

Bild 1. Blick in die Demonstrationsfabrik Aachen: Ziel ist die enge Verzahnung von Praxis, Forschung und Weiterbildung.



Transparenz „auf Knopfdruck“

Ortungsbasierte Auftragsverfolgung in der manuellen Montage

Mangelnde Transparenz über den Bearbeitungsstatus und das händische Erfassen von Ist-Zeiten sorgen auch heute noch oft für Probleme in der manuellen Montage. Insbesondere für mittelständische Produktionsbetriebe ist die aufwandsarme Erzeugung qualitativ hochwertiger Rückmeldedaten jedoch eine große Herausforderung. Einen innovativen Industrie 4.0-Ansatz bietet eine integrierte Sensoriklösung, die durch ortungsbasierte Auftragsverfolgung automatisch Rückmeldedaten generiert sowie im ERP (Enterprise Resource Planning)-System verarbeitet.

Bei zahlreichen Betrieben stehen die kontinuierliche Optimierung des Produktionsprozesses und das Vermeiden von Verschwendung im Fokus. Durch die rasante Entwicklung moderner Informations- und Kommunikationstechniken (IKT) eröffnet Industrie 4.0 nun Unternehmen weitere, völlig neue Möglichkeiten, komplexe Produktionssysteme und Prozesse zu verstehen und zu beherrschen. Im Mittelpunkt steht dabei die echtzeitfähige, „intelligente“, horizontale und vertikale Vernetzung von Menschen, Maschinen, Objekten sowie IKT-Lösungen zum dynamischen Management komplexer Systeme. Daraus leiten sich neue Formen der Kollaboration über alle

Ebenen des Unternehmens ab, welche die Zusammenarbeit zwischen Mensch und Maschine grundlegend verändern.

Produktion durch „intelligente“ Sensorik unterstützen

Die Demonstrationsfabrik auf dem RWTH Aachen Campus bietet im universitären Umfeld die einzigartige Möglichkeit, gemeinsam mit Industrie und universitären Partnern Fragestellungen der Industrie 4.0 anhand einer realen Fertigung empirisch zu untersuchen. Forschungspartnern wird auf diese Weise die Möglichkeit zuteil, anhand realer Produktionsdaten zum Beispiel Fertigungssteuerungsprinzipien, Montagekonzepte oder Layout-Alternativen zu erproben und quantitativ zu bewerten. Die Demonstrationsfabrik gestattet beispielsweise die Integration aktueller Sensor-Technologien und lässt anhand von realen Rückmeldedaten die Untersuchung der Auswirkungen von Industrie 4.0 auf die Planung und Steuerung der Produktion zu.

Um einerseits administrative Prozesse im Fertigungs- und Montageablauf zu reduzieren und andererseits die Transparenz im

Prozess für notwendige Optimierungen zu erhöhen, bietet die ortungsbasierte Auftragsverfolgung in der manuellen Montage einen Industrie 4.0-Lösungsansatz mit hohem Nutzenpotential. Die Möglichkeiten dieser Lösung wurden in der Demonstrationsfabrik in einem gemeinsamen Projekt mit dem Werkzeugmaschinenlabor WZL und dem FIR der RWTH Aachen, der itelligence AG sowie dem Sensorik-Spezialisten Ubisense erfolgreich realisiert, **Bild 1**.

Basis dafür bietet die manuelle Montage eines Elektro-Kleinfahrzeugs, welches in Prototypen- und Vorserie in der Demonstrationsfabrik produziert wird. Dabei werden in Echtzeit Positionsdaten über eine Schnittstelle zum SAP-System übermittelt und automatisch ausgewertet, um Prozesse in der Montage zu automatisieren und die Transparenz für die Montageplanung und -steuerung zu steigern. Gerade im Hinblick auf die zukünftigen Herausforderungen wie komplexere Fertigungsprozesse, variantenreichere Produkte sowie immer kleinere und kundenindividuellere Losgrößen gilt es, die Produktion zu dynamisieren und die Komplexität beherrschbar zu gestalten. Durch die ortungsbasierte Auftragsverfolgung kann eine papierlose Produktion abgebildet und der administrative Aufwand für den Werker entscheidend verringert werden.

Mit Sensorik zu mehr Transparenz

Das „Real-Time-Location-System“ (RTLS) von Ubisense kombiniert eine echtzeitfähige Software mit einer Hardware-Kommu-

Autoren

Dr. **Thomas Gartzten**, Jahrgang 1979, studierte Maschinenbau an der RWTH Aachen. Heute ist er Geschäftsführer der Demonstrationsfabrik Aachen.

M.Sc. **Marco Molitor**, Jahrgang 1987, studierte Wirtschaftsingenieurwesen an der Hochschule Mannheim und war vier Jahre bei einem Automobilzulieferer tätig. Heute ist er als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Werkzeugmaschinenlabor WZL der RWTH Aachen tätig.



Bild 2. Die echtzeit-funkbasierte Ortungslösung „Real-Time-Location-System“ (RTLS) sorgt für mehr Überblick in der Montage.

nikationskomponente in Form von Sensorik, sodass durch eine kontinuierliche Ortung über Transponder und Sensorik Fahrzeuge, Objekte oder auch Personen in Echtzeit geortet werden können. Die Ortungsgenauigkeit der verschiedenen Objekte liegt beim derzeitigen Stand der Technik im industriellen Umfeld unter 30 cm. Insgesamt hat die Sensorik eine Reichweite von circa 100 m.

Bei einem echtzeit-funkbasierten Ortungssystem bekommt typischerweise jedes zu erfassende Objekt einen mobilen Transponder, **Bild 2**. Ein oder mehrere in der Örtlichkeit fest installierte Sensoren erfassen die mobilen Transponder und schaffen eine Schnittstelle zur IT-Infrastruktur. Über einen Lokalisierungs-server werden dabei die jeweiligen Positionen der Transponder errechnet und der Anwendung zur Verfügung gestellt. Durch die Nutzung der in Echtzeit generierten Lokalisierungsinformationen können beispielsweise Montagefortschritte in einer Montagestraße festgehalten werden.

Die nach der Auftragsfreigabe oft schwierige Nachverfolgung des Montagestatus lässt sich mithilfe der RTLS-Sensorik in Echtzeit passiv bestimmen. Passiv bedeutet in diesem Zusammenhang, dass der Mitarbeiter nicht aktiv den aktuellen Status über ein Terminal zurückmelden muss, sondern dieser Vorgang passiv durch die genaue Ortungsmöglichkeit der am Montagewagen angebrachten Transponder geschieht. Die Daten können zum Beispiel in der Ubisense-3D-Visualisierung dargestellt oder durch das „intelligence-Add-On“ im SAP weiter verarbeitet werden. Das Real-Time-Location-System hat zu diesem Zweck ein hochpräzises Echtzeitortungssystem im Ultra-Wideband (UWB) integriert, das in der Demofabrik zum Einsatz kommt, **Bild 3**.

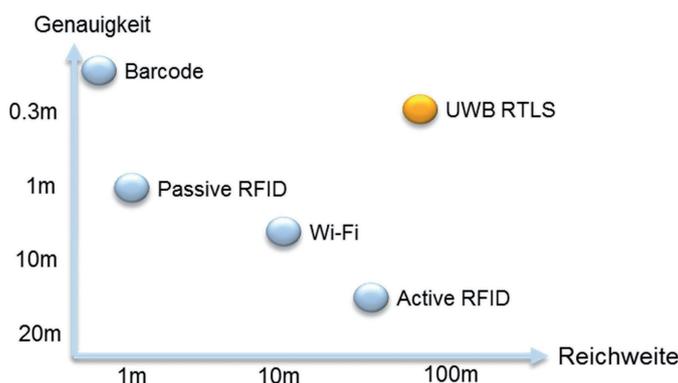


Bild 3. Nahbereichskommunikationssysteme im Vergleich.

Bei UWB handelt es sich um einen Ansatz, der insbesondere für die Nahbereichskommunikation geeignet ist. Grundsätzlich besteht das gesamte Frequenzspektrum aus Schallwellen, elektromagnetischen Wellen und Lichtwellen. Der Frequenzbereich bezeichnet dabei Teilbereiche des elektromagnetischen Spektrums, die zur technischen Kommunikation verwendet werden.

Im Vergleich zu anderen Technologien nutzt UWB einen extrem großen Frequenzbereich zwischen 6–8 GHz in Kombination mit einer Bandbreite von mindestens 500 MHz. Der hohe Frequenzbereich erlaubt dabei eine Übertragungsrates von bis zu 110 Mb/s. Für die Ubisense-Ortung ist die Übertragungsrates nebensächlich, da nur der Funkimpuls zur Positionsbestimmung genutzt wird. Der wesentliche Unterschied zu anderen Funktechnologien besteht in der großen Bandbreite: Je größer diese ist, desto mehr Informationen können theoretisch in einer Zeiteinheit übertragen werden. Das UWB-Signal kann somit als ein gestrecktes Signal gesehen werden, auf das keine schmalbandigen Störungen – etwa durch „Wi-Fi“ (22 MHz Bandbreite) – Einfluss nehmen können, da diese nur auf einen kleinen Teil des breiten Signals einwirken.

Das Ortungssystem RTLS besteht aus Hardware-Komponenten wie Tag und Sensor, der Middleware (Location Platform) und „Ubisense Smart Factory“, um Echtzeit-

auswertungen durchzuführen. Vor der Nutzung werden die Sensoren im ausgeleuchteten Bereich montiert und vermessen sowie die Transponder am gewünschten Objekt angebracht. Durch die Nutzung der eingehenden Funksignale der Transponder lässt sich die Position des Objekts bestimmen. Die Sensoren nutzen zur Positionsermittlung des Transponders den Signal-Laufzeitunterschied (TDoA) und den Signal-Einfallswinkel (AoA) und können durch parallele Nutzung beider Ortungsverfahren bereits mit zwei Sensoren eine 3D-Standortbestimmung des Objekts vornehmen.

Mittels eines RTLS ist es möglich, nach nur einmaliger Kalibrierung die Ortung eines Objekts in der Produktion oder Montage zu ermitteln. Die Tag-Kosten sind zwar höher als bei anderen Technologien, jedoch nur einmalig. Die Ortung findet ohne direkten Sensorkontakt statt und kann auch bei sich bewegenden Objekten angewendet werden. Die Voraussetzung ist lediglich ein ausgeleuchteter Fabrikbereich. In der Demonstrationsfabrik geschieht dies über 14 Sensoren, die im Abstand von 16 m aufgehängt wurden. Durch die Definition virtueller Bereiche in der Ubisense Middleware können beim Ein- und Austritt des Tags aus einem definierten Bereich Enter- und Exit-Events erzeugt werden, die dem SAP-System in der Demonstrationsfabrik Aachen über eine Schnittstelle zur Verfügung gestellt werden.

Uwe Zylka, Ubisense-Projektleiter, erläutert: „Mit der Möglichkeit der Statusabfrage von Produktions- und Montagefortschritten in Echtzeit durch RTLS wird der Wertschöpfungsprozess im Unternehmen transparenter. Mit den generierten Echtzeitinformationen können aktuelle Schwachstellen, Störungen und Verschwendungen aufgedeckt und optimiert werden – Transparenz ist die Grundlage für zukünftige Optimierungen.“

Auf dem Weg zur papierlosen automatisierten Produktion

Durch die ortungsbasierte Auftragsverfolgung kann eine papierlose Produktion abgebildet und der administrative Aufwand für den Werker bis auf das Notwendigste verringert werden. Eine Herausforderung stellte – neben der Anbindung der intelligence-Webserviceschnittstelle zwischen SAP und dem Ubisense-System – die Auswertung der Daten und die Umwandlung in

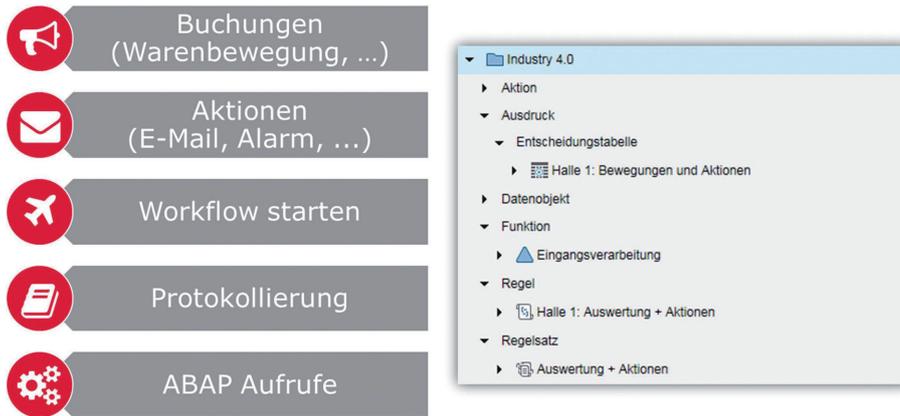


Bild 4. Das Regelwerk wird von der Firma itelligence mithilfe der SAP-Transaktion „BRFplus“ abgebildet.

Kundennutzen / Nutzenpotentiale

- Hochautomatisierte, sich selbst steuernde, schnelle Montage- und/oder Produktionsprozesse
- Reduzierung der Prozesskosten durch automatische Buchungen
- Generierung von Echtzeitdaten
- Nachverfolgbarkeit sowie visualisierte Darstellung von Materialflüssen – durchgängig über den gesamten Montage- und/oder Produktionsprozess
- Maximale, systemunterstützte Fehlerreduktion während des gesamten Fertigungsprozesses
- Möglichkeit der deutlichen Reduktion von „Pufferlagern“ in der logistischen Kette insbesondere in der Fertigung

→ Minimierung der Gesamtherstellkosten

Bild 5. Übersicht über den Kundennutzen dank der verbesserten Transparenz in der Produktion.

Rückmeldedaten dar. Genau diese Lücke konnte der IT-Dienstleister und SAP-Spezialist itelligence schließen: Die Sensorik ließ sich direkt mit den Funktionen des SAP-Backend verbinden. Dies gestattet, automatisiert Aktionen zum Fertigungsauftrag wie Zeitereignisse oder Materialbuchungen anzustoßen. Somit ergibt sich eine vollständige detaillierte Übersicht über das Fertigungsgeschehen. „Die Rückmeldung von Bearbeitungszeiten, wann ein Zwischenprodukt eine Station verlässt oder betritt, wird dadurch den Menschen im ersten Schritt automatisiert abgenommen und im ERP-System synchronisiert. Gleichzeitig werden Echtzeitpositionsdaten im SAP-System gespeichert und dienen als Basis für Analysen sowie Prozessoptimierungen“, berichtet itelligence-Projektleiter *Christian Düring*. „Die Aachener Wissenschaftler sind in diesem Umfeld für uns hervorragende Entwicklungspartner, da sie neben einem guten Verständnis der Theorie ein breites Praxiswissen mit sich bringen.“

Vor dem Beginn der Montage wird beim Kommissionieren ein RTLS-Tag angebracht.

Auf einer Bereitstellungsfläche im Lager, welche auch als virtueller Bereich in der Ubisense-Software definiert ist, findet die sogenannte Hochzeit statt. Hier wird der RTLS-Tag mit dem Fertigungsauftrag in SAP mit einer speziellen Transaktion „verheiratet“.

Im weiteren Verlauf wird der Montagewagen auf eine Bereitstellungsfläche in der Montage gebracht. Von hier ausgehend durchläuft der Wagen anschließend die Endmontage. „Administrative Arbeiten werden mit der ortungsbasierten Auftragsverfolgung auf das Notwendigste reduziert, da wir Buchungen (etwa Wareneingang zum Produktionsauftrag) und Aktionen (beispielsweise E-Mail an Fertigungssteuerer) im SAP positionsabhängig vollautomatisch erfassen können. Dazu sind die Bewegung des Wagens und die damit verbundene Positionsänderung ausreichend“, erklärt *Düring*.

Die Endmontage besteht aus drei separaten Arbeitsplätzen, die nacheinander durchlaufen werden. Abhängig von der Position werden Aktionen ausgeführt. Mit

dem Prozessende wird das fertige Erzeugnis eingelagert und die Verknüpfung zwischen Fertigungsauftrag und Objekt in der Entkopplungszone automatisch entfernt.

Durch die übertragene Positionsänderung startet automatisch der erste Montagearbeitsgang, sobald der Wagen mit dem integrierten RTLS-Tag physisch in den Montagebereich gelangt. Die feingranulare Aufteilung der virtuellen Bereiche erlaubt es, jeden einzelnen Montagearbeitsgang zurückzumelden. Voraussetzung für die Ausführung der positionsabhängigen automatischen Buchungen ist der Einsatz des itelligence-Add-On „Echtzeitlokalisierung“ sowie die Definition des Regelwerks im „Business Rule Framework“ der SAP-Standardkomponente „BRFplus“, Bild 4. Die Industrie 4.0-Infrastruktur sorgt mithilfe der Echtzeitpositionsdaten für eine hohe Transparenz in der Produktion. Sie dient als Grundlage für eine nachhaltige Optimierung der Abläufe, denn mit echtzeitfähigen Informationen lassen sich bessere Entscheidungen treffen. Das dabei geschaffene „generische Framework“ von itelligence bietet auch in anderen Unternehmen die Möglichkeit, die über eine Sensorik aufgenommen Daten in Echtzeit zu verarbeiten.

Bild 5 zeigt die Vorteile für den Kunden. Übergeordnetes Ziel ist die Minimierung der Gesamtherstellkosten. Mit der erhöhten Datenqualität und der damit verbundenen feingranularen Identifikation von Stillstandszeiten ist neben einer Reduzierung von Taktausgleichsverlusten eine verbesserte Termintreue verbunden, da die nicht-wertschöpfenden Buchungsvorgänge sinken. Das ebnet auch den Weg hin zur papierlosen Produktion.

Zusammenfassung und Ausblick

Die Aachener Wissenschaftler haben zunächst die entsprechenden Daten aufgenommen. Darüber hinaus wurden im Projekt durch die Digitalisierung und Vernetzung der manuellen Montage die Grundlagen für eine neue Qualität der Transparenz im Fertigungsprozess geschaffen sowie die Effizienz in der Auftragsabwicklung erhöht. Im nächsten Schritt gilt es, auf Basis dieser Daten ein besseres Verständnis über die Wirkzusammenhänge in der Produktion zu entwickeln. Zu diesem Zweck sind die Daten aus der Montage mittels softwarebasierter Mustererkennung systematisch zu analysieren. Auf Basis dieser Analysen lassen sich dann gezielt Verbesserungsansätze ableiten und die Wirksamkeit der Optimierungsmaßnahmen messen. □