

Lernfabrik – ein integriertes Automatisierungskonzept für die moderne Produktion in Lehre und Forschung

Marcus Kurth, Carsten Schleyer, Daniel Feuser
Institut für Systemdynamik, HTWG Konstanz

Kurzfassung

Die Einführung von cyberphysischen Systemen in der Fertigung wird die Arbeitsbedingungen und Prozesse genauso wie Geschäftsmodelle stark verändern. In der Praxis kann eine wachsende Diskrepanz zwischen Großunternehmen und KMU beobachtet werden. Um diese Diskrepanz zu überbrücken, wird eine Lernfabrik vorgestellt, die Unternehmen eine Plattform zum Probieren bietet, die Möglichkeit zur Ausbildung von Studenten und Mitarbeitern schafft und Beratungsangebote bereithält. Zur Umsetzung wird ein integriertes, offenes und standardisiertes Automatisierungskonzept vorgestellt, das einzelne Geräte, ganze Produktionslinien bis hin zu höheren Automatisierungssystemen umfasst und auch eine Community bereitstellt sowie zur Umsetzung neuer Geschäftsmodelle dient.

Abstract

The introduction of cyber physical systems into production companies is highly changing working conditions and processes as well as business models. In practice a growing discrepancy between big and small respectively medium-sized companies can be observed. Bridging that gap a university smart factory is introduced to give that companies a platform to trial, educate employees and access consultancy. Realizing the smart factory a highly integrated, open and standardized automation concept is shown comprising single devices, production lines up to a higher automation system maintaining a community or business models.

Einleitung

Die Integration von Menschen, Dingen und Maschinen wächst rasant. Digitalisierung und Automatisierung führen zu kürzeren Produktlebenszyklen und einem global zunehmenden Konkurrenzdruck. Der Begriff cyberphysisches System (CPS) steht für die Digitalisierung und erhöhte Flexibilität von Systemen. Die Einführung von CPS in der Produktion ermöglicht die Herstellung von hoch individualisierten - sogenannten customized - Produkten. Hierfür müssen Montagelinien, Maschinen und

Produkte bzw. Halbzeuge verlinkt werden [1]. Damit kann der Automatisierungsgrad von Fertigungslinien stark gesteigert werden, das wiederum zu einer deutlichen Effizienzsteigerung führt. Die CPS interagieren mit Sensoren, Aktoren, verarbeiten Daten weitgehend autonom und dezentral und kommunizieren häufig über kabellose Netzwerke [2]. Eine Zustandsüberwachung ermöglicht die Kontrolle und Analyse der Produktion und gibt Bedien- und Optimierungsempfehlungen [1, 3].

Wie Untersuchungen zeigen, verfügen aktuell jedoch nur ein Viertel der Unternehmen überhaupt über eine geeignete Basis zur Einführung von CPS in der Fertigung, d.h. ausreichend vernetzte Maschinen [4]. 16% der Unternehmen kennen den Begriff CPS nicht und nur 4% setzen CPS in der Produktion ein [5]. Speziell die KMUs scheuen die hohen Kick-Off-Investitionen und die Ungewissheit der erzielbaren Kosteneffektivität [6]. Es fehlen praxis-orientierte Test- und Laboreinrichtungen, um sich mit der Technik und den möglichen Geschäftsmodellen vertraut zu machen. Idealerweise erfolgt dies in einem unternehmensnahen Umfeld, so dass auch der hoch komplexe Transformationsprozess transparent wird.

Der Ansatz der Lernfabrik an der HTWG Konstanz basiert auf einem hoch standardisiertem, selbst-optimierendem und selbst-organisierendem Automatisierungskonzept, bei dem ausgehend von einem durch Lean-Methoden optimierten Prozess der Automatisierungsgrad schrittweise erhöht wird: Folglich erhöht sich damit Effektivität und Produktivität der Produktion in der Lernfabrik. Vorgeschlagen wird ein ganzheitliches systemisches Vorgehen, das sich nicht nur auf die Produktionslinie bezieht, sondern alles vom Produkt über die Organisation und Geschäftsmodelle bis hin zur Ausbildung der Mitarbeiter umfasst.

Die Basis des Konzeptes bildet ein CPS. Aufgrund der hohen Standardisierung und Leistungsfähigkeit kann das verwendete CPS gleichzeitig in den Komponenten der Produktionslinie als auch im dort gefertigten Produkt eingesetzt werden.

Cyberphysisches Produkt

Das CPS-Produkt, das in der Lernfabrik exemplarisch produziert wird, ist ein intelligentes Modellfahrzeug in Modulbauweise, das sich durch hohe Funktionalität und Kommunikationsfähigkeit auszeichnet.

Das Automatisierungssystem des CPS bildet eine Kombination aus Arduino, Raspberry PI und Mikroprozessorboards, vgl. Bild 1. Die Programmierung der Arduinos erfolgt grafisch mit LabView: Damit können einfach komplizierte Algorithmen implementiert werden.

Das Modellfahrzeug kann modular mit Sensoren – wie Abstandssensoren, Kamera, LED-Effekte, Sound usw. – kundenindividuell ausgestattet

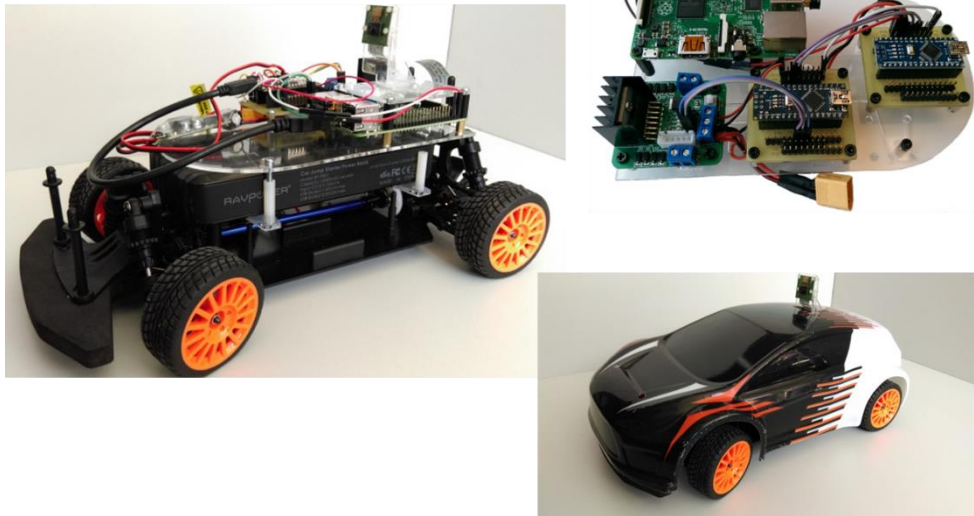


Bild 1: Modellfahrzeug als cyberphysisches Produkt

werden, und erlaubt es dem CPS damit, mit der Umwelt zu interagieren. Eine Kamera wird für ein First-Person-Video-Streaming und Objekterkennung genutzt. Das Fahrzeug kann sich über ein modifiziertes WLAN oder optionales Funksignal mit anderen CPS oder HMI-Geräten verbinden und mit diesen kommunizieren. Auf den HMI-Geräten (z.B. ein handelsübliches Smart Phone zusammen mit einem Webbrowser) kann das Videosignal dargestellt und gleichzeitig das Fahrzeug gesteuert werden.

Das CPS repräsentiert ein offenes, kommunizierendes Low-Budget Embedded System und ermöglicht, sich mit den Aspekten und Funktionalitäten vertraut zu machen, die für moderne Geräte und damit auch für eine moderne Produktion benötigt werden. Für die Lernfabrik bedeutet dies, dass durch den Einsatz von modernen Fertigungsverfahren wie Laser Cutter und 3D-Drucker einzelne Komponenten des Modellfahrzeugs wie Felgen hoch individualisiert nach Kundenwunsch unter Serienbedingung gefertigt werden

Die Lernfabrik

In der Lernfabrik wird das oben beschriebene CPS unter Demonstration von CPS-Komponenten betrieben. Die Produktionslinie repräsentiert eine typische Produktionslinie mit einem veränderlichen Automatisierungsgrad, s. Bild 2. Beginnend von einem niedrigen Automatisierungsgrad, wie es in vielen Unternehmen der derzeitige Stand ist, kann dieser schrittweise durch CPS-Elemente erhöht und Gesichtspunkte wie Verfolgbarkeit, Energieverbrauch, Produktionsanalysen usw. eingebracht werden. Damit können

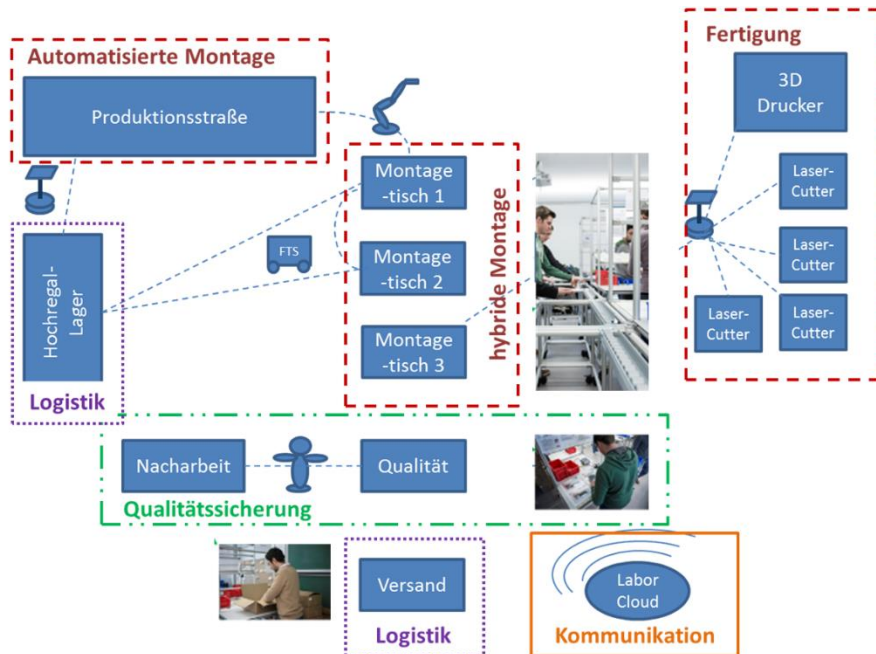


Bild 2: Layout der Lernfabrik

Arbeitsplätze mit manueller Tätigkeit in das Automatisierungssystem integriert werden. Durch die schrittweise Erhöhung des Automatisierungsgrades während des Workshops kann die Ausbildung sowie die angewandten Methoden und Interaktionen von Studenten oder Mitarbeitern dokumentiert werden.

Der Produktionsprozess beginnt mit einer auftragspezifischen, Werker geführten Kommissionierung, gefolgt von mehreren manuellen Montageplätzen. Diese können digitalisiert und vernetzt betrieben werden. Auch erfolgt eine digitale, individuelle Werker Führung durch die einzelnen Montageprozesse. Die Montageplätze sind nach Ergonomie- und Lean-Kriterien optimiert. Des Weiteren sind diese nach dem oben beschriebenen CPS bzw. Automatisierungskonzept ausgestattet. Hier allerdings aus Gründen der Robustheit mit NI myRIOs. Für weitere Automatisierungsschritte sind z.B. ein fahrerloses Transportsystem bzw. eine klassisch automatisierte Fertigungsstraße vorgesehen.

Die kundenindividuellen Teile sind frei durch den Kunden konstruierte Komponenten des Modellfahrzeugs wie Felgen oder Spoiler. Während der Konstruktion wird der Kunde durch eine App geführt. Die Bestellungen werden in Produktionsaufträge überführt. Diese Produktionsaufträge haben aufgrund des Customizings unterschiedliche Fertigungs- und Montage-

zeiten und müssen entsprechend in den Produktionsablauf eingelastet werden.

Am Ende der Produktionslinie erfolgt eine Qualitätssicherung, bei der die Fahrzeuge eine Teststrecke durchfahren. Nach erfolgreichem Abschluss wird das Fahrzeug an die Verpackungs- und Versandstation übergeben.

Der gesamte Produktionsprozess ist für jedes Produkt dokumentiert, um die Verfolgbarkeit eines Auftrages zu ermöglichen. Daten von Arbeitsplätzen, Maschinen und Montagelinie werden ggf. in Echtzeit in einer Fabrik-Cloud verarbeitet, die auch für die Interauftragskommunikation genutzt wird. Hierzu wird ein modifiziertes Kommunikationsprotokoll genutzt, das aber auch mit nicht modifizierten Komponenten gemischt eingesetzt werden kann. Die Fabrik-Cloud überwacht die Aufträge und zugehörige spezifische Informationen und kommuniziert mit den unterlagerten CPS. So kann der Materialfluss dezentral durch diese CPS selbst organisiert werden und die Fertigungsaufträge geben über die Cloud selbst vor, was an den einzelnen Stationen mit ihnen geschehen soll. Die Kommunikation zwischen den Aufträgen wird möglich. Gleichzeitig wird der gesamte Prozess dokumentiert.

Automatisierung und Ontologie

In der Lernfabrik wird Intelligenz durch Dezentralisierung und Vernetzung erreicht. Voraussetzung hierfür ist, dass jede Maschine, Gerät, Sensor und sogar das Produkt selbst offen kommunizieren [7] und mit den anderen CPS interagieren kann. Dafür werden ein spezifisches Kommunikationskonzept und Komponentenstandardisierung benötigt.

Das verwendete Automatisierungskonzept der Lernfabrik basiert auf hochstandardisierter, kleiner und offener Hard- und Software und wird um eine grafische Programmierumgebung ergänzt.

Durch die Vernetzung der CPS wird die klassische Automatisierungspyramide zunächst aufgelöst. Es erfolgt eine Dezentralisierung, denn jedes CPS baut eine eigene dezentrale Automatisierungspyramide für sich selbst auf. Anstelle eines großen zentralen Automatisierungssystems tritt also die Vernetzung von vielen kleinen Automatisierungssystemen. Dies hat den Vorteil, dass viele verschiedene CPS/Gerätschaften miteinander verbunden werden können. Voraussetzung ist allerdings, dass das Kommunikationsprotokoll bekannt ist.

Für die Umsetzung eines gemeinsamen optimalen Produktionszieles im Sinne von Hersteller und Kunde ist darüber hinaus die Ontologie entscheidend, d.h. die Datenorganisation und dessen Kommunikation.

Zur Umsetzung der Anforderungen sind eine Vielzahl von Rahmenbedingungen zu beachten wie Echtzeitfähigkeit, Zuverlässigkeit und

Redundanzen, Security und vieles mehr. Die übergeordneten Funktionen werden von einem überlagerten Business-Eco-System gesteuert, das übergeordnete Daten sammelt und verwaltet sowie Aufträge plant.

Zusammenfassung

Die Lernfabrik der HTWG Konstanz ermöglicht Studenten ebenso wie (Gewerbe-)Schülern und Mitarbeitern von Firmen, moderne Produktion zu erfahren und zu testen.

In der Lernfabrik wird ein intelligentes Modellfahrzeug als CPS gefertigt. Der Kunde kann das Modellfahrzeug aus einer großen Auswahl an Ausstattungsvarianten zusammenstellen, konstruktiv in die Produktentstehung eingreifen und somit das Modellfahrzeug individuell customizen.

Eingesetzt wird ein hoch standardisiertes Automatisierungskonzept das auf einem nach Lean-Kriterien optimierten Produktionsprozess aufsetzt. Die gesamte Lernfabrik ist unter den gleichen Gesichtspunkten wie das Modellfahrzeug als CPS automatisiert. Zum Einsatz kommen NI Komponenten wie myRIO, myDAQ, cRIO sowie grafische Programmierung mit LabView – auch in Kombination mit Arduino Boards. Das Konzept erlaubt zudem die Einbindung klassisch automatisierter Komponenten.

Literatur

- [1] HESSE, H.; KOHN, A.; LEHMANN, J.; FARAZANEH, H; IHLENBURG, D., 2014: Integration of Semantic Technologies for Business Process Support in the Automation Industry. In: Wahlster, Wolfgang; Grallert, Hans-Joachim; Wess, Stefan; Friedrich, Hermann; Widenka, Thomas (Hrsg.): Towards the Internet of Services: The THESEUS Research Program. Springer Science + Business Media
- [2] VDI 2014. Industrie 4.0 - CPS-basierte Automation Forschungsbedarf anhand konkreter Fallbeispiele. Statusreport. Düsseldorf.
- [3] ACATECH 2013. Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0. In: KAGERMANN, H., WAHLSTER, W. & HELBIG, J. (eds.) Abschlussbericht des Arbeitskreises Industrie 4.0.
- [4] SPATH, D., GANSCHAR, O., GERLACH, S., HÄMMERLE, M., KRAUSE, T. & SCHLUND, S. 2014. Produktionsarbeit der Zukunft - Industrie 4.0. Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO.
- [5] TECHCONSULT 2014. Business Performance Index. Expertenbericht Diskrete Fertigung.
- [6] ROGERS, E. M. 2003. Diffusion of Innovations, New York, Free Press.
- [7] UA-COMMUNITY, O. 2013. OPC Unified Architecture - Wegbereiter der vierten industriellen [R]Evolution, Verl, OPC Foundation.