Zeitschrift: Bulletin Electrosuisse
Herausgeber: Electrosuisse, Verband für Elektro-, Energie- und Informationstechnik
Band: 107 (2016)
Heft: 7

Artikel: Effiziente Fertigung von Einzelstücken
Autor: Edelmann, Max
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-857160

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 12.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

TECHNOLOGIE **INDUSTRIE**

Effiziente Fertigung von Einzelstücken

Von der klassischen Automation zum Konzept Industrie 4.0

Seit 2013 erlebt der Begriff Industrie 4.0 einen rasanten Aufstieg. Was ist mit diesem Begriff aber gemeint? Die Grundzüge und Kernelemente dieser Revolution, die sich beispielsweise durch die effiziente Fertigung individuell online spezifizierter Produkte auszeichnet, werden an einem aktuellen Beispiel der robotergestützten Armaturenschleiftechnik erläutert.

Max Edelmann

Die Geschichte der industriellen Revolutionen beginnt mit dem Einsatz von Dampfmaschinen für Produktionszwecke. Der zweite grosse Umbruch geht auf die Fliessbandfertigung zurück und begründet die Massenproduktion in der industriellen Fertigung. Treibend war dabei vor allem der grossflächige Einsatz elektrischer Energie für Fertigungseinrichtungen wie Fliessbänder. Die dritte Revolution kann dem Ende der 1960er zugeordnet werden. Getrieben vom Einsatz computergestützter Steuerungen für einzelne Fertigungsschritte bis hin zu ganzen Fertigungsanlagen hat Elektronik zu einem markanten Produktivitätsanstieg geführt. Über Jahrzehnte sind immer kompliziertere Fertigungsprozesse mess- und steuerbar geworden.

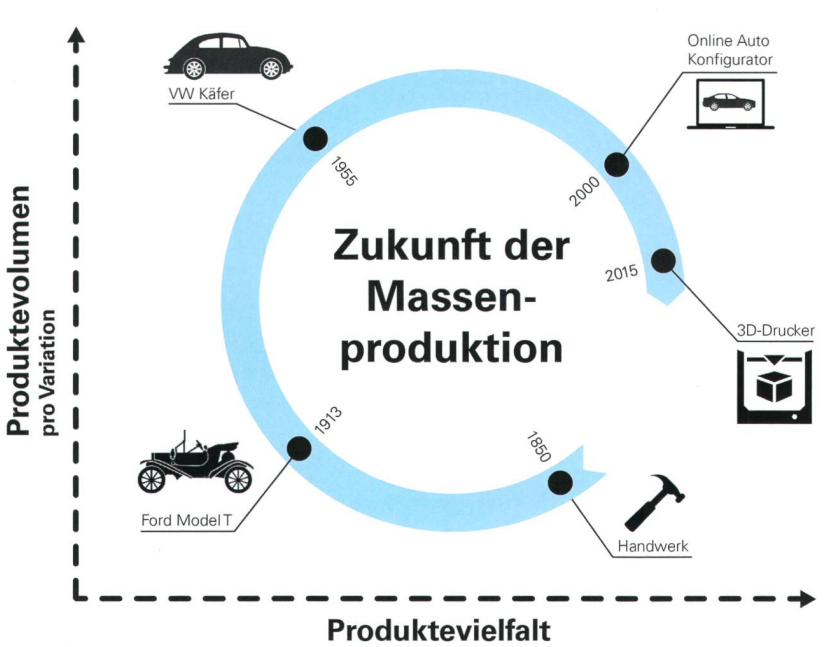
Der vierte Umbruch kann durch eine breite Digitalisierung in der Produktion wahrgenommen werden. Seit wenigen Jahren ist es möglich, einzelne Automationssysteme miteinander zu vernetzen. Die neue, vernetzte Kommunikation ist dabei nicht an die klassischen hierarchischen Systemstrukturen gebunden, sondern kann, wo sinnvoll, auch die zentrale Steuerung umgehen. Ein Vorgang, wie ihn die meisten vom Internet kennen, wird auch für industrielle Maschinen angestrebt.

Dieser Wandel im industriellen Umfeld ist mit starken Veränderungen in den bestehenden Strukturen und Geschäftsprozessen verbunden und kann deshalb als eigene industrielle Revolution angesehen werden. Insbesondere ein Aspekt sei hier hervorgehoben: die individualisierte, hochflexible Produktion nach spezifischen Kundenwünschen, bei der Kleinserien oder sogar Einzelstücke effizient mit den klassischen Massenproduktionsmitteln gefertigt werden können.

Der geschichtliche Wandel in der Industrie ist in **Bild 1** erläutert. Die erste industrielle Revolution hat vor allem die Produktivität im Handwerk begünstigt, wobei eine grosse Produktevielfalt auf ein geringes Produktevolumen pro Variante fiel. Die zweite industrielle Revolution hat die Fliessbandfertigung und die Arbeitsteilung hervorgebracht. Als Beispiel ist das Ford Model T zu nennen, ein Automobil, das in grossen Stückzahlen aber nur in einer Variante gefertigt wurde. Durch die dritte industrielle Revolution konnten die Produktvolumen weiter gesteigert werden. Auch die Produktevielfalt nahm zu.

Seit diesem Jahrtausend zeichnet sich ein Wandel hin zu individuellen Produkten ab. Es entsteht eine massive Zunahme der Produktevielfalt bei gleichzeitiger Abnahme des Produktevolumens bis hin zum Einzelstück. Dabei sind herausfordernde Preis- und Qualitätsanforderungen des Marktes vom Fertigungsunternehmen zu erfüllen. Diesen Herausforderungen wird wirksam durch neue technische, wissenschaftliche und betriebswirtschaftliche Konzepte begegnet. Lösungen entstehen unter dem neuen Label «Industrie 4.0».

Ein neues technisches Konzept wird unter dem Begriff cyber-physisches System (CPS) entwickelt. Eine vernetzte Automationslösung, die durch Kenntnis eines digitalen Produkt- oder Produktionsmodells in der Lage ist, höhere Systemkomplexität beherrschbar zu machen. So entstehen heute schon Produkte virtuell und können zukünftig laufend mit gemessenen Echtzeitdaten aus der Produktion aktualisiert werden. Dadurch wird das digitale Modell dem realen Produkt entsprechen. Diese Einheit ist in der Lage, die weiteren automatischen Fertigungsprozesse optimal zu steuern. Ein solches Vorhaben benötigt ein tiefgreifendes technisches Verständnis zum gesamten automatisierten Fertigungsprozess, um über mehrere Fertigungsschritte hinweg einen geschlossenen Mess- und Regelkreis zu implementieren.



Springer

Bild 1 Zukunft der Massenproduktion. [1]

TECHNOLOGIE **INDUSTRIE**

FHNW

Bild 2 KWC-Roboterschleifzelle.

Fertigungsbeispiel

Ein Beispiel für die beschriebene Entwicklung ist die Armaturenfertigung: Armaturen müssen heute mehr sein als nur Wasserhähne. In einem schön gestalteten Bad oder einer durchgestylten Küche sind Designerarmaturen gefragt. Die erhöhten Ansprüche an die Form haben ihre Auswirkung auf die Produktionstechnik. Besonders beim Schleifen und Polieren der Designoberflächen mit dem Roboter zeigen sich spezielle Herausforderungen.

Der Schleif- und Polierprozess bei der Herstellung von Armaturen für Küche und Bad ist eine Kernkompetenz der Firma Franke Water Systems AG KWC in Unterkulm. Ursprünglich war dies ein Handarbeitsschritt, der von erfahrenen Facharbeiterinnen und -arbeitern ausgeführt wurde. Heute hat hier der Industrieroboter **(Bild 2)** Einzug gefunden. Die Armatur-Rohlinge werden an ein über eine Kontaktrolle geführtes Schleifband gepresst, um die gewünschte Oberflächenqualität zu erhalten. Aufgrund geometrischer Schwankungen der Armatur-Rohlinge und wegen Prozessunsicherheiten ist es erforderlich, die programmierte Roboterbahn oder einzelne Fertigungsparameter kontinuierlich anzupassen. Nur so kann man den hohen Qualitätsanforderungen gerecht werden. Ein Grossteil des Prozess-Know-hows liegt dabei bei den Einrichtern und führt in der Praxis dazu, dass bei neu entwickelten Teilen ein langwieriger Iterationsprozess zwischen der Herstellbarkeit und dem Design eines Produkts besteht.

Im Rahmen eines Forschungsprojekts an der Hochschule für Technik FHNW wurde der Schleifprozess inklusive Roboterkinematik modelliert und ein zusätzlicher Aktor hinter der Schleifscheibe angebracht. Durch das dynamische Prozessmodell kann die hoch- und tieffrequente Dynamik des Schleifens geregelt werden. Diese Kraftregelung führt zu einem konstanten Abtrag am Werkstück. Dadurch ermöglicht das digitale Modell die einfache Integration beispielsweise von Abweichungen aus dem Giessprozess.

Verknüpfung des Prozesses

Ziel ist es nun, den gesamten Fertigungsprozess vom Giessen bis zum Polieren zu verknüpfen (horizontale Integration) und die Fertigungs- und die Herstelldaten mit Hilfe eines zentralen, virtuellen Fertigungsmodells der Armatur zu steuern, regeln und überwachen. Dieser digitalisierte Fertigungsprozess soll zusätzlich vertikal integriert werden, um die Konstruktion und Planung neuer Armaturenformen auf Basis des digitalen Fertigungsprozessmodells durchzuführen **(Bild 3)**, insbesondere die Formgebung und das Schleifen und Polieren der Freiformflächen.

Die dabei erzeugten Prozessdaten werden die Bahnplanung für die Roboter des Freiformschleifprozesses automatisch generieren und als Sollwerte für die durchzuführenden Fertigungsprozesse aufbereiten.

Die geplante horizontale und vertikale Prozessintegration der Armaturenherstellung erlaubt es, eine Radikalinnovation sowohl im Designvorgang als auch im Herstellungsprozess zu initiieren. Die Vision der Industrie 4.0 ermöglicht es KWC, Armaturen softwaregestützt so zu entwickeln, dass ihre Fertigungsdaten direkt am PC erzeugt und in die Produktionsstrasse eingespeist werden. Die entworfenen Armaturenformen werden prozessintegriert auf ihre Herstellbarkeit hin überprüft. Der heutige, manuelle Einrichtprozess für Neuprodukte entfällt dadurch bzw. wird digitalisiert. Durch die lückenlose Prozessüberwachung wird die Fertigungsqualität ei-

FHNW

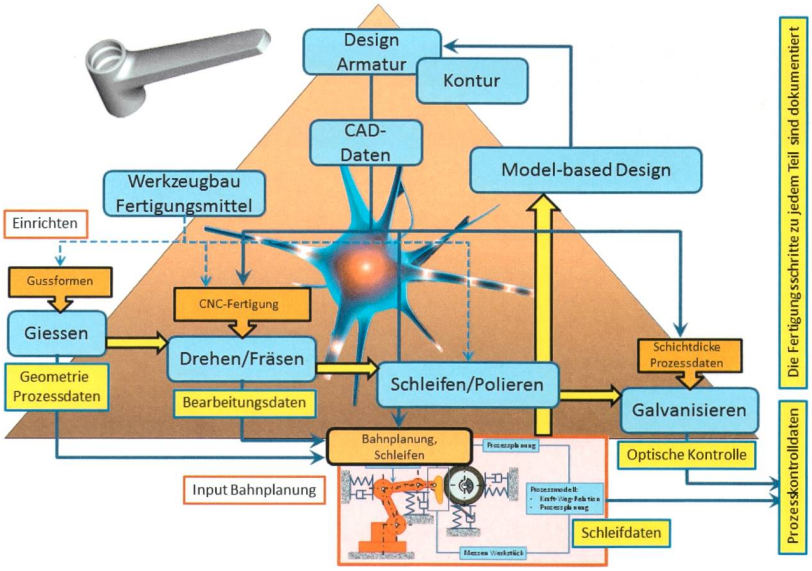


Bild 3 Horizontale und vertikale Integration.

TECHNOLOGIE **INDUSTRIE**

ner Armatur laufend mit Hilfe gemessener Prozessdaten in situ optimiert und das Resultat automatisch dokumentiert.

Neue Möglichkeiten, neue Chancen

Die Industrie 4.0 eröffnet die Etablierung von neuen Geschäftsbereichen. Sie erlaubt es, kundenspezifische individualisierte Produkte mit Losgrösse 1 herzustellen. In der Automobilbranche kann so z.B. das gewünschte Auto im Online-Konfigurator zusammengestellt und direkt produziert werden. Die Produktionsstrassen können identisch ausgerüstet werden und greifen alle auf dieselben digitalen Modelle und Programmiersequenzen zurück. Dadurch kann ein wesentlich breiteres Spektrum von Produkten mit denselben Produktionsmitteln gefertigt werden.

Cyber-physische Systeme verknüpfen also die virtuelle Produktentwicklung und Produktionsplanung mit der realen Welt der Fertigung. Als wichtiges Grundelement eines Industrie-4.0-fähigen Systems steht das validierte Modell des Prozesses. Ohne zusätzliches Wissen über den eigentlichen Prozess wird es nie möglich sein, diesen in den übergeordneten Regelkreis zu integrieren. Der Ansatz der Industrie 4.0 ist auch eine Chance für KMUs: Die Technologie erlaubt kleine Stückzahlen oder sogar individuelle Einzelstückproduktion mit Mitteln der Massenproduktion.

Résumé

Une fabrication efficiente de pièces uniques

De l'automatisation classique au concept d'Industrie 4.0

Depuis 2013, la notion d'Industrie 4.0 connaît une ascension fulgurante. Ce concept désigne notamment la mise en réseau d'installations de production individuelles pour une fabrication efficiente de produits personnalisés, par exemple spécifiés en ligne. De tels produits peuvent être conçus virtuellement et leur faculté à être fabriqués peut être vérifiée avant que les machines ne soient réellement ajustées. Ce processus est expliqué à l'aide d'un exemple actuel issu de la technologie de ponçage de robinetterie assistée par robot. Cette approche d'Industrie 4.0 constitue également une chance pour les PME. Cette technologie permet de réaliser de petites quantités de pièces, voire une production de pièces uniques personnalisées en recourant à des moyens de fabrication en grande série. No

Referenz

[1] Nach Bauernhansl et al: Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik, Springer 2014.

Autor

Max Edelmann, MSc in Engineering, wissenschaftlicher Assistent am Institut für Automation.
FHNW, 5210 Windisch, max.edelmann@fhnw.ch

Anzeige

Pressespiegel

Die wichtigsten News der Branche – täglich elektronisch für Sie aufbereitet!

Jetzt abonnieren!

Der elektronische Pressespiegel des VSE – schnell und effizient informiert
Sie haben keine Zeit für die tägliche Lektüre der wichtigen Medien, um über die politischen und technischen Entwicklungen der Branche im Bild zu sein?
Dann abonnieren Sie den elektronischen Pressespiegel des VSE und Sie erhalten täglich eine Zusammenfassung der aktuellsten Nachrichten.

www.strom.ch/pressespiegel

VSE AES