

# Umfassendes Kontextdatenmodell der Smart Factory als Basis für kontextbezogene Workflow-Anwendungen

Dominik Lucke

Matthias Wieland

Institut für Industrielle Fertigung und Fabrikbetrieb  
Universität Stuttgart  
Nobelstraße 12, 70569 Stuttgart  
dominikl@iff.uni-stuttgart.de

Institut für Architektur von Anwendungssystemen  
Universität Stuttgart  
Universitätsstraße 38, 70569 Stuttgart  
matthias.wieland@iaas.uni-stuttgart.de

**Abstract:** In dieser Arbeit wird ein Kontextdatenmodell einer Fabrikumgebung beschrieben. Die Artefakte dieser Umgebung sind Realweltobjekte und zugehörige Daten aus Fabriksystemen. Die Kontextdaten, welche den Zustand der Artefakte beschreiben, werden im Kontextdatenmodell abgelegt und stellen so ein virtuelles Umgebungsmodell der Fabrik zur Verfügung. Darauf können kontextbezogene Anfragen durchgeführt werden. Damit wird es einer kontextbezogenen Workflow-Anwendung ermöglicht den aktuellen Zustand der Produktion zu erfassen und darauf zu reagieren. Dies bietet den Vorteil, dass Produktionsprozesse mit Hilfe von Standard Workflow Sprachen modelliert und ausgeführt werden können.

## 1 Einleitung und Problemstellung

Die Vision des Nexus Projektes [Nexus] ist es, verschiedenen kontextbezogenen Anwendungen die gemeinsame Nutzung von Kontextinformationen zu ermöglichen. Dazu wird ein virtuelles Datenmodell der realen Welt, das sogenannte „Umgebungsmodell“ definiert [RED+06]. In dieses Umgebungsmodell werden alle Objekte der realen Welt eingefügt und über Attribute näher beschrieben. Einzelne Attribute dieser Objekte können durch Sensoren ständig aktualisiert werden. Dies ist bei einem mobilen Objekt wie beispielsweise einem Transportwagen das Attribut „Location“, welches ständig durch einen Positionssensor aktualisiert wird. Die technische Architektur des Nexus Systems ist ein mehrschichtiges Föderiertes System. Dies ermöglicht eine Offenheit des Systems für unterschiedliche Datenanbieter. Weiterhin wird es durch die Föderation der Daten möglich, räumlich große Gebiete abzudecken, ohne Performance-Probleme zu bekommen [GBH+05].

Für jedes Anwendungsgebiet, in dem kontextbezogene Anwendungen eingesetzt werden sollen, wird ein dafür angepasstes Umgebungsmodell benötigt. Deshalb ist das Konzept des Umgebungsmodells erweiterbar konzipiert [Nic06]. Im Umgebungsmodell sind allgemeine Standardklassen [NSD] definiert. Für spezielle Anwendungen, wie die Smart Factory [WJE+05], wird ein erweitertes Kontextdatenmodell benötigt. Dieses wird vom Standard Umgebungsmodell abgeleitet und kann in dieses ohne Änderung der Server-Infrastruktur integriert werden. Anwendungen, welche dieses erweiterte Datenmodell kennen, werden von der Nexus-Föderation damit beliefert. Anwendungen, die nur das Standard-Datenmodell kennen, werden nur mit den jeweiligen Oberklassen beliefert.

## 2 Motivation

Weshalb wird ein umfassendes Kontextdatenmodell für die Smart Factory benötigt? In den bisherigen Arbeiten im Rahmen des Nexus Projektes wurde nur ein Teilaspekt der Smart Factory modelliert und prototypisch implementiert. Die Betriebsmittel standen im Mittelpunkt und waren somit die einzigen Objekte, die man über das Umgebungsmodell auffinden konnte. Dies war ausreichend, um ein intelligentes Betriebsmittelmanagement System [Jen06] aufzubauen.

In Zukunft ist geplant, zahlreiche Abläufe in der Smart Factory u. a. durch kontextbezogene Workflows zu unterstützen. Dies hat die in [WKN+07] beschriebenen Vorteile. Zur Modellierung und Ausführung werden auf BPEL [BPEL] basierende Workflowstandards eingesetzt und nicht, wie in Fabrikumgebungen üblich, Speziallösungen. Dazu wird ein umfassendes Kontextdatenmodell aller in der Smart Factory vorhandenen Artefakte (Realweltobjekte und Fabriksysteme) benötigt. Dieses Modell wird dazu genutzt, die verschiedenen Systeme der Smart Factory zu integrieren. Bisher werden diese Fabriksysteme (ERP/PPS, MES, Materialflusssimulationssystem, Werkzeuge der digitalen Fabrik, ...) direkt über heterogene Schnittstellen miteinander verknüpft. Neu hinzukommende Systeme

müssen, falls diese Daten aus anderen Systemen benötigen, diese über verschiedenste Schnittstellen ansprechen. Dies verursacht einen hohen Zeit- und Kostenaufwand bei der Integration neuer Systeme. Ein Schritt in der Verwirklichung der Vision eines kontextsensitiven Produktionsnetzwerkes ist die Integration der verschiedensten Systeme. Dafür ist die vollständige Abbildung der Artefakte der Fabrik notwendig, welche durch das Kontextdatenmodell ermöglicht wird. Das Kontextdatenmodell erlaubt einen Orts- und zeitbezogenen Zugriff auf alle Artefakte der Fabrik. Der Aufbau der Nexus-Plattform lässt die Anbindung verschiedenster statischer und dynamischer Datenquellen zu. Die Daten werden über eine einheitliche Schnittstelle der Föderationsschicht abgefragt. Der Vorteil hierbei ist die Reduktion des Integrationsaufwands neuer Systeme. Der Grund hierfür ist, dass neu hinzukommende Systeme nur einen Adapter für die Nexus Schnittstelle benötigen und nicht, wie bisher, einen Adapter für jedes, der in der Fabrik existierenden Systemen.

### 3 Verwandte Arbeiten

Das Projekt „Smart Factory KL“ [SFKL] hat ebenfalls das Ziel eine intelligente Produktionsumgebung zu schaffen. Dort wurde bisher noch kein Kontextdatenmodell veröffentlicht. Es wurden auch keine anderen Arbeiten gefunden, welche ein Kontextdatenmodell einer Fabrik definieren, so dass es in der Smart Factory eingesetzt werden könnte.

Im Bereich Kontextdatenmanagement gibt es andere interessante Arbeiten wie z.B. das Context Toolkit [SDA99], SOCAM [GPZ05] oder den ContextKernel [ANG03]. Das Konzept des Umgebungsmodells als entkoppelnde Zwischenschicht wird von diesen Arbeiten jedoch nicht unterstützt. Deshalb können diese Arbeiten zwar zur Implementierung einer kontextbezogenen Anwendung verwendet werden, jedoch unterstützen sie nicht das Ziel des Nexus Projekts, eine Vielzahl verschiedener Anwendungen auf einem gemeinsamen Kontextdatenmodell zu realisieren.

### 4 Beschreibung des Kontextdatenmodells für die Smart Factory

Das Datenmodell der Smart Factory ist eine Erweiterung des Standard-Nexus-Datenschemas. Das Schema wird als Klassenhierarchie dargestellt. Jede Klasse kann von mehreren Klassen erben und besitzt Attribute, in denen die Daten abgelegt werden. Selten benötigte Daten oder umfangreiche Daten (z.B. Handbücher, Prüfdokumentationen, 3D Modelle, ...) werden im Modell über Links berücksichtigt. Dadurch sind alle Informationen zu einem Artefakt in der Fabrik im Modell repräsentierbar. Abbildung 1 gibt eine Übersicht über die Pakete des Kontextdatenmodells der Smart Factory. Diese werden in den folgenden Unterabschnitten näher beschrieben.

#### 4.1 Die Nexus-Standardklassen

Die Nexus-Standardklassen bilden die Basisklassen für alle Artefakte der Smart Factory. Alle anderen Klassen erben von einer oder mehrerer dieser Oberklassen. Dadurch ist sichergestellt, dass alle Unterklassen die Primärkontextattribute (Ort, Zeit, Typ) enthalten. Zur Beschreibung des Orts dient das Attribut Position (pos) und dessen 2D-Geometrie (extend) bei ortfesten Artefakten (SpatialObject), sowie zusätzlich bei mobilen Artefakten (MobileObject) Attribute für Orientierung Richtung und Geschwindigkeit. Zeit wird mittels Metadaten annotiert (meta). Die Klassezugehörigkeit stellt den Typ des Objekts dar. Weitere wichtige Attribute sind: NexusObjectLocator (nol) zur eindeutigen Identifikation; Name und Beschreibung durch das NexusDataObject [NSD].

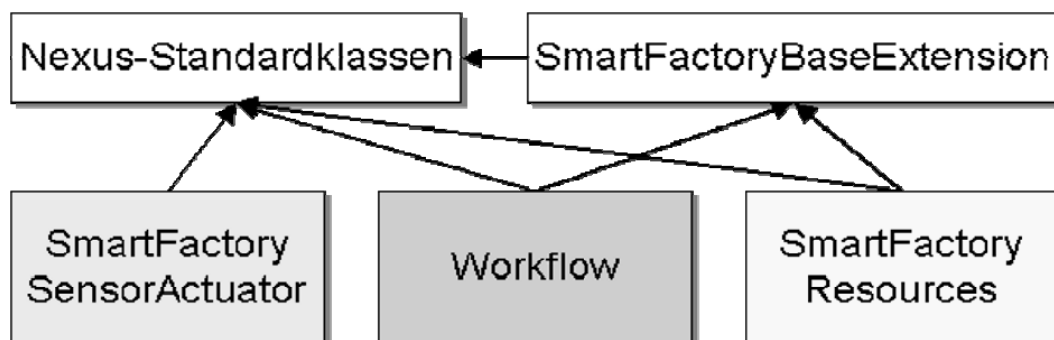


Abbildung 1: Übersicht der Pakete des Kontextdatenmodells der Smart Factory

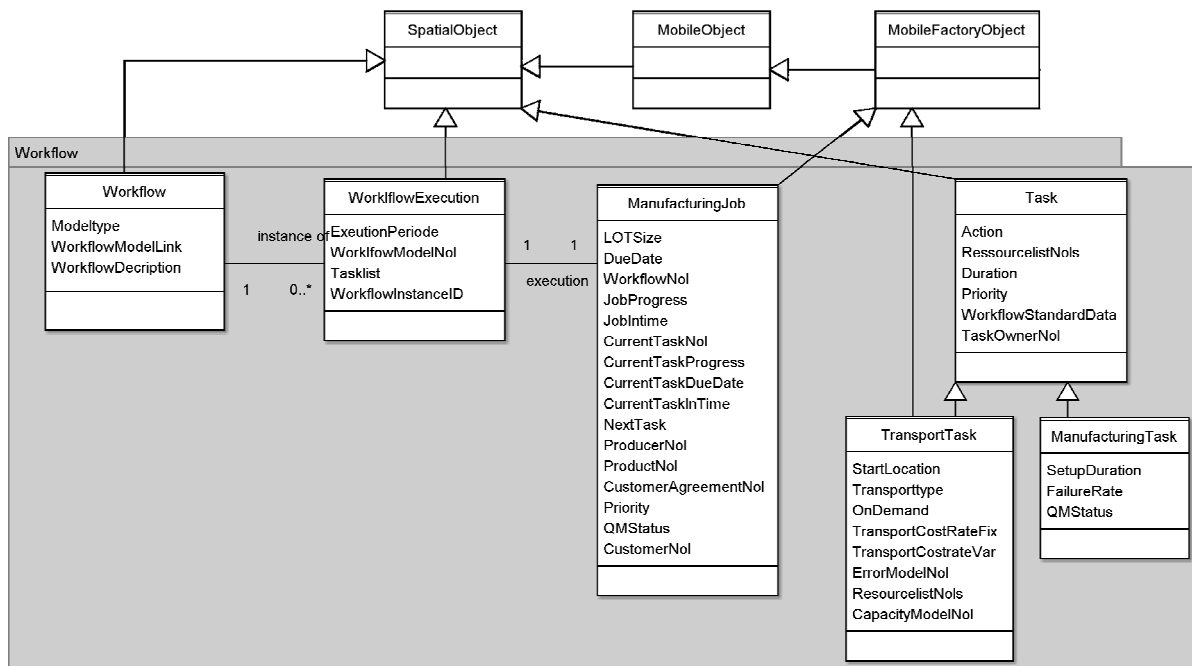


Abbildung 2: Vereinfachtes Datenschema zu Darstellung von Arbeitsabläufen (Workflows)

## 4.2 Das Paket „SmartFactoryBaseExtension“

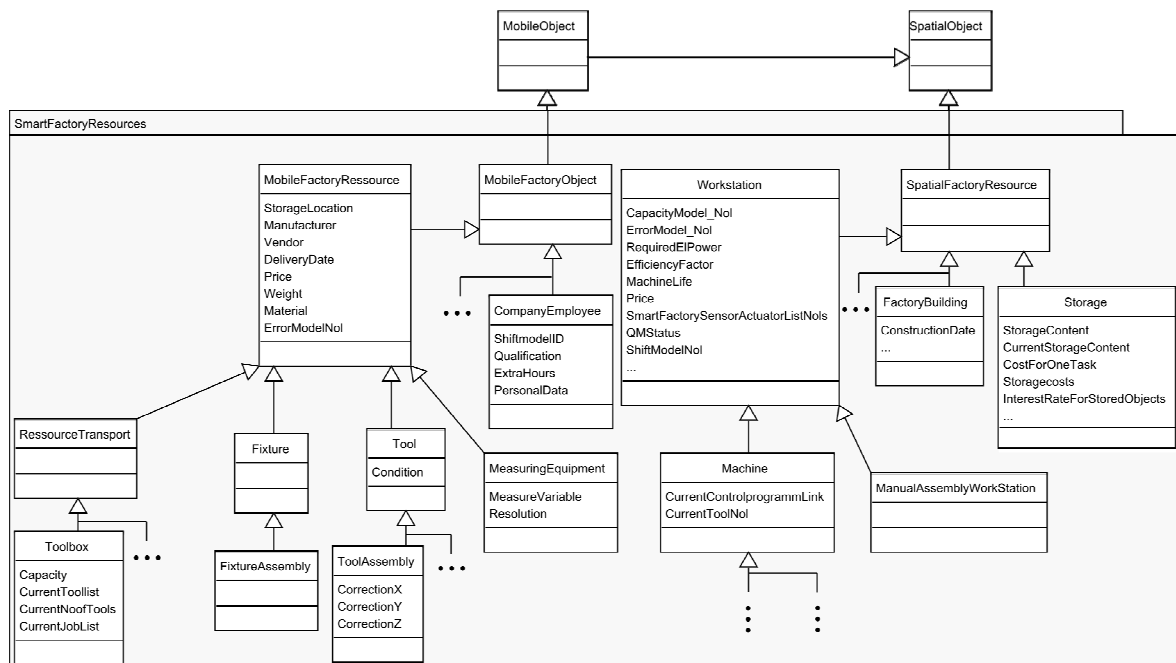
Die Klassen des Pakets SmartFactoryBaseExtension enthalten Oberklassen, welche in der Smart Factory oft benötigt werden. Die Attribute dieser Klassen betreffen vor allem die Ausführung und Rückmeldung von Zeitpunkten (DateExecution), Beständen (Inventory), Aufträgen (JobFeedback), Wartungsarbeiten (Maintenance) sowie die Zusammensetzung von Baugruppen (Assembly). Die Klasse SmartFactoryUniversalPayloadData ist eine zentrale Oberklasse zur Repräsentation des aktuellen Status eines Artefakts und enthält außerdem die Kostensätze und Dokumentenverweise. Die Beziehungen der anderen Pakete zu diesem Paket sind sehr vielfältig. Aus Gründen der Übersichtlichkeit sind in den Abbildungen 2,3 und 4 die Klassen dieses Pakets nicht enthalten.

## 4.3 Modellierung von Arbeitsabläufen mit Hilfe von Workflows

Workflows werden in der Smart Factory als höherwertige Steuerprogramme angesehen, die erstellt, beeinflusst und verändert werden können, falls eine Situation es erfordert. Es existieren „Master-User“, wie beispielsweise Menschen oder Maschinen, die Workflows erstellen und verändern dürfen und „User“, die Aufgabenempfänger sind und nur den Ablauf beeinflussen können. Vorhandene Workflows dienen als Wissensbasis in der die Prozessabläufe einer Fabrik dokumentiert sind. Diese können zur Steuerung bereits bekannter Vorgänge und Ereignisse verwendet werden. Abbildung 2 stellt das Workflow-Package dar. Es beinhaltet Klassen zur Arbeitsablaufsteuerung. Die Klassen lassen sich weiter in ortsgebundene und mobile Klassen unterteilen. Bei ortsgebundenen Klassen wird davon ausgegangen, dass sich ihr Ort selten ändert. Im Gegensatz dazu wird bei mobilen Klassen angenommen, dass diese eine hohe Aktualisierungsrate, in Bezug auf ihren Ort, besitzen. Die Klasse Workflow beschreibt das zugrunde liegende Workflowmodell. Für die Ausführung eines Workflows sind die Klassen WorkflowExecution und Tasks (Aufgaben) relevant. Tasks erben von SpatialObject, da sie zwar ortsbezogen sind, jedoch keine häufigen Ortswechsel durchführen. Für hochdynamische Aufgaben wird TransportTask (Transportvorgänge) definiert der zusätzlich von MobileFactoryObject erbt. Die Klasse ManufacturingJobs repräsentiert Fertigungsaufträge, durch welche Workflows, Produkte, Losgröße, Termine und weitere Auftragsdaten verknüpft werden.

## 4.4 Modellierung von Ressourcen in der Smart Factory

Unter Ressourcen werden im Datenmodell der Smart Factory alle zur Herstellung eines Produktes notwendigen Artefakte verstanden. Diese sind in Abbildung 3 dargestellt. In diesem Package wird eine Unterscheidung in stationäre und mobile Ressourcen vorgenommen. Stationäre Ressourcen sind Fabrikgebäude (FactoryBuilding), Lager (Storage), Arbeitsplätze (Workstations) und Maschinen (Machine). Dagegen sind mobile Ressourcen: Mitarbeiter(CompanyEmployee), Betriebsmittel, wie Werkzeuge (Tool, ToolAssembly), Spannvorrichtungen zur Fertigung (Fixture, FixtureAssembly), Mess-



und Prüfmittel (MeasuringEquipment) und Fördermittel (ResourceTransport) wie z. B. Transportkisten und -wagen.

Eine weitere Untergruppe der mobilen Ressourcen sind Rohmaterial und hergestellte oder zugelieferte Produkte und Einzelteile. Sie sind durch die Klassen Einzelteil (Part), Baugruppe (PartAssembly), Rohmaterial (RawMaterial) sowie die Stückliste (BOM) repräsentiert.

## 4.5 Modellierung von Sensoren und Aktoren

Die Sensoren (siehe Abbildung 4) in der Smart Factory besitzen einen Messwert, Einheit und eine Messrate sowie eine Rückwärtsreferenz auf ein Parentobject. Das Parentobject ist das Artefakt, in welchem der Sensor integriert ist. Davon werden die genauer spezifizierten Sensorklassen abgeleitet, wie z. B. Lichtschranken, RFID-Lesegeräte, Temperatur, Kraft, Drehzahl, aber auch Kameras und Mikrophone. Zusätzlich werden Aktoren repräsentiert. Dies sind Artefakte die aktiv die reale Umgebung beeinflussen. Die Aktoren müssen jedoch auch gleichzeitig immer ihren aktuellen Zustand anzeigen. Darum sind sie ebenfalls Sensoren. Beispielsweise ist ein Lichtschalter ein Aktor, mit dem man Licht ein und aus schalten kann, aber er ist auch ein Sensor um abfragen zu können, ob das Licht an oder aus ist.

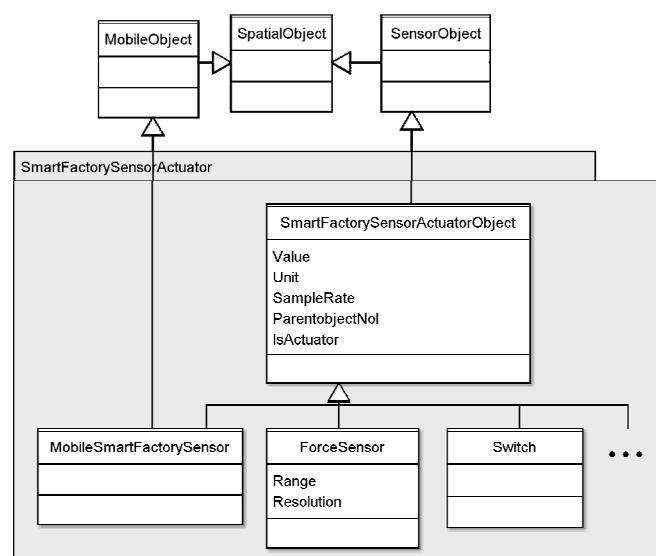


Abbildung 4: Paket mit Klassen für Sensoren und Aktoren

## 5 Zusammenfassung und zukünftige Aktivitäten

In dieser Arbeit wird ein Kontextdatenmodell zur Erfassung aller Realwelt-Objekte in einer Fabrik beschrieben. Dies sind unter anderem Maschinen, Betriebsmittel, Transporteinheiten, Sensoren und Aktoren. Des Weiteren sind auch virtuelle Objekte enthalten, wie z.B. Fabriksysteme, Workflows, Aufgaben und Handbücher. Zusätzlich werden auf Wunsch die Mitarbeiter in der Fabrik lokalisiert.

Diese Daten ermöglichen die Umsetzung einer Vielzahl kontextbezogener Anwendungen. Zum einen können die Fabrikprozesse analysiert und als kontextbezogene Workflows [WKN+07] modelliert werden. Beispielsweise können zu jeder Maschine Wartungsworkflows und Workflows zur Behebung von Störungen mitgeliefert werden. Diese Workflows können dann alle Ressourcen, die für deren Ausführung benötigt werden, ermitteln und danach Arbeitsaufgaben ortsbezogen in der Fabrik ablegen. Diese Aufgaben können dann auf einer Karte visualisiert werden und Mitarbeiter können so Aufgaben in ihrer Nähe finden und diese, ohne große Wege zurücklegen zu müssen, erledigen [WLJ+06]. Zukünftig ist geplant, einige dieser Prozesse und Anwendungen in der Smart Factory zu implementieren und deren Nutzen zu analysieren.

Bisher wird das beschriebene Kontextdatenmodell durch ein Ubisense® System [Ubi] mit Positionsdaten der Transporteinheiten und Mitarbeiter gefüllt. In Zukunft ist geplant folgende weitere Kontextdatenquellen einzubinden: ein Manufacturing Execution System, den DELMIA Process Engineer® [Delmia], ein Materialflusssimulationssystem und verschiedene Maschinen, wie z.B. Festo iTrame®[Festo] und Sensoren.

## Literaturverzeichnis

- [ANG03] Arruda, C. R. E. ; Neto, R. B. ; Graca Campos Pimentel, M. da: Open context-aware storage as a Web Service. In: Middleware Workshops, 2003, S. 81–87
- [BPEL] OASIS, Web Services Business Process Execution Language Version 2.0, <http://docs.oasis-open.org/wsbpel/2.0/wsbpel-specification-draft.html>
- [Delmia] DELMIA GmbH, DELMIA Process Engineer, <http://www.delmia.com/solutions/html/processplan.htm>
- [Festo] Festo AG & Co. KG, iFactory: Innovative training factory, 2007  
<http://www.festo-didactic.com/int-en/news/ifactory-innovative-training-factory.htm>
- [GBH+05] Grossmann, M.; Bauer, M.; Hönle, N.; Käppler, U.-P.; Nicklas, D.; Schwarz, T.: Efficiently Managing Context Information for Large-scale Scenarios. In: Proceedings of the 3rd IEEE Conference on Pervasive Computing and Communications: PerCom2005; Kauai Island, Hawaii, March 8-12, 2005.
- [GPZ05] Gu, T.; Pung, H. K. ; Zhang, D. Q.: A service-oriented middleware for building context-aware services. In: J. Netw. Comput. Appl. 28 (2005), Nr. 1, S. 1–18, ISSN 1084–8045
- [Jen06] Jendoubi, L.: Intelligente Betriebsmittelverwaltung - Zustand und Lage von Werkzeugen computer-gestützt im Griff. In: VDI-Z 148 Nr. 9, S. 55-56, 2006.
- [Nexus] Sonderforschungsbereich 627: Nexus, <http://www.nexus.uni-stuttgart.de/>
- [NSD] XML Schema-Definitionen der Nexus-Plattform, <http://nexus.de/forschung/dokumente/index.html>
- [Nic06] Nicklas, D.: Ein umfassendes Umgebungsmodell als Integrationsstrategie für ortsbezogene Daten und Dienste, Dissertation, 2006.
- [RED+06] Rothmel, K.; Ertl, T.; Dieter, F.; Kühn, P. J.; Mitschang, B.; Westkämper, E.; Becker, C.; Dudkowski, D.; Gutscher, A.; Hauser, C.; Jendoubi, L.; Nicklas, D.; Volz, S.; Wieland, M.: SFB 627 – Umgebungsmodelle für mobile kontextbezogene Systeme. In: Informatik - Forschung und Entwicklung. Bd. Volume 21, Numbers 1-2 / October, 2006, Springer-Verlag.
- [SDA99] Salber, D.; Dey, A. K.; Abowd, G. D.: The context toolkit: aiding the development of context-enabled applications. In: CHI '99: Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems. New York, NY, USA : ACM Press, 1999. – ISBN 0–201–48559–1, S. 434–441
- [SFKL] SmartFactoryKL: "Smarte" Fabrik vereint Zukunftstechnologien, VDI nachrichten, Kaiserslautern, 16. 6. 06, ciu, <http://www.smartfactory-kl.de/>
- [Ubi] Ubisense Limited, Echtzeit Ortungssystem (RTLS), <http://www.ubisense.de/>
- [WJE+05] Westkaemper, E.; Jendoubi, L.; Eissele, M.; Ertl, T.: Smart Factory - Bridging the gap between digital planning and reality. In: Proceedings of the 38th CIRP International Seminar on Manufacturing Systems, 2005.
- [WKN+07] Wieland, M.; Kopp, O.; Nicklas, D.; Leymann, F.: Towards Context-Aware Workflows. In: CAiSE'07 Proceedings of the Workshops and Doctoral Consortium Vol.2, Trondheim, Norway, June 11-15th, 2007.
- [WLJ+06] Wieland, M.; Leymann, F.; Jendoubi, L.; Nicklas, D.; Dürr, F.: Task-orientierte Anwendungen in einer Smart Factory. In: Mobile Informationssysteme - Potentiale, Hindernisse, Einsatz. Proceedings MMS'06.