

# Optimierung von Fabrikprozessen durch die Nutzung räumlicher Kontextinformationen am Beispiel der Instandhaltung

Dipl.-Ing. Ines Heck, Dipl.-Ing. Peter Stephan

Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz (DFKI)

Innovative Fabriksysteme (IFS)

Trippstadter Straße 122, D-67663 Kaiserslautern

{Ines.Heck, Peter.Stephan}@dfki.de

**Abstract:** Prozesse im Bereich der Anlageninstandhaltung sind derzeit durch Intransparenz und Ineffizienz gekennzeichnet. Ein Großteil der Arbeitszeit zur Störungsbehebung muss zum Auffinden schadhafter Endgeräte, deren zweifelsfreier Identifikation sowie der Beschaffung von Zusatzinformationen wie z.B. Datenblätter aufgewendet werden. Anhand eines Anwendungsszenarios in der *SmartFactory*<sup>KL</sup> beschreibt der vorliegende Beitrag, wie räumliche Kontextinformationen zur Optimierung von Instandhaltungsprozessen beitragen können. Als Beispielimplementierung wird eine Navigationsapplikation umgesetzt, die auf Basis eines Wearable-PC eine nahtlose Wegführung zum Ort eines defekten Feldgerätes ermöglicht und Servicepersonal bei der Bearbeitung von Aufträgen unterstützt. Darüber hinaus erfolgt eine allgemeine Diskussion des Nutzens räumlicher Kontextinformationen für Fabrikprozesse. Weiterhin werden Herausforderungen bei der Nutzung und Integration räumlicher Kontextinformationen in industrietypische Anwendungen und Systeme erörtert.

## 1 Einleitung und Motivation

Instandhaltungsmaßnahmen tragen in hohem Maße zur Verfügbarkeit der Infrastruktur produzierender Unternehmen bei und sind das Ziel verschiedenster Optimierungsbestrebungen, da Stillstandszeiten mit hohen Kosten einhergehen [OV09]. Der geringe Automatisierungsgrad von Instandhaltungsprozessen sowie der hohe Anteil an erforderlichlichem Erfahrungswissen [MT09] führt zu Prozessintransparenz, Medienbrüchen sowie Ineffizienzen bei der zweifelsfreien Auffindung, Identifikation und Reparatur schadhafter Feldgeräte. Hinzu kommt, dass Maßnahmen zur Instandhaltung zunehmend an externe Dienstleister ausgelagert werden [OV09]. Diese verfügen nur über geringe Kenntnisse hinsichtlich lokaler Gegebenheiten und der konkreten Arbeitssituation vor Ort (z.B. Einbausituation eines Feldgeräts).

Zukünftig ist davon auszugehen, dass der Druck zur Verbesserung solcher Prozesse weiter zunehmen wird, um steigenden Anforderungen hinsichtlich Effizienz und optimiertem Ressourceneinsatz gerecht zu werden. Eine Möglichkeit zur Optimierung

von Abläufen bildet die Nutzung von Kontextinformationen (z.B. Ort, Zeit, Nutzerrolle). Die präzise Beschreibung einer konkreten Arbeitssituation durch Kontextinformationen erlaubt die Unterstützung von Prozessen mit situationsbezogenen Zusatzinformationen und somit eine effizientere Bearbeitung von Arbeitsaufgaben. Insbesondere in hochdynamischen Arbeitsumgebungen wie z.B. Fabriken, sind räumliche Kontextinformationen (z.B. aktuelle Anlagenkonfiguration, aktueller Standort einer Ressource) für eine schnelle Erfüllung von Arbeitsaufträgen von hoher Relevanz.

Der vorliegende Beitrag stellt am Beispiel der Instandhaltung vor, wie räumliche Kontextinformationen zur Steigerung der Effizienz von Fabrikprozessen beitragen können. Anhand eines Anwendungsszenarios werden Optimierungspotenziale derzeitiger Instandhaltungsprozesse für ein schnelleres und effizienteres Auffinden von störungsbehafteten Feldgeräten identifiziert und Anforderungen an eine prozessbezogene Nutzung räumlicher Kontextinformationen abgeleitet. Darauf aufbauend wird eine Navigationsanwendung in der *SmartFactory*<sup>KL</sup> beispielhaft implementiert. Abschließend wird diskutiert, für welche Art von Fabrikprozessen räumliche Kontextinformationen Optimierungspotenziale bieten und welche Herausforderungen sich aus deren Nutzung in Fabrikprozessen ergeben.

## **2 Stand der Technik**

Zur Unterstützung von Instandhaltungsprozessen existieren kommerzielle Software-Produkte, die als Instandhaltungs-Planungssysteme (IPS) bezeichnet werden. Diese sind oft Teil eines umfassenderen Enterprise Asset Managements (EAM), mit dem alle physischen Geräte einer Anlage verwaltet werden [Mi09]. Mit der Möglichkeit eines Web-Zugriffs auf Unternehmensdaten z.B. via Smartphone bieten diese Systeme Basisfunktionalitäten zur Unterstützung mobiler Werker. Seitens der akademischen Forschung haben sich verschiedene Projekte mit der Unterstützung von Einzeltätigkeiten in Instandhaltungsprozessen durch kontextbezogene Informationen beschäftigt [LSF04]. Eine Verwendung von räumlichen Kontextinformationen zur Verbesserung von Gesamtprozessen wird derzeit in anderen Anwendungsdomänen adressiert. Die Nutzung von Positionsinformationen in Innenräumen wird z.B. zur Prozessoptimierung im Gesundheitswesen erfolgreich umgesetzt. Anwendungsbereiche sind hier das Management wichtiger und prozesskritischer Ressourcen [LSK06], sowie die situationsgerechte Informationsbereitstellung für Ärzte und Pflegepersonal [RFM04]. Die Optimierung von Prozessen mittels räumlicher Kontextinformationen wird im Logistik-Sektor im Rahmen von Forschungsprojekten sowie in konkreten Anwendungen vorangetrieben. Beispiele hierfür sind GPS-basierte Lösungen für ein optimiertes Flottenmanagement [PK03], oder die Verfolgung von Gütern auf ihrem Weg zum Kunden [Ub09], wodurch eine bessere Auslastung von Lagerkapazitäten durch Erhöhung der Transparenz des Lieferprozesses möglich wird. In Anlehnung an die Nutzung von räumlichen Kontextinformationen zur Unterstützung von Prozessen in anderen Domänen wird eine Lösung angestrebt, welche in ähnlicher Weise zur Steigerung der Effizienz von Abläufen in der Instandhaltung industrieller Anlagen führt.

### **3 Fallstudie**

Zur Identifikation der Nutzenpotenziale von räumlichen Kontextinformationen in Instandhaltungsprozessen dient ein Anwendungsszenario, welches den Ablauf einer Störungsbehebung in einer Industrieanlage beschreibt und Anforderungen an die Prozessintegration räumlicher Kontextinformationen sowie deren Bereitstellung für Nutzer unter den Randbedingungen der beschriebenen Prozessdomäne definiert.

Das Anwendungsszenario betrachtet ein Unternehmen, dessen Produktion aus verfahrenstechnischen Anlagen besteht, welche über mehrere Standorte verteilt sind. Zu einem Zeitpunkt  $x$  kommt es innerhalb einer der Anlagen zum Ausfall eines Feldgeräts, was zur Stilllegung des betroffenen Produktionsprozesses führt. Die Störungsmeldung wird vom Leitstand zusammen mit dem groben Standort des schadhafte Feldgeräts (z.B. Gebäudebezeichnung, Bezeichnung der Produktionslinie) telefonisch an einen externen Service-Dienstleister weitergegeben. Der Mitarbeiter des Service-Dienstleisters muss sich um die Beschaffung präziserer Informationen wie z.B. Anlagenpläne selbst bemühen. Besteht die Möglichkeit, sich mit einem herkömmlichen Navigationsgerät noch bis zur Pforte des betreffenden Standorts leiten zu lassen, beginnt spätestens dort eine unstrukturierte Suche mit oftmals unpräzisen Informationen (z.B. mündliche Erklärungen ortskundiger Personen). Zur Auffindung des schadhafte Feldgeräts muss auf Dokumentationsmaterial wie Schaltpläne, Installationsdiagramme und Konstruktionszeichnungen zurückgegriffen werden, deren Aktualität oft nicht gegeben ist. Am Ort der Störung muss der Servicetechniker die beschädigte Komponente zweifelsfrei identifizieren, was aufgrund der unpräzisen Beschreibung ihres Standorts sowie deren oftmals starker Verschmutzung zusätzliche Zeit in Anspruch nimmt. Nach einer kurzen und einfachen Reparatur kann die Produktionsanlage wieder angefahren werden. Aufgrund der Stillstandszeit müssen produzierte Teilchargen kostenintensiv entsorgt werden, um bestehenden Qualitätsanforderungen gerecht zu werden.

Anhand des Anwendungsszenarios wird ersichtlich, dass der hohe Zeitaufwand für die Suche und Identifikation störungsbehafteter Feldgeräte eine schnelle Behebung von Anlagenstillständen oftmals verhindert. Daraus lassen sich Optimierungspotenziale für ein schnelleres Auffinden defekter Feldgeräte und damit einer effizienteren Abarbeitung von Instandhaltungsprozessen ableiten: (1) Derzeit besteht für Wartungspersonal keine Möglichkeit von einem beliebigen Standort außerhalb eines Anlagengeländes nahtlos bis zum Ort einer aufgetretenen Störung zu navigieren. (2) Störungsmeldungen werden nach ihrem Eingang am Leitstand nicht medienbruchfrei für andere Systeme wie z.B. Smartphones zur Verfügung gestellt. (3) Auftragsrelevante Daten (exakter Gerätestandort, Gerätebeschreibungsdateien und Fehlerbeschreibung) werden nicht automatisiert zusammengestellt, sondern müssen aus verschiedenen Datenbasen manuell aggregiert werden.

### **4 Systementwicklung**

Aus den dargestellten Optimierungspotentialen lassen sich konkrete Anforderungen an eine Anwendung ableiten. Als wichtigste funktionale Anforderungen werden die

Möglichkeit zur Positionsbestimmung im Innen- und im Außenbereich, ein nahtloser Technologieübergang zwischen Innen- und Außenbereich sowie die Speicherung, Anzeige und Verwaltbarkeit von Serviceaufträgen identifiziert. Als nichtfunktionale Anforderungen werden die uneingeschränkte Mobilität der Endgeräteplattform, eine größtmögliche Bewegungsfreiheit und beidhändiges Arbeiten, eine geringe Anzahl an Interaktionshandlungen, ausreichende Visualisierungsmöglichkeiten sowie Echtzeitfähigkeit und Robustheit des Systems erachtet. Die prototypische Umsetzung der Anwendung erfolgte dabei in der *SmartFactory*<sup>KL</sup> [Zu09], welche ein realitätsnahes Testumfeld für die Erprobung von ortsbezogenen Diensten in industriellen Anwendungskontexten darstellt (heterogene Umwelt, unterschiedliche Baumaterialien, große metallische Strukturen, strukturelle Hindernisse).

In Anlehnung an klassische ortsbezogene Anwendungen [Ti08] besteht das entwickelte System aus einem mobilen Endgerät in Verbindung mit technischen Systemen zur Positionsbestimmung und einer Einbindung in ein Kommunikationsnetz. Aufgrund hoher Anforderungen an Mobilität und Bewegungsfreiheit kommt ein Wearable-PC (EUROTECH Zypad WL1100) zum Einsatz, welcher für industrielle Umgebungen konzipiert ist, über ausreichende Visualisierungsmöglichkeiten zur sinnvollen Darstellung einer Benutzeroberfläche sowie unterschiedliche drahtlose Kommunikationsschnittstellen (Bluetooth, WLAN) verfügt. Die Implementierung der Anwendungslogik mit Benutzeroberfläche, Auftragsverwaltung und Navigationskomponente erfolgt mit dem .NET Compact Framework (MICROSOFT). Die Positionsbestimmung im Außenbereich erfolgt durch einen externen GPS-Empfänger (SOCKET Cordless GPS); im Innenraum wird ein UWB-basiertes Echtzeitortungssystem (UBISENSE Realtime Location System) eingesetzt. Das System bietet unter optimalen Einsatzbedingungen eine hohe Genauigkeit bzw. Präzision und ermöglicht auch in störungsbehafteten Umgebungen noch eine vergleichsweise gute Funktionsfähigkeit [SHK09]. Durch dieses System ermittelte Positionsdaten werden für die Anwendungslogik auf dem Endgerät durch einen Webservice zur Verfügung gestellt.

Der Übergang zwischen Außen- und Innenbereich wird von der Anwendungslogik durch Auswertung der aktuellen Statusinformationen der einzelnen Kontextparameter (GPS-Fix und -Position, WLAN-Verbindung und SSID des nächsten Access Points, Positionsinformation des UBISENSE-Systems zur Positionsbestimmung im Innenraum) detektiert. Anhand der Kombinationen der einzelnen Parameter kann dabei zwischen den Zuständen „im Außenbereich des Zielgebäudes“ und „im Innenbereich des Zielgebäudes“ unterschieden werden. Dies ist bei Vorliegen bestimmter Parameterkombinationen jedoch nicht immer eindeutig möglich, so dass diese Mehrdeutigkeiten derzeit noch durch den Nutzer aufgelöst werden müssen (durch explizite Bestätigung des Übergangs in den Innenbereich).

Die von der Anwendung genutzten Daten bestehen zum einen aus Informationen über zu bearbeitende Aufträge und zum anderen aus räumlichen Kontextinformationen, welche die statische Umgebung (global und lokal) beschreiben. Der globale räumliche Kontext besteht dabei aus 2D-Kartenmaterial als graphische Repräsentation der geographischen Gegebenheiten in der aktuellen Umgebung des Nutzers. Es wird Kartenmaterial des OPENSTREETMAP-Projekts verwendet [HW09], welches lokal auf dem Endgerät

gespeichert wird. Dies bietet Vorteile hinsichtlich Zugriffszeiten und ermöglicht auch ohne dauerhafte Verbindung zum Internet eine Navigation im Außenbereich. Die Information über Routen zwischen Start- und Zielpunkt werden dynamisch über den OPENROUTESERVICE [NZ08] bezogen. Der lokale räumliche Kontext umfasst das Modell der Produktionsumgebung im Innern des Zielgebäudes mit Informationen über Gebäudestruktur, Anlagenmodule und einzelne Feldgeräte in Kombination mit ihren jeweiligen räumlichen Positionen. Die grafische Darstellung auf dem mobilen Endgerät erfolgt im Innenbereich in Form einer 2D-Karte, die aus den Informationen über den lokalen Kontext in der zentralen Datenbank generiert wird.



Abbildung 1: Systemarchitektur der Navigationsanwendung (links) sowie Nutzung der Anwendung im Feld (rechts)

Um die Konsistenz der Daten für verschiedene Clients zu gewährleisten, sowie Änderungen am Datenbestand zu vereinfachen, werden die oben genannten Informationen zusammen mit den Wartungsaufträgen in einer zentralen Datenbank abgelegt. Einträge können über eine geeignete Web-Schnittstelle manuell von Mitarbeitern in der Leitwarte oder von mobilen Mitarbeitern angelegt werden, welche bei Routinearbeiten im Feld Defekte entdecken.

## 5 Nutzung räumlicher Kontextinformationen in Fabrikprozessen

Das vorgestellte Anwendungsszenario zeigt, wie räumliche Kontextinformationen für ein schnelleres Auffinden defekter Feldgeräte und damit zur Optimierung von Instandhaltungsprozessen beitragen können. Zur Optimierung von vergleichbaren Prozessen, die nicht direkt an einen starren Materialfluss gekoppelt sind und manuelle Tätigkeiten beinhalten (z.B. Intralogistik- Qualitätssicherungs- oder Nacharbeitsprozesse), können räumliche Kontextinformationen ebenfalls einen Beitrag leisten [TFD06], da sie ein feingranulares Monitoring von Prozessen in Echtzeit sowie die zeitliche und räumliche Auflösung von „Bottlenecks“ erlauben. Dies ermöglicht die Bewertung der Prozessqualität anhand zeitlicher und räumlicher Informationen und bereitet so die Entwicklung entsprechender Key Performance Indikatoren (KPI) vor. Die damit verbundene Effizienzsteigerung resultiert aus einem verbesserten Prozessdesign sowie einer höheren Overall Equipment Effectiveness (OEE) was eine gesteigerte Produktivität von Prozessen und eine gesteigerte Quality of Services ermöglicht.

Wie das Anwendungsszenario zeigt, kann sich die Kombination unterschiedlicher Technologien zur Positionsbestimmung für die Unterstützung von Fabrikprozessen als notwendig erweisen. Sich dabei ergebende Übergangsbereiche zwischen Innen- und Außenräumen bedürfen einer Modellierung, um lückenlos Positionsinformationen ausreichender Präzision und Genauigkeit zur Verfügung zu stellen. Eine Möglichkeit um eindeutig zu schließen, in welchem Bereich sich eine Person oder ein Gegenstand befindet, stellen Methoden der Wissensrepräsentation wie z.B. die Bildung von Ontologien dar [CFJ04]. Um räumliche Kontextinformationen in Fabrikprozessen durchgängig nutzbar zu machen, bedarf es der vertikalen Integration in Systeme der Automatisierungspyramide (Enterprise Resource Planning Systems, Manufacturing Execution Systems, Speicherprogrammierbare Steuerungen). In Anlehnung an Konzepte serviceorientierter Architekturen (SOA) kann durch die Bereitstellung von räumlichen Kontextinformationen in Form von Diensten eine standardisierte Schnittstelle bereitgestellt werden, über die Systeme und Nutzer nach Bedarf auf räumliche Kontextinformationen von spezifiziertem Format und Qualität zugreifen können [He03]. Im Sinne der korrekten Interpretation räumlicher Kontextinformationen spielt die modellbasierte Beschreibung von Umgebungen eine wichtige Rolle, um Rückschlüsse auf vorherrschende Zustände und Situationen ziehen zu können [BD09]. Zur Optimierung flexibler Produktionssysteme eröffnet die Verknüpfung räumlicher Kontextinformationen (z.B. von Produkten und mobilen Produktionsmitteln) mit digitalen Anlagenmodellen die Möglichkeit, automatisiert Rückschlüsse auf aktuelle Anlagenkonfigurationen und Prozessabläufe zu ziehen. Erste hierfür nutzbare Modellierungsansätze kommen aus dem Bereich der Digitalen Fabrik [Ge09], sowie der modellbasierten Beschreibung intelligenter Umgebungen [SH09].

## 6 Zusammenfassung und Ausblick

Im vorliegenden Beitrag wird anhand eines Anwendungsszenarios gezeigt, wie räumliche Kontextinformationen zum schnelleren Auffinden defekter Feldgeräte und damit zur Optimierung des Gesamtprozesses der Instandhaltung von Anlagen beitragen können. Im Rahmen einer Beispielimplementierung in der *SmartFactory*<sup>KL</sup> wird eine Navigationsanwendung auf Basis eines Wearable-PC entwickelt, welche die nahtlose Führung von Servicepersonal zum Ort einer aufgetretenen Störung unterstützt. Anhand des dargestellten Beispiels wird der Nutzen räumlicher Kontextinformationen für Fabrikprozesse diskutiert, die Ähnlichkeiten zu Instandhaltungsprozessen aufweisen. Herausforderungen bei der Nutzung räumlicher Kontextinformationen in Fabrikssystemen beziehen sich dabei auf Aspekte der Modellierung von Übergangsbereichen und Umgebungen sowie der vertikalen Informationsintegration in Systeme der Automatisierungspyramide. Nächste Schritte beschäftigen sich mit einer verbesserten Identifikation von Navigationszuständen mit Hilfe von Methoden der Wissensrepräsentation sowie der Integration von räumlichen Kontextinformationen in unterschiedliche Systeme der Automatisierungspyramide.

## Literaturverzeichnis

- [BD09] Becker, C., Dürr, F.: On location models for ubiquitous computing. *Personal and Ubiquitous Computing*, Vol. 9, No. 1, pp. 20–31, 2005.
- [CFJ04] Chen, H., Finin, T., Joshi, A.: Semantic web in the context broker architecture. In: Proc. of the 2<sup>nd</sup> IEEE Int. Conf. on Pervasive Computing and Communications, Florida, 2004.
- [Ge09] Gerber, T.: Digital SmartFactoryKL: Approach of a flexible digital model based on real-time states. In: *Int. Conf. on Manufacturing Science and Education (MSE 2009)*, June 4-6, Sibiu, Romania, 2009.
- [He03] Helal, S. et al.: Enabling Location-Aware Pervasive Computing Applications for the Elderly. *First IEEE Pervasive Computing Conference*, Fort Worth, Texas (2003)
- [HW09] Haklay, M., Weber, P.: OpenStreetMap: User-Generated Street Maps. *Pervasive Computing*, IEEE, vol. 7, 2008, S. 12-18.
- [LSF04] Lampe, M., Strassner, M., Fleisch, E.: A ubiquitous computing environment for aircraft maintenance. In: (ACM): *Proc. of the 2004 ACM Symp. on Applied computing*, Nicosia, Cyprus, 2004.
- [LSK06] Leimeister, J.M., Schweiger, A., Krcmar, H.: Ortsunabhängiges Management von hochpreisigen mobilen medizinischen Geräten im Krankenhaus auf WLAN-Basis. In (GI - Gesellschaft für Informatik): *Proc. of Informatik*, Dresden 2006
- [Mi09] Miklovic, D.: Magic Quadrant for Enterprise Asset Management for Manufacturing. Gartner Inc, Stamford, 2009.
- [MT09] Mecking, P., Termath, W.: Qualifizierung von Fachkräften in der Instandhaltung mit VR Technologien. In (Reichel, J., Müller, G., Mandelartz, J., Hrsg.): *Betriebliche Instandhaltung*. Springer, Berlin, 2009.
- [NZ08] Neis, P., Zipf, A.: OpenRouteService.org is three times “Open”: Combining OpenSource, OpenLS and OpenStreetMaps. *GISRUK 08*, Manchester, 2008.
- [OV09] Otten, W., Vogelsang, U. : Neue Servicekonzepte in der Instandhaltung am Beispiel der Prozessindustrie. In (Reichel, J., Müller, G., Mandelartz, J., Hrsg.): *Betriebliche Instandhaltung*. Springer Verlag, Berlin, 2009.
- [PK03] Prakash, S.S.S., Kulkarni, M.N.: Fleet Management: A GPS-GIS integrated approach. In: *Map India Conference*, Greater Noida, India 2003.
- [RFM04] Rodriguez, M.D., Favela, J., Martinez, E.A., Munoz, M.A.: Location-aware access to hospital information and services. In (IEEE): *IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine*, Vol. 8, 2004.
- [SH09] Stahl, C., Hauptert, J.: Taking Location Modelling to new Levels: A Map Modelling Toolkit for Intelligent Environments. *Int. Workshop on Location- and Context-Awareness (LoCA 2006)*. May 10-11, Dublin, Ireland, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2006, S. 74-85.
- [SHK09] Stephan, P., Heck, I., Kraus, P., Frey, G.: Evaluation of Indoor Positioning Technologies under industrial application conditions in the SmartFactoryKL based on EN ISO 9283. *13th IFAC Symp. on Information Control Problems in Manufacturing (INCOM 09)*, June 3-5, Moscow, Russian Federation, 2009.
- [TFD06] Thiesse, F., Fleisch, E., Dierkes, M.: LotTrack: rfid-based process control in the semiconductor industry, *IEEE Perv. Comp.* 5:1 (2006) 47-53.
- [Ti08] Timpf, S.: Location-based Services – Personalisierung mobiler Dienste durch Verortung. *Informatik-Spektrum*, vol. 31, Feb. 2008, S. 70-74.
- [Ub09] Ubisense AG: Anwendungsfall Verfolgung von Sendungen im Umschlagzentrum. <http://www.ubisense.de/media/pdf/Ubisense%20UseCase%20Logistics%20Videobarcode%20escanner%20GER%20V1.0.pdf>, 09.12.2009.
- [Zu09] Zuehlke, D.: SmartFactory - A Vision becomes Reality. *Keynote Paper of the 13th IFAC Symp. on Information Control Problems in Manufacturing (INCOM 09)*. June 3-5, Moscow, Russian Federation, 2009.