

Effiziente Fabrik 4.0

Einzug von Industrie 4.0 in bestehende Produktionssysteme

*Eberhard Abele,
Reiner Anderl,
Joachim Metternich,
Andreas Wank,
Oleg Anokhin,
Alexander Arndt,
Tobias Meudt und
Markus Sauer, Darmstadt*

Zentrale Herausforderungen der Leitmarktperspektive der dualen Strategie des Zukunftsprojekts Industrie 4.0 sind die Vernetzung der zumeist bestehenden Produktionssysteme sowie die Sensibilisierung von insbesondere kleinen und mittelständischen Unternehmen. In diesem Beitrag wird das Forschungsprojekt „Effiziente Fabrik 4.0“ (vorgestellt*). In dessen Rahmen werden bereits realisierte Good Practice-Beispiele analysiert sowie anschauliche Umsetzungskonzepte zur Realisierung in der Prozesslernfabrik CiP aufgezeigt.

Ausgangssituation und Handlungsbedarf

Mit einem Anteil von über 87 Prozent der Unternehmen des deutschen Maschinen- und Anlagenbaus kommen kleinen und mittelständischen Unternehmen eine enorme wirtschaftliche Bedeutung zu [1]. Auf Grund fehlender Fachkräfte wie auch bisher unzureichend publizierter Best Practice-Realisierungen herrschen insbesondere in kleinen und mittelständischen Unternehmen gegenüber den Entwicklungen der Industrie 4.0 noch Skepsis und Zurückhaltung [2]. Das im Folgenden beschriebene Forschungsvorhaben setzt

bei den Herausforderungen der Werterhaltung bereits existierender Betriebsmittel und Ressourcen in bestehenden Produktionssystemen an. Die Besonderheit des hier verfolgten Ansatzes liegt darin, dass kein neues Produktionsumfeld erschaffen, sondern auf der bereits bestehenden Prozesslernfabrik „Center für industrielle Produktivität“ (CiP) an der TU Darmstadt aufgesetzt wird. Es findet eine Betrachtung des gesamten Wertstroms der Produktion eines Pneumatikzylinders mit unterschiedlichen spannenden Bearbeitungsschritten und der eingesetzten IT-Systeme wie Enterprise Resource Planning (ERP) und Manufacturing Execution System (MES)

- Errichtung eines realen Produktionsbetrieb mit bestehendem Produktionssystem nachempfundenen Experimentierfelds, um neue Ansätze der Industrie 4.0 zu erforschen,
- diese hard- und softwareseitigen Implementierungen möglichst vielen Unternehmen, Verbänden sowie Hochschulen und Forschungseinrichtungen zugänglich zu machen, insbesondere aber erleb- und erlernbar zu gestalten sowie
- Entwicklung und Erprobung von Methoden, nach denen sich effizienzsteigernde Ansätze der Industrie 4.0 effektiv und nachhaltig in bestehende Produktionssysteme integrieren lassen.



Bild 1. Effiziente Fabrik 4.0

*) Danksagung

Investitionen dieses Unternehmens wurden von der Europäischen Union aus dem Europäischen Fonds für regionale Entwicklung, vom Land Hessen und der Wirtschafts- und Infrastrukturbank Hessen (WIBank) gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.



statt, ohne das Umfeld von Grund auf neu zu entwickeln. Somit kann dem Anwender veranschaulicht werden, welche Möglichkeiten bestehen und welche Schritte hin zur fortschrittlichen und ressourceneffizienten Produktion mit Hilfe der Vision Industrie 4.0 bei einer bereits bestehenden Produktionslandschaft zu beschreiben sind. Hieraus leiten sich folgende Ziele ab:

Das Forschungsvorhaben Effiziente Fabrik 4.0

Den Ausgangspunkt des Forschungsvorhabens bildet die Durchführung einer umfassenden Studie, welche bereits vorhandene Good-Practice-Beispiele für Industrie 4.0 Anwendungen in produzierenden Unternehmen wie auch in verschiedenen Forschungseinrichtungen

analysiert und bewertet. Aufbauend auf den Ergebnissen der Vorstudie werden in der zweiten Projektphase ausgewählte Industrie 4.0 Anwendungen betrachtet und ihre Anwendungsmöglichkeiten in einer Prozesslernfabrik in Zusammenarbeit mit den Projektpartnern herausgearbeitet. Dieses Vorgehen mündet in der Entwicklung von Anwendungsfällen (sogenannten „Use Cases“) und schließlich der Ableitung von konkreten Umsetzungskonzepten für die bestehende Prozesslernfabrik. Die erarbeiteten Umsetzungskonzepte werden in der dritten Phase anhand der vorliegenden Produktionslandschaft validiert. Dazu werden die definierten Industrie 4.0 Anwendungen hard- und softwareseitig in die Effiziente Fabrik 4.0 integriert und auf dem bereits bestehenden Kennzahlensystem aufgesetzt. Die zuvor erarbeiteten Umsetzungskonzepte und die umgesetzten Lösungen werden letztlich didaktisch aufbereitet und deren Inhalt bzw. Vorgehen im Rahmen von Workshops interessieren, insbesondere kleinen und mittelständischen Unternehmen, aber auch für die Lehre an der Universität vermittelt.

Im Folgenden werden die aus der Vorstudie abgeleiteten Use Cases vorgestellt, die in Zusammenarbeit mit den Projektpartnern erarbeitet werden. Unter einem Use Case wird die Beschreibung einer begrenzten Arbeitssituation im Anwendungsbereich verstanden. Es werden die grundlegenden Handlungen und Umstände benannt, welche erforderlich sind, damit ein Prozess erfolgen kann. Diese Use Cases stellen im Rahmen des Projekts die Anknüpfungspunkte dar, um Effizienzsteigerungen in bestehenden Produktionssystemen durch die Integration von Informations- und Kommunikationstechnologien erzielen zu können.

Einheitliches Datenmanagement und Bauteile als Informationsträger

Für die Realisierung einer effizienten und zukunftsorientierten Produktion im Sinne von Industrie 4.0 sind die Erfassung und die Verarbeitung der Daten, die während der Wertschöpfung anfallen, als essentiell anzusehen. In der Fabrik der Zukunft werden solche Aufgaben ohne Medienbrüche, digital und im optimalen Fall durch entsprechende Algorithmen vollautomatisiert im Hintergrund durchgeführt. Dazu ist neben der Technologie zur Datenerfassung und ihrer Integration

in die Produktion auch die Kommunikation zwischen allen beteiligten Systemen und Betriebsmitteln notwendig. Dabei kommt neben der Übermittlung und Speicherung der Signale insbesondere deren Verarbeitung und Anreicherung zu vollwertigen Informationen eine entscheidende Bedeutung zu.

Die Vision Industrie 4.0 baut auf einer Verschmelzung der physischen Welt mit virtuellen Daten zu Cyber-Physischen Systemen auf. Um diese Verknüpfung zu erreichen, muss eine eindeutige Zuordnung zwischen den realen Objekten und den zugehörigen virtuellen Daten geschaffen werden und somit die Identifikation der Betriebsmittel erfolgen. Die eindeutige und vorzugsweise maschinenlesbare Kennzeichnung realer Bauteile ist daher ein wichtiger Aspekt des Projekts und muss in Abhängigkeit der eingesetzten Fertigungstechnologien, Materialien sowie anfallenden Kosten erfolgen.

Sind nun alle Instanzen der Wertschöpfungskette identifizierbar, können erfasste Daten mit ihnen verknüpft werden. Insbesondere die Kopplung unterschiedlicher Informationen in Echtzeit mit realen Objekten ermöglicht es, Bauteile als Informationsträger einzusetzen und macht damit heutige textuelle Belegtdokumente überflüssig [5].

Das Ziel dieses Umsetzungskonzeptes ist es, die eindeutige Identifikation von Bauteilen und Betriebsmitteln zu realisieren und ein einheitliches Kommunikationssystem bereitzustellen. Dabei liegt ein besonderer Fokus auf der horizontalen und vertikalen Integration verschiedener IT-Systeme zu einer durchgängigen Lösung. Eine horizontale Integration erfolgt hierbei bei Prozessschritten, zwischen denen ein Material-, Energie- und Informationsfluss verläuft, während eine vertikale Integration die verschiedenen Hierarchieebenen anspricht [2]. Hierdurch können Effizienzsteigerungen generiert werden, die in weiteren Anwendungsfällen der Effizienten Fabrik 4.0 erforscht werden.

Papierlose und integrierte Qualitätssicherung in der manuellen Montage

Mittels der oben beschriebenen Vernetzung soll eine papierlose, prozesssichere und automatisierte Qualitätssicherung in der manuellen Montage des Pneumatikzylinders demonstriert werden. Eine konkrete Umsetzung erfolgt an einer

Schraubstation. Die elektronische Schraubstation wird erst dann freigeschaltet, wenn die Qualitätskontrolle alle im Zylinder verbauten Teile erkannt bzw. als „in Ordnung“ freigegeben hat. Anschließend wählt die Schraubstation, entsprechend der vorliegenden Variante, ein Schraubprogramm aus und dem Werker wird eine Arbeitsanweisung angezeigt, wie er seinen Auftrag auszuführen hat. Sollte er dennoch von der vorgeschriebenen Anweisung abweichen, so wird dies dem entsprechenden Mitarbeiter in der Montagelinie angezeigt. Bei der Montage des Zylinders werden zusätzlich Prozesskennzahlen zum Qualitätsnachweis, zum Beispiel Drehmoment oder Streckgrenze, erfasst und der Identifikationsnummer des aktuell in der Bearbeitung befindlichen Pneumatikzylinders zugewiesen. Die Durchgängigkeit der prozessbegleitenden Dokumentation der Produktqualität sowie der Prüfergebnisse erhöht die Transparenz und somit die Prozesssicherheit.

Digitales Wertstromabbild

Kernaspekt des zweiten Umsetzungskonzeptes ist die Digitalisierung des Wertstroms. So sieht dies eine horizontale Integration bzw. Vernetzung der Informationsflüsse entlang des Wertstroms – initiiert durch den physischen Materialfluss und geeignete Auto-ID-Technologien – sowie eine vertikale Vernetzung in übergeordnete Planungs-, Steuerungs- sowie Monitoringsysteme vor. Eben diese Verknüpfung von (bisher) getrennt erhobenen und eingesetzten Daten stellt einen Motivationstreiber von Industrie 4.0 sowie das Potenzial zur Effizienzsteigerung dar [3]. So liegt diesem Umsetzungskonzept die Intention zu Grunde, ein Echtzeitsystemabbild des Wertstroms durch die Verknüpfung verschiedener Daten – hier Maschinendaten aus dem Manufacturing Execution System (MES) sowie Identifikationsprotokollen der individualisierten Werkstücke, Werkstückträger wie auch Behälter – zu erstellen. Auf dessen Basis können Entscheidungen auf verschiedenen Ebenen im Unternehmen effizienter und transparenter getroffen werden.

Der in diesem Konzept hervorzuhebende Nutzen der Integration horizontaler, prozessbegleitender Informationsflüsse zeichnet sich sowohl durch eine erhöhte Bestandstransparenz als auch durch die Möglichkeit zur Reduktion der im Wert-

strom gebundenen Materialbestände aus. Erfolgreiche Umsetzungsbeispiele der horizontalen Integration insbesondere unternehmensübergreifender Informationsflüsse konnten bereits im Rahmen der Studie identifiziert werden und bilden die Basis des beschriebenen Konzeptes.

Im Zuge der vertikalen Integration der Systeme wie auch der erfassten Daten ist es das Ziel, die Durchgängigkeit von Sensorsignalen bis in übergeordnete Planungs- und Steuerungssysteme zu realisieren sowie deren Nutzen durch selbstregulierende Eingriffe bzw. die Ausgabe von Handlungsempfehlungen an dezentraler Stelle in begrenzten Umfängen am Beispiel der Bestände in Supermärkten bzw. der umlaufenden KANBAN-Karten zu demonstrieren. Darüber hinaus sollen aktuelle Leistungskennzahlen der Produktion wie Durchlaufzeiten und Verfügbarkeiten der Anlagen (GAE) aufbereitet und als Grundlage zur Einbindung in einen effektiven und effizienten Verbesserungsprozess bereitgestellt werden.

Condition Monitoring

Die in den vorangegangenen Use Cases angesprochene vertikale und horizontale Integration soll zudem für eine echtzeitfähige Überwachung der Güte des Bearbeitungsprozesses und zum Schutz der Maschinen und Komponenten eingesetzt werden. In Anlehnung an Wang et al. werden dabei die Ebenen Maschine, Prozess und Produkt klassifiziert [4], deren Zustände erfasst und mit Soll-Vorgaben verglichen. Die Herausforderung liegt hierbei in der Anbindung der Betriebsmittel, d.h. der Maschinensteuerungen, Messstationen und weiterer im Produktionsfeld verteilter Sensoren an ein übergeordnetes System, der semantischen Beschreibung der Daten sowie der sicheren Verknüpfung von Produkt- und Prozessdaten. Auf Basis der so gewonnenen Daten ist ein echtzeitfähiges Abbild der Produktion und somit eine Kontrolle des Zustands der Betriebsmittel, des Prozesses und der Produkte möglich. Eine weitere Herausforderung liegt in einer rollenspezifischen Aufbereitung der gewonnenen Daten, entsprechend der Akteure in der Produktion, und einer geeigneten technischen Mensch-Maschine-Schnittstelle, zum Beispiel in Form von mobilen Endgeräten. Durch die Integration eines solchen Condition Monitoring können die Zielgrößen Qualität, Herstell-

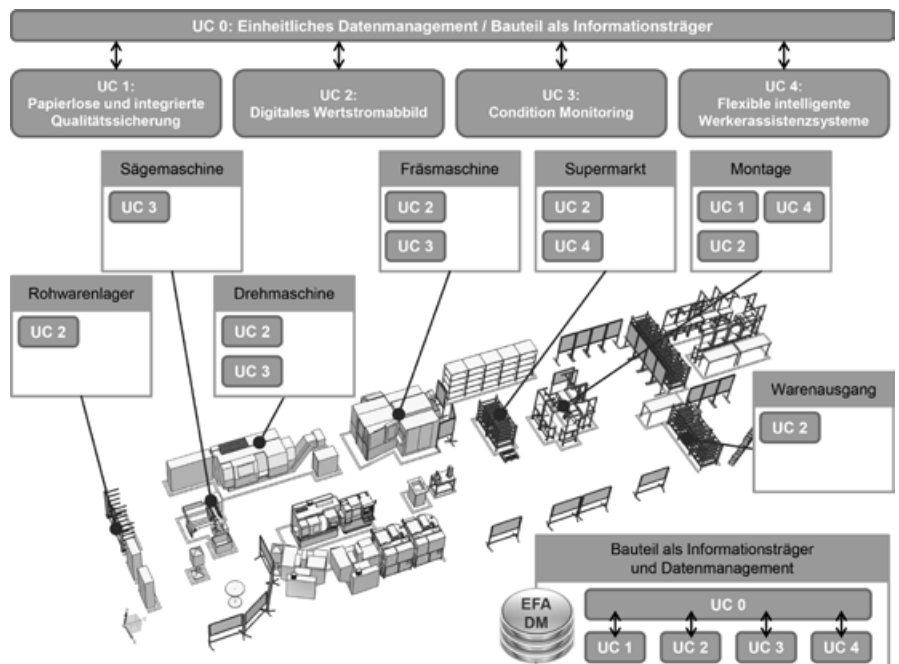


Bild 2. Zusammenfassende Darstellung der Use Cases (UC) der Effizienten Fabrik 4.0

kosten und Geschwindigkeit positiv beeinflusst werden, indem die Stellhebel Personal-, Prozess-, Netzwerk- und Ressourceneffizienz betätigt werden. Im Rahmen dieses Vorhabens wird die technische Realisierbarkeit eines solchen Systems anhand einer vorausschauenden Instandhaltung, eines Energiemanagements, einer Rückverfolgbarkeit der Prozessqualität und einer vernetzten Qualitätskontrolle aufgezeigt. Hierzu werden eine Säge-, Dreh- und Fräsmaschine sowie eine Mess- und Reinigungsstation integriert.

Flexible intelligente Werkerassistenzsysteme

Komplettiert werden die Umsetzungskonzepte durch die Entwicklung eines flexiblen intelligenten Werkerassistenzsystems. Durch die Implementierung von Lösungen und Ansätzen der Industrie 4.0 erfährt die Rolle der Beschäftigten im innerbetrieblichen Produktionsumfeld einen erheblichen Wandel. Besonders die zunehmende echtzeitorientierte Steuerung beeinflusst die gesamte Arbeitsorganisation [2], zu der Arbeitsprozesse, -inhalte sowie -umgebungen gehören. Dies birgt enormes Potenzial zur Stärkung der Eigenverantwortung der Beschäftigten speziell in manuellen Arbeitsschritten in der Produktion. Diese Erkenntnis kann durch die durchgeführte Studie belegt werden und führt zu dem Konzept einer individuellen, interaktiven

und weiterbildenden Montageunterstützung.

Zentrales Ziel dieses Umsetzungskonzeptes ist es, den Beschäftigten mit Hilfe eines sozio-technischen Gestaltungsansatzes die Lösungsansätze von Industrie 4.0 zur Verfügung zu stellen und die dadurch erzielbaren Vorteile näher zu bringen. Hierbei werden ausgehend vom Bauteil als Informationsträger Montageinformationen direkt aus dem 3D CAD-System automatisiert erstellt und zur Montage von geringen Losgrößen dem Beschäftigten interaktiv zur Verfügung gestellt. Bestandteile der hard- und softwareseitigen Umsetzung sind neben der intelligenten Vernetzung aller Komponenten des Montagearbeitsplatzes (z.B. Pick-by-Light-Systeme, Bestandskontrolle oder personalisierte Touchdisplays) Systeme zur visuellen Unterstützung und Steuerung im Montageprozess. Dabei findet ein bidirektionaler Informationsfluss zwischen System und Beschäftigtem statt. Der Mitarbeiter kann beispielsweise Informationen über Fehler während der Montage aufzeichnen, um diese den betroffenen Akteuren, wie z.B. den Mitarbeitern der folgenden Schicht, dem Montageleiter oder der Konstruktion, zur Verfügung zu stellen.

Der intelligente Einsatz von Systemkomponenten und dem Menschen als Bestandteil einer flexiblen Montage zeichnet sich besonders in der Steigerung der Personal- und Prozesseffizienz bei kundenindividueller Montage aus, da auf-

wendige Anlernphasen für Montagemitarbeiter und Prozessverzögerungen vermieden werden.

Bild 2 zeigt eine zusammenfassende Darstellung der oben vorgestellten Use Cases. Ausgehend von einem einheitlichen Datenmanagement und den Bauteilen als Informationsträgern, werden die verschiedenen Implementierungskonzepte an den verschiedenen Stationen der Pneumatikzylinderproduktion umgesetzt. Die Umsetzung erfolgt bis zum Jahresende 2015.

Literatur

- Gernandt, J.; Seele, S.: Industriellen Mittelstand stärken. KurzPosition (VDMA Hauptstadtbüro) für Politik und Wirtschaft, Berlin 2014
- Kagermann, H.; Wahlster, W.; Helbig, J.: Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0. Abschlussbericht des Arbeitskreises Industrie 4.0, Berlin 2013
- Forstner, L.; Dümmler, M.: Integrierte Wertschöpfungsnetzwerke - Chancen und Potenziale durch Industrie 4.0. e & i. Elektrotechnik und Informationstechnik 131 (2014) 7, S. 199–201
- Wang, L.; Gao, R.: Condition Monitoring and Control for Intelligent Manufacturing [Elektronische Ressource] edited by Lihui Wang, Robert X. Gao: Springer Series in Advanced Manufacturing. Springer-Verlag, London 2006
- Anderl, R.; Strang, D.; Picard, A.; Christ, A.: Integriertes Bauteildatenmodell für Industrie 4.0 - Informationsträger für cyber-physische Produktionssysteme. ZWF 109 (2014) 1–2, S. 64–69

Die Autoren dieses Beitrags

Prof. Dr.-Ing. Eberhard Abele ist geschäftsführender Leiter des Instituts für Produktionsmanagement, Technologie und Werkzeugmaschinen und verantwortlich für die Gründung der Prozesslernfabrik „Center industrieller Produktivität“ an der Technischen Universität Darmstadt.

Prof. Dr.-Ing. Reiner Anderl leitet das Fachgebiet Datenverarbeitung in der Konstruktion (DiK) an der Technischen Universität Darmstadt und ist Leiter der Universität im internationalen PACE Verbund.

Prof. Dr.-Ing. Joachim Metternich ist stellvertretender Institutsleiter des Instituts für Produktionsmanagement, Technologie und Werkzeugmaschinen und leitet die Forschungsgruppe CiP an der Technischen Universität Darmstadt.

Andreas Wank, M.Sc. arbeitet als Wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Technischen Universität Darmstadt, Institut für Produktionsmanagement, Technologie und Werkzeugmaschinen.

Oleg Anokhin, M.Sc. arbeitet als Wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Technischen Universität Darmstadt, Fachgebiet Datenverarbeitung in der Konstruktion.

Alexander Arndt, M.Sc. arbeitet als Wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Technischen Universität Darmstadt, Fachgebiet Datenverarbeitung in der Konstruktion.

Dipl.-Wirtsch.-Ing. Tobias Meudt arbeitet als Wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Technischen Universität Darmstadt, Institut für Produktionsmanagement, Technologie und Werkzeugmaschinen.

Markus Sauer, M.Sc. arbeitet als Wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Technischen Universität Darmstadt, Institut für Produktionsmanagement, Technologie und Werkzeugmaschinen.

Summary

Effiziente Fabrik 4.0 – Specification of “Industrie 4.0” for Practical Production Environments. Essential challenges of the lead market initiative according to the dual strategy of the future project “Industrie 4.0” are the networking of existing production systems as well as the encouragement of small and medium sized companies in doing so. This article introduces the research project “Effiziente Fabrik 4.0”. It points out realized good practice examples and the development of demonstrative use cases for implementation in the existing process learning factory CIP.

Den Beitrag als PDF finden Sie unter:
www.zwf-online.de
 Dokumentennummer: ZW 111293