

Smartphones und Tablets in der industriellen Produktion

Nutzerfreundliche Bedienung von Feldgeräten

Die zunehmende Komplexität von flexiblen Produktionssystemen in der wandlungsfähigen Fabrik der Zukunft stellt neue Herausforderungen an die sichere und intuitive Bedienung heutiger Produktionssysteme. Dabei führt der Trend weg von stationären hin zu mobilen, universellen Bediengeräten. Smartphones und Tablets haben sich zu multimedialen Alleskönnern entwickelt und halten zunehmend Einzug in die industrielle Produktion. Bei der initialen Inbetriebnahme oder Parametrisierung können die Vorteile solcher mobiler Bediensysteme voll ausgeschöpft werden. In diesem Beitrag wird ein Ansatz aufgezeigt, wie sich mittels mobiler Bediengeräte des Konsumgütermarkts eine signifikante Verbesserung hinsichtlich der Gebrauchstauglichkeit und Anwenderakzeptanz gegenüber konventionellen Bediensystemen erreichen lässt. Das generische Konzept zur nutzerzentrierten Erstkommunikation zwischen industriellen Feldgeräten und mobilen Endgeräten wurde am DFKI entwickelt, in verschiedenen Demonstratoren umgesetzt und unter realitätsnahen Bedingungen in der SmartFactory-KL evaluiert.

SCHLAGWÖRTER Mobile Bediensysteme / nutzerfreundliche Erstkommunikation / generische Geräteidentifikation / ubiquitous manufacturingx

User-friendly Communication Initiation between Stationary Field Devices and Mobile Devices

The increasing complexity of flexible production systems in the agile factory of the future presents new challenges for a secure and intuitive manipulation of production systems. There is a movement from stationary to mobile and universal devices in the field of industrial production. Smartphones and Tablets as multimedia-based all-rounders are finding more and more their way into industrial production. Particularly during the communication initiation significant advantages compared to conventional devices can be found. Therefore a concept for a user-friendly communication initiation to reach a better usability and acceptance for plant operations is shown in this article. This generic concept was developed by the DFKI, implemented in several demonstrators and evaluated in the SmartFactory-KL.

KEYWORDS mobile devices / user-friendly first communication initiation / generic device identification / ubiquitous manufacturing

In industriellen Anlagen beherrschen derzeit stationäre und proprietäre Bediensysteme den Markt. Jede Maschine besitzt ein eigenes auf sie zugeschnittenes System mit oftmals herstellereigenen Benutzungs- und Kommunikationsschnittstellen sowie Bedienphilosophien. Da dem Anwender keine einheitliche und universelle Schnittstelle zur Verfügung steht, gibt es das Problem der Anbindung des Bediengerätes an das Feldgerät. Mit der Anzahl der Varianten von Bediengeräten steigt der Schulungs- und Einarbeitungsaufwand der Nutzer für die einzelnen Maschinen und die Gefahr von Fehlbedienungen. Zudem kann der Ausfall eines Bediengerätes zum unvermeidlichen Komplettausfall der jeweiligen Maschine und gegebenenfalls zu erheblichen Einschränkungen in der gesamten Produktionskette führen.

Seit einiger Zeit lässt sich jedoch im Bereich der industriellen Bedienung ein Wandel erkennen. Der Trend führt weg von stationären hin zu mobilen, universellen Bediengeräten, die zunächst nur als Ergänzungen zu stationären Lösungen eingesetzt wurden [5, 6]. Einen Ansatz, um die Bedienkomplexität für den Menschen signifikant zu reduzieren, stellt dabei der Transfer moderner Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) aus dem Konsumgütermarkt in die Fabrikwelt dar. Dabei können moderne IKT, wie mobile Bediengeräte und Funktechnologien, als eine der wichtigsten Schlüsselfaktoren für die zukünftige Entwicklung der Produktionsautomatisierung angesehen werden [4].

1. POTENZIALE MOBILER INTERAKTIONSSYSTEME

Einheitliche und universelle Bediensysteme lassen sich zur Steuerung einer Vielzahl von Maschinen und Anlagen nutzen ohne dass der Anwender die Bedienhardware wechseln muss. Die Flexibilität und der hohe Sicherheitsstandard ermöglichen eine effiziente Inbetriebnahme, Steuerung und Wartung der Anlage sowie der Maschinenteile [13, 18]. Neben den benötigten Ressourcen der bedienten Maschine, wie beispielsweise die Benutzungs-schnittstellen, kann auch der Energiebedarf und die An-

zahl der Fehlbedienungen durch Vereinheitlichung vermindert werden. Ein weiterer Vorteil solcher Bediensysteme besteht in der verbesserten Ergonomie, welche durch die Mobilität erreicht wird. Durch den Einsatz von Funktechnologien, zum Beispiel Bluetooth, WLAN oder ZigBee, als Schnittstelle zwischen Bediengerät und Anlage kann eine Ortsungebundenheit erreicht werden [12]. Aufgrund der Mobilität und der universellen Einsetzbarkeit können diese Bediengeräte von einem beliebigen Ort aus verschiedene Maschinen in der Anlage ansteuern [6].

1.1 Transfer aus dem Konsumgütermarkt in die Industrie

Im Zusammenhang mit der zunehmenden Mobilität der Nutzer und des Erfolgs heutiger mobiler, interaktiver Systeme im Konsumgüterbereich, stellt die Verwendung mobiler Interaktionssysteme einen vielversprechenden Lösungsansatz für die Mensch-Maschine-Interaktion in der Industrie dar. Die Etablierung und Verbreitung von persönlichen, mobilen Geräten im Konsumgütermarkt führt dazu, dass die Akzeptanz solcher Geräte für den industriellen Einsatz steigt, weil unter anderem dem Anwender fortlaufend neue Dienste und Möglichkeiten eröffnet werden [5]. Die Kombination aus modernen Interaktionsparadigmen (zum Beispiel Multitouch) und die Öffnung der Interaktionsplattformen für neuartige Drittanwendungen (zum Beispiel industrielle Apps) bieten dabei die Grundlage für eine steigende Flexibilität bei der Funktionsbereitstellung. Zusätzlich ergibt sich eine deutlich höhere Gebrauchstauglichkeit und Anwenderfreundlichkeit [19].

Eine Neuentwicklung dedizierter, mobiler Geräte- und Softwareplattformen für den industriellen Einsatz stellt unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten aufgrund geringer Absatzmengen und hoher Entwicklungskosten nur bedingt einen Lösungsansatz dar. Die Adaption und Integration bestehender Hardware- (zum Beispiel Smartphone, Tablet) und Software-Technologien (zum Beispiel Android, IOS, Windows) aus dem Konsumgütermarkt erweisen sich dennoch als vielversprechend um den Einsatz neuartiger Interaktionstechnologien in der Industrie

zu ermöglichen. Die im Konsumgüterbereich etablierten Technologien und Interaktionskonzepte müssen daher für den industriellen Einsatz erweitert werden [19].

Funkbasierte Kommunikationstechnologien sind bereits seit einigen Jahren in der Produktionsautomatisierung im Einsatz. Hierfür wurden mobile, industrielle Bediengeräte entwickelt, die am Markt erhältlich sind; unter anderem das Siemens Simatic Mobile Panel 277 IW-LAN oder das UCP 450 von der Firma unipo. Weitverbreitete Standards wie Radio Frequency Identification (RFID) und Near Field Communication (NFC) ermöglichen zudem eine direkte Interaktion mit Feldgeräten auf der Automatisierungsebene. Demnach sind die technologischen Voraussetzungen für eine Integration mobiler Interaktionstechniken in die industrielle Produktion gegeben [12].

1.2 Herausforderungen im Produktionsumfeld

Neben den genannten Potenzialen ergeben sich neue Herausforderungen, denen sich diese Bediensysteme im industriellen Umfeld, zum Beispiel aufgrund ihrer Flexibilität und Mobilität, stellen müssen [2, 3]. Für den wirtschaftlichen Einsatz mobiler Bediensysteme muss eine ad hoc Kommunikation gewährleistet sein. Zum Beispiel indem der erste, zeitaufwändige Schritt der Konfiguration durch einen automatischen Kommunikationsaufbau ersetzt wird. Im Bereich der industriellen Steuerungstechnik ist dies bislang nicht Stand der Technik.

Die Problematik liegt in der Identifikation des zu bedienenden Feldgerätes. Anders als bei kabelgebundenen existiert bei den mobilen Bediensystemen keine physische Verbindung. Da moderne Feldgeräte oftmals mehr als eine Schnittstelle besitzen, besteht eine weitere Schwierigkeit in der Auswahl und Konfiguration einer geeigneten Kommunikationsschnittstelle.

Ziel ist es, einen generischen Ansatz zu etablieren, der eine automatisierte Konfiguration und Inbetriebnahme einer industriellen Kommunikationsschnittstelle unterstützt, unter Berücksichtigung der Anforderungen eines universellen Bediengerätes [7].

1.3 Bisherige Forschungsergebnisse

Im Forschungsbereich für Innovative Fabrikssysteme des Deutschen Forschungszentrums für Künstliche Intelligenz (DFKI) wurde bereits eine Vielzahl an Vorarbeiten im Bereich der mobilen und universellen Bedienung im industriellen Umfeld durchgeführt. Entstanden sind realitätsnahe Demonstratoren, die auf technologisch unterschiedlichen Wegen den Kommunikationsaufbau und die Interaktion realisieren [13, 14, 15].

Mobile Bediensysteme für den industriellen Einsatz unterscheiden sich durch zwei wesentliche Identifikationsprinzipien: Die erste Gruppe betrachtet konventionelle Identifikationsmethoden, basierend auf mobilen Bediengeräten, die speziell für den industriellen Einsatz entwickelt wurden und auf dem Markt verfügbar sind. Der Kommunikationsaufbau zwischen dem Bediengerät und dem zu identifizierenden Feldgerät in der Anlage wird beispielsweise über die Auswahl aus einer Geräte-liste durch den Anwender initiiert. Die Geräteliste muss dafür statisch im Bediengerät hinterlegt werden [13].

Eine weitere Möglichkeit ist die skizzenhafte Darstellung relevanter Anlagenteile über eine grafische Benutzungsschnittstelle. Die Auswahl der Feldgeräte findet hierbei über einen berührungssensitiven Bildschirm oder über Softkeys statt [12]. Für den Datenaustausch werden funkbasierte Technologien verwendet (Bild 1). Beide Interaktionsprinzipien sind in der Industrie im Einsatz.

Die zweite Gruppe von Identifikationsprinzipien basiert auf mobilen Bediengeräten, die aus dem Konsumgüterbereich stammen. Für die mobile Inbetriebnahme, Parametrisierung und Steuerung von industriellen Feldgeräten nutzen Unternehmen gewöhnliche Smartphones und Tablets.

Zur Initiierung eines Kommunikationsaufbaus benötigen diese Identifikationsmethoden zum Beispiel einen Berührungskontakt zwischen Bedien- und Feldgerät. Dadurch wird sichergestellt, dass der Datenaustausch mit dem richtigen Kommunikationspartner stattfindet. Diese Art von Berührungskontakt wird auch als Touch-and-Connect-Prinzip bezeichnet. Zur Realisierung stehen unterschiedliche, passive Datenspeicher, wie magnetische und elektrische Identifier zur Verfügung (RFID, NFC, WLAN). Alternativ dazu lassen sich optische Datenspeicher (1D/2D-Barcode, QR-Code) verwenden, die mit der im Bediengerät integrierten Kamera erfasst werden. Dadurch wird ein ad-hoc-Kommunikationsaufbau unterstützt, ohne dass eine Vorkonfiguration oder -programmierung notwendig ist.

Die wesentlichen Aspekte der zweiten Methodengruppe sind die intuitive Identifikation der Feldgeräte, die automatische Konfiguration der Kommunikationsschnittstelle sowie die Organisation von Mehrnutzerverhalten und die sichere Handhabung von N:M-Kommunikationsverbindungen [1, 7].

2. ANSATZ ZUR INTUITIVEN ERSTKOMMUNIKATION

Der Verbindungsaufbau mittels eines universellen Bediengeräts zwischen Nutzer und Feldgerät stellt den ersten Schritt der Interaktion dar. Hierfür muss das zu verbindende Feldgerät durch das Bediengerät identifiziert werden. Heute sieht der Ablauf für den Aufbau einer industriellen Erstkommunikation zu einem Feldgerät vor, dass der Typ des Feldgeräts anhand Dokumentationen oder Typenschildern ermittelt, die Konfigurationsparameter nachgeschlagen und diese Parameter in die oftmals proprietären Konfigurationsumgebungen der beiden Kommunikationsparameter eingetragen werden. Dies geschieht meist textuell über Auswahllisten, wobei vorkonfigurierte, verfügbare Geräte zur Auswahl stehen, oder alternativ mittels einer grafischen Darstellung der Anlage.

Ist die Erstkommunikation aufgebaut, ergeben sich für den Spezialfall mobiler Bediengeräte weitere Herausforderungen (zum Beispiel Zugriffsrechte und Mehrnutzerverhalten). Aufgrund des mobilen Charakters dieser Geräte ist es einem Nutzer nicht möglich, festzustellen, ob noch ein weiterer Nutzer mit dem industriellen Feldgerät verbunden ist. Diese Unsicherheit birgt viele mögliche Fehlerquellen. Im Fall der simultanen Bedienung (zum Beispiel Interaktion mit Robotern im Gefahrenbereich) können sich diese von Produktionsausfällen bis hin zu Gefahrensituationen erstrecken (Bild 2).

Es hat sich gezeigt, dass ein Informationsdefizit für den Einsatz von mobilen Bediengeräten zur Kommunikation mit zuvor unbekanntem industriellen Geräten für den Anwen-

dungskontext einer wandlungsfähigen Fabrik besteht. Die notwendigen Voraussetzungen müssen geschaffen werden, um ein mobiles Bediengerät intuitiv und effizient in einer wandlungsfähigen Fabrikumgebung an zuvor unbekannte, industrielle Geräte und deren Kontext unter Berücksichtigung der funktionalen Sicherheit zu adaptieren (Bild 3).

2.1 Konzeptionelle Anforderungen

Der intuitive und sichere Verbindungsaufbau zwischen Feldgeräten und mobilen Bediengeräten stellt ein wesentliches Kriterium dar, um die notwendige Akzeptanz von mobilen Systemen zu erreichen. Deshalb muss die Frage nach der automatischen Konfiguration der Kommunikationsschnittstelle beantwortet werden. Dafür müssen generische Attribute erhoben werden, welche die verschiedenen, direkten und indirekten Zugangsmöglichkeiten zu industriellen Feldgeräten, deren Kommunikationsschnittstellen und zusätzlich den aufgabenspezifischen Kontext berücksichtigen, wie die Nutzeranforderungen und das Mehrnutzerverhalten. Auf Grundlage der erhobenen Attribute lässt sich ein generisches Datenformat entwickeln, welches den Anforderungen eines automatischen Kommunikationsaufbaus genügt [7].

Bei der technischen Realisierung gilt es, die beiden grundlegenden Anforderungen der intuitiven Identifikation und der automatischen Konfiguration zu einer ge-

meinsamen Methode zu überführen: Auf Grundlage des generischen Datenformats soll ein gerätespezifisches Datenformat abgeleitet werden, welches im Moment der Identifikation übertragen wird. Diese Informationen werden auf passiven Datenspeichern direkt am Feldgerät hinterlegt. Diese kombinierte Methode wurde in der SmartFactory-KL umgesetzt und evaluiert.

2.2 Technologischer Ansatz

Kern des Konzeptes zur nutzerfreundlichen Erstkommunikation zwischen einem stationären Feldgerät und mobilen Bediengeräten ist ein Referenzmodell, welches alle für den initialen Kommunikationsaufbau relevanten Informationen in Form eines passiven Datenspeichers direkt am Feldgerät hinterlegt [16, 17].

Die Etablierung des generischen Kommunikationsaufbaus zwischen zwei unbekanntem Feldgeräten stellt eine vielschichtige Herausforderung dar. Es wurde ein Konzept erarbeitet, welches die wesentlichen Informationen für den Kommunikationsaufbau zwischen einem industriellen Feldgerät und einem mobilen Bediengerät zusammenstellt und dadurch den automatischen Kommunikationsaufbau ermöglicht.

Grundlagen digitaler Datenspeicher

Die Kommunikationsschnittstelle sowie das Feldgerät selbst werden durch das generische Schnittstellenmodell

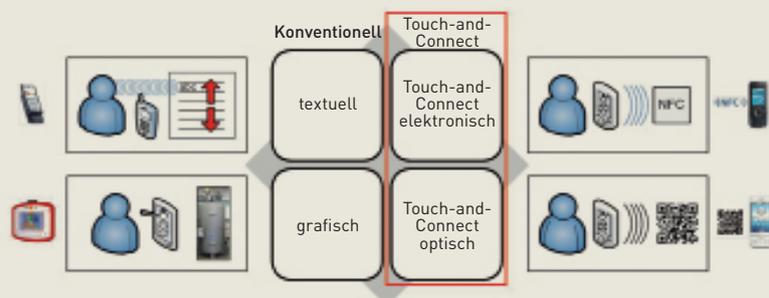


BILD 1: Übersicht Identifikationsmethoden mobiler Bediensysteme

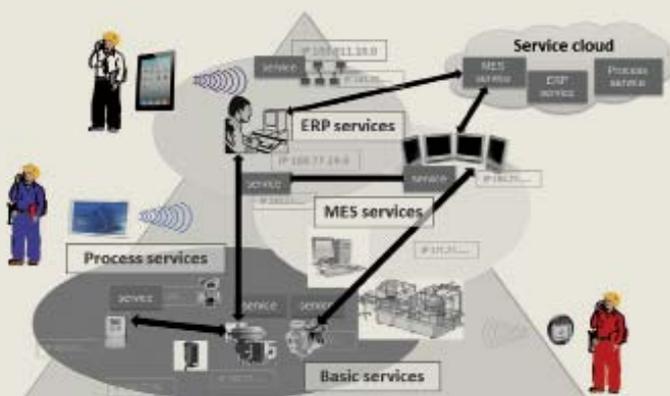


BILD 2: Vernetzte Automatisierung und Einsatz mobiler Bediensysteme [11]

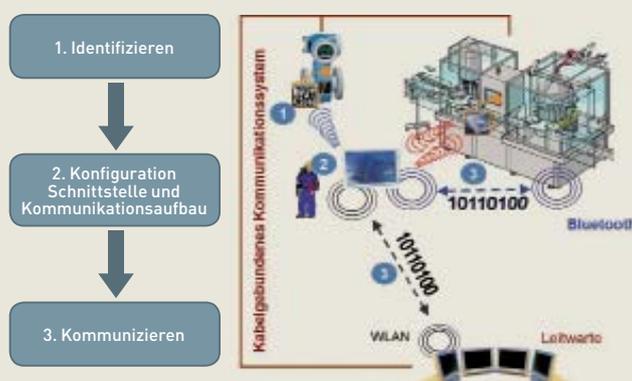


BILD 3: Vorgehensweise zur generischen Geräteidentifikation mittels Touch and Connect [15]

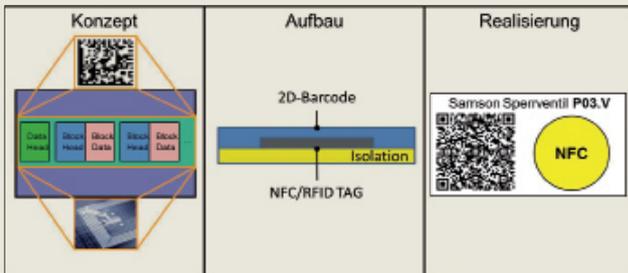


BILD 4: Universeller Geräte-Identifizierer



BILD 6: Realisierung in der SmartFactory-KL

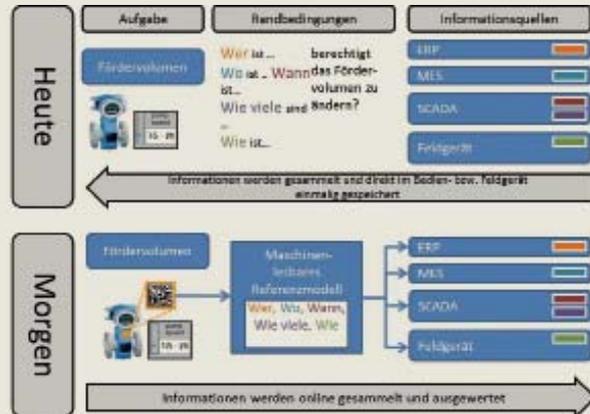


BILD 5: Ermittlung des Kommunikationskontexts [15]

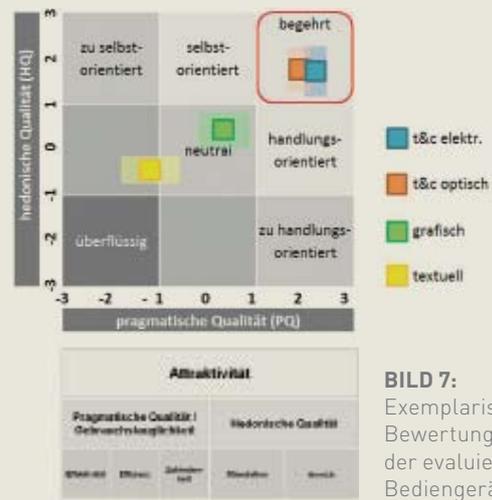


BILD 7: Exemplarisches Bewertungsportfolio der evaluierten Bediengeräte [20]

beschrieben. Hierbei ist es wichtig, alle relevanten Informationen einzubeziehen. Der Nutzer kann dadurch identifiziert und die Zugriffsrechte innerhalb eines Mehrnutzersystems verwaltet werden. Alle Informationen werden auf einem passiven Datenspeicher hinterlegt, welcher direkt an dem entsprechenden Feldgerät angebracht wird.

Die neuen Identifikationsmethoden basieren auf einem generischen Referenzmodell. Unterschiedliche, passive Datenspeicher unterstützen einen ad hoc Kommunikationsaufbau, ohne dass dabei eine Vorkonfiguration oder -programmierung notwendig ist. Diese Identifikationsmethoden benötigen lediglich einen physikalischen Verbindungsaufbau zwischen Bediengerät und dem jeweiligen Identifier. Es wird zwischen elektrischen und optischen Identifikationsmethoden unterschieden.

Ein großer Vorteil von Barcodes und RFID- beziehungsweise NFC-Technik ist, dass Daten oder Informationen codiert und von einem Lesegerät schnell eingele-

sen werden können [9]. Da der Aufbau und die grundsätzliche Vorgehensweise bei RFID- und NFC-Systemen identisch sind, findet zwischen den beiden passiven Datenspeichern keine Differenzierung statt. Im Gegensatz zur RFID-Technologie muss im Fall der optischen Datenspeicherung mittels eines Barcodes eine Sichtverbindung bestehen, um eine Datenübertragung zu initiieren (Bild 4).

Optische und elektrische Identsysteme

Optische Identsysteme, wie sie in der Industrie zum Einsatz kommen, dienen meist zur automatischen Datenspeicherung und -erfassung. Es gibt eine Vielzahl solcher Systeme, die sich in ihrer Leistungsfähigkeit und in den Kosten stark unterscheiden. Altbewährte und kostengünstige Systeme für die Massen Anwendungen im Bereich der Warenkennzeichnung sind ebenso vorhanden wie zuverlässige und fälschungssichere Systeme in der Personenidentifikation [8].

RFID ist wie die 1D-/2D-Codierverfahren für die Erfassung, Speicherung und Weitergabe von Informationen verwendbar und ermöglicht mittels eines elektromagnetischen Feldes [9] eine berührungslose Kommunikation, die keinen Sichtkontakt erfordert. Informationen werden über dieses Feld durch den Sender an den Empfänger übertragen [10]. NFC ist ebenfalls eine kontaktlose Technologie zum Austausch von Daten und Nachrichten über kurze Distanzen. NFC verwendet bestehende Standards im Bereich von RFID-Technologien und Chipkarten und basiert somit auf einer erprobten und ausgereiften Methode. Im Gegensatz zu Bluetooth oder anderen drahtlosen Kommunikationsnetzwerken sieht der Einsatz vor, dass jede Aktion mit einer bewussten Annäherung an ein NFC-Tag verbunden ist und somit mit einer eindeutigen und willentlichen Zuordnung [8]. Ein NFC-Tag ist - entsprechend dem RFID-Tag - ein passiver Datenspeicher, auf dem Daten hinterlegt werden, die ein NFC-fähiges Smartphone lesen kann.

2.3 Kontextinformationen

Bei der Kommunikation mit einem Feldgerät mittels Smartphone und Tablet müssen unterschiedlichste Randbedingungen beachtet werden, bevor eine Bedienung möglich ist. In der industriellen Praxis werden viele dieser Bedingungen durch den Maschinenbediener überprüft, und falls die Voraussetzungen nicht gegeben sind, mit Hilfe seines Expertenwissens nachträglich bereitgestellt. Ist dieses Expertenwissen nicht vorhanden, ist eine Bedienung oft nur mit erhöhtem Zeitaufwand zu realisieren. Ausgehend von einem automatischen Kommunikationsaufbau mittels eines mobilen Bediengeräts resultiert die Anforderung, dieses Wissen formal zu beschreiben (Bild 5).

Nutzerspezifischer Kontext

Die Interaktion mit industriellen Feldgeräten setzt die Berücksichtigung von unterschiedlichen Nutzerqualifikationen, Zugriffsrechten der Nutzer und Aufgabenprioritäten voraus (Wer ist berechtigt eine Aufgabe durchzuführen?). Die Integrität, Vertraulichkeit und Verfügbarkeit von Informationen soll sichergestellt werden. Safety und Security spielen dabei eine übergeordnete Rolle. Die Zugriffsberechtigungen der verschiedenen Anwender müssen bei Mehrnutzersystemen zentral geregelt werden (Wie viele Nutzer dürfen gleichzeitig interagieren?). Dabei werden die Anwender in Nutzergruppen eingeteilt, denen über Prioritätsklassen Zugriffsrechte erteilt werden. Die Ausprägungen der Zugriffsrechte sind unter anderem von der Qualifikation des Anwenders und der aktuell durchgeführten Aufgabe abhängig. So hat zum Beispiel ein Wartungstechniker andere Aufgabenbereiche als der Maschinenführer.

Gerätespezifischer Kontext

Die Konfiguration einer sicheren Kommunikationsschnittstelle spielt vor allem in Bezug auf eine auszuführende Aufgabe eine große Rolle (Wie muss eine Kommunikationsschnittstellen parametrisiert sein?). Dies beinhaltet die Störsicherheit der Verbindung und die zugesicherten Laufzeiten der Signale. Für industrielle Feldgeräte bedeutet dies die Berücksichtigung einer

Vielzahl von möglichen Kommunikationsschnittstellen. Unter der Annahme, dass ein universelles Bediengerät alle diese Schnittstellen bereitstellen kann, wurde eine Möglichkeit geschaffen, universelle Bediengeräte automatisch entsprechend den Anforderungen der Kommunikationsschnittstelle des Feldgeräts zu konfigurieren.

Die Frage nach der Aufgabefreigabe hängt meist von dem aktuellen Zustand der gesamten Produktionseinheit ab (Wann darf interagiert werden?). Eine reine Beobachtungsaufgabe des Nutzers ist bei jedem Anlagenzustand möglich. Die Änderung von Parametern ist jedoch nur unter gewissen Randbedingungen und die Bedienung von sicherheitskritischen Funktionen nur bei Anlagenstillstand erlaubt, zum Beispiel bei Instandhaltungsarbeiten in einer Roboterzelle.

2.4 Mehrnutzerverhalten und Rechtevergabe

Durch den mobilen Charakter des universellen Bediengeräts ist eine Freigabe für einen einzelnen Nutzer nicht ausreichend. Deshalb wurde eine Mehrnutzerverwaltung konzipiert, welche den Grundstein legt, um eine simultane Bedienung industrieller Anlagen zu ermöglichen.

Dazu ist es notwendig, den aktuellen Status bezüglich der Nutzerinteraktion eines Feldgeräts zu kennen. Durch die Server-Anmeldung des Nutzers mittels eines universellen Bediengeräts und der Anfrage auf Freigabe eines spezifischen Feldgeräts ist lediglich die Information vorhanden, dass ein Nutzer ein Gerät durch sein universelles Bediengerät identifiziert hat. Der Nutzer-Server hat jedoch keinerlei Informationen darüber, ob ein Nutzer tatsächlich mit dem Feldgerät interagiert. Daher müssen zwischen dem Bediengerät und dem Nutzer-Server weitere Informationen bezüglich des Nutzerverhaltens übermittelt werden. In einem ersten Schritt genügt es, den Nutzer-Server über den Zeitpunkt zu informieren, wann ein Nutzer in Interaktion mit dem Feldgerät getreten ist und zu welchem Zeitpunkt er diese Operation abgeschlossen hat. Das heißt, ein Nutzer ist über eine reine Beobachtung von Prozessparametern hinaus mit der Prozessbedienung, der Parametrierung oder der Konfiguration des Feldgeräts beschäftigt [7].

Alleine auf Basis dieser Information ist der Server in der Lage, weiteren Nutzern, die über die reine Prozessbeobachtung hinaus Operationen an dem Feldgerät durchführen wollen, den Zugriff zu verweigern und diese über den aktuellen Nutzer zu informieren. Durch diese Information können zusätzliche Nutzer mit dem aktuellen Nutzer in Kontakt treten und die nächsten Schritte planen.

3. EVALUATION MOBILER BEDIENKONZEPTE

Bei der Interaktion mit Feldgeräten in der wandlungsfähigen Fabrik muss der Mensch als Nutzer die bestmögliche Unterstützung erhalten, um die flexible Produktion effizient und zuverlässig zu gestalten. Daher sollte die nutzerfreundliche Gestaltung zukünftiger Produktionssysteme im Vordergrund jeglicher Entwicklung stehen [1, 2]. Das Konzept der generischen Geräteidentifikation wurde deshalb unter realitätsnahen Bedingungen hinsichtlich der Gebrauchstauglichkeit und der Nutzerfreundlichkeit evaluiert.

3.1 Testumfeld SmartFactory-KL und Testbedingungen

Die SmartFactory-KL ist eine Technologieinitiative mit dem Ziel, innovative Industrieanlagentechnik mit einer weiten Bandbreite von Anwendungen in den verschiedensten Wirtschaftsbranchen zu entwickeln. Zusätzlich soll deren Anwendung und Verbreitung gefördert und die Grundlage für eine breite Nutzung innovativer Techniken in Wissenschaft und Praxis geschaffen werden. Dabei verkörpert sie die Visionen modernster Produktionsumgebungen der nächsten Generation (Bild 6).

Durch die Implementierung der Methoden zur Geräteidentifikation und die Durchführung der experimentellen Untersuchung in der SmartFactory-KL wurde für ein realistisches Testumfeld gesorgt. Die experimentelle Untersuchung wurde mit repräsentativen Testpersonen durchgeführt.

Für die Usability-Tests wurden Hypothesen aufgestellt, die im Zusammenhang mit der experimentellen Untersuchung überprüft wurden. Die generelle Hypothese, dass die Methoden zur Geräteidentifikation, die auf dem

Touch-and-Connect-Prinzip basieren, eine höhere Gebrauchstauglichkeit beziehungsweise Nutzerfreundlichkeit aufweisen als die konventionellen Methoden zur Geräteidentifikation, konnte im Rahmen dieser experimentellen Untersuchung überprüft werden.

3.2 Usability-Evaluation

Gegenstand der experimentellen Untersuchung war der aufgabenbasierte Erstkommunikationsaufbau zu einem industriellen Feldgerät, weshalb die Untersuchungsschwerpunkte ausschließlich auf dem Identifikationsvorgang und dem initialen Kommunikationsaufbau lagen.

Messgrößen

Um aussagekräftige Ergebnisse hinsichtlich der Usability zu erzielen, wurden gemäß DIN 9241-11 die Messgrößen Effektivität und Effizienz, die zusammen Auskunft über die Robustheit geben, und Zufriedenstellung berücksichtigt.

REFERENZEN

- [1] Floerchinger, F., Schmitt, M.: A Concept for a user-friendly first Communication Initiation between Stationary Field Devices and Mobile Interaction Devices. In: Proc. 18th IFAC World Congress, S. 1614-1619, IFAC 2011
- [2] Zuehlke, D.: SmartFactory – From Vision to Reality in Factory Technologies. In: Proc. 17th IFAC World Congress, S. 82-89, IFAC 2008
- [3] Zuehlke, D.: SmartFactory – Towards a factory-of-things. Annual Reviews in Control 34, S. 129-138, 2010
- [4] Terwiesch, P., Ganz, C.: Trends in Automation. In: Nof (Hrsg.), Springer Handbook of Automation, S. 127-143, Springer, Berlin, 2009.
- [5] Roussos, G., Marsh, A. J., Maglavera, S.: Enabling Pervasive Computing with Smart Phones, IEEE Pervasive Computing 4(2), S. 20-27, 2005
- [6] Joehnsen, O.: Flexibilität und Verfügbarkeit erhöhen - Anlagenweites mobiles Bedienen und Beobachten. IT Production 9, S. 22-24, 2010
- [7] Flörchinger, F.: Entwicklung einer generischen Geräteidentifikation zur Erstkommunikation mit industriellen Feldgeräten mittels mobiler Bediensysteme. Dissertation TU Kaiserslautern, 2012
- [8] Kern, C. J.: Anwendung von RFID-Systemen. Berlin, Springer 2007
- [9] Ziegler, J., Urbas, L.: Advanced Interaction Metaphors for RFID-Tagged Physical Artefacts. In: Proc. IEEE Int. Conf. on RFID-Technologies and Applications, S. 73-80, doi:10.1109/RFID-TA.2011.6068619
- [10] Finkenzeller, K.: RFID-Handbuch : Grundlagen und praktische Anwendungen induktiver Funkanlagen, Transponder und kontaktloser Chipkarten. München, Hanser 2006
- [11] Zuehlke, D.: SmartFactory – A Vision becomes Reality. In: Proc. 13th IFAC Symposium on Information Control Problems in Manufacturing (INCOM 09), S. 31-39. Moskau, ICS/RAS 2009
- [12] Schnurrer, M., Görlich, D.: Entwicklung eines universellen Bediengerätes zur drahtlosen und mobilen Interaktion. In: Tagungsband AUTOMATION 2010, S. 401-405, Düsseldorf, VDI 2011
- [13] Görlich, D., Stephan, P., Quadflieg, J.: Demonstrating Remote Operation of Industrial Devices using Mobile Phones. In: Proc. 4th Int. Conf. Mobile Technology, Applications and Systems, S. 482-485, ACM 2007
- [14] Meixner, G.: Mobile Interaktionstechniken in der Fabrik der Zukunft. atp edition - Automatisierungstechnische Praxis 54(12), S. 48-54, 2011
- [15] Flörchinger, F., Seißler, M.: A concept for a first communication initiation for ambient intelligent industrial environments. In: Proc. 1st Int. Joint Conf. on Ambient Intelligence, S. 270-275., Springer, Berlin, 2011
- [16] Wahlster, W., Kröner, A., Schneider, M., Baus, J.: Sharing Memories of Smart Products and their Consumers in Instrumented Environments, it – Information Technology 50(1), S. 45-50, 2008
- [17] Stephan, P., Floerchinger, F.: Das Produkt als Informationsträger – Digitale Produktgedächtnisse als Medium zur Kommunikation in heterogenen Wertschöpfungsketten. In: Tagungsband AUTOMATION 2010, S. XXX-von - XXX-bis. Düsseldorf, VDI 2010
- [18] Meixner, G., Petersen, N., Koessling H.: User Interaction Evolution in the SmartFactoryKL. In: Proc. 24th BCS Int. Conf. Human Computer Interaction, S. XXX-von - XXX-bis. [XXX-Verlagsort,] XXX-Verlag 2010
- [19] Verclas, S., Linnhoff-Popien, C. (Hrsg): Smart Mobile Apps. Mit Business-Apps ins Zeitalter mobiler Geschäftsprozesse. München, Springer, 2010
- [20] Hassenzahl, M., Burmester, M., Koller, F.: AttrakDiff: Ein Fragebogen zur Messung wahrgenommener hedonischer und pragmatischer Qualität. In: Tagungsband Mensch & Computer 2003, S. 187-196, Teuber, 2003

- **Effektivität:** Wurde die Anwendungsaufgabe korrekt und vollständig ausgeführt?
- **Effizienz beziehungsweise Produktivität:** Wurde die Aufgabe innerhalb eines akzeptablen Zeitrahmens abgeschlossen?
- **Zufriedenheit:** Sind die Anwender mit der Interaktion zufrieden?

Die Interaktion bezeichnet in diesem Zusammenhang das wechselseitige Aufeinanderwirken von Benutzer und Bediensystem. Sicherheitsaspekte spielten im Zuge dieser Untersuchung keine Rolle und wurden deshalb nicht als Messkriterium aufgenommen.

Evaluationsauswertung

Die Auswertung der experimentellen Evaluation zeigte deutliche Unterschiede zwischen den beiden Gruppen von Identifikationsmethoden, hinsichtlich der festgelegten Untersuchungskriterien. Die im Vorfeld aufgestellten Hypothesen zur Benutzerfreundlichkeit, Robustheit und Attraktivität der evaluierten Geräteidentifikationsmethoden konnten alle durch auswerten der erhobenen Messgrößen bestätigt werden.

Die Identifikationsmethoden, die auf dem Touch-and-Connect-Prinzip beruhen, lagen dabei bei allen Bewertungskriterien deutlich vor den konventionellen Identifikationsmethoden (Bild 7). Die Tatsache, dass der Kommunikationsaufbau alleine durch die Informationen des Referenzmodells initiiert wird, geht mit einem großen Verbesserungspotenzial hinsichtlich der Ergonomie, der Fehlerhäufigkeit und dem Ressourcenverbrauch einher [7].

Während der Evaluation wurde ebenfalls die Zeit erfasst, die jeder Teilnehmer benötigte, um die Aufgaben effektiv zu lösen. Die Zeiterfassung diente als Maß der zeitlichen Effizienz. Im Hinblick auf die Effektivität war von Interesse, wie hoch die Genauigkeit und die Vollständigkeit bei der eigentlichen Aufgabenlösung ist. Die Auswertung zeigte, dass die Touch-and-Connect-basierten Methoden hinsichtlich der Effizienz und Effektivität deutlich besser abschneiden, als die konventionellen Methoden [7].

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Touch-and-Connect-basierten Identifikationsmethoden einen vielversprechenden Ansatz darstellen, der das universelle und mobile Bedienen in Industrieanlagen grundlegend verändern kann. In der Fabrik von morgen können sich Bedien- und Feldgeräte ohne Konfigurationsaufwand verbinden und dem Anwender alle Funktionen entsprechend seiner Qualifikation bereitstellen [1, 7].

FAZIT UND AUSBLICK

Die generische Geräteidentifikation mittels mobiler Bediengeräte für einen nutzerzentrierten und aufgabenbasierten Kommunikationsaufbau stellt einen weiteren Schritt in Richtung intuitiver Mensch-Maschine-Interaktion und damit in Richtung der nutzerfreundlichen Fabrik der Zukunft dar. Das Kernelement der Geräteidentifikation bildet dabei ein Referenzmodell, welches auf passiven Datenträgern abgelegt ist und als eine Art „Anker der realen Welt“ Kontextquellen referenziert. Das angestrebte Ziel der generischen Geräteidentifikation ist, Daten nicht wie bisher üblich zu sammeln und dem stän-

digen Aufwand der Datenpflege anheim zu fallen, sondern die Daten zum benötigten Zeitpunkt an ihrer Quelle zu ermitteln und zu bewerten. So ist die Schnittstellenbeschreibung direkt am Feldgerät hinterlegt. Die Nutzerqualifikation ist wiederum der Personaldatenbank zu entnehmen.

Die Ergebnisse der Evaluation haben gezeigt, dass sich weiteres Engagement im Bereich der generischen Geräteidentifikation lohnt. Der Einsatz von mobilen Bediengeräten, insbesondere von Smartphones und Tablets, bietet den Vorteil, dass kostspielige, stationäre Schnittstellen eingespart werden können. Außerdem ist die Akzeptanz des Nutzers durch die weite Verbreitung solcher Geräte auf dem Konsumermarkt gewährleistet. Damit stellt die Verwendung von Smartphones und Tablets einen vielversprechenden Ansatz zur mobilen und universellen Bedienung im industriellen Umfeld dar.

MANUSKRIPTEINGANG
01.10.2012

Im Peer-Review-Verfahren begutachtet

ANMERKUNG

Das Konzept der generischen Geräteidentifikation zur Erstkommunikation wurde im Rahmen der Dissertation von Herrn Dr.-Ing. Flörchinger entwickelt und umgesetzt. Er ist seit Oktober 2011 für die BASF SE im Arbeitsgebiet Manufacturing Execution Systems der Fachzentren für Automatisierung und Elektrotechnik tätig.

AUTOREN



Dipl.-Wirtsch.-Ing. **MATHIAS SCHMITT** (geb. 1983) ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Deutschen Forschungszentrum für künstliche Intelligenz (DFKI) in Kaiserslautern. Im Bereich Innovativer Fabrikssysteme beschäftigt er sich unter anderem mit der Entwicklung von innovativen Bedienkonzepten im industriellen Umfeld.

**Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz GmbH,
Trippstadter Straße 122, D-67663 Kaiserslautern,
Tel. +49 (0) 631 2 05 75 34 16, E-Mail: mathias.schmitt@dfki.de**



Prof. Dr.-Ing. **DETLEF ZÜHLKE** (geb. 1949) leitet den Forschungsbereichs Innovative Fabrikssysteme (IFS) am Deutschen Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz (DFKI) in Kaiserslautern. Er ist Inhaber des Lehrstuhls für Produktionsautomatisierung (pak) an der Technischen Universität in Kaiserslautern.

**Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz GmbH,
Trippstadter Straße 122, D-67663 Kaiserslautern,
Tel. ???, E-Mail: ???**