

SPS steuern Assistenzsysteme in der Digitalen Fabrik

Integration eines Laser-Assistenzsystems zur Werkerführung in die Steuerungsebene der Digitalen Fabrik

Ralf Müller-Polyzou, Nicolas Meier, Felix Berwanger und Anthimos Georgiadis,
Leuphana Universität Lüneburg

Die Integration industrieller Laser-Assistenzsysteme zur Werkerführung in die Steuerungsebene eröffnet Möglichkeiten der digitalen Transformation für produzierende Unternehmen. Diese Möglichkeiten werden am Beispiel der Digitalen Fabrik der Leuphana Universität Lüneburg dargestellt. In einem Praxisprojekt wird eine manuelle Montagestation mit einem industriellen Laser-Assistenzsystem entwickelt und in die SIMATIC Steuerungsebene der Digitalen Fabrik integriert. Der Werker interagiert mit dem Assistenzsystem und wird von diesem durch den auftragsbezogenen Montageprozess geleitet. Der Werker steht dabei im Zentrum des Geschehens.

Die digitale Fabrik der Industrie 4.0 ist gekennzeichnet durch eine hohe Konnektivität intelligenter Sensoren und Aktoren im Verbund mit Cyber-Physischen Systemen (CPS). Diese sind horizontal vernetzt und kommunizieren sowohl untereinander als auch direkt mit den Produkten. Die vertikale Vernetzung mit übergelagerten On-Premise- oder cloud-basierten Lösungen erlaubt die Planung und Steuerung der digitalen Fabrik sowie die Analyse von Geräte- und Systemdaten [1]. Die umfangreiche Konnektivität wird drahtlos durch Mobilfunknetze der 5. Generation (5G) weltweit standardisiert, sicher und mit hohen Datenraten sowie geringen Latenzzeiten zur Verfügung stehen [2]. Der Mensch wird in der digitalen Fabrik weiterhin eine wichtige Rolle einnehmen. Die menschlichen Fähigkeiten, auf unvorhersehbare Ereignisse zu reagieren und Erfahrungswissen zu generieren, werden mit Assistenzsystemen zur Mitarbeiterinformation und Werkerführung eingesetzt [3].

Laser-Assistenzsysteme zur Werkerführung

Laser-Assistenzsysteme sind aufgrund ihrer spezifischen Eigenschaften in vielen Branchen im Einsatz [4]. Die im Arbeitsbereich auf das Montageobjekt oder die Arbeitsfläche projizierten Laserlinien sind für das menschliche Auge gut sichtbar und bilden eine Erkennungs- und Messebene. Die präzise Darstellung von

Konturen auf Flächen oder dreidimensionalen Objekten wird zum Beispiel in der Luftfahrtindustrie, in der Elektronikfertigung, aber auch in der Holzindustrie eingesetzt (Bild 1). Neben der Darstellung von Montagepositionen und -anweisungen können auch Entnahmepositionen für die Kommissionierung angezeigt werden. Die Projektion auf das Montageobjekt ist ergonomisch sinnvoll und die Laserlinien überreizen die Sinne nicht. Im Gegensatz zu Augmented Reality (AR) Datenbrillen müssen Aspekte wie Tragekomfort, Hygiene und Batterielaufzeit beim Einsatz von Laser-Assistenzsystemen nicht berücksichtigt werden. Die Anlernzeiten sind gering. In Kombination mit einer Kamera kann die Funktionalität der Systeme erweitert werden, um beispielsweise den Montagefortschritt zu dokumentieren oder eine automatische Weiterschaltung der Projektion zu realisieren [5, 6]. Aufgrund der Skalierbarkeit, der niedrigen Investitions- und Wartungskosten sowie der Vorteile für die Werker werden Laser-Assistenzsysteme auch bei der Gestaltung hochwertiger und ergonomischer Arbeitsplätze in der manuellen Montage eingesetzt. Produktionsabläufe können auf diese Weise flexibel und wandlungsfähig realisiert werden. [7]

Laser-Assistenzsysteme werden schon in vielen Anwendungen als eigenständige Lösung

PLCs Control Assistance Systems in the Digital Factory

The integration of industrial laser assistance systems for worker guidance into the control layer opens up possibilities of digital transformation for manufacturing companies. These are illustrated using the example of the Digital Factory of the Leuphana University Lüneburg. In a practice project a manual assembly station using an industrial laser assistance system is developed and integrated into the SIMATIC control level of the digital factory. The worker interacts with the assistance system and is guided by the latter through the order-related assembly process. The worker stands in the center of action.

Keywords:

digital factory, laser assistance, PLC, worker guidance, assembly assistance, laser projection

Dipl.-Ing. Ralf Müller-Polyzou ist Patentingenieur, promoviert an der Leuphana Universität Lüneburg und leitet das Produktmarketing der LAP GmbH Laser Applikationen.

Dr. Nicolas Meier arbeitet als Postdoktorand am Forschungszentrum für Digitale Transformation der Leuphana Universität Lüneburg.

B. Eng. Felix Berwanger hat sich am Lehrstuhl für Produkt- und Prozessinnovation mit Lasersystemen und deren Integration in SPS auseinandergesetzt.

Prof. Dr. rer-nat. Prof. hc. Anthimos Georgiadis leitet das Institut für Produkt- und Prozessinnovation der Leuphana Universität Lüneburg.

R.Mueller-Polyzou@lap-laser.com
www.lap-laser.com



Bild 1: Integration industrieller Laser-Assistenzsysteme in die Steuerungsebene.

betrieben. Der Einsatz von Laser-Assistenzsystemen für die Industrie 4.0 erfordert jedoch eine Integration in die Produktion. Durch die Integration wird das Laser-Assistenzsystem Bestandteil der Produktionsumgebung, sodass es durch sie gesteuert werden kann und seine Daten gelesen werden können (Bild 1). Die Integration in die oft heterogene Automatisierungsumgebung kann neben geringen Latenzen in der Kommunikation auch neue Möglichkeiten eröffnen. Integrierte Laser-Assistenzsysteme erhöhen zudem die Transparenz und Stabilität von Prozessen und liefern Informationen für die Produktionssteuerung. Die Integration in eine durch standardisierte Schnittstellen und Protokolle gekennzeichnete Umgebung eröffnet den Zugang zu zahlreichen Komponenten und den damit verbundenen Funktionen bei gleichzeitig gesteigerter Wandlungsfähigkeit der Produktionslinie. Im Folgenden werden die Möglichkeiten einer horizontalen und vertikalen Integration eines Laser-Assistenzsystems in der praxisnahen Testumgebung der Digitalen Fabrik der Leuphana Universität Lüneburg dargestellt. Die Integration des Systems in speicherprogrammierbare Steuerungen (SPS) ist dabei mit Siemens SIMATIC Industriekomponenten realisiert.

Digitale Fabrik der Leuphana Universität Lüneburg

Die Leuphana Universität mit dem Forschungszentrum Digitale Transformation widmet sich den Herausforderungen der Digitalisierung in Wirtschaft und Gesellschaft. Forscherinnen und Forscher kooperieren in interdisziplinären Projekten mit Industriepartnern, um durch Forschung zu einem praxisrelevanten Wissenstransfer beizutragen. Die Forschungsschwerpunkte liegen in der Digitalisierung der indus-

triellen Produktion. In einem laufenden Forschungsprojekt werden Laser-Assistenzsysteme in Bezug auf die Mensch-Maschine- und die Maschine-Maschine-Interaktion optimiert. So wurde in einem Forschungsprojekt die Integration von Laser-Assistenzsystemen in Manufacturing Execution Systeme (MES) in produzierenden Unternehmen untersucht [8].

Die Digitale Fabrik ist konzeptionell in sieben CPS-Stationen aufgeteilt, die autonom agieren und intelligent vernetzt sind (Bild 2). An den Stationen werden Produktionsverfahren dargestellt und getestet. Im Praxisprojekt wird die Montage eines Automobils anhand eines Automodells simuliert. Die Stationen verfügen über Siemens SIMATIC Komponenten zur Steuerung, Visualisierung und Mensch-Maschine-Interaktion. Der Einsatz in den CPS, die Vernetzung der Komponenten und der Bezug zum Laser-Assistenzsystem sind im Siemens Totally Integrated Automation (TIA) Portal definiert [9]. Die Montagestation mit dem Laser-Assistenzsystem ist als eine separate Station ausgeführt. An einer vorgelagerten Station erfolgt die Erstellung der Aufträge über ein Human-Maschine-Interface (HMI). Jeder Auftrag wird auf einem industriellen RFID-Chip gespeichert. Der Montagestatus des Objekts wird im Produktionsprozess auf dem RFID-Chip aktualisiert und kann jederzeit ausgewertet werden. Geplant ist auch der autonome Transport der Objekte in der Digitalen Fabrik durch Automated Guided Vehicles (AGV).

Integration des Assistenzsystems in die Digitale Fabrik

Im Rahmen des Projekts wurde eine Station für die Montage des Automodells entwickelt und prototypisch umgesetzt (Bild 3). In die Montagestation wurde ein industrielles Laser-Assistenzsystem integriert. Das System besteht aus einem Laserprojektor und der windowsbasierten PRO-SOFT Steuerungssoftware des Laser-Assistenzsystems. Eingesetzt wurde der Siemens Open Controller ET200 SP OC, der die Funktionen eines Software-Controllers (im Folgenden auch SPS), modularer I/Os und

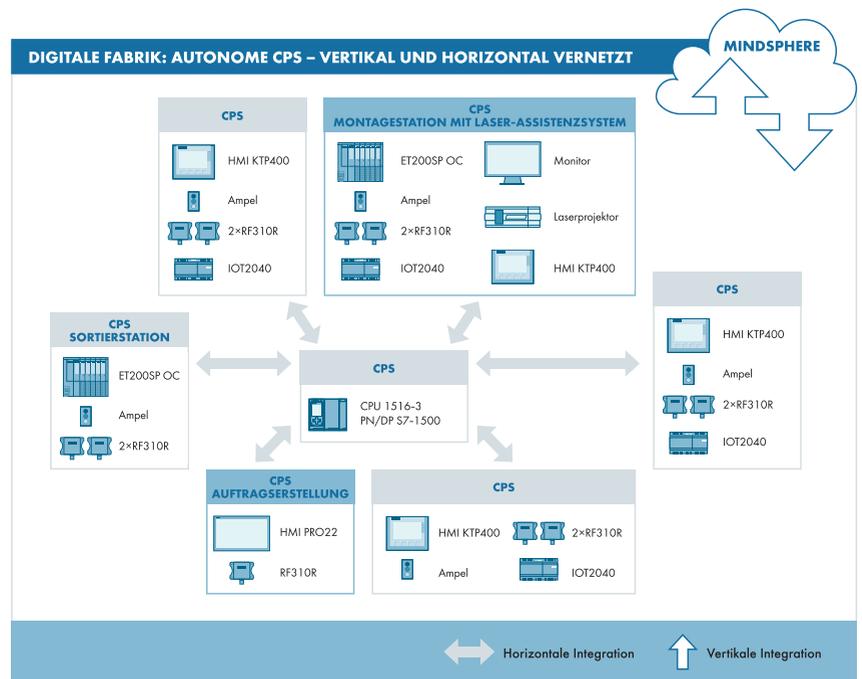
Literatur

- [1] Lucke, J.: Smart Factory. In: Digitale Produktion. (2013), S. 251-269.
- [2] Ericsson: 5G radio technology for high bandwidth connections. URL: www.ericsson.com/en/networks/trending/hot-topics/5g-radio-access, Abrufdatum 17.05.2019.
- [3] Haase, T.; Termath, W.; Berndt, D.: Integrierte Lern- und Assistenzsysteme für die Produktion. In: Industrie 4.0 Management 32 (2016) 3, S. 19-22.
- [4] LAP GmbH Laser Applikationen: CAD-PRO Laser Projektoren. URL: www.lap-laser.com/de/produkte/cad-pro, Abrufdatum 17.05.2019.
- [5] Taubert, J.; Rehe, M.; Müller-Polyzou, R.: Application of camera controlled laser projection systems for manual mounting tasks. In: Dritte Transdisziplinäre Konferenz, Technische Unterstützungssysteme, die die Menschen wirklich wollen (2018), S. 67-76.

eines Windows-PCs in einem Gerät kombiniert. Peripheriegeräte wie Tastatur, Maus und Monitor sind direkt an den Open Controller angeschlossen. Der Software-Controller ist vom Windows-Betriebssystem entkoppelt, um eine hohe Ausfallsicherheit für die Steuerung sicherzustellen. Der Open Controller bietet die Möglichkeit, die Steuerungssoftware des Laser-Assistenzsystems direkt auf dem Gerät auszuführen. Ein separater Industrie-PC für die Steuerungssoftware des Laser-Assistenzsystems kann eingespart werden. Die Kosten lassen sich so bei gleichzeitiger Erhöhung der Ausfallsicherheit reduzieren. Im beschriebenen Aufbau wird das Laser-Assistenzsystem durch den Software Controller über ein proprietäres TCP/IP-Protokoll gesteuert. Dabei werden Befehle unterstützt, die unter anderem das Kalibrieren, das Laden von Projektionsdateien sowie das Vor- und das Zurückschalten von Laserprojektionen erlauben. Für geschulte SPS-Programmierer ist die Integration mit geringem Aufwand umsetzbar.

Die Montagestation besteht aus einer Aluminium-Unterkonstruktion, an der ein Monitor zur Darstellung der Montageschritte befestigt ist. Kleinladungsträger (KLT) sind ergonomisch in Griffhöhe angebracht. Auf der Arbeitsfläche können Halterungen für unterschiedliche Montageobjekte befestigt werden. Diese werden mit einem 3D-Drucker im Fused Deposition Modeling (FDM) Verfahren aus PLA-Kunststoff hergestellt [10]. In die Arbeitsfläche ist ein Siemens HMI KTP400 zur Befehlseingabe integriert. Das HMI kommuniziert mit der SPS und steuert so die Laserprojektion (Bild 4). Eine Ampel signalisiert den Betriebsstatus der Montagestation. Über Siemens RFID-Schreib-/Lesegeräte vom Typ RF310R können Aufträge eingelesen und die Bearbeitung dokumentiert werden.

Als Montageobjekt dient ein Automodell des Typs Advanced Racer von Fischertechnik, der in 64 Varianten montiert werden kann [11]. Der Anwender definiert zunächst eine Variante des Automodells, welche als Variantencode auf dem RFID-Chip gespeichert wird. Der RFID-Chip wird an der Montagestation als Auftrag eingelesen und der zugehörige digitale Arbeitsplan wird aufgerufen. Der Anwender wird anschließend durch den Kommissionierungs- und Montageprozess geleitet. Dabei werden Informationen auf einem Monitor angezeigt, die zeitlich und räumlich mit der Laserprojektion synchronisiert sind. Die Projektionssequenz besteht aus Polygonen, die aus CAD-Daten abgeleitet werden [12]. Nach Abschluss der Montage wird der RFID-Chip mit Informationen zum Montagefortschritt aktualisiert.



Die Komponenten des Projekts wurden im TIA Portal in der Version 14 definiert und für den Einsatz konfiguriert. Auch die Programmierung der SPS und der HMIs erfolgte zentral im TIA Portal. Im Rahmen des Projekts wurden Vorbereitungen für eine Verbindung mit der Siemens MindSphere Cloud getroffen [13]. Dazu wurden das IOT2040 Gateway und die Open-Controller-Anbindung über MindConnect getestet. In Zukunft können so Prozessdaten gesammelt, intelligent analysiert und visualisiert werden.

Die Entwicklung des Montagesystems erfolgte softwareseitig in Anlehnung an SCRUM. Hard-

Bild 2: CPS in der Digitalen Fabrik und Laser-Assistenzsystem.



Bild 3: Montage des Automodells mithilfe des Laser-Assistenzsystems.

- [6] Merazzi, J.; Friedel, A.: Einteilung und Bewertung von Montageassistenzsystemen. In: ZWF Jahrg. 112 (2017) 6, S. 413–416.
- [7] BMBF: Wissenschaftsjahr 2018, LOW COST AUTOMATION – eine Alternative zur menschenleeren Fabrik. URL: www.wissenschaftsjahr.de/2018/neues-aus-den-arbeitswelten/das-sagt-die-wissenschaft/low-cost-automation-eine-alternative-zur-menschenleeren-fabrik/, Abrufdatum 22.12.2018.
- [8] Müller-Polyzou, R.; Meyer, L.; Georgiadis, A.: MES-Betriebsmittelintegration aus Anwendersicht. In: Industrie 4.0 Management 35 (2019), S. 31–34.
- [9] Siemens: Totally Integrated Automation Portal. URL: www.siemens.com/global/de/home/produkte/automatisierung/industrie-software/automatisierungs-software/tia-portal.html, Abrufdatum 17.05.2019.
- [10] Ultimaker: URL: <https://ultimaker.com/en/products/ultimaker-3/>, Abrufdatum 09.02.2019.
- [11] Fischertechnik. URL: www.fischertechnik.de/de-de/produkte/spielen/advanced/540580-advanced-racers, Abrufdatum 08.02.2019.
- [12] Müller-Polyzou, R.; Märtterer, J.: Aus der virtuellen CAD-Welt in die Produktion. In: Der Konstrukteur (2018) 4, S. 94–96.
- [13] Siemens: MindSphere, Die Lösung für das Internet der Dinge (IoT). URL: www.siemens.com/global/de/home/produkte/software/mindsphere.html, Abrufdatum 17.05.2019.
- [14] Wireshark. URL: www.wireshark.org, Abrufdatum 06.03.2019.

wareseitig wurde die morphologische Analyse genutzt, um konstruktive Alternativen zum Beispiel für die Positionierung der HMIs zu bewerten. Für die Systemkonstruktion wurde eine Belastungsanalyse mit Autodesk Inventor durchgeführt. Somit konnte eine vibrationsarme Aufhängung für das Laser-Assistenzsystem gewährleistet werden. Montagevorranggraphen wurden zur Ermittlung der bevorzugten Montagesequenzen eingesetzt. Für diese wurden anschließend in Rhinoceros 3D zugehörige Laserprojektionen modelliert [12]. Die Kommunikation zwischen der Steuerungssoftware und der SPS wurde mit WireShark analysiert und getestet [14]. Das Gesamtsystem wurde auch unter Aspekten der Gebrauchstauglichkeit getestet. Die Latenzzeiten sind von den Bedienern kaum wahrnehmbar, sodass das laserbasierte Assistenzsystem durch die Integration in die Steuerungsebene keine spürbaren Einschränkungen erfährt.

Die grafische Gestaltung der HMI-Anzeigen und der Laserprojektion wurde in regelmäßigen Abständen durch Nutzerbefragungen verbessert.

Potenziale der horizontalen und vertikalen Integration

Das praxisbezogene Projekt zeigt, dass Laser-Assistenzsysteme zur Werkerführung in die Steuerungsebene der Digitalen Fabrik integriert werden können. Dadurch entstehen neue Möglichkeiten für produzierende Unternehmen:

- Die horizontale Integration von Laser-Assistenzsystemen in die existierende Systemumgebung der Steuerungsebene unterstützt eine schrittweise Transformation der

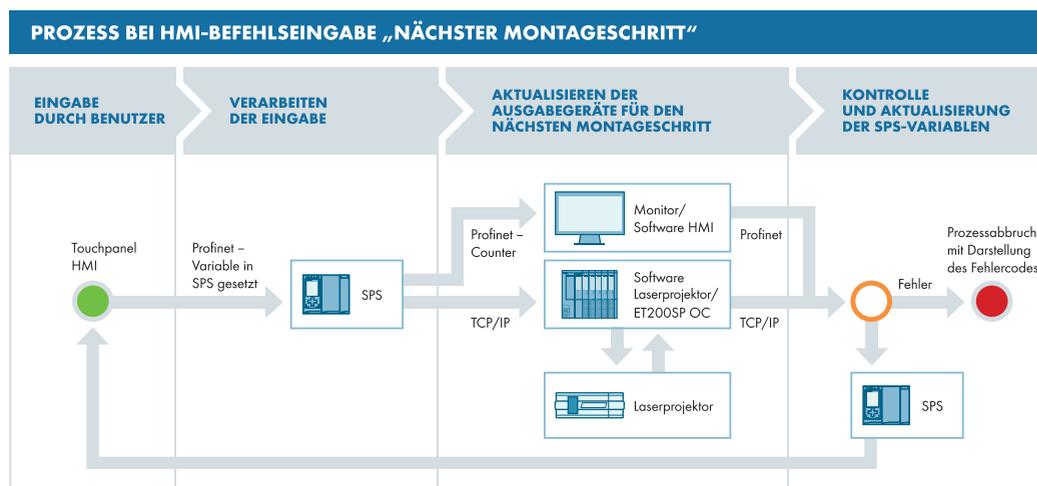
Produktion hin zu einer flexiblen und wandlungsfähigen Fabrik der Zukunft.

- Die horizontale Integration sichert niedrige Latenzzeiten und unterstützt das Konzept der agilen und wandlungsfähigen Produktion.
- Der Einsatz von Software-Controllern reduziert Systemkosten bei gleichzeitiger Erhöhung der Ausfallsicherheit.
- Der Werker bestimmt über das HMI den Takt der Montage am Laser-Assistenzsystem. So werden hochwertige und ergonomische Arbeitsplätze geschaffen, welche die Erwartungen an die Arbeitswelt der Zukunft erfüllen.
- Die vertikale Integration in die Cloud unterstützt datenbasierte Dienste und die Gestaltung lernfähiger Systeme zur Steigerung der Qualität und Produktivität.

Fazit und Ausblick

Die Integration des industriellen Laser-Assistenzsystems zur Werkerführung in die Steuerungsebene der Digitalen Fabrik der Leuphana Universität präsentiert die Möglichkeiten der digitalen Transformation für produzierende Betriebe. Die Ergebnisse zeigen, dass eine schrittweise Transformation zur digitalen Fabrik der Industrie 4.0 durch die Integration von Laser-Assistenzsystemen in die existierende Steuerungsebene möglich ist. So können hochwertige Arbeitsplätze mit Flexibilität und Wandlungsfähigkeit geschaffen werden. Insbesondere für kleine und mittlere Unternehmen (KMU) sind die Möglichkeiten der Integration in die Steuerungsebene der Produktion interessant, da sie mit bestehenden Mitteln auch kurzfristig Potenziale für das Unternehmen realisieren können. Zukünftige Arbeiten werden den Fokus auf die Datenanalyse mit cloudbasierten Diensten legen. Dabei wird die Digitale Fabrik kontinuierlich weiter ausgebaut werden.

Bild 4: Kommunikation zwischen Steuerungssoftware und SPS.



Schlüsselwörter:

Digitale Fabrik, Laser-Assistenz, SPS, Werkerführung, Montageassistenz, Laserprojektion

Bildquellen:

LAP GmbH Laser Applikationen; Eric Shambroom Photography; © Siemens AG 2019, Alle Rechte vorbehalten; fischertechnik GmbH