Buches wurde chlor- und säurefreies Papier verwendet.

© by **FRAUNHOFER VERLAG**, 2014

Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau IRB
Postfach 800469, 70504 Stuttgart
Nobelstraße 12, 70569 Stuttgart
Telefon 0711 970-2500
Telefax 0711 970-2508
E-Mail verlag@fraunhofer.de
URL <http://verlag.fraunhofer.de>

Alle Rechte vorbehalten

Dieses Werk ist einschließlich aller seiner Teile urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die über die engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes hinausgeht, ist ohne schriftliche Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Dies gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen sowie die Speicherung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von Warenbezeichnungen und Handelsnamen in diesem Buch berechtigt nicht zu der Annahme, dass solche Bezeichnungen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und deshalb von jedermann benutzt werden dürften. Soweit in diesem Werk direkt oder indirekt auf Gesetze, Vorschriften oder Richtlinien (z.B. DIN, VDI) Bezug genommen oder aus ihnen zitiert worden ist, kann der Verlag keine Gewähr für Richtigkeit, Vollständigkeit oder Aktualität übernehmen.

GELEITWORT DER HERAUSGEBER

Produktionswissenschaftliche Forschungsfragen entstehen in der Regel im Anwendungszusammenhang, die Produktionsforschung ist also weitgehend erfahrungsbasiert. Der wissenschaftliche Anspruch der „Stuttgarter Beiträge zur Produktionsforschung“ liegt unter anderem darin, Dissertation für Dissertation ein übergreifendes ganzheitliches Theoriegebäude der Produktion zu erstellen.

Die Herausgeber dieser Dissertations-Reihe leiten gemeinsam das Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA und jeweils ein Institut der Fakultät für Konstruktions-, Produktions- und Fahrzeugtechnik an der Universität Stuttgart.

Die von ihnen betreuten Dissertationen sind der marktorientierten Nachhaltigkeit verpflichtet, ihr Ansatz ist systemisch und interdisziplinär. Die Autoren bearbeiten anspruchsvolle Forschungsfragen im Spannungsfeld zwischen theoretischen Grundlagen und industrieller Anwendung.

Die „Stuttgarter Beiträge zur Produktionsforschung“ ersetzt die Reihen „IPA-IAO Forschung und Praxis“ (Hrsg. H.J. Warnecke / H.-J. Bullinger / E. Westkämper / D. Spath) bzw. ISW Forschung und Praxis (Hrsg. G. Stute / G. Pritschow / A. Verl). In den vergangenen Jahrzehnten sind darin über 800 Dissertationen erschienen.

Der Strukturwandel in den Industrien unseres Landes muss auch in der Forschung in einen globalen Zusammenhang gestellt werden. Der reine Fokus auf Erkenntnisgewinn ist zu eindimensional. Die „Stuttgarter Beiträge zur Produktionsforschung“ zielen also darauf ab, mittelfristig Lösungen für den Markt anzubieten. Daher konzentrieren sich die Stuttgarter produktionstechnischen Institute auf das Thema ganzheitliche Produktion in den Kernindustrien Deutschlands. Die leitende Forschungsfrage der Arbeiten ist: Wie können wir nachhaltig mit einem hohen Wertschöpfungsanteil in Deutschland für einen globalen Markt produzieren?

Wir wünschen den Autoren, dass ihre „Stuttgarter Beiträge zur Produktionsforschung“ in der breiten Fachwelt als substanziell wahrgenommen werden und so die Produktionsforschung weltweit voranbringen.

Alexander Verl

Thomas Bauernhansl

Engelbert Westkämper

Ad hoc Informationsbeschaffung unter Einsatz kontextbezogener Systeme in der variantenreichen Serienfertigung

Von der Fakultät Konstruktions-, Produktions- und Fahrzeugtechnik
der Universität Stuttgart
zur Erlangung der Würde eines Doktor-Ingenieurs (Dr.-Ing.)
genehmigte Abhandlung

Vorgelegt von
Dipl.-Ing. Dominik Martin Lucke
aus Stuttgart-Bad Cannstatt

Hauptberichter: Univ.-Prof. a. D. Dr.-Ing. Prof. E.h. Dr.-Ing. E.h.
Dr. h.c. mult. Engelbert Westkämper
Mitberichter: Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Bernhard Mitschang

Tag der mündlichen Prüfung: 23. September 2013

Institut für Industrielle Fertigung und Fabrikbetrieb
der Universität Stuttgart

2013

Vorwort des Autors

Die vorliegende Arbeit entstand während meiner Tätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Industriellen Fertigung und Fabrikbetrieb (IFF) der Universität Stuttgart, dem Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA sowie meiner Mitarbeit im Sonderforschungsbereich 627 „Nexus – Umgebungsmodelle für mobile kontextbezogene Systeme“.

Mein erster Dank gilt Herrn Professor Dr.-Ing. Engelbert Westkämper für die sehr wohlwollende Förderung und großzügige Unterstützung meiner Ideen. Mein Dank gilt auch Herrn Professor Dr.-Ing. Bernhard Mitschang für die sorgfältige Durchsicht der Arbeit und die Übernahme des Mitberichts.

Meinen Kollegen möchte ich für die vielen wertvollen Anregungen, Diskussionen und Aufmunterungen danken. Besonders hervorheben möchte ich Dr.-Ing Carmen Constantinescu, Matthias Wieland, Matthias Großmann, Johannes Volkmann, Martin Landherr, Michael Neumann, Heiko Herrmann, Frank Herbrig sowie die studentischen Mitarbeiter und Studenten Oliver Sonnauer, Michael Oppenauer, Sven Seeger und Michael Schäfer, die mich in der Umsetzung unterstützt haben. Sie alle haben mich auf meinen Weg zur Promotion begleitet und unterstützt.

Besonders bedanken möchte ich mich bei meinen Eltern Rita und Gert Lucke, die mir diesen Weg erst ermöglicht und mich gefördert haben und bei meinen Geschwistern. Sie haben mich stets in diesem Vorhaben unterstützt, weshalb ich Ihnen diese Arbeit widme.

Kurzfassung

Eine variantenreiche Serienfertigung muss sich heute schnell an die aktuelle Lage anpassen können, um im Wettbewerb weiter zu bestehen. Die Verfügbarkeit von aktueller, vernetzter Information bei Entscheidungen im laufenden Betrieb, die einen Bezug auf die Umgebung besitzen, ist ein wesentlicher Faktor, um Veränderungen schneller ausführen zu können und Verluste infolge fehlender Information zu reduzieren. Zur Unterstützung kommt heute eine Vielzahl aufgabenspezifischer IT-Systeme zum Einsatz, auf welche sich die Informationen verteilen. Diese verursachen während der Informationsbeschaffung nicht wertschöpfende Zeiten. Hieraus ergibt sich die Motivation neue, übergreifende Ansätze für Assistenzsysteme zu entwickeln, welche innerhalb einer variantenreichen Serienfertigung das operative Personal in der Beschaffung der Informationen unmittelbar und effizient unterstützen.

Im Rahmen dieser Arbeit wird ein Ansatz zur Unterstützung von Werkern, Meistern und Instandhaltern vorgestellt, der es ermöglicht, aus der auftretenden Situation heraus (ad hoc), auf aktuelle notwendige Informationen und die Zusammenhänge in einer variantenreichen Serienfertigung zuzugreifen.

Schwerpunkt bildet das unternehmensneutrale Gesamtkonzept des fertigungsnahen Kontextinformationssystems, das aus dem Produktionsumgebungsmodell und der Systemarchitektur besteht. Das Produktionsumgebungsmodell beschreibt und vernetzt enthaltene Informationen und Zusammenhänge einer variantenreichen Serienfertigung. Hauptordnungskriterien sind hier die Zugehörigkeit zu einer bestimmten Gruppe (Typ), die Identität eines Gegenstands, dessen Ort und Betriebszustand über die Zeit. Die Systemarchitektur ist modular aufgebaut. Die Module werden in Erfassungsmodule, Kontextverwaltungsmodule, Funktionsmodule zur automatischen und manuellen Informationsfilterung sowie Präsentationsmodule untergliedert und kommunizieren über eine einheitliche Schnittstelle. Zur Erprobung des Konzepts wurden das Produktionsumgebungsmodell und verschiedene Module implementiert und anhand des Erprobungsbeispiels „Ungeplante Instandsetzung einer Werkzeugmaschine“ und validiert.

Short Summary

Today, a multi-variant manufacturing has to have the ability to adapt rapidly to the current situation to survive in a competitive market. The availability of up-to-date, linked information during decision making in factory operation considering involved and surrounding objects is an essential factor to implement changes faster and to reduce the waste of resources and time due to missing information. Here manifold task specific manufacturing information systems are in use, on which the information is distributed, which causes non-value adding times during the required information acquisition. This motivates new, holistic approaches for assistant systems, in order to support the operative staff in a multi-variant manufacturing efficiently in the acquisition of required information.

This work presents an approach to support worker, foremen and maintenance worker which enable the access to up-to-date and required information and context of a multi-variant manufacturing out of the current situation (ad hoc).

This work focus on the manufacturing independent concept of the manufacturing context information system, consisting of the production augmented world model and the system architecture. Goals of the production augmented world model are to link the information coming from the different manufacturing information systems and to structure it for the fast ad hoc information acquisition. The core criteria for structuring are the assignment to a certain group (type), the identity of a factory object, its location and condition in relation to the time. Whereas the production augmented world model forms the logic foundation of the manufacturing context information system, the system architecture represents the technical foundation. The modules of the system architecture are structured in for context information acquisition modules, functional modules for automatic and manual information filtering and presentation modules. The different types of modules communicate over a standardised interface. In order to show the applicability of the concept several modules has been implemented and validated in the use case “unplanned repairing of a machine tool” in a multi-variant manufacturing showing the assistance during the ad hoc information acquisition of heterogeneous information.

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	7
Abbildungsverzeichnis	10
Tabellenverzeichnis	12
Abkürzungsverzeichnis	13
1 Einleitung	16
1.1 Ausgangssituation und Problemstellung.....	16
1.2 Umgebung und Ausgangspunkte der Arbeit	20
1.3 Zielsetzung und Lösungsansatz	22
1.4 Gliederung der Arbeit.....	26
2 Grundlagen für das fertigungsnahe Kontextinformationssystem	28
2.1 Begriffsbestimmung und Kennzeichen der Ad hoc Informationsbeschaffung	28
2.2 Informationen und Trägermedien in einer variantenreichen Serienfertigung	31
2.2.1 Produktbezogene Informationen.....	32
2.2.2 Prozessbezogene Informationen	32
2.2.3 Auftragsbezogene Informationen.....	33
2.2.4 Fabrikstrukturinformationen	34
2.2.5 Ressourcen- und Infrastrukturinformationen	34
2.2.6 Organisationale Informationen.....	35
2.2.7 Formen der Informationsübertragung in einer variantenreichen Serienfertigung	35
2.2.8 Fertigungsnahe IT-Systeme	37
2.2.9 Nutzergruppenspezifische Ad hoc Informationsbedarfe	45
2.3 Stand der Wissenschaft und Technik.....	52
2.3.1 Unternehmenssuchmaschinen	52
2.3.2 Konzepte zur IT-gestützten fertigungsnahen Informationsbereitstellung	54
2.4 Defizite	58

2.5	Kennzeichen kontextbezogener Systeme	59
2.5.1	Sensoren und drahtlose Sensornetzwerke.....	62
2.5.2	Automatische Identifikations- und Datenerfassungsverfahren	62
2.5.3	Ortungsverfahren.....	66
2.5.4	Mobile Kommunikationstechnologien	67
2.5.5	Middleware zum Kontextinformationsmanagement.....	68
2.5.6	Benutzerschnittstellen.....	73
2.6	Anforderungen an ein fertigungsnahes Kontextinformationssystem.....	75
2.6.1	Anpassbarkeit	75
2.6.2	Offenheit und Erweiterbarkeit	76
2.6.3	Integration in bestehende IT-Landschaften	76
2.6.4	Skalierbarkeit.....	76
3	Konzeption des fertigungsnahen Kontextinformationssystems	77
3.1	Produktionsumgebungsmodell.....	77
3.1.1	Objekt- und Typbasierung	78
3.1.2	Identitätsbezug	79
3.1.3	Ortsbezogenheit	80
3.1.4	Betriebszustandsbezogenheit.....	80
3.1.5	Zeitbezogenheit	81
3.1.6	Vernetzung der Fabrikobjekte.....	81
3.1.7	Anpassbarkeit und Erweiterbarkeit über die Zeit.....	82
3.1.8	Skalierbarkeit des Produktionsumgebungsmodells	83
3.1.9	Fabrikobjekttypen des Produktionsumgebungsmodells	84
3.2	Systemarchitektur des fertigungsnahen Kontextinformationssystems	106
3.2.1	Erfassungsmodul	109
3.2.2	Kontextverwaltungsmodul und Föderation	111
3.2.3	Funktionsmodule	112
3.2.4	Präsentationsmodul	116
4	Prototypische Umsetzung und Validierung	118
4.1	Prototypische Umsetzung des fertigungsnahen Kontextinformationssystems	118

4.1.1	Umsetzung des Produktionsumgebungsmodells und der Kontextinformationsmanagementmodule	118
4.1.2	Umsetzung von Erfassungsmodulen	121
4.1.3	Umsetzung von Funktions- und Präsentationsmodulen	132
4.2	Erprobungsbeispiel: Ungeplante Instandsetzung einer Werkzeugmaschine	137
4.3	Fazit und Ausblick	140
5	Zusammenfassung	142
6	Summary	145
7	Literaturverzeichnis.....	148

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Übersicht über die Nexus Idee in Anlehnung an (Rothermel 2007, S. 16), (Eißele 2010, S. 25)	21
Abbildung 2: Zusammenhang Fabrikobjekte und Produktionsumgebungsmodell anhand eines vereinfachten Beispiels	23
Abbildung 3: Lösungsansatz der Arbeit.....	25
Abbildung 4: Gliederung der Arbeit	27
Abbildung 5: Prozesse der Ad hoc Informationsbeschaffung.....	30
Abbildung 6: IT-Systeme in der Fertigung.....	38
Abbildung 7: Bestandteile eines RFID-Systems (Wagner 2009, S. 19), (VDI 4472-1, S. 4).....	64
Abbildung 8: Architektur der Nexus Plattform (Rothermel et al. 2006, S. 107)	70
Abbildung 9: Hauptanfragemerkmale des Umgebungsmodells der Produktion.....	82
Abbildung 10: Beispiel: Skalierung des Umgebungsmodells durch lokale Umgebungsmodelle	84
Abbildung 11: Pakete der Fabrikobjekttypen.....	85
Abbildung 12: Vereinfachte UML Notation	86
Abbildung 13: Merkmale des generischen Fabrikobjekts.....	87
Abbildung 14: Fabrikobjekttypen Paket Produkte	90
Abbildung 15: Fabrikobjekttypen Paket Prozess (Arbeitspläne)	91
Abbildung 16: Fabrikobjekttypen Paket Prozess (Protokolle)	92
Abbildung 17: Fabrikobjekttypen Paket Aufträge	94
Abbildung 18: Fabrikobjekttypen Paket Fabrikstruktur.....	95
Abbildung 19: Fabrikobjekttypen Paket Ressourcen (Maschine, Handarbeitsplatz, Lager).....	97
Abbildung 20: Fabrikobjekttypen Paket Ressourcen (Werkzeug, Vorrichtung, Prüfmittel).....	98

Abbildung 21: Fabrikobjekttypen Paket Ressourcen (Personal, Lagermittel, Transportmittel).....	99
Abbildung 22: Fabrikobjekttypen Paket Ressourcen (IT-Geräte).....	100
Abbildung 23: Fabrikobjekttypen Paket Ressourcen Infrastruktur	101
Abbildung 24: Fabrikobjekttypen Sensor und Ad hoc Meldung.....	103
Abbildung 25: Fabrikobjekttypen Paket Dokumente	105
Abbildung 26: Fabrikobjekttypen Paket Geschäftspartner	106
Abbildung 27: Systemarchitektur des fertigungsnahen Kontextinformationssystems	108
Abbildung 28: Funktionen des generischen FKIS-Erfassungsmoduls	109
Abbildung 29: Funktionsmodul zur automatischen Informationsfilterung	114
Abbildung 30: Funktionsmodul manuelle Informationsfilterung.....	115
Abbildung 31: Mehrfachverwendung von lokal vorhandenen Sensoren	117
Abbildung 32: Umsetzung der Systemarchitektur	119
Abbildung 33: Kontexterfassung stationäre Ressourcen Erzeugung	122
Abbildung 34: Kontexterfassung dynamischer Merkmale stationäre Ressource	124
Abbildung 35: Kombination unterschiedlicher RFID Technologien zur Ortung	126
Abbildung 36: Funktionen Ubisense Erfassungsmodul.....	127
Abbildung 37: Funktionen des RFID Erfassungsmoduls.....	128
Abbildung 38: Intelligenter Werkzeugkoffer zur Erfassung von Werkzeugen (Lucke, Constantinescu 2011)	129
Abbildung 39: Funktionen Erfassungsmodul MES-System.....	131
Abbildung 40: RFID-Handschuh zur Erfassung von mobilen Fabrikobjekten (Lucke, Constantinescu 2011)	133
Abbildung 41: Grundsichten der Smart Factory App in Anlehnung an (Wieland et al. 2010).....	135
Abbildung 42: Nexus Smart Factory Webclient in Anlehnung an (Wieland et al. 2010) ..	137
Abbildung 43: Räumliche Anordnung des Standorts.....	138

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Kategorien auslösender Ereignisse für die Ad hoc Informationsbeschaffung (Heiderich 2001, S. 26), (Hackstein 1989, S. 129)	29
Tabelle 2: Zuordnung von Methoden der Ad hoc Informationsbeschaffung zu Informationsquellen.....	31
Tabelle 3: W-Fragen, in Abwandlung an (Franck, Stary 2003, S. 159).....	46
Tabelle 4: Zuordnung des Ad hoc Informationsbedarfs eines Werkers zu fertigungsnahen IT-Systemen.....	47
Tabelle 5: Zuordnung des Ad hoc Informationsbedarfs eines Instandhalters zu fertigungsnahen IT-Systemen.....	49
Tabelle 6: Zuordnung des Ad hoc Informationsbedarfs eines Meisters zu fertigungsnahen IT-Systemen.....	51
Tabelle 7: Eigenschaften von RFID-Systemen (Wagner 2009, S. 74), (Finkenzeller 2002), (ten Hompel, Büchter, Franzke 2008, S. 104–119) ...	65
Tabelle 8: Ableitung von Hauptordnungskriterien. In Abwandlung an (Franck, Stary 2003, S. 159).....	78
Tabelle 9: Realisierungsformen zur Auswahl und Darstellung von Fabrikobjekten	116
Tabelle 10: Beispielzustände des Erfassungsmoduls Maschine (Lucke, Constantinescu 2010)	123

Abkürzungsverzeichnis

API	Application Programming Interface
AWML	Augmented World Modelling Language
AWQL	Augmented World Query Language
BAN	Body Area Network
BDE	Betriebsdatenerfassung
BLE	Bluetooth Low Energy
Bzw.	Beziehungsweise
CAD	Computer Aided Design
CAM	Computer Aided Manufacturing
CAO	Computer Aided Office
CAP	Computer Aided Planning
CAQ	Computer Aided Quality assurance
CIM	Computer Integrated Manufacturing
CIP	Context Integration Processes
CNC	Computerized Numerical Control
COO	Cell of Origin
DNC	Direct Numerical Control
EDV	Elektronische Datenverarbeitung
ERP	Enterprise Resource Planning
et al.	et alii (lateinisch): „und andere“
FKIS	Fertigungskontextinformationssystem
ggf.	gegebenenfalls
Ghz	Gigahertz

GPRS	General Packet Radio Service
GPS	Global Positioning System
ID	Identifikator oder Kennung
IPS	Instandhaltungsplanungs- und -steuerung
IR	Information Retrieval
ISA	Instrumentation, Systems and Automation Society
IT	Informationstechnik
IuK	Informations- und Kommunikationstechnologie
kHz	Kilohertz
KV	Kontextverwaltungsmodul
LAN	Local Area Network
LAN	Local Area Network
LTE	Long Term Evolution
m	Meter
MDE	Maschinendatenerfassung
MHz	Megahertz
mm	Millimeter
NC	Numerical Control
NFC	Near Field Communication
ODBC	Open Database Connectivity
PAN	Personal Area Network
PC	Personal Computer
PDA	Personal Digital Assistant
PDM	Product Data Management
PLM	Product Lifecycle Management

PPS	Produktionsplanung und -steuerung
prim.	primär
PUM	Produktionsumgebungsmodell
PZE	Personalzeiterfassung
RC	Roboter Control
RFID	Radio Frequency Identification
RSSI	Received Signal Strength Indication
SOAP	Simple Object Access Protocol
sog.	So genannten
SPS	speicherprogrammierbare Steuerungen
SQL	Structured Query Language
STEP	Standard for the Exchange of Product Model Data
TUM	Teilumgebungsmodell
UML	Unified Modelling Language
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System
UTC	Universal Time Coordinated
VDI	Verein Deutscher Ingenieure
Vgl.	Vergleiche
WAN	Wide Area Networks
WLAN	Wireless LAN
WOP	werkstatorientierter Programmierungssysteme
z. B.	zum Beispiel

1 Einleitung

1.1 Ausgangssituation und Problemstellung

Das Ziel einer Fabrik als produzierendem Unternehmen (Westkämper 2006a, S. 40) ist nach wie vor die wirtschaftliche Herstellung von materiellen Produkten. Das permanente Streben nach dem aktuellen Optimum von Kosten, Zeiten und Qualität, angefangen von den technischen Prozessen über die Arbeitsplätze bis hin zu den Produktionsnetzwerken ist der Antrieb zum Erreichen des Ziels und gleichzeitig notwendig zum Überleben der Fabrik am Markt. Die industrielle Fertigung ist innerhalb einer Fabrik von besonderer Bedeutung, da hier die physische Herstellung der Produkte stattfindet und die Grundstoffverarbeitung (Teilezuschnitt), die Teilefertigung und Montage umfasst¹ (Westkämper, Schloske 2011, S. S113), (Dangelmaier 2001, S. 4). Die Grundlage bilden Maschinen und Anlagen, Menschen, Betriebsmittel (Werkzeuge, Vorrichtungen und Prüfmittel), Transportmittel, Material, Energie sowie Informationen (Westkämper 2006a, S. 5), (Dangelmaier 2009, S. 1). Hierbei nehmen Daten, Informationen und Wissen zum Betrieb einer industriellen Fertigung eine Schlüsselrolle ein. Die Bandbreite reicht dabei von Informationen zur Fabrikstruktur, Prozessen, Ressourcen und Infrastruktur (Maschinen, Anlagen, Personal, Werkzeuge, Vorrichtungen, Prüfmittel), Produkten, Produktions- oder Fertigungsaufträgen, Sensoren, Aktoren, Ereignissen, Modellen und Dokumentationen. Ziel ist es die benötigte Information, am richtigen Ort, zur richtigen Zeit, der richtigen Person beziehungsweise Maschine zur Verfügung zu stellen, als Basis für die eigentliche physische Herstellung von Produkten.

Die Entwicklungen der vergangenen Jahre haben insbesondere die Rahmenbedingungen für die Produktion von Stückgütern verändert, wodurch sich neue Herausforderungen für die industrielle Fertigung und insbesondere für die Informationsbeschaffung ergeben. In einem Hochlohnland wie Deutschland waren die Grenzen eines Systems erreicht, welches

¹ Allgemein ist die Produktion der Bereich einer Fabrik, in welchem der Transformationsprozess von Material, Energie und Informationen zu materiellen Produkten stattfindet (Dangelmaier 2009, S. 1). Die industrielle Fertigung ist als spezielle Form der Produktion anzusehen, die durch einen hohen Mechanisierungsgrad, und die Anwendung wissenschaftlicher Methoden zur Verbesserung, Rationalisierung und Leistungssteigerung gekennzeichnet ist. Diese schließt die Teilefertigung und Montage ein (Westkämper 2006a, S. 9–15), (Westkämper, Schloske 2011, S. S113), (Dangelmaier 2001, S. 4).

hauptsächlich auf die Kostenführerschaft durch Rationalisierung ausgerichtet war, durch die Sättigung der Märkte und dem immer stärker werdenden globalen Wettbewerb (Westkämper 2006a, S. 15). Als Auswege zur Sicherung der Wettbewerbsfähigkeit haben sich speziell in Deutschland Strategien entwickelt, die auf die Kundenindividualisierung bei Produkten, die Technologieführerschaft bei Produkten und in der Produktion sowie eine hohe Produktqualität setzen (Som, Kinkel, Jäger 2011, S. 4), (Nyhuis 2010, S. 3). Parallel zu den veränderten Rahmenbedingungen müssen die klassischen Zielkonflikte der Produktion wie geringe Bestände, eine hohe Ressourcenauslastung, kurze Durchlaufzeiten oder eine geringe Terminabweichung im täglichen Betrieb weiter berücksichtigt werden. Aus diesen Entwicklungen entsteht der Druck, dass sich Fabriken permanent an die aktuelle Situation anpassen müssen (Westkämper 2009, S. 2).

Als Antwort auf diese Herausforderungen gehen die Entwicklungen hin zu Fertigungsarten der variantenreichen Serienfertigung mit teilindividuellen Arbeitsgangfolgen. Vorherrschendes Fertigungsprinzip ist die Werkstattfertigung, da mit steigender Anzahl unterschiedlicher Arbeitsgangfolgen die starre Verkettung der Produktionssysteme schwieriger und unwirtschaftlicher wird (Brinzer 2005, S. 19). Begleitend sind auf arbeitsorganisatorischer Ebene die Entwicklungen hin zu neuen Organisationsformen zu sehen, die mehr Autonomie, Selbstorganisation, Selbstoptimierung, Flexibilität und Dynamik als charakterisierende Merkmale besitzen und den Menschen wieder in den Mittelpunkt stellen (Westkämper, Schloske 2011, S. S112), (Bullinger, Stender, Modrich 2006, S. 41). Prominentes Beispiel auf Fertigungsebene ist die Einführung von Team- und Gruppenarbeit und Prozessverantwortlichkeiten. Die dadurch vergrößerten Handlungsspielräume des einzelnen Menschen in der Fertigung erfordern Zugriff auf Informationen, um auf Veränderungen schnell reagieren zu können (Sternemann 1999, S. 39). Weiterhin steigt durch die steigende Variantenvielfalt, den komplexer werdenden Produkten und Fertigungstechnologien sowie den gestiegenen Anforderungen hinsichtlich Prozessqualität der Informationsbedarf an jedem Arbeitsplatz in der Fertigung (Gerlach 2010, S. 18).

Gleichzeitig werden durch Anwendung von Lean-Prinzipien in der Fertigung im allgemeinen die Bestände und Zeitpuffer weiter reduziert und die Rationalisierung weiter vorangetrieben. Die Folge ist, dass Prozessschritte enger, teils unternehmensübergreifend, gekoppelt sind. Außerplanmäßige Ereignisse wie Maschinenausfälle können damit schnell große Auswirkungen haben (Lepratti et al. 2011, S. 62–63).

Aus diesem Grund ist ein schneller Überblick und Zugriff auf verschiedenartigste Informationen in einer variantenreichen Serienfertigung als Grundlage für die Entscheidungen und abzuleitenden Maßnahmen sowie zu deren Ausführung notwendig. Die Ad hoc Informationsbeschaffung dient hierbei aus der augenblicklichen Situation heraus, Informationen als Grundlage für eine zu treffende Entscheidung oder zur Ausführung einer eingeleiteten kurzfristigen Maßnahme zu suchen, zu sammeln und zu vernetzen.

Informations- und Kommunikationssysteme sind dabei die Werkzeuge, um die Änderungen in Produkten und den organisatorischen und technischen Prozessen zu planen, schnell zu übertragen und einzuführen. Hierfür kommen in einer variantenreichen Serienfertigung fertigungsnahe IT-Systeme zum Einsatz. Beispiele sind Betriebs- und Maschinendatenerfassungssysteme sowie auf übergeordneter Ebene Auftragsleitstände, die heute unter dem Begriff Manufacturing Execution Systems (MES) zusammengefasst werden (Kletti 2006, S. 22).

Diese bisherigen fertigungsnahen IT-Systeme sind in der überwiegenden Zahl für den Zugriff an stationären PC ausgelegt. Der Informationszugriff bzw. die -bereitstellung sollte dabei aufgaben- bzw. arbeitsplatzzentriert sein (Gerlach 2010, S. 18), (Neuschwinger 2003, S. 3). Beispiele sind Auftrags- und Montageanweisungen, das Laden von NC-Programmen und Werkzeugeinstellungen an Werkzeugmaschinen durch einen Facharbeiter oder das Einplanen von Aufträgen durch einen Werkstattmeister in seinem Büro an seinem Computer. Als eine erweiterte Form erlaubt das sogenannte „mobile computing“, den Zugriff von überall auf derartige Informationssysteme über mobile Endgeräte, wie „Smart Phones“ und „Tablet Computer“. Beispielsweise werden im Bereich der Logistik Arbeitsaufträge auf bereits mobile Endgeräte verschickt. Diese fertigungsnahen IT-Systeme erfüllen ihren Zweck hinreichend, solange sich die Aufgaben und das Umfeld nicht ändern. Jedoch treten im Alltag einer variantenreichen Serienfertigung häufig spontane Situationen auf, die außerhalb der definierten Aufgaben, Funktionen und Zugriffsmöglichkeiten der einzelnen fertigungsnahen IT-Systeme liegen. Besonders deutlich wird dies, wenn der normale Ablauf durch außerplanmäßige Ereignisse unterbrochen wird und angepasst werden muss, wie beispielsweise durch einen Maschinenausfall. Eine schnelle Reaktion ist daher unabdingbar, um die Auswirkungen auf andere Teile der Fertigung zu minimieren. Für die hier zu treffenden Entscheidungen und Maßnahmen sind aktuelle und richtige Informationen unabdingbar. In der Realität sind

die damit verbundenen Prozesse zur Beschaffung von Informationen komplex und zeitaufwändig. Diese Aussage wird durch eine Studie von Wilhelm bestätigt, dass 60% der befragten Mehrschichtbetriebe, prozessrelevante Informationen nicht zu jeder Zeit am Arbeitsplatz bereitstellen können. Auch wird im Rahmen dieser Studie von 15% der befragten Unternehmen bestätigt, dass die Informationssuche sehr aufwändig ist. Hauptgründe sind der begrenzte Zugang von Werkern zum Meisterbüro in Spät- und Nachtschichten oder allgemein zum entsprechenden IT-System (Wilhelm 2005, S. 86–89). Mit der Beschaffung der Information sind weitere nicht wertschöpfende Tätigkeiten wie die physische Suche, Wartezeiten und Laufwege verbunden. Abgesehen von organisatorischen Fragestellungen hinsichtlich der Prozesse und Zugriffsrechten wird der schnelle Zugriff auf Informationen durch die heute immer noch vorliegenden IT-Systemlandschaften erschwert. Diese sind gekennzeichnet durch die physische und logische Verteilung und Heterogenität der Informationen und Autonomie der IT-Systeme und Bereiche, die gleichzeitig die Grundprobleme der Informationsintegration darstellen (Leser, Naumann 2007, S. 50).

Dabei stellt sich heute weniger die Frage, ob eine Information bereits digital existiert, sondern vielmehr in welchem System diese vorhanden ist. Es fehlt eine Systematik, wie nach Information parametrisch gesucht werden kann und wie dieser Effekt für immer wiederkehrende Situationen verwendet werden kann. Dies muss dabei mehr sein, als die in vielen IT-Systemen enthaltene Volltextsuchfunktion. Hieraus ergibt sich die Motivation für neue Ansätze, die es ermöglichen während der „ad hoc“ Beschaffung von Informationen im täglichen Betrieb einer variantenreichen Serienfertigung, Zusammenhänge und die Umgebung zu berücksichtigen, in welcher diese gesucht und bereitgestellt werden. Damit ergibt sich das Potenzial nicht wertschöpfende Zeiten zur Informationsbeschaffung zu verringern und den Menschen unmittelbar und effizient zu unterstützen.

Zusammenfassend ausgedrückt lautet die motivierende Fragestellung dieser Arbeit:

„Wie kann der Mensch in der Ad hoc Informationsbeschaffung innerhalb einer variantenreichen Serienfertigung technisch unterstützt werden, um damit verbundene nicht wertschöpfende Zeiten und damit verbundene Tätigkeiten zu reduzieren?“

1.2 Umgebung und Ausgangspunkte der Arbeit

Die Fortschritte in den Informations- und Kommunikationstechnologien der letzten Jahre bieten Ansatzpunkte zur Lösung der aufgeworfenen Problemstellung dieser Arbeit. Durch den vorherrschenden Trend zur Miniaturisierung bei einem gleichzeitigen Preisverfall von Elektronik und Sensorik wird eine automatisierte, wirtschaftliche Informationserfassung und -bereitstellung in neuen Einsatzgebieten innerhalb einer variantenreichen Serienfertigung ermöglicht. Ein Beispiel ist der wachsende Einsatz von Radio Frequency Identifikation (RFID) Technologien zur automatischen und berührungslosen Identifizierung von Fabrikobjekten oder die zunehmende Verbreitung mobiler Endgeräte wie Smartphones und Tablet Computer. Diese Technologien bilden die Ausgangsbasis, Informationen über die physische Produktion zu erfassen und zu verarbeiten, wie Positionen oder Zustände von Maschinen, Bauteilen oder Werkzeugen.

Eng mit diesem Trend ist Marc Weisers Vision des „Smart Environments“ – einer intelligenten Umgebung – (Weiser 1991, S. 94) verbunden. Darin beschreibt Weiser eine physische Welt, die eng und unsichtbar mit Sensoren, Aktoren, Displays und Elementen von Computer verwoben ist. Diese sind nahtlos in Objekte des täglichen Lebens eingebettet und durch ein ständiges Netzwerk miteinander verbunden (Weiser 1991, S. 94). Voraussetzung für eine derartige intelligente Umgebung ist die Kenntnis und Einbeziehung über die umgebenden Objekte und deren Zusammenhang. Damit ist der Begriff des Kontexts eng verbunden, den Dey und Abowd als jede Information definieren, die verwendet werden kann, „die Situation einer Entität zu charakterisieren“ (Dey, Abowd 1999, S. 304). Eine Entität ist eine Person, ein Ort oder ein Objekt (Dey, Abowd 1999, S. 304). Darauf aufbauend definieren Dey und Abowd allgemein kontextbezogene Softwareanwendungen als „Anwendungen, die den Kontext verwenden, um dem Benutzer aufgabenrelevante Information bzw. Dienste anzubieten (Dey, Abowd 1999, S. 304).“ Als zwangsläufigem Aspekt dieser intelligenten Umgebung ergibt sich eine starke Verteilung und Dezentralisierung der Hard- und Software. Plattformen für den Austausch der Informationen zwischen den einzelnen Elementen sind hier von hoher Bedeutung, um auf die unterschiedlichen Informationen zugreifen zu können.

Im Rahmen des Sonderforschungsbereichs 627 „Umgebungsmodelle für mobile, kontextbezogene Systeme – Nexus“ wurde hierfür die sog. Nexus-Plattform entwickelt. Diese stellt die Grundbestandteile zum Datenmanagement bereit, auf der verteilte

kontextbezogene Softwareanwendungen entwickelt werden können. Die dahinterliegende Leitidee (Abbildung 1) ist es, auf Basis eines gemeinsamen Modells der realen Welt, dem sog. Umgebungsmodell, verschiedenen kontextbezogenen Softwareanwendungen gemeinsam die Nutzung von Informationen über den Zusammenhang und die Umgebung zu ermöglichen (Rothermel et al. 2006, S. 105–106).

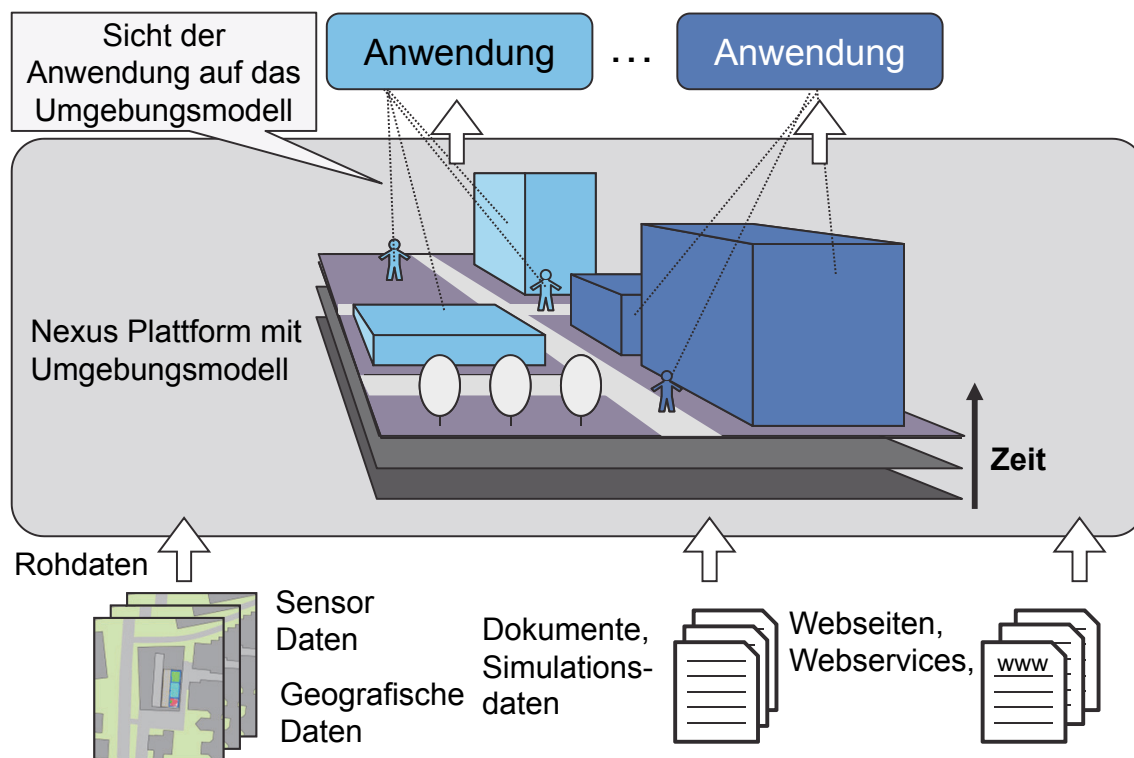


Abbildung 1: Übersicht über die Nexus Idee in Anlehnung an (Rothermel 2007, S. 16), (Eißele 2010, S. 25)

Ausgangspunkt für diese Arbeit bildet die von Westkämper entwickelte Idee der „Smart Factory“, in der die Modelle in der digitalen Welt mit realen Informationen aus der Fertigung ständig aktualisiert werden. Damit wird die permanente Optimierung über den Lebenszyklus einer Fabrik, durch den Einsatz von Datenerfassungs- und Datenfiltertechnologien, die in die Umgebung eingebunden sind, ermöglicht (Westkämper, Jendoubi 2003, S. 13). Jendoubi verwendete diesen Ansatz in seiner Arbeit für das Management mobiler Betriebsmittel wie Werkzeuge, Vorrichtungen und Prüfmittel (Jendoubi 2007, S. 143–144).

1.3 Zielsetzung und Lösungsansatz

Ausgehend von der Ausgangssituation muss heute eine variantenreiche Serienfertigung sich schnell an Veränderungen anpassen können. Die Verfügbarkeit von aktueller Information bei zu treffenden Entscheidungen, die einen Bezug auf die umgebenden Fabrikobjekte besitzen, ist ein wesentlicher Faktor, um Veränderungen schneller ausführen zu können und Verluste infolge fehlender Information zu reduzieren (Westkämper 2006b).

Daraus leitet sich das Ziel dieser Arbeit ab, ein IT-System zu entwerfen, welches Werker, Meister und Instandhalter in Situationen der augenblicklichen Informationsbeschaffung mit einem kurzfristigen Entscheidungs- und Handlungshorizont (Ad hoc Informationsbeschaffung) innerhalb einer variantenreichen Serienfertigung unterstützt. Als Ergebnis wird eine Verminderung nicht wertschöpfender Tätigkeiten angestrebt, die im Zusammenhang mit der Ad hoc Informationsbeschaffung auftreten. Neben der eigentlichen Suche sind dies Laufwege, die Benachrichtigung und die Abstimmung mit anderen Personen.

Die Grundlage für die Lösung bildet ein dynamisches Abbild der Fertigung, das den Zweck hat, die Informationen aus unterschiedlichen fertigungsnahen IT-Systemen zu vernetzen und für einen schnellen und einfachen Zugriff zur Ad hoc Informationsbeschaffung zu strukturieren. Zur Veranschaulichung kann dieses mit einem Verzeichnis verglichen werden. Während bei einem herkömmlichen Verzeichnis beispielsweise das Alphabet oder der Ort² als Ordnungskriterium verwendet wird, besitzt dieses dynamische Modell als Hauptordnungskriterien die Zugehörigkeit zu einer bestimmten Gruppe (Typ), die Identität eines Gegenstands, dessen Ort und Betriebszustand³ über der Zeit. Die Gegenstände können hierbei von materieller⁴ und immaterieller⁵ Natur sein. Für die Modellierung wird ein objektbasierter Ansatz verwendet, um die Ordnungskriterien gemeinsam mit verknüpften Informationen entweder direkt oder indirekt als Verweis abzubilden (Abbildung 2). Die Ordnungskriterien werden auch als Kontextinformationen bezeichnet, da sich mit deren Hilfe der dynamische Zusammenhang zwischen den Fabrikobjekten beschreiben lässt. Die Gesamtheit dieser Fabrikobjekte zur Laufzeit wird unter dem Begriff

² Beispielsweise bei Telefonbüchern.

³ Beispiele für Betriebszustände sind: An, Aus, Verfügbar, in Störung.

⁴ Maschinen und Anlagen, Infrastruktur, Betriebsmittel und Personal.

⁵ z. B. Aufträge oder Dokumentationen.

Produktionsumgebungsmodell (PUM) (vgl. Kapitel 3.1) zusammengefasst und bildet den Informationsraum für die Suche.

Ein weiterer Punkt der Lösungsidee ist es, auf Basis des Produktionsumgebungsmodells und der Ordnungskriterien, die Informationen und deren Zusammenhang dynamisch in Abhängigkeit der Umgebung zur Verfügung zu stellen. Damit wird es ermöglicht einen schnellen Überblick über die aktuelle Lage in einer Fertigung zu gewinnen und bei Bedarf schnell auf gespeicherte Detailinformationen sowie Funktionen der vorhandenen fertigungsnahen IT-Systeme zuzugreifen.

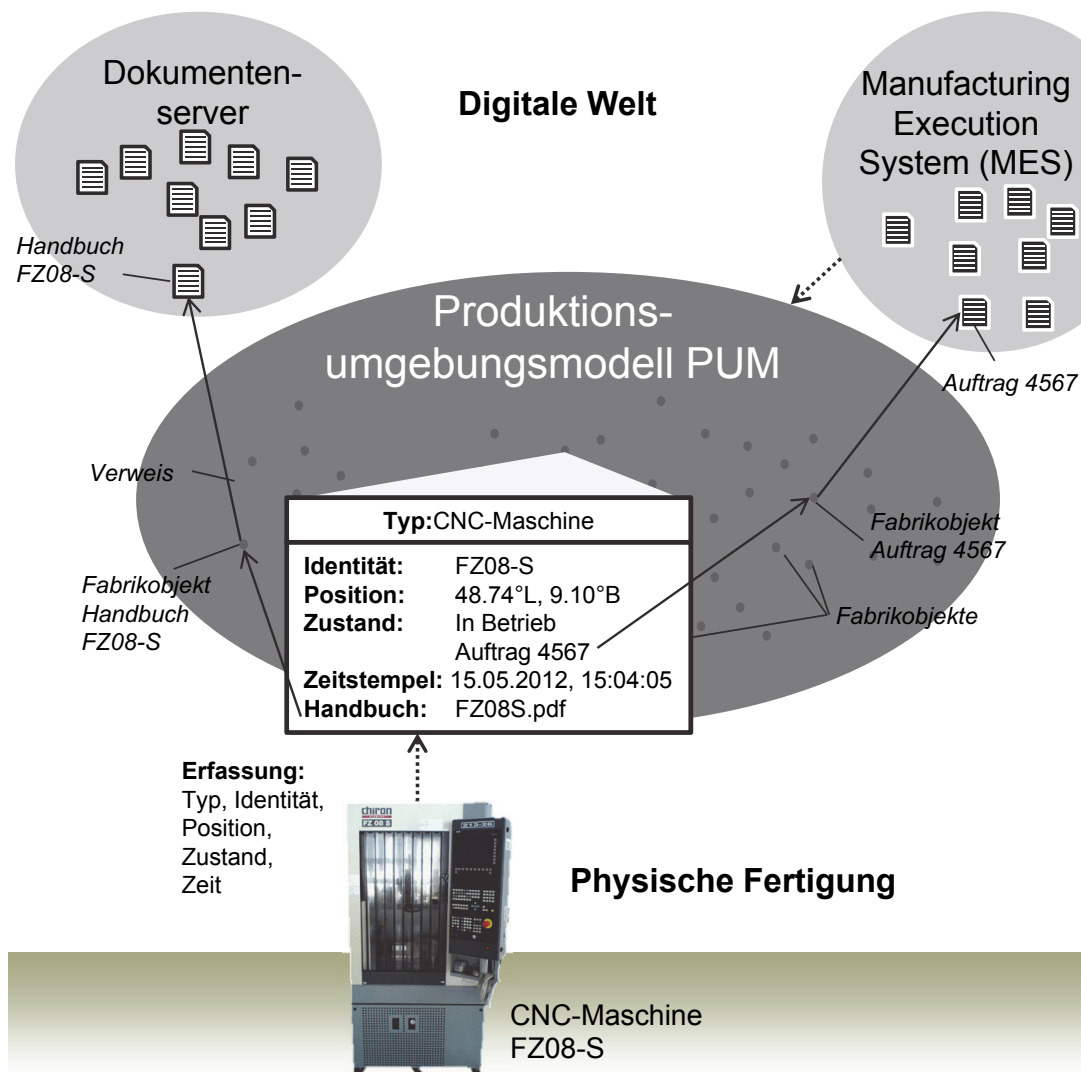


Abbildung 2: Zusammenhang Fabrikobjekte und Produktionsumgebungsmodell anhand eines vereinfachten Beispiels

Auf technischer Ebene bilden sogenannte kontextbezogene Systeme⁶ aus der Informatik hier eine konzeptionelle Basis, um Inhalte und deren Zusammenhang zwischen den Informationen ad hoc – also aus der Situation heraus – dynamisch und aktuell zur Verfügung zu stellen. Für vordefinierte Situationen, die mit Ereignissen, sogenannten „Ad hoc Meldungen“, verknüpft sind, kann die Informationsfilterung automatisiert erfolgen. Damit kann der Mensch als Entscheider bereits für eine Aufgabe notwendige Informationen aufgabenspezifisch vorgefiltert und zusammengestellt erhalten (z. B. für Maschinenstörungen). Für unbekannte Situationen kann die Filterung manuell anhand der Hauptkriterien erfolgen und so die Ad hoc Informationsbeschaffung technisch beschleunigen (Abbildung 3).

In diesem Zusammenhang bildet die Verfügbarkeit von Informationen innerhalb der gesamten Fertigung, die Basis für die Umsetzung des Produktionsumgebungsmodells. Notwendige Aspekte der Verfügbarkeit sind die Erfassung, das Management und technische Bereitstellung der Informationen. Die Verfügbarkeit von Information kann durch den Einsatz neuer Technologien gesteigert werden. Schlüsseltechnologien zur Umsetzung sind in Anlehnung an (Friedewald et al. 2010, S. 59), (Bruns 2005, S. 35):

- Kontextinformationserfassungsverfahren in der physischen Fertigung
 - Automatische Identifikations- und Datenerfassungsverfahren
 - Ortungsverfahren
 - Sensoren und Sensornetzwerke
- Mobile Kommunikationstechnologien
- Middleware zum Kontextinformationsmanagement und
- Benutzerschnittstellen.

Diese Aspekte der Verfügbarkeit der Kontextinformation zur Vernetzung der Informationen werden im sogenannten fertigungsnahen Kontextinformationssystem (FKIS) adressiert.

Zusammenfassend umfasst die Lösung das Produktionsumgebungsmodell und die Systemarchitektur des fertigungsnahen Kontextinformationssystems. Das Produktionsumgebungsmodell beschreibt und vernetzt enthaltene Informationen und Zusammen-

⁶ Kontextbezogene Systeme bestehen dabei aus sog. kontextbezogenen (Software-)Anwendungen und Hardware. Vgl. Kapitel 2.5 Kennzeichen kontextbezogener Systeme.

hänge einer variantenreichen Serienfertigung. Die Systemarchitektur ist modular aufgebaut und weist die Kennzeichen eines verteilten Systems auf. Es werden die einzelnen generischen technischen Funktionen beschrieben, um die Ad hoc Informationsbeschaffung zu unterstützen. Das entworfene modulare System soll eine Grundlage für Umsetzungen in einer variantenreichen Serienfertigung bilden.

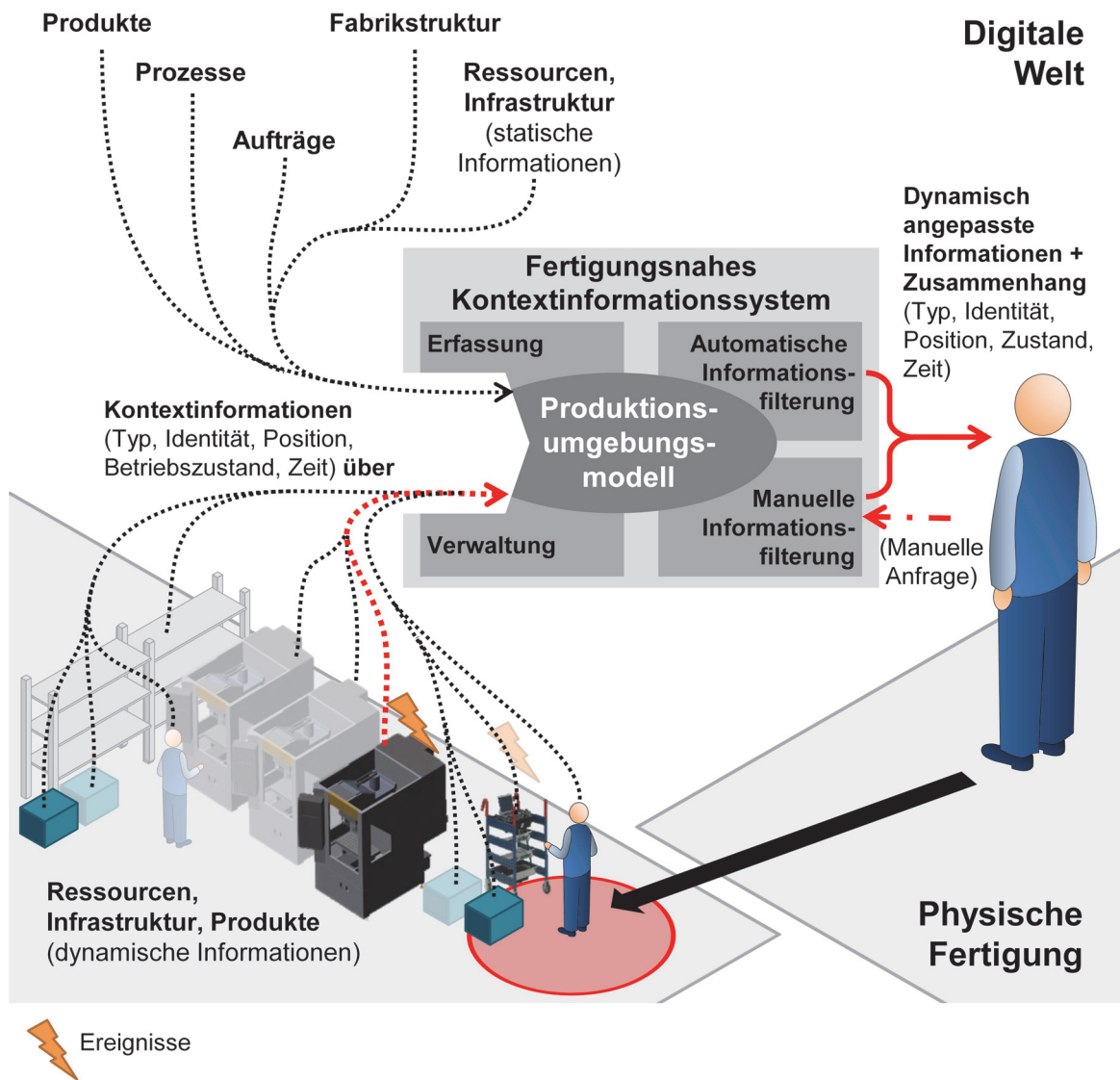


Abbildung 3: Lösungsansatz der Arbeit

1.4 Gliederung der Arbeit

Die vorliegende Arbeit untergliedert sich in die folgenden Kapitel (Abbildung 4):

- Kapitel 1 Einleitung

Als erstem Schritt wird die Problemstellung der Ad hoc Informationsbeschaffung in einer variantenreichen Serienfertigung beschrieben. Daraus wird das Ziel der Arbeit und die zentrale Aufgabenstellung, der Entwurf eines aufgabenspezifischen IT-Systems, dem fertigungsnahen Kontextinformationssystem, zur Unterstützung von Werkern, Meistern und Instandhaltern in der Ad hoc Informationsbeschaffung in der Fertigung motiviert. Das fertigungsnahen Kontextinformationssystem besteht aus dem Produktionsumgebungsmodell und der technischen Systemarchitektur.

- Kapitel 2 Grundlagen für das fertigungsnahen Kontextinformationssystem

In diesem Kapitel werden die Grundlagen, die der Arbeit zugrunde liegen, definiert. Ausgehend von einer Begriffsbestimmung werden die auftretenden Situationen und Prozesse charakterisiert sowie die relevanten Informationen, deren Darstellungs- und Übermittlungsformen mit dem Fokus auf fertigungsnahen IT-Systeme untersucht. In der weiteren Analyse werden für die Nutzergruppen Werker, Meister und Instandhalter für die identifizierten Prozesse während der Ad hoc Informationsbeschaffung die benötigten Informationen und fertigungsnahen IT-Systeme zugeordnet. Diese Analyse dient als Ausgangspunkt für die Konzeption des Produktionsumgebungsmodells und der technischen Systemarchitektur. Anschließend werden der Stand der Forschung und Technik für die relevanten Bereiche der Arbeit dargestellt sowie die Defizite herausgearbeitet. Weiterhin werden die technischen Grundlagen kontextbezogener Systeme betrachtet, die für die Lösung der Aufgabenstellung notwendig sind. Abschließend werden Anforderungen an das fertigungsnahen Kontextinformationssystem dargestellt.

- Kapitel 3 Konzeption des fertigungsnahen Kontextinformationssystems

Auf Basis der abgeleiteten Defizite und Anforderungen wird das Gesamtkonzept des fertigungsnahen Kontextinformationssystems entwickelt, welches aus zwei Teilmodellen besteht. Dies ist zum einen das Produktionsumgebungsmodell, einem Informationsmodell, um Fabrikobjekte und deren Zusammenhang abzubilden und zum anderen die Systemarchitektur des fertigungsnahen Kontextinformationssystems.

- Kapitel 4 Prototypische Umsetzung und Validierung

Die praktische Umsetzbarkeit des Systemmodells wird im Rahmen der prototypischen Implementierung in einer Fertigung nachgewiesen und anhand des Erprobungsbeispiels „Ungeplante Instandsetzung einer Werkzeugmaschine“ gezeigt. Fazit und der Ausblick auf weitere Entwicklungspotenziale des Arbeitsgebiets schließen die Arbeit ab.



Abbildung 4: Gliederung der Arbeit

2 Grundlagen für das fertigungsnahe Kontextinformationssystem

In den folgenden Kapiteln werden die Grundlagen, die für die Lösung der Arbeit relevant sind, betrachtet. Zunächst werden neben der Begriffsbestimmung die Situationen und Prozesse charakterisiert, in denen der Vorgang der Ad hoc Informationsbeschaffung in einer variantenreichen Serienfertigung auftritt. Anschließend werden die auftretenden Informationen, deren Darstellungs- und Übermittlungsformen untersucht. Hierbei wird insbesondere ein Überblick über fertigungsnahe IT-Systeme und deren typische enthaltene Informationen gegeben, da diese die Mehrzahl der zu vernetzenden Informationen aus der digitalen Welt enthalten. Danach werden für die Nutzergruppen Werker, Meister und Instandhalter für die identifizierten Prozesse während der Ad hoc Informationsbeschaffung die benötigten Informationen und fertigungsnahen IT-Systeme zugeordnet, welche diese typischerweise enthalten. Diese Analyse dient als Ausgangspunkt für die Konzeption des Produktionsumgebungsmodells und der technischen Systemarchitektur. Anschließend werden vorhandene Ansätze in der Wissenschaft und Technik betrachtet und auf kontextbezogene Systeme als der technischen Grundlage des Konzeptes des fertigungsnahe Kontextinformationssystems eingegangen.

2.1 Begriffsbestimmung und Kennzeichen der Ad hoc Informationsbeschaffung

Ursprünglich stammt das Wort „ad hoc“ aus dem Lateinischen und bedeutet „hierfür, zu diesem“ und drückt aus, dass ein Gegenstand oder eine Handlung aus dem Augenblick heraus entstanden ist (Duden 2003). Demzufolge wird die Ad hoc Informationsbeschaffung als Vorgang definiert, um aus der augenblicklichen Situation heraus benötigte Informationen zu suchen und zu sammeln. Als Einschränkung zu einer normalen Informationsbeschaffung, beispielsweise im Rahmen einer Fabrikplanung oder geregelten Auftragseinplanung, ist die Ad hoc Informationsbeschaffung in einer variantenreichen Serienfertigung durch den plötzlichen, unerwarteten Informationsbedarf und einer erwarteten kurzfristigen Beurteilung, Einleitung oder Ausführung einer Maßnahme gekennzeichnet. Zwar treten diese Situationen nur sporadisch auf, jedoch ist die Dringlichkeit für eine Lösung in der Regel groß, um Auswirkungen zu begrenzen und

möglichst schnell zum ursprünglichen Plan zurückzukehren. Es können zwei Grundsituationen (Abbildung 5) in einer variantenreichen Serienfertigung unterschieden werden, in denen die Ad hoc Informationsbeschaffung auftritt:

1. Als Teil eines Entscheidungsprozesses, in welchem die Ergebnisse der Ad hoc Informationsbeschaffung die Grundlage für eine zu treffende Entscheidung bilden. Auslöser sind hier eines oder mehrere ungeplante Ereignisse, wie kurzfristige Abweichungen und Störungen an Prozessen, die im Alltag einer variantenreichen Serienfertigung auftreten. Die Bandbreite ist hierbei sehr groß, sodass diese sich in der Gesamtheit nicht individuell beschreiben lassen. Eine Kategorisierung lässt sich hinsichtlich der Auftrittsorte vornehmen, die in Bezug zur variantenreichen Serienfertigung stehen. In Tabelle 1 sind auf Basis einer Literaturanalyse typische auslösende ungeplante Ereignisse in einer variantenreichen Serienfertigung dargestellt (Heiderich 2001, S. 26), (Hackstein 1989, S. 129). Ad hoc Meldungen dienen hier als Informationsträger. Sie charakterisieren ungeplante Ereignisse und sind nicht standardisiert.

Kategorie	Auslösendes Ereignis
Fertigungssteuerung	Lieferverzögerung von Einkaufsteilen
	Kundenauftragsänderung, -stornierung
	Eilauftrag
Personal	Fehlt (Krankheit, Betriebsunfall, unentschuldigtes Fehlen, kurzfristiger Urlaub)
	Ungenügende Qualifikation
Material	Material, Einzelteil/Baugruppe fehlt oder defekt
	Falsche, unvollständige, fehlerhafte Bezeichnung (Halbzeuge und Endprodukte)
Ressourcen (Maschinen und Anlagen, Betriebsmittel, Transportmittel, Fördermittel)	Maschinen und Anlagenfehler
	Werkzeug fehlt oder fällt aus
	Vorrichtung fehlt oder defekt
	Prüfmittel fehlt oder defekt
	Transportmittel fehlt oder defekt
	Fördermittel fehlt oder defekt
	Reihenfolgeänderung auf vorhergehender Maschine
	Fertigungsschwierigkeiten (Erstauftrag, unzweckmäßiges Verfahren, fehlerhafte/überkomplizierte Konstruktion)
	Einrichtungsschwierigkeiten
Qualitätskontrollfehler / Kontrolle versäumt	
Umwelteinflüsse	Ausfall Energiezufuhr und Medien
	Naturkatastrophen (Brand, Wasser, Blitzschlag)

Tabelle 1: Kategorien auslösender Ereignisse für die Ad hoc Informationsbeschaffung (Heiderich 2001, S. 26), (Hackstein 1989, S. 129)

2. Als Teil einer kurzfristig eingeleiteten Maßnahme, in welcher die Ergebnisse der Ad hoc Informationsbeschaffung für deren weitere Ausführung benötigt werden.

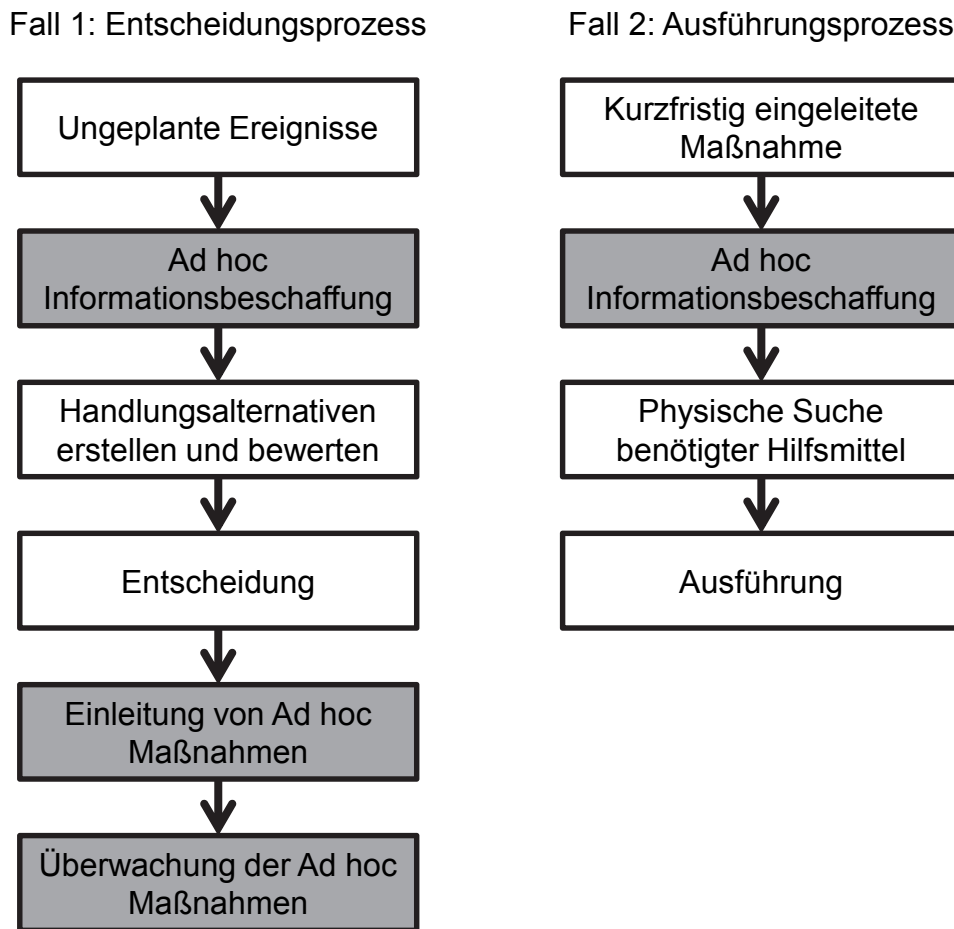


Abbildung 5: Prozesse der Ad hoc Informationsbeschaffung

Die Methoden der Ad hoc Informationsbeschaffung lassen sich gegenüber einer allgemeinen Informationsbeschaffung in der Produktionsplanung, der Fabrikplanung oder der Produktentwicklung hinsichtlich der Zeitdauer und Planung abgrenzen, wie beispielsweise bei einer Marktstudie. Diese umfassen persönliche Gespräche, Telefonate, Suche in Dokumenten und Aufzeichnungen und die Beobachtung von Vorgängen, die in der Praxis mit den möglichen allgemeinen Informationsquellen verknüpft sind (Tabelle 2). Mögliche Informationsquellen sind dabei die Menschen selbst, papiergebundene und elektronische Dokumente und Aufzeichnungen sowie die Maschinen und Anlagen selbst. Dokumente und Aufzeichnungen werden dabei als Information und ihr Trägermedium angesehen (DIN 9000, S. 29).

Informationsquellen Methoden	Menschen (Werker, Instandhalter, Meister, Kundendienst)	Papiergebundene Dokumente und Aufzeichnungen	Elektronische Dokumente und Aufzeichnungen, Datenbanken (unternehmensintern und extern/Internet)	Maschinen, Anlagen und Betriebsmittel
Persönliches Gespräch				
Telefonat				
Suche				
Beobachtung von Vorgängen				

Tabelle 2: Zuordnung von Methoden der Ad hoc Informationsbeschaffung zu Informationsquellen

Das Ergebnis der Ad hoc Informationsbeschaffung entsteht durch die Kombination und Bewertung der Inhalte der angefragten Informationsquellen. Die Bandbreite angefragter Informationen während einer Ad hoc Informationsbeschaffung ist sehr vielfältig und heterogen. Diese reicht von Planungsinformationen bis hin zu aktuellen Prozessinformationen. Sie werden in den folgenden Abschnitten gemeinsam mit den Darstellungsformen und Übertragungsformen näher betrachtet. Hierbei wird insbesondere auf elektronisch vorhandene Informationen in den fertigungsnahe IT-Systemen eingegangen.

2.2 Informationen und Trägermedien in einer variantenreichen Serienfertigung

Das Spektrum an auftretenden Informationen in einer variantenreichen Serienfertigung ist sehr vielfältig und heterogen, es reicht von Planungsinformationen bis hin zu aktuellen Prozessinformationen. Auf Basis einer Literaturanalyse werden diese in die folgenden verschiedenen Kategorien eingeteilt (Neuschwinger 2003, S. 76), (Wilhelm 2005, S. 65–68), (Lang 2007, S. 21), (Schack 2008, S. 89–90), (Weimer 2010, S. 74–113), (Wiendahl 1997), (REFA 1991).

2.2.1 Produktbezogene Informationen

Produktinformationen beschreiben die Eigenschaften und Erzeugnisstruktur des herzustellenden Produkts. In einer variantenreichen Serienfertigung sind diese ein Teil der Arbeitsunterlagen. Die Trägermedien sind die Fertigungszeichnungen, die Baugruppenzeichnungen, die Produktstücklisten und die begleitenden Dokumentationen, wie Datenblätter, Bedienungsanleitungen und Sicherheitsanweisungen oder Verwendungsnachweise. Diese enthalten Informationen hinsichtlich der verwendeten Werkstoffe, der Geometrie, der Form und Lagetoleranzen, der benötigten Hilfsstoffe sowie deren Zusammensetzung. Sie bilden die Basis für Arbeitspläne und Prüfpläne.

2.2.2 Prozessbezogene Informationen

Prozessbezogene Informationen lassen sich in zwei unterschiedliche Gruppen untergliedern, in prozessbezogene Planungsinformationen und prozessbezogene Protokollinformationen.

Prozessbezogene Planungsinformationen beschreiben Fertigungs-, Montage- und Prüfvorgänge und die Reihenfolgen, die auftragsunabhängig zum Herstellen eines Produktes notwendig sind. Außerdem beschreiben prozessbezogene Informationen die Vorgänge und Reihenfolgen, die zur Instandhaltung der Maschinen und Anlagen, der Arbeitsplätze, der Infrastruktur sowie der Betriebsmittel notwendig sind.

Verwendete Darstellungsformen sind hier der auftragsunabhängige Arbeitsplan, Steuerungsprogramme (NC-Programme und SPS-Programme), Prüfpläne, Fertigungs- und Montagestücklisten. Im Arbeitsplan werden für jeden Arbeitsvorgang, das notwendige Material, der Arbeitsplatz, Betriebsmittel, Rüst- und Vorgabezeiten und ggf. die Lohngruppe spezifiziert (REFA 1991, S. 134), (Wiendahl 1997, S. 199). Im Arbeitsplan sind der Ausgangs- und Endzustand sowie die notwendigen Arbeitsschritte beschrieben. Im Prüfplan sind zusätzliche teilespezifisch zu prüfende Qualitätsmerkmale (Form, Lage, aber auch Maschinenparameter, wie Drehzahlen oder Kräfte), Toleranzen, der Umfang oder Häufigkeit und deren Protokollierung der gemessenen Werte vorgegeben. In Instandhaltungsarbeitsplänen sind geplante Wartungs- und Instandsetzungsvorgänge und deren Dokumentationen für Maschinen und Anlagen, der Arbeitsplätze, der Infrastruktur sowie der Betriebsmittel detailliert. In diesem Zusammenhang werden aufgetretene Störungen und Entstörungsmaßnahmen als weitere prozessbezogene Informationen in

Störungsdokumentationen abgebildet. Diese beinhalten eine Information über aufgetretene Häufigkeiten, Fehlerausprägungen, Ursachen aufgetretener Störungen und Vorgehensweisen zur Entstörung. Weitere Darstellungsformen werden in sogenannten ergänzenden Arbeitsunterlagen zusammengefasst, welche alle Arten von Arbeitsplänen erweitern. Diese umfassen Arbeitsanweisungen, Arbeitsunterweisungspläne, Aufspannpläne, kommentierte Fotos oder Betriebsvorschriften, um alle Vorgänge ausreichend eindeutig und vollständig zu spezifizieren. Die Form und der Inhalt sind hier nicht standardisiert (REFA 1991, S. 246). Prozessbezogene Protokollinformationen beschreiben die erfassten Werte aus der physischen Fertigung, der zuvor in den Arbeitsplänen, Prüfplan und Instandhaltungsarbeitsplan zu messenden Merkmale. Typische Dokumentenformen sind neben eigenständigen Protokolltabellen, auftragsabhängige ergänzte Arbeitspläne (Fertigungsauftrag), Prüfpläne oder Instandhaltungspläne.

2.2.3 Auftragsbezogene Informationen

Auftragsinformationen legen alle dynamischen, relevanten Informationen zur konkreten Fertigung, zur Montage, zum Transport, zum Prüfen eines Produktes und zur Instandsetzung einer Ressource fest. Hauptinformationsträger ist der auftragsabhängige Arbeitsplan, der den auftragsunabhängigen Arbeitsplan mit den Auftragsinformationen ergänzt. In Abhängigkeit des Bereichs in der Fertigung werden spezifische Auftragsstypen verwendet, die im Folgenden mit den enthaltenen wesentlichen Informationen dargestellt werden. Gemeinsam ist allen Auftragsarten in einer variantenreichen Serienfertigung der Orts-, Zustands- und Zeitbezug sowohl als Zielvorgabe wie auch als aktuelle zurückgemeldete Information.

- **Teilefertigungs- und Montageaufträge:** Enthaltene Informationen sind die Kennzeichnung (Name und Auftragsnummer), Stückzahl, Fertigstellungstermin und die konkreten eingeplanten Ressourcen (Maschinen und Anlagen, Werkzeuge, Vorrichtungen, Personal) und der aktuelle Bearbeitungszustand.
- **Transportaufträge:** Enthaltene Informationen sind die Kennzeichnung (Name und Auftragsnummer), der Transportgegenstand, der Ausgangs- und Zielort, der Termin, die konkreten zu verwendenden Lager- und Transportmittel sowie der aktuelle Bearbeitungszustand.

- Prüfaufträge: Enthaltene Informationen sind die Kennzeichnung (Name und Auftragsnummer), das zu prüfende Produkt, die notwendigen Prüfmittel, Termine, der Bearbeitungszustand und die Messergebnisse.
- Instandhaltungsaufträge: Enthaltene Informationen sind die Kennzeichnung (Name und Auftragsnummer), die instand zusetzende Ressource, Termine, das notwendige Personal, sofern bereits absehbar, notwendige Werkzeuge, Prüfmittel und Ersatzteile, der Bearbeitungszustand sowie die Dokumentation der gemachten Instandsetzungsarbeiten.

2.2.4 Fabrikstrukturinformationen

Fabrikstrukturinformationen beschreiben den Aufbau und Zusammensetzung eines Fabrikstandorts. Darstellungsformen sind Fabriklayoutzeichnungen und Fabrikstücklisten. Diese enthalten Informationen zu Typ, Anzahl, Anordnung bzw. Position der enthaltenen Ressourcen und Infrastruktur (Verkehrswege, Energie und Medien), Lager, Sperrflächen sowie organisationale Informationen, wie Kostenstellen.

2.2.5 Ressourcen- und Infrastrukturinformationen

Ressourcen- und Infrastrukturinformationen beschreiben die Maschinen, Anlagen und Arbeitsplätze, Transportmittel, Fördermittel, Betriebsmittel (Werkzeuge, Vorrichtungen und Prüfmittel), Personal, Gebäude, enthaltene Verkehrswege und Anschlüsse für Energie und Medien (Wiendahl 1997, S. 330), (DIN 14493, S. 105), (Schack 2008, S. 89). Die Darstellungsformen sind Sachmerkmalstabellen, Zeichnungen, 3D-Geometriemodelle und begleitende Dokumente der technischen Dokumentation, wie Datenblätter, Bedienungsanleitungen, Fehlerbehandlungsroutinen, Sicherheitsanweisungen, Maschinenkonfigurationsdatensätze bzw. -dateien, Werkzeugkorrekturdatensätze bzw. -dateien oder Simulations-, Kapazitäts- und Schichtmodelle. Enthaltene Informationen betreffen die Identität (Typ, Name, Identifikationsnummer, Beschreibung), den aktuellen Betriebszustand, Verfügbarkeiten, Bestände, die theoretische und verfügbare Leistung sowie Kapazität, die Betriebszeiten, evtl. Rüstinformationen und -zeiten, Gestaltsinformationen (Abmessungen, Werkstoff, Gewicht), die technische Verfügbarkeit, die Wartungsintervalle sowie organisationale Informationen (Bereich, Abteilung, Kostenstellen). Weitere Informationen betreffen monetäre Aspekte (Maschinenstundensätze, Anschaffungskosten oder

Lohnkosten), die im Rahmen der Ad hoc Informationsbeschaffung nicht von primärer Bedeutung sind.

2.2.6 Organisationale Informationen

Organisationale Informationen beschreiben die Organisationsstruktur und administrative Abläufe, die mit einer variantenreichen Serienfertigung verbunden sind. Informationsträger sind Organigramme und Flussdiagramme und sogenannte Dokumente. Im Alltag einer variantenreichen Serienfertigung treten in diesem Zusammenhang hauptsächlich Beschaffungs-, Aussonderungs- und Urlaubsanträge als administrative Dokumente auf. Informationen sind der Name der Organisationseinheit (Bereich, Abteilung, Gruppe) und die zugeordneten Ressourcen, Infrastrukturen, Produkte, Produktionsprozesse und andere Organisationseinheiten. Die administrativen Abläufe enthalten analog zum Produktionsprozess die Reihenfolge und Schritte eines administrativen Ablaufs, verantwortliche Organisationseinheiten oder Personen und benötigte administrative Dokumente.

2.2.7 Formen der Informationsübertragung in einer variantenreichen Serienfertigung

Die Informationen und Informationsträger können über verschiedene Formen vermittelt werden, deren verschiedene Ausprägungen im Folgenden kurz dargestellt werden (Neuschwinger 2003, S. 63–66), (Lang 2007, S. 31), (Wilhelm 2005, S. 85).

2.2.7.1 Mündliche Mitteilungen

In der Praxis einer variantenreichen Serienfertigung immer noch wichtige Variante ist das mündliche Weitergeben von Informationen im direkten persönlichen Gespräch oder per Telefon. Studien zeigten, dass 50-60% der Kommunikation mündlich erfolgen (Wilhelm 2005, S. 85), (Lang 2007, S. 31). Diese Form der Kommunikation besitzt zwar den Vorteil der Schnelligkeit, jedoch ist diese flüchtig, sodass diese zu einem späteren Zeitpunkt schwer nachvollziehbar ist (Wilhelm 2005, S. 85). Besonders Informationen mit einem „ad hoc“ Charakter, wie Störungsmeldungen und erste Maßnahmen, werden mündlich übertragen.

2.2.7.2 Papiergebundene Übermittlung

Die papiergebundene Übermittlung von Informationen in einer variantenreichen Serienfertigung ist nach wie vor eine weitverbreitete Form. Vorteile sind die größere Nachvollziehbarkeit und Transparenz im Vergleich zur mündlichen Kommunikation. Inhalte werden auf Begleitkarten und Tapeten ausgedruckt und in Heftern oder Ordnern zusammengefasst. Probleme entstehen hinsichtlich der Informationsbeschaffung, Aktualität und Konsistenz der Informationen. Hauptursache ist die physische Verteilung der papiergebundenen Informationen an Maschinen, Arbeitsplätzen und Büros. Insbesondere bei der Ad hoc Informationsbeschaffung ist meist nur teilweise bekannt, wo sich die Informationen befinden. Bestätigt wird dies durch die Ergebnisse einer Studie von Wilhelm, wonach die Erstellung und Pflege der papierbasierten Information viel Aufwand erfordert, um Konsistenz und Aktualität zu gewährleisten.

2.2.7.3 Elektronische Übermittlung

Weitere in einer variantenreichen Serienfertigung inzwischen verbreitete Form der Übermittlung von Informationen ist mit IT-Systemen. Diese besteht aus Hardware und Software. Während die Hardware die Infrastruktur für die Kommunikation der Information darstellt, realisiert die Software die höheren Funktionen. In der industriellen Praxis sind heute häufig stationäre Computer anzutreffen, die entweder innerhalb oder an der Maschine direkt, als Fertigungsinselcomputer oder im Meisterbüro als Bürocomputer realisiert sind. Die Informationen werden visuell auf Anzeigen, Bildschirmen oder akustisch dargestellt. Mit mobilen Endgeräten und drahtlosen Kommunikationstechnologien, wie beispielsweise Long Term Evolution (LTE), Universal Mobile Telecommunications System (UMTS), Wireless LAN (WLAN) oder Bluetooth, wird der Zugang und Bereitstellung der Informationen an allen relevanten Orten innerhalb der Fertigung ermöglicht. Die Software realisiert die höheren Funktionen zur Planung, Betrieb und Überwachung einer variantenreichen Serienfertigung und wird im folgenden Kapitel näher detailliert. Die Vorteile der elektronischen Übermittlung sind die Geschwindigkeit der Informationsverteilung, die Dokumentation der Vorgänge und die Transparenz der Prozesse, die dadurch ermöglicht wird (Lang 2007, S. 24).

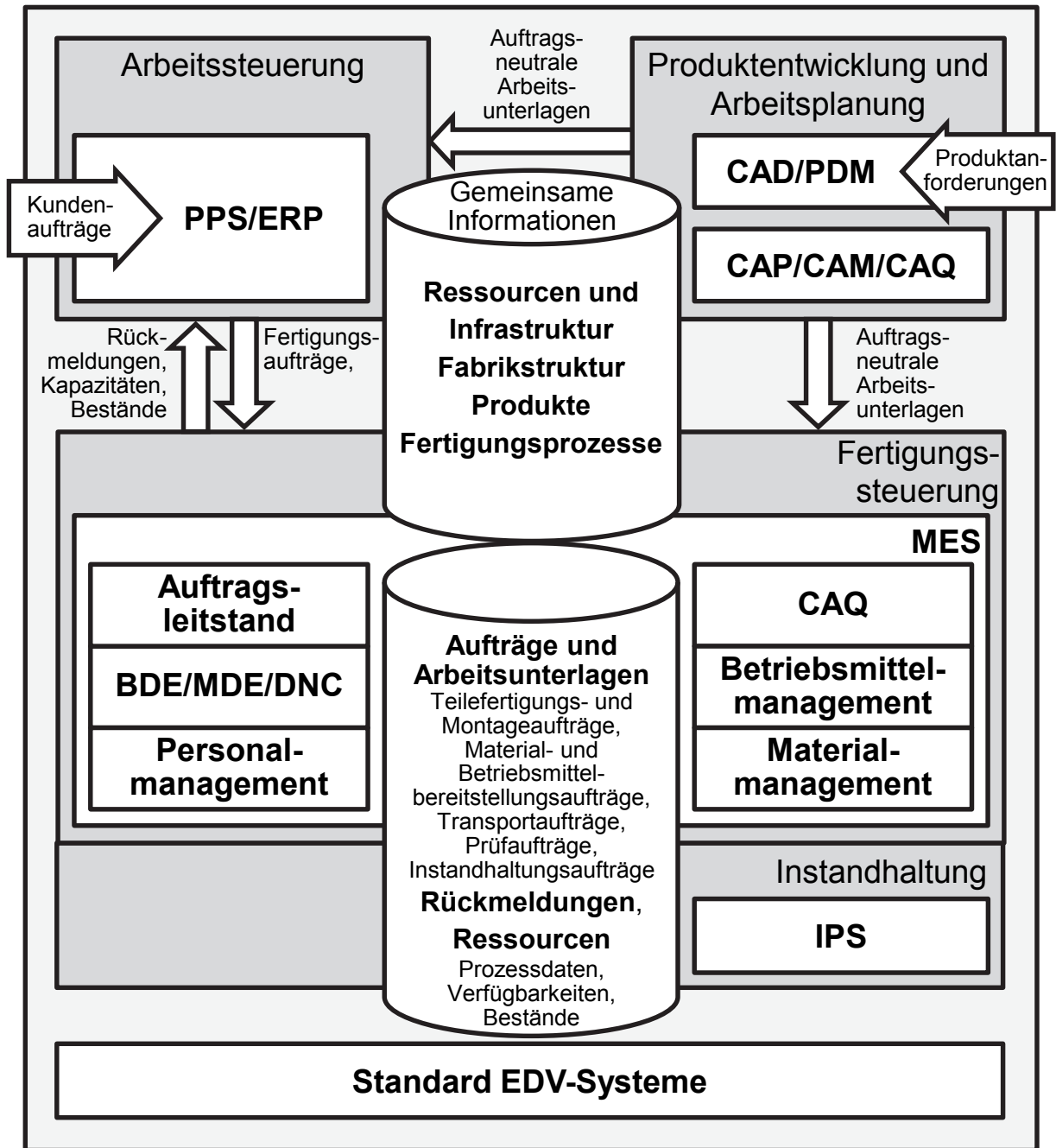
2.2.8 Fertigungsnahe IT-Systeme

Fertigungsnahe IT-Systeme stellen eine immer wichtigere Informationsquelle in der Informationsbeschaffung dar. Allgemein werden diese als Werkzeuge verwendet, um den Betrieb in der Fertigung zu planen, zu optimieren und die Durchführung zu unterstützen und zu überwachen. In einer variantenreichen Serienfertigung werden dabei Informationen aus den Bereichen der Arbeitssteuerung (auch Produktionsplanung und -Steuerung genannt), der Produktentwicklung und Arbeitsplanung benötigt, weshalb die Informationssysteme, die diese Informationen enthalten bei der Ad hoc Informationsbeschaffung mitberücksichtigt werden müssen. In Abbildung 6 sind typische elektronische Informationsquellen in einer variantenreichen Serienfertigung dargestellt, die bei einer Ad hoc Informationsbeschaffung angefragt werden. Dadurch können Informationen zum gleichen Gegenstand mehrmals auftreten. Die Schwierigkeit ist hierbei die Konsistenz der Information zu gewährleisten oder Hilfestellungen zu bieten, Inkonsistenzen zu erkennen und gegebenenfalls aufzulösen.

2.2.8.1 Produktionsplanungs und -steuerungssystem

Das bestimmende IT-System der Auftragssteuerung ist das sogenannte Produktionsplanungs- und Steuerungssystem (PPS-System), das auch Enterprise Resource Planning System (ERP-System) genannt wird. Hauptaufgaben von PPS-Systemen sind die Produktionsprogrammplanung, die Bedarfsplanung, die länger- und mittelfristige Fertigungsauftragsplanung, die Materialdisposition und die Bestandsführung. Darüber hinaus sind in PPS-Systemen Funktionen für weitere Unternehmensbereiche wie dem Einkauf, dem Rechnungswesen oder der Personalwirtschaft integriert. Diese unterstützen den gesamten technischen und kaufmännischen Auftragsprozess (Schuh, Lassen 2006, S. 195–197). Relevante Informationen des PPS-Systems für eine variantenreiche Serienfertigung während einer Ad hoc Informationsbeschaffung sind:

- das Produktionsprogramm und die Materialbedarfe,
- die auftragsneutralen Arbeitspläne und Fertigungsstücklisten,
- die Kunden- und Fertigungsaufträge,
- die Lagerbestände und die Materialverfügbarkeiten,
- die lang- und mittelfristigen Personalkapazitäten sowie die Verfügbarkeiten von Maschinen, Anlagen und Betriebsmitteln.



Legende:

ERP: Enterprise Resource Planning
 PPS: Produktionsplanung und -steuerung
 BDE: Betriebsdatenerfassung
 MDE: Maschinendatenerfassung
 DNC: Direct Numerical Control
 MES: Manufacturing Execution System

CAQ: Computer Assisted Quality Assurance
 IPS: Instandhaltungsplanung und -steuerung
 CAP: Computer Aided Planning
 CAM: Computer Aided Manufacturing
 CAD: Computer Aided Design
 PDM: Produktdatenmanagement

Abbildung 6: IT-Systeme in der Fertigung

2.2.8.2 Auftragsleitstandssysteme

Auftragsleitstandssysteme werden in einer variantenreichen Serienfertigung zur Feinplanung der Fertigungsaufträge verwendet, die vom PPS-System vorgegeben werden. Im Unterschied zu einem PPS-System ist der Planungshorizont im kurz- und mittelfristigen Bereich von Sekunden bis hin zu mehreren Wochen angesiedelt. Dabei werden die aktuellen Betriebszustände und Verfügbarkeiten der Ressourcen berücksichtigt, so dass eine laufende Anpassung des Produktionsplans auf die aktuelle Situation erfolgen kann. Auftragsleitstände sind mit der Teilefertigung und Montage über Betriebsdaten- und Maschinendatenerfassungssysteme verbunden.

Relevante Informationen von Auftragsleitstandssystemen für eine variantenreiche Serienfertigung während einer Ad hoc Informationsbeschaffung sind:

- die Fertigungsaufträge
- die auftragsneutralen Arbeitspläne und Fertigungsstücklisten.

2.2.8.3 Betriebs- und Maschinendatenerfassungssysteme

Basis für die übergeordneten Aufgaben und Entscheidungen in der Planung und Steuerung einer Produktion bilden die erfassten Ist-Informationen aus dem Betriebsgeschehen. Der Zeitversatz bzw. die Aktualität und die Qualität der erfassten Ist-Informationen bestimmen die Güte darauf aufbauender Planungen oder korrekativer Maßnahmen. Die Betriebsdatenerfassung (BDE) hat die Aufgabe, Betriebsdaten, die während des Produktionsprozesses entstehen, in maschinell verarbeitungsfähiger Form am Ort ihrer Entstehung zu erfassen und am Ort ihrer Verarbeitung zur Verfügung zu stellen. Ein Betriebsdatenerfassungssystem (BDE-System) ist ein Werkzeug, das zur Erfassung und Ausgabe der Betriebsdaten dient (Hackstein 1989, S. 232), (Roschmann 1992, S. 3), (Loos 1999, S. 227–252). Eng mit BDE-Systemen sind die sogenannten Maschinendatenerfassungssysteme (MDE-Systeme) verknüpft, welche auf die automatische Erfassung von Betriebsdaten, die in Maschinen und Anlagen anfallen, spezialisiert sind. Die prinzipiellen Erfassungsmöglichkeiten werden nach VDI 5600 in manuelle, halbautomatische und automatische Datenerfassung unterschieden, auf die in den folgenden Punkten eingegangen wird (VDI 5600, S. 30–31):

- **Manuelle Datenerfassung:**

Die Eingabe der Betriebsdaten (z. B. Auftragsstempelungen, Mengen, ...) erfolgt durch einen Bediener. Die Eingabegeräte können herkömmliche Terminals mit Tastatur, Maus und Bildschirm, berührungsempfindliche Bildschirme (Touch-Displays) oder Sprachverarbeitungssysteme sein. Diese können je nach Einsatzzweck und -ort in stationäre und mobile Eingabegeräte (auch Endgeräte genannt) weiter untergliedert werden. Je nach Einsatzumgebung (z. B. Fertigung oder Büro) sind diese besonders robust ausgeführt, um eine fehlerfreie Funktion zu gewährleisten. Die Eingabegeräte dienen häufig auch zur Ausgabe von Betriebsdaten. Die zu erfassenden Betriebsdaten werden heute über grafische Benutzeroberflächen bzw. über sprachgestützte Assistenten und Menüs eingegeben.
- **Halbautomatische Datenerfassung:**

Die Eingabe der Betriebsdaten erfolgt teilweise durch Bediener. Dieser wird durch automatisch erfasste Werte bei der Eingabe unterstützt und ergänzt. Ergänzende Eingabegeräte sind Sensoren, die eine Prozessgröße erfassen oder zur Identifizierung von Fabrikobjekten dienen. Beispiele sind Barcode- und RFID-Lesegeräte zur automatischen Identifizierung von Fabrikobjekten, Waagen zur Erfassung von Gewichtsmengen oder Thermometer.
- **Automatische Datenerfassung:**

Die Eingabe der Betriebsdaten wird automatisch in den Maschinen und Anlagen ohne Bedienereingriff mit Hilfe von MDE-Systemen vorgenommen. Diese kann anhand von Ereignissen oder zyklisch erfolgen. Die MDE-Systeme greifen dabei auf die Maschinensteuerung oder externe Sensoren zu. Beispiele für automatisch erfasste Informationen sind Auftragsstempelungen, Störungen, Maße, Mengen, Takte oder Temperaturen.

2.2.8.4 Personalmanagementsysteme

Personalmanagementsysteme werden meist dem Personalwesen zugerechnet. Sie dienen zum Verwalten der Mitarbeiter und um deren Einsatz zu planen. Oft sind Personalmanagementsysteme mit Funktionen zur Personalzeiterfassung ausgestattet, deren erfasste Zeiten die Basis für die Berechnung der Entlohnung und Zuschläge bilden.

Relevante enthaltene Informationen für die Ad hoc Informationsbeschaffung sind die planungsrelevanten Personalstammdaten⁷, die kapazitive Personalverfügbarkeit, die Personalbewegungsdaten (Anwesenheit), Schichtpläne und Einsatzpläne (VDI 5600, S. 29).

2.2.8.5 Betriebsmittelmanagementsysteme

Betriebsmittelmanagementsysteme dienen dazu die Bestände von Werkzeugen, Vorrichtungen und Prüfmitteln zu verwalten, deren Einsatz zu planen und zu überwachen, Beschaffungen zu veranlassen und begleitende Informationen wie Werkzeugabmessungen und –korrekturwerte zur Verfügung zu stellen. Für die Erfassung der Werkzeugkorrekturwerte ist eine Integration von Werkzeugeinstellgeräten erforderlich. Während die planerischen Funktionen für die Meisterebene ausgelegt sind, dienen Betriebsmittelverwaltungssysteme für den Werker dazu, alternative Betriebsmittel sowie deren begleitende Informationen, wie Lagerorte zu finden oder Werkzeugkorrekturwerte zu erstellen, zu bearbeiten und diese an der Maschine zu übernehmen. Für die Planung des Werkzeugeinsatzes und der Vorrichtungen ist ein Datenaustausch mit dem PPS-/ERP-System notwendig. Relevante enthaltene Informationen während einer Ad hoc Informationsbeschaffung sind neben den Standorten und Verfügbarkeiten von Betriebsmitteln, die Bereitstellungsaufträge, Betriebsmittelmontageanweisungen und gegebenenfalls Werkzeugkorrekturdaten.

2.2.8.6 Materialmanagementsysteme

Materialmanagementsysteme dienen in einer variantenreichen Serienfertigung zur Disposition, Verwaltung, Lager- und Transportsteuerung sowie zum Verwalten von Umlaufbeständen von Halbzeugen, Fertigteilen, Baugruppen und Transporthilfsmitteln. Das Materialmanagementsystem erhält vom PPS-/ERP-System die Materialanforderungen, setzt diese entsprechend den aktuell vorhandenen Material- und Transporthilfsmittelbeständen in Auslagerungs-, Kommissionierungs- und Transportaufträge um. Bestandsänderungen werden entsprechend an das PPS-System zurückgemeldet (Weck, Brecher 2006, S. 444), (VDI 5600, S. 24). Relevante

⁷ ID, Name, Qualifikation, Gruppenzugehörigkeit, Schichtmodelle (VDI 5600, S. 29).

Informationen für die Ad hoc Informationsbeschaffung sind Bestände bzw. Verfügbarkeiten, Orte (Lagerort, Ort der Maschine oder Anlage), Auslagerungs-, Kommissionierungs- und Transportaufträge sowie ergänzende Anweisungen.

2.2.8.7 Computer Aided Quality Assurance Systeme

Computer Aided Quality Assurance (CAQ) Systeme werden in der Arbeitsplanung und einer variantenreichen Serienfertigung dazu verwendet, die Qualitätssicherung zu unterstützen. Funktionen sind die Planung und Erstellung von Prüfplänen, die Aufzeichnung der Messdaten der Qualitätsmerkmale sowie deren Analyse (Weck, Brecher 2006, S. 425).

Für die Ad hoc Informationsbeschaffung sind die Informationen, wie Prüfpläne und die Auswertungen der Messergebnisse relevant.

2.2.8.8 Manufacturing Execution Systeme

Manufacturing Execution Systeme (MES) haben sich in den vergangenen Jahren als Fertigungsmanagementsysteme herausgebildet. Diese integrieren je nach System die bereits beschriebenen Leitstands, BDE-, MDE-, Material-, Betriebsmittelmanagement und CAQ Funktionen (Kletti 2006, S. 22).

2.2.8.9 Programmiersysteme für Maschinen

Programmiersysteme für Maschinen dienen zur Erstellung, Änderung und Verwaltung von Programmcode für die Steuerung der Maschinen und Anlagen. Die Systeme können hinsichtlich der Art der Steuerung in Numerical Control (NC) für Werkzeugmaschinen, Roboter Control (RC) für Roboter und speicherprogrammierbare Steuerungen (SPS) für Anlagen und Hilfssysteme unterschieden werden. Bei NC-Programmiersystemen wird zusätzlich zwischen sogenannter Computer Aided Manufacturing (CAM) Systemen und werkstatorientierter Programmierungssysteme (WOP-Systeme) unterschieden. Während CAM-Systeme in der zentralen Programmierung im Bereich der Arbeitsplanung verwendet werden, sind WOP-Systeme an den Maschinenarbeitsplätzen oder direkt in den Maschinensteuerungen integriert. Die erstellten Programme sind als Teil der Arbeitsunterlagen anzusehen.

2.2.8.10 Distributed Numerical Control Systeme

Eng mit Programmiersystemen sind Distributed Numerical Control (DNC) Systeme, auch Direct Numerical Control Systeme genannt, verbunden. Diese dienen in Ihren Grundfunktionen zur NC-Programmverwaltung und -verteilung bis herunter auf die Maschine (Weck, Brecher 2006, S. 437–438). In der Praxis sind die Grenzen fließend zwischen DNC-, CAM- und MDE-Systemen. Erweiterte Funktionen von DNC-Systemen integrieren die Programmier- und Simulationsfunktionen der CAM-Systeme und Erfassungsfunktionen von MDE-Systemen. Informationen, die für die Ad hoc Informationsbeschaffung relevant sind, sind die auftragsneutralen NC-, RC-, und SPS-Programmcodes sowie Konfigurationsdateien. Diese enthalten die verwendeten Maschinen- und Werkzeug-einstellparameter und sind insbesondere wichtig, um die gestiegenen Anforderungen bezüglich der Nachverfolgbarkeit der Prozesse zu erreichen.

2.2.8.11 Computer Aided Design Systeme

Computer Aided Design Systeme (CAD-Systeme) sind Werkzeuge für den Entwurf sowie für die Konstruktion (Vajna 2009, S. 423). Relevante Informationen für die Ad hoc Informationsbeschaffung in einer variantenreichen Serienfertigung sind die Produktinformationen in Form der 3D-Modelle, der Fertigungs- und Montagezeichnungen und der Stücklisten, die mit CAD-Systemen erstellt, bearbeitet und angesehen werden können. Die Informationen werden entweder in Dateiservern oder Produktdatenmanagementsystemen gespeichert, die im folgenden Abschnitt beschrieben werden.

2.2.8.12 Produktdatenmanagementsysteme

Produktdatenmanagementsysteme (PDM-Systeme) dienen dazu, die immer komplexer werdenden Produktinformationen konsistent und transparent zu speichern und zu verwalten. Wesentliche Funktionen von PDM-Systemen sind die Verwaltung, das Änderungs- und Freigabewesen mit Status- und Versionsmanagement der Produktinformationen, die zugehörigen Workflows, die Rollen- und Zugriffsverwaltung und das Projektdatenmanagement (Eigner, Stelzer 2009, S. 35), (Vajna 2009, S. 423), (VDI 2219, S. 12). Erweiterte Funktionen betreffen die Veröffentlichung der Produktdokumentation, die Zusammenarbeit in Entwicklungsteams, das Konfigurationsmanagement und die Nachverfolgung der Produkte. Durch die beiden letztgenannten Funktionen können

Produkte über ihren gesamten Lebenszyklus verfolgt werden (Eigner, Stelzer 2009, S. 36). Aus diesem Grund werden PDM-Systeme, die diese erweiterten Funktionen integrieren, heute auch unter dem Begriff Product Lifecycle Management (PLM) Systeme vermarktet.

2.2.8.13 Standard EDV Systeme

Standard EDV Systeme bzw. Computer Aided Office (CAO) Systeme beinhalten Anwendungen zur Erstellung und zum Bearbeiten von Texten, Tabellen und Präsentationen. Weitere Anwendungen dienen der Kommunikation, wie E-Mail-Programme oder Instant Messenger und Terminplanung. Eng hiermit verknüpft sind Dokumentenmanagementsysteme, welche mit Standard EDV-Systemen erstellten Dokumente strukturiert ablegen. Relevante Informationen für die Ad hoc Informationsbeschaffung in einer variantenreichen Serienfertigung sind hier beispielsweise Handbücher.

2.2.8.14 Instandhaltungsplanungs- und -steuerungssysteme

Instandhaltungsplanungs- und -steuerungssysteme (IPS-Systeme) dienen zur Unterstützung der Planung und Durchführung der Instandhaltungsaufgaben Wartung, Inspektion, Instandsetzung, und Verbesserung (VDI 2898, S. 3). Funktionen von IPS-Systemen umfassen die Instandhaltungsbudgetplanung und -kontrolle, die Arbeitsplanung, Ersatzteilverwaltung und -bestellung, Instandhaltungsauftragsplanung und -steuerung, Auswertungen, Schwachstellenanalysen, Berichte und Verwaltung der instandhaltungsbezogenen Informationen (Matyas 2008, S. 158–160), (Schenk 2010, S. 271–272). Wichtige Informationen für die Ad hoc Informationsbeschaffung in einer variantenreichen Serienfertigung sind Instandhaltungsaufträge, Wartungspläne, Instandhaltungsdokumentationen, Instandsetzungs- und Störungsdokumentationen und Ersatzteilbestände.

Die Zusammenstellung zeigt die Vielfalt der Informationen und IT-Systeme, die sich heute in einer variantenreichen Serienfertigung im Einsatz befinden. Dies hat mehrere Gründe, die im Folgenden kurz dargestellt werden. Obwohl es in den vergangenen Jahrzehnten zunächst durch den CIM-Ansatz⁸ und bezogen auf die Fertigung, in den letzten Jahren durch den MES-Ansatz, methodisch zur Konsolidierung der IT-Systeme gekommen ist,

⁸ Im CIM-Konzept werden die Aufgaben der Betriebsbereiche Produktentwicklung, Auftragsabwicklung, Produktion und Vertrieb in einem integrierten System mit einer gemeinsamen Datenbasis zusammengefasst (AWF 1985).

bestehen in der Praxis immer noch heterogene Systemlandschaften. Ein Grund ist, dass Softwarehersteller mit ihren Produkten meist nicht den benötigten kompletten Funktionsumfang eines Unternehmens wirtschaftlich bereitstellen können. Besonders die individuellen Schnittstellen zum Informationsaustausch sind hierbei teuer, weshalb diese meist auf ein Minimum reduziert werden. Eine Gegenbewegung ist die Entwicklung und Verwendung von Austauschstandards, wie z. B. STEP⁹ für Produktdaten oder ISA S-95¹⁰ zum Austausch fertigungsnaher Informationen. Jedoch kann in vielen Fällen trotzdem nur unvollständig auf die enthaltenen Informationen zugegriffen werden. Ein weiterer Grund der vielfältigen Systemlandschaften wird eher von den Unternehmen selbst geprägt. Mit der Einführung eines einzigen großen Systems vergrößert sich auch die Abhängigkeit von einem Softwarehersteller stark, was in der besonders schnelllebigen Softwarebranche ein Risiko darstellt.

2.2.9 Nutzergruppenspezifische Ad hoc Informationsbedarfe

Im folgenden Abschnitt werden die Ad hoc Informationsbedarfe der zwei Grundsituationen der Zielgruppen Werker, Meister und Instandhalter betrachtet. Ausgangspunkt für eine Ad hoc Informationsbeschaffung und die Ermittlung des Informationsbedarfs bilden die sogenannten klassischen W-Fragen (Tabelle 3), die eine Einordnung von aktuell auftretenden Sachverhalten oder die Erledigung einer kurzfristig aufgetretenen Aufgabe ermöglichen. Im Hinblick auf die angestrebte Vernetzung der Information werden den benötigten Informationen die fertigungsnahe IT-Systeme zugeordnet, die bereits in Abschnitt 2.2.8 untersucht wurden.

⁹ Vgl. ISO 10303 Standard for the Exchange of Product Model Data.

¹⁰ Vgl. ISA S-95 Enterprise-Control System Integration / ISO IEC 62264.

Frage	zielt auf
Was / Wer ist betroffen?	Betroffene Gegenstände, wie Maschinen und Anlagen bzw. Personen, Zugehörigkeit zu einem bestimmten Bereich
Was ist passiert? Wie ist der Zustand eines Gegenstands? Was ist zu tun?	Gegenstandsbestimmung, Zweck, Aufgabe: Betriebszustände, Störungsmeldungen, Prozessdaten, technische Dokumentation, Übergabeprotokolle, Instandsetzungshistorie, Verfügbarkeit von Materialien, Ersatzteilen und Betriebsmitteln, Personal, Aufträge, Fertigungszeichnungen, Fertigungs- und Montagestücklisten, NC-Programme, Fertigungs- und Montageanweisungen.
Wo ist etwas aufgetreten? Wo befindet sich etwas?	Geltungsbereich, Standorte von Maschinen und Anlagen, Materialien, Ersatzteilen und Betriebsmitteln
Wann ist etwas Ähnliches aufgetreten?	Zeitpunkt, Zeitraum der Ad hoc Meldung

Tabelle 3: W-Fragen, in Abwandlung an (Franck, Stary 2003, S. 159)

2.2.9.1 Ad hoc Informationsbedarfe Werker

Der Nutzertyp „Werker“ umfasst die Gruppe der Maschinenbediener und Facharbeiter, deren Hauptaufgabengebiet es ist, die Teilefertigungs- und Montageaufträge an den Maschinen und Anlagen zu bearbeiten. Dies kann auch Prüfaufträge zur Qualitätskontrolle beinhalten. Je nach Qualifikation und Organisationsform der Fertigung kann das Aufgabenspektrum eines Werkers von der einfachen Bedienung der Maschine, bis hin zur Programmierung von NC-Programmen¹¹ an der Maschine und der Behebung von kleineren Maschinenstörungen, wie Softwarefehler oder NC-Programmierfehlern, und Betriebsmittelausfällen umfassen. Typische Ad hoc Informationen für Ad hoc Entscheidungssituationen (Fall 1) treten bei Maschinen und Anlagenstörungen, Materialdefekten und Betriebsmittelausfällen auf. In dieser Situation betreffen relevante Informationen die Maschinen und Anlagenparameter (Betriebszustand, Störungsmeldungen, Prozessparameter), technische Dokumentation (Handbücher, Maßnahmen) sowie eventuell vorhandene Übergabeprotokolle und Instandsetzungshistorien zur Erstdiagnose (Tabelle 4).

¹¹ Die sogenannte Werkstattorientierte Programmierung (WOP) wird vor allem bei Kleinserien direkt an der Maschine ausgeführt.

	ERP/PPS	Auftragsleitstand (MES)	BDE (MES)	MDE (MES)	Maschine	Materialmanagement (MES)	Betriebsmittelmanagement (MES)	Personalmanagement (MES)	CAQ (MES)	IPS	PDM + CAD	CAP/ CAM	Netzlaufwerk + Standard EDV	Internet
Maschinen und Anlagen, Betriebsmittel														
Betriebszustand, Störungsmeldungen														
Prozessdaten (Sensorwerte)														
Technische Dokumentation (Handbücher)														
Übergabeprotokolle														
Instandsetzungshistorie														
Material und Betriebsmittelstandorte und Verfügbarkeiten														
Standorte und Verfügbarkeiten von Ersatzteilen zur Instandsetzung														
Standorte und Verfügbarkeiten von Betriebsmitteln für Instandsetzung														
Standorte und Verfügbarkeiten von (Ersatz-) materialien														
Standorte und Verfügbarkeiten von Ersatz- oder Alternativbetriebsmitteln														
Personalkapazitäten und -verfügbarkeiten														
Aufträge und Arbeitspläne														
Aufträge und Auftragsrückmeldungen														
Fertigungszeichnungen														
Fertigungs- und Montagestücklisten														
NC-Programme, Fertigungs-, Montageanweisungen														
Legende:														
ERP: Enterprise Resource Planning							CAQ: Computer Assisted Quality Assurance							
PPS: Produktionsplanung und -steuerung							IPS: Instandhaltungsplanung und -steuerung							
BDE: Betriebsdatenerfassung							CAP: Computer Aided Planning							
MDE: Maschinendatenerfassung							CAM: Computer Aided Manufacturing							
MES: Manufacturing Execution System							CAD: Computer Aided Design							
							PDM: Produktdatenmanagement							

Tabelle 4: Zuordnung des Ad hoc Informationsbedarfs eines Werkers zu fertigungsnahe IT-Systemen

Des Weiteren sind die schnelle Beurteilung und Behebung die Standorte und Verfügbarkeiten von Ersatzmaterialien, Ersatz- oder Alternativbetriebsmitteln von Belang. Typische Informationsbedarfe für die Ausführung kurzfristig eingeleiteter Maßnahmen (Fall 2), wie beispielsweise die Bearbeitung eines Eilauftrags, sind neben dem Abruf der benötigten Arbeitsunterlagen¹², die Standorte und Verfügbarkeiten der benötigten Materialien und Betriebsmittel. In Tabelle 4 sind die hier verwendeten typischen Informationssysteme dargestellt.

2.2.9.2 Ad hoc Informationsbedarfe Instandhalter

Der Nutzertyp „Instandhalter“ umreißt die typischen Ad hoc Informationsbedarfe eines Instandhalters. Dessen Hauptaufgabe ist es die Betriebsfähigkeit der Maschinen und Anlagen sicherzustellen. Diese umfasst die Wartung, die Inspektion, die Instandsetzung und die Verbesserung der Maschinen, Anlagen und Infrastruktur (DIN 31051, S. 2). Die konkreten Aufgaben variieren nach der Qualifikation. Übliche Unterscheidungen werden zwischen Mechanik und Elektrik und zwischen bestimmten Maschinen und Anlagentypen vorgenommen. Typische Ad hoc Informationsbedarfe treten bei Maschinen und Anlagenstörungen auf. Für den Instandhalter sind die Informationsbedarfe für Fall 1 (kurzfristige Entscheidungssituationen) und Fall 2 (Ausführung von kurzfristig eingeleiteten Maßnahmen) identisch, da dieser in jedem Fall Informationen über die Maschine und notwendige Ersatzteile und Betriebsmittel benötigt. Relevante Informationen sind daher die Maschinen und Anlagenparameter (Betriebszustand, Störungsmeldungen, Prozessparameter), die technische Dokumentation (Handbücher, Maßnahmen) sowie eventuell vorhandene Übergabeprotokolle und Instandsetzungshistorien, Störungsdokumentationen und Kundendienstkontakte. Weitere Informationen sind die nächstgelegenen Standorte und Verfügbarkeiten von Ersatzmaterialien, Ersatz- oder Alternativbetriebsmitteln sowie aktuelle Instandhaltungsaufträge und -rückmeldungen (vgl. Tabelle 5).

¹² Auftragsabhängiger und auftragsunabhängiger Arbeitsplan, Stücklisten, Zeichnungen, NC-Programme, begleitende Arbeitsunterlagen.

	ERP/PPS	Auftragsleitstand (MES)	BDE (MES)	MDE (MES)	Maschine	Materialmanagement (MES)	Betriebsmittelmanagement (MES)	Personalmanagement (MES)	CAQ (MES)	IPS	PDM + CAD	CAP/ CAM	Netzlaufwerk + Standard EDV	Internet
Maschinen und Anlagen, Betriebsmittel														
Betriebszustand, Störungsmeldungen														
Prozessdaten (Sensorwerte)														
Technische Dokumentation (Handbücher)														
Übergabeprotokolle														
Instandsetzungshistorie														
Material- und Betriebsmittelstandorte und Verfügbarkeiten														
Standorte und Verfügbarkeiten von Ersatzteilen zur Instandsetzung														
Standorte und Verfügbarkeiten von Betriebsmitteln für Instandsetzung														
Standorte und Verfügbarkeiten von (Ersatz-) materialien														
Standorte und Verfügbarkeiten von Ersatz- oder Alternativbetriebsmitteln														
Personalkapazitäten und -verfügbarkeiten														
Aufträge und Arbeitspläne														
Aufträge und Auftragsrückmeldungen														
Fertigungszeichnungen														
Fertigungs- und Montagestücklisten														
NC-Programme, Fertigungs-, Montageanweisungen														

Legende:

ERP: Enterprise Resource Planning	CAQ: Computer Assisted Quality Assurance
PPS: Produktionsplanung und -steuerung	IPS: Instandhaltungsplanung und -steuerung
BDE: Betriebsdatenerfassung	CAP: Computer Aided Planning
MDE: Maschinendatenerfassung	CAM: Computer Aided Manufacturing
MES: Manufacturing Execution System	CAD: Computer Aided Design
	PDM: Produktdatenmanagement

Tabelle 5: Zuordnung des Ad hoc Informationsbedarfs eines Instandhalters zu fertigungsnahe IT-Systemen

2.2.9.3 Ad hoc Informationsbedarf Meister

Der Nutzertyp „Meister“ umfasst die erste Führungsebene oberhalb des Werkers bzw. Facharbeiters, dessen typische Aufgabe in diesem Zusammenhang ist es, den Betrieb unter Berücksichtigung des aktuellen Zustands einer variantenreichen Serienfertigung zu koordinieren. Dazu gehört die Überwachung der Fertigung, Feinplanung der Fertigungsaufträge und Einleitung kurzfristig eingeleiteter Maßnahmen. Die typischen Ad hoc Informationsbedarfe für kurzfristige Entscheidungssituationen (Fall 1) und für die Ausführung kurzfristig eingeleiteter Maßnahmen (Fall 2) unterscheiden sich beim Meister nur geringfügig. Der zweite Fall umfasst hier die Umsetzung beim Eingang von Eilaufträgen (vgl. Tabelle 6). Der Ad hoc Informationsbedarf beinhaltet die Ad hoc Meldungen über Betriebszustände von Maschinen, Anlagen und Betriebsmittel, über kurzfristig eingeleitete Maßnahmen, über betroffene Aufträge¹³, Maschinen, Anlagen und Betriebsmittel und die Informationen über Standorte und Verfügbarkeiten von Ersatzbetriebsmitteln sowie -materialien.

¹³ Vgl. Kapitel 2.2.3 Auftragsbezogene Informationen: Teilefertigungs- und Montageaufträge, Transportaufträge, Prüfaufträge und Instandhaltungsaufträge.

	ERP/PPS	Auftragsleitstand (MES)	BDE (MES)	MDE (MES)	Maschine	Materialmanagement (MES)	Betriebsmittelmanagement (MES)	Personalmanagement (MES)	CAQ (MES)	IPS	PDM + CAD	CAP/ CAM	Netzlaufwerk + Standard EDV	Internet
Maschinen und Anlagen, Betriebsmittel														
Betriebszustand, Störungsmeldungen	Fall 1 und 2													
Prozessdaten (Sensorwerte)														
Technische Dokumentation (Handbücher)														
Übergabeprotokolle														
Instandsetzungshistorie														
Material- und Betriebsmittelstandorte und Verfügbarkeiten														
Standorte und Verfügbarkeiten von Ersatzteilen zur Instandsetzung	Fall 1													
Standorte und Verfügbarkeiten von Betriebsmitteln für Instandsetzung														
Standorte und Verfügbarkeiten von (Ersatz-) materialien														
Standorte und Verfügbarkeiten von Ersatz- oder Alternativbetriebsmitteln	Fall 2													
Personalkapazitäten und -verfügbarkeiten														
Aufträge und Arbeitspläne														
Aufträge und Auftragsrückmeldungen														
Fertigungszeichnungen														
Fertigungs- und Montagestücklisten														
NC-Programme, Fertigungs-, Montageanweisungen														
Legende:														
ERP: Enterprise Resource Planning					CAQ: Computer Assisted Quality Assurance									
PPS: Produktionsplanung und -steuerung					IPS: Instandhaltungsplanung und -steuerung									
BDE: Betriebsdatenerfassung					CAP: Computer Aided Planning									
MDE: Maschinendatenerfassung					CAM: Computer Aided Manufacturing									
MES: Manufacturing Execution System					CAD: Computer Aided Design									
					PDM: Produktdatenmanagement									

Tabelle 6: Zuordnung des Ad hoc Informationsbedarfs eines Meisters zu fertigungsnahe IT-Systemen

2.3 Stand der Wissenschaft und Technik

Fertigungsnahe Informationsangebote und IT-Systeme zur Unterstützung sind inzwischen ein wichtiger Bestandteil für den optimierten Betrieb einer Fabrik. Deren stetige Verbesserung ist aufgrund der Bedeutung der Thematik immer wieder Forschungsgegenstand. Im Folgenden wird eine Übersicht über Konzepte zur IT-gestützten fertigungsnahen Informationsbereitstellung gegeben, die für diese Arbeit relevant sind. Die Aufarbeitung fokussiert sich auf die Aspekte der Integration der Informationen und Informationssysteme, die Berücksichtigung von Ad hoc Informationen und die dynamische Bereitstellung unter Berücksichtigung von Umgebungsinformationen.

2.3.1 Unternehmenssuchmaschinen

Elektronische Hilfsmittel zur Informationsbeschaffung werden in der Informationswissenschaft in sogenannte „Information Retrieval Systeme“ (IR-Systeme), zu denen auch Volltext-, und klassische Websuchmaschinen gezählt werden, und Datenbanken unterschieden. Während klassische IR-Systeme sich auf unstrukturierte Texte¹⁴ fokussieren, sind Datenbanken für Abfragen von relationalen Daten¹⁵ ausgelegt (Manning, Raghavan, Schütze 2008, S. 195), (Lewandowski 2005, S. 59). Daraus ergibt sich der grundlegende Unterschied im Einsatz zwischen beiden Ansätzen. Dieser soll im Folgenden anhand eines Beispiels verdeutlicht werden.

Zur kurzfristigen Einplanung eines Eilauftrags möchte der Meister wissen, ob ein dafür benötigter Werkzeugtyp „TiN-Schafffräser 30mm“ aktuell (in diesem Fall am 30.06.2012 von 10:00-12:00 Uhr) verfügbar ist. Ein klassisches IR-System würde auf Frage „Werkzeugtyp“ und „TiN-Schafffräser 30mm“ und „verfügbar“ am „30.06.2012“ „10:00-12:00 Uhr“ alle gefundenen Textstellen, die diese Worte enthalten zurückgeben. Dies können beispielsweise Handbücher, Rechnungen oder sonstige Dokumente sein, die jedoch mit dem eigentlichen Suchproblem nichts zu tun haben. Wird diese Suchanfrage an eine Datenbank gestellt, welche die Attribute Werkzeugtyp, Verfügbarkeit kombiniert mit dem Zeitraum besitzt, wird als Antwort auf die Suchanfrage die Liste der am 30.06.2012

¹⁴ Z. B. Fließtext ohne Überschriften.

¹⁵ Relationale Daten sind Datensätze, die Werte für im Voraus definierten Attribute enthalten (Manning, Raghavan, Schütze 2008, S. 195).

und 10:00-12:00 Uhr verfügbaren Werkzeuge vom Typ „TiN-Schaftfräser 30mm“ zurückgegeben.

In heutigen kommerziell verfügbaren Unternehmenssuchmaschinen und Datenbanken verschwimmen zunehmend die Grenzen zwischen beiden Ansätzen. Dokumentenmanagementsysteme mit PDM-Systemen als einem Sonderfall verwenden zur Verwaltung der Dokumente und schnellen Suche mit wenigen Merkmalen Datenbanken und für die Volltextsuche in den Dokumenten klassische IR-Systeme. Dabei werden die zur Verwaltung der Dokumente genutzten Informationen, wie Dateityp, Version, Ersteller und Erstellungsdatum verwendet, um die Ergebnisse zu gruppieren und zu strukturieren (Manning, Raghavan, Schütze 2008, S. 109), (Eigner, Stelzer 2009, S. 133). Im Gegenzug besitzen viele Datenbanken eingebaute Volltextsuchmaschinen, um attributunabhängige Anfragen über die enthaltenen Textdaten beantworten zu können (Manning, Raghavan, Schütze 2008, S. 195). Ziel von Unternehmenssuchmaschinen als IT-System ist es dabei die Informationen im Unternehmen zu erschließen (Gronau, Bahrs 2008, S. 104). Während für Dokumente, wie Texte, Präsentationen oder Emails, die Prinzipien von Web-suchmaschinen übertragen werden können, sind in moderne Unternehmenssuchmaschinen zusätzlich Adapter für Datenbanken integriert. Diese dienen zum einen zur Erfassung der darin vorhandenen Textinformationen und zum anderen zur Integration vordefinierter Datenbankabfragen in die Ergebnisliste der Suche. Beispiele für Unternehmenssuchmaschinen sind Google Search Appliance¹⁶, Microsoft FAST Search Server 2010¹⁷, EXALEAD CloudView und iiSolutionsSuite¹⁸, Conweaver¹⁹ oder Apache Solr²⁰. Der Einsatzschwerpunkt von Unternehmenssuchmaschinen liegt dabei auf dem Verwaltungsbereich, da dort die Informationen gut durchsuchbar auf wenige IT-Systeme²¹ verteilt sind und somit ein hoher Erfassungsgrad erreicht werden kann. Im Vergleich hierzu sind in der Fertigung IT-systemübergreifende Suchmaschinen nicht weit verbreitet. Gründe sind die wesentlich größere physische und logische Verteilung auf unterschiedliche Orte

¹⁶ Vgl.: <http://www.google.com/intl/de/enterprise/search/gsa.html> Abgerufen am 06.06.2012.

¹⁷ Vgl.: <http://sharepoint.microsoft.com/en-us/product/capabilities/search/Pages/Fast-Search.aspx> Abgerufen am 06.06.2012.

¹⁸ Vgl.: <http://www.3ds.com/products/exalead/uri/products> Abgerufen am 06.06.2012.

¹⁹ Vgl.: <http://www.conweaver.de/> Abgerufen am 06.06.2012.

²⁰ Vgl.: <http://lucene.apache.org/solr/> Abgerufen am 06.06.2012.

²¹ ERP-System, Dokumentenmanagementsystem, Email-Server.

und IT-Systeme, die bereits dargestellte Heterogenität der Informationen und die Autonomie der IT-Systeme im Vergleich zu Verwaltungsbereichen.

2.3.2 Konzepte zur IT-gestützten fertigungsnahen Informationsbereitstellung

Sternemann verfolgt in seiner Arbeit eine neue Form der Informations- und Wissensbereitstellung für Gruppenarbeitsstrukturen auf Basis eines kollektiven Informationsraumes, in dem sich sowohl Planungsinformationen als auch Prozessinformationen verknüpfen lassen (Sternemann 1999). Zur Strukturierung des Informationsraumes verwendet Sternemann die Dimensionen „technische Prozesse“, „Wirkungsbereiche²²“ und thematisch „aufgegliederte Informationsaspekte²³“ (Sternemann 1999, S. 67). Dieser wird mithilfe sogenannter Informationsobjekte gebildet, welche externe Informationen verknüpfen und mittels eines Editors manuell angelegt, vernetzt sowie klassifiziert werden (Sternemann 1999, S. 87). Zusätzlich enthalten diese Informationsobjekte Informationen über Zugriffsrechte, Status und Verfallsdatum. Dieses Informationsmodell wird in einem darauf aufbauenden verteilten System umgesetzt und in Anwendungsbeispielen für einen grundlegenden Fabrikdatenstrukturbrowser und zur Energiekostenbetrachtung beschrieben. Sternemann geht dabei auf die Anbindung der realen Maschinen und Anlagen nur am Rand ein. Die Anwendungen zur Informationsbeschaffung sind nutzerunabhängig auf stationäre Arbeitsplätze ausgelegt, dynamische ortsbezogene Funktionen werden dabei nicht betrachtet.

Neuschwinger stellt in seinem Konzept die Informationsbereitstellung für den Facharbeiter an der Maschine und in der Montage in den Fokus seiner Arbeit (Neuschwinger 2003). Er beschreibt in seiner Arbeit einen Ansatz, wie vorliegende verteilte, heterogene Informationen und in Köpfen gespeichertes Wissen von Facharbeitern in einem einheitlichen System erfasst und zusammengeführt werden. Es ermöglicht dem Anwender das Wissen in multimedialer Form zu erfassen und auszugeben. Die Informationsbereitstellung erfolgt

²² Z. B. Ressource und Infrastrukturen, Produkte, Menschen, Abfälle und Abwässer oder Emissionen (Sternemann 1999, S. 76).

²³ Sternemann gliedert diese in rechtliche und betriebliche Rahmenbedingungen, technologische Prozessinformationen, Standort-, Ressourcen-, Logistik-, Qualitäts- und Sicherheitsinformationen, ökonomische, organisatorische sowie ökologische Informationen (Sternemann 1999, S. 76).

aufgrund assoziierter im Voraus definierter Aufgaben und Arbeitsabläufe (z. B. Montageanweisungen oder Wartungsanweisungen). Eine Automatisierung der Eingabe und Übernahme von Maschinendaten und -zuständen oder mobilen Betriebsmitteln ist außerhalb des Betrachtungsraums. Die Eingabe und Ausgabe ist für stationäre PCs ausgelegt. Abläufe zur Informationsbeschaffung außerhalb der vordefinierten Aufgaben werden nur am Rand betrachtet. Über eine Suchfunktion kann außerhalb der definierten Aufgaben manuell in den gespeicherten Daten gesucht werden. Suchkriterien sind hier die Kostenstelle, die Dokumentenart, der Zeitraum, der Bearbeiter, das Bearbeitungsverfahren, die Maschine, die Teilebezeichnung, die Zeichnungsnummer, der Kundename und die Auftragsnummer (Neuschwinger 2003, S. 126–127). Auf technischer Ebene verwendet Neuschwinger eine objektorientierte Datenbank (Neuschwinger 2003, S. 107). Eine Kopplung und Berücksichtigung mit den real vorhandenen Materialien und Betriebsmitteln ist nicht ausgeführt, bzw. erfolgt nur indirekt wie bei herkömmlichen BDE-Systemen über die Rückmeldedaten der Aufträge, dynamische, ortsbezogene Funktionen fehlen. Es wird weiterhin beschrieben, wie ein personalisierter Abruf die Darstellung der Informationen umsetzt (Neuschwinger 2003).

Lang entwickelt in seiner Arbeit ein Lösungskonzept zur produktionsbegleitenden Mitarbeiterinformation, welches die Gestaltung, Erstellung, Pflege der Informationen und der arbeitsplatzbezogenen Darstellung umfasst. Er geht dabei besonders auf die ergonomischen Gestaltungsaspekte von Arbeitsanweisungen hinsichtlich der einfachen Les- und Erfassbarkeit ein (Lang 2007, S. 41). Daraus entwickelt Lang einen Leitfaden für die Gestaltung von Arbeitsanweisungen, welcher die Basis für die schnelle teilautomatisierte Generierung von Arbeitsanweisungen aus Vorranggraphen bildet. Die Informationsbereitstellung der erstellten Arbeitsanweisungen erfolgt in einem webbasierten System, das eine arbeitsplatzabhängige Auftragsvorratsliste, Anweisungsdarstellung und Rückmeldungs- bzw. Arbeitsfortschrittmöglichkeiten beinhaltet. Die Informationen werden dabei in einer zentralen Datenbank verwaltet. Die Verwendung von Peripheriegeräten zur Eingabe von Informationen und die Bereitstellung auf mobilen Endgeräten werden konzeptionell erwähnt (Lang 2007, S. 124). Lang fokussiert sich in seinem Ansatz auf planmäßige Arbeitsabläufe. Ad hoc Meldungen oder Funktionen zur Ad hoc Informationsbeschaffung wie eine Suchfunktion werden nicht betrachtet.

Wilhelm verwendet die Prinzipien und Methoden des Content Managements aus der Informatik, um Informations- und Kommunikationsprozesse (IuK-Prozesse) innerhalb von Qualitätsregelkreisen in der Produktion zu optimieren (Wilhelm 2005). Dieses beinhaltet die standardisierte Generierung und Verwaltung der Informationen, getrennt nach Inhalt, deren Darstellungsstruktur und Format. Damit wird eine bedarfsgerechte Bereitstellung und Wiederverwendung der Informationen realisiert (Wilhelm 2005, S. 21), (Wilhelm 2005, S. 56). In einer detaillierten Analyse der Informations- und Kommunikationsprozesse in Fabriken untersuchte Wilhelm den Status quo hinsichtlich verwendeter IT-Systeme, Informationen und Formen der Kommunikation innerhalb der Fertigung. Wilhelm arbeitet in seiner Arbeit die Bedeutsamkeit der sogenannten Ad hoc Information heraus, die neben Stücklisten und Arbeitsplänen die wichtigsten Dokumente in der Fertigung sind (Wilhelm 2005, S. 78). Auf Basis dieser Untersuchung entwickelt Wilhelm ein Verfahren zur Einführung von Content Management Systemen in die Produktion im Rahmen von Qualitätsregelkreisen. Im Rahmen der Implementierungsphase schlägt Wilhelm eine strukturierte Darstellung für Ad hoc Informationen vor (Wilhelm 2005, S. 127). Eine automatisierte Kopplung und dynamische Berücksichtigung in der direkten Informationsbereitstellung mit dem real vorhanden Material, Betriebsmitteln und Maschinenzuständen zur Unterstützung des Menschen bei der Informationseingabe und -ausgabe ist nicht dargestellt.

Gerlach entwickelt auf der Grundlage sogenannter Entwurfsmuster und zusammengefasster Entwurfsmustersequenzen eine Methode zur systematischen Gestaltung und Aufbau produktionsnaher Informationsportale (Gerlach 2010, S. 19). Den Schwerpunkt bilden Entwurfsmuster für durchgängige Gestaltung der Informationsangebote (Gerlach 2010, S. 71ff.). Hierbei fokussiert sich Gerlach in der Umsetzung auf die arbeitsplatz- und mitarbeiterspezifische Informationsbereitstellung von geplanten Fertigungs- und Montageaufträgen für Werker in Gruppenarbeitsstrukturen. Nicht berücksichtigt werden bei der Informationsbereitstellung die direkte aktuelle Umgebung mit real vorhandenem Material, Betriebsmitteln und Maschinenzuständen sowie Ad hoc Meldungen.

Dreyer beschreibt in seiner Arbeit für die situative Informationsbereitstellung an Maschinen oder Anlagen ein Informationsmodell und eine Erstellungssystematik für die technische Dokumentation. Das in dieser Arbeit entwickelte Informationsmodell setzt die Anlagenkomponenten in Beziehung zu den Handlungen des Bedieners. Damit wird an der Maschine oder Anlage die handlungsorientierte Bereitstellung von Informationen realisiert

(Dreyer 2006). Dabei werden aktuelle Informationen nicht berücksichtigt, die außerhalb der Maschine auftreten, beispielsweise der Standort und die Verfügbarkeiten von Werkzeugen oder Ersatzteilen, die zum Betrieb oder zur Instandsetzung notwendig sind.

Oglodin entwickelt in seiner Arbeit eine Systematik für den maschinenübergreifenden Informationsaustausch, zur Suche und Bereitstellung gleicher bzw. ähnlicher Maschineninformationen, die für eine Störungsbehebung wichtig sind. Der Schwerpunkt der Arbeit bildet das Informationsmodell für eine Maschine sowie die Methoden zum Auffinden gleicher bzw. ähnlicher Maschinen und Störungsinformationen. Das Informationsmodell der Maschine kann neben der technischen Dokumentation, zustands- und störungsrelevante Informationen abbilden (Oglodin 2010, S. 56ff.). Anhand der entwickelten Methoden zum Auffinden relevanter gleicher bzw. ähnlicher Maschinen- und Störungsdokumentationen wird die Unterstützung der Ad hoc Informationsbeschaffung zur Instandsetzung der Maschine realisiert (Oglodin 2010, S. 89), (Oglodin 2010, S. 120). Dabei ist der Betrachtungsraum auf Maschinen beschränkt. Informationen der aktuellen Umgebung z. B. Standort und Verfügbarkeiten von Werkzeugen und Ersatzteilen oder die Bereitstellung auf mobilen Endgeräten werden nicht berücksichtigt.

Heiderich entwickelt in seiner Arbeit ein Konzept zur Informationsverteilung nach ungeplanten Ereignissen. Die Schwerpunkte bilden die Beschreibung ungeplanter Ereignisse und ein regelbasiertes Modell zur Informationsverteilung zur Ermittlung der für das Störungsmanagement relevanten Organisationseinheiten. Der Betrachtungsbereich ist hierbei nicht nur auf die Fertigung eingegrenzt, sondern bezieht die Bereiche Konstruktion, Arbeitsvorbereitung und Vertrieb als Quellen für ungeplante Ereignisse mit ein (Heiderich 2001, S. 83–112). Zur Umsetzung schlägt Heiderich auf konzeptioneller Ebene eine Erweiterung von PPS-Systemen vor, die gleichzeitig die Informationsbasis bilden (Heiderich 2001, S. 107). Die weiteren fertigungsnahen IT-Systeme, in denen die Informationen erfasst werden oder weitere Informationen gespeichert sind, werden nicht betrachtet. Eine konkrete Umsetzung als unterstützendes IT-System ist dabei nicht Gegenstand der Arbeit. Als Ergebnis kann zusammengefasst werden, dass die vorhandenen Ansätze ihren überwiegenden Schwerpunkt auf die Informationsbereitstellung bei Regelaufgaben auf den Werker oder in der Assistenz bei der Störungsbehebung an der Maschine legen. Dagegen fokussieren sich übergeordnete Ansätze aus dem Bereich des Qualitätsmanagements oder dem Störungsmanagement stärker auf die Methodik. Den betrachteten

Arbeiten ist dabei gemeinsam, dass diese eine dynamische Darstellung der Informationen und der Zusammenhänge sowie die Einbeziehung der Umgebung in die Informationsbereitstellung nicht unterstützen.

2.4 Defizite

Als Fazit der Analyse kann zusammengefasst werden, dass fertigungsnahe IT-Systeme bereichsspezifische Aufgaben gut unterstützen, solange Informationen innerhalb der Systemgrenzen oder vordefinierter Aufgaben und Informationsflüsse benötigt werden. Im realen Fabrikbetrieb treten jedoch häufig aufgrund ungeplanter Ereignisse, wie Maschinen-, Material- und Betriebsmittelausfälle, kurzfristige Entscheidungssituationen und darauffolgende Aufgaben auf, was durch die Bedeutung sogenannter Ad hoc Informationen unterstrichen wird (Wilhelm, S. 78). Vorrangige Ziele sind hier den Fabrikbetrieb zu stabilisieren und Auswirkungen zu begrenzen. Zur Beurteilung sind vernetzte Informationen und die Darstellung von Zusammenhängen notwendig, um einen schnellen Überblick zu erhalten. Bereits bei einfachen Fragestellungen, die direkt an den Maschinen und Anlagen aus der Situation heraus aufkommen und ad hoc zur Aufgabenerfüllung benötigt werden, stoßen herkömmliche fertigungsnahe IT-Systeme an ihre Grenzen, sodass in mehreren IT-Systemen gesucht werden muss.

Es existieren auf dem Markt Unternehmenssuchmaschinen, die den Zugriff auf Informationen aus unterschiedlichen IT-Systemen beschleunigen sollen. Diese sind vornehmlich für den Einsatz im Verwaltungsbereich ausgelegt, in welchem im Vergleich zur Fertigung hauptsächlich sich wenig ändernde Informationen und gut erfassbare Dokumente vorzufinden sind. Für die adressierten Fragestellungen der Arbeit, die sich primär auf Zusammenhänge zwischen den Fabrikobjekten und deren beschreibenden Merkmale und sekundär auf deren textuelle Informationen fokussieren, bieten die derzeitigen Lösungen für Unternehmenssuchmaschinen nur unzureichende Unterstützung. Vorhandene Forschungsansätze beziehen sich in der Mehrzahl auf die Informationsbereitstellung bei Regelaufgaben auf den Werker oder in der Assistenz bei der Störungsbehebung an der Maschine. Den betrachteten Arbeiten ist dabei gemeinsam, dass eine dynamische Darstellung der Informationen und der Zusammenhänge sowie die Einbeziehung der Umgebung in die Informationsbereitstellung nicht unterstützt wird.

Daher bildet der schnelle ad hoc Zugriff auf verschiedenartigste Informationen und Funktionen unterschiedlicher fertigungsnahe IT-Systeme die Grundlage, um einen Überblick über die Situation und Zusammenhänge in der Fertigung zu gewinnen und korrigierende Maßnahmen einzuleiten.

2.5 Kennzeichen kontextbezogener Systeme

Kontextbezogene Systeme bilden die technische Basis für die Unterstützung während der Ad hoc Informationsbeschaffung. Im Folgenden wird auf die Charakteristika kontextbezogener Systeme im Hinblick auf die Anwendung in einer variantenreichen Serienfertigung eingegangen.

Ausgehend von den anhaltenden Trends der Miniaturisierung, der steigenden Leistungsfähigkeit und dem Preisverfall von Elektronik und Sensorik wird es möglich, immer mehr Informationen aus der realen Welt und ihrer Gegenstände zu erfassen, zu vernetzen und mit intelligenten, teilweise autonomen Funktionen zu versehen, die den Menschen unterstützen. Wesentliche Kennzeichen, die mit dieser Entwicklung verbunden sind, sind zum einen die starke Zunahme der Anzahl der Computersysteme und zum anderen das Zurücktreten des Computers in den Hintergrund. Weiser bezeichnet dies als sogenannte „Calm-Technology“ und fasst diese Entwicklung unter dem Begriff des „allgegenwärtigen Computers – „Ubiquitous Computing“ zusammen (Weiser 1991). In der Ausgestaltung dieser Vision, die in Teilen bereits Realität ist, haben sich unterschiedliche Hauptströmungen herausgebildet. Zum einen sind dies Sensornetzwerke, die zum Erfassen und Beobachten größerer Sachverhalte dienen und zum anderen intelligente Objekte (Smart Objects), die eine Funktion möglichst autonom erledigen sollen (Mattern 2008, S. 10). Als Mischform treten intelligente Objekte auf, die mit Hilfe von externen Informationen, wie beispielsweise aus Sensornetzwerken ihre Funktionen selbständig erledigen. Entscheidender Vorteil dieser Mischform ist es, dass dabei externe Informationen in einer Funktion berücksichtigt werden können, ohne dass diese von dem Objekt selbst erfasst werden müssen. Weitere wichtige Aspekte sind hierbei die sich stark ändernde Mensch-Maschine Schnittstellen. Zusammenfassend werden diese kombinierten Hard- und Softwaresysteme als „Ubiquitäre Computersysteme“ (Ubi Comp Systeme) oder als sogenannte cyberphysische Systeme bezeichnet (Friedewald et al. 2010, S. 59), (acatech 2011, S. 11). Diese erledigen mit Hilfe von Informationen aus der physischen und digitalen Welt, wie beispielsweise aus

Sensornetzwerken oder anderen intelligenten Objekten, ihre Funktionen selbständig, um den Menschen zu unterstützen (acatech 2011, S. 11). Durch die damit einhergehende starke Verringerung von expliziten Eingaben durch den Benutzer findet eine Verlagerung der Komplexität in intelligente Hintergrundprozesse statt. Um den Menschen zu unterstützen, müssen diese die Vielfalt der auftretenden Situationen erkennen und in der Verarbeitung berücksichtigen können. Hierfür ist zusätzliches Wissen über den Hintergrund und Zusammenhang notwendig, in dem ein Ereignis oder Vorgang steht, um daraus Schlussfolgerungen ziehen und in der Verarbeitung berücksichtigen zu können. Durch die extreme Komplexität gehört diese Problematik allgemein immer noch zu den großen ungelösten Fragestellungen der künstlichen Intelligenz, weshalb bisher nur auf grober Ebene und in stark eingegrenzten Anwendungsfällen und Situationen Lösungen existieren (Friedewald et al. 2010, S. 73).

Ein Ansatz aus der Informatik sind hierfür kontextbezogene Systeme. Diese können als Untergruppe von ubiquitären Computersystemen angesehen werden, die sich auf die Berücksichtigung der umgebenden Objekte und Zusammenhänge während der Informationsverarbeitung für eine verbesserte bedarfsangepasste Informationsfilterung und -bereitstellung fokussieren. Um eine bedarfsangepasste Informationsfilterung und -bereitstellung zu realisieren, besitzen diese ein sogenanntes Umgebungsmodell, welches die Zusammenhänge und Hintergrundinformationen abbilden kann. Zur Einschränkung, Komplexitätsreduzierung und Gliederung führen Dey und Abowd, Becker und Nicklas sowie Rothermel eine Klassifizierung hinsichtlich der Relevanz von einzelnen Informationen ein. Identität, Ort und Zeit eines Objektes werden übergreifend als primäre Kontextinformationen bezeichnet, während andere Kontextinformationen als abgeleitete sekundäre Kontextinformationen definiert werden. Dey und Abowd kennzeichnen zusätzlich die Vorgänge für die Beschreibung des Geschehens in einer Situation als primäre Kontextinformation (Dey, Abowd 1999), (Becker, Nicklas 2004, S. 48–49), (Rothermel, Bauer, Becker 2003). Kontextbezogene Systeme bestehen aus sogenannten kontextbezogenen (Software-)Anwendungen²⁴ und den Hardwarekomponenten ubiquitärer Computersysteme.

²⁴ Dey und Abowd definieren allgemein kontextbezogene (Software-) Anwendungen, die Kontextinformationen verwenden, um dynamisch dem Benutzer aufgabenrelevante Information und/oder Dienste anbieten/bereitstellen (Dey, Abowd 1999, S. 304).“

Auf technischer Ebene sind für die Umsetzung von kontextbezogenen Systemen in einer variantenreichen Serienfertigung folgende Schlüsseltechnologien relevant (in Anlehnung an Friedewald et al. 2010, S. 59, Bruns 2005, S. 35):

- Kontexterfassungsverfahren in der physischen Fertigung,
 - Sensoren und Sensornetzwerke,
 - Automatische Identifikations- und Datenerfassungsverfahren,
 - Ortungsverfahren,
- Mobile Kommunikationstechnologien,
- Middleware zum Kontextinformationsmanagement und
- Benutzerschnittstellen.

Während automatische Identifikations- und Datenerfassungsverfahren, Ortungsverfahren, Sensoren und Sensornetzwerke sich auf die Erfassung von Kontextinformationen in der physischen Welt, in diesem Fall in einer variantenreichen Serienfertigung, fokussieren, dienen mobile Kommunikationstechnologien und Kontextinformationsmanagementstechnologien zur Verarbeitung der verteilten und heterogenen Kontextinformationen. Die Benutzerschnittstellen werden sowohl zur Eingabe als auch zur Ausgabe der Kontextinformationen verwendet.

In der Produktionsforschung werden die beschriebenen Aspekte kontextbezogener Systeme in den vergleichbaren Forschungsansätzen „das Internet der Dinge“ (Fleisch, Mattern 2005), „Wireless Manufacturing“ (Huang, Wright, Newman 2009) oder „Smart FactoryKL“ (Zühlke 2010) adressiert. Haupttreiber in diesen Ansätzen sind Möglichkeiten zur Steigerung der Transparenz der Bestände, der logistischen Prozesse sowie deren effizienten, dezentralen automatischen Steuerung, auch über Unternehmensgrenzen hinweg. Weiterhin ermöglicht die automatisierte dezentrale Steuerung der Fertigung, den Trend zu individualisierten Produkten – sprich hoch variantenreichen Produkten – gemeinsam mit flexiblen Fertigungssystemen umzusetzen (Fleisch, Christ, Dierkes 2005, S. 16–25), (Huang, Zhang, Jiang 2008), (Zühlke 2010). Abgesehen von ortsbezogenen Anwendungen, wie Navigationssysteme oder Bestands- und Transportverfolgungssysteme für die Optimierung der Logistik, sind derzeit weitergehende kontextbezogene Systeme prototypische Implementierungen innerhalb dieser Forschungsansätze.

2.5.1 Sensoren und drahtlose Sensornetzwerke

Zweck von Sensoren und Sensornetzwerken ist es physikalische, chemische oder elektrochemische Messgrößen zu erfassen (Brockhaus 2006). In einer Fertigung im Allgemeinen werden klassisch drahtgebundene Sensoren und weiterverarbeitende Systeme bereits seit Jahrzehnten verwendet. Durch die Miniaturisierung und Integration von Signalverarbeitungsfunktionen in einem Chip und die steigende Verbreitung von drahtlosen Kommunikationstechnologien werden drahtlose Sensornetzwerke ermöglicht und wirtschaftlich (Emmanouilidis, Pistofidis 2010, S. 198), (Schmid et al. 2010, S. 425). Hauptvorteile sind die einfache Installation und Zugriff der Daten, Skalierbarkeit hinsichtlich der Anzahl und Flexibilität der Netzwerktopologie und Robustheit gegenüber Umwelteinflüssen (Emmanouilidis, Pistofidis 2010, S. 198). In der Fertigung werden drahtlose Sensornetzwerke zur Prozess- und Zustandsüberwachung von Maschinen und Anlagen verwendet und im Rahmen einer zustandsorientierten Instandhaltungsstrategie und dem Qualitätsmanagement eingesetzt (Schmid et al. 2010, S. 425), (Wright, Dornfeld, Ota 2008).

Automatische Identifikations- und Datenerfassungsverfahren und Ortungsverfahren können hierbei als Untergruppen von drahtlosen Sensornetzwerken angesehen werden. Diese sind bei kontextbezogenen Systemen von besonderer Bedeutung, da automatische Identifikations- und Datenerfassungsverfahren (Abschnitt 2.5.2) und Ortungsverfahren (Abschnitt 2.5.3) die „Schlüsselkontextinformationen“ Identität und Ort erfassen, weshalb auf diese in den folgenden Abschnitten besonders eingegangen wird.

2.5.2 Automatische Identifikations- und Datenerfassungsverfahren

Automatische Identifikations- und Datenerfassungsverfahren²⁵ sind heute ein grundlegender Bestandteil zur Verwaltung, Überwachung und Steuerung der Logistik-, Fertigungs- und Montageprozesse in der physischen Fertigung²⁶. Diese ermöglichen die Verknüpfung des Material- und Informationsflusses (ten Hompel, Büchter, Franzke 2008, S. 9).

²⁵ Gebräuchlich sind auch die englischen Bezeichnungen „Automatic Identification and Data Capturing techniques – AIDC techniques“ oder auch AutoID-Verfahren.

²⁶ Beispiele sind die Überwachung des Fertigungsfortschritts eines Auftrags oder die Steuerung von Transportprozessen.

Allgemein kann die Identifikation anhand von natürlichen²⁷ oder künstlichen²⁸ Identifikationsmerkmale erfolgen. In den folgenden Abschnitten wird auf die Verfahren eingegangen, die künstliche Identifikationsmerkmale verwenden und eine besondere Relevanz in einer variantenreichen Serienfertigung besitzen.

2.5.2.1 Barcode

Der Barcode ist immer noch die am weitest verbreitete Identifizierungstechnologie in einer variantenreichen Serienfertigung. Diese werden beispielsweise zur Kennzeichnung von Material, Einzelteilen, Baugruppen, Maschinen und Betriebsmitteln oder Auftragsbegleitscheinen verwendet. Der Barcode besteht in seiner ursprünglichen Form aus parallel angeordneten unterschiedlich breiten schwarzen Streifen und weißen Trennlücken. Durch eine definierte Anordnung und Abfolge werden die Zeichen codiert, die optisch durch einen sogenannten Scanner ausgelesen werden. Die heute eingesetzten Barcodesysteme unterscheiden sich hauptsächlich durch die Speichergröße und Fehlertoleranz. Während sogenannte 1D-Barcodes nur wenige Zeichen speichern, können sogenannte 2D-Barcodes, die als gestapelte 1D-Barcodes oder Matrixcodes bis zu 4000 Zeichen enthalten, neben den eigentlichen Identifikationsmerkmalen auch weitere Daten speichern.

2.5.2.2 Radio Frequency Identification

Radio Frequency Identification (RFID) Verfahren speichern die Daten in einem elektronischen Speicher ab. Die Datenübertragung erfolgt berührungslos und benötigt keine Sichtverbindung zum Auslesen, im Gegensatz zu barcodebasierten Identifizierungssystemen. Ein RFID-System besteht nach der VDI Richtlinie 4472 aus folgenden Komponenten, das in Abbildung 7 dargestellt ist (VDI 4472-1, S. 4):

- Transponder²⁹ stellen die Basiseinheit von RFID-Systemen dar und bestehen aus einem Mikroprozessor mit Kommunikationseinheit, einem Datenspeicher und einer

²⁷ Beispiele für natürliche Identifikationsmerkmale sind Oberflächenstrukturen, Fingerabdrücke oder die Stimme. Diese werden hauptsächlich von biometrischen Identifizierungsverfahren verwendet (ten Hompel, Büchter, Franzke 2008, S. 12).

²⁸ Künstliche Identifikationsmerkmale werden anhand von Regeln gebildet. Beispiele sind Identifikationsnummern (ID) oder Deskriptoren wie Namen und Abmessungen (ten Hompel, Büchter, Franzke 2008, S. 12).

²⁹ Transponder werden auch Tag, RFID-Label oder mobiler Datenträger genannt.

Antenne. Transponder können die unterschiedlichsten Bauformen³⁰ und -größen aufweisen. Dabei sind Transponderformen auf dem Markt, welche auch unter rauen Umweltbedingungen einsatzfähig sind. Weiterhin besitzen Transponder einen Datenspeicher, welcher je nach Ausführung auch mehrfach beschreibbar ist und mehrere Kilobyte Daten speichern kann. Zusätzlich werden Transponder dahingehend unterschieden, ob diese eine eigene Energieversorgung (aktive Transponder) besitzen oder vom Feld der Schreib-/Leseinheit mit versorgt werden (passive Transponder).

- Eine Schreib-/Leseinheit mit Antenne(n) besteht aus einer Steuerung, die die Schreib- und Leseanfragen des PC entgegennimmt und empfangene Daten aufbereitet und an den PC sendet, einem Hochfrequenzmodul und einer oder mehreren Antennen. Mehrere Antennen werden zur Verbesserung der Lesbarkeit und Reichweite verwendet.
- Eine Softwareanwendung zur Steuerung der Schreib- / Leseinheit, Auswertung und Weiterverarbeitung der Daten z. B.. PC mit Datenbank.

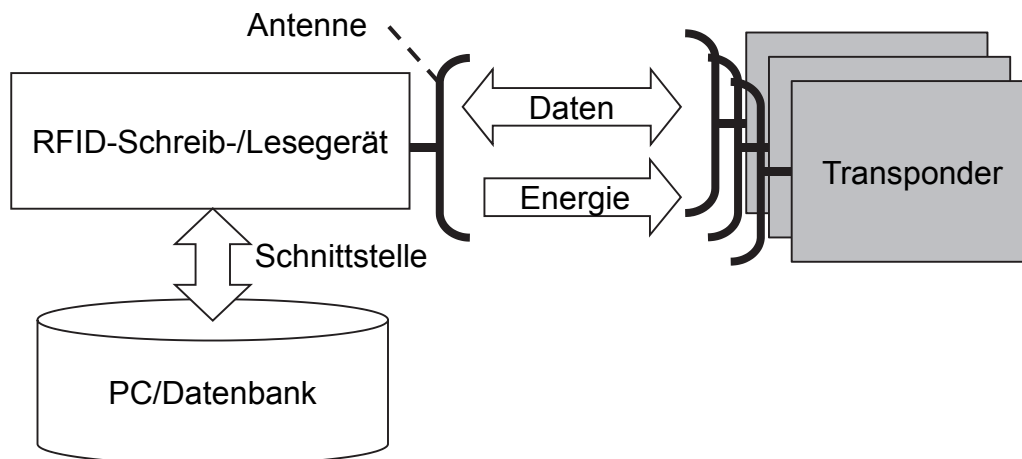


Abbildung 7: Bestandteile eines RFID-Systems (Wagner 2009, S. 19), (VDI 4472-1, S. 4)

Hauptkriterium zur Unterscheidung von RFID-Systemen ist deren Betriebsfrequenz. In der Praxis sind damit durch die festgelegten Standards das physikalische Funktionsprinzip, die Reichweite des Systems, die Fehleranfälligkeit gegenüber Umwelteinflüssen (Wasser und

³⁰ Übliche Bauformen sind zylindrisch, scheibenförmig und rechteckig.

Metall), die Energieübertragung und Datenübertragungsgeschwindigkeit, die Fähigkeit zum Auslesen mehrerer Transponder (Pulkfähigkeit), die Transponderabmessungen und -bauformen sowie die Datenspeichergröße verbunden³¹. In Tabelle 7 sind Eigenschaften der verbreitetsten RFID-Systeme zusammengestellt. Bei der Auswahl für die Anwendung in der Fertigung spielen neben den bereits genannten Unterscheidungsmerkmalen die Verbreitung für einen unternehmensübergreifenden Einsatz und der Preis eine Rolle.

Frequenz	Langwellen-Bereich (30 kHz-300 kHz)	Kurzwellen-Bereich (3 MHz-30 MHz)	Dezimeterwellen-Bereich (300 MHz-3 GHz)	
Typische Betriebsfrequenz	125 kHz, 134 kHz	13,56 MHz	868 MHz (EU), 915 MHz (USA)	2,45 GHz
Standards	ISO 18000-2	ISO 14444, ISO 15693, ISO 18000-3 NFC	ISO 18000-6, EPC	ISO 18000-4
Praktische Reichweite	bis 0,2 m	bis 1,7 m	Bis 5m/100 m	Bis 3m/300 m
Typische Transponder-abmessungen	Millimeter bis Dezimeter Bereich	Centimeter bis Dezimeter Bereich	Centimeter bis Dezimeter Bereich	Centimeter bis Dezimeter Bereich
Pulkfähigkeit	nein	ja	ja/nein	Derzeit nein / ja
Datenübertragungsraten	niedrig	hoch	sehr hoch	sehr hoch
Einfluss von Metall	mittel	hoch	sehr hoch	sehr hoch
Einfluss von Flüssigkeiten	niedrig	niedrig	hoch	sehr hoch

Tabelle 7: Eigenschaften von RFID-Systemen (Wagner 2009, S. 74), (Finkenzeller 2002), (ten Hompel, Büchter, Franzke 2008, S. 104–119)

³¹ Eine ausführliche Betrachtung der Unterscheidungsmerkmale finden sich in (Finkenzeller 2002), (ten Hompel, Büchter, Franzke 2008), (Wagner 2009).

2.5.3 Ortungsverfahren

Elektronische Ortungsverfahren, die in einer variantenreichen Serienfertigung zum Einsatz kommen, verwenden folgende grundsätzliche Methoden zur Ortsbestimmung (Caffery, Stüber 1998, S. 39), (Roth 2005, S. 277):

- Messung der Anwesenheit in einer Zelle (Cell of Origin – COO): Befindet sich ein Objekt im Lesefeld eines Senders, so kann die Anwesenheit des Objektes in einem bestimmten Bereich festgestellt werden. Ein Sender bildet dabei eine Zelle. Aus der Position der Zelle kann auf die Position des Objektes geschlossen werden (Roth 2005, S. 277). Nach diesem Prinzip arbeiten einfache zell-basierte Ortungssysteme in der Fertigung auf der Basis von passiven RFID, die in den Boden eingelassen sind. Die Genauigkeit ist hierbei direkt von der Zellgröße abhängig.
- Messung der Signalstärke (Received Signal Strength Indication – RSSI): Zur Ortsbestimmung wird die Signalstärke eines oder mehrerer Sender am zu ortenden Objekt gemessen. Es kann darüber auf den Abstand zum Sender geschlossen werden. Die Position kann anschließend anhand von drei Messungen zu unterschiedlichen Sendern bestimmt werden. Aufgrund der ungleichmäßigen Feldverteilung, die in der Hauptsache durch Funkschatten oder Reflexionen hervorgerufen werden, werden in der Praxis mithilfe von Referenzmessungen Profile für die jeweiligen Orte hinterlegt und mit dem aktuell gemessenen verglichen, um eine verbesserte Positionsbestimmung im Meterbereich zu erhalten (Caffery, Stüber 1998, S. 39), (Roth 2005, S. 277).
- Messung der Signallaufzeit bzw. Signallaufzeitdifferenz: Zeitbasierte Verfahren zur Ortsbestimmung messen die Zeit, die das Signal vom Sender zum Empfänger benötigt. Aus der Zeitmessung kann der zurückgelegte Weg berechnet werden. Dabei werden zwei verschiedene Verfahren unterschieden. Es kann zum einen die absolute Laufzeit des Signals verwendet werden (engl. Time of Arrival) und zum anderen die Zeitdifferenz zwischen zwei unterschiedlichen Empfängern, an denen das Signal eintrifft (Time Difference of Arrival) (Caffery, Stüber 1998, S. 39), (Roth 2005, S. 277).
- Messung des Signaleintrittswinkels (Angle of Arrival): Bei der Winkelpeilung wird die Richtung, aus der ein Signal kommt, bestimmt. Kann die Richtung des Signals von mindestens zwei Antennen ermittelt werden, so lässt sich deren Schnittpunkt

berechnen, der die gesuchte Position darstellt. Als weitere Möglichkeit bietet sich hier die Analyse von Video-Daten von mindestens zwei Standpunkten aus, bei denen Muster oder Kennzeichnungen auf den Objekten erkannt werden und daraus Winkel des Objektes zur Kamera bestimmt werden können (Roth 2005, S. 277).

Die Ortungssysteme, die in der Praxis zum Einsatz kommen, verwenden optische, ultraschall- oder funkbasierte Verfahren zur Messung. Zur Steigerung der Auflösung werden dazu mehrere Methoden in den auf dem Markt erhältlichen Systemen kombiniert. Welches Ortungssystem zum Einsatz kommt, ist hauptsächlich von der Anzahl der zu verfolgenden Objekte, der Investitions- und Betriebskosten, der Auflösung und Messgenauigkeit, der Störungsempfindlichkeit gegenüber Umwelteinflüssen und den Abmessungen der Transponder abhängig.

2.5.4 Mobile Kommunikationstechnologien

Eine Haupteigenschaft kontextbezogener Systeme ist die Verteilung und Vernetzung einer großen Anzahl von Komponenten (Friedewald et al. 2010, S. 62). Für den Informationsaustausch kann dabei die gesamte Bandbreite an Kommunikationstechnologien und -netzwerken insbesondere in ihrer mobilen Form zum Einsatz kommen. Nach Friedewald können diese in Abhängigkeit der Distanz, die überbrückt werden soll, in folgende Zonen gegliedert werden (Friedewald et al. 2010, S. 62):

- „Body Area Networks“ (BAN) sind Netzwerke, die am Körper getragene Komponenten (z. B. Sensoren) in einem Bereich von ca. 1 Meter vernetzen. Die Daten werden über Funk oder durch die Ausnutzung der Leitfähigkeit des Körpers übertragen (Friedewald et al. 2010, S. 61). Aktuelle Standards sind Nahfeldkommunikation (NFC)³², EnOcean³³, ANT+³⁴ oder Bluetooth Low Energy (BLE)³⁵.
- „Personal Area Networks“ (PAN) dienen zur Vernetzung von mobilen Endgeräten, wie „Smart Phones“, „Tablet Computern“, „Wearable Computers“ und „intelligenten Objekten“ im Umkreis von 10 Metern (Friedewald et al. 2010, S. 62). Neben (Industrial) Wireless Local Area Network (WLAN) sind Bluetooth oder Zigbee in der

³² Vgl.: <http://www.nfc-forum.org/home/> Abgerufen am 16.09.2012.

³³ Vgl.: <http://www.enocean.com/en/home/> Abgerufen am 16.09.2012.

³⁴ Vgl.: <http://www.thisisant.com/> Abgerufen am 16.09.2012.

³⁵ Bis zum Jahr 2007 war Bluetooth Low Energy unter dem Namen Wibree bekannt.

Fertigung verbreitete Standards.

- „Local Area Networks“ (LAN) werden als drahtgebunden oder drahtlose Netzwerke zur Kommunikation im Bereich bis 300 Meter verwendet (Friedewald et al. 2010, S. 62). In der Fertigung kommen als drahtgebundene Kommunikationsnetzwerksysteme neben dem normalen Ethernet im Maschinenbereich das sogenannte Industrial Ethernet oder spezielle Feldbussysteme zum Einsatz. Diese unterscheiden sich vom herkömmlichen Ethernet hauptsächlich durch eine „garantierte“ Echtzeitfähigkeit der Kommunikation und die Unempfindlichkeit gegenüber Umwelteinflüssen (z. B. elektromagnetische Störfelder, Wasser, Staub oder Feuchtigkeit). Verbreitete drahtgebundene Standards sind Ethernet/IP, Profibus³⁶, Profinet³⁷, SERCOS³⁸, CAN-Open³⁹ oder M-Bus⁴⁰. Bei drahtlosen Netzwerken kommen dieselben Standards wie bei Personal Area Networks zum Einsatz.
- „Wide Area Networks“ (WAN) werden zur Datenübertragung über große Distanzen verwendet (Friedewald et al. 2010, S. 62). Mit Beschränkung auf die Fertigung kommen hier vor allem die Mobilfunkstandards General Packet Radio Service (GPRS), Universal Mobile Telecommunications System (UMTS) und Long Term Evolution (LTE) in ihren jeweiligen Ausbaustufen zum Einsatz.

2.5.5 Middleware zum Kontextinformationsmanagement

Die hochgradige Verteilung und Heterogenität der Daten bei kontextbezogenen Systemen, besonders in der Fertigung, machen die Entwicklung kontextbezogener Systeme als herkömmliche Punkt-zu-Punkt Integrationen unflexibel und teuer. Als Lösung wurden sogenannte Middleware Systeme entwickelt, die Daten und die eigentliche Softwareanwendungslogik entkoppeln. Allgemein umfassen Middleware Systeme vor allem administrative Basisdienste⁴¹, Netzwerkprotokolle, Anfragesprachen und Programmierhilfen, um den

³⁶ Vgl.: <http://www.profibus.com/community/regional-pi-associations/germany/> Abgerufen am 16.09.2012.

³⁷ Vgl.: <http://www.profibus.com/community/regional-pi-associations/germany/> Abgerufen am 16.09.2012.

³⁸ Vgl.: <http://www.sercos.de/> Abgerufen am 16.09.2012.

³⁹ Vgl.: <http://www.can-cia.org/> Abgerufen am 16.09.2012.

⁴⁰ Vgl.: <http://www.m-bus.com/> Abgerufen am 16.09.2012.

⁴¹ Beispiele für Basisdienste sind die Registrierung und Auffinden von Diensten, Auflösung von Rechnernamen in Netzwerkadressen oder Überwachung von Netzwerkressourcen (Fleisch, Mattern 2005, S. 122).

Zugriff auf Daten aus unterschiedlichen Quellen zu vereinfachen (Fleisch, Mattern 2005, S. 121). Darauf aufbauend müssen Middleware Systeme zum Kontextinformationsmanagement, zusätzliche Funktionen zur Berücksichtigung und Bereitstellung von Kontextinformationen, wie beispielsweise für ortsbezogene Anfragen besitzen. Weitere zu berücksichtigende Anforderungen aus Informatiksicht, die relevant für den Einsatz in der Fertigung sind, betreffen

- die Skalierbarkeit und Leistungsfähigkeit, sprich wie viele Informationen abgebildet und wie schnell zur Verfügung gestellt werden können,
- die Offenheit und Erweiterbarkeit bezüglich neuer Informationen und IT-Systeme,
- die Fehlertoleranz, gegenüber dem Ausfall einzelner Systemkomponenten,
- die Integration von bisheriger Hard- und Software und
- die zentrale vs. dezentrale Datenspeicherung.

Kommerzielle Middleware Lösungen decken dabei nur einen Teil der Anforderungen ab, so dass sich die Middleware Systeme, die Kontextinformationen verarbeiten können, als prototypische Implementierungen finden. Eine Übersicht über Middleware Systeme, die Kontextinformationen verarbeiten bieten (Chen, Kotz 2000), (Baldauf, Dustdar, Rosenberg 2007), (Schwarz 2007), (Schoch 2005).

Innerhalb des Sonderforschungsbereichs 627 „Umgebungsmodelle für mobile, kontextbezogene Systeme – Nexus“ wurde hierfür die sogenannte Nexus-Plattform entwickelt, die in dieser Arbeit zum Einsatz kommt. Diese stellt die Grundbestandteile zum Datenmanagement von verteilten Informationsquellen bereit. Die dahinterliegende Leitidee ist es, auf Basis eines gemeinsamen Modells der realen Welt, dem sog. Umgebungsmodell, verschiedenen kontextbezogenen Anwendungen die gemeinsame Nutzung von Kontextinformationen zu ermöglichen (Rothermel et al. 2006, S. 105–106). Der Nexus Plattform liegt ein Föderationsansatz zu Grunde, bei welchem die Informationen im jeweiligen IT-System verbleiben können (Abbildung 8). Übertragen auf die Fabrik sind hier die Informationsquellen beispielsweise Sensoren, Maschinen und Anlagen oder Identifikationssysteme. Die Plattform besteht aus Kontextservern zur Speicherung von Kontextinformationen und der Nexus Föderation, welche als Hauptaufgabe die Verteilung von Anfragen auf unterschiedliche Kontextverwaltungssysteme und Zusammenführung der Antworten hat. Auf die Charakteristika der einzelnen Bestandteile der Nexus Plattform wird in den folgenden Abschnitten kurz eingegangen.

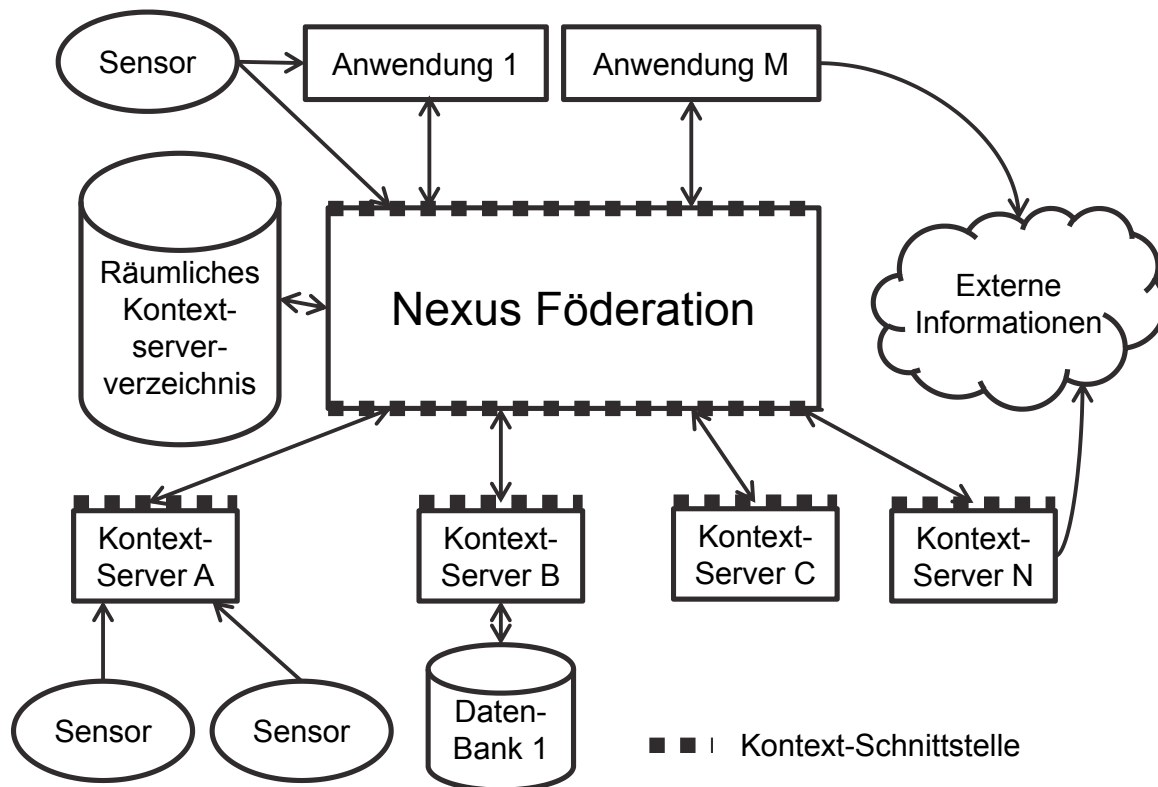


Abbildung 8: Architektur der Nexus Plattform (Rothermel et al. 2006, S. 107)

2.5.5.1 Kontextserver und Kontextschnittstelle

Die Kontextinformationen, die die Informationen der unterschiedlichen Informationsquellen vernetzen, werden in sogenannten Kontextservern gespeichert und verwaltet. Ein Kontextserver verwaltet einen Ausschnitt des gesamten Umgebungsmodells. Dieser besitzt die Funktionen, um die Grundoperationen von Datenbankmanagementsystemen zum Lesen, Erzeugen, Ändern, Löschen und Speichern der Kontextinformationen umzusetzen. Des Weiteren besitzt ein Kontextserver eine Profilbeschreibung, die zur Verteilung der Anfragen der Föderation auf mehrere Kontextverwaltungsmodulen verwendet wird. Diese Beschreibung enthält das räumliche Gebiet und die Objekttypen, die ein Kontextserver verwaltet. Je nach den Charakteristika der verwalteten Kontextinformationen können dafür optimierte Kontextserver eingesetzt werden (Nicklas 2005, S. 88), (Großmann et al. 2005, S. 331). Beispiele für spezialisierte Implementierungen sind Kontextserver für große Geodatenmodelle, die sich nicht häufig ändern oder die als besonders schnelles System als Hauptspeicherserver ausgebildet sind. Auch existieren Kontextserver, die beispielsweise nur einen einzigen Sensor hochdynamisch abbilden (Großmann et al. 2005, S. 336–339).

Basis für den Austausch von Kontextinformationen zwischen den Kontextservern, der Föderation und den Anwendungen bildet die sogenannte Kontextschnittstelle. Die Kontextschnittstelle, die auch räumliche Schnittstelle genannt wird, ermöglicht es die Kontextinformationen abzufragen und zu verändern (Nicklas 2005, S. 87). Diese bietet die folgenden Basisanfragemöglichkeiten (in Erweiterung an Nicklas 2005, S. 87):

- **Typbezogene Anfrage:** Die Anfrage nach Objekttypen bietet eine schnelle Möglichkeit, die Auswahl bzw. den Suchraum schnell zu reduzieren.
- **Identitätsbezogene Anfrage:** Die Anfrage nach der Identität der Objekte kann verwendet werden, wenn die ID-Nummer oder der Name eines Objektes bekannt ist. Während die ID-Nummer eindeutig ist, kann der Name eines Objektes mehrmals vorkommen. Damit kann in der Praxis eine einfache feinere Untergliederung erreicht werden, wenn kein extra Objekttyp eingeführt werden soll. Als Folge kann das Schema übersichtlich und einfach gehalten werden. Anwendung findet diese Anfragemöglichkeit beispielsweise bei Werkzeugen, wie Schraubendrehern in verschiedenen Größen, für die sich sehr viele Typen ergeben würden. In diesem Fall wird hier der übergeordnete Objekttyp verwendet und die Unterscheidung der einzelnen Objekte über die Identitätsmerkmale wie den Namen und die ID-Nummer realisiert. Wann ein zusätzlicher Objekttyp eingeführt wird, muss im Einzelfall abgewogen werden, beispielweise falls ein Objekt zusätzliche kontextbeschreibende Merkmale benötigt.
- **Raumbezogene Anfrage:** Die Anfrage nach dem Ort wird verwendet, um den dynamischen Zusammenhang zu erhalten und kann in zwei Möglichkeiten unterschieden werden:
 - **Gebietsanfrage:** Die Gebietsanfrage wird über einen räumlichen Bereich gestellt, dessen Umriss durch ein Polygon beschrieben wird und enthaltene Objekte zurückgibt. Sonderfälle ergeben sich beispielsweise für ringförmige Gebiete. Diese werden in der Praxis meist durch mehrere hintereinander ausgeführte, verschachtelte Anfragen betrachtet und die Ergebnismengen mit boolescher Logik anschließend gefiltert.

- **Nachbarschaftsanfrage:** Die Nachbarschaftsanfrage (nearest neighbour) wird verwendet, um bei einer gegebenen Position das nächstgelegene Objekt in einem bestimmten Umkreis zu finden, das weiteren Spezifikationen wie beispielsweise einem bestimmter Objekttyp genügt.
- **Zeitbezogene Anfrage:** Die Anfrage über einen bestimmten Zeitrahmen bzw. Zeitraum ermöglicht es den Kontext vergangener Situationen zu verwenden. Diese Anfrage kann genutzt werden, um zeitbezogene Analysen und Bewertungen zu erstellen.
- **Sonstige merkmalsbezogene Anfrage:** Die Anfrage über weitere Merkmalsausprägungen der Objekte ermöglicht es einfach Objekte in Kombination mit anderen Basisanfragen in Analysefunktionen zu klassieren oder in Kennzahlen zu verarbeiten.

In der Umsetzung werden in einer Anfrage die Basisfunktionen, Lesen, Erzeugen, Verändern oder Löschen, mit oben beschriebenen Anfragemöglichkeiten kombiniert. Damit wird es möglich auch unscharfe Anfragen zu formulieren. Diese Kontextschnittstelle wird in der Anfragesprache „Augmented World Query Language“ (AWQL) und die Antworten in der sogenannten „Augmented World Modelling Language“ (AWML) umgesetzt (Nicklas 2005, S. 88). Technisch wird die Kontextschnittstelle mit Hilfe von Webservices zur Abfrage, zum Einfügen und zum Ändern auf Basis des Kommunikationsprotokolls „Simple Object Access Protocol“ (SOAP) realisiert. Dadurch können die Komponenten der Nexus Plattform in unterschiedlichen Programmiersprachen implementiert werden.

2.5.5.2 Nexus Föderation

Die Leitidee der Nexus Föderation besteht darin, die Anfragen auf unterschiedliche Kontextserver zu verteilen, die Antworten zusammenzuführen und über eine einzige Schnittstelle zur Verfügung zu stellen. Die Verteilung der Anfragen ist eine der Kernfunktionen des Föderationsmoduls. Zur effizienten Verteilung werden die Anfragen analysiert und mit den registrierten Profilen der Kontextserver verglichen, zugeordnet und an die passenden Kontextserver weitergeleitet. Zur Verwaltung der verfügbaren Kontextserver enthält die Föderation einen Verzeichnisdienst, in welchem die Profile der Kontextserver gespeichert sind. Er gibt zum einen über ein gegebenes räumliches Gebiet

und gegebenen Objekttyp die passenden Kontextserver zurück und zum anderen Informationen über den Kontextserver, wie beispielsweise dessen Name. Anhand dieser Informationen kann die Föderationskomponente ermitteln, welche Kontextverwaltungsmodulare angefragt werden müssen (Schwarz 2007, S. 46). Die zweite Kernfunktion der Föderation ist die Zusammenführung beziehungsweise die Aggregation der Antworten der angefragten Kontextserver. Teilfunktion der Aggregationsfunktion kann hierbei die Erkennung und Verschmelzung von gleichen Mehrfachrepräsentationen der einzelnen Kontextinformationen und die Schemaanpassung unterschiedlicher Kontextserver sein (Nicklas 2005, S. 89–90), (Schwarz 2007). Neben der Verteilung und Anfragefunktion stellt die Nexus Föderation weitere Funktionen zur Verfügung, wie einen Benachrichtigungsdienst für Anwendungen (Event-Service) (Bauer, Rothermel 2004), einen ortsbezogenen Benachrichtigungsdienst für Benutzer (Contextcast) (Geiger, Dürr, Rothermel 2009) und sogenannte Mehrwertdienste mit proprietären Schnittstellen, die jedoch für die vorliegende Arbeit nicht relevant sind.

Die kontextbezogenen Softwareanwendungen greifen über die Föderation auf die Kontextinformationen zu, die in den Kontextservern verwaltet wird.

2.5.6 Benutzerschnittstellen

Allgemein können für die Eingabe und Ausgabe von Informationen die fünf Sinnesmodalitäten⁴² verwendet werden. Praxisrelevant in der Fertigung ist hier die visuelle, akustische und taktile Sinnesmodalität, da diese von den dort vorkommenden Mensch-Maschine-Schnittstellen verwendet werden. Beispiele für die verwendete Sinnesmodalität bei der Eingabe sind „Touchdisplays“ oder die Kombination aus Maus, Tastatur und Bildschirm für eine kombinierte taktile, visuelle Eingabe oder die Spracherkennung als auditive Eingabemöglichkeit.

Durch die „Anreicherung“ einer variantenreichen Serienfertigung mit Technologien zur Erfassung von Kontextinformationen und intelligenten Objekten verändern bzw. erweitern sich auch die Benutzerschnittstellen. Mit Hilfe der bereits dargestellten automatischen Identifikations- und Datenerfassungstechnologien, Ortungssystemen oder auch kamera-

⁴² Die Sinnesmodalität gibt den verwendeten menschlichen Sinn an, welcher zur Kommunikation verwendet wird.

basierten Objekterkennungssystemen können sowohl intelligente, als auch normale Gegenstände in die Kommunikation mit dem Computer miteinbezogen werden, ohne dass eine explizite Eingabe durch den Mensch erforderlich ist. Damit können diese die Benutzereingabe in den normalen Arbeitsablauf ohne Computer integrieren und zur Steigerung der Transparenz der Prozesse und Assistenz beispielsweise bei der Montage (Zäh, Wiesbeck 2008) beitragen.

Die Ausgabe von Informationen kann visuell mit Anzeigen oder Bildschirmen in Form von Leuchtsignalen, Tabellen, Diagrammen oder Karten, akustisch über Alarmtöne, über eine Sprachausgabe und taktil beispielsweise über einen Vibrationsalarm erfolgen. Neben den herkömmlichen Ausgabeformen gewinnen neue Ausgabeformen, die Informationen direkt in ein reales Kamerabild oder das Sichtfeld des Benutzers einblenden, zunehmend an Bedeutung. Diese werden unter dem Begriff „Augmented Reality“ erforscht und erste Lösungen für den industriellen Markt angeboten. Weiteres bestimmendes Merkmal für die Benutzerschnittstelle ist das Endgerät, welches die Mensch-Maschine-Schnittstelle enthält. Dieses kann hinsichtlich des Mobilitätsgrades in stationäre und mobile Endgeräte gegliedert werden. Stationäre Endgeräte stellen in diesem Fall der Büro- und Werkstatt-Computer und Mensch-Maschine-Schnittstellen an Maschinen und Anlagen dar. In die Klasse der mobilen Endgeräte werden „Mobile Datenerfassungsgeräte“, „Personal Digital Assistants (PDA)“, „Smart Phones“, „Tablets“ oder „Netbooks“ eingruppiert. Diese Unterscheidung ist deshalb notwendig, da sich die Form der Ein- und Ausgabe der Kontextinformationen erheblich auf den verschiedenen Endgeräten unterscheidet. Mobile Endgeräte besitzen heute häufig eingebettete Sensoren, wie beispielsweise GPS- oder WLAN-Module oder Beschleunigungssensoren, die zur Positions- und Lagebestimmung verwendet werden können.

2.6 Anforderungen an ein fertigungsnahe Kontextinformationssystem

In diesem Kapitel werden die Anforderungen, die sich aus den Hauptzielen der Arbeit ableiten, analysiert und definiert. Durch die Berücksichtigung dieser unterschiedlichen Aspekte wird die Realisierbarkeit des Ansatzes in der Praxis sichergestellt.

In der Analyse der Ad hoc Informationsbedarfe für Facharbeiter, Meister und Instandhalter wurden zusammenfassend folgende Punkte herausgearbeitet:

1. W-Fragen dienen als Orientierung, um schnell relevante Suchkriterien für die Ad hoc Informationsbeschaffung zu formulieren.
2. In den betrachteten Basisfällen in einer variantenreichen Serienfertigung muss die Information in vielen unterschiedlichen fertigungsnahe IT-Systemen gesucht werden.

Daraus ergeben sich die Anforderungen, den Zusammenhang zwischen den Informationen dynamisch abzubilden, die Umgebung bei der Suche miteinzubeziehen und den Zugriff auf verschiedenartigste Informationen und Funktionen unterschiedlicher fertigungsnahe IT-Systeme von jedem Ort und zu jeder Zeit in der Fertigung zu ermöglichen.

Für die Sicherstellung der Umsetzbarkeit des Ansatzes in die Realität werden im Folgenden die technischen Anforderungen formuliert.

2.6.1 Anpassbarkeit

Jede Fertigung ist in der Realität spezifisch und verändert sich über die Zeit. Merkmale zur Unterscheidung sind beispielweise die Gebäude, die Maschinen und Anlagen, die herzustellenden Produkte oder die fertigungsnahe IT-Systeme zur Planung und Steuerung. Daher muss das fertigungsnahe Kontextinformationssystem (FKIS) an die spezifische Produktion über die Zeit anpassbar sein, hinsichtlich der Fabrikstruktur (vorhandenen Maschinen und Anlagen) sowie der fertigungsnahe IT-Systeme. Diese Anpassung gliedert sich in zwei Anforderungen auf technischer und auf logischer Ebene. Anforderungen auf technischer Ebene an die Anpassbarkeit eines FKIS betreffen die Erfassung von Kontextinformationen in der physischen Fertigung oder die Integration anderer IT-Systeme. Eng damit verknüpft ist die Anpassbarkeit des FKIS auf logischer

Ebene. Damit wird die Anforderung bezeichnet, dass das zugrundeliegende Produktionsumgebungsmodell mit den enthaltenen Fabrikobjekten anpassbar an die spezifische Fertigung ist.

Gemeinsam mit der Anforderung an die Anpassbarkeit des FKIS an die spezifische Fertigung über die Zeit, ergeben sich nachgelagert die Anforderungen nach Offenheit und Erweiterbarkeit auf technischer und logischer Ebene des FKIS.

2.6.2 Offenheit und Erweiterbarkeit

Das FKIS muss offen und erweiterbar auf technischer und logischer Ebene sein. Auf technischer Ebene sind dies neue Hardware- und Softwarebestandteile, wie neue Maschinen, Sensoren oder fertigungsnahe IT-Systeme, auf logischer Ebene sind dies neue Typen von Fabrikobjekten. Die technische und logische Ebene sind meist gekoppelt.

2.6.3 Integration in bestehende IT-Landschaften

Ein wesentliches Kennzeichen des FKIS ist die Vernetzung von Informationen aus unterschiedlichsten fertigungsnahe IT-Systemen. Daraus resultiert die Anforderung, dass das FKIS in bestehende IT-Landschaften einer Fertigung integrierbar sein muss, um die Potenziale bei der Ad hoc Informationsbeschaffung erschließen zu können.

2.6.4 Skalierbarkeit

Je nach Anwendungsfall in der Fertigung umfasst die Systemgrenze des FKIS wenige hundert bis mehrere hunderttausend Fabrikobjekte und kann sich über die Zeit verändern. Daraus resultiert die Anforderung, dass das FKIS skalierbar auf technischer und logischer Ebene ist. Ein Beispiel für die technische Skalierung ist die Einführung des FKIS für einen Produktionsbereich mit einer Anfangssystemgrenze von wenigen hundert Fabrikobjekten, die nach einer erfolgreichen Phase auf mehrere Produktionsbereiche oder mehrere Standorte ausgedehnt wird. Mit logischer Skalierbarkeit wird die Möglichkeit verstanden, Informationen von Sensorwerten eines technischen Prozesses, bis hin zu gesamten Gebäudemodellen eines Standorts im Produktionsumgebungsmodell abzubilden und zu verwenden.

3 Konzeption des fertigungsnahen Kontextinformationssystems

In diesem Kapitel wird das unternehmensneutrale Gesamtkonzept des fertigungsnahen Kontextinformationssystems entwickelt, um den Menschen während der Ad hoc Informationsbeschaffung innerhalb einer variantenreichen Serienfertigung technisch zu unterstützen. Dieses besteht aus dem Produktionsumgebungsmodell, welches ein Informationsmodell mit speziellen Eigenschaften ist und einer Systemarchitektur für das fertigungsnahen Kontextinformationssystem. Das Produktionsumgebungsmodell bildet die Basis, um die Fabrikobjekte, deren Kontextinformationen abzubilden und zu vernetzen. Es wird in Abschnitt 3.1 detailliert. Die Systemarchitektur für das fertigungsnahen Kontextinformationssystem (FKIS) wird in Abschnitt 3.2 beschrieben. Es beinhaltet die notwendigen generischen Komponenten und deren Funktionen für die technische Umsetzung. Die Systemarchitektur verwendet dabei die Elemente des Produktionsumgebungsmodells.

3.1 Produktionsumgebungsmodell

Das Produktionsumgebungsmodell bildet die Informationsbasis für das fertigungsnahen Kontextinformationssystem (FKIS). Dieses hat den Zweck die Informationen aus unterschiedlichen fertigungsnahen IT-Systemen abzubilden, zu vernetzen und für die Ad hoc Informationsbeschaffung zu strukturieren. Ausgangspunkt für das Produktionsumgebungsmodell bildet die Arbeit von Nicklas, die ein allgemeines Umgebungsmodell für ortsbasierte Anwendungen beschrieben hat (Nicklas 2005). Das Produktionsumgebungsmodell ist dabei auf die Belange der Domäne „variantenreiche Serienfertigung“ zugeschnitten. Die Leitidee für die Strukturierung des Produktionsumgebungsmodells ist es, für den Menschen in der Fertigung gewohnte Strukturierungskriterien zu verwenden. In der Praxis werden häufig zur Einordnung von aktuell auftretenden Sachverhalten oder zur Erledigung einer kurzfristig aufgetretenen Aufgabe klassische W-Fragen verwendet (Tabelle 8), die den Ausgangspunkt für die Ad hoc Informationsbeschaffung bilden und den Bezug zu den gewählten Hauptordnungskriterien Typ, Identität, Ort, Betriebszustand und Zeit herstellen. Darauf aufbauend werden die weiteren wesentlichen Charakteristika des Produktionsumgebungsmodells in den folgenden Abschnitten dargestellt.

Frage	zielt auf	Hauptordnungskriterien
Wer / Was	Betroffene Personen bzw. Gegenstände, Zugehörigkeit	Typ und Identität des Fabrikobjektes
Was / Wozu / Wie	Gegenstandsbestimmung, Zweck, Aufgabe	Bedeutung des Fabrikobjekttyps (z. B. Typ: Transportauftrag), Betriebszustand des Fabrikobjekts (z. B. in Bearbeitung)
Wo	Geltungsbereich	Ort, räumliche Ausdehnung
Wann	Zeitpunkt, Zeitraum	Zeit

Tabelle 8: Ableitung von Hauptordnungskriterien. In Abwandlung an (Franck, Stary 2003, S. 159)

3.1.1 Objekt- und Typbasierung

Allgemein ist ein Objekt ein „Gegenstand, mit dem etwas geschehen soll“ (Brockhaus 2006). Aufbauend auf dieser allgemeinen Definition wird ein Fabrikobjekt in dieser Arbeit als diejenigen Gegenstände innerhalb einer Fabrik definiert, die zur Planung und zum Betrieb notwendig sind. Zur Charakterisierung der Fabrikobjekte werden Merkmale verwendet.

Merkmale sind definiert als die Eigenschaften zur Beschreibung und zum Unterscheiden von Gegenständen. Die Merkmalsausprägung gibt den konkreten Wert des Merkmals an. Merkmale werden in Sach- und Relationsmerkmale unterschieden (DIN 4000-1, S. 6). Sachmerkmale dienen zur Beschreibung „eines Gegenstandes, so wie dieser sich dem Betrachter darstellt (DIN 4000-1, S. 6).“ Dies sind beispielsweise, die Abmessungen eines Objektes, das Gewicht oder die Farbe. Relationsmerkmale bezeichnen Eigenschaften, die „eine Beziehung zur Umgebung eines Objektes“ beschreiben (DIN 4000-1, S. 6). Diese können auch Vorgänge, Zustände oder Ereignisse räumliche und zeitliche Merkmale umfassen, wie den Ort, die Zugehörigkeit zu einer Organisationsstruktur, oder den Zeitpunkt, beziehungsweise das Zeitintervall einer Messung. Die Merkmalsausprägung ist der konkrete Wert des Merkmals, der durch definierte Meßvorschriften vergleichbar wird (DIN 4000-1, S. 6), (Lucke, Constantinescu, Westkämper 2011, S. 5). Durch die Gruppierung der Merkmale werden die Typen der Fabrikobjekte gebildet. Durch die Definition über die beschreibenden Merkmale enthalten die Fabrikobjekte sowohl Stamm- als auch Bewegungsdaten. Diese können in materielle und immaterielle Gegenstände unterschieden werden. Materielle Gegenstände sind die Produkte, die Ressourcen und die Infrastruktur (Gebäude, Maschinen und Anlagen, Transportmittel, Werkzeuge,

Vorrichtungen und Prüfmittel, Personal, die Halbzeuge und Zukaufteile). Immaterielle Gegenstände bilden die Fabrikstruktur (Bereiche, organisationale Einheiten), die Prozesse, die Prozessschritte die Produktions- oder Fertigungsaufträge, Ereignisse, Modelle und Dokumente (technische Dokumentation der Maschinen, Wartungspläne und -protokolle, Prüfanweisungen und -protokolle, Fertigungszeichnungen, Störungsdokumentationen) ab. Eine weitere Unterscheidung auf Fabrikobjektebene geschieht hinsichtlich der Beweglichkeit der Fabrikobjekte in mobile und stationäre Fabrikobjekte.

Durch die Gruppierung von Merkmalen zu Fabrikobjekten werden diese beschrieben und strukturiert. Dieses Modellierungsprinzip wird für das Produktionsumgebungsmodell übernommen. Es ist daher objektbasiert.

Die enthaltenen Fabrikobjekte sind zunächst autonom/unabhängig (Nicklas 2005, S. 102). Die Fabrikobjekte werden anhand von Sach- und Relationsmerkmalen beschrieben, um Stamm- und Bewegungsdaten abbilden zu können. Zur Beschreibung der Fabrikobjekte werden Fabrikobjekttypen verwendet, welche die Struktur und den Aufbau definieren. Diese besitzen im Unterschied zu Objekten bei der objektorientierten Programmierung keine Methoden (Nicklas 2005, S. 105). Das Schema bezeichnet hier die Gesamtheit der Fabrikobjekttypen (Nicklas 2005, S. 105).

Zur Erfüllung der Anforderungen „Anpassbarkeit“, „Offenheit und Erweiterbarkeit“ auf logischer Ebene werden im Produktionsumgebungsmodell Vererbungsbeziehungen verwendet. Ein Fabrikobjekttyp kann von mehreren anderen Fabrikobjekttypen (Mehrfachvererbung) sämtliche Merkmale erben. Die Möglichkeiten, die sich damit ergeben, werden in Abschnitt 3.1.7 kurz dargestellt.

3.1.2 Identitätsbezug

Um eine Eindeutigkeit der Fabrikobjekte zu gewährleisten, werden identitätsbeschreibende Sachmerkmale verwendet. Das Fabrikobjekt kann dabei mehrere Identitätsmerkmale besitzen. Zum einen sind dies die Identitätsmerkmale „ID-Nummer“, „Name“ und „Beschreibung“, welche primär zur Verwaltung und Auffindbarkeit verwendet werden, zum anderen kann das Fabrikobjekt alternative Identitäten besitzen, um so in anderen fertigungsnahen IT-Systemen auffindbar zu sein.

3.1.3 Ortsbezogenheit

Eine Sonderstellung unter den Zustandsgrößen nimmt der Ort oder die Position eines Fabrikobjektes ein. Dieser tritt bei Fabrikobjekten in zwei verschiedenen Formen auf, zum einen als eine historische oder aktuelle Position, zum anderen als zukünftige Position, als Zielgröße, beispielweise in Form eines Ausführungsortes eines Auftrags (Lucke, Constantinescu, Westkämper 2008, S. 141). Der Ort ist gleichzeitig eines der wichtigsten Merkmale zur Abbildung des Zusammenhangs. Eng damit verbunden ist die Modellierung des Orts, der mithilfe von Koordinatensystemen abgebildet werden kann.

Es wird hier zwischen symbolischen Koordinaten und geometrischen Koordinaten unterschieden. Symbolische Koordinaten sind beispielsweise Postadressen, geometrische Koordinaten, kartesische Koordinaten (z. B. ETRS89⁴³) oder sphärische Koordinatensysteme, wie beispielweise WGS84⁴⁴. Vorteil symbolischer Koordinaten ist die einfach verständliche Darstellung für den Menschen. Jedoch ist eine genaue Adressierung sehr aufwändig zu realisieren (Lucke, Constantinescu, Westkämper 2009a).

Bei Fabriklayouts kommen häufig kartesische Koordinaten zum Einsatz, um die Positionen und geometrische Repräsentationen der Fabrikobjekte darzustellen. Werden sphärische Koordinatensysteme verwendet, so kann die Position global eindeutig angegeben werden. Für die Skalierbarkeit des Systems über mehrere Standorte hinweg sollte daher ein großräumig gültiges Koordinatensystem, wie ETRS89 oder WGS 84, für die Implementierung gewählt werden.

3.1.4 Betriebszustandsbezogenheit

Der Betriebszustand bildet neben Ort und Zeit die weitere Hauptkategorie, um den Zustand eines Fabrikobjektes zu beschreiben. Die Zustandsgrößen, welche der Kategorie „Betriebszustand“ zugeordnet werden, modellieren die spezifischen dynamischen Charakteristika eines Fabrikobjekts, die nicht zu den Kategorien „Ort“ und „Zeit“ zugeordnet sind.

⁴³ Das „Europäische Terrestrische Referenzsystem 1989 (ETRS89)“ ist das aktuell gültige Koordinatensystem, welches in der Bundesrepublik Deutschland verwendet wird. Es verwendet die transversale Mercator Projektion zur Abbildung auf Grundlage des Ellipsoids des WGS84 Koordinatensystems.

⁴⁴ Das „World Geodetic System 1984 (WGS84)“ ist ein global gültiges geodätisches Referenzkoordinatensystem.

Dabei kann zwischen Ist- und Soll-Betriebszustandsgrößen unterschieden werden. Ist-Betriebszustandsgrößen werden dazu verwendet, um einen Teil des aktuellen Betriebszustands eines Fabrikobjektes auszudrücken, wie der Arbeitsstatus, Ist-Lagerbestände, Temperaturen, die elektrische Leistungsaufnahme oder Kräfte. Soll-Betriebszustandsgrößen haben den Charakter einer Zielvorgabe, wie Soll-Lagerbestände oder Kapazitätsmodelle (Lucke, Wieland 2007).

3.1.5 Zeitbezogenheit

Die Zeit ist eine weitere wichtige Zustandsgröße zur Modellierung der Fabrikobjekte. Diese tritt in zwei Formen auf, einmal in Verbindung mit anderen Merkmalen wie Ort oder Identität als Teil der Merkmalsausprägung, zum anderen als selbstständige Merkmale. Während die erste Form typischerweise als Zeitstempel und Intervall realisiert wird, für die ein Merkmal gültig ist, wird die zweite Form des Zeitbezugs als Zielvorgabe verwendet, wie beispielsweise für Termine oder Betriebskalender. Voraussetzung dafür ist die Verwendung einer einheitlichen Zeitbasis wie der koordinierten Weltzeit⁴⁵.

3.1.6 Vernetzung der Fabrikobjekte

Wichtigster Aspekt des Produktionsumgebungsmodells ist die Vernetzung der Information aus den unterschiedlichen fertigungsnahen IT-Systemen. Die vollständige Darstellung des Zusammenhangs von Fabrikobjekten kann in eine explizite statische, explizite dynamische und implizite dynamische Vernetzung untergliedert werden. Die statische Vernetzung ist dabei im Voraus festgelegt durch das Schema, das Hierarchien enthält, die durch die Vererbungsrelationen zwischen den Fabrikobjekttypen entstehen. Auch die Gruppierung der Merkmale zu einem Fabrikobjekt ist eine statische Vernetzung durch den Modellierer.

Die dynamische Vernetzung ergibt sich erst zur Laufzeit mit den gefüllten Merkmalsausprägungen der Fabrikobjekte. Hier kann zwischen einer expliziten und impliziten dynamischen Vernetzung unterschieden werden. Mit expliziter dynamischer Vernetzung wird hier das aktive Setzen von Relationen zu anderen Fabrikobjekten als Merkmalsausprägungen bezeichnet. Ein Beispiel kann hier die Verknüpfung eines Rohmaterials mit einem Auftrag und Produktdaten sein, da beispielsweise Produktdaten

⁴⁵ Die „Universal Time Coordinated“ (UTC) ist die global gültige Weltzeit.

keinen oder nicht denselben Ort, wie das Rohmaterial haben. Auch wird hierüber die Vernetzung zu Informationen wie z. B. 3D-Geometrieproduktrepräsentationen und Funktionen von fertigungsnahen IT-Systemen, die nicht im Umgebungsmodell enthalten sind, über Verweise bzw. Links realisiert. Das Umgebungsmodell hat damit den Charakter eines Index.

Die implizite dynamische Vernetzung der Einzelinformationen ergibt sich erst bei der Anfrage des Umgebungsmodells. Bei der Anfrage des Umgebungsmodells werden allgemein Teilmengen in der Anfrage spezifiziert und verglichen, ob sich ein Fabrikobjekt in der spezifizierten Teilmenge befindet. Hauptmerkmale zur Teilmengenspezifizierung sind Typ, Identität, Ort, Betriebszustand und Zeit (Abbildung 9). Beispiele sind Wertebereiche für Ortskoordinaten, um einen räumlichen Bereich einer Maschine oder eines Fertigungssystems anzugeben. In der Umsetzung ist bei der Anfrage immer eine Kombination mehrerer Merkmale notwendig. Es wird darin ein Objekttyp, bzw. mindestens eine Identität spezifiziert, die durch die anderen Merkmale weiter präzisiert wird.

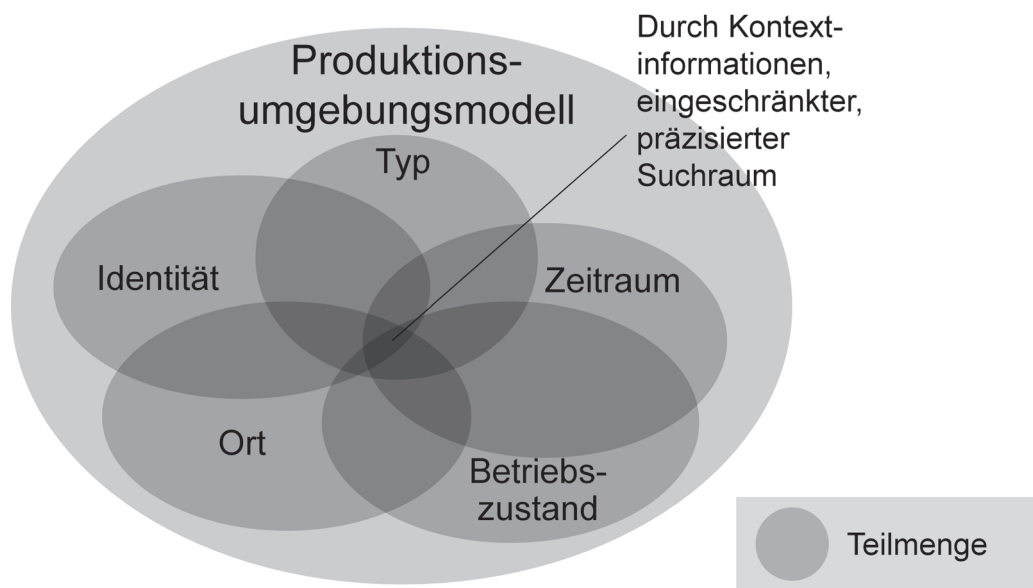


Abbildung 9: Hauptanfragemerkmale des Umgebungsmodells der Produktion

3.1.7 Anpassbarkeit und Erweiterbarkeit über die Zeit

Ein Fabrikobjekttyp kann die Merkmale von anderen erben und um weitere Merkmale ergänzt werden. Beispielsweise erbt der Fabrikobjekttyp „Transportbox“ von dem Fabrikobjekttyp „Transportressource“ die Merkmale und es werden weitere Merkmale, wie Nutzraumabmessungen hinzugefügt.

Ein vordefinierter Satz an Fabrikobjekttypen dient hier als Aufgangspunkt und sichert ein Mindestmaß an Kompatibilität ab. Diese Erweiterungen um neue Fabrikobjekttypen können unternehmensspezifisch und über die Zeit erfolgen.

Damit wird die Anpassbarkeit, Erweiterbarkeit und logische Skalierbarkeit auf die reale Fertigung und die enthaltenen spezifischen Informationsmodelle der jeweiligen Fabrikinformationssysteme erreicht.

3.1.8 Skalierbarkeit des Produktionsumgebungsmodells

Um die Anforderung Skalierbarkeit auf logischer und auf technischer Ebene in der Umsetzung zu erreichen, werden die Eigenschaften, die dies adressieren im Folgenden dargestellt.

Für die logische Skalierbarkeit, also die Fähigkeit die unterschiedlichen Skalen der Produktion, ausgehend von Sensorwerten technischer Prozesse bis hin zum gesamten Standort, abzubilden, werden für das Produktionsumgebungsmodell ein Satz an Fabrikobjekttypen definiert. Diese werden im folgenden Abschnitt näher beschrieben. Hierbei werden die Methoden der statisch expliziten, dynamisch expliziten und dynamisch impliziten Vernetzung verwendet⁴⁶. Um die Anforderung Skalierbarkeit auf technischer Ebene zu erreichen, wird das Umgebungsmodell in mehrere Teilmodelle untergliedert, die eine Teilmenge des gesamten Produktionsumgebungsmodells abdecken. Diese Teilmodelle werden auch lokale Umgebungsmodelle (Nicklas 2005, S. 109) oder abgedeckter Bereich (Rothermel, Bauer, Becker 2003, S. 131) genannt. Diese Spezifizierung der Teilmodelle kann prinzipiell anhand der Hauptmerkmale der Fabrikobjekte, nach Typ, Ort, Zustand und Zeit vorgenommen werden. Zweckmäßigerweise erfolgt in der Umsetzung die Eingrenzung nach Typen, dem abgedeckten Raum (Ort) und der Zeit. Neben der Möglichkeit zur technischen Skalierung ermöglicht diese Aufteilung den Einsatz fabrikobjekttyp- und zweckoptimierter Kontextverwaltungsmodule (Großmann et al. 2005, S. 331). Dies ist beispielsweise der Fall, wenn die Kapazitätsgrenze eines Kontextverwaltungsmoduls, das historische Kontextinformationen enthält, erreicht ist. Damit das FKIS trotzdem auf alle Kontextinformationen Zugriff hat, wird es ab einem bestimmten Zeitpunkt durch ein neues

⁴⁶ Vgl. Abschnitt 3.1.6 Vernetzung der Fabrikobjekte.

Kontextverwaltungsmodul erweitert (Abbildung 10). Dabei kann die Kontextinformation nicht nach der Zeit, sondern es können auch die Fabrikobjekte an sich über mehrere Kontextverwaltungsmodule verteilt sein. Dies ist dann der Fall, falls spezialisierte Kontextverwaltungsmodule für ein bestimmtes Merkmal, wie Sensordaten zum Einsatz kommen.

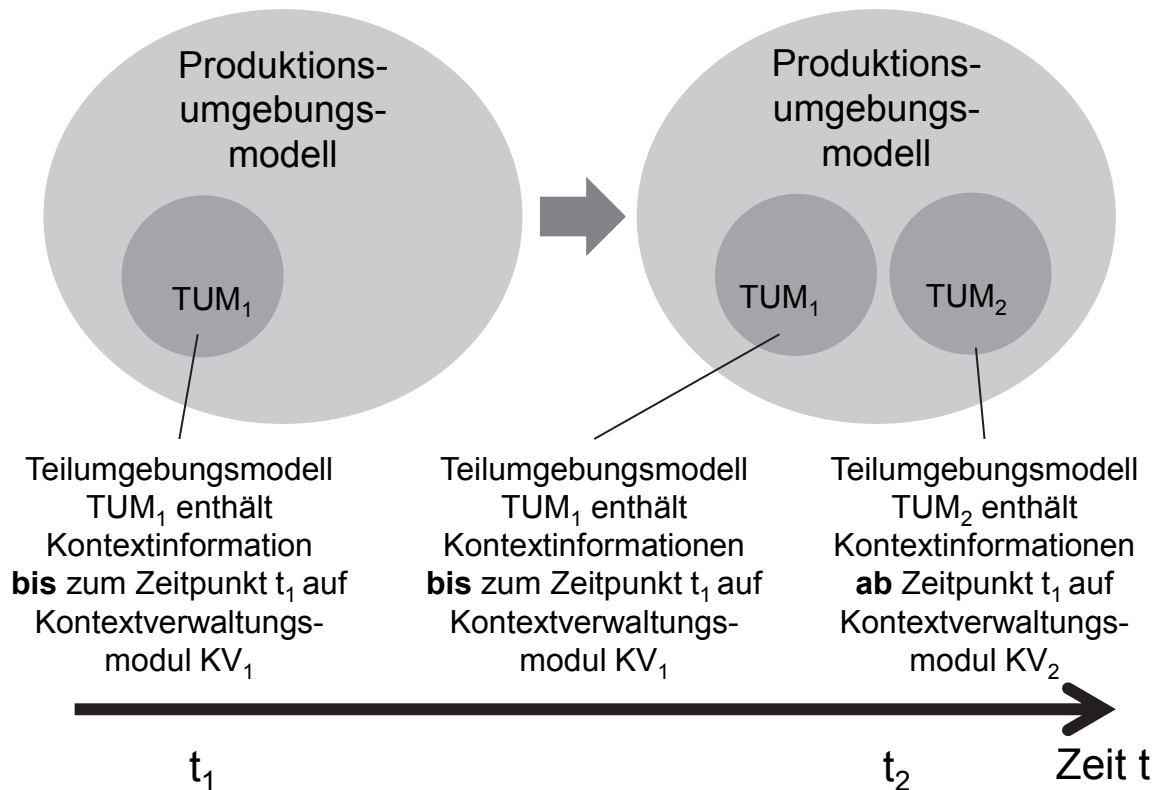


Abbildung 10: Beispiel: Skalierung des Umgebungsmodells durch lokale Umgebungsmodelle

3.1.9 Fabrikobjekttypen des Produktionsumgebungsmodells

Für eine logische Strukturierung werden ähnliche Fabrikobjekttypen des Produktionsumgebungsmodells zu Paketen gruppiert. Diese Gruppierung erfolgt auf Basis der Grobeinteilung von Fabrikdaten in Fabrikstrukturen, Ressourcen, Prozesse und Produkten (Schenk, Wirth, Müller 2010, S. 7), (VDI 4499, S. 19). Da der Fokus des Umgebungsmodells weniger auf der Fabrikplanung liegt, sondern auf der Abbildung des realen Geschehens in einer Produktion, werden weitere Pakete hinzugefügt, die Aufträge, Geschäftspartner, Sensoren und Ereignisse sowie Modelle und Dokumentationen umfassen (Abbildung 11). Die hier vorgenommene Gliederung soll dabei als Basis für Implementierungen dienen und eine Hilfestellung für benötigte Merkmale der Fabrikobjekte geben.

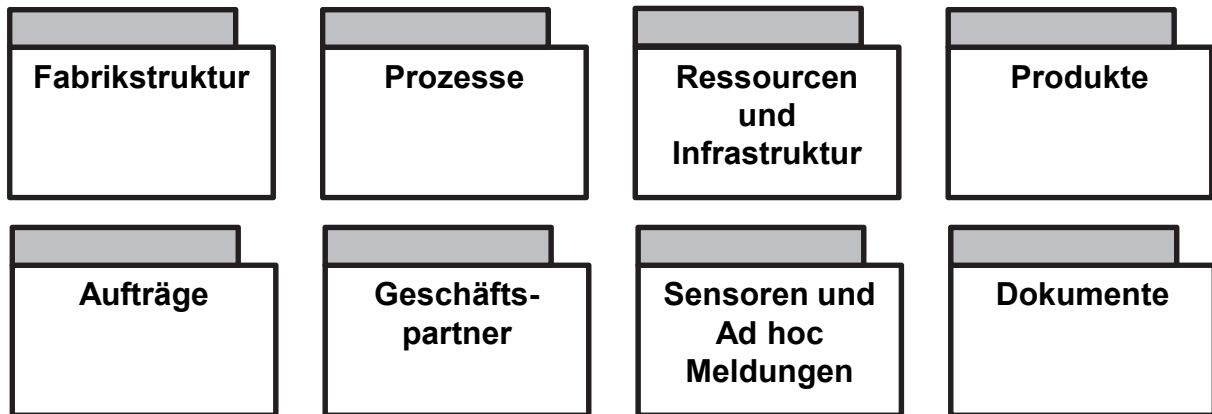
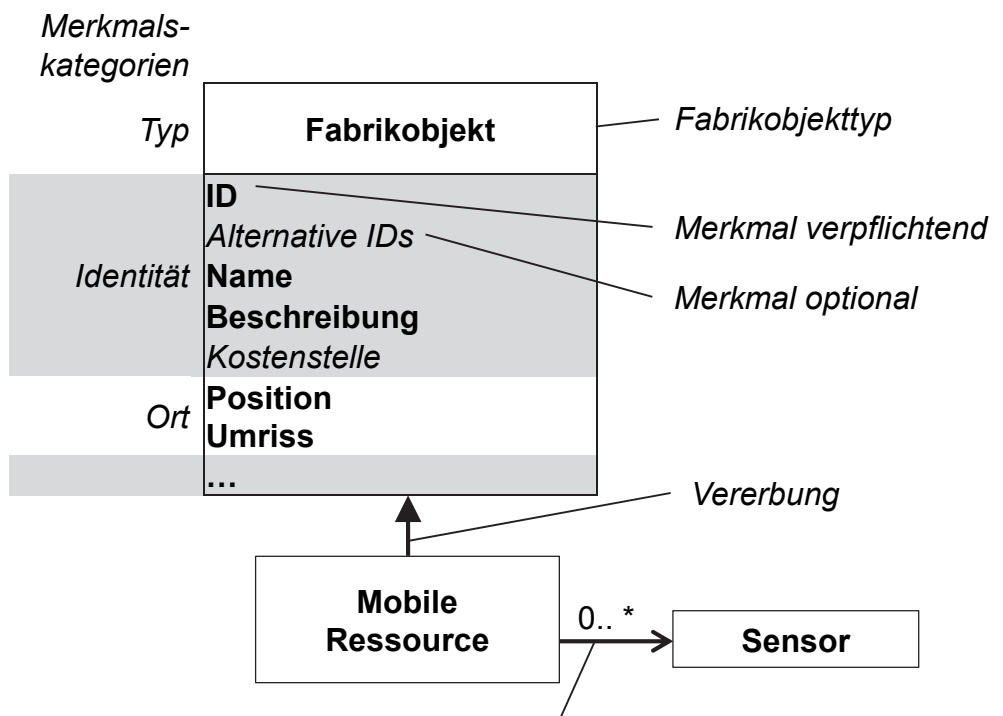


Abbildung 11: Pakete der Fabrikobjekttypen

Für die Darstellung der Fabrikobjekttypen wird zur besseren Übersichtlichkeit eine vereinfachte Notation auf Basis des UML⁴⁷ Klassendiagramms verwendet, die in Abbildung 12 dargestellt ist. Die Fabrikobjekttypen werden als Klassen, deren Merkmale werden als Attribute ohne (Software-)Datentyp modelliert. Generalisierungspfeile zeigen die Vererbung zwischen zwei Fabrikobjekttypen an. Die abgeleiteten Fabrikobjekte sind gleichzeitig auch Objekte des übergeordneten Fabrikobjekttyps, sodass damit übergeordnete Objektgruppierungen und Hierarchien ausgedrückt werden können. Dies ist insbesondere sinnvoll für eine verfeinerte Suche, die zunächst von übergeordneten Objekttypen, wie Produkte, Aufträge oder Ressourcen ausgeht und im zweiten Schritt verfeinert werden kann. Relationen zu anderen Fabrikobjekten werden über Verweise modelliert. Fabrikobjekte besitzen Pflichtmerkmale, die eine Ausprägung besitzen müssen und optionale Merkmale. Zur besseren Übersichtlichkeit werden die jeweiligen Merkmale in Kategorien gruppiert.

⁴⁷ Unified Modelling Language, vgl.: <http://www.uml.org/> Abgerufen am 15.10.2012.



Expliziter Verweis:

- 0..* optionaler Verweis auf eines oder mehrere Fabrikobjekte, Fabrikobjekttypen*
- 1..1 Verweis auf genau ein Fabrikobjekt, Fabrikobjekttyp*
- 1..* Verweis auf mindestens ein oder mehrere Fabrikobjekte, Fabrikobjekttypen*

Abbildung 12: Vereinfachte UML Notation

Basis für die Fabrikobjekte, welche in den Paketen spezialisiert werden, ist ein generischer Fabrikobjekttyp (Abbildung 13). Die Merkmale des generischen Fabrikobjektes modellieren die Basisinformationen, die relevant sind, um einen schnellen Überblick über Zustände bzw. Zugriff auf weitergehende Informationen und Funktionen der jeweiligen fertigungsnahen IT-Systeme zu erhalten⁴⁸. Die Merkmale selbst werden zur besseren Nachvollziehbarkeit und einfacheren Erweiterbarkeit in die Merkmalskategorien „Identität“, „Ort“, „Betriebszustand“, „Zeit“ und „Explizite Vernetzung“ gruppiert. Die Gruppe „Explizite Vernetzung“ wird zur Abbildung der Verweise auf andere Fabrikobjekte und Informationen zusätzlich eingeführt, die nicht erst zum Zeitpunkt der Abfrage des Produktionsumgebungsmodells entstehen.

⁴⁸ Vgl. Tabelle 8, Ableitung der Hauptordnungskriterien Abschnitt 3.1.

<i>Merkmalskategorien</i>		Fabrikobjekt
<i>Typ</i>		
<i>Identität</i>		ID <i>Alternative IDs</i> Name Beschreibung <i>Kostenstelle</i>
<i>Ort</i>		Position Umriss
<i>Betriebszustand</i>		Status
<i>Zeit</i>		Gültigkeitszeitraum
<i>Explizite Vernetzung (Verweise)</i>		prim. Informationsquelle

Abbildung 13: Merkmale des generischen Fabrikobjekts

Die Kategorie Identität enthält die Merkmale, die zur Charakterisierung der Identität des Fabrikobjekts verwendet werden. Im Einzelnen sind dies die primäre eindeutige ID des Fabrikobjekts im Produktionsumgebungsmodell, alternative IDs des Fabrikobjekts in anderen fertigungsnahen IT-Systemen, der Name, die Beschreibung und die Kostenstelle. Für den Menschen sind dabei der Name, die Beschreibung und Kostenstellenzuordnung zur Identifikation und schnellen Einordnung des Fabrikobjekts von besonderer Bedeutung. Aus diesem Grund sollte der Name möglichst prägnant gewählt werden, welcher durch das Merkmal „Beschreibung“ ergänzt werden kann.

Zeitbezogene Informationen werden in den Fabrikobjekten auf zwei Arten realisiert. Zum einen als Teil einer Merkmalsausprägung und zum anderen als selbstständige Merkmale. Für die Modellierung von zeitbezogenen Verläufen kann jeder einzelnen Merkmalsausprägung ein Gültigkeitszeitraum angefügt werden. Sind Anfangs- und Endzeitpunkt gleich, so wird der Gültigkeitszeitraum zum Gültigkeitszeitpunkt. In abgeleiteten Fabrikobjekten, wie beispielsweise Teilefertigungsaufträgen, treten weitere eigenständige zeitbezogene Merkmale in Form von Terminen auf.

In die Kategorie Ort, werden alle ortsbezogenen Merkmale eingeordnet. Während im allgemeinen Fabrikobjekt der aktuelle Ort oder Umriss als Wirkungsbereich in Form der

Merkmale „Position“ und „Umriss“ spezifiziert wird, können davon abgeleitete Fabrikobjekte zusätzliche Merkmale besitzen, welche einen Zielort oder -bereich angeben. Merkmale der Kategorie Betriebszustand beschreiben die Soll- und Ist-Betriebszustandsgrößen. Im allgemeinen Fabrikobjekt ist dafür im Merkmal „Status“ in aggregierter Form zur schnellen Informationsvermittlung für den Menschen der aktuelle Betriebszustand des Fabrikobjekts dargestellt. Die Modellierung des Status erfolgt für materielle und immaterielle Fabrikobjekte unterschiedlich. Für ein materielles Fabrikobjekt, wie eine Maschine oder ein Werkzeug, kann das Statusmodell in seiner Grundform folgende Zustände annehmen „Abgeschaltet / Nicht verfügbar“, „Betriebsbereit“, „in Betrieb/Bearbeitung“ und „in Störung“. In der Umsetzung werden diese durch weitere Informationen, wie beispielsweise die Fehlernummer bei Störungen ergänzt⁴⁹. Für immaterielle Fabrikobjekte, wie Aufträge, Arbeitspläne oder Dokumente zeigt das Statusmerkmal deren Gültigkeit an über die Zustandswerte „Freigegeben“, „in Bearbeitung“ oder „Zurückgezogen“. Zur weiteren Charakterisierung des Betriebszustands werden weitere Merkmale in den jeweiligen abgeleiteten Fabrikobjekten verwendet.

Während die vorangegangenen Merkmale für die implizite dynamische Vernetzung gebraucht werden, bilden Merkmale der Kategorie „explizite Vernetzung“ die Vernetzung zu anderen Fabrikobjekten ab und verweisen darüber auf Informationen, wie Geometriedaten oder Arbeitspläne, die in den jeweiligen fertigungsnahen IT-Systemen enthalten sind. Diese sind in den jeweiligen abgeleiteten Fabrikobjekttypen weiter spezifiziert. Für den schnellen Zugriff auf weitergehende Bearbeitungsfunktionen für ein Fabrikobjekt wird ein Standardverweis auf dessen führendes Informationssystem oder Person als Wissensträger im Merkmal „primäre Informationsquelle“ modelliert. Ein Beispiel ist hier der Verweis eines Fertigungsauftragsobjektes auf das Auftragsverwaltungssystem, durch welchen der Zugriff auf die Umplanungsfunktionen realisiert wird. Die jeweilige „primäre Informationsquelle“ wird in den abgeleiteten Fabrikobjekttypen spezifiziert. Die Verweise werden als Netzwerkpfade auf eine Datei, Ordner, auf eine webbasierte Datenbanksicht, Webseiten oder direkt auf andere Fabrikobjekte ausgeführt.

⁴⁹ Beispiel vgl. Abschnitt 4 Prototypische Umsetzung und Validierung.

3.1.9.1 Produkt

Im Paket „Produkt“ sind diejenigen Fabrikobjekttypen gruppiert, die mit dem Produkt in der physischen Fertigung in engerem Zusammenhang stehen. Abgeleitete Fabrikobjekttypen vom übergeordneten Fabrikobjekttyp „Produkt“ sind Rohmaterialien, Einzelteile und Baugruppen. Rohmaterialien bzw. Halbzeuge bilden die Ausgangsbasis für die in Eigenfertigung hergestellten Einzelteile (Abbildung 14). Diese wiederum bilden die Basis für die Montage von Baugruppen und Produkten. Mit dem Zuschnitt als erstem Schritt werden die Halbzeuge zu Einzelteilen in einem sehr frühen Stadium, welcher im Statusmerkmal angezeigt wird. Die Baugruppe besteht aus mehreren Einzelteilen oder Baugruppen.

Im geerbten Merkmal „primäre Informationsquelle“ des Fabrikobjekttyps „Produkt“ wird meist auf das PPS- oder ERP-System verwiesen, da diese für den Betrieb einer variantenreichen Serienfertigung relevante Funktionen zur Verwaltung der Bestände und Bestellungen realisieren. Zusätzliches Merkmal des Fabrikobjekttyps „Produkt“ spezifizieren etwaige Verfallsdaten, Abmessungen, Gewicht und Material. Fabrikobjekte vom Typ „Produkt“ können auf die 3D-Geometriemodelle (3D Geometrie) und Fertigungszeichnungen, Lieferanten und Lieferantenvereinbarungen verweisen, um Informationen auf Herkunft und Lieferbedingungen schnell zur Verfügung zu haben.

Einzelteile und Baugruppen als abgeleitete Fabrikobjekttypen besitzen zusätzlich die Merkmale „Projektname“ und „Revisionsnummer“, für die Verwaltung in PDM-Systemen oder CAD-Systemen. Die Unterscheidung in Eigenfertigungs- oder Zukaufteil wird im Merkmal „Zukaufteil“ vorgenommen. Zusätzlich verweist eine Baugruppe auf die Zusammenbaustückliste.

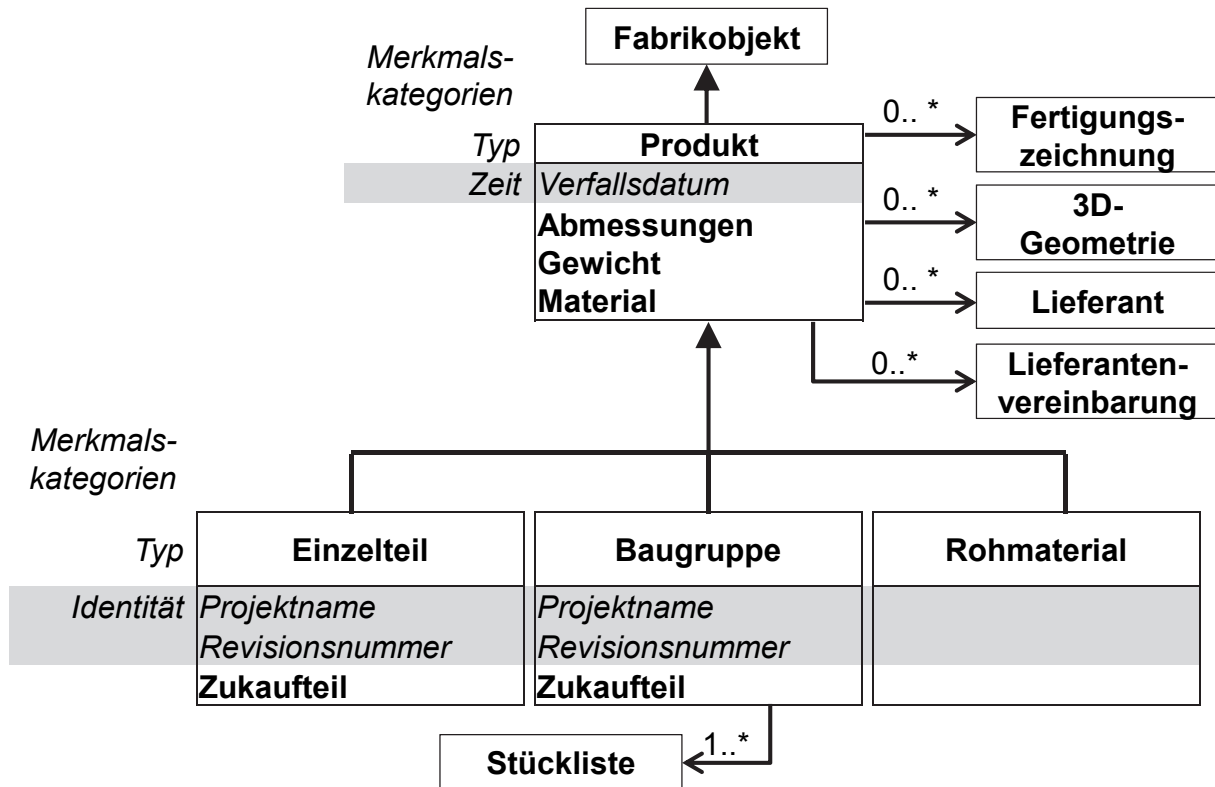


Abbildung 14: Fabrikobjekttypen Paket Produkte

3.1.9.2 Prozesse

Das Paket „Prozesse“ enthält diejenigen Fabrikobjekttypen, um arbeitsprozessbezogene Informationen in der Fertigung zu repräsentieren. Diese enthalten prozessbezogene Planungs- und zusammengefasste Protokollinformationen. Direkte Messwerte aus einem technischen Prozess werden in dieser Arbeit in Form von Sensorobjekten im zugehörigen Paket beschrieben. Die Fabrikobjekttypen des Pakets „Prozesse“ sind immaterielle, räumlich stationäre Fabrikobjekte. Damit können diese beispielsweise auf einen bestimmten Teil der Fertigung oder eine Maschine oder Anlage verweisen. Dabei kann zwischen Arbeitsplänen und Protokollen als übergeordnete Fabrikobjekttypen unterschieden werden.

Fabrikobjekte vom Typ „Arbeitsplan“ und dessen abgeleitete Fabrikobjekttypen verweisen auf die Arbeitsplandokumente für die Fertigung, Montage und Prüfung zum Herstellen eines Produktes und Instandhaltung von Ressourcen (Abbildung 15). Zusätzliche Merkmale des Arbeitsplantyps betreffen Projektname und Revisionsnummer, falls dieser durch ein CAP-Werkzeug oder Fabrikdatenmanagementsystem verwaltet wird. Das

Merkmal „Dokumentpfad“ bildet den eigentlichen Verweis zum Arbeitsplandokument ab. Arbeitspläne können auf benötigte ergänzende Arbeitsdokumente, Ressourcen(-typen) und Produkt(-typen), wie Einzelteile, Baugruppen und Rohmaterialien verweisen. Sofern es bereits möglich ist, wird dabei auf konkrete einzelne Fabrikobjekte verwiesen. Fertigungs- bzw. Montagearbeitspläne und Prüfpläne als abgeleitete Typen verweisen auf Steuerungsdokumente, wie NC-Programme, Werkzeugkorrekturdateien, SPS-Programme oder SPS-Konfigurationsdateien. Der Fabrikobjekttyp „Prüfplan“ verweist aus Gründen der Verständlichkeit und Eindeutigkeit auf einen weiteren Produkttyp, welcher das Prüfobjekt (Einzelteil/-baugruppe) darstellt. Analog hierzu wird in Fabrikobjekten vom Typ „Instandhaltungsarbeitsplan“ auf die Ressource verwiesen, welche das Instandhaltungsobjekt darstellt.

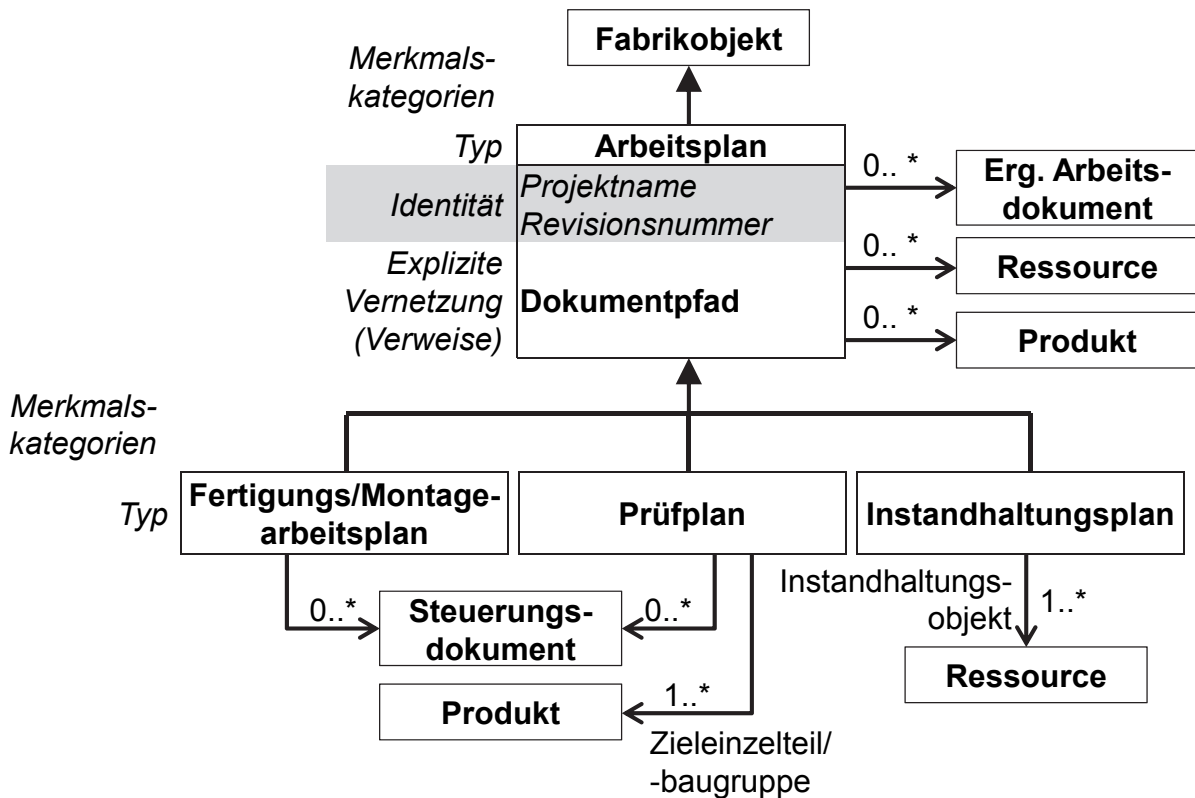


Abbildung 15: Fabrikobjekttypen Paket Prozess (Arbeitspläne)

Während Fabrikobjekte vom Typ „Arbeitsplan“ sich auf auftragsneutrale Planungsinformationen fokussieren, repräsentieren Fabrikobjekte vom Typ „Protokoll“ zusammengefasste Informationen über die geleisteten Arbeitsvorgänge und Tätigkeiten, die über einfache Arbeitsrückmeldungen hinausgehen. Analog zum Typ „Arbeitsplan“ besitzen Objekte vom Typ „Protokoll“ Merkmale zur Verwaltung in Fabrikdatenmanagement-

systemen (Projektname, Revisionsnummer) und zum Verweis auf den Speicherort der Dokumente oder die Datenbankansicht (Dokumentpfad). Diese verweisen auf verwendete ergänzende Arbeitsdokumente, Ressourcen und Produkte. Abgeleitete Fabrikobjekttypen sind Übergabeprotokolle, Prüfprotokolle und Instandhaltungsprotokolle. Übergabeprotokolle beschreiben in der Fertigung kurz die aktuellen Vorkommnisse zur Informationsübergabe zwischen zwei Schichten, auf die das gleichnamige Fabrikobjekt verweist. Zusätzlich kann auf Ad hoc Meldungen verwiesen werden. Das Prüfprotokoll dokumentiert einen Prüfauftrag und -vorgang, weshalb dieser Fabrikobjekttyp zusätzlich auf den ausgeführten Prüfauftrag und Prüfplan verweist. Das Instandhaltungsprotokoll dokumentiert Wartungs- und Instandsetzungsarbeiten. Dazu zählt auch die Dokumentation von Störungsbehebungen. Das Instandhaltungsprotokoll verweist dabei zusätzlich auf den Instandhaltungsauftrag und sofern möglich auf den zugrundeliegenden Instandhaltungsplan oder im Fall von störungsbedingten, ungeplanten Instandsetzungen auf die auslösende Ad hoc Meldung.

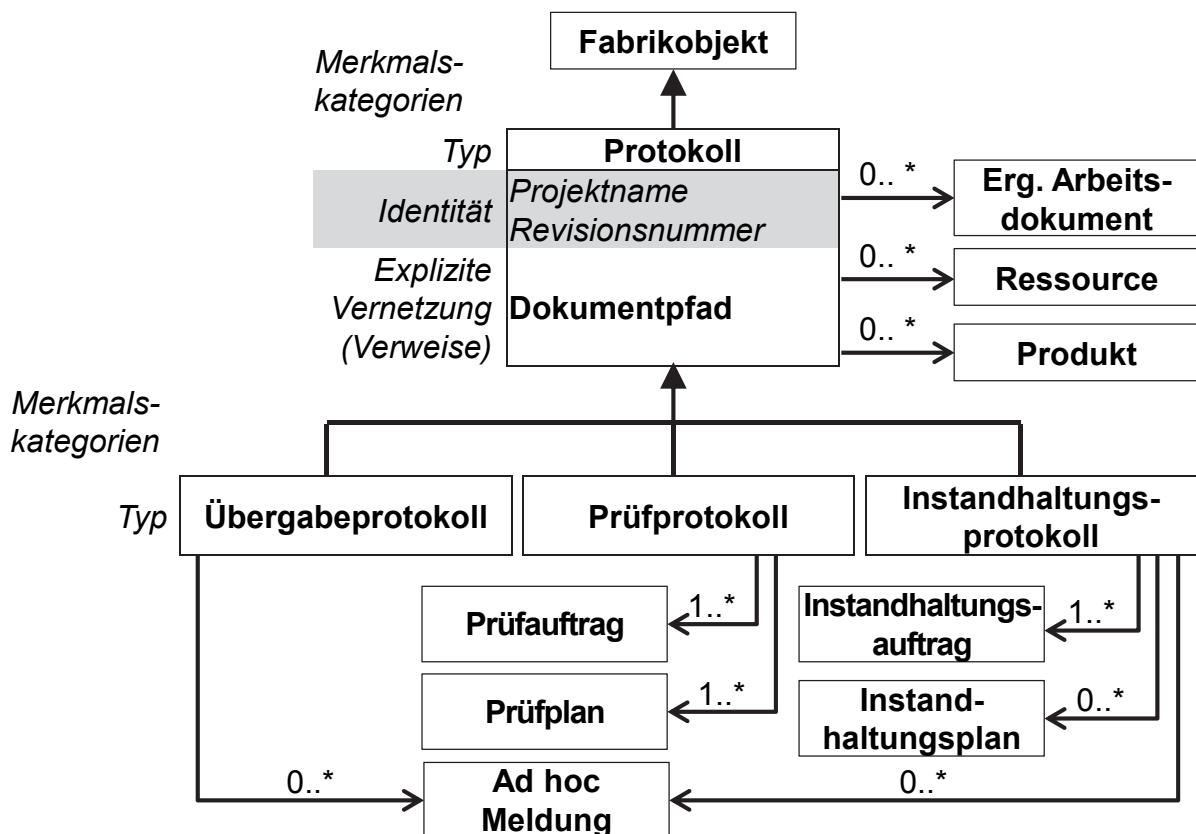


Abbildung 16: Fabrikobjekttypen Paket Prozess (Protokolle)

3.1.9.3 Aufträge

Das Paket „Aufträge“ gruppiert die Fabrikobjekttypen für Aufträge, die in der physischen Fertigung auftreten (Abbildung 17). Aufträge sind dabei immaterielle, mobile Fabrikobjekte. Abgeleitete Fabrikobjekttypen sind der Fertigungsauftrag, der Transportauftrag, Prüfauftrag und Instandhaltungsauftrag. Als Fertigungsauftrag wird hier der Teilefertigungs- bzw. der Montageauftrag zusammenfassend bezeichnet. Der übergeordnete Fabrikobjekttyp „Auftrag“ beinhaltet die übergeordneten Merkmale der abgeleiteten, spezifischeren Auftragsarten. Während Merkmale zur Abbildung des aktuellen Orts und der Verweis zum Zugriff auf die Bearbeitungsfunktionen bereits über das generische Fabrikobjekt als vererbte Merkmale enthalten sind, werden die Zielgrößen „Zielort“, und „Zieltermin“ eines Auftrags ergänzt. Die Merkmale „Fertigstellungsgrad“ und „Priorität“ dienen zur schnellen weitergehenden Charakterisierung des aktuellen Zustands eines Auftrags. Die Aufträge können auf konkrete, eingeplante Ressourcen und Produkte verweisen.

Als abgeleiteter Fabrikobjekttyp besitzt ein Fertigungsauftrag zusätzliche Merkmale zur Modellierung der Losgröße des Auftrags und verweist auf den zugrunde liegenden Fertigungsarbeitsplan und im Fall einer kundenauftragsbezogenen Fertigung auf den Kunden und Kundenvereinbarung.

Fabrikobjekte vom Typ „Transportauftrag“ benötigen keine zusätzlichen Merkmale zur Charakterisierung. Die geerbten Verweise zu Ressourcen und Produkten geben in diesem Fall das Transportgut an.

Ein Prüfauftrag konkretisiert einen Prüfvorgang eines Prüfplans hinsichtlich verwendeter Ressourcen in Form von Werkzeugen und Prüfmitteln. Zusätzlich verweist dieser Fabrikobjekttyp auf das zu prüfende Fabrikobjekt (Prüfobjekt) und Prüfplan.

Ein Instandhaltungsauftrag legt Wartungs- und Instandsetzungsarbeiten fest. Dieser umfasst sowohl geplante Instandhaltungsarbeiten in Form von Inspektions-, Wartungs- und Instandsetzungsarbeiten, als auch ungeplante Instandsetzungsarbeiten aufgrund von Störungen. Der Instandhaltungsauftrag als Fabrikobjekttyp verweist dabei auf das Instandhaltungsobjekt, sofern möglich auf den Instandhaltungsplan oder auf die auslösende Ad hoc Meldung, im Fall von störungsbedingten, ungeplanten Instandsetzungen.

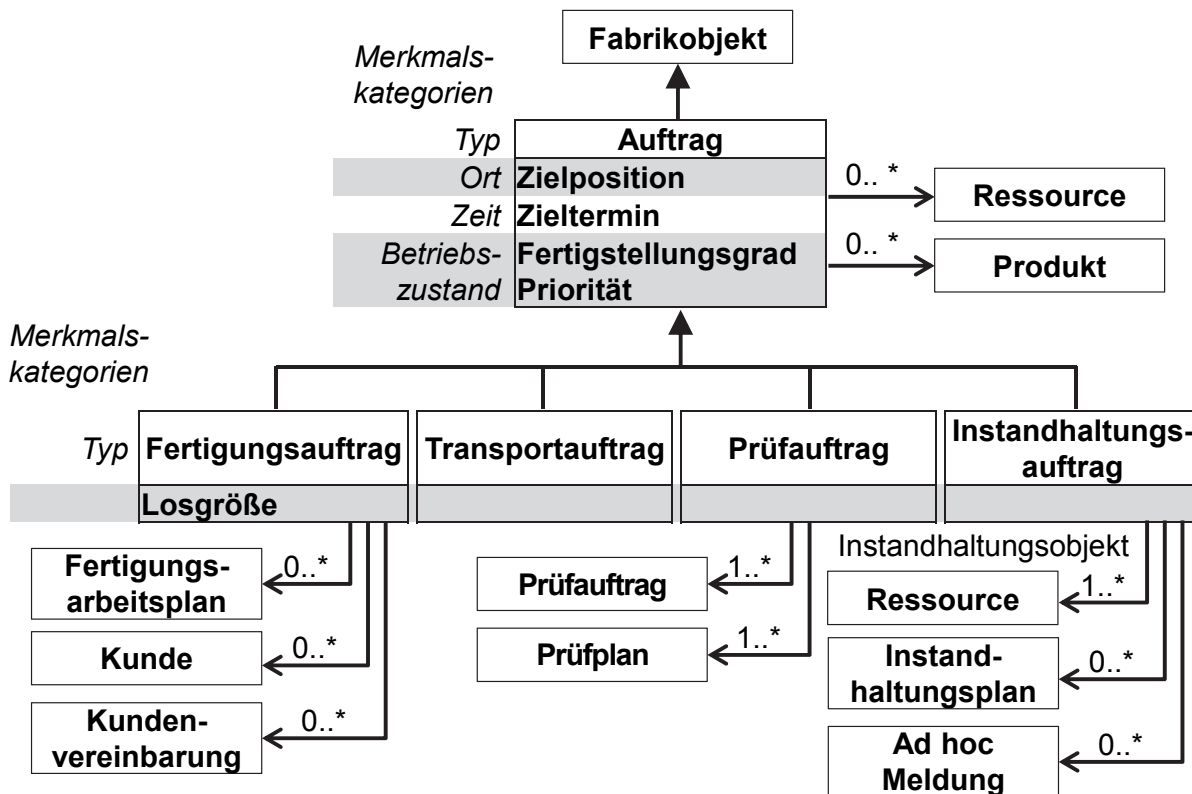


Abbildung 17: Fabrikobjekttypen Paket Aufträge

3.1.9.4 Fabrikstruktur

Hauptzweck der im Paket „Fabrikstruktur“ definierten Fabrikobjekttypen in dieser Arbeit ist die logische Gliederung einer Fabrik, um ein schnelles Navigieren über unterschiedliche Ebenen in einer Fabrik zu ermöglichen und damit eine schnelle Übersicht zu erhalten. Dies wird durch das Definieren von Betrachtungsgrenzen in eigenen Fabrikobjekttypen erreicht. Die Gliederung kann hier sowohl nach organisatorischer als auch nach räumlichen Gesichtspunkten erfolgen. Der Fokus in dieser Arbeit wird auf die räumliche Gliederung gelegt, kann jedoch auch logische Zuordnungen enthalten. Das Paket Fabrikstruktur enthält die Fabrikobjekttypen zur logischen Gliederung der Fabrik und richtet sich nach den Skalen der Produktion des Stuttgarter Unternehmensmodells (Westkämper, Hummel 2009, S. 61). Daraus ergeben sich die prinzipiellen Fabrikobjekttypen für

- ein Produktionsnetzwerk,
- einen Produktionsstandort,
- ein Produktionssegment,

- ein Produktionssystem,
- eine Produktionszelle und
- einen Arbeitsplatz bzw. Maschine.

Fabrikobjekte zur Beschreibung der Fabrikstruktur sind immaterielle und stationäre Objekte. Die Fabrikobjekttypen besitzen dabei eine räumliche Ausdehnung, welche die Betrachtungsgrenzen der einzelnen Ebene festlegt. Nicht räumliche Zuordnungen können prinzipiell durch ein Merkmal, welches die zugeordneten Fabrikobjekte enthält, abgebildet werden. Die hierfür notwendigen Merkmale enthält bereits der generische Fabrikobjekttyp, sodass keine zusätzlichen Merkmale bei Fabrikstrukturen hinzugefügt werden müssen. Diese sind in Abbildung 18 dargestellt. Die eigentliche Fabrikstruktur ergibt sich dabei erst zur Laufzeit des Umgebungsmodells. Dies geschieht durch kaskadierte Abfragen zunächst über ein bestimmtes Fabrikobjekt, wie z. B. nach der Ortsmerkmalsausprägung eines Produktionssegments. Der zurückerhaltene Umriss wird anschließend dazu verwendet eine räumliche Abfrage über alle enthaltenen stationären Fabrikobjekte in diesem Gebiet zu erstellen. Die Antwort ist die aktuelle Fabrikstruktur, die sich durch die in Abschnitt 3.1.6 beschriebene explizite und implizite dynamische Vernetzung ergibt.

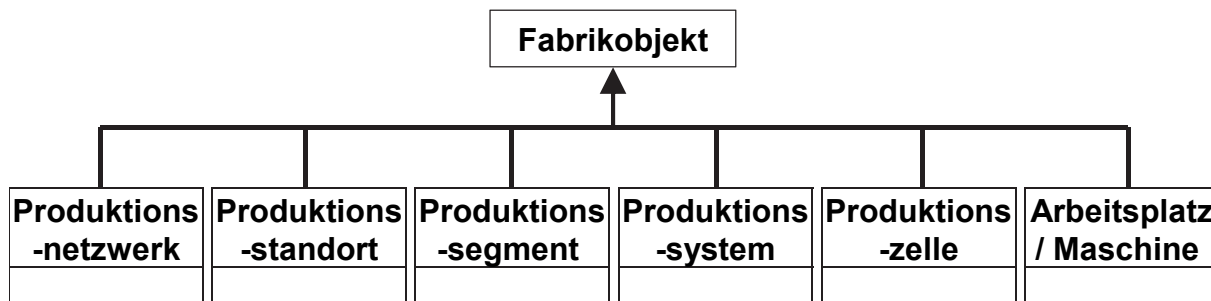


Abbildung 18: Fabrikobjekttypen Paket Fabrikstruktur

3.1.9.5 Ressourcen und Infrastruktur

Das Paket „Ressourcen und Infrastruktur“ umfasst diejenigen materiellen Fabrikobjekttypen, die die physische Basis neben den Materialien, Einzelteilen und Baugruppen zur Ausführung der Aufträge bilden. Eine Gliederung lässt sich hier hinsichtlich stationärer und mobiler Ressourcen und Infrastruktur vornehmen. Stationäre Ressourcen werden als Ressourcen definiert, deren Ort sich nicht oder nur selten verändert. Dazu zählen Maschinen und Anlagen, Handarbeitsplätze und Lagerplätze. Mobile Ressourcen dagegen sind dadurch gekennzeichnet, dass diese häufig ihren Ort wechseln. Mobile Ressourcen

sind Betriebsmittel (Werkzeuge, Vorrichtungen, Prüfmittel), Lagermittel (Kisten, Behälter), Transportmittel (Gabelstapler, fahrerlose Transportsysteme), stationäre und mobile Endgeräte (PC, Smartphones, Tablets) sowie das Personal. Zur Infrastruktur werden Gebäude, Wege und Straßen, die Medienversorgung mit Elektrizität, Gasen (z. B. Druckluft), und Flüssigkeiten (z. B. Wasser), aber auch physische Kommunikationsnetzwerke gezählt.

Stationäre Ressourcen besitzen weitere Merkmale, zur spezifischen Erweiterung des generischen Fabrikobjektes, die im Folgenden beschrieben werden (Abbildung 19). Das Merkmal „Reserviert“ gibt an, ob eine stationäre Ressource bereits auf einen Fertigungs- oder Montageauftrag im Falle von Maschinen, Anlagen und Handarbeitsplätzen eingeplant ist. Für den Lagerplatz gibt das Merkmal dessen Reservierung für eine mobile Ressource, ein Einzelteil, Baugruppe oder Rohmaterial an. Die Merkmale Wartungstermine, -intervalle zeigen geplante Instandsetzungen an. Fabrikobjekte vom Typ „Stationäre Ressource“ können auf verknüpfte Sensoren, das 3D-Geometriemodell, Betriebsanleitungen, Instandhaltungspläne und -protokolle, Schichtmodelle (1-Schicht-, 2-Schicht- oder 3-Schichtbetrieb) und Kapazitätsmodelle verweisen.

Der Fabrikobjekttyp „Maschine“ repräsentiert eine allgemeine Maschine oder Anlage. In der Umsetzung können bedarfsorientiert weitere Fabrikobjekttypen wie CNC- Dreh- oder Fräsmaschinen oder Roboterzellen davon abgeleitet werden. Der Fabrikobjekttyp „Handarbeitsplatz“ repräsentiert einen Handarbeitsplatz, beispielsweise in der Montage. Sowohl Fabrikobjekte vom Typ „Maschine“ als auch „Handarbeitsplatz“ können auf den aktuellen Teilefertigungs- oder Montageauftrag, aktuell verwendete Werkzeuge und Vorrichtungen verweisen. Zusätzlich werden bei einer Maschine auf aktuell geladene Steuerungsdokumente (NC-Programm, Werkzeugkorrekturdatei oder NC-Datensatz) verwiesen. Der Fabrikobjekttyp „Lagerplatz“ enthält zusätzliche Merkmale zur Abbildung der Lagerplatzabmessungen und Gewichtrestriktionen. Der Pfad zum Lagerverwaltungssystem und den enthaltenden Funktionen wird über das geerbte Merkmal „prim. Informationsquelle“ realisiert.

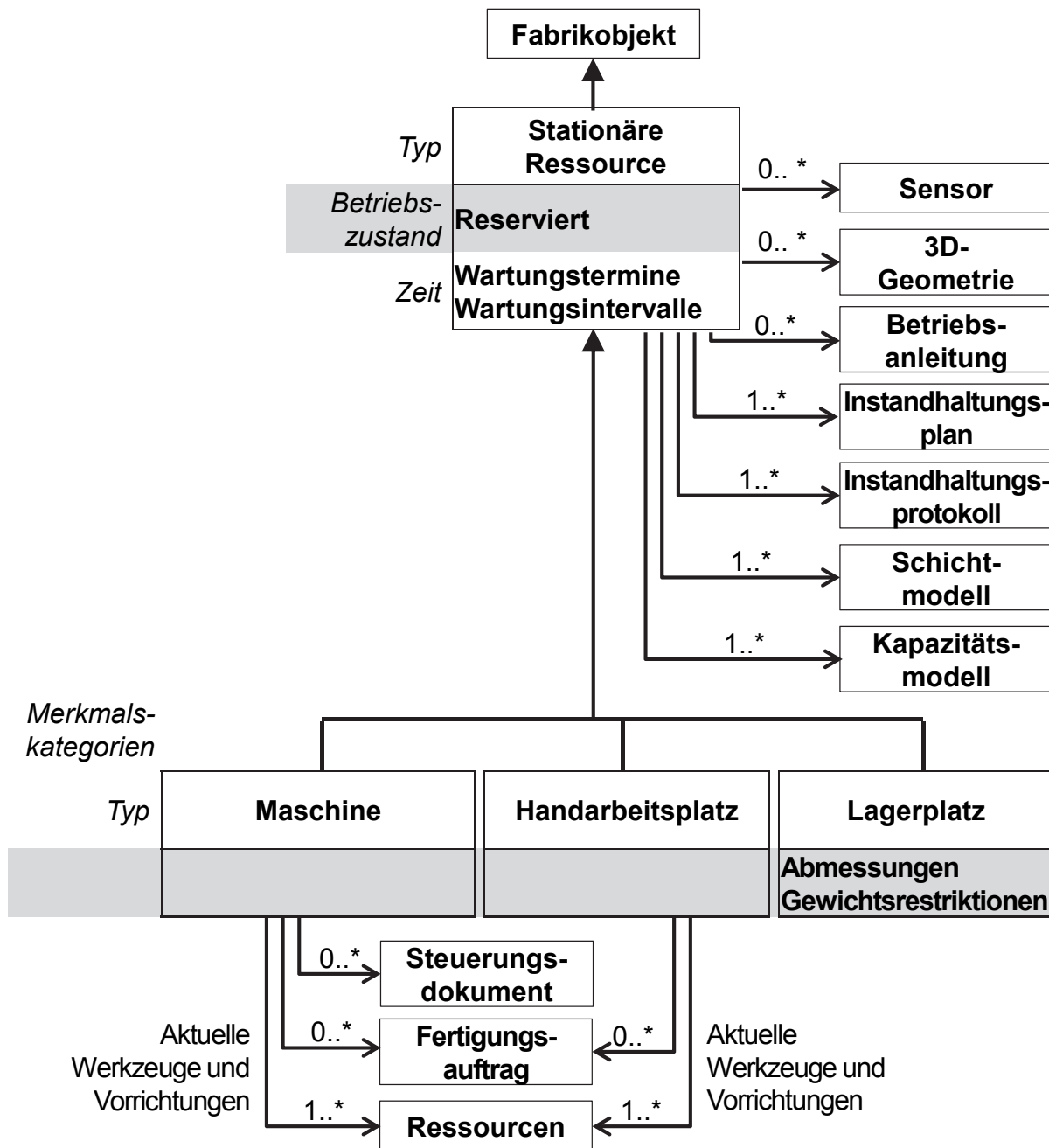


Abbildung 19: Fabrikobjekttypen Paket Ressourcen (Maschine, Handarbeitsplatz, Lager)

Mobile Ressourcen besitzen analog zu stationären Ressourcen Merkmale, um eine Reservierung, Wartungstermine, Wartungsintervalle und die Lebensdauer abzubilden. Im Unterschied zu stationären Ressourcen sind mobile Ressourcen durch weitere Merkmale zur Abbildung der Abmessungen, des Gewichts und Material gekennzeichnet, um bei den Prozessen der Ad hoc Informationsbeschaffung eine schnelle Vorstellung hinsichtlich der Gestalt von Werkzeugen, Vorrichtungen und Prüfmitteln zu erlangen (Abbildung 20).

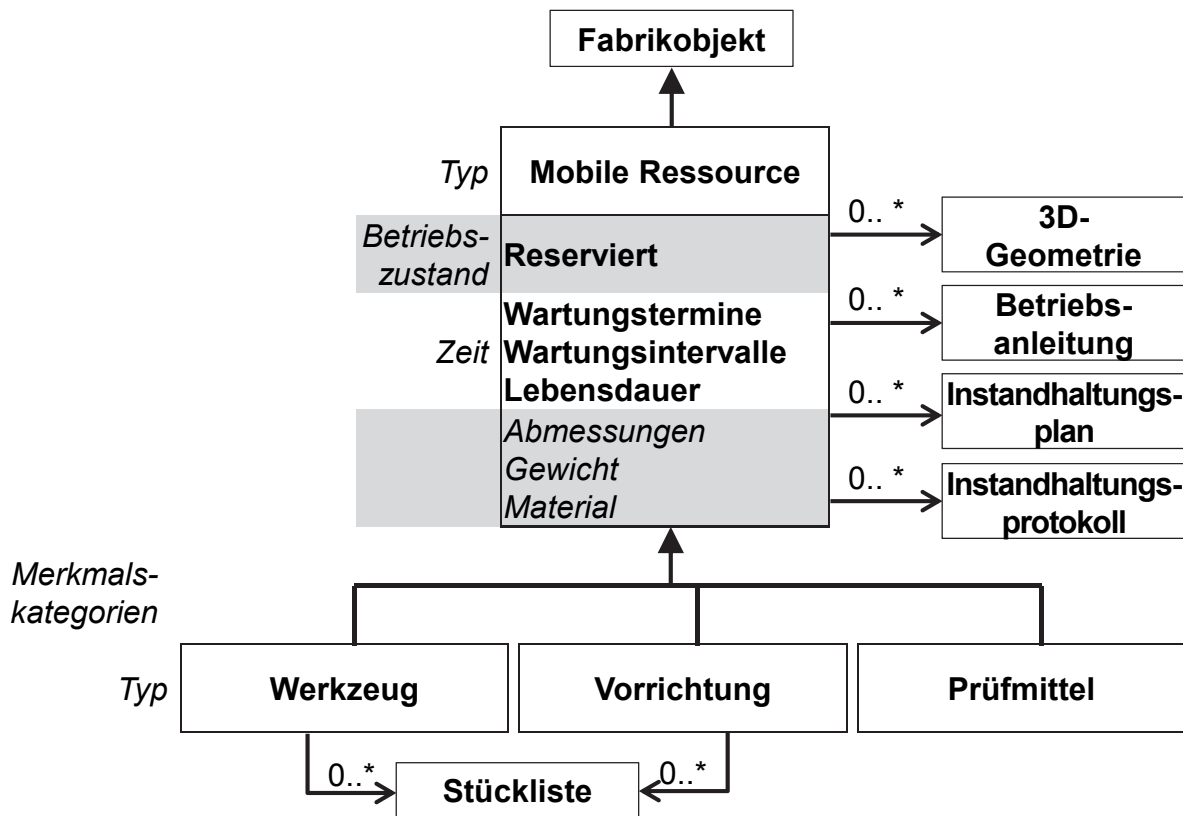


Abbildung 20: Fabrikobjekttypen Paket Ressourcen (Werkzeug, Vorrichtung, Prüfmittel)

Mobile Ressourcen können auf 3D-Geometriemodelle, Betriebsanleitungen, Instandhaltungspläne und -protokolle verweisen. Betriebsanleitungen stehen dabei für diejenigen Dokumente, die in Form von Zeichnungen oder Bildern und Einsatzparametern im Werkzeugverwaltungssystem oder bei Prüfmitteln im CAQ-System hinterlegt sind. Davon abgeleitete Fabrikobjekttypen sind Betriebsmittel in Form von Werkzeugen, Vorrichtungen oder Prüfmitteln (Abbildung 20). Werkzeuge und Vorrichtungen können ergänzend auf Stücklisten verweisen, die deren Zusammensetzung beschreiben. Weitere abgeleitete Fabrikobjekttypen sind Lagermittel, wie Kisten oder Paletten und Transportmittel, wie Gabelhubwagen sowie Gabelstapler. Spezifische Merkmale von Lagermitteln sind die Nutzraumabmessungen und Gewichtsrestriktionen. Diese verweisen auf optional eingebaute Sensoren, wie RFID-Lesegeräte. Transportmittel verweisen zusätzlich auf eingebaute Sensoren und den aktuellen Transportauftrag (Akt. Transportauftrag), die in Abbildung 21 dargestellt sind. Ein weiterer Fabrikobjektstyp, der formal zu den mobilen Ressourcen gezählt werden kann, ist der Typ „Personal“. Zusätzlich zu den geerbten Merkmalen des generischen Fabrikobjekttyps besitzen Fabrikobjekte vom Typ „Personal“ die bereits beschriebenen Merkmale „Reserviert“ im Sinne von „auf einen bestimmten

Auftrag oder eine bestimmte Aufgabe bereits eingeplante Person“ und die Qualifikation bzw. Rolle, die zur Steuerung von Informationsfiltern und Benachrichtigungskreise verwendet werden kann. Fabrikobjekte vom Typ Personal können dabei auf Schichtmodelle verweisen. Weitere mobile Ressourcen sind mobile Endgeräte, wie PCs, Benutzerschnittstellen an Maschinen, Smartphones und Tablets, die als Benutzerschnittstelle für die Ad hoc Informationsbeschaffung dienen (Abbildung 22). Besonderheit ist hier, dass über das vom generischen Fabrikobjektyp geerbte Merkmal „primäre Informationsquelle“, ein Fernzugriff auf dahinterliegende Maschinen und Anlagen realisiert werden kann.

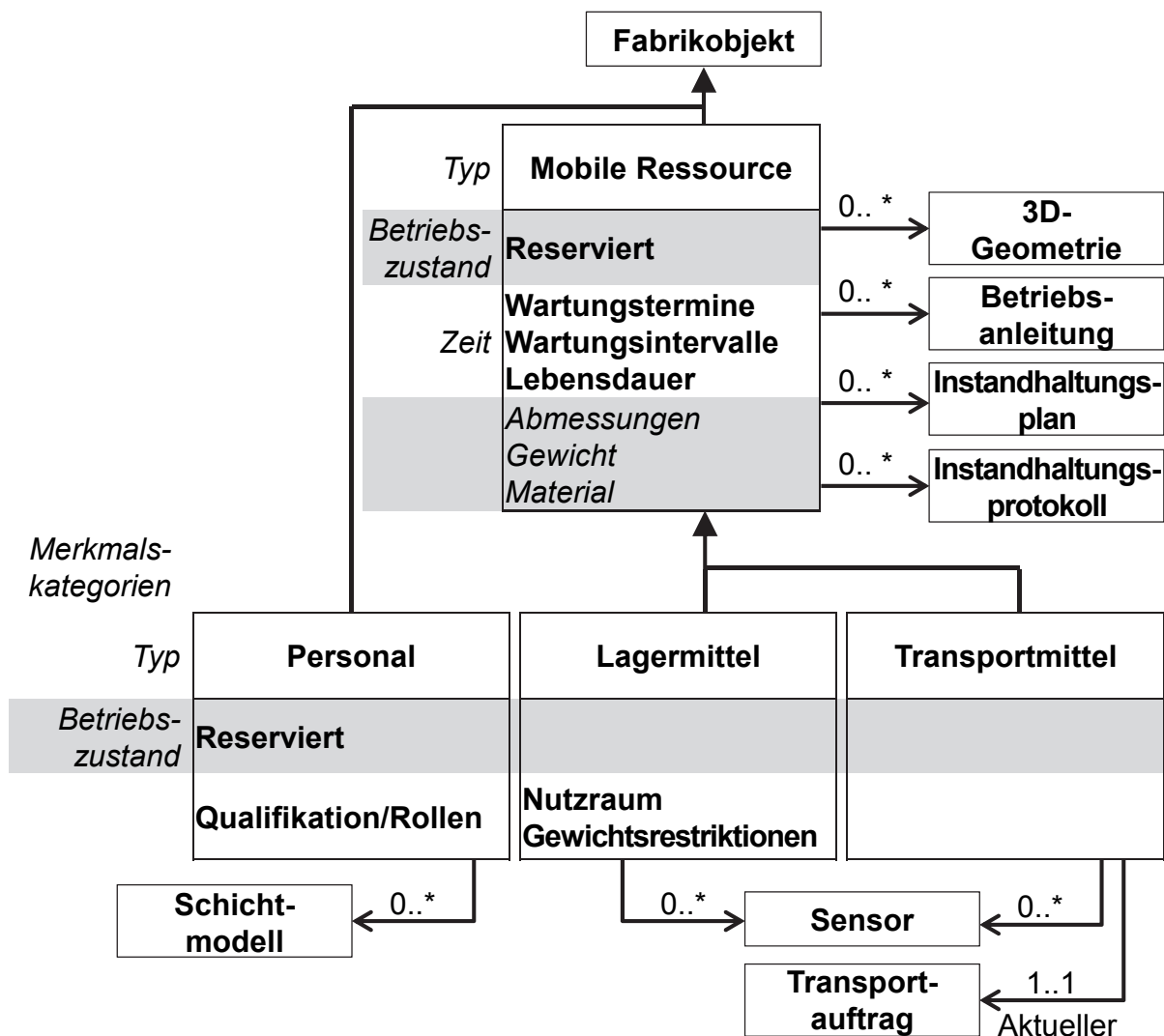


Abbildung 21: Fabrikobjektypen Paket Ressourcen (Personal, Lagermittel, Transportmittel)

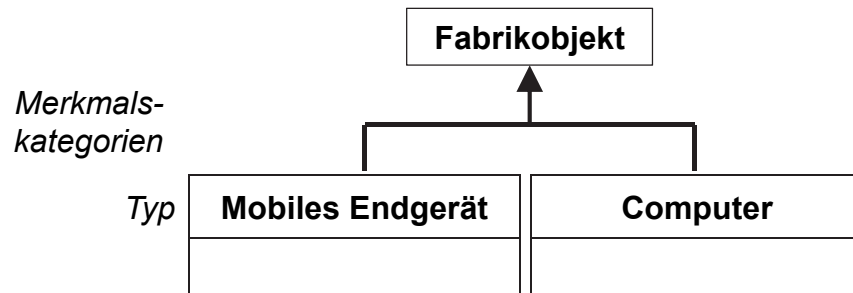


Abbildung 22: Fabrikobjekttypen Paket Ressourcen (IT-Geräte)

Weitere Fabrikobjekttypen in diesem Paket betreffen die Infrastruktur der Fertigung, die als Ressourcen mit einer im Vergleich zu den restlichen Fabrikobjekten wesentlich längeren Lebensdauer angesehen werden können. Fabrikobjekte vom Typ „Infrastruktur“ können auf 3D-Geometriemodelle, Dokumente, wie Zeichnungen und Genehmigungen, Instandhaltungspläne und -protokolle verweisen.

Abgeleitete Fabrikobjekttypen sind im Einzelnen Gebäude, Räume, Wege, Medienleitungen und -anschlüsse für Elektrizität, Gase wie Luft oder Stickstoff, Flüssigkeiten, wie Wasser oder Kühlschmierstoffe und Kommunikationsnetzwerke (Abbildung 23). Bei Wegen wird als zusätzliches Merkmal deren Breite modelliert, um im Bedarfsfall eine schnelle Übersicht über dessen räumliche Abmessungen zu erhalten. Für Medienleitungen und -anschlüsse sind wesentliche weitere Kennzeichen der Medientyp und die Anschlussleistung, die je nach Typ in gängigen Leistungskenngrößen angegeben wird. Beispiele für Leistungskenngrößen sind für elektrische Anlagen Watt bzw. bei bekannter Spannung auch die Stromstärke oder für Kommunikationsnetzwerke der Datenstrom pro Zeiteinheit.

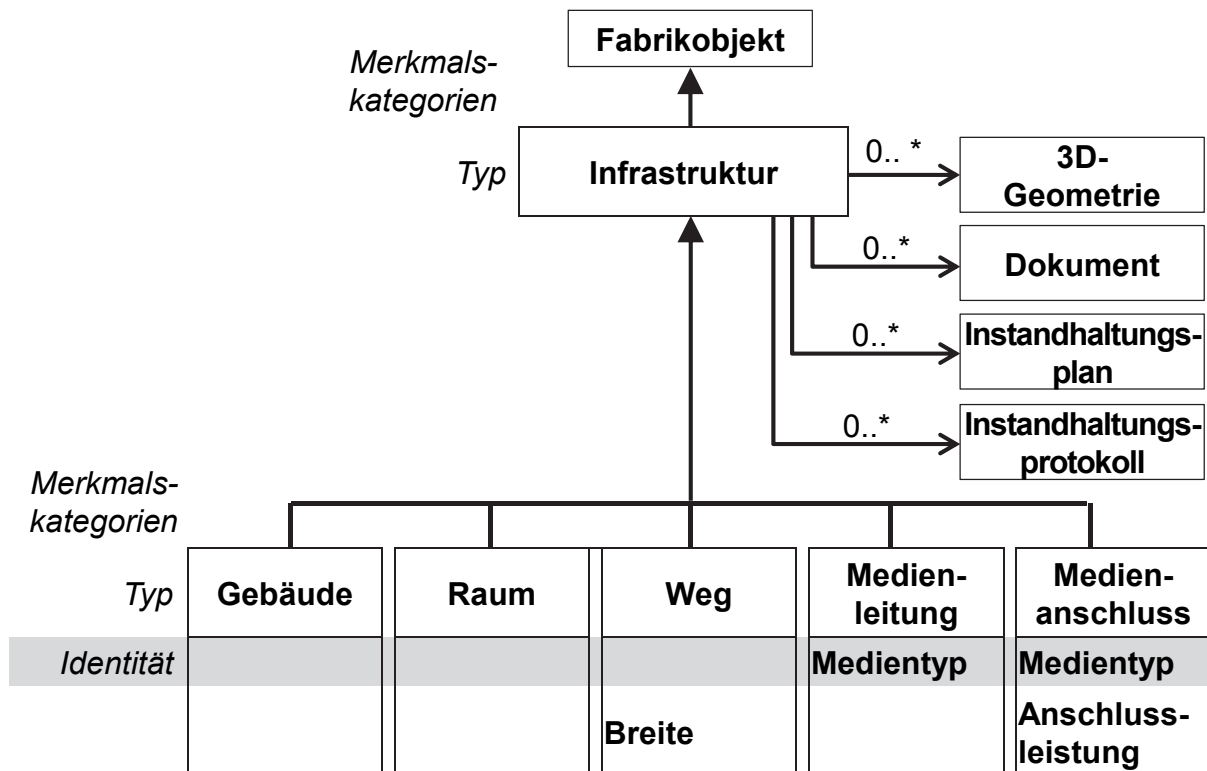


Abbildung 23: Fabrikobjekttypen Paket Ressourcen Infrastruktur

3.1.9.6 Sensoren und Ad hoc Meldungen

Sensoren und Ad hoc Meldungen werden in einem gesonderten Paket gebündelt. Allgemein beobachtet ein Sensor einen (Teil-)Vorgang in der Fertigung. In der Abbildung im Produktionsumgebungsmodell repräsentiert ein Sensor dabei ein Zustandsmerkmal der Umgebung⁵⁰ an sich oder einer Ressource. Der Bandbreite von Zustandsmerkmalen, die Sensoren abbilden können, sind keine Grenzen gesetzt. Diese reicht von mechanischen, thermischen, fluiddynamischen oder elektrischen Messgrößen, wie Kräfte, Momente, Drücke, Spannungen, Temperaturen, Luftfeuchtigkeit oder Durchflussmengen, über logistische Messgrößen, wie Bestände oder Kennzahlen wie die Gesamtanlageneffektivität (engl. Overall Equipment Efficiency – OEE). Die Sensoren können dabei immateriell (z. B. Kennzahlen), materiell, (z. B. Kräfte) und dabei als mobile und räumlich stationäre Sensoren ausgeprägt sein. Aus diesem Grund wird im vorliegenden Produktionsumgebungsmodell ein generischer Sensortyp (Abbildung 24) beschrieben, von dem in

⁵⁰ Beispielsweise ein Temperaturfühler, der die Hallentemperatur misst.

einer konkreten Umsetzung, weitere anwendungsspezifische „Kind“-Sensorobjekttypen abgeleitet werden können.

Durch die gesonderte Modellierung von Sensoren wird es einfach möglich nachgerüstete Sensoren abzubilden und so Ressourcen über ihren Lebenszyklus zu erweitern. Weiterhin wird es damit ermöglicht, schnell und einfach Messwerte zu überwachen. Sensoren besitzen neben dem Ort und Umriss, der bereits im generischen Fabrikobjekt beschrieben ist, weitere besondere Merkmale. Im Einzelnen sind dies der räumliche Messbereich, die Orientierung im Raum, der aktuelle Messwert, die Einheit und die Messrate des Sensors. Der Wirkbereich gibt dabei den Ort bzw. das zugeordnete Fabrikobjekt an, in das der Sensor integriert ist. Fabrikobjekte vom Typ „Sensor“ können auf Betriebsanleitungen, Instandhaltungspläne und-protokolle verweisen.

Fabrikobjekttypen, die Sensoren abbilden, sind auf die kontinuierliche Messwertdarstellung ausgerichtet. Dagegen sind Ad hoc Meldungen im Umgebungsmodell temporäre Fabrikobjekte, welche das Auftreten eines bestimmten beobachtbaren Vorgangs oder Ereignisses abbilden. Ziel ist es hierbei aber nicht sämtliche Log-Daten abzubilden, sondern die Möglichkeit größere Ereignisse, wie beispielsweise eine Störung an einer Ressource im Produktionsumgebungsmodell abzubilden und einfach überwachen sowie auswerten zu können. Über die geerbten Merkmale des generischen Fabrikobjekttyps kann bereits die Mehrzahl der W-Fragen für die schnelle Ad hoc Informationsbeschaffung beantwortet werden. Als zusätzliches Beschreibungsmerkmal zum generischen Fabrikobjekt besitzen Fabrikobjekte von Typ „Ad hoc Meldung“ Verweise zu den auslösenden Fabrikobjekten.

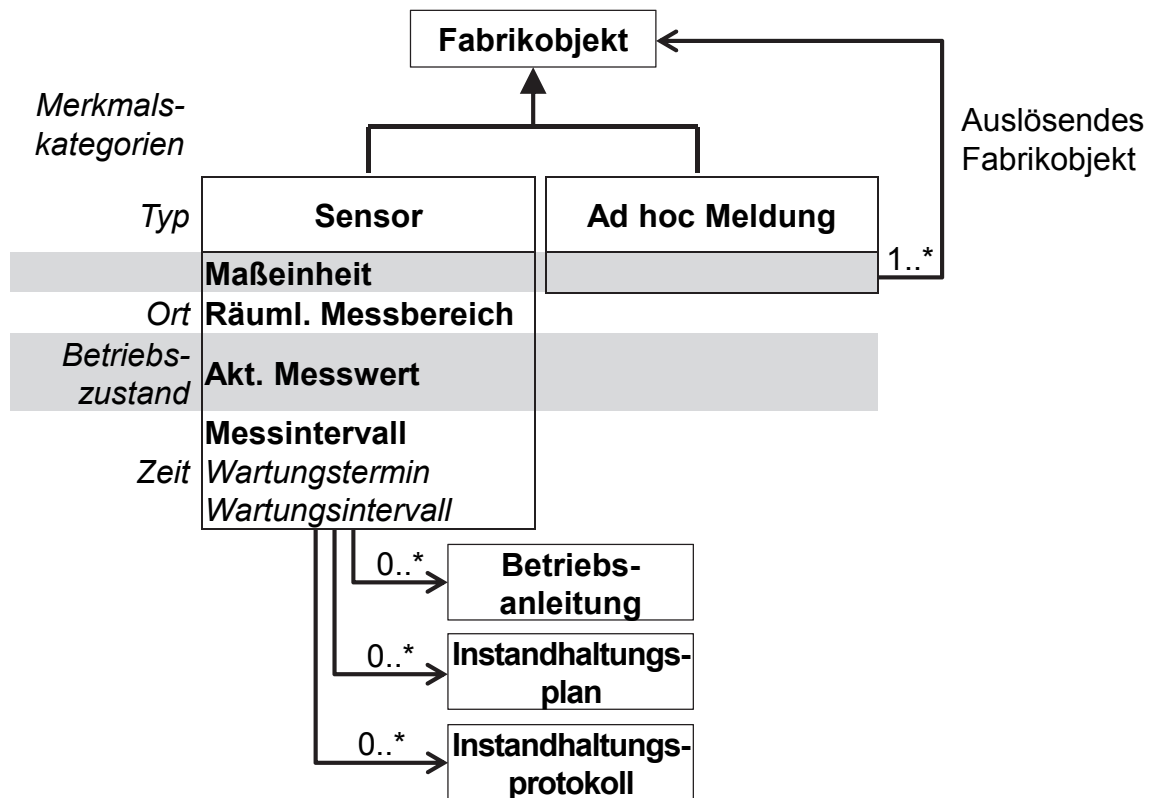


Abbildung 24: Fabrikobjekttypen Sensor und Ad hoc Meldung

3.1.9.7 Dokumente

Dieses Paket gruppiert die Fabrikobjekttypen zur Abbildung von Dokumenten. Die Modellierung als selbständige Fabrikobjekttypen ermöglicht die Raum- und Zeitreferenzierung und damit die implizite Vernetzung mit anderen Fabrikobjekten für eine schnelle Suche. Aufgrund der hohen Bedeutung von Arbeitsplänen und Aufträgen in der Fertigung sind diese als selbständige Fabrikobjekttypen in eigenen Paketen zusammengefasst. Das Paket Dokumente besteht aus einem allgemeinen Dokumenttyp, von dem weitere spezifische Typen abgeleitet werden (Abbildung 25). Analog zu den Fabrikobjekttypen des Pakets Produkte besitzt der Dokumentfabrikobjekttyp optional die Merkmale Projektname, Revisionsnummer und Änderungsstatus, um deren primäre Einordnung in einem PDM-System oder Dokumentenmanagementsystem mitabzubilden. Weiteres nicht optionales Merkmal ist der Pfad zum Speicherort des Dokuments. In der Umsetzung ist die Ausprägung dieses Merkmals als Hyperlink auf Dateien, einer webbasierten Datenbanksicht oder Webseiten realisiert.

Für eine schnelle typbezogene Filterung werden aus dem allgemeinen Dokumenttyp folgende Typen abgeleitet, die wiederum Gruppen von Dokumentarten zusammenfassen:

- Stücklisten umfassen Fertigungs- und Montagestücklisten, Produktstücklisten oder Fabrikstücklisten.
- 3D-Geometriemodelle stellen die dreidimensionale geometrische Repräsentation eines Gegenstands oder räumlichen Bereiches dar.
- Zeichnungen umfassen Fertigungszeichnungen, Baugruppenzeichnungen, Layoutpläne als eigenständige Dokumente, die im Idealfall spezialisierte Ansichten des 3D-Modells sind.
- Ergänzende Arbeitsdokumente beinhalten Dokumente für Arbeitsanweisungen, Arbeitsunterweisungspläne und Betriebsvorschriften, Aufspannpläne und kommentierte Fotos.
- Steuerungsdokumente umfassen NC-Programme, SPS-Programme, Werkzeugkorrekturdateien und Maschinenkonfigurationsdateien zum Betrieb der Maschinen und Anlagen.
- Betriebsanleitungen enthalten Dokumente wie Datenblätter, Sicherheitshinweise, Betriebshinweise, Fehlerbehandlungsroutinen für Maschinen, Anlagen, Betriebsmittel, Transport und Lagermittel, da diese Teilinformationen einer Betriebsanleitung darstellen.
- Simulationsmodelle.
- Schichtmodelle und
- Kapazitätsmodelle.

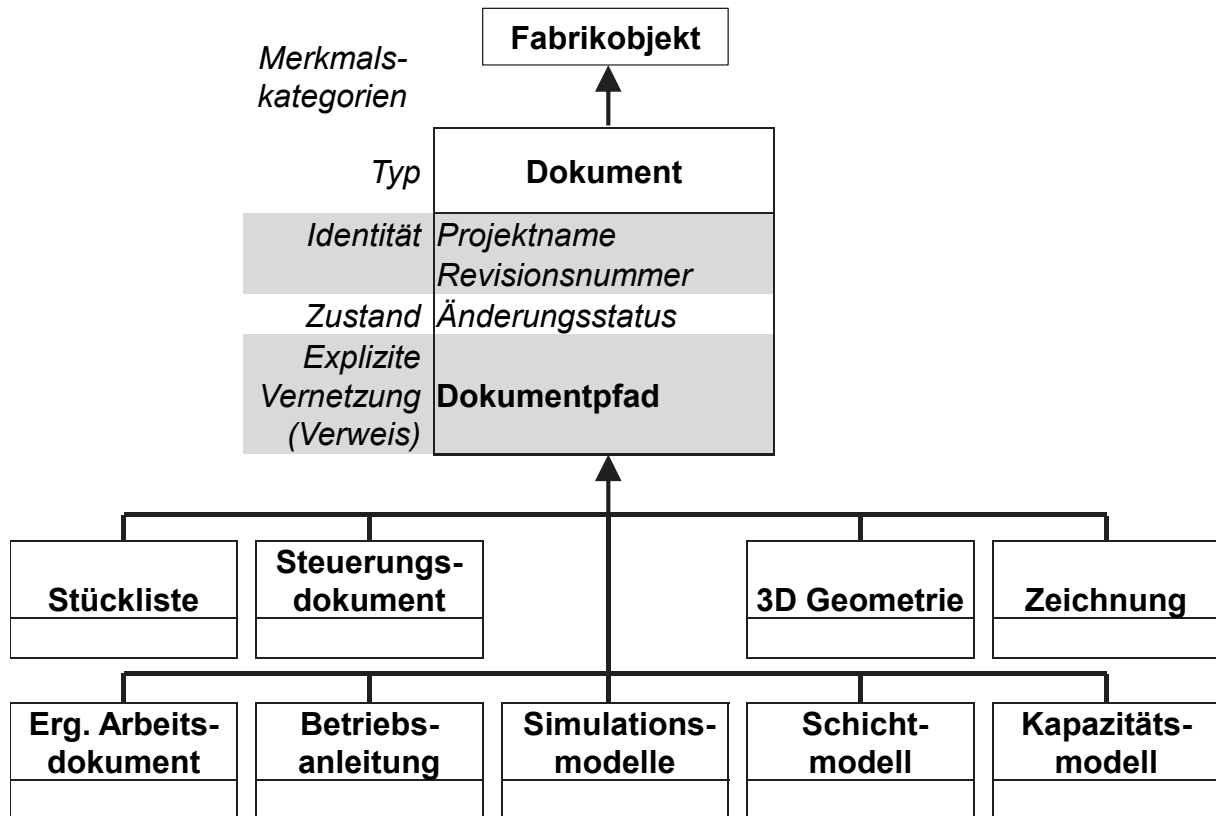


Abbildung 25: Fabrikobjekttypen Paket Dokumente

3.1.9.8 Geschäftspartner

Das Paket „Geschäftspartner“ umfasst die Fabrikobjekttypen für Kunden, Lieferanten und ergänzend Kunden- und Lieferantenvereinbarungen (Abbildung 26). Kunden und Lieferanten sind als materielle und stationäre Fabrikobjekte gekennzeichnet. Während die Merkmale zum Verweis auf das führende Informationssystem bereits im allgemeinen Fabrikobjekttyp modelliert werden, sind hier besondere Merkmale die Kontaktperson, die Adresse und die Verweise auf Kunden- bzw. Lieferantendaten. Kunden- und Lieferantenvereinbarungen enthalten als zusätzliche Merkmale Konventionalstrafen, Verzugskosten, den Lieferzeitraum und Bestellvorlauf und verweisen auf einen Kunden bzw. Lieferanten.

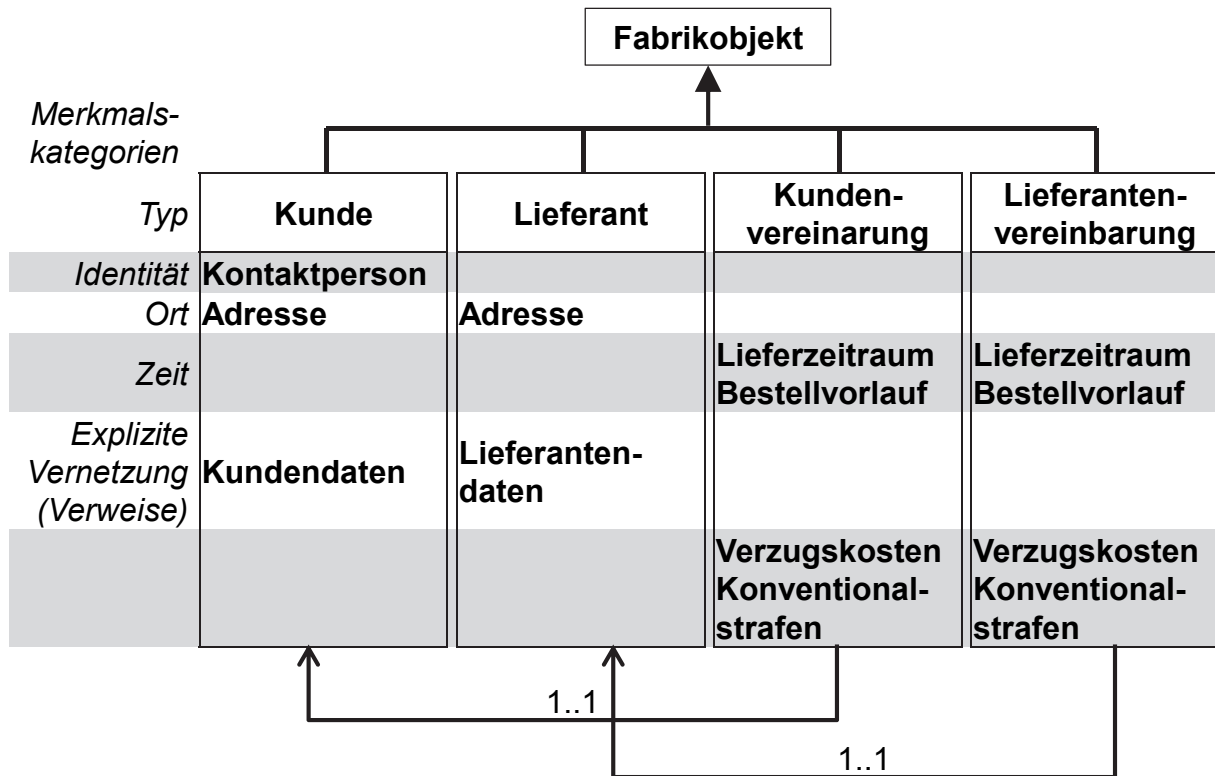


Abbildung 26: Fabrikobjekttypen Paket Geschäftspartner

3.2 Systemarchitektur des fertigungsnahen Kontextinformationssystems

Während das Produktionsumgebungsmodell die logische Grundlage des fertigungsnahen Kontextinformationssystems (FKIS) für die Abbildung der Kontextinformationen ist, bildet die Systemarchitektur die Basis aus technischer Sicht. Das FKIS ist modular aufgebaut, um die Anforderungen auf technischer Ebene zu erfüllen. Auf Basis dieser Grundmodule können die unternehmensspezifischen Ausprägungen implementiert werden (Abbildung 27). Das FKIS setzt sich aus einem oder mehreren Modulen der jeweiligen Ebene zusammen. Die FKIS-Module verwenden und verändern das Produktionsumgebungsmodell. Die Module der Erfassungsebene erfassen die Kontextinformation als Merkmalsausprägungen von Fabrikobjekten. Dies beinhaltet sowohl das Beobachten von einzelnen Merkmalsausprägungen der Produktionseinrichtungen und der Produkte, der Vorgänge und Zustände in der physischen Fertigung als auch die Erfassung von Kontextinformationen aus den fertigungsnahen IT-Systemen. Die Kontextinformationsmanagementebene dient dazu, die erfassten Kontextinformationen zu verwalten und

bereitzustellen. Die darüberlegende FKIS-Logikebene beinhaltet die spezifischen Funktionen des FKIS, zur automatischen und manuellen Filterung von Informationen in einer variantenreichen Serienfertigung. Die Benutzerinteraktionsebene enthält die Funktionen zur kontextbezogenen Ein- und Ausgabe der Kontextinformationen. Der modulare Aufbau des FKIS ermöglicht dieses an einen spezifischen Anwendungsfall anzupassen durch die Verwendung bereits vorhandener oder zusätzlich zu entwickelnder FKIS-Module. Diese Anpassung kann dabei nicht nur einmalig am Anfang, sondern permanent über die Lebenszeit der Fertigung erfolgen, sofern neue Anforderungen erfüllt werden müssen. Beispiele für neue Anforderungen während der Lebensdauer des FKIS ist die Integration neuer Maschinen und Anlagen, die Berücksichtigung neuer fertigungsnaher IT-Systeme, die Skalierung bezüglich der zu verwaltenden Fabrikobjekte oder bezüglich der Zeit. Als Basis sind in der Umsetzung gemeinsame Kommunikationsstandards und -schnittstellen auszuwählen. Hierbei bietet es sich an, offene Standards zu verwenden, wie beispielsweise eine Beschreibungssprache, die die Kontextinformation ausdrückt und technisch über Webservices zugegriffen wird. Durch den modularen Aufbau des FKIS können damit die technischen Anforderungen bezüglich Lebenszyklusorientierung, Anpassbarkeit, Offenheit und Erweiterbarkeit, Skalierbarkeit und die Integration in bestehende IT-Landschaften erfüllt werden.

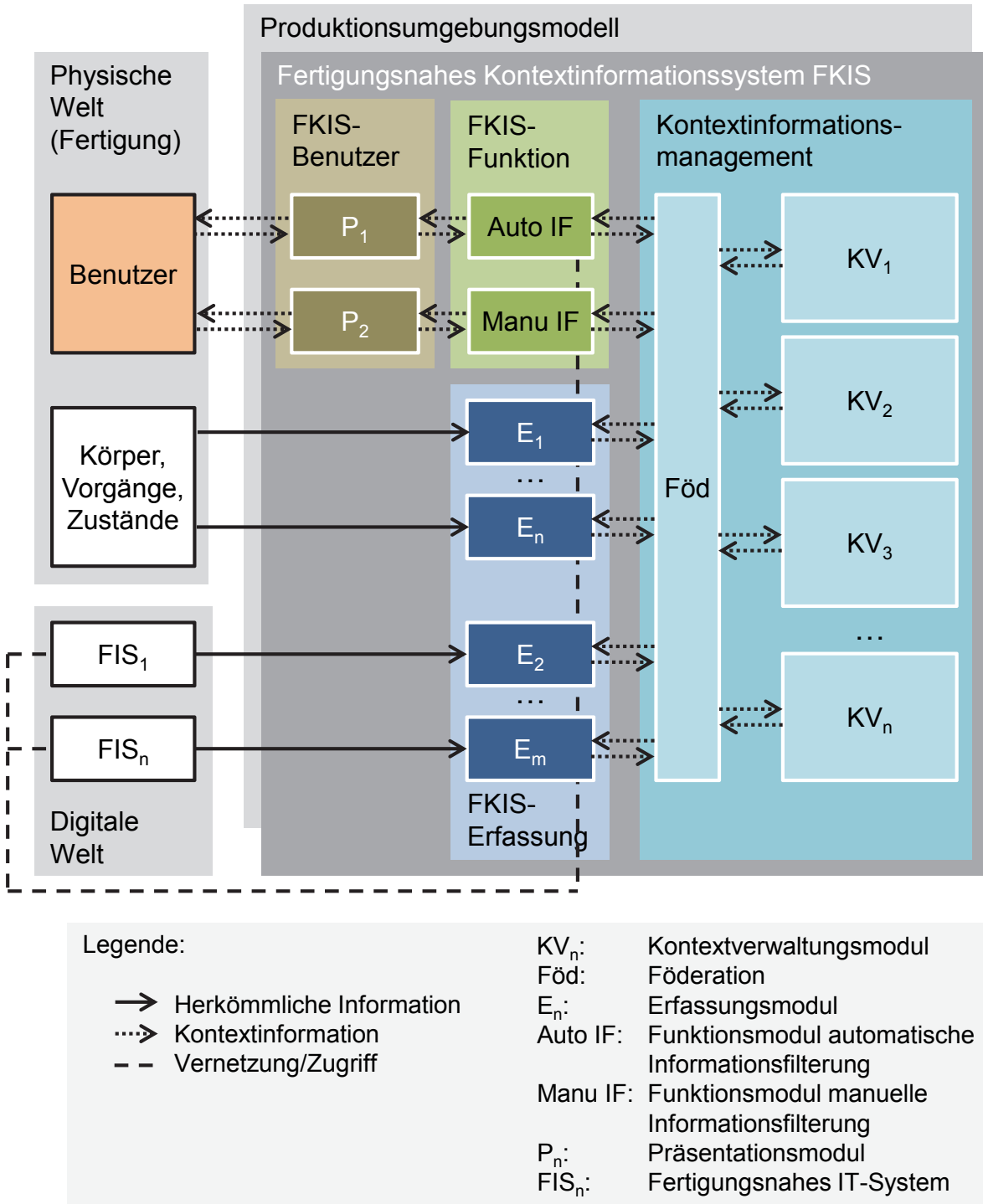


Abbildung 27: Systemarchitektur des fertigungsnahen Kontextinformationssystems

3.2.1 Erfassungsmodul

Hauptaufgabe des Erfassungsmoduls ist es, die Kontextinformation aus der physischen Fertigung und digitalen Welt zu erfassen. In der physischen Fertigung sind dies die beobachtbaren Phänomene von Körpern, Vorgängen und Zuständen. Die einzelnen Kontextinformationen bilden die Merkmalsausprägungen von Fabrikobjekten des Produktionsumgebungsmodells, die zum einen das Fabrikobjekt selbst als auch dessen Beziehungen beschreiben können. Die Erfassung umfasst die Funktionen „Übernahme“, „Aufbereitung“ und „Umformung“ sowie „Bereitstellung“ (Abbildung 28).

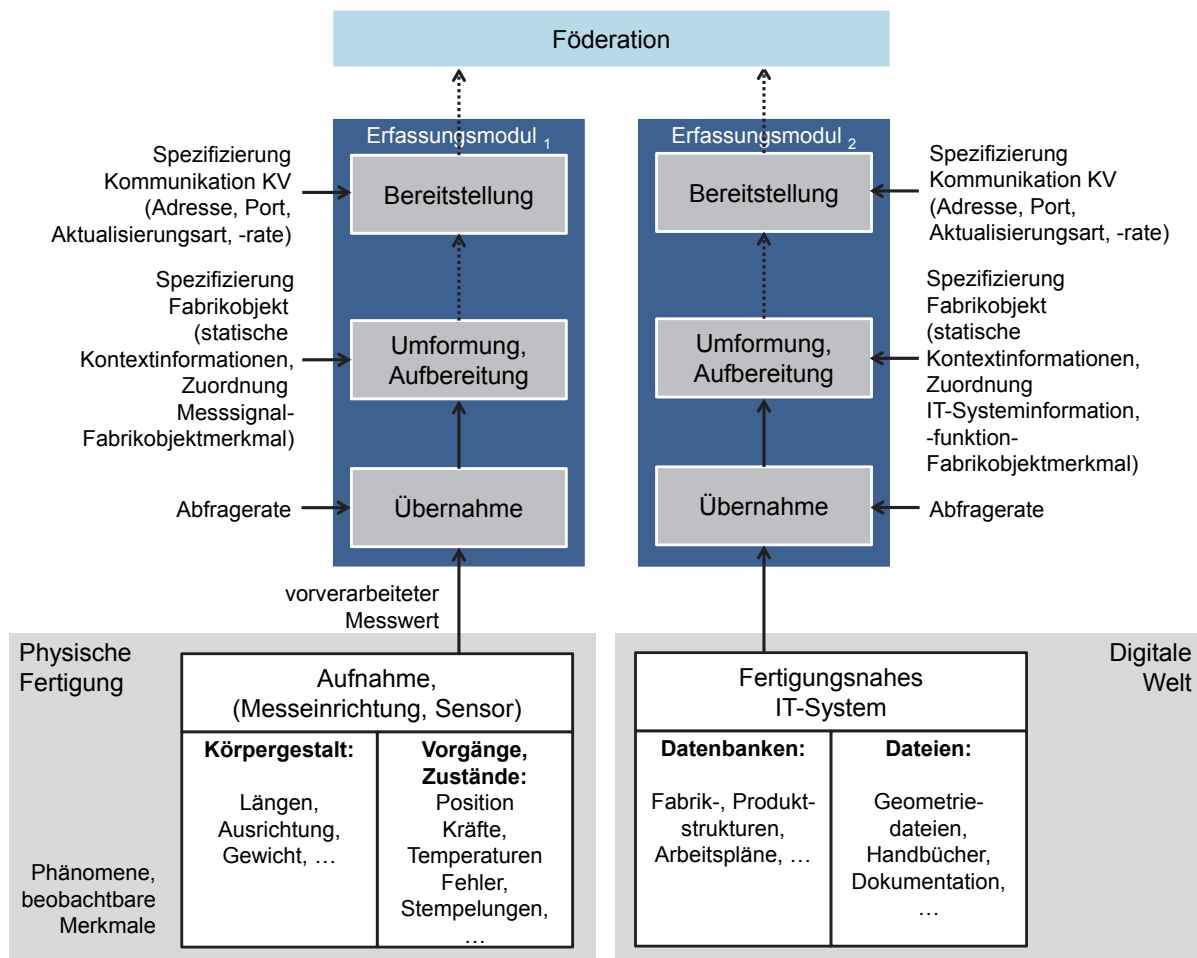


Abbildung 28: Funktionen des generischen FKIS-Erfassungsmoduls

Zur Aufnahme der Kontextinformationen in der physischen Welt bzw. der physischen Fertigung ist eine Transformation in eine maschinenlesbare Form notwendig. Hierzu werden Messeinrichtungen verwendet, die aus Sensoren und der ersten Aufbereitung des

Messsignals in einen Messwert bestehen, welcher ein maschinenlesbares Format besitzt. Dies sind beispielsweise Einrichtungen zum Messen von Positionen⁵¹, Längen, Temperaturen, Kräften oder elektrischen Spannungen oder Zustandswerten von CNC- und SPS-Steuerungen. Die Merkmalsausprägungen der Fabrikobjekte, die aus der digitalen Welt stammen, sind bereits in maschinenlesbarer Form vorhanden. Erfasste Merkmalsausprägungen können hier zum einen direkt Daten aus anderen fertigungsnahen IT-Systemen sein oder die Verweise zu anderen Daten. Beispiel für die Übernahme direkter Daten sind Auftragsdaten, Beispiel für den Verweis auf andere Daten ist der Verweis auf CAD-Dateien oder Dokumente.

Die Übernahmefunktion des Erfassungsmoduls hat zur Aufgabe die vorverarbeiteten Daten von Messeinrichtungen und fertigungsnahen IT-Systemen zur Weiterverarbeitung zu übernehmen. Technisch betrachtet sind dies Kommunikationsschnittstellen, wie Web-services, APIs, ODBC-Schnittstellen oder Dateien.

Weitere Funktionen des Erfassungsmoduls sind die Aufbereitung und Umformung der erfassten Daten zu Kontextinformationen. Dies beinhaltet Unterfunktionen, wie

- die weitere Filterung der übernommenen Daten wie z. B. die Duplikatprüfung gleicher IDs oder die Korrektur von systematischen Positionsfehlern des Lokalisierungssystems.
- die Anreicherung der übernommenen Daten zu Kontextinformation, wie beispielsweise die Zuordnung der einzelnen Merkmalsausprägungen zu Fabrikobjekten, das Hinzufügen eines Zeitstempels oder eines Zeitintervalls für den das Datum gültig ist.
- die dynamische Zuordnung von Merkmalsausprägungen zu anderen Merkmalsausprägungen, wie z. B. die Erfassung von Werkzeugidentifikationsnummern in einem bestimmten Lesebereich und die Zuordnung zu deren aktueller Position.
- die Transformation und Normierung auf das Datenformat und Einheiten, die für Verarbeitung im Kontextverwaltungsmodul verwendet werden, wie z. B. die Umrechnung von lokalen kartesischen Koordinaten des Lokalisierungssystems in ein weltweit gültiges geografisches Koordinatensystem.

⁵¹ Vgl. Abschnitt 2.5.3 Ortungsverfahren.

Eine weitere Funktion des Erfassungsmoduls ist die Bereitstellung der aufbereiteten und umgeformten Kontextinformationen für das Kontextverwaltungsmodul. Dies umfasst die Kommunikationsschnittstelle, die Adresse des Kontextverwaltungsmoduls und Aktualisierungsart der Kontextinformationen. Die Aktualisierungsart gibt an, ob die Aktualisierung ereignisbasiert oder zeitintervallbasiert geschieht. Im Fall einer zeitintervallbasierten Aktualisierung wird hier außerdem die Aktualisierungsrate angegeben.

3.2.2 Kontextverwaltungsmodul und Föderation

Hauptaufgabe des Kontextverwaltungsmoduls und der Föderation ist es, die Kontextinformationen des Produktionsumgebungsmodells zu verwalten.

Ein Kontextverwaltungsmodul enthält dabei einen Teil des Produktionsumgebungsmodells⁵² und eine Profilbeschreibung, die zur Verteilung der Anfragen der Föderation auf mehrere Kontextverwaltungsmodule verwendet wird. Diese Beschreibung enthält das räumliche Gebiet und die Fabrikobjekttypen, die das Kontextverwaltungsmodul verwaltet⁵³. Die Föderation verteilt die Anfragen auf unterschiedliche Kontextverwaltungsmodule und führt die Antworten zusammen⁵⁴.

Durch den modularen Aufbau werden die folgenden Vorteile erreicht:

- Optimierung von Kontextverwaltungsmodulen für spezielle Aufgabenbereiche und Fabrikobjekttypen⁵⁵.
- Skalierung in Bezug auf die Anzahl zu verwaltender Fabrikobjekte.
- Skalierung über die Zeit (einfache Ersetzung vorhandener Kontextverwaltungsmodule).
- Entkopplung von Daten und anwendungslogische Funktionen.

Ausprägungen spezieller Kontextverwaltungsmodule enthalten beispielsweise nur jeweils die aktuellen Merkmalsausprägungen der Fabrikobjekte oder Andere nur die Historien. Durch diese Trennung wird eine schnellere Zugriffszeit ermöglicht.

⁵² Vgl. Abschnitt 3.1.8 Skalierbarkeit des Produktionsumgebungsmodells.

⁵³ Vgl. Abschnitt 2.5.5.1 Kontextserver und Kontextschnittstelle.

⁵⁴ Vgl. Abschnitt 2.5.5.2 Nexus Föderation.

⁵⁵ Vgl. Abschnitt 2.5.5.1 Kontextserver und Kontextschnittstelle.

3.2.3 Funktionsmodule

Die Funktionsmodule des FKIS enthalten die Anwendungslogik. Sie können auf unterschiedliche Hardwareressourcen verteilt werden, mit dem Vorteil, dass auf der Präsentationsebene einfache mobile Endgeräte mit einer geringeren Leistungsfähigkeit verwendet werden können. Die Unterstützung des fertigungsnahen Kontextinformationssystems bei der Ad hoc Informationsbeschaffung kann dabei automatisiert und manuell erfolgen.

Die automatische Unterstützung der Ad hoc Informationsbeschaffung bietet sich für maschinell erfasste Ad hoc Meldungen, wie Störungsmeldungen von Maschinen und Anlagen, an. Hierzu werden Ad hoc Meldungen, kurzfristig eingeleitete Maßnahmen und verwendete Ressourcen und Priorität miteinander verknüpft und in einem Objekt zusammengefasst. Tritt eine Ad hoc Meldung auf, so kann mithilfe der gespeicherten Informationen die Informationsfilterung dynamisch orts-, ressourcenverfügbarkeits- und personenbezogen erfolgen⁵⁶.

Die Grenzen der automatischen Unterstützung der Ad hoc Informationsbeschaffung sind erreicht, wenn eine Ad hoc Meldung nicht in maschinell bearbeitbarer Form vorliegt oder wirtschaftlich erfasst werden kann. Das FKIS bietet hier die Möglichkeit manuell auf relevante Informationen anhand der Ordnungskriterien Typ, Identität, Ort, Betriebszustand und Zeit im Produktionsumgebungsmodell einzugrenzen⁵⁷ und so die Ad hoc Informationsbeschaffung technisch zu beschleunigen.

3.2.3.1 Automatische Informationsfilterung

Die automatische Informationsfilterung umfasst Funktionen für die Überwachung von Fabrikobjektmerkmalen und deren dynamische orts-, ressourcen- und personenabhängige Informationsfilterung und deren Bereitstellung. Die dafür notwendigen Funktionen werden im Folgenden beschrieben (Abbildung 29).

Aufgabe der Überwachungsfunktion von Fabrikobjektmerkmalen (Abbildung 29, Schritt 1) ist die automatisierte Erkennung, ob Bedingungen für angefragte Merkmalsausprägungen von Fabrikobjekten des Produktionsumgebungsmodells erfüllt sind. Die Überwachungs-

⁵⁶ Vgl. Abschnitt 3.2.3.1 Automatische Informationsfilterung.

⁵⁷ Vgl. Abschnitt 3.2.3.2 Manuelle Informationsfilterung.

funktion von Kontextinformationen besteht aus einer kontextbezogenen Anfrage, Aktion und der Überwachungsspezifizierung (Bedingungen). Diese enthält die Merkmale und deren Ausprägungen der Fabrikobjekte, deren Erfüllung geprüft werden soll. Die Überprüfung der Bedingungen erfolgt dabei in einem bestimmten Zeitintervall oder ereignisgesteuert. Treffen die Bedingungen zu, wird ein Ad hoc Meldungsobjekt⁵⁸ als Ergebnis im Kontextverwaltungsmodul erzeugt und zur weiteren Verarbeitung verwendet. Beispiele sind Betriebszustände und Fehlermeldungen von Maschinen und Anlagen oder die Überwachung eines bestimmten räumlichen Bereichs um eine Maschine herum. Damit kann überwacht werden, ob eine bestimmte Vorrichtung oder ein Werkzeug bereits eingetroffen ist. Ist diese Bedingung erfüllt, kann als nachfolgender Schritt beispielsweise der zugehörige Transportauftrag automatisch zurückgemeldet und abgeschlossen werden.

Anschließend werden die Ad hoc Meldungen mit gespeicherten Situationsdokumentationen verglichen, die in einer Bibliothek gespeichert sind (Abbildung 29, Schritt 2). Diese enthalten neben dem Namen der Ad hoc Meldung, Maßnahmenbeschreibungen bzw. Anweisungen, verwendete Typen von Fabrikobjekten⁵⁹ sowie den zu benachrichtigenden Personenkreis. Liegt eine passende Situationsdokumentation vor, werden im folgenden Schritt diejenigen gespeicherten Betriebsmitteltypen und Ersatzteiltypen für eine Verfügbarkeitsabfrage an das Produktionsumgebungsmodell verwendet, die geographisch am nächsten zum Ort der Ad hoc Meldung gelegen sind (Abbildung 29, Schritt 3). Die Ergebnisse dieser Abfrage werden anschließend mit den gespeicherten Maßnahmenbeschreibungen bzw. Anweisungen zusammengeführt. Diese werden anhand des gespeicherten Personenkreises an die zugeordneten Personen geleitet (Abbildung 29, Schritt 4). Zusätzlich kann innerhalb des Personenkreises zunächst diejenige Person benachrichtigt werden, die sich am nächsten zum Ort der Ad hoc Meldung befindet, um Wege und Reaktionszeiten gering zu halten. Jedoch sind bei der Verwendung von Standortinformationen von Personen die gesetzlichen Bestimmungen zur Erfassung und Verwendung von personenbezogenen Standortdaten zu berücksichtigen⁶⁰. Für die Ad hoc

⁵⁸ Vgl. Abschnitt 3.1.9.6 Sensoren und Ad hoc Meldungen.

⁵⁹ Beispiele für Fabrikobjektypen sind hier Betriebsmittel und Ersatzteile oder auch Dokumente, wie Handbücher.

⁶⁰ Vgl. hierzu Entwurf des Bundesdatenschutzgesetzes §32g BDSG Ortungssysteme. Dieses befindet sich zum Zeitpunkt der Erstellung der Arbeit in der Novellierung.

Informationsbeschaffung in der physischen Fertigung wurden als Personenkreise Werker/Facharbeiter, Meister und Instandhalter definiert, die in der Informationsanalyse in Abschnitt 2.2.9 identifiziert wurden. Liegt keine passende Situationsdokumentation vor, so wird als Standard zunächst der Werker/Facharbeiter mit der Ad hoc Meldung benachrichtigt, was dem herkömmlichen Kommunikationsweg entspricht.

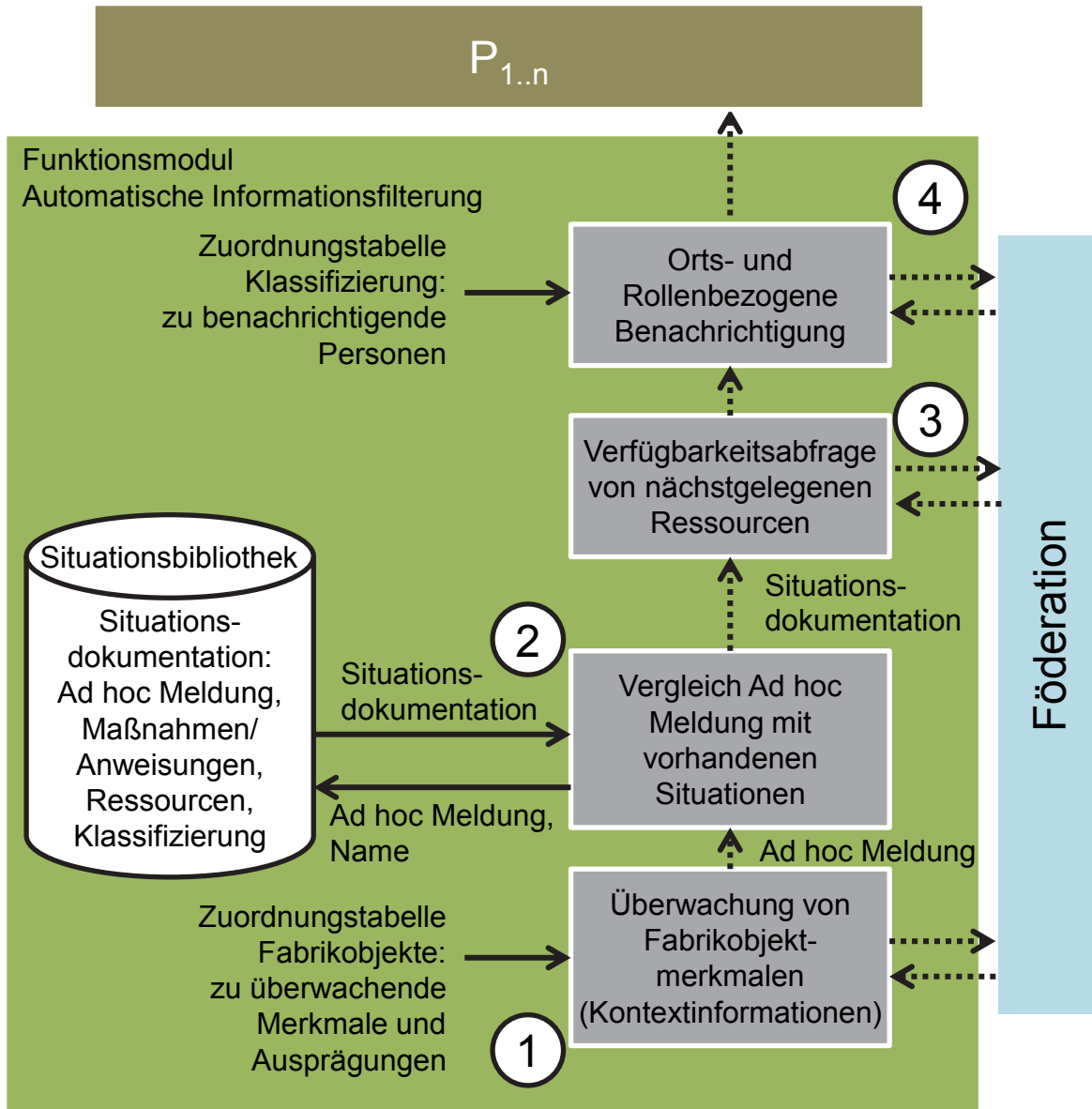


Abbildung 29: Funktionsmodul zur automatischen Informationsfilterung

3.2.3.2 Manuelle Informationsfilterung

Die manuelle Informationsfilterung wird durch ein Präsentationsmodul gesteuert. Hier kann zwischen einer manuellen und halbautomatischen Informationsfilterung unterschieden werden. Die manuelle Informationsfilterung erfolgt vollständig durch ein Präsentationsmodul. Die halbautomatische Informationsfilterung kann entweder durch das Präsentationsmodul geschehen, bei der Verwendung lokal vorhandener Messdaten oder unter Verwendung der Ergebnisse zuvor ausgeführter Anfragen. Der zweite Fall, die Berücksichtigung der Ergebnisse einer zuvor ausgeführten Anfrage, ist für eine kaskadierte Suchanfrage notwendig, welche die Ergebnisse einer vorherigen Suche verfeinert. Für die Formulierung der Suchspezifizierung werden die Abfragemöglichkeiten der Kontextschnittstelle (Abschnitt 2.5.5.1) zu einer komplexen Anfrage kombiniert. Ein Beispiel ist hier die Anfrage nach einem Fabrikobjekttyp bzw. Identität eines Fabrikobjekts innerhalb eines bestimmten räumlichen Gebiets und Zeitraums.

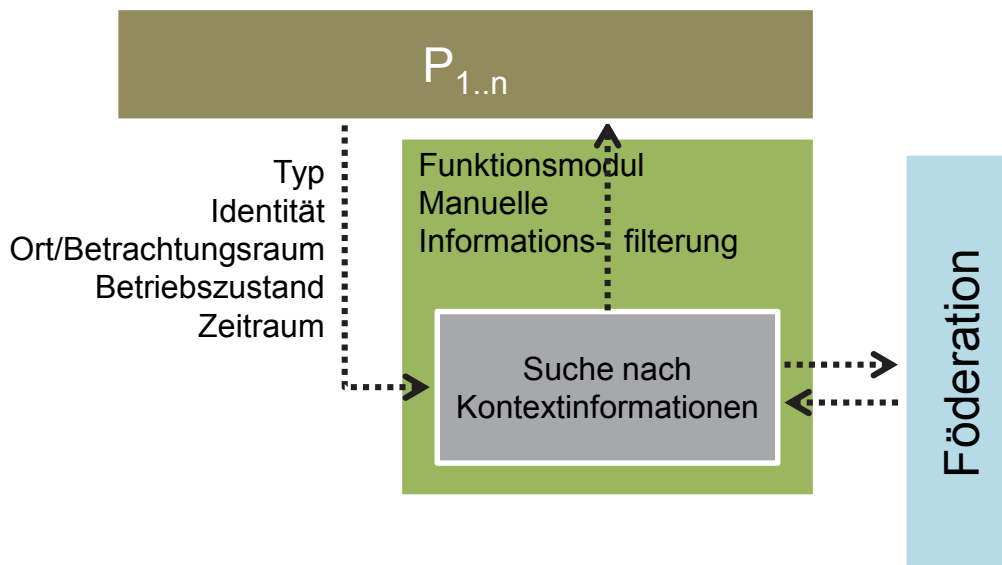


Abbildung 30: Funktionsmodul manuelle Informationsfilterung

3.2.4 Präsentationsmodul

Hauptaufgabe des Präsentationsmoduls ist die Kommunikation mit dem Menschen. Ein Präsentationsmodul besitzt hierfür in seiner allgemeinen Form Funktionen zur Auswahl, Suche und Darstellung von Fabrikobjekttypen, Fabrikobjekten, Orten, Betriebszuständen, Zeiten sowie zum Zugriff auf Informationen und Funktionen verknüpfter fertigungsnaher IT-Systeme. Deren typische Realisierungsformen in einer grafischen Benutzeroberfläche sind in Tabelle 9 dargestellt. Für die Umsetzung der automatischen Informationsbeschaffung ist zusätzlich eine Funktion zur Anmeldung für einen bestimmten Rollenkreis notwendig. Prinzipiell können aufgrund der modularen Systemarchitektur unterschiedlichste Benutzerschnittstellen entwickelt werden, die unterschiedliche Sinnesmodalitäten ansprechen⁶¹. Im Hinblick auf die Umsetzung sind die Grundmodule des FKIS für stationäre Endgeräte⁶² und mobile Endgeräte⁶³ ausgelegt.

Hauptordnungskriterien	Auswahl	Darstellung
Fabrikobjekttyp	Karte, Tabelle/Baumansicht	Karte, Tabelle/Baumansicht
Fabrikobjekt	Karte, Tabelle/Baumansicht	Karte, Tabelle/Baumansicht
Ort	Karte	Karte
Betriebszustand	Karte, Tabelle/Baumansicht	Karte, Tabelle/Baumansicht
Zeit	Zeitstrahl, Eingabefelder	Zeitstrahl kombiniert mit Karte und Tabelle/Baumansicht

Tabelle 9: Realisierungsformen zur Auswahl und Darstellung von Fabrikobjekten

Lokal vorhandene Sensordaten können zur teilweisen automatischen Spezifizierung bzw. für die Bereitstellung der Kontextinformationen genutzt werden. Gleichzeitig kann der jeweilige Sensor an ein Kontexterfassungsmodul angeschlossen sein, falls die erfasste Kontextinformation als Merkmalsausprägung des mobilen Endgeräts im Produktionsumgebungsmodell gespeichert werden soll (Abbildung 31). Ein einfaches Beispiel für eine teilweise automatische Spezifizierung bei der Eingabe ist die Verwendung von Positionen des mobilen Endgeräts, die lokal durch dessen GPS-Empfänger ermittelt werden. Damit kann eine räumliche Filterung der Suche auf die Umgebung vorgenommen werden.

⁶¹ Vgl. Abschnitt 2.5.6 Benutzerschnittstellen.

⁶² Beispiele: Büro- und Werkstatt-Computer, Mensch-Maschine-Schnittstellen an Maschinen und Anlagen.

⁶³ Beispiele: Mobile Datenerfassungsgeräte, Smartphones oder Tablets.

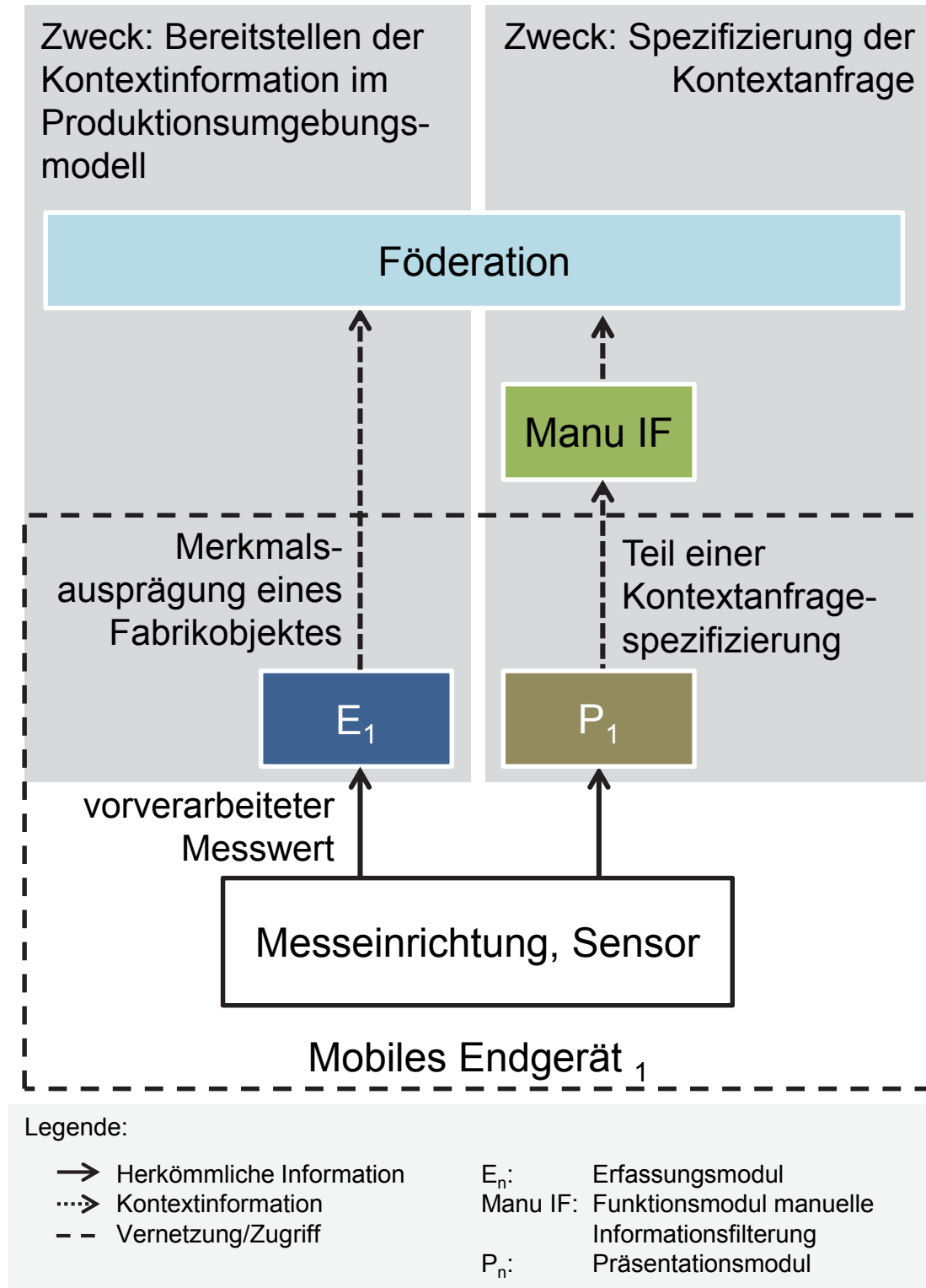


Abbildung 31: Mehrfachverwendung von lokal vorhandenen Sensoren

4 Prototypische Umsetzung und Validierung

Im Rahmen der prototypischen Implementierung des FKIS wurden mehrere Module implementiert und im Anwendungsfall „ungeplante Instandsetzung einer Werkzeugmaschine“ validiert. Die Implementierung wurde im Rahmen des Teilprojekts Smart Factory des Sonderforschungsbereichs 627 Nexus durchgeführt.

4.1 Prototypische Umsetzung des fertigungsnahen Kontextinformationssystems

Um Kontextinformationen verfügbar zu machen, wurden verschiedene Erfassungs- und Kontextverwaltungsmodule und ein Föderationsmodul umgesetzt. Darauf aufbauend wurden die zwei Funktionsmodule für die automatische und manuelle Informationsfilterung mit sowohl mobil als auch stationär nutzbaren Präsentationsmodulen implementiert. In Abbildung 32 ist die Übersicht der implementierten Komponenten und des instanziierten Produktionsumgebungsmodells dargestellt. Im Folgenden wird auf die jeweiligen umgesetzten Module eingegangen.

4.1.1 Umsetzung des Produktionsumgebungsmodells und der Kontextinformationsmanagementmodule

Die im Rahmen Sonderforschungsbereichs 627 entwickelte Nexus-Plattform stellt die Grundbestandteile zum Kontextinformationsmanagement bereit, auf der verteilte kontextbezogene Anwendungen entwickelt werden können⁶⁴. Dies sind insbesondere die Module zur Kontextverwaltung und Föderation, die Kontextschnittstelle und die zugehörigen Basisobjektschemata und Datenaustauschformate. Die Nexus-Plattform verwendet zur Kommunikation eine domänenspezifische Anfrage- bzw. Beschreibungssprache, die es ermöglicht, Kontextinformationen auszutauschen. Die „Augmented World Query Language“ (AWQL) implementiert dabei die Anfragesprache und die „Augmented World Modelling Language“ (AWML) die Beschreibungssprache der Antworten (Nicklas 2005, S. 88).

⁶⁴ Vgl. Abschnitt 2.5.5 Middleware zum Kontextinformationsmanagement.

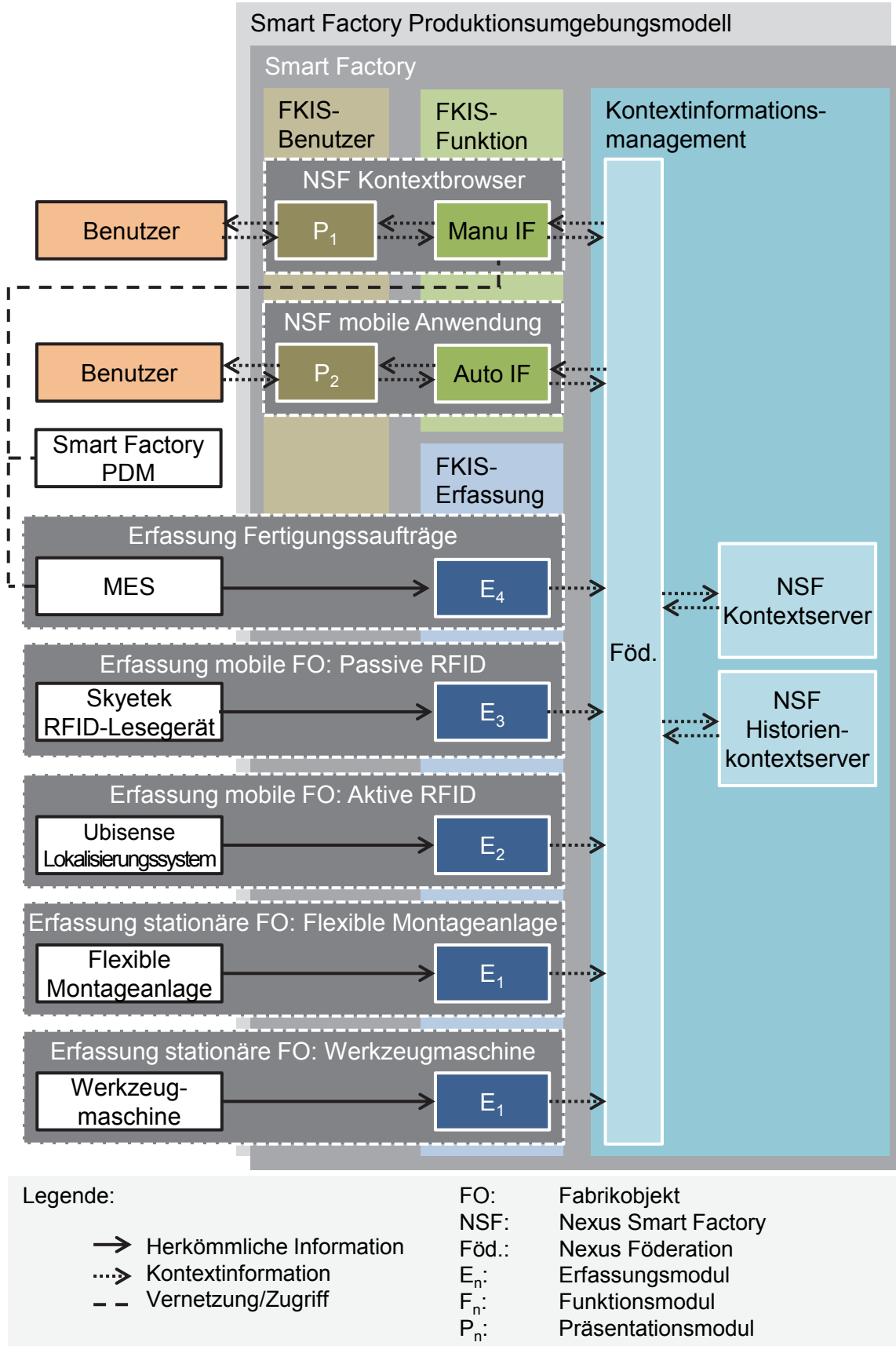


Abbildung 32: Umsetzung der Systemarchitektur

4.1.1.1 Umsetzung des Produktionsumgebungsmodells

Für die Umsetzung des Produktionsumgebungsmodells ergibt sich aus der Verwendung der Nexus-Plattform die Rahmenbedingung, dass dieses als eine Erweiterung des Nexus-Standarddatenschemas realisiert wird. Es besitzt damit auch die Basisklassen für die Objektrepräsentation in der Nexus Plattform. Das Nexus Standarddatenschema ist ein hierarchisch aufgebautes, objektbasiertes Datenschema mit einem sogenannten allgemeinen „Nexusobjekt“ als übergeordnetem Wurzelobjekt und einem sogenannten „Spatial Object“ und „Mobile Object“ als Hauptobjekte. Das Datenmodell der Nexus-Plattform unterstützt die Mehrfachvererbung von Merkmalen. Damit können die übrigen fertigungsspezifischen Merkmale des generischen Fabrikobjektes mithilfe weiterer Zusatzklassen abgebildet werden (Lucke, Constantinescu, Westkämper 2009b), (Lucke, Constantinescu, Westkämper 2009a). Die Merkmale und Verweise der jeweiligen Fabrikobjekttypen des Produktionsumgebungsmodells werden als Attribute der Klassen umgesetzt. Um die Redundanz der neu erstellten Attribute in den einzelnen Klassen zu minimieren, wurden in der technischen Umsetzung zusätzliche Oberklassen eingeführt, welche vielvererbte Attribute gruppieren.

4.1.1.2 Nexus Smart Factory Kontextserver

Für die vorliegende Umsetzung wurden zwei Kontextverwaltungsmodule verwendet. Das erste Kontextverwaltungsmodul enthält nur die letzte aktuell gültigen Kontextinformationen (KV_1), um schnelle Zugriffszeiten zu erreichen. Das zweite Kontextverwaltungsmodul nimmt die historischen Kontextinformationen (KV_2) auf. Dabei werden mit der Zeit immer weitere Kontextverwaltungsmodule für die Historien hinzukommen, wenn die Kapazität eines Kontextverwaltungsmoduls erreicht ist. Beide Kontextverwaltungsmodule werden durch den sogenannten „Spatial Model Server“ der Nexus Plattform instanziiert. Dieser enthält einen Teil des Produktionsumgebungsmodells zur Laufzeit. Der eingesetzte Spatial Model Server besteht aus einem relationalen Datenbanksystem und einem Wrapper, der die Kontextschnittstelle implementiert. Dieser setzt die Kontextanfragen, die in der Kontextanfragesprache AWQL ankommen, in SQL-Anfragen um. Die Antworten des relationalen Datenbanksystems werden in die Beschreibungssprache AWML zurücktransformiert und ausgegeben (Großmann et al. 2005, S. 337).

4.1.1.3 Nexus Föderationsmodul

Das Föderationsmodul wird durch die Nexus Föderation umgesetzt, welche bereits in Abschnitt 2.5.5.2 beschrieben ist. Diese stellt neben den Dienst zur Kontextanfrageverarbeitung weitere Mehrwertdienste, wie beispielsweise einen Kartendienst oder ortsbezogenen Ereignisdienst (Schwarz 2007, S. 39) bereit, die jedoch für die vorliegende Umsetzung nicht relevant sind. Neben der Verteilungsfunktion implementiert die Nexus Föderation auch die Aggregationsfunktion, um Fabrikobjekte zu verschmelzen, die auf mehreren Kontextverwaltungsmodulen verteilt sind (Schwarz 2007, S. 63–64).

4.1.2 Umsetzung von Erfassungsmodulen

Erfassungsmodule bilden einen weiteren Schlüsselbaustein in der Umsetzung des FKIS. Für die manuelle Erstellung von Fabrikobjekten wurde der sogenannte Nexus Editor der Nexus Plattform⁶⁵ verwendet, welcher die manuelle Erstellung, Ändern und Löschen von Fabrikobjekten im Produktionsumgebungsmodell ermöglicht. Diese Möglichkeit ist jedoch nur für Fabrikobjekte praktikabel, deren Merkmalsausprägungen sich nicht oder nur sehr selten ändern. Typische Beispiele sind Fabrikgebäude, Wege oder Bereiche.

Im Hinblick auf die Hauptkategorien Typ, Name, Ort, Betriebszustand und Zeit wird bei der Umsetzung der Erfassungsmodule der Fokus auf die automatisierte Erfassung der dynamischen Merkmale – Ort, Betriebszustand in Verbindung mit der Zeit – der Fabrikobjekte gelegt, um das aktuelle vernetzte Abbild der Fertigung durchgängig zu realisieren.

4.1.2.1 Erfassungsmodul stationäre Ressourcen

Im Folgenden wird das umgesetzte Erfassungsmodul für stationäre Ressourcen dargestellt. Dieses ist modular aufgebaut, sodass es schnell auf unterschiedlichste Maschinen und Anlagen angepasst werden kann. Im vorliegenden Fall wird das Erfassungsmodul für eine CNC-Fräsmaschine und eine flexible Montageanlage verwendet. Die CNC-Fräsmaschine besitzt eine Siemens 840D-Steuerung, sodass die Anpassung auf andere CNC-Fräsmaschinen, die diese Steuerung verwenden, einfach umzusetzen ist. Wichtigstes dynamisches Merkmal von stationären Fabrikobjekten wie Maschinen und Anlagen ist die Erfassung des Betriebszustands. Die übrigen Merkmale

⁶⁵ Vgl. (Cipriani et al. 2011).

ändern sich bei dieser Gruppe von Fabrikobjekten selten, bzw. nicht. Für eine einfache Einrichtung der Maschine im Produktionsumgebungsmodell besitzt das Kontexterfassungsmodul eine automatische Installationsroutine, die mittels einer Selbstbeschreibung ein Maschinenobjekt bzw. bei der Montageanlage mehrere Maschinenobjekte und Ressourcen erzeugen kann (Abbildung 33). Beim Start des Erfassungsmoduls Werkzeugmaschine wird dabei geprüft, ob die NexusID und der Name als verwendete eindeutige Kennzeichnung der Maschine bereits vergeben ist. Ist diese Prüfung negativ, wird das Maschinenobjekt im Produktionsumgebungsmodell erzeugt.

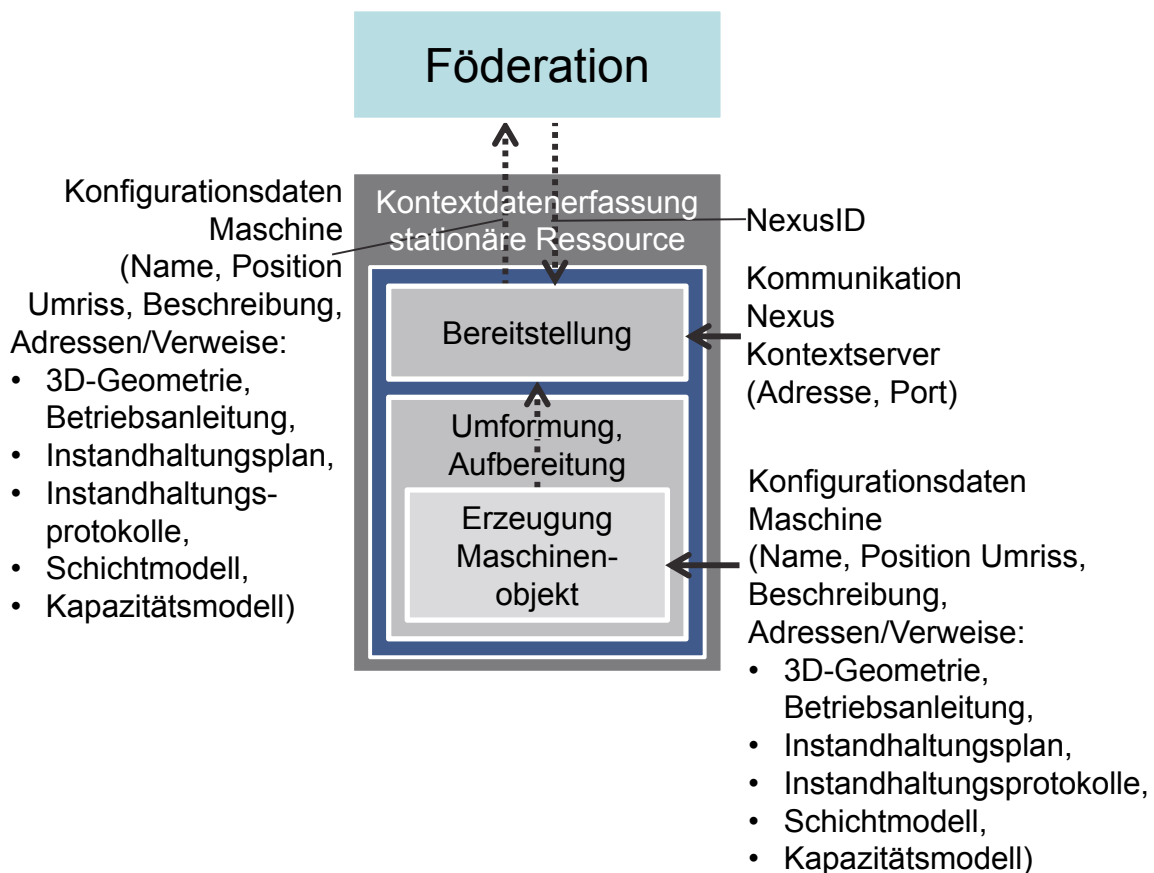


Abbildung 33: Kontexterfassung stationäre Ressourcen Erzeugung

Hauptaufgabe des umgesetzten Erfassungsmoduls ist die Erfassung und Aktualisierung des Statusmerkmals zur Abbildung des Betriebszustands (Abbildung 34). Für die CNC-Maschine werden aus der Maschinensteuerung neben Fehlermeldungen, das aktuelle NC-Programm und Werkzeugkorrekturdateien ausgelesen. Die Abfrage geht dabei vom Erfassungsmodul aus, weshalb in der Übernahmefunktion der Zugriffspfad und die Abfragerate spezifiziert werden. Vorteil dieser Abfrageform ist es, dass damit gleichzeitig

erkannt werden kann, wenn die Maschine ausgeschaltet ist bzw. vom Netzwerk getrennt ist, sofern das Erfassungsmodul nicht direkt auf dem Computer der Maschine läuft. Während auf der Maschine die Dateiverzeichnisse mit den Protokolldateien überwacht werden, besitzt die flexible Montageanlage eine Datenbank, welche die aktuellen Zustände enthält. Dadurch unterscheiden sich die realisierten Übernahmefunktionen der Erfassungsmodule. Eine Übersicht über die Ausprägungen des Statusmerkmals der Maschine ist in Tabelle 10 dargestellt.

Betriebszustand	Beschreibung
NotAvailable	Die Maschine ist abgeschaltet und nicht verfügbar
Idle	Die Maschine ist betriebsbereit und ist verfügbar
Busy	Die Maschine bearbeitet einen Fertigungsauftrag
Error;3000;Notaus	Die Maschine befindet sich im Störungszustand. Fehlernummer 3000 und Beschreibung Not aus

Tabelle 10: Beispielzustände des Erfassungsmoduls Maschine (Lucke, Constantinescu 2010)

Auch werden protokollierte Fehlermeldungen der Maschine ausgelesen. Diesen werden im Erfassungsmodul Namen zugeordnet, um für den Menschen interpretierbar zu sein. Anschließend werden sowohl ein Ad hoc Meldungsobjekt erzeugt, welches neben dem Fehlernamen auch auf das auslösende Fabrikobjekt verweist. Dessen Gültigkeitsdauer wird dabei im Rhythmus der Abfragerate aktualisiert, bis der Störungsstatus der Maschine beendet ist. Parallel wird das Statusmerkmal der CNC-Werkzeugmaschine bzw., der einzelnen Maschine der flexiblen Montageanlage aktualisiert.

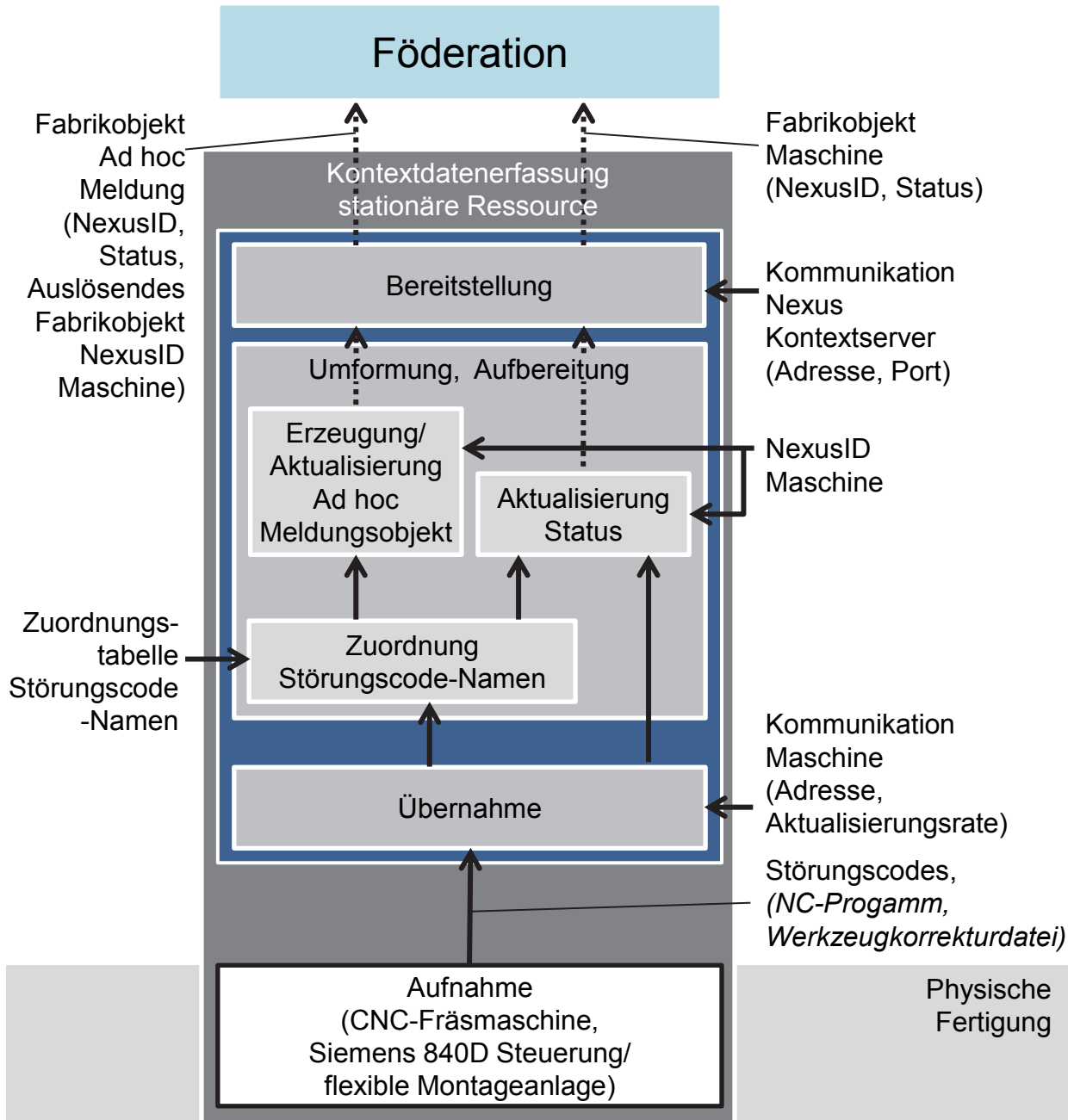


Abbildung 34: Kontexterfassung dynamischer Merkmale stationäre Ressource

Zusätzlich wird bei der flexiblen Montageanlage anhand der hier verfügbaren automatischen Protokollierung aktuell bearbeiteter Fertigungsaufträge an den jeweiligen Ressourcen die Position der zugehörigen Fertigungsauftragsobjekte aktualisiert.

4.1.2.2 Erfassungsmodule mobile Ressourcen und Produkte

Die Erfassungsmodule für Fabrikobjekte von den Typen „mobile Ressourcen und Produkte“, wie Betriebsmittel, Rohmaterialien, Lager- und Transportmittel haben die

Hauptaufgabe, die dynamischen Kontextinformationen Ort und Betriebszustand über die Zeit im Produktionsumgebungsmodell verfügbar zu machen. Der Fokus der umgesetzten Erfassungsmodule liegt hierbei auf der Ortung der mobilen Ressourcen. Herkömmliche BDE-Systeme, Werkzeug- und Lagerverwaltungssysteme überwachen Aufträge, Werkzeuge oder die Lagermittel mit enthaltenen Rohmaterialien, nur an festgelegten Orten, wie beispielweise am Computerterminal an der Maschine oder logisch über das Lagerverwaltungssystem. Sie sind für eine permanente Positionsverfolgung nicht ausgelegt. Als Lösung zur permanenten Positionsverfolgung stehen heute Ortungssysteme auf Basis unterschiedlicher Technologien zur Verfügung⁶⁶. Für die Ortung innerhalb von Fabrikhallen, auch von mobilen Fabrikobjekten wie Werkzeugen, Vorrichtungen oder Behältern, bieten sich WLAN- oder RFID-basierte Ortungssysteme an. Diese besitzen das beste Verhältnis von Infrastrukturkosten, Genauigkeit und Störungsunempfindlichkeit bei der Lokalisierung im Vergleich zu optischen oder ultraschallbasierten Systemen (Jendoubi 2007, S. 83). Bei RFID-basierten Lokalisierungssystemen ist die Genauigkeit der Positionsortung vom Typ der verwendeten RFID-Tags abhängig. In der vorliegenden prototypischen Umsetzung wurde darauf geachtet, eine feingranulare Ortung möglichst vieler mobiler Ressourcen umzusetzen, um ein möglichst vollständiges aktuelles Abbild der Fertigung zu erhalten. Dies wird durch die Kombination mehrerer Ortungssysteme erreicht, die jeweils für bestimmte Einsatzbereiche geeignet sind⁶⁷. Generell wird bei RFID-basierten Systemen zwischen aktiven und passiven Transpondern unterschieden⁶⁸. Durch die zusätzliche externe Energiequelle können aktive RFID-Transponder aufgrund der damit möglichen größeren Sendeleistung über größere Strecken im Raum direkt geortet werden (bis zu mehrere 100 m). Dadurch besitzen diese Abmessungen ab 25 mm x 25 mm x 12 mm oder größer und bieten sich für die Anbringung bei größeren mobilen Fabrikobjekten wie Transportmitteln und Behältern oder großen Vorrichtungen an. Hingegen sind am Markt passive RFID-Transponder mit Abmessungen unter 10 mm x 10 mm x 2 mm verfügbar, sodass auch mobile Fabrikobjekte mit kleinen Abmessungen, wie Werkzeuge, Prüfmittel oder Ersatzteile damit ausgestattet werden können. Die Ortung passiver RFID-Transponder erfolgt über die Identifikation des mobilen Fabrikobjekts im

⁶⁶ Vgl. Abschnitt 2.5.3 Ortungsverfahren.

⁶⁷ Vgl. Abschnitt 2.5.3 Ortungsverfahren.

⁶⁸ Vgl. Abschnitt 2.5.2.2 Radio Frequency Identification.

Bereich eines RFID-Lesegerätes. Anschließend wird die Position des identifizierten mobilen Fabrikobjektes der Position des Lesegeräts zugeordnet (Abbildung 35). Daher hängt die Positionsgenauigkeit der Lokalisierung von der Reichweite des Lesegeräts ab. In der Umsetzung wurden zwei Erfassungsmodule für beide Möglichkeiten der Ortung implementiert.

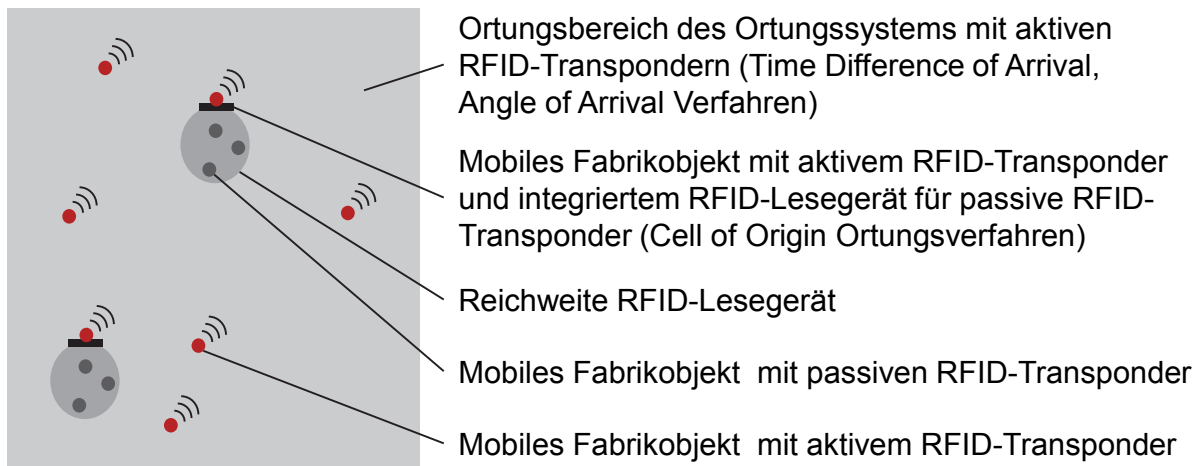


Abbildung 35: Kombination unterschiedlicher RFID Technologien zur Ortung

4.1.2.2.1 Aktive RFID-Technologie

Das erste Erfassungsmodul erfasst die Positionen mobiler Fabrikobjekte auf Basis des Ubisense Ortungssystems⁶⁹, welches aktive RFID-Transponder verwendet. In Abbildung 36 sind die Funktionen des Erfassungsmoduls des Ubisense Ortungssystems dargestellt. Die Übernahmefunktion stellt die Kommunikation mit dem Ubisense Ortungssystem einen Web Service her und erhält als Wertepaare von Ubisense ID-Nummern und Positionen in lokalen Koordinaten. Die Positionen werden anschließend gefiltert und korrigiert, da das Ortungssystem in der Realität Unterschiede in der Positionsgenauigkeit innerhalb der Halle aufweist. Dieser Fehler ist auf Abschattungseffekte und Reflexionen aufgrund der Anordnung der Maschinen zurückzuführen und kann bis zu einem gewissen Grad korrigiert werden. Der Filter prüft, ob zu einer gemessenen Position ein Korrekturbereich definiert ist und korrigiert diesen entsprechend. Nächster Schritt ist die Koordinatentransformation von lokalen kartesischen Koordinaten in globale geografische Koordinaten. Dieser Schritt ist gleichzeitig die Normierung auf das allgemeine Koordinatensystem des

⁶⁹ <http://ubisense.net/en/> Abgerufen am 12.06.2012.

FKIS. Danach werden die lokalen Ubisense ID-Nummern den eindeutigen ID-Nummern des Fabrikobjekts der Nexus Kontextserver zugeordnet. Dies wird hier mittels einer gespeicherten Zuordnungstabelle realisiert, da die Anzahl der aktiven RFID-Transponder im vorliegenden Fall begrenzt ist und sich nur selten ändert. Die Bereitstellungsfunktion überträgt die aufbereiteten Kontextinformationen an den spezifizierten Nexus Kontextserver.

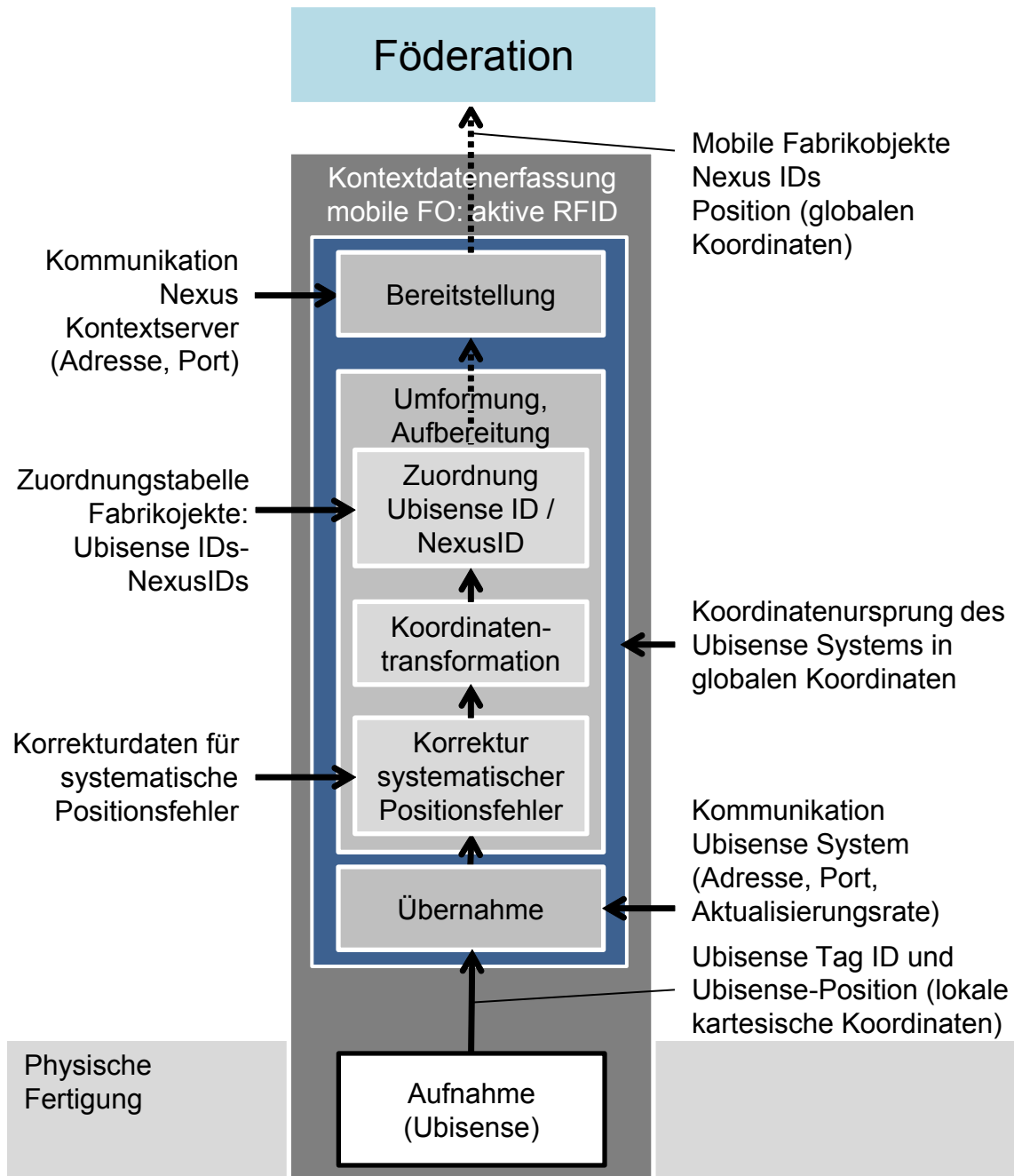


Abbildung 36: Funktionen Ubisense Erfassungsmodul

4.1.2.2.2 Passive RFID-Technologie

Das zweite Erfassungsmodul implementiert die Positionserfassung von Fabrikobjekten, welche mit passiven RFID-Transpondern ausgestattet sind, dessen Funktionen in Abbildung 37 dargestellt sind. In der Umsetzung wurde ein RFID-System mit der Betriebsfrequenz 13,56 MHz verwendet, da Lesegeräte und RFID-Transponder auch in kleinen Abmessungen verfügbar sind. Diese werden aufgrund der systembedingten Reichweite für die Ortung auf kurzen Distanzen und kleinen Bereichen (ca. 0,5 m x 0,5 m x 0,5 m) verwendet. Als RFID-Lesegerät wurde der Typ M1 der Firma Skyetek⁷⁰ verwendet. Dieses zeichnet sich durch kleine Abmessungen und geringe Stromaufnahme aus, sodass es sich auch in Behälter oder Werkzeugkoffer integrieren lässt.

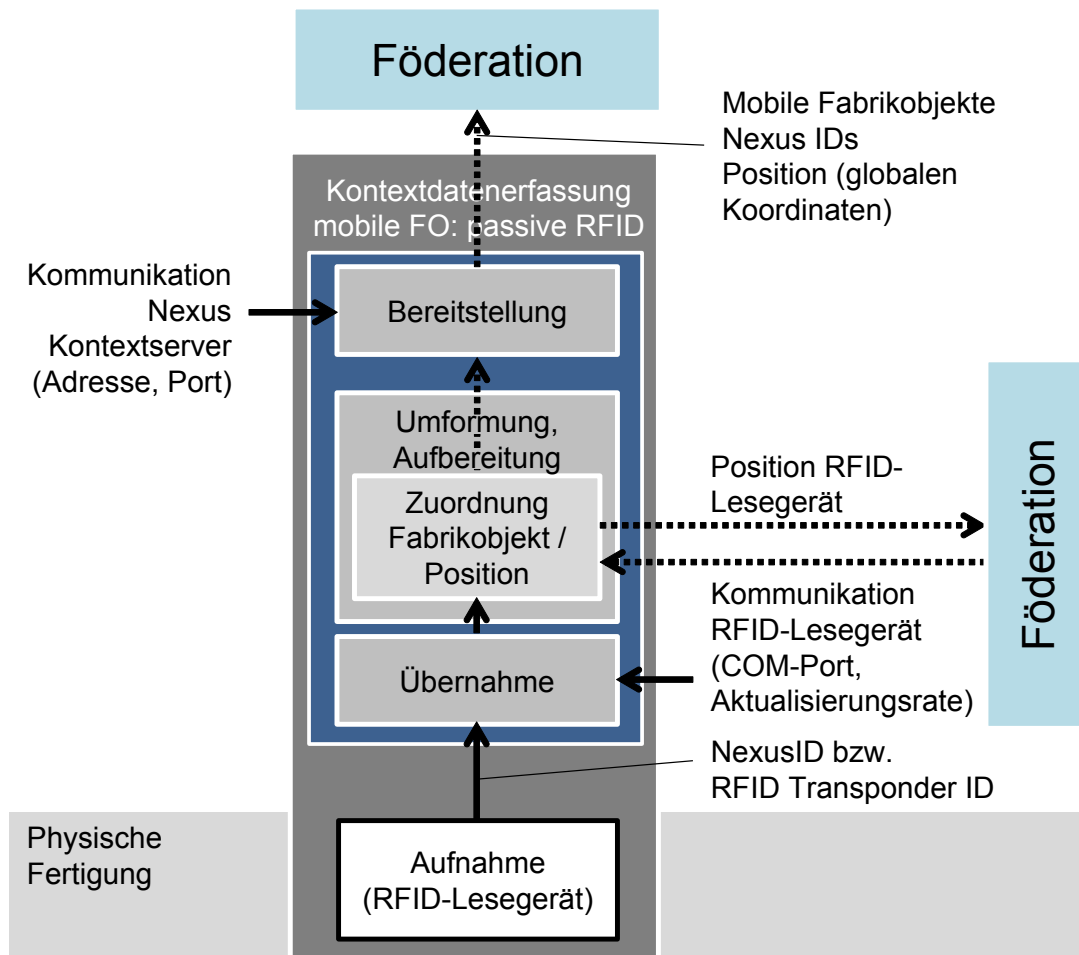


Abbildung 37: Funktionen des RFID Erfassungsmoduls

⁷⁰ Weiterführende Informationen unter: <http://www.skyetek.com/> Abgerufen am 01.08.2012.

Die Übernahmefunktion des Erfassungsmoduls spricht das Lesegerät über die serielle Schnittstelle mit einem proprietären Datenformat an und erhält die ID-Nummern der erkannten mobilen Fabrikobjekte zurück. Im nächsten Schritt werden die ID-Nummern der Position des RFID-Lesegeräts zugeordnet. Diese ist das Ergebnis einer Kontextabfrage der Position des zugeordneten Fabrikobjekts, welches beispielsweise das RFID-Lesegerät oder der Werkzeugkoffer sein kann. Durch diese Entkopplung kann die Lokalisierung des zugeordneten Fabrikobjekts mit unterschiedlichen Systemen erfolgen, ohne dass die direkte Funktion der Lokalisierung mittels des RFID-Lesegeräts beeinträchtigt wird. Analog zum ersten Erfassungsmodul ist die Bereitstellungsfunktion für die Übersendung der aufbereiteten Kontextinformationen an den spezifizierten Nexus Kontextserver zuständig. In Abbildung 38 ist eine Umsetzung dieser kombinierten Positionserfassungsmöglichkeit in einem intelligenten Werkzeugkoffer dargestellt.

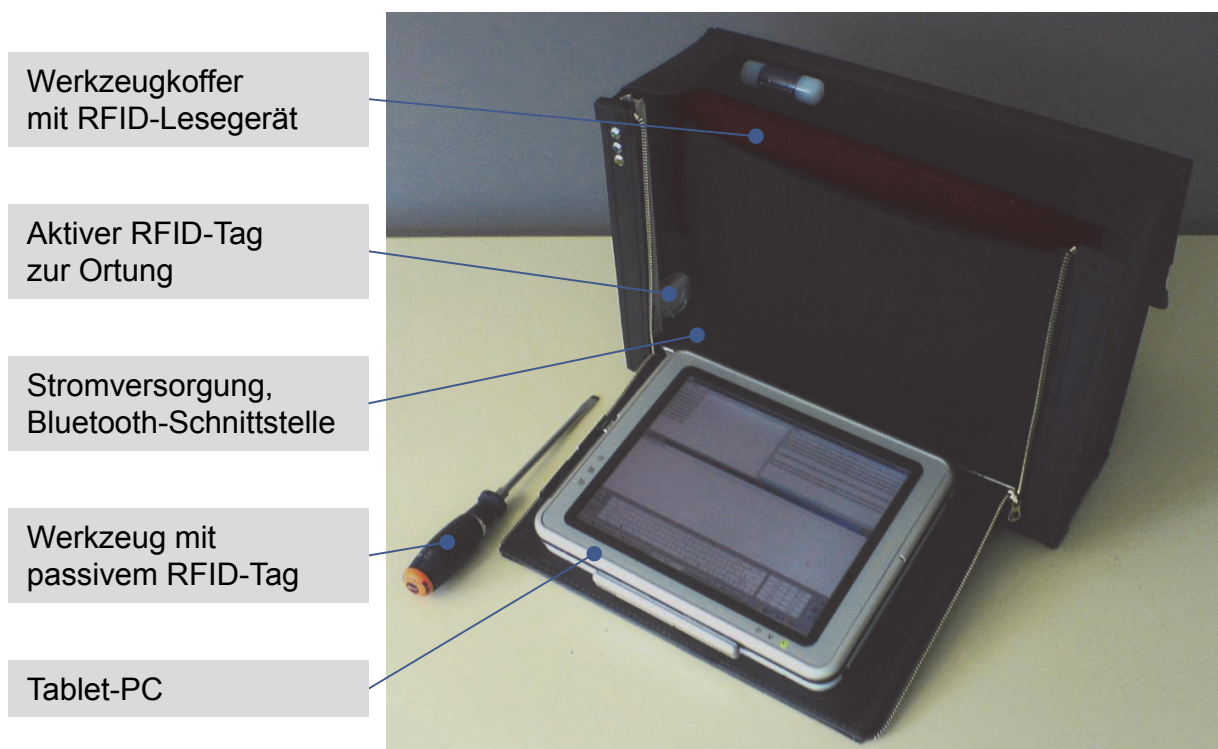


Abbildung 38: Intelligenter Werkzeugkoffer zur Erfassung von Werkzeugen (Lucke, Constantinescu 2011)

In diesen ist das RFID-Lesegerät integriert, welches die mit passiven RFID-Transpondern ausgestatteten Werkzeuge Einzel- und Ersatzteile identifiziert. Zur Ortung des Werkzeugkoffers in der Halle ist dieser mit einem aktiven RFID-Transponder des Ubisense Ortungssystems ausgestattet. Weiteres Element des Werkzeugkoffers ist ein Tablet-

Computer, auf dem der Softwareteil des Erfassungsmoduls ausgeführt wird und zur Benutzerinteraktion dient. Neben einer Anzeige der aktuell enthaltenen Werkzeuge, kann auch der Smart Factory Kontextbrowser⁷¹ ausgeführt werden.

4.1.2.3 Erfassungsmodul Fertigungsaufträge

Das Erfassungsmodul MES-System hat die Hauptaufgabe Fertigungsauftragsdaten im Produktionsumgebungsmodell verfügbar zu machen. In der vorliegenden Umsetzung wurde das MES-System der Firma PSI Production GmbH eingesetzt. Dieses besteht in vorliegenden Fall aus einem herkömmlichen BDE-System und Leitstand zur Auftragsplanung. Der Zugriff auf die Fertigungsauftragsdaten erfolgt in Form von zwei Austauschdateien mit einem proprietären Datenformat, die bei einer Planungsänderung bzw. Rückmeldung des BDE-Systems aktualisiert werden. In Abbildung 39 sind die Funktionen des Erfassungsmoduls MES-System dargestellt. Die Übernahmefunktion überwacht die Dateien und liest diese im Fall einer Veränderung ein. Im Anschluss wird eine Vergleichsprüfung zwischen den Fertigungsaufträgen aus dem MES-System und denjenigen, welche bereits im Produktionsumgebungsmodell vorhanden sind, durchgeführt. Anschließend wird bei einer Abweichung in den zugeordneten Ressourcen die Position des Fertigungsauftrags festgelegt bzw. aktualisiert, in dem die Position der neuen zugeordneten Ressource im Produktionsumgebungsmodell angefragt wird. Darauffolgend werden die Fertigungsauftragsobjekte im Produktionsumgebungsmodell auf Basis der Zuordnungen des Datenformats der Dateien und der Merkmale des Fabrikobjekts aktualisiert bzw. erzeugt. Ist ein Fertigungsauftrag abgeschlossen, wird dieser im Kontextserver nicht mehr aktualisiert. Dessen Gültigkeitsdauer ist damit abgelaufen und wird bei einer Anfrage auf einen nachfolgenden Zeitpunkt nicht mehr zurückgegeben. Neben den Merkmalen des Fertigungsauftrags, welche den Ort, Zeit, Losgröße und Zustand betreffen, ist der Verweis und Zugriff auf weitergehende Funktionen im MES-System für die Entscheidungsunterstützung relevant. Da das MES-System keinen direkten Zugriff auf die Funktionen gestattet, wurde dieses auf einem Terminalserver installiert, welcher dem Benutzer einen einfachen Zugriff auf die spezifischen Funktionen über das Intranet/Internet ermöglicht. Diese Lösung bietet sich für

⁷¹ Vgl. Abschnitt 4.1.3.2 Smart Factory Kontextbrowser.

ältere fertigungsnahe IT-Systeme an, die von sich aus noch nicht web-basiert sind. Bereits vorhandene Fertigungsaufträge werden im Falle einer Umplanung oder Fertigmeldung entsprechend aktualisiert.

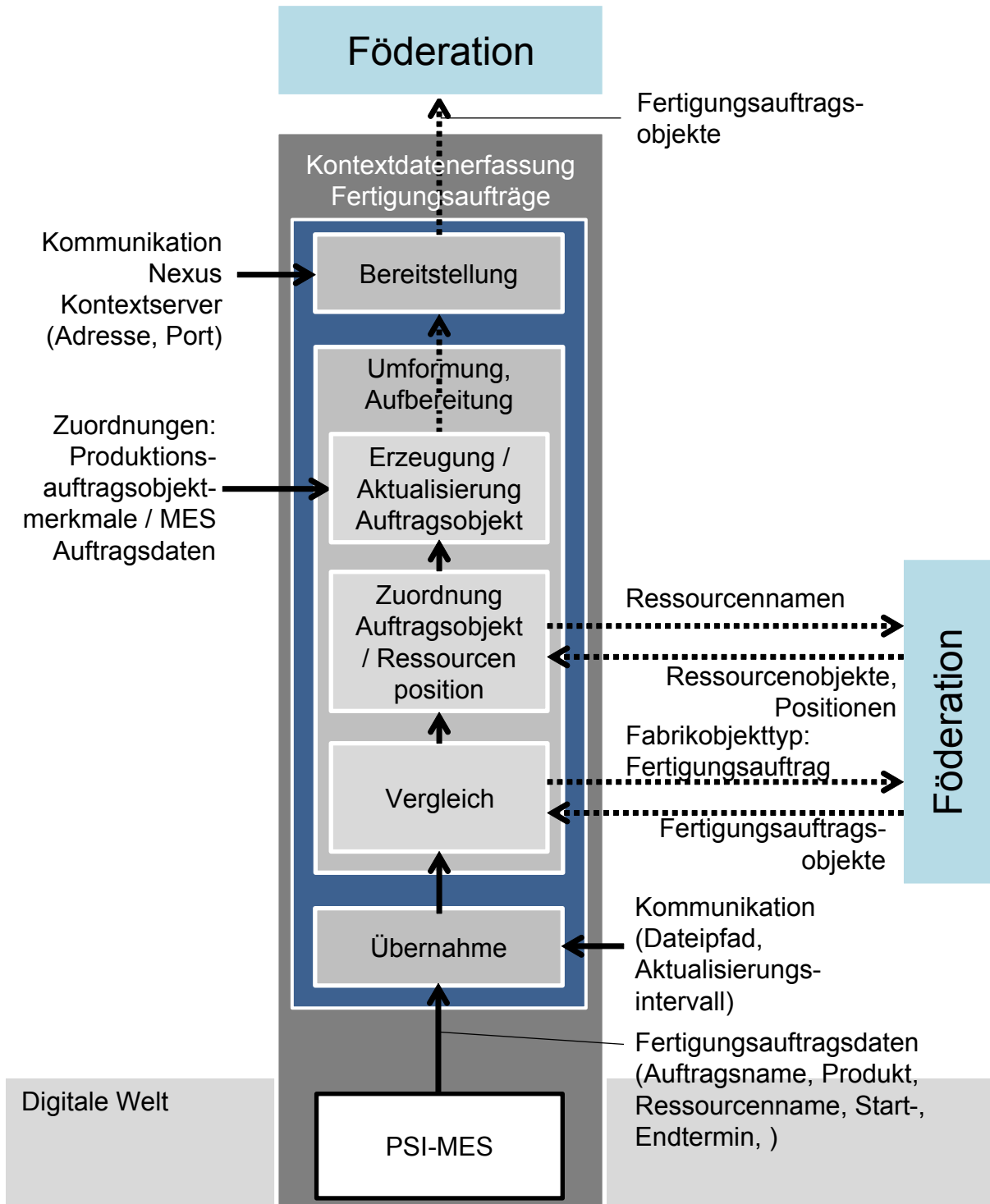


Abbildung 39: Funktionen Erfassungsmodul MES-System

4.1.3 Umsetzung von Funktions- und Präsentationsmodulen

Die Funktionsmodule zur manuellen und automatischen Informationsfilterung und die Präsentationsmodule werden in zwei Softwareanwendungen umgesetzt. Die mobile Nexus Smart Factory Anwendung realisiert die automatische Informationsfilterung und gruppenspezifische sowie ortsbezogene Benachrichtigung. Die manuelle Informationsbeschaffung wird durch den Smart Factory Kontextbrowser umgesetzt.

4.1.3.1 Mobile Smart Factory Anwendung

Für die Umsetzung des Funktionsmoduls zur automatischen Informationsfilterung wird auf technischer Ebene ein Workflowmanagementsystem verwendet, welches die einzelnen Funktionen der automatischen Informationsfilterung verknüpft und ausführt. Dieses besitzt den Vorteil, Funktionen, die in Form auch physisch verteilter Webservices verfügbar sind, einfach zu vernetzen und in einem Programmablauf auszuführen. Damit können neue Informationsbereitstellungsprozesse schnell an einen Anwendungsfall angepasst und realisiert werden. Das eingesetzte kontextbezogene Workflowmanagementsystem besteht aus einem herkömmlichen Workflowmanagementsystem und sogenannten „Context Integration Processes – CIP“ (Wieland et al. 2010). Während das Workflowmanagementsystem für die Ausführung der einzelnen Funktionen zuständig ist, setzen die „Context Integration Processes – CIP“ die Funktionen um, in denen die Kontextinformationen verarbeitet werden. Damit werden die einzelnen Funktionen zur Überwachung der Fabrikobjektmerkmale, zum Vergleich mit vorhandenen Situationsdokumentationen, zur Verfügbarkeitsabfrage sowie zur orts- und rollenbezogenen Benachrichtigung umgesetzt. Das kontextbezogene Workflowmanagementsystem benachrichtigt dabei einen bestimmten Personenkreis in einem bestimmten räumlichen Bereich und schlägt kurzfristig einzuleitende Maßnahmen vor, unter Berücksichtigung der Ad hoc Meldungen an Maschinen und Anlagen und aktuellen Verfügbarkeiten von nächstgelegenen Ersatzteilen und Werkzeugen. Der räumliche Bereich ist als ein Werksteil oder Fertigungsstandort zu verstehen, für welchen ein Mitarbeiter zuständig ist. Bei einer entsprechend geschlossenen Betriebsvereinbarung kann auch eine genauere ortsbezogene Benachrichtigung der Mitarbeiter erfolgen. Die kurzfristig eingeleiteten Maßnahmen sind in diesem Fall Benachrichtigungen, Instandhaltungs- und Transportaufträge für benötigte Werkzeuge und Ersatzteile, der Personenkreis Instandhalter, Werker oder Meister. Für den Betrieb der

automatischen Informationsfilterung in der Fertigung ist dabei die einfache Erstellung und Aktualisierung der Situationsdokumentationen ein wichtiges Kriterium, weshalb entsprechende Funktionen im kontextbezogenen Workflowmanagementsystem mitumgesetzt wurden. Für die kontinuierliche Verbesserung der automatischen Informationsfilterung werden diese Dokumentationsfunktionen bei jeder Ausführung parallel gestartet. Neben der manuellen Erstellung und Bearbeitung der Situationsdokumentationen über ein Webinterface können diese Dokumentationsfunktionen auch von intuitiv zu verwendenden Eingabegeräten, wie einem RFID-Handschuh, aufgerufen und mit Informationen gefüllt werden. Beispielsweise werden verwendete Werkzeuge und Ersatzteile, die mit passiven RFID-Transpondern ausgestattet⁷² sind, intuitiv mithilfe des RFID-Handschuhs erfasst (Abbildung 40). Dieser integriert in einen handelsüblichen Arbeitshandschuh ein RFID-Lesegerät, Bluetoothmodul zur drahtlosen Kommunikation und Energieversorgung. Der RFID-Handschuh ist dabei mit dem Tablet Computer des Werkzeugkoffers⁷³ gekoppelt, auf dem ein Programm läuft, um die erfassten Werkzeuge und Ersatzteile den Dokumentationsfunktionen des kontextbezogenen Workflowmanagementsystems mitzuteilen.



Abbildung 40: RFID-Handschuh zur Erfassung von mobilen Fabrikobjekten (Lucke, Constantinescu 2011)

⁷² Vgl. Abschnitt 4.1.2.2.2 Passive RFID-Technologie.

⁷³ Vgl. Abschnitt 4.1.2.2.2 Passive RFID-Technologie.

Für die Kommunikation mit dem Benutzer wurde das Präsentationsmodul, als „App“ umgesetzt, die auf androidbasierten mobilen Endgeräten läuft, und den „ad hoc“ Zugriff auf benötigte Informationen von jedem Ort innerhalb der Fertigung ermöglicht (Abbildung 41). Die Anwendung besitzt drei Grundsichten, die gegenseitig aufgerufen werden:

- **Listendarstellung der Maßnahmen (Aufträge/Arbeitsaufgaben):** Die Listendarstellung bietet eine schnelle Übersicht über anstehende Maßnahmen. Diese werden nach Ihrer hinterlegten Priorität sortiert.
- **Kartendarstellung der Maßnahmen und verknüpften Fabrikobjekte:** Die Kartendarstellung ist die zweite Form der Übersichtsdarstellung. Darin werden die aktuellen Maßnahmen und verknüpften Maschinen und Anlagen oder Werkzeuge und Ersatzteile dargestellt. Die Priorität wird durch Ampelfarben der jeweiligen Maßnahmen visualisiert. Die einzelnen Maßnahmen können dabei ausgewählt und die Detailansicht aufgerufen werden. Zur besseren Orientierung kann der Benutzer selbst seine Position auf der Karte setzen. Bei der Umsetzung einer solchen Funktion ist darauf zu achten, dass der Benutzer die Ortung selbst bestimmt, um das Recht auf informationelle Selbstbestimmung zu wahren. Neben GPS-basierten Verfahren, die im Außenbereich eines Standorts arbeiten, eignen sich kamera-basierte Ansätze zur Selbstlokalisierung (Lucke et al. 2008).
- **Detaildarstellung einer Maßnahme:** In der Detaildarstellung wird die Arbeitsanweisung in textueller Form beschrieben. Weiterhin wird die betroffene Maschine oder Anlage und sofern bereits bekannt die zur Ausführung benötigten Werkzeuge und Ersatzteile dargestellt.



Abbildung 41: Grundsichten der Smart Factory App in Anlehnung an (Wieland et al. 2010)

4.1.3.2 Smart Factory Kontextbrowser

Zur Umsetzung der Funktionen, die zur manuellen Ad hoc Informationsbeschaffung notwendig sind, wurde der Smart Factory Kontextbrowser entwickelt. Im Gegensatz zur mobilen Smart Factory Anwendung ist der Smart Factory Kontextbrowser auf eine Bedienung mit der Maus an normalen PCs ausgerichtet. Wichtig ist hierbei die einfache Auswahl bzw. Einschränkung und Darstellung der Fabrikobjekte anhand der Hauptkategorien. Neben der Darstellung der Zusammenhänge und der Informationen unterstützt der einfache Zugriff auf die fertigungsnahen IT-Systeme und deren spezifischen Funktionen die Ad hoc Informationsbeschaffung wesentlich. Der Smart Factory Kontextbrowser wurde als webbasiertes System umgesetzt, sodass außer einem Webbrowser keine weitere Installation von Clients notwendig ist. Damit wird der Zugriff auf vielen Endgeräten in der Fabrik, beispielsweise auf Maschinen, ohne weiteren Installationsaufwand ermöglicht (Wieland et al. 2010). Der Smart Factory Kontextbrowser implementiert auf logischer Ebene die Funktion der Suche nach Kontextinformationen. Zur Darstellung der Zusammenhänge und Informationen der Fabrikobjekte bietet sich eine kombinierte Darstellung aus einer Karte und Listendarstellung an (Abbildung 42). Während die Karte die räumliche Vernetzung der Fabrikobjekte in einer bestimmten Skala darstellt, kann die damit verbundene Liste weitere Merkmale der Fabrikobjekte anzeigen. Neben der Darstellung der räumlichen Vernetzung können Zustände von Fabrikobjekten visualisiert werden. Beispiele sind hier Störungen an Maschinen, Zustände von Transportaufträgen und Instandhaltungsaufträgen. Gleichzeitig ist die kombinierte Karten- und Listendarstellung des realisierten Webclients die Eingabeschnittstelle für den Benutzer, um manuell in den Fabrikkontextinformationen zu suchen und zu surfen. Die Haupteinschränkung des Suchraums erfolgt über den Auswahlbereich der Kartendarstellung, welcher über eine Zoomfunktion vergrößert und verkleinert werden kann. Parallel hierzu können die angezeigten Fabrikobjekttypen ausgewählt und gefiltert werden, sodass sich der Fokus schnell auf die unmittelbar interessanten Fabrikobjekte richten lässt. Die angezeigten Fabrikobjekte lassen sich sowohl in der Karte als auch in der Listendarstellung auswählen und werden gegenseitig hervorgehoben. Auch kann im ausgewählten räumlichen Bereich nach dem Namen der Fabrikobjekte gesucht werden. Die Vorgabe des räumlichen Bereichs in der Suche ermöglicht dem Föderationsmodul das passende Kontextverwaltungsmodul auszuwählen und die Suchzeiten zu beschleunigen.

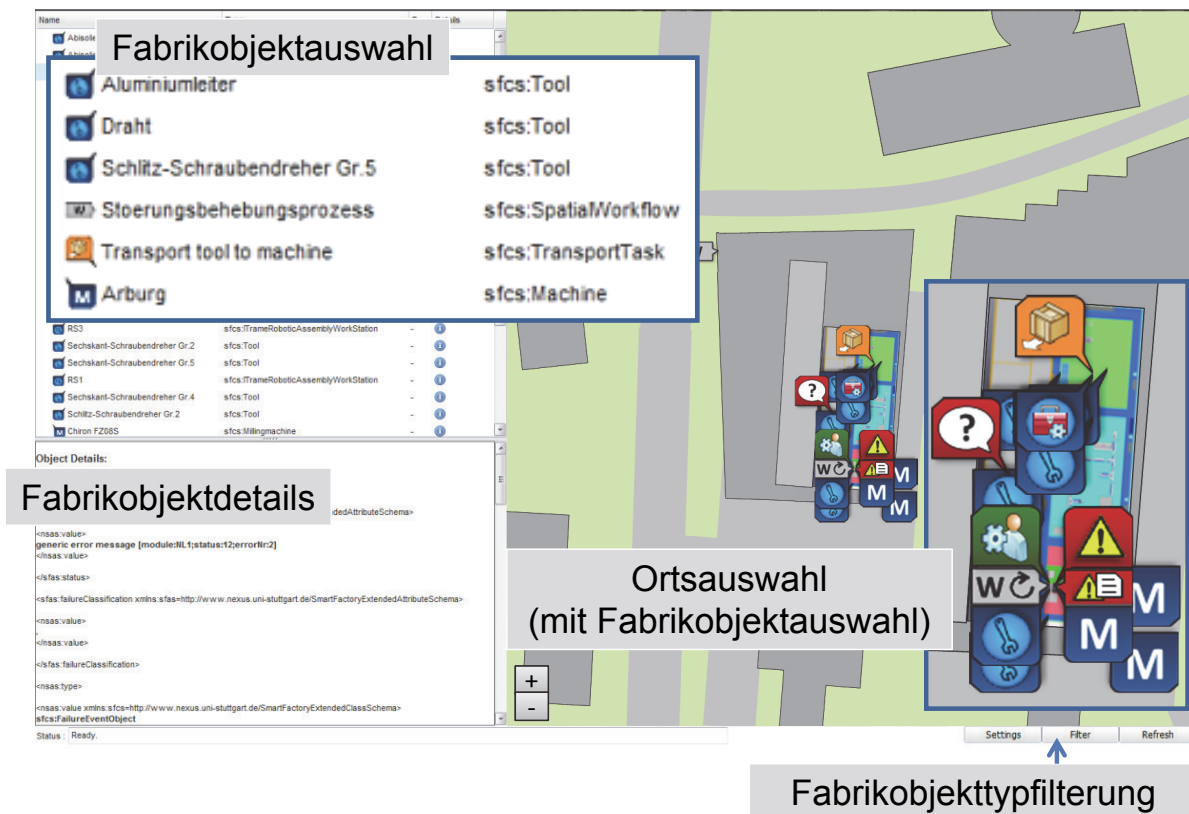


Abbildung 42: Nexus Smart Factory Webclient in Anlehnung an (Wieland et al. 2010)

4.2 Erprobungsbeispiel: Ungeplante Instandsetzung einer Werkzeugmaschine

Anhand des Erprobungsbeispiels „Ungeplante Instandsetzung einer Werkzeugmaschine“ in einer variantenreichen Serienfertigung wird die Unterstützung durch das FKIS bei der Ad hoc Informationsbeschaffung von heterogenen Informationen aufgezeigt. Kennzeichnend für diesen Anwendungsfall sind die Einsparpotenziale in der Verringerung der Meldezeit, der Wartezeiten zur Koordination oder der Freigabe und bei Suchzeiten zur Informationsbeschaffung sowie der damit verbundenen Laufwege⁷⁴, die durch eine Unterstützung der Ad hoc Informationsbeschaffung verbessert werden können. Dieser Anwendungsfall beinhaltet dabei kurzfristige Entscheidungsprozesse und deren Ausführung.

⁷⁴ Vgl. auch (Wildemann 2012, S. 134), (Oglodin 2010, S. 20).

Das betrachtete Unternehmen stellt hochwertige Schreibtischsets in einer hohen Variantenanzahl her. In Abbildung 43 ist die räumliche Anordnung des Standorts dargestellt. Die betrachtete Teilefertigung besteht aus mehreren Fertigungsinseln, die mehrere Werkzeugmaschinen gleichen Typs enthält (Punkt A). Es werden Einzelteile des Schreibtischsets hergestellt, welche in der Montage zusammengesetzt werden. Die Montage besteht aus einem modularen Montagesystem, welches aus Handarbeitsplätzen und Roboterzellen besteht. Die Werkstücke werden automatisiert von Bearbeitungsstation zu Bearbeitungsstation weitertransportiert. Innerhalb des Standortes ist die Fertigung und Montage auf mehrere Gebäude verteilt.

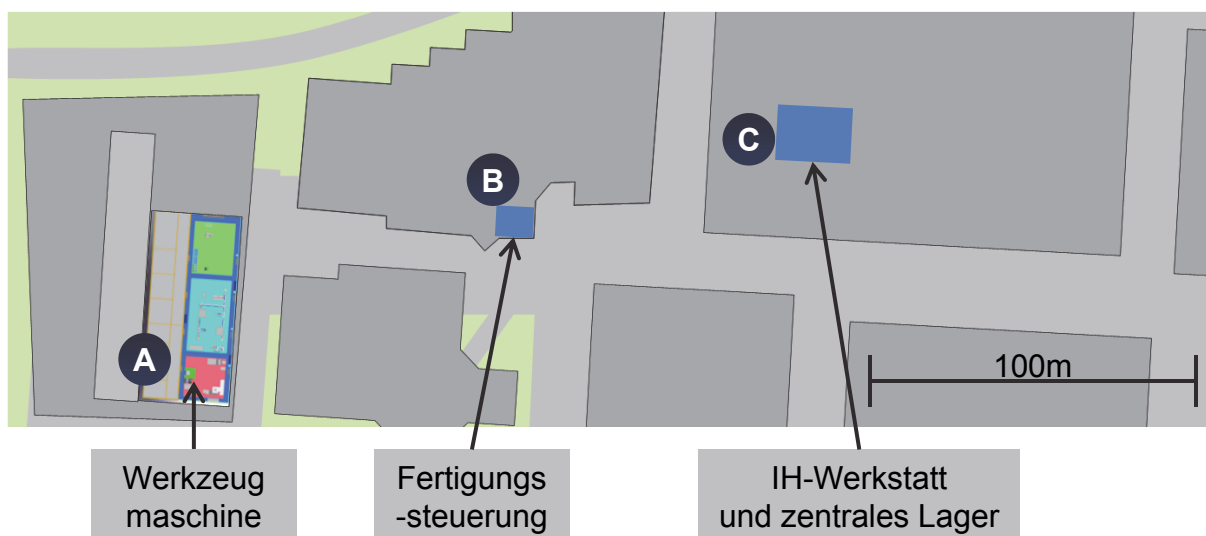


Abbildung 43: Räumliche Anordnung des Standorts

Im betrachteten Anwendungsfall befindet sich die Fertigungssteuerung zentral für alle Teile der Fertigung in einem anderen Gebäude, in welchem weitere Teile der Fertigung untergebracht sind (Punkt B). Die Instandhaltungswerkstatt ist in einem weiteren Gebäude angesiedelt. Die Instandhaltung ist integrativ organisiert, es werden die Maschinenbediener qualifiziert, kleinere Störungen selbst zu beheben. Für größere Instandhaltungsarbeiten werden zentral Instandhaltungsspezialisten vorgehalten. Oft benötigte Betriebsmittel und Ersatzteile für kleinere Instandsetzungsmaßnahmen sind dezentral in kleinen Lagern innerhalb einer Fertigungsinsel oder Montagelinie gelagert. Zusätzlich hierzu gibt es für die verschiedenen Bereiche eine zentrale Instandhaltungswerkstatt und ein Zentrallager, in dem sich weitere Werkzeuge und Ersatzteile befinden (Punkt C). Das FKIS wird dabei auf die vorhandene Fertigung, durch die Installation und Konfiguration der Erfassungsmodule auf den realen Maschinen und Anlagen und dem initialen Einpflegen

der statischen Kontextinformationen wie Gebäudelayouts, Wege und Bereiche angepasst. Die Störungserfassung ist dabei zweigeteilt, das Kontexterfassungsmodul der betrachteten Werkzeugmaschine überwacht und aktualisiert deren Betriebszustand in den Kontextservern und erzeugt bei Störungen Ad hoc Meldungen⁷⁵. Zur Erfassung aktueller Positionsinformationen und Identifizierung der mobilen Fabrikobjekte (Betriebsmittel, Lagermittel, Einzelteile, Baugruppen, Ersatzteile) werden die Erfassungsmodule für mobile Ressourcen und Produkte eingesetzt. Diese umfassen ein Hallenortungssystem vom Typ Ubisense 7000 mit aktiven RFID-Transpondern für die Positionserfassung größerer Gegenstände über größere Distanzen. Für kleine Gegenstände, wie Werkzeuge und Ersatzteile, werden RFID-Systeme mit 13,56 MHz Betriebsfrequenz und passiven RFID-Transpondern für die Positionsartung und Identifizierung auf kurze Distanzen eingesetzt⁷⁶. Als vorhandene fertigungsnahe IT-Systeme sind in der betrachteten Fertigung ein MES-System und ein PDM-System zur Verwaltung von Produktinformationen, und Maschinenhandbüchern im Einsatz. Für die Erfassung der Fertigungsauftragsinformationen wird das Erfassungsmodul für das MES-System verwendet. Das MES-System bewerkstelligt dabei die Funktionen zur Fertigungsauftragsfeinplanung und Betriebsmittelplanung und -verwaltung sowie klassische BDE-Funktionen. Das eingesetzte webbasierte PDM-System enthält die begleitenden Informationen zu Produkten, Maschinen und Anlagen. Zur Benutzerinteraktion kommen der Smart Factory Kontextbrowser für die manuelle Suche in den Kontextinformationen und die mobile Nexus Smart Factory Anwendung zum Einsatz. Die automatische Informationsfilterung überwacht Fabrikobjekte vom Typ Ad hoc Meldungen über den Bereich der Fertigung. Wird eine Störung erkannt, wird diese mit gespeicherten Situationsdokumentationen verglichen. Sofern Informationen zu Standort und Verfügbarkeit nächstgelegener, benötigter Ersatzteile und Ressourcen vorhanden sind, werden diese dem hinterlegten Personenkreis über die mobile Nexus Smart Factory Anwendung weitergeleitet und hinterlegte kurzfristig eingeleitete Maßnahmen wie Instandhaltungsaufträge vorgeschlagen. In diesem Fall umfasst der standardmäßig hinterlegte Personenkreis den für die Maschine zugeordneten Facharbeiter und Instandhalter. Gleichzeitig werden dem

⁷⁵ Vgl. Abschnitt 4.1.2.1 Erfassungsmodul stationäre Ressourcen.

⁷⁶ Vgl. Abschnitt 4.1.2.2 Erfassungsmodule mobile Ressourcen und Produkte

Mitarbeiter, der den Instandsetzungsauftrag annimmt, benötigte Werkzeuge und Ersatzteile angezeigt und Transportaufträge erzeugt. Damit kann erreicht werden, dass im Idealfall die benötigten Werkzeuge und Ersatzteile bereits beim ersten Eintreffen des Instandhalters vor Ort sind, und die Wegezeiten zum Werkzeug- und Ersatzteillager deutlich reduziert werden. Ist ein benötigtes Ersatzteil nicht auf Lager, kann die Störung sofort zum Meister oder Auftragsdisponenten eskaliert werden, um möglichst früh resultierende Fertigungsauftragsumplanungen einleiten zu können. An der Maschine angekommen, kann der Instandhalter im Idealfall mit der Instandsetzung beginnen.

Liegt keine Situationsdokumentation vor, so wird zunächst der Facharbeiter und Instandhalter mit der Ad hoc Meldung benachrichtigt, um den Befund aufzunehmen. Dabei kann manuell mithilfe des Kontextbrowsers in den Kontextinformationen nach betroffenen Maschinen, Anlagen und Fertigungsaufträgen, Werkzeugen und Ersatzteilen im Umkreis oder nach Handbüchern gesucht werden, um einen schnellen Überblick über die vorliegende Situation zu erlangen und entsprechende Maßnahmen, wie beispielsweise Instandsetzungsaufträge, einzuleiten.

4.3 Fazit und Ausblick

Die umgesetzten Module und das Erprobungsbeispiel konnten die Anwendbarkeit des FKIS-Ansatzes in einer variantenreichen Serienfertigung aufzeigen. Dabei konnten auf logischer und technischer Ebene die gestellten Anforderungen hinsichtlich der Anpassbarkeit, der Offenheit, der Erweiterbarkeit zur Integration in bestehende IT-Landschaften und der Skalierbarkeit bezüglich der Anzahl der Fabrikobjekte dargestellt werden. Auf technischer Ebene kam der Realisierung der Module zur Erfassung der einzelnen Kontextinformationen wie Identität, Ort und Betriebszustand in der physischen Fertigung hierbei eine besondere Bedeutung zu. Die Herausforderungen lagen in der konkreten Anpassung und Kombination der gewählten RFID-Systeme an die Umweltbedingungen, sodass ein breites Spektrum an unterschiedlich großen und wertvollen Fabrikobjekten wirtschaftlich erfasst werden kann. Gemeinsam mit den umgesetzten Verwaltungs- und Föderationsmodulen ermöglichten die Erfassungsmodule die Demonstration der dynamischen Abbildung der Kontextinformationen und Zusammenhänge zwischen den Fabrikobjekten auf der logischen Grundlage des Produktionsumgebungsmodells.

Darauf aufbauend konnte mit den umgesetzten Funktions- und Präsentationsmodulen sowohl die automatische als auch die manuelle Einbeziehung von Umgebungsinformationen in die Suche und der schnelle Zugriff auf Informationen und Funktionen unterschiedlicher fertigungsnahen IT-Systeme zu jeder Zeit und an jedem Ort der Fertigung gezeigt werden. Damit konnte die Eignung der realisierten dynamischen Unterstützungsformen bei der Ad hoc Informationsbeschaffung in ungeplant auftretenden Entscheidungsprozessen mit kurzfristigem Planungshorizont und deren Ausführungen dargestellt werden. Als Hauptnutzen wird daraus eine zeiteffizientere Ad hoc Informationsbeschaffung ermöglicht.

Während der Fokus der Arbeit in der schnellen, zielgerichteten Versorgung mit aktuellen Informationen aus dem Fabrikbetrieb und dem Zugriff auf Funktionen fertigungsnaher IT-Systeme ist, ergibt sich weiterer Forschungsbedarf in der Anwendung des Ansatzes in weiteren Phasen des Fabriklebenszyklus. Das Produktionsumgebungsmodell kann hier als Ausgangspunkt dienen, um die Informationen und Zusammenhänge zwischen der physischen Fertigung und der digitalen Welt abzubilden und zu synchronisieren. Beispielsweise sind damit Anwendungsfälle denkbar, bei denen der Planer ständig aktualisierte, kombinierte Medien- und Layoutpläne oder der schnelle Zugriff auf aktuelle Prozesszeiten und abgeleitete Erfahrungen in Produkt-, Fabrik-, und Prozessplanungen berücksichtigen kann.

Weiteres Potenzial zur Weiterentwicklung ist die Verwendung und Erweiterung des fertigungsnahen Kontextinformationssystems in cyberphysischen Systemen in Produkten und Ressourcen. Ausgangspunkt bildet wieder der Zugriff auf aktuelle Informationen und die Zusammenhänge einer Fertigung, um daraus Schlussfolgerungen ziehen zu können und kennzeichnende Eigenschaften wie die Selbstorganisation und die Kooperation zwischen den Einheiten sowie die Adaption an die aktuelle Situation realisieren zu können.

5 Zusammenfassung

Die industrielle Fertigung befindet sich in einem tiefgreifenden Wandel, der durch neue Strategien zur Sicherung der Wettbewerbsfähigkeit mitausgelöst wurde, die auf die Kundenindividualisierung bei Produkten, die Technologieführerschaft bei Produkten und in der Produktion sowie eine hohe Produktqualität setzen. Parallel zu den veränderten Rahmenbedingungen müssen die klassischen Zielkonflikte der Produktion wie geringe Bestände, eine hohe Ressourcenauslastung, kurze Durchlaufzeiten oder eine geringe Terminabweichung im täglichen Betrieb weiter berücksichtigt werden. Durch die überlagerten äußeren Turbulenzen wie Auftragsschwankungen und innere Turbulenzen wie Maschinenausfälle oder Qualitätsmängel entsteht der Druck, dass sich eine variantenreiche Serienfertigung heute schnell an die aktuelle Lage anpassen können muss. Die Verfügbarkeit von aktueller Information bei zu treffenden Entscheidungen, die einen Bezug auf die umgebenden Fabrikobjekte besitzen, ist ein wesentlicher Faktor, um Veränderungen schneller ausführen zu können und Verluste infolge fehlender Information zu reduzieren.

Ziel dieser Arbeit war es, ein Informations- und Kommunikationssystem, welches Werker, Meister und Instandhalter in der Ad hoc Informationsbeschaffung innerhalb einer variantenreichen Serienfertigung unterstützt, zu entwerfen und dessen Umsetzbarkeit anhand eines Prototyps aufzuzeigen.

Die Grundlage für die Lösung bildet ein aktuelles, dynamisches Abbild der Fertigung, dem sogenannten Produktionsumgebungsmodell. Dieses hat zum Zweck, die Informationen aus unterschiedlichen fertigungsnahen IT-Systemen zu vernetzen und für die schnelle Ad hoc Informationsbeschaffung zu strukturieren. Im Hinblick auf die Umsetzung bilden auf technischer Ebene sogenannte kontextbezogene Systeme den Ausgangspunkt, um Inhalte und deren Zusammenhang zwischen den Informationen ad hoc – also aus der Situation heraus – dynamisch und aktuell zur Verfügung zu stellen.

In der Analyse wurden die typischen Situationen, in denen eine Ad hoc Informationsbeschaffung auftritt, die benötigten Informationen, deren Darstellungsformen und die zuständigen fertigungsnahen IT-Systeme für die Hauptnutzerguppen „Werker“, „Instandhalter“ und „Meister“ untersucht. Dabei wurde deutlich, dass zwar vorhandene fertigungsnahe IT-Systeme für bereichsspezifische Aufgaben Unterstützung bieten,

solange Informationen innerhalb der Systemgrenzen oder vordefinierter Aufgaben und Informationsflüsse liegen. Vorhandene Forschungsansätze fokussieren sich in der Mehrzahl auf die Informationsbereitstellung bei Regelaufgaben auf den Werker oder in der Assistenz bei der Störungsbehebung an der Maschine. Den betrachteten Ansätzen ist dabei gemeinsam, dass eine dynamische Darstellung der Informationen und der Zusammenhänge, unter Einbeziehung der Umgebung in die Informationsbereitstellung, nicht unterstützt werden.

Im zweiten Schritt wurden die Grundlagen kontextbezogener Systeme und deren zugrundeliegende Technologien im Hinblick auf den Einsatz in einer variantenreichen Serienfertigung betrachtet. Daraus wurden anschließend die Anforderungen an die zu entwickelnde Lösung abgeleitet.

Darauf aufbauend wurde das unternehmensneutrale Gesamtkonzept des fertigungsnahen Kontextinformationssystems entwickelt, das aus dem Produktionsumgebungsmodell und der Systemarchitektur besteht. Das Produktionsumgebungsmodell ist die Basis, um die Fabrikobjekte mit den Kontextinformationen abzubilden und zu vernetzen. Es ergibt den Informationsraum für die Suche. Hauptordnungskriterien sind dabei die Zugehörigkeit zu einer bestimmten Gruppe (Typ), die Identität eines Gegenstands, dessen Ort und Betriebszustand über die Zeit. Für die Modellierung wird ein objektbasierter Ansatz verwendet, um die Ordnungskriterien gemeinsam mit verknüpften Informationen entweder direkt oder indirekt als Verweis abzubilden. Die Ordnungskriterien werden auch als Kontextinformationen bezeichnet, da sich mit deren Hilfe der Zusammenhang zwischen den Fabrikobjekten beschreiben lässt.

Während das Produktionsumgebungsmodell die logische Grundlage des FKIS für die Abbildung der Kontextinformationen ist, bildet die Systemarchitektur die Basis aus technischer Sicht. Es ist modular aufgebaut, wodurch die Skalierbarkeit hinsichtlich der Anzahl und die Anpassbarkeit an die jeweilige unternehmensspezifische IT-Landschaft über die Zeit ermöglicht werden. Die Module werden in Erfassungsmodule, Kontextverwaltungsmodule, Funktionsmodule zur automatischen und manuellen Informationsfilterung sowie Präsentationsmodule untergliedert und kommunizieren über eine einheitliche Schnittstelle.

Um die Anwendbarkeit des entwickelten Konzeptes aufzuzeigen, wurden verschiedene Module zur Erfassung von Kontextinformationen räumlich stationärer und mobiler

Ressourcen wie Maschinen, Anlagen und Betriebsmitteln, zur Verwaltung der Kontextinformationen, zur automatischen Informationsbereitstellung und zur manuellen Suche implementiert. Anhand des Erprobungsbeispiels „Ungeplante Instandsetzung einer Werkzeugmaschine“ in einer variantenreichen Serienfertigung konnte die Unterstützung durch das fertigungsnahe Kontextinformationssystem während der Ad hoc Informationsbeschaffung von heterogenen Informationen aufgezeigt werden.

Neben der Erweiterung des Ansatzes auf die Anwendung in den planerischen Bereichen einer Fabrik ist weiteres Potenzial zur Weiterentwicklung des Ansatzes in der Verwendung in cyberphysischen Systemen, in Produkten und Ressourcen zu sehen. Die Arbeit bildet dabei den Ausgangspunkt, um den Zugriff auf aktuelle Informationen und die Zusammenhänge einer Fertigung zu realisieren. Damit werden weitergehende kennzeichnende Eigenschaften zukünftiger Produktionssysteme ermöglicht, wie die Selbstorganisation und die Kooperation zwischen den Einheiten sowie die Adaption an die aktuelle Situation.

6 Summary

Industrial manufacturing is still in a deep transformation to face the challenges of turbulent, customer oriented and globalized markets. New strategies to safeguard the competitiveness of factories are targeting to the customisation of products, the leadership in technology in products and manufacturing as well as the leadership in product quality. In parallel, the classical targets of the dilemma of operations planning, as low stocks, a high utilization of the machines and equipment, short lead times or a small deviation of scheduled dates, have still to be considered in daily factory operation. The overlain external turbulences, such as variances in orders, and internal turbulences, such as a breakdown of a machine or quality problems, generate the pressure that an industrial manufacturing has to adapt rapidly to the current situation. The availability of up-to-date information during decision making considering involved and surrounding factory objects, such as products, factory structures, resources and infrastructures, processes, production orders, models, documents or sensor events, is an essential factor to implement changes faster and to reduce the waste of resources and time due to missing information.

The objective of this work is to design an information and communication system, which support the worker, the foreman and the maintenance worker during the ad hoc information acquisition in a multi-variant manufacturing. The realisation of the approach is shown by a prototypical implementation.

The foundation of the solution is an up-to-date, dynamic model of the manufacturing, the so called production augmented world model. Goals of the model are to link the information coming from the different manufacturing information systems and to structure it for the fast ad hoc information acquisition. For the implementation, context aware systems are the technical foundation, providing ad hoc the content of the information and its context. Ad hoc means here out from the current situation, dynamic and up-to-date.

In the first step, the typical situations of an ad hoc information acquisition in manufacturing are analysed, considering the required information, its form and the containing manufacturing information systems for the three core user types “worker”, “foreman” and “maintenance worker”. The analysis showed that current manufacturing information system provide support for their domain specific tasks, as long as the queried information are inside their system boundary, predefined tasks and information flow. Most of existing

research approaches focusing on information provision for workers of regular tasks or the assistance in failure diagnosis and repairing of machines. One common aspect of the analysed approaches is that they do not support both a dynamic presentation of information and its context, considering the surrounding space in the manufacturing in the information provision.

In the second step, the properties and technologies of context aware systems are contemplated with the focus on their application in a multi-variant manufacturing. Based on this analysis the requirements for the solution are derived and defined.

In the following the manufacturing independent concept of the manufacturing context information system is developed, consisting of the production augmented world model and the system architecture. The production augmented world model is the foundation, to represent and to cross-link factory objects with their context information. It spans the information space for the search. The core criteria for structuring are the assignment to a certain group (type), the identity of a factory object, its location and condition in relation to the time. For modelling, an object based approach is applied, capable to represent the core criteria.

Whereas the production augmented world model forms the logic foundation of the manufacturing context information system, the system architecture represents the technical foundation. By the modular system structure, the scalability is enabled regarding the number of factory objects. Moreover, the modular system structure enables the adaption to the company specific IT landscape over the time. The modules are structured in for context information acquisition modules, functional modules for automatic and manual information filtering and presentation modules. The different types of modules communicate over a standardised interface.

In order to show the applicability of the developed concept several modules has been implemented for context information acquisition of spatial and mobile resources, such as machines and equipment, for context information management, for the automatic information provision and manual search. The approach has been validated in the use case “unplanned repairing of a machine tool” in a multi-variant manufacturing showing the assistance during the ad hoc information acquisition of heterogeneous information.

Beside the enhancement of the approach for the domain of factory planning, further potentials are in its application in cyber physical systems in products and manufacturing resources. Therefore, the presented approach enables the advanced characteristics of next generation manufacturing systems, such as self-organisation and cooperation between the different factory objects as well as the adoption to the current situation.

7 Literaturverzeichnis

- acatech 2011** ACATECH (HRSG.): *Cyber-physical systems : Innovationsmotor für Mobilität, Gesundheit, Energie und Produktion (acatech POSITION)*. Berlin, Heidelberg : Springer, 2011. – ISBN 9783642275661
- AWF 1985** AWF (Hrsg.): *Integrierter EDV-Einsatz in der Produktion – CIM - : Begriffe, Definitionen, Funktionszuordnungen*. Eschborn, 1985
- Baldauf, Dustdar, Rosenberg 2007** BALDAUF, Matthias ; DUSTDAR, Schahram ; ROSENBERG, Florian: *A survey on context-aware systems*. In: *International Journal of Ad Hoc and Ubiquitous Computing 2* (2007), Nr. 4, S. 263–277
- Bauer, Rothermel 2004** BAUER, Martin ; ROTHERMEL, Kurt: *How to Observe Real-World Events through a Distributed World Model*. In: *Proceedings of the 10th International Conference on Parallel and Distributed Systems (ICPADS 2004) (Newport Beach, CA, USA, 07. - 09. Juli 2004)*. Los Alamitos, CA, USA : IEEE Computer Society, 2004. – ISBN 0769521525, S. 467–476
- Becker, Nicklas 2004** BECKER, Christian ; NICKLAS, Daniela: *Where do spatial context-models end and where do ontologies start? A proposal of a combined approach*. In: INDULSKA, Jadwiga; ROURE, David de (Hrsg.): *Proceedings of the First International Workshop on Advanced Context Modelling, Reasoning and Management in conjunction with UbiComp 2004 (Nottingham, England, 7. September 2004)*. Southampton UK : University of Southampton, 2004. – ISBN 854328130, S. 48–53
- Brinzer 2005** BRINZER, Boris: *Produktionsregelung für die variantenreiche Serienfertigung*. Stuttgart, Universität Stuttgart, Institut für Steuerungstechnik der Werkzeugmaschinen und Fertigungseinrichtungen. Dissertation. 2005
- Brockhaus 2006** BROCKHAUS (Hrsg.): *Brockhaus - Die Enzyklopädie in 30 Bänden*. 21. Aufl. Leipzig, Mannheim : F. A. Brockhaus, 2006. – ISBN 9783577900010
- Bruns 2005** BRUNS, Wilhelm: *Ubiquitous Computing And New Frontiers Of Automation*. In: ZAREMBA, M.; SASIADEK, J.Z; ERBE, H.H (Hrsg.): *Cost Oriented Automation 2004 (Gatineau, Quebec, Kanada, 6. - 9. Juni 2004)*. Oxford : Elsevier, 2005 (IPV-IFAC Proceedings Volume). – ISBN 9780080443096, S. 33–42
- Bullinger, Stender, Modrich 2006** BULLINGER, Hans-Jörg ; STENDER, Siegfried ; MODRICH, Kai-Udo: *Innovationen für eine Produktion 2020 in Deutschland*. In: *Industrie-Management 22* (2006), Nr. 1, S. 39–43
- Caffery, Stüber 1998** CAFFERY, James J. ; STÜBER, Gordon L.: *Overview of radiolocation in CDMA cellular systems*. In: *IEEE Communications Magazine 36* (1998), Nr. 4, S. 38–45

- Chen, Kotz 2000** CHEN, Guanling ; KOTZ, David: *A survey of context-aware mobile computing research*. Dartmouth, Dartmouth College. Technischer Bericht. 2000
- Cipriani et al. 2011** CIPRIANI, Nazario ; WIELAND, Matthias ; GROßMANN, Matthias ; NICKLAS, Daniela: *Tool support for the design and management of context models*. In: *Information Systems* 36 (2011), Nr. 1, S. 99–114
- Dangelmaier 2001** DANGELMAIER, Wilhelm: *Fertigungsplanung : Planung von Aufbau und Ablauf der Fertigung ; Grundlagen, Algorithmen und Beispiele*. 2. Aufl. Berlin [u.a.] : Springer, 2001. – ISBN 9783540420989
- Dangelmaier 2009** DANGELMAIER, Wilhelm: *Theorie der Produktionsplanung und-Steuerung: Im Sommer Keine Kirschpralinen?* Dordrecht, Heidelberg, London, New York : Springer, 2009 (VDI-Buch). – ISBN 9783642006326
- Dey, Abowd 1999** DEY, Anind K. ; ABOWD, Gregory D.: Towards a better understanding of context and context-awareness. In: *In HUC '99: Proceedings of the 1st international symposium on Handheld and Ubiquitous Computing*. London, UK : Springer, 1999. – ISBN 3540665501, S. 304-307
- DIN 4000-1** NORM DIN 4000-1: *Sachmerkmal-Listen – Teil 1: Begriffe und Grundsätze*
- DIN 9000** NORM DIN 9000: *Qualitätsmanagementsysteme – Grundlagen und Begriffe*
- DIN 14493** NORM DIN 14493: *Transportdienstleistungen – Logistik – Glossar*
- DIN 31051** NORM DIN 31051: *Grundlagen der Instandhaltung*
- Dreyer 2006** DREYER, Joachim: *Situative Informationsbereitstellung an Fertigungseinrichtungen : Informationsmodell und Erstellungssystematik*. Stuttgart, Universität Stuttgart, Institut für Steuerungstechnik der Werkzeugmaschinen und Fertigungseinrichtungen. Dissertation. 2006
- Duden 2003** DUDEN (Hrsg.): *Duden – Das Große Fremdwörterbuch*. 4., aktualisierte Auflage. Mannheim, Leipzig, Wien, Zürich : Dudenverlag, 2003
- Eigner, Stelzer 2009** EIGNER, Martin ; STELZER, Ralph: *Product Lifecycle Management*. 2. Aufl. Dordrecht, Heidelberg : Springer, 2009. – ISBN 9783540443735
- Eißebe 2010** EIBELE, Mike: *Context-aware techniques for visualization*. Stuttgart, Universität Stuttgart, Institut für Visualisierung und Interaktive Systeme. Dissertation. 2010
- Emmanouilidis, Pistofidis 2010** EMMANOUILIDIS, Christos ; PISTOFIDIS, Petros: Wireless Condition Monitoring and Embedded Novelty Detection : Definitions, Concepts and Scope of Engineering Asset Management, Bd. 1. In: AMADI-ECHENDU, Joe E.; BROWN, Kerry; WILLETT, Roger; MATHEW, Joseph (Hrsg.). London : Springer, 2010 (Engineering Asset Management Review). – ISBN 9781849961783, S. 195–238

- Finkenzeller 2002** FINKENZELLER, Klaus: *RFID-Handbuch : Grundlagen und praktische Anwendungen induktiver Funkanlagen, Transponder und kontaktloser Chipkarten*. 3. Aufl. München, Wien : Hanser, 2002. – ISBN 3446220712
- Fleisch, Christ, Dierkes 2005** FLEISCH, Elgar ; CHRIST, Oliver ; DIERKES, Markus: Die betriebswirtschaftliche Vision des Internets der Dinge. In: FLEISCH, Elgar; MATTERN, Friedemann (Hrsg.): *Das Internet der Dinge*. Berlin : Springer, 2005. – ISBN 9783540240037, S. 3–37
- Fleisch, Mattern 2005** FLEISCH, Elgar (Hrsg.); MATTERN, Friedemann (Hrsg.): *Das Internet der Dinge*. Berlin : Springer, 2005. – ISBN 9783540240037
- Franck, Stary 2003** FRANCK, Norbert ; STARY, Joachim: *Die Technik Wissenschaftlichen Arbeitens: Eine praktische Anleitung*. 15. Aufl. Paderborn : F. Schöningh, 2003. – ISBN 9783825207243
- Friedewald et al. 2010** FRIEDEWALD, Michael ; RAABE, Oliver ; GEORGIEFF, Peter ; KOCH, Daniel J. ; NEUHÄUSLER, Peter: *Ubiquitäres Computing: Das "Internet der Dinge"- Grundlagen, Anwendungen, Folgen*. Berlin : edition sigma, 2010. – ISBN 9783836081313
- Geiger, Dürr, Rothermel 2009** GEIGER, Lars ; DÜRR, Frank ; ROTHERMEL, Kurt: On Contextcast: A Context-aware Communication Mechanism. In: *Proceedings of the IEEE International Conference on Communications, 2009. ICC '09 (Dresden, 14. - 18. Juni 2009)*. Piscataway, NJ : IEEE, 2009, – ISBN 9781424434350, S. 1–6
- Gerlach 2010** GERLACH, Stefan: *Aufbau von produktionsnahen Teaminformationsportalen bei kundenindividueller Produktion mittels Entwurfsmustersprachen*. Stuttgart, Universität Stuttgart, Institut für Arbeitswissenschaft und Technologiemanagement. Dissertation. 2010
- Gronau, Bahrs 2008** GRONAU, Norbert ; BAHRS, Julian: Zentraler Informationszugang im Unternehmen durch profil- und kontextspezifische Suche. In: SCHOLZ-REITER, B. (Hrsg.): *Technologiegetriebene Veränderungen der Arbeitswelt*. Berlin : Gito, 2008. – ISBN 9783940019493, S. 100–120
- Großmann et al. 2005** GROßMANN, Matthias ; BAUER, Martin ; HÖNLE, Nicola ; KÄPPELER, Uwe-Philipp ; NICKLAS, Daniela ; SCHWARZ, Thomas: Efficiently Managing Context Information for Large-Scale Scenarios. In: *Proceedings of the Third IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications (Kauai Island, HI, USA, 8. - 12. März 2005)*. Washington, DC, USA : IEEE Computer Society, 2005. – ISBN 0769522998, S. 331–340
- Hackstein 1989** HACKSTEIN, Rolf: *Produktionsplanung und -steuerung (PPS) : Ein Handbuch für die Betriebspraxis*. 2. Aufl. Düsseldorf : VDI-Verlag, 1989. – ISBN 3184009246
- Heiderich 2001** HEIDERICH, Thorsten: *Informationsflüsse nach ungeplanten Ereignissen in der technischen Auftragsabwicklung*. Aachen, Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen, Forschungsinstitut für Rationalisierung. Dissertation. 2001

- Huang, Wright, Newman 2009** HUANG, George Q. ; WRIGHT, Paul K. ; NEWMAN, Stephen T.: *Wireless manufacturing: a literature review, recent developments, and case studies*. In: *International Journal of Computer Integrated Manufacturing* 22 (2009), Nr. 7, S. 579–594
- Huang, Zhang, Jiang 2008** HUANG, George Q. ; ZHANG, Y. F. ; JIANG, P. Y.: *RFID-based wireless manufacturing for real-time management of job shop WIP inventories*. In: *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 36 (2008), 7-8, S. 752–764
- Jendoubi 2007** JENDOUBI, Lamine: *Management mobiler Betriebsmittel unter Einsatz ubiquitärer Computersysteme in der Produktion*. Stuttgart, Universität Stuttgart, Institut für Industrielle Fertigung und Fabrikbetrieb. Dissertation. 2007
- Kletti 2006** KLETTI, Jürgen: *MES- Manufacturing Execution System : Moderne Informationstechnologie zur Prozessfähigkeit der Wertschöpfung*. Berlin, Heidelberg : Springer, 2006. – ISBN 9783540280101
- Lang 2007** LANG, Stefan: *Durchgängige Mitarbeiterinformation zur Steigerung von Effizienz und Prozesssicherheit in der Produktion*. Erlangen-Nürnberg, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, Lehrstuhl für Fertigungsautomatisierung und Produktionssystematik. Dissertation. 2007
- Lepratti u. a. 2011** LEPRATTI, Raffaello ; LEGAT, Christoph ; HEINECKE, Georg ; LAMPARTER, Steffen: *Überwachung der Lieferkette zur flexiblen Fertigungssteuerung auf MES-Ebene*. In: VOGEL-HEUSER, Birgit (Hrsg.): *Erhöhte Verfügbarkeit und transparente Produktion. Tagungsband Automation Symposium 2011* . Kassel : kassel university press GmbH, 2011. – ISBN 9783862191789, S. 62–73
- Leser, Naumann 2007** LESER, Ulf ; NAUMANN, Felix: *Informationsintegration : Architekturen und Methoden zur Integration verteilter und heterogener Datenquellen*. Heidelberg : Dpunkt-Verl, 2007. – ISBN 9783898644006
- Lewandowski 2005** LEWANDOWSKI, Dirk: *Web Information Retrieval : Technologien zur Informationssuche im Internet*. Frankfurt am Main : DGI, 2005. – ISBN 3925474552
- Loos 1999** LOOS, Peter: *Grunddatenverwaltung und Betriebsdatenerfassung als Basis der Produktionsplanung und –steuerung*. In: CORSTEN, Hans; FRIEDL, Birgit (Hrsg.): *Einführung in das Produktionscontrolling*. München : Vahlen, 1999. – ISBN 9783800623228, S. 227–252
- Lucke et al. 2008** LUCKE, Dominik ; WESTKÄMPER, Engelbert ; EISELE, Mike ; ERTL, Thomas ; SIEMONEIT, Oliver: *Privacy-Preserving Self-Localization Techniques in Next Generation Manufacturing : An Interdisciplinary View on the Vision and Implementation of Smart Factories*. In: *Proceedings of the 10th International Conference on Control, Automation, Robotics and Vision, ICARCV 2008 (Hanoi, Vietnam, 17. - 20. Dezember 2008)*. Washington, DC, USA : IEEE, 2008. – ISBN 9781424422876

- Lucke, Constantinescu 2010** LUCKE, Dominik ; CONSTANTINESCU, Carmen: Smart Factory Data Model: Foundation of Context-Aware Applications for Manufacturing. In: *Proceedings of CIRP ICME '10, 7th CIRP International Conference on Intelligent Computation in Manufacturing Engineering (Capri, Italien, 23. - 25. Juni 2010)*. Capri, Italien, 2010. – ISBN 9788895028651
- Lucke, Constantinescu 2011** LUCKE, Dominik ; CONSTANTINESCU, Carmen: *Anwendungen zur Kontextdatenerfassung : Bausteine für kontextbezogene Anwendungen in der Smart Factory*. In: *wt Werkstattstechnik online* 101 (2011), Nr. 3, S. 158–161
- Lucke, Constantinescu, Westkämper 2008** LUCKE, Dominik ; CONSTANTINESCU, Carmen ; WESTKÄMPER, Engelbert: *Kontextbezogene Anwendungen in der Produktion : Smart Factory - Gestern, heute und in der Zukunft*. In: *wt Werkstattstechnik online* 98 (2008), Nr. 3, S. 138–142
- Lucke, Constantinescu, Westkämper 2009a** LUCKE, Dominik ; CONSTANTINESCU, Carmen ; WESTKÄMPER, Engelbert: Context Data Model, the Backbone of a Smart Factory. In: *Sustainable Development of Manufacturing Systems - Proceedings of the 42nd CIRP Conference on Manufacturing Systems (Grenoble, Frankreich, 03. - 05. Juni 2009)*. Grenoble, Frankreich, 2009
- Lucke, Constantinescu, Westkämper 2009b** LUCKE, Dominik ; CONSTANTINESCU, Carmen ; WESTKÄMPER, Engelbert: *Fabrikdatenmodell für kontextbezogene Anwendungen : Ein Datenmodell für kontextbezogene Fabrikanwendungen in der "Smart Factory"*. In: *wt Werkstattstechnik online* 99 (2009), Nr. 3, S. 106–110
- Lucke, Constantinescu, Westkämper 2011** LUCKE, Dominik ; CONSTANTINESCU, Carmen ; WESTKÄMPER, Engelbert: Smart Devices for Context-Aware Maintenance Applications. In: *Proceedings of the International Conference on Production Research (ICPR 21) : Innovation in Product and Production (Stuttgart, 31. Juli - 4. August 2011)*. Stuttgart : Fraunhofer-Verlag, 2011. – ISBN 9783839602935
- Lucke, Wieland 2007** LUCKE, Dominik ; WIELAND, Matthias: Umfassendes Kontextdatenmodell der Smart Factory als Basis für kontextbezogene Workflow-Anwendungen. In: *4. GI-ITG-KuVS-Fachgespräch Ortsbezogene Anwendungen und Dienste (München, 13. - 14. September 2007)*. München : Verl. Dr. Hut, München, 2007. – ISBN 9783899635911, S. 47–51
- Manning, Raghavan, Schütze 2008** MANNING, Christopher D. ; RAGHAVAN, Prabhakar ; SCHÜTZE, Hinrich: *Introduction to information retrieval*. New York : Cambridge University Press, 2008. – ISBN 0521865719
- Mattern 2008** MATTERN, Friedemann: Allgegenwärtige Datenverarbeitung - Trends, Visionen, Auswirkungen. In: ROSSNAGEL, Alexander; SOMMERLATTE, Tom; WINAND, Udo (Hrsg.): *Digitale Visionen - Zur Gestaltung allgegenwärtiger Informationstechnologien*. Berlin [u.a.] : Springer, 2008, S. 3-29

- Matyas 2008** MATYAS, Kurt: *Taschenbuch Instandhaltungslogistik : Qualität und Produktivität steigern*. 3. Aufl. München, Wien : Hanser, 2008. – ISBN 3446411925
- Neuschwinger 2003** NEUSCHWINGER, Andreas: *Multimediales, informationsmodellbasiertes Arbeitsplatz-Kommunikationssystem : Ein modularer Ansatz mit normierten und standardisierten Datenstrukturen*. Bochum, Ruhr-Universität Bochum, Institut für Automatisierungstechnik. Dissertation. 2003
- Nicklas 2005** NICKLAS, Daniela: *Ein umfassendes Umgebungsmodell als Integrationsstrategie für ortsbezogene Daten und Dienste*. Stuttgart, Universität Stuttgart, Institut für Parallele und Verteilte Systeme. Dissertation. 2005
- Nyhuis 2010** NYHUIS, Peter (Hrsg.): *Wandlungsfähige Produktionssysteme*. Berlin : Gito, 2010. – ISBN 9783940083154
- Oglodin 2010** OGLODIN, Vladimir: *Maschinenübergreifender agentenbasierter Informationsaustausch für die Störungsbeseitigung*. Stuttgart, Universität Stuttgart, Institut für Steuerungstechnik der Werkzeugmaschinen und Fertigungseinrichtungen. Dissertation. 2010
- REFA 1991** REFA: *Planung und Steuerung*. 1. Aufl. München : Hanser, 1991 (Methodenlehre der Betriebsorganisation 3). – ISBN 3446163514
- Roschmann 1992** ROSCHMANN, Karlheinz: Grundlagen und Möglichkeiten der Betriebsdatenerfassung. In: ROSCHMANN, Karlheinz (Hrsg.): *Betriebsdatenerfassung (BDE) mit Terminalsystemen* : Technische Akademie Esslingen, Esslingen, 1992
- Roth 2005** ROTH, Jörg: *Mobile Computing : Grundlagen, Technik, Konzepte*. 2. Aufl. Heidelberg : Dpunkt-Verl., 2005. – ISBN 3898643662
- Rothermel 2007** ROTHERMEL, Kurt: *Auf dem Weg zum World Wide Space* (Öffentliches Kolloquium). Stuttgart, 05.10.2007. URL <http://www.nexus.uni-stuttgart.de/de/aktuelles/ereignisse/kolloquium2007/Rothermel.pdf> – Überprüfungsdatum 2012-12-12
- Rothermel et al. 2006** ROTHERMEL, Kurt ; ERTL, Thomas ; FRITSCH, Dieter ; KÜHN, Paul J. ; MITSCHANG, Bernhard ; WESTKÄMPER, Engelbert ; BECKER, Christian ; DUDKOWSKI, Dominique ; GUTSCHER, Andreas ; HAUSER, Christian ; JENDOUBI, Lamine ; NICKLAS, Daniela ; VOLZ, Steffen ; WIELAND, Matthias: *SFB 627 – Umgebungsmodelle für mobile kontextbezogene Systeme*. In: *Informatik - Forschung und Entwicklung* 21 (2006), Nr. 1, S. 105–113
- Rothermel, Bauer, Becker 2003** ROTHERMEL, Kurt ; BAUER, Martin ; BECKER, Christian: *Digitale Weltmodelle - Grundlage kontextbezogener Systeme*. In: MATTERN, Friedemann (Hrsg.): *Total vernetzt : Szenarien einer informatisierten Welt ; 7. Berliner Kolloquium der Gottlieb Daimler- und Karl Benz-Stiftung*. Berlin [u.a.] : Springer, 2003. – ISBN 9783540002130, S. 123–141

- Schack 2008** SCHACK, Rainer: *Methodik zur bewertungsorientierten Skalierung der Digitalen Fabrik*. München, Technische Universität München, Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften. Dissertation. 2008
- Schenk 2010** SCHENK, Michael: *Instandhaltung technischer Systeme: Methoden und Werkzeuge zur Gewährleistung eines sicheren und wirtschaftlichen Anlagenbetriebs*. Berlin [u.a.] : Springer, 2010. – ISBN 9783642039492
- Schenk, Wirth, Müller 2010** SCHENK, Michael ; WIRTH, Siegfried ; MÜLLER, Egon: *Factory Planning Manual*. Berlin, Heidelberg : Springer Berlin Heidelberg, 2010. – ISBN 9783642036767
- Schmid et al. 2010** SCHMID, Johannes ; GÄDEKE, Tobias ; STORK, Wilhelm ; HENNRICH, Heiko ; BLANK, Thomas: A wireless MEMS-sensor network concept for the condition monitoring of ball screw drives in industrial plants. In: BEUTEL, Jan; GANESAN, Deepak; STANKOVIC, Jack (Hrsg.): *Proceedings of the 8th ACM Conference on Embedded Networked Sensor Systems (SenSys 2010) (Zürich, Schweiz, 3. - 5. November 2010)*. New York : ACM, 2010. – ISBN 9781450303446, S. 425–426
- Schoch 2005** SCHOCH, Thomas: Middleware für Ubiquitous-Computing-Anwendungen. In: FLEISCH, Elgar; MATTERN, Friedemann (Hrsg.): *Das Internet der Dinge*. Berlin : Springer, 2005. – ISBN 9783540240037, S. 119–140
- Schuh, Lassen 2006** SCHUH, Günther ; LASSEN, Svend: Funktionen : Produktionsplanung und -steuerung. In: SCHUH, Günther (Hrsg.): *Produktionsplanung und -steuerung : Grundlagen, Gestaltung und Konzepte*. 3. Aufl. Berlin, Heidelberg : Springer, 2006 (VDI-Buch). – ISBN 9783540338550, S. 195–292
- Schwarz 2007** SCHWARZ, Thomas: *Verarbeitung ortsbezogener Anfragen in lose gekoppelten, föderierten Systemen : Konzeption, Realisierung, Bewertung*. Stuttgart, Universität Stuttgart, Institut für Parallele und Verteilte Systeme. Dissertation. 2007
- Som, Kinkel, Jäger 2011** SOM, Oliver ; KINKEL, Steffen ; JÄGER, Angela: *Innovationsstrategien jenseits von Forschung und Entwicklung : Modernisierung der Produktion Mitteilungen aus der ISI-Erhebung Nr. 55*. Karlsruhe, 2011. URL <http://publica.fraunhofer.de/documents/N-167969.html> – Überprüfungsdatum: 26.11.2012
- Sternemann 1999** STERNEMANN, Karl-Heinz: *Team-Informationssystem : Beitrag zur Informations- und Wissensbereitstellung in dezentralen Strukturen*. Magdeburg, Otto-von-Guericke-Universität. Dissertation. 1999
- ten Hompel, Büchter, Franzke 2008** HOMPEL, Michael ten ; BÜCHTER, Hubert ; FRANZKE, Ulrich: *Automatische Identifikation : Identifikationssysteme und Automatisierung*. Berlin, Heidelberg : Springer, 2008 (VDI-Buch). – ISBN 9783540758815
- Vajna 2009** VAJNA, Sándor: *CAX für Ingenieure : Eine praxisbezogene Einführung*. 2. Aufl. Berlin, Heidelberg : Springer, 2009. – ISBN 9783540360384

- VDI 2219** RICHTLINIE VDI 2219: *Informationsverarbeitung in der Produktentwicklung Einführung und Wirtschaftlichkeit von EDM/PDM-Systemen*
- VDI 2898** RICHTLINIE VDI 2898: *DV-Einsatz in der Instandhaltung*
- VDI 4472-1** RICHTLINIE VDI 4472-1: *Anforderungen an Transpondersysteme zum Einsatz in der Supply Chain*
- VDI 4499** RICHTLINIE VDI 4499: *Digitale Fabrik*
- VDI 5600** RICHTLINIE VDI 5600: *Fertigungsmanagementsysteme*
- Wagner 2009** WAGNER, Jürgen: *Technische Konzepte zur RFID-gestützten Bauzustandsdokumentation in der Automobilindustrie*. München, Technische Universität München, Lehrstuhl für Fördertechnik Materialfluss Logistik. Dissertation. 2009
- Weck, Brecher 2006** WECK, Manfred ; BRECHER, Christian: *Werkzeugmaschinen 4*. Berlin, Heidelberg, New York : Springer, 2006 (VDI-Buch). – ISBN 9783540453666
- Weimer 2010** WEIMER, Tobias: *Informationsmodell für die durchgängige Datennutzung in Fabrikplanung und -betrieb*. Stuttgart, Universität Stuttgart, Institut für Steuerungstechnik der Werkzeugmaschinen und Fertigungseinrichtungen. Dissertation. 2010
- Weiser 1991** WEISER, Mark: *The Computer for the Twenty-First Century*. In: *Scientific American* 265 (1991), Nr. 3, S. 94–110
- Westkämper 2006a** WESTKÄMPER, Engelbert: *Einführung in die Organisation der Produktion*. Berlin, Heidelberg : Springer, 2006. – ISBN 9783540307648
- Westkämper 2006b** WESTKÄMPER, Engelbert: *Produktion - Wandlungsfähigkeit in der industriellen Produktion* : TCW Transfer-Centrum, München, 2006 (TCW-Report 44). – ISBN 393151188-X
- Westkämper 2009** WESTKÄMPER, Engelbert: *Einführung : Wandlungsfähige Produktionsunternehmen*. In: WESTKÄMPER, Engelbert; ZAHN, Erich (Hrsg.): *Wandlungsfähige Produktionsunternehmen : Das Stuttgarter Unternehmensmodell*. Berlin, Heidelberg: Springer, 2009. – ISBN 9783540218890, S. 1–5
- Westkämper, Hummel 2009** WESTKÄMPER, Engelbert ; HUMMEL, Vera: *Grundlagen des Stuttgarter Unternehmensmodells : Wandlungsfähige Produktionsunternehmen*. In: WESTKÄMPER, Engelbert; ZAHN, Erich (Hrsg.): *Wandlungsfähige Produktionsunternehmen : Das Stuttgarter Unternehmensmodell*. Berlin, Heidelberg : Springer, 2009. – ISBN 9783540218890, S. 47–66

- Westkämper, Jendoubi 2003** WESTKÄMPER, Engelbert ; JENDOUBI, Lamine: Smart Factories - Manufacturing Environments and Systems of the Future. In: BLEY, Helmut (Hrsg.): *Progress in virtual manufacturing systems: Proceedings of the 36th CIRP International Seminar on Manufacturing Systems (Saarbrücken, 03. - 05. Juni 2003)*. Saarbrücken : Universität des Saarlandes / Lehrstuhl für Fertigungstechnik, 2003. – ISBN 9783930429585, S. 13–16
- Westkämper, Schloske 2011** WESTKÄMPER, Engelbert ; SCHLOSKE, Alexander: Fertigungs- und Fabrikbetrieb. In: GROTE, Karl-Heinrich; FELDHUSEN, Jörg (Hrsg.): *Dubbel : Taschenbuch für den Maschinenbau*. Berlin, Heidelberg : Springer, 2011. – ISBN 9783642173066, S. S103
- Wieland et al. 2010** WIELAND, Matthias ; LEYMAN, Frank ; SCHÄFER, Michael ; LUCKE, Dominik ; CONSTANTINESCU, Carmen ; WESTKÄMPER, Engelbert: Using Context-aware Workflows for Failure Management in a Smart Factory. In: *Proceedings of UBIComm 2010, The Fourth International Conference on Mobile Ubiquitous Computing, Systems, Services and Technologies (Florenz, Italien, 25. - 30. Oktober 2010)*. Wilmington, DE, USA : Xpert Publishing Services, 2010. – ISBN 9781612081007, S. 379–384
- Wiendahl 1997** WIENDAHL, Hans-Peter: *Betriebsorganisation für Ingenieure*. 4. Aufl. München, Wien : Hanser, 1997. – ISBN 3446187766
- Wildemann 2012** WILDEMAN, Horst: *Entstörmanagement : Leitfaden zur Realisierung störungsrobuster Wertschöpfungsprozesse*. 20. Aufl. München : TCW Transfer-Centrum, 2012. – ISBN 9783929918182
- Wilhelm 2005** WILHELM, Stephan: *Verfahren zur Einführung eines internetbasierten Content Management für Qualitätsregelkreise in der Produktion*. Stuttgart, Universität Stuttgart, Institut für Arbeitswissenschaft und Technologiemanagement. Dissertation. 2005
- Wright, Dornfeld, Ota 2008** WRIGHT, Paul ; DORNFELD, David ; OTA, Nathan: Condition Monitoring in End-Milling using Wireless Sensor Networks (WSNs). In: *Transactions of NAMRI/SME* 36 (2008), S. 177–183
- Zäh, Wiesbeck 2008** ZÄH, Michael F. ; WIESBECK, Mathey: A Model for Adaptively Generating Assembly Instructions Using State-based Graphs. In: *Manufacturing Systems and Technologies for the New Frontier: The 41st CIRP Conference on Manufacturing Systems (Tokio, Japan, 26. - 28. Mai 2008)*. London : Springer, 2008. – ISBN 9781848002661, S. 195–198
- Zühlke 2010** ZÜHLKE, Detlef: *SmartFactory—Towards a factory-of-things*. In: *Annual Reviews in Control* 34 (2010), Nr. 1, S. 129–138

In dieser Arbeit wird ein Ansatz zur Unterstützung von Werkern, Meistern und Instandhaltern vorgestellt, der es ermöglicht, aus der auftretenden Situation heraus (ad hoc), auf aktuelle notwendige Informationen und die Zusammenhänge in einer variantenreichen Serienfertigung zuzugreifen.

Schwerpunkt bildet das unternehmensneutrale Gesamtkonzept des fertigungsnahen Kontextinformationssystems, das aus dem Produktionsumgebungsmodell und der Systemarchitektur besteht. Das Produktionsumgebungsmodell beschreibt und vernetzt enthaltene Informationen und Zusammenhänge einer variantenreichen Serienfertigung. Hauptordnungskriterien sind hier die Zugehörigkeit zu einer bestimmten Gruppe (Typ), die Identität eines Gegenstands, dessen Ort und Betriebszustand über die Zeit. Die Systemarchitektur ist modular aufgebaut. Die Module werden in Erfassungsmodule, Kontextverwaltungsmodule, Funktionsmodule zur automatischen und manuellen Informationsfilterung sowie Präsentationsmodule untergliedert und kommunizieren über eine einheitliche Schnittstelle.

ISBN 978-3-8396-0665-0



FRAUNHOFER VERLAG