

# Task-orientierte Anwendungen in einer Smart Factory

Matthias Wieland,  
Frank Leymann

Lamine Jendoubi

Daniela Nicklas,  
Frank Dürr

Institut für Architektur von  
Anwendungssystemen  
Universität Stuttgart  
Universitätsstraße 38  
70569 Stuttgart  
wielanms@informatik.uni-  
stuttgart.de

Institut für Industrielle  
Fertigung und Fabrikbetrieb  
Universität Stuttgart  
Nobelstrasse 12  
70569 Stuttgart  
LAJ@iff.uni-stuttgart.de

Institut für Parallele und  
Verteilte Systeme  
Universität Stuttgart  
Universitätsstraße 38  
70569 Stuttgart  
danickla@informatik.uni-  
stuttgart.de

**Kurzfassung:** In diesem Beitrag wird aufgezeigt, welche Möglichkeiten sich durch den Einsatz task-orientierter, explorativer Anwendungen im Umfeld einer Smart Factory ergeben. Nach einer kurzen Charakterisierung dieser Anwendungsklasse wird ein Szenario geschildert, das Wartungsaufgaben in einer Fabrik mit diesen Konzepten löst. Daraus ergibt sich die Vision einer Smart Factory, in der die Geschäftsprozesse über ein Kontextmodell mit den technischen Prozessen der Produktionsstraße gekoppelt werden.

## 1 Motivation

Die rasante Entwicklung der letzten Jahre im Bereich der Kommunikations-, Computer- und Sensortechnologie hat die technischen Grundlagen für den Einsatz ubiquitärer Techniken in der Praxis gelegt. Es ist nun möglich, Zustände der realen Welt durch Sensoren zu beobachten, drahtlos an stationäre oder mobile Informationssysteme zu übermitteln und dort weiterzuverarbeiten. Solche Systeme werden dadurch kontextbezogen, d. h. sie kennen die Situation ihres Benutzers oder Weltausschnitts und adaptieren ihre Informationsselektion und –präsentation, führen Aktionen durch oder annotieren ihren Kontext [DA99, Ro03]. In manchen Anwendungsbereichen sind kontextbezogene Systeme bereits kommerziell verfügbar und erfolgreich (z. B. Navigationssysteme, Location-based Services [VS04] oder die Unterstützung von Außendienstmitarbeitern). Neben diesen ‚klassischen‘ Anwendungsgebieten eröffnet der Einsatz kontextbezogener Technologien aber auch vollkommen neue Gebiete [Ws03, Ws05]. Ein Beispiel ist das produktionstechnische Umfeld, die so genannte Smart Factory [Ba03, BJS04].

Da die Erfassung, Verwaltung und Nachführung von Kontextinformation teuer und aufwendig ist und zudem viele Anwendungen ähnliche oder gleiche Kontextinformation benötigen (z. B. Kartendaten), liegt es nahe, diese in gemeinsam genutzten Kontextmodellen zu verwalten. Die Möglichkeit globaler, föderierter Kontextmodelle wurde bereits vom Nexus-Projekt aufgezeigt [Gr05, Mi05]. Diese verknüpfen digitale Informationen (z. B. Webseiten, Dokumente, ...) mit einem Modell der physischen Welt, das neben stationären Objekten (Gebäude, Räume, Maschinen) auch dynamische

Objekte (mobile Benutzer, Betriebsmittel) enthält, die über Sensoren aktualisiert werden müssen. Dadurch steht kontextbezogenen Anwendungen umfassende Kontextinformation integriert zur Verfügung, die auch innovative Konzepte ermöglicht. Ein Beispiel sind explorative, ortsbasierte Anwendungen [Ni04], in denen der mobile Benutzer durch Aufgaben (*task*) dazu animiert wird, seine Umgebung zu erkunden. Diese Art von Anwendungen finden sich bisher vor allem im Bereich Spiele, Edutainment oder Training.

In diesem Beitrag wird aufgezeigt, welche Möglichkeiten sich durch den Einsatz task-orientierter, explorativer Anwendungen im Umfeld einer Smart Factory ergeben. Nach einer kurzen Charakterisierung dieser Anwendungsklasse wird in Kapitel 3 ein Szenario geschildert, das Wartungsaufgaben in einer Fabrik mit diesen Konzepten löst. Daraus ergibt sich die Vision einer Smart Factory, in der die Geschäftsprozesse über ein Kontextmodell mit den technischen Prozessen der Produktionsstraße interagieren.

## 2 Explorative Anwendungen

Kontextbezogene Anwendungen passen ihre Ausführung entsprechend des Kontexts an und können diesen auch beeinflussen. Bei ortsbasierten Diensten wird der Kontext vor allem durch den Ort des Benutzers bestimmt. Als Basis solcher Anwendung dient daher ein Kontextmodell, das verschiedene geografische Informationen über die Umgebung erhält. Explorative, ortsbasierte Anwendungen animieren den Benutzer dazu, seine Umgebung kennen zu lernen oder zu erforschen. Hierfür wird das Kontextmodell mit Aufgaben angereichert, die in der Umgebung verteilt werden. Es gibt dabei zwei grundlegende Typen von Aufgaben: *QuestionTasks* stellen eine Frage und erwarten eine Antwort vom Benutzer (z. B. eine Zahl, eine Auswahl oder einen Freitext). Die Beantwortung der Frage erfordert meist Wissen über die Umgebung, das sich der Benutzer erst durch Erkundung aneignen muss. Je nach Antworttyp können *QuestionTasks* entweder durch das System bewertet werden oder müssen zur Bewertung an eine Jury gesandt werden. *ActionTasks* erfordern als Lösung eine Aktion in der physischen Welt, die von Sensoren beobachtet werden kann (z. B. *MoveTo*, *BringTo*). Ein *MoveToTask* ist erfüllt, sobald der Benutzer einen bestimmten Ort erreicht hat. *BringToTasks* erfordern zur Erfüllung den Transport bestimmter Gegenstände an einen bestimmten Ort, an dem sie durch Sensorik erfasst werden können (z. B. mittels Barcode-Leser oder RFID-Technologie). Ein Entwurfsziel der an der Universität Stuttgart entwickelten explorativen Anwendung „NexusRallye“ [Ni04] war die Wiederverwendbarkeit der Aufgaben. Deswegen sind Aufgaben als eigenständige Objekte modelliert, die keinen eigenen Ortsbezug haben. Die gleiche Aufgabe kann somit an verschiedenen Orten gestellt werden. Für die Gruppierung und Anbindung an konkrete Orte wurde das Konzept der *Virtual Task Container* (*VTC*) entwickelt, analog zur Metapher der virtuellen Lippfaßsäulen [LKR99]. Ein *VTC* hat eine Position, einen Sichtbarkeitsbereich, verweist auf eine Anwendunginstanz und auf eine oder mehrere Aufgaben. Zudem kann er auf andere *VTCs* verweisen, deren Aufgaben gelöst sein müssen, bevor der Spieler den folgenden *VTC* sehen kann (Voraussetzung). Betritt ein Benutzer den Sichtbarkeitsbereich eines *VTCs*, so erhält er diese Aufgaben zur Lösung vorgelegt, sofern er die zuvor festgelegten Voraussetzungen erfüllt.

### 3 Szenario: Wartungsaufgaben in der Smart Factory

Diese Art von Anwendungen soll nun in einem Szenario auf die Umgebung einer Smart Factory übertragen werden. Dabei gehen wir von folgender Situation aus:

Zur Herstellung eines materiellen Produktes benötigt ein Unternehmen die fünf Ressourcen: Material, Maschinen, Betriebsmittel, Information und Mitarbeiter. Dem Produktionsbedarf folgend werden Betriebsmittel den Maschinen zugeordnet und gerüstet. Dafür sind Arbeiter zuständig, die sich in der Fabrik bewegen. Der Zustand der Maschinen (z. B. Betriebsdauer oder Betriebsmodus) sowie der Zustand der Betriebsmittel (z. B. Position, Abnutzung) wird über Sensoren erfasst und in ein Kontextmodell der Fabrikhalle eingespeist. Ebenso werden Informationen über die Arbeiter erfasst, z. B. ihr Ort, ihre Qualifikation und ihre Arbeitsbelastung.

Wartungsaufgaben werden als *tasks* repräsentiert und ebenfalls im Kontextmodell abgelegt. Sie können von verschiedenen Entitäten der Produktion (Mitarbeitern, Maschinen, etc.) erzeugt werden. Außerdem können im Kontextmodell Trigger hinterlegt werden, die bestimmte Objekte beobachten und beim Über- oder Unterschreiten von Schwellwerten ausgelöst werden. Ebenso könnte ein Arbeiter *tasks* anlegen, um später an sie erinnert zu werden oder um sie an andere Arbeiter zu delegieren. Auch bestehende Produktionsplanungssysteme, die solche Aufgaben bisher verteilt, können diese nun kontextbezogen als *task* anbieten. Manche Betriebsmittel haben auch vom Hersteller vorgeschriebene Wartungszyklen. In diesem Fall werden die *tasks* aufgrund der Betriebsdauer erzeugt. Die zugehörigen *Virtual Task Container* werden nun abhängig von der Art der *tasks* an Orten erzeugt, an denen es sinnvoll ist, den jeweiligen *task* zu beginnen. Muss ein Betriebsmittel beispielsweise ausgetauscht werden, wird er an einen *VTC* gebunden, der sich im Lager befindet, da von dort das Ersatzteil mitgenommen werden muss. Kann die Wartungsaufgabe direkt an der Maschine durchgeführt werden, so wäre der *VTC* im Umkreis der Maschine angesiedelt.

Die kontextbezogene Anwendung, die nun die *tasks* an die Arbeiter verteilt, kann nun sowohl die aktuelle Situation des Arbeiters als auch die der Wartungsaufgaben berücksichtigen, um diese dynamisch zuzuweisen. Während der Arbeiter nun seinen üblichen Tätigkeiten nachgeht, können ihm *tasks* zugewiesen werden, sofern er sich in einer passenden Situation befindet (z. B. gerade im Lager bzw. auf dem Weg zu einer bestimmten Maschine ist). Während bisher hauptsächlich der statische Kontext der Aufgabenträger, z. B. ihre Kompetenzen und Rollen, als Zuweisungskriterium diente, kann hierdurch auch der dynamische Kontext der Aufgabenträger, z. B. deren Aufenthaltsort oder ihre Situation, berücksichtigt werden.

Allerdings kann es vorkommen, dass auf diese Weise ein *task* über längere Zeit nicht zugewiesen wird. Für diesen Fall werden die *tasks* mit Informationen versehen, die die Dringlichkeit kennzeichnen. Ist beispielsweise ein Wartungsintervall abgelaufen, so muss das Betriebsmittel umgehend ausgetauscht werden, um Schaden an der Maschine bzw. den Produkten zu vermeiden. In diesem Fall kann eine weitere kontextbezogene Anwendung über Methoden wie GeoCast [DBR05] *tasks* auch direkt an Arbeiter schicken, die sich z. B. in der Nähe befinden.

Durch die Abhängigkeit zwischen *VTCs* können auch ganze Arbeitsabläufe modelliert werden, wie z. B. Notfallpläne, die aufgerufen werden, falls bei einer Maschine eine Fehlfunktion festgestellt wird. Diese können abhängig vom jeweiligen Kontext verschiedene Geschäftsprozesse auslösen, wie z. B. die Reparatur der Maschine oder die Bestellung neuer Betriebsmittel.

#### 4 Ausblick: Verbindung von Geschäftsprozessen und Produktion

Der Erfolg eines Unternehmens wird in nahezu allen Unternehmensbereichen maßgeblich durch seine Geschäftsprozesse bestimmt, die festlegen, wie die Unternehmensleistung (das Produkt) bereitgestellt wird (Produkt = Prozess [LR00]). Häufig steuern Workflow-Systeme in der Produktion zwar die Geschäftsprozesse zur Abwicklung von Bestellungen, Lagerhaltung und Einführung neuer Produkte. Die eigentliche Herstellung jedoch, die so genannten technischen Prozesse, laufen in der Fabrikhalle an Fertigungsmaschinen ab. Diese werden zwar in digitalen Fabrikmodellen geplant, können jedoch nicht direkt zur Ausführung gebracht werden, sondern werden implizit durch die erstellten Arbeitspläne und Auftragsblätter realisiert. Dadurch sind die Geschäftsprozesse und die technischen Prozesse bisher nur schwach gekoppelt, nämlich über Menschen, die Anweisungen bekommen, nach der Arbeit einen Bericht ausfüllen und diesen in das System eingeben. Dazwischen gibt es keine Rückmeldungen an das System (Abb. 1, a). Der Grund hierfür liegt in der klassischen tayloristischen Trennung von Verwaltung, Planung und Durchführung sowie daran, dass die technischen Prozesse bisher nur schwer bis gar nicht beobachtbar oder von außen steuerbar waren [Ta11].

Durch den Einsatz von Kontextmodellen in der Produktion und kontextbezogenen Anwendungen wie im vorhergehenden Szenario vorgestellt können hier technische Prozesse besser überwacht, gesteuert und insgesamt effizienter durchgeführt werden. Das Kontextmodell fungiert dabei als Verbindung zwischen Geschäftsprozessen, technischen Prozessen und mobilen Agenten (Menschen oder mobilen Anwendungen,

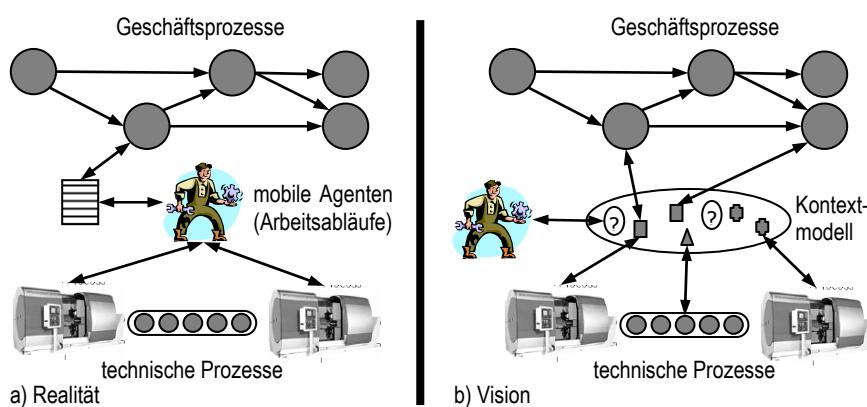


Abbildung 1: Kontextmodell als Kopplung zwischen Prozessebenen

Abb. 1, b). Außerdem ermöglicht der Einsatz von Umgebungsmodellen neue Arten von Anwendungen, die auf kontextbasierten Workflows beruhen. Um diese Ziele zu erreichen, ist jedoch gemeinsame Forschung verschiedener Disziplinen notwendig, von der Fabrikplanung über verteiltes Datenmanagement bis hin zur Architektur großer Anwendungssysteme. Die Einführung von Workflow-Systemen in die Unternehmen führte zur Überbrückung der Lücke zwischen Geschäftsprozessen und der Informationsverarbeitung (Business-IT-Gap) [Ws05]. In gleicher Weise könnten kontextbezogene Workflows die Lücke zwischen den Geschäftsprozessen und den technischen Prozessen in der Produktion (Business-Production-Gap) schließen.

## 5 Literaturverzeichnis

- [Ba03] Bauer, M.; Jendoubi, L.; Rothermel, K.; Westkämper, E.: Grundlagen ubiquitärer Systeme und deren Anwendung in der "Smart Factory". In: Gronau, Norbert (ed.); Krallmann, Hermann; Scholz-Reiter, Bernd (ed.): Industrie Management - Zeitschrift für industrielle Geschäftsprozesse. Bd. 19(6), 2003
- [BJS04] Bauer, M.; Jendoubi, L.; Siemoneit, O.: Smart Factory – Mobile Computing in Production Environments. In: Proceedings of the MobiSys 2004 Workshop on Applications of Mobile Embedded Systems (WAMES 2004)
- [DA99] Dey, A., and Abowd, G.: Towards a better understanding of context and context-awareness. Georgia Tech GVU Technical Report, GIT-GVU-99-22, 1999
- [DBR05] Dürr, F.; Becker, C.; Rothermel, K.: Efficient Forwarding of Symbolically Addressed Geocast Messages. In: Proceedings of the 14th International Conference on Computer Communications and Networks, October 17-19, 2005
- [Gr05] Grossmann, M.; Bauer, M.; Höhle, N.; Käppeler, 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: 2005
- [LR00] Leymann, F.; Roller, D.: Production Workflow - Concepts and Techniques (PTR, 2000)
- [Mi05] Mitschang, B.; Nicklas, D.; Grossmann, M.; Schwarz, T.; Höhle, N.: Federating Location-Based Data Services. In: Theo Härdter, Wolfgang Lehner (ed.): Data Management in a Connected World: Springer, LNCS 3551,, 2005
- [Ni04] Nicklas, D.; Höhle, N.; Moltenbrey, M.; Mitschang, B.: Design and Implementation Issues for Explorative Location-based Applications: the NexusRallye. In: Cirano Iochpe, Gilberto Camara (ed.): Proc. for the VI Brazilian Symposium on GeoInformatics: 2004
- [Ro03] Rothermel, K.; Bauer, M.; Becker, C.: Digitale Weltmodelle - Grundlage kontextbezogener Systeme. In: Friedemann Mattern (ed.): Total vernetzt - Szenarien einer informatisierten Welt, Springer, 2003
- [VS04] Voisard, A., and Schiller, J.: Location-Based Services. Morgan Kaufmann, 2004
- [Ws03] Westkämper, E.; Niemann, J.: Intelligent planning and control of manufacturing resources in production systems. In: Manufacturing Flexibility Design and Development 3, 1-2, S. 49-58, 2003
- [Ws05] Westkämper, E.: Mächtige Hilfsmittel stehen bereit: Chancen der deutschen Produktionstechnik: Veränderungen schneller und präziser erreichen. In: Intelligenter produzieren, Nr. 1, S. 11-13, 2005
- [Ta11] Taylor, F. W.; Gesellschaft für Sozialwissenschaftliche und Ökologische Forschung: Die Grundsätze wissenschaftlicher Betriebsführung : Nachdruck der Original-Ausgabe von 1919. 2. Auflage, München : Raben Verlag, 1983