

26. SEPTEMBER 2019

BOOK OF ABSTRACTS

1. STUTTGARTER TAGUNG ZUR ZUKUNFT DER AUTOMOBILPRODUKTION



Universität Stuttgart
Institut für Fördertechnik und Logistik

ARENA2036



BOOK OF ABSTRACTS

1. STUTTGARTER TAGUNG ZUR ZUKUNFT DER AUTOMOBILPRODUKTION

VORWORT



Das Automobil steht vor dem größten Wandel in seiner über 130-jährigen Geschichte. Die Elektrifizierung des Antriebsstrangs, eine höhere Diversifizierung, sich veränderte Nutzungskonzepte und wandelnde Wertschöpfungssysteme, neue Marktteilnehmer und die bevorstehende Autonomisierung des Fahrens, stellen Automobilhersteller und Zulieferer vor große organisatorische, wie technische Herausforderungen.



Die »1. Stuttgarter Tagung zur Zukunft der Automobilproduktion« adressiert übergreifende Themen aller Gewerke der Automobilproduktion mit Fokus auf dem Schwerpunktthema „Montage ohne Band und Takt“.

Im Zusammenspiel mit einer lebhaften Start-Up Kultur und dem interaktiven Austausch zwischen Forschung und Industrie in der ARENA2036, Europas größtem Forschungscampus zur Mobilität der Zukunft, wollen wir die Herausforderungen der Zukunft angehen und die produktionstechnischen Antworten auf die aktuellen Herausforderungen finden.

Das Ihnen vorliegende Book of Abstracts adressiert die Themen, die in Fach- und Impulsvorträgen im Verlauf der Tagung präsentiert und diskutiert wurden und bietet Ihnen einen Überblick über aktuelle Forschungsthemen der Automobilproduktion der Zukunft.

Wir bedanken uns für Ihre Teilnahme und Ihr Interesse an der Tagung und hoffen auf ein Wiedersehen im kommenden Jahr.

Stuttgart, im Oktober 2019

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'T. Bauernhansl'.

Prof. Dr.-Ing. Thomas Bauernhansl
Institutsleitung Fraunhofer IPA

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Robert Schulz'.

Prof. Dr.-Ing. Robert Schulz
Institutsleiter Institut für Fördertechnik und Logistik

BOOK OF ABSTRACTS

1. STUTTGARTER TAGUNG ZUR ZUKUNFT DER AUTOMOBILPRODUKTION

VORWORT DER HERAUSGEBER



Wir freuen uns Ihnen mit diesem Book of Abstracts die Kurzfassungen der Forschungs- und Industrievorträge der »1. Stuttgarter Tagung zur Zukunft der Automobilproduktion« an die Hand geben zu können.

Nur durch die wissenschaftlichen Beiträge aus der Forschung sowie den Impulsvorträgen aus Reihen der Automobilindustrie war es möglich, die Veranstaltung in ihrer Breite durchzuführen und jedem Interessierten einen Überblick über die aktuellen Herausforderungen und Forschungsinhalte geben zu können.

Die Tagung mit dem diesjährigen Fokusthema der „Montage ohne Band und Takt“ war ein voller Erfolg.



Wir möchten uns bei allen Referenten herzlich bedanken, die aus den unterschiedlichsten Forschungs- und Industriebereichen zu uns gekommen sind, um mit uns Erfahrungen zu teilen, sowie neue Ansätze in der Automobilproduktion offen zu diskutieren.

Ebenso danken wir allen ausstellenden Unternehmen, insbesondere den Start-Ups der ARENA2036, die eine treibende Kraft der Inspiration für die Produktionsforschung am Standort Stuttgart sind.

Wir bedanken uns bei allen Unterstützern der Veranstaltung, insbesondere dem Verein zur Förderung produktionstechnischer Forschung e.V. (FpF), der Stuttgarter Produktionsakademie (SPA) und der ARENA2036 für die Unterstützung bei der Vorbereitung und Durchführung der Veranstaltung.



Wir wünschen Ihnen viel Spaß bei der Lektüre und hoffen auf ein Wiedersehen im kommenden Jahr.

Stuttgart, im Oktober 2019

Die Herausgeber

Manuel Fechter

David Korte

Dr. Jürgen Henke

Keynotes		
Fraunhofer IPA	Wandlungsfähige Automobilproduktion der Zukunft	Prof. Thomas Bauernhansl
IFT der Universität Stuttgart	Intralogistik für die wandlungsfähige Automobilfertigung	Prof. Robert Schulz
Continental Automotive GmbH	Die Fabrik der Zukunft	Dr. Sami Krimi
FKFS	Kraftfahrzeugantriebe der Zukunft Im Spannungsfeld zwischen Wunsch und Wirklichkeit	Prof. Michael Bargende

Montage I		
Daimler AG	Weltweite Produktaufläufe – Komplexität methodisch vorbereiten und steuern	Fabian Maisch
Fraunhofer IPA	Modular production system design and control for efficient and changeable production	Petra Foith-Förster
WZL der RWTH Aachen	Towards flexible automotive assembly structures in agile production environments	Hannes Kahmann
AUDI AG	Die modulare Montage – Konzept, Anwendung und Umsetzung in einer Vormontage der AUDI AG	Wolfgang Kern

Montage II		
KUKA Systems GmbH	Wandelbare Produktion – Die KUKA-Matrix Produktion	Henning Borkeloh
WZL RWTH Aachen	Frei verkettete Montage von Elektrofahrzeugen – Ein Ausblick	Amon Göppert
IFT der Universität Stuttgart	Flexible und wandelbare Intralogistikkomponenten – erste Prototypen auf dem Weg 2Go	Matthias Hofmann
Fraunhofer IPA	Echtzeitnahe Erfassung von manuellen Tätigkeiten in der Produktion	Christoph Haar

Komplexitätsbeherrschung		
Trumpf Werkzeugmaschinen GmbH + Co. KG	Ortungssysteme für zukünftige Smart-Factories,	Eberhard Wahl
Fraunhofer IPA	Methodische Qualitätsplanung in flexiblen Produktionsstrukturen	Oliver Mannuß
Harting IT Software Development GmbH & Co. KG	Sensorverarbeitung und RFID Technik in Kombination mit 5G in der Fertigung	Olaf Wilmsmeier
IFT der Universität Stuttgart	Konzept einer sicheren 3D-Umgebungssensorik	David Korte

Infrastruktur		
T-Systems	5G für die Automobilproduktion – wo sind die UseCases?	Andreas Scheibal, Ingo Rechenberger
PEM RWTH Aachen	Self Driving Chassis for Low-Invest and Highly Flexible Electric Vehicle	Marius Wenning
BoschRexroth AG	Der intelligente Boden: Eine Infrastruktur für die wandelbare Produktion	Javier Stillig
Fraunhofer IIS	Ultra-Low Latency Wireless Industrial Network - UWIN -	Frank Burkhardt

Logistik		
Festo AG & Co. KG	Innovationen schneller in der Produktion umsetzen	Dr. Alexander Hoppe
FAPS Universität Erlangen-Nürnberg	Intralogistics Execution System zur losen Verkettung von Produktionsanlagen	Michael Scholz
IFT der Universität Stuttgart	Steuerung autonomer produktionslogistischer Systeme-Herausforderungen und Zukunftstrends	Manuel Hagg
MHP Management und IT-Beratung	Algorithmische Produktion	Witold Kopytynski

Strategie & Produktionssysteme		
Fraunhofer IPA	Degree of Digital Autonomy – Deriving generic strategies for digital transformation of industrial enterprises	Steffen Hesping
TU Dortmund	Simulative Bewertung des Potentials der Arbeitsplanflexibilität in selbststeuernden, frei verketteten Montagesystemen	Daniel Müller
BMW AG	Methodik zur Optimierung der Transformation hin zu zukünftigen Produktionssystemen in der Automobilindustrie	Sebastian Rauch

Qualität		
Fraunhofer IPA	Digitalisierungsstrategien für die Qualität	Dr. Jörg Mandel
BMW AG	Qualität im Lackfinish-Prozess	Dominik Krabichler
BMW AG	Künstliche Intelligenz zur Verkürzung der Qualitätsregelkreise	Matthias Schindler
Fraunhofer IOSB	Qselect: Digitale Annotationen direkt am Bauteil	Gerrit Holzbach

Ergonomie		
Kast. Die Personalmanufaktur	Organizational Practices for Older Workers: Development of the Later Life Work Index	Rudolf Kast
Fraunhofer ITWM	Human centered cabel assembly simulation in automotive production	Joachim Linn
Fraunhofer IAO	Human-centered workplaces of the furure with integrated smart Exoskeletons: smartExo@Manufacturing Digital Twin	Prof. Carmen Constantinescu

Digitalisierung		
DEKRA Digital GmbH	Digitalisierung in der Automobilproduktion	Dr. Christoph Maier
IFW der Universität Stuttgart	Selbstoptimierende Fertigungssysteme für die Zukunft der Automobilproduktion	Prof. Hans-Christian Möhring
Hochschule Ravensburg	Digitalisierung der Automobilproduktion durch lebenszyklusübergreifende Engineering-Werkzeuge auf der Basis graphenbasierter Entwurfssprachen	Prof. Ralf Stetter
BMW AG	Visual Analytics als Enabler wertschöpfungsorientierter Datenanalyse	Frederik Schmihing

»Montage ohne Band und Takt«

Keynotes		
Fraunhofer IPA	Wandlungsfähige Automobilproduktion der Zukunft	Prof. Thomas Bauernhansl
IFT der Universität Stuttgart	Intralogistik für die wandlungsfähige Automobilfertigung	Prof. Robert Schulz
Continental Automotive GmbH	Die Fabrik der Zukunft	Dr. Sami Krimi
FKFS	Kraftfahrzeugantriebe der Zukunft Im Spannungsfeld zwischen Wunsch und Wirklichkeit	Prof. Michael Bargende

Wandlungsfähige Automobilproduktion der Zukunft

Thomas Bauernhansl^{1,a} and Manuel Fechter^{1,b}

¹Fraunhofer Institute for Production Engineering and Automation (IPA), Stuttgart, Germany

^athomas.bauernhansl@ipa.fraunhofer.de, ^bmanuel.fechter@ipa.fraunhofer.de

Keywords: automotive production, changeability, manufacturing OS

Abstract. Future automotive production is challenged by multiple external drivers such as the electrification of powertrain, new competitors, fluctuating demands and uncertainty about future manufacturing technologies. Additionally, the uncertain impact of autonomous driving and shared mobility concepts to the overall automotive business are to be faced.

Joint efforts to cover these facets of change are necessary. The ARENA2036 research campus with an interdisciplinary research platform covers various fields of interest like future work, future mobility, future production and digitization.

The keynote addresses important steps from today's automotive production to upcoming trends in digitized manufacturing and highlights the impacts of the fourth industrial revolution on production systems. This includes the change from hierarchical software systems to open app-based systems, from custom made to single applications up to dynamic, service-based architectures, such as new consistent manufacturing operation systems. First steps in this new field are e.g. the OS presented by Volkswagen (VW.OS) or the joint efforts by the Fraunhofer society called FabOS (www.fab-os.org).

To support the change and the creation of new value-adding cyber-physical production systems, Fraunhofer researchers framed the following ten guidelines for changeable value creation systems, which are outlined in the presentation:

1. integrate production and logistics systems in one value creation system
2. dissolve production line and tact depending on value-added complexity
3. design mobile and scalable processes
4. design intelligent systems
5. make auxiliary processes value-adding
6. replace material flow by information flow
7. move process complexity to the point where it can be handled most efficiently
8. continuously log and represent system elements and processes in the digital shadow
9. optimize production using big data analysis methods
10. focus the human role on design and optimization

These guidelines are presented together with examples and excerpts from traditional automotive manufacturing and optimized future production systems. In the future, an overall performance increase of more than 30% in various fields of production can be outlined.

Intralogistik für die wandlungsfähige Automobilfertigung

Prof. Robert Schulz^{1,a}

¹Universität Stuttgart, Institut für Fördertechnik und Logistik, Holzgartenstraße 15B,
70174 Stuttgart

^arobert.schulz@ift.uni-stuttgart.de

Keywords: Assembly(ing), Logistics, Production

Abstract. Die Automobilindustrie befindet sich derzeit in einem umfassenden Wandel. Neue Antriebskonzepte, die damit zusammenhängende zunehmende Derivatisierung, kürzere Produktionszyklen, vielfältigere Ausstattungsvarianten und die daraus resultierende Verringerung der Losgrößen sowie der Wunsch, unterschiedliche Modelle und Marken auf einer Linie zu fertigen, wirken sich auch auf die Intralogistik aus. Auf dem Weg zur Realisierung der Logistik 4.0, die ihren Einsatz auch in der Fertigung von Automobilen finden wird, sind bereits viele Schritte gegangen, weitere Herausforderungen stehen aber noch bevor. Neue Materialbereitstellungskonzepte und die dafür notwendigen Komponenten wurden entwickelt und prototypisch aufgebaut [1]. In Simulationsstudien wurden deren Stärken und Schwächen untersucht sowie weitere Forschungslücken identifiziert [2]. In zusätzlichen Simulationsstudien wurden mit Hilfe umfassender Produktionsdaten neue Produktionsformen, wie die Matrixproduktion, untersucht und es wurde deutlich, dass die Abkehr von bisherigen Formen der Produktion gelingen kann [3]. In den ersten Automobilwerken werden diese Konzepte in Ansätzen nun umgesetzt. Untersuchungen zeigen, dass die Weiterentwicklung hin zur sogenannten Fluiden Produktion, bei der die feste Zuordnung von Betriebsmitteln zu Prozessmodulen und festen Orten aufgelöst wird, gegenüber den bisher bekannten Produktionsformen zwar zu einer zusätzlichen Komplexitätssteigerung führt, die Vorteile aber dann zum Tragen kommen, sobald zusätzliche Derivate mit unterschiedlichen Montageumfängen in derselben Anlage produziert werden und sich häufig die Produktionsparameter verändern. Die Fluide Produktion ermöglicht dann eine Skalierbarkeit der Produktionskapazität sowie des Produktmixes, eine einfache Integration neuer Modelle bzw. Derivate und insbesondere eine Reduktion der Investitionskosten neuer Anlagentechnik.

Der vollständige Übergang hin zu einer wandlungsfähigen Automobilfertigung wird aber erst dann gelingen, wenn sich die dafür notwendige Intralogistik weiterentwickelt. Ein zentrales Element stellt die dezentrale Steuerung des Materialflusses dar. Daran und auch an neuen technischen Komponenten, die die Logistik 4.0 erst ermöglichen, wird derzeit intensiv geforscht, um der zukünftigen wandlungsfähigen Automobilfertigung die notwendige Intralogistik bereitstellen zu können.

References

- [1] M. Hofmann: Montage- und Logistik-FTF für die Automobilproduktion ohne Band und Takt. Logistics Journal: Proceedings (2016)
- [2] J. Popp: Neuartige Logistikkonzepte für eine flexible Automobilproduktion ohne Band, Dissertation (2018)
- [3] G D. Küpper et al.: Will Flexible-Cell Manufacturing Revolutionize Carmaking? (2018)

Die Fabrik der Zukunft

Dr. Sami Krimi¹

¹Continental Automotive – Central Electronic Plants

Keywords: factory of the future, automotive production

Abstract. Die globale Produktion steht vor einem Wandel, der durch Begriffe wie Industrie 4.0, Digitale Fabrik oder selbstlernende Fertigungsanlagen geprägt ist. Die Herausforderungen für die Fabrik der Zukunft lassen sich aus einer Reihe von Megatrends ableiten, die die Gestaltung der Fabrik wie auch der Fertigungsanlagen beeinflussen. Die Mitarbeiter stehen im Mittelpunkt dieses Wandels, er wird sich weiterbilden und weiterentwickeln.

Die zunehmende Verstädterung und der Klimawandel führen zu einer neuen Art von Fabrik, die klimaneutral, attraktiv und modular aufgebaut sein muss, um flexibel und schnell auf sich verändernde Bedingungen reagieren zu können. Auf der anderen Seite muss die Fabrik digitales, intelligentes und kollaboratives Arbeiten ermöglichen. Die Mitarbeiter werden zukünftig Hand-in-Hand mit sog. Cobots und autonom fahrenden AGVs agieren. Der Einsatz von Methoden der künstlichen Intelligenz zur Fehlererkennung und Vorhersage wird Bestandteil heutiger Fertigungslinien sein.

Das Produktportfolio selbst wird komplexer und vielfältiger, der Kunde erwartet jederzeitige Belieferung in beliebigem Variantenmix. Zukünftige Fertigungsanlagen (smart equipment) müssen daher im Betrieb flexibel und intelligent konfigurierbar sein; die Industrialisierung muss nach dem Plug-and-Produce Prinzip möglich sein. Künstliche Intelligenz wird auch hier unterstützen mit selbstlernenden Methoden und Eigendiagnose.

Kraftfahrzeugantriebe der Zukunft Im Spannungsfeld zwischen Wunsch und Wirklichkeit

Prof. Dr.-Ing. Michael Bargende^{1,a}

¹Forschungsinstitut für Kraftfahrwesen und Fahrzeugmotoren (FKFS), Pfaffenwaldring 12, 70569 Stuttgart, Germany

^ainfo@fkfs.de

Keywords: Kraftfahrzeugantriebe, Verbrennungsmotor, Hybrid, Brennstoffzelle, Wasserstoff, BEV, PHEV

Abstract. Der Beitrag zeigt die nach derzeitigem Stand der Kenntnis in Frage kommenden Antriebsarten für Pkw und systematisiert diese.

Es wird anschaulich dargestellt, warum serielle Hybride einen schlechten Wirkungsgrad im Vergleich zu parallelen Hybriden aufweisen.

Eindeutiger Treiber der Entwicklung ist die Reduzierung der CO₂-Emissionen, wobei die europäischen Grenzwerte die schärfsten weltweit sind.

Durch die Abhängigkeit vom Fahrzeuggewicht können bereits die 2025 Grenzwerte mit 75 g/km CO₂ mit reinen verbrennungsmotorischen Antrieben nur mit ultraleichten Fahrzeugen erreicht werden.

Anschließend wird das Potential von Brennstoffzellenfahrzeugen für den Massenmarkt diskutiert. Die derzeit bekannten Tanktechnologien bleiben hier weit hinter den Anforderungen eines Massenmarktes zurück.

Die Betrachtung von rein batterieelektrischen Fahrzeugen (BEV) lehnt sich an die Planzahlen der AG1 der NPM an, die eine massenhafte Verbreitung spätestens ab 2025 vorsehen. Beleuchtet werden die Problematik des gleichen Kundennutzens wie bei konventionellen Fahrzeugen und besonders die Ladeinfrastruktursituation in Deutschland. Letztlich werden Plug-In Hybride dahingehend analysiert, ob sie ein Massenmarktpotential haben. Durch die gültige CO₂-Verordnung der EU ist dieses Potential von allen Alternativen am ehesten gegeben um die 2030er CO₂-Grenzwerte von ca. 60 g/km zu erreichen. Es wird gezeigt, dass z.B. Daimler bereits Fahrzeuge mit moderatem Aufpreis im Programm hat, die diese 2030er Grenzwerte erfüllen.

Abschließend wird gezeigt, warum die Antriebsstrategie des Volkswagenteilkonzerns VW, Seat und Skoda eine andere sein muss, als die beispielsweise von Daimler.

Montage I		
Daimler AG	Weltweite Produktanläufe – Komplexität methodisch vorbereiten und steuern	Fabian Maisch
Fraunhofer IPA	Modular production system design and control for efficient and changeable production	Petra Foith-Förster
WZL der RWTH Aachen	Towards flexible automotive assembly structures in agile production environments	Hannes Kahmann
AUDI AG	Die modulare Montage – Konzept, Anwendung und Umsetzung in einer Vormontage der AUDI AG	Wolfgang Kern

Weltweite Produktanläufe – Komplexität methodisch vorbereiten und steuern

Fabian Maisch, Daimler AG^{1,a}

¹Mercedes-Benz Werk in Bremen und Sindelfingen, Mercedesstraße 1, 28309 Bremen

^afabian.maisch@daimler.com

Keywords: assembly ramp up, complexity in car production, ramp up preparation

Abstract. Wir stehen aktuell vor einer Zeit steigender Fahrzeugvarianz, die in den Werken industrialisiert wird. Die Antriebskonzepte Benzin, Diesel und Erdgas werden durch Hybridisierung, Elektrifizierung und Brennstoffzelle ergänzt.

Dieser Antriebsmix in den jeweiligen Baureihen und Derivaten wird auf Multilines mit mehreren Fahrzeugtypen gleichzeitig mit unterschiedlicher Verbaurate produziert.

Nimmt man exemplarisch eine solche Multiline heraus und fokussiert auf das Änderungsvolumen bzw. die Innovationsthemen der produzierten Fahrzeuge über einen Fahrzeuglebenszyklus, wird folgendes sichtbar:

Jedes der Fahrzeugmodelle erhält unterjährig kleinere Software- sowie Hardwareanpassungen (Änderungsjahre), in der Mitte des Lebenszyklusses eine Modellpflege und aufgrund der steigenden Sensibilität zur Nachhaltigkeit fortlaufend neue und effizientere Motoren. Die Produktion befindet sich in konstanter Erneuerung. Diese Erneuerung bzw. wie im Thema genannt Komplexität in großen und kleinen Anläufen lässt sich nur durch einen gebündelten, standardisierten und methodisch einwandfreien Beitrag der Produktionsstufe und dem Produktionsnetzwerk beherrschen. Der Beitrag des Produktionsnetzwerks lässt sich in drei Bausteine gliedern:

1. Frühzeitige Einbringung der Erfahrung aus der Produktionsstufe unter Einbindung der Zielwerksorganisation. Das Zielwerk und dessen Organisation übernimmt eine Leadfunktion für die Gestaltung des Nachfolgefahrzeugs und überträgt diese auf die Partnerwerke. Die Einbringung findet unter anderem im digitalen und physischen Prototypenaufbau statt. Dort wird darauf geachtet, dass Aufbaukonzepte standardisiert werden und bleiben. Die Varianz auf den Multilines soll möglichst nicht ansteigen, da die Integration und Serienproduktion sonst mit Mehraufwänden verbunden ist.
2. Präventive Prozesse und Methoden finden entlang des Entwicklungsprozesses aus der Produktionsstufe statt. Die Absicherung des Hochlaufs und die damit verbundene Tagesstückzahl liegen hier im Mittelpunkt. Ein wichtiges Element ist der frühe Übergang von Fahrzeugen in die spätere Produktionsumgebung. So kann nicht nur theoretisch, sondern unter Livebedingungen die Produzierbarkeit getestet werden. Standards im Anlauf und Hochlauf schaffen auch unter anspruchsvollen Produktionsbedingungen Klarheit und Richtung.
3. Diese Standards finden sich im Aufbau der Organisation, in den angewendeten Prozessen sowie in der Gremienstruktur wieder. Der gleiche Aufbau in allen Produktionsstandorten stellt eine klare Steuerung und Kommunikation sicher und dient der Kanalisierung/Strukturierung der Anlaufkomplexität.

Die Notwendigkeit zur Anwendung der beschriebenen Prozesse und Aufstellung der Organisation steigt aktuell, da die Integration von vollelektrischen Fahrzeugen und deren spezifischen Aufbauprozesse zusätzliche Veränderungen bringen.

Modular production system design and control for efficient and changeable production

Petra Foith-Förster^{1,a}

¹Fraunhofer Institute for Production Engineering and Automation (IPA), Nobelstraße 12,
70569 Stuttgart, Germany

^apetra.foith-foerster@ipa.fraunhofer.de

Keywords: Modular design, Personalized Production; Changeability

Abstract. The current trend of personalization [1] forces manufacturers to deal with an increasing number of product variants while at the same time the lot sizes per variant become ever smaller, up to lot size one [2]. Shorter product lifecycles further reinforce the increase of variants. A comparison of the production [3] and labor productivity [4] indices however shows: while the production quantities have steadily increased in the last decades, so has the productivity. This means, that many different product variants need to be produced in parallel with the same production systems.

Likewise, as production quantities are harder to predict [5], a strong specialization of production systems on dedicated variants bears a high risk of under- or over- utilized equipment. With the goal to produce lot size one products to the price of mass personalization, production systems need to be flexible towards many different (future) variants, towards the mix of variants and towards changing output quantities. However, flexibility is always a pre-investment into a future system state and the needed level of flexibility is hard to determine. Production systems, hence, need to be reconfigurable in order to integrate future product variants and be scalable in output [6].

Today's customized series production is executed on lean assembly lines with a fixed sequence of often rigidly linked stations and a specific cycle time. They are dedicated to a limited number of product variants and specialized on an ideal operating point of output. The segmentation and the functional design of the line follow the product architecture of the assembled product. Variants with different assembly precedence are impossible to integrate. Variants of similar architecture, but different assembly time, can only be integrated with a loss of efficiency. A scaling of output is only possible by duplicating the complete line when exceeding the limitations of a working time model. As such, lean assembly lines with rigidly linked stations and fixed cycle time are not a good assembly system structure for personalized production.

To instead achieve reconfigurability, a modular assembly system structure with flexibly linked process modules of variable cycle time is suggested. The system inherent routing flexibility allows for variant specific routes through the system and facilitates an ad hoc re-sequencing of orders.

This conference presentation presents the process oriented (instead of product architecture oriented) design method for modular production systems. The method starts with an analysis of the functional requirements of the production system and an analysis of change barriers preventing variant-universal production equipment. Subsequently, a functional segmentation and harmonization of the value add process modules and the design of the intralogistics systems follows. The consequences for production planning and control are derived and control rules for such a production system are suggested.

The success of the planning method is validated by presenting the results of a material flow simulation, comparing a personalized servomotor production system design embodiment with a classical lean flow assembly line structure for the same production

program. The personalized production system shows about 30% increase in throughput with comparable floor space consumption, and about 10% increase in equipment utilization. The presentation ends with an outlook of further planned research in data-driven system optimization.

References

- [1] Y. Koren, The global manufacturing revolution: Product-process-business integration and reconfigurable systems, Wiley, Hoboken N.J.,2010, p.34.
- [2] T. Bauernhansl, M. ten Hompel and B. Vogel-Heuser, Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik: Anwendungen, Technologien, Migration, Springer Vieweg, Wiesbaden, 2014.
- [3] Statistisches Bundesamt, Produktionsindex, 2017.
www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/Indikatoren/Konjunkturindikatoren/Produktionsindex/2017
- [4] Statistisches Bundesamt, Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen: Inlandsproduktberechnung Lange Reihen ab 1970, 2016, p. 50
- [5] McKinsey & Company, Willkommen in der volatilen Welt: Herausforderungen für die deutsche Wirtschaft durch nachhaltig veränderte Märkte: Studie, 2010
- [6] H.A. ElMaraghy, H.-P. Wiendahl, Changeability – An Introduction, in: H.A. ElMaraghy (Ed.), Changeable and Reconfigurable Manufacturing Systems, Springer, London, 2009, pp.3-23

Towards Flexible Automotive Assembly Structures in Agile Production Environments

Peter Burggräf^{1,a}, Matthias Dannapfel^{1,b}, Tobias Adlon^{1,c} and Hannes Caroli^{1,d}

¹Werkzeugmaschinenlabor WZL of RWTH Aachen University, Campus-Boulevard 30, 52074 Aachen, Germany

²Chair for International Production Engineering and Management (IPEM) of Siegen University, Paul-Bonatz-Straße 9-11, 57076 Siegen, Germany

^ap.burggraef@wzl.rwth-aachen.de, ^bm.dannapfel@wzl.rwth-aachen.de, ^ct.adlon@wzl.rwth-aachen.de, ^dh.caroli@wzl.rwth-aachen.de

Keywords: Assembly, Flexibility, Layout Structures

Abstract. Today, the construction and operation of production infrastructure in automotive assembly, both with regard to the plant structure and the assembly lines, often calls for enormous investment costs, space requirements and planning efforts [1]. However, the assembly lines can only produce a very limited number of different vehicles and are designed for longer production periods.

Various developments and studies have shown that such cost-intensive and rigid production systems may not be suitable in increasingly dynamic environments such as the automotive industry [2]. Moreover, the “glocalization” trend - i.e. an increase in the global allocation of production volumes – as well as a continuing shift towards mass customization are expected to continue or even enhance these effects within the coming years [3].

To address these challenges, a concept for the highly flexible, low-investment and decentralised low-cost assembly of electric vehicles is being developed as part of the research project LoCoMo (Invest Minimal and Highly Efficient Electric Vehicle Assembly) funded by DLR. A main focus of the project is put on the development of an approach towards an ideal and adaptable layout structure depending on case-specific parameters. In order to react to unforeseeable changes in a turbulent and agile production environment, the definition of an ideal degree of flexibility for the specific assembly layout is one of the key requirements in the development of a suitable approach [4].

To ensure comparability between different layout variants and to evaluate economic efficiency as well as the required flexibility and adaptability, the following set of different criteria was defined in the beginning:

- Area efficiency/required space,
- Path length of the material flows,
- Route diversity,
- Maximum vehicle size,
- Area variability of the assembly stations,
- Variability of the overall number of assembly stations,
- Area variability of the assembly layout,
- Exchangeability of the assembly stations.

While area efficiency and path length are aspects that consider costs directly caused by the layout and necessary investments and are thus quantifiable, the other criteria represent softer factors, which take account of the need for flexibility and adaptability. The criteria are derived from the different types of flexibility commonly used in scientific research [5].

Within the course of the research project, three different layout structures with regards to a high degree of flexibility were defined, evaluated and then compared to the commonly known line structure. The *chessboard structure* is characterized by a grid-like, individual arrangement of assembly stations, which, viewed as a whole, are reminiscent of a chessboard. The cluster structure combines assembly stations to connected clusters while the central buffer structure provides for an arrangement of the stations around a central area that can be used for parts supply.

The results of the evaluation are displayed in the figure below and show the initial benefits of the flexible layout structures in comparison to the line structure. At the same time, the gained flexibility results in increased space requirements and costs, emphasizing the existing trade-off between flexibility and economic efficiency.

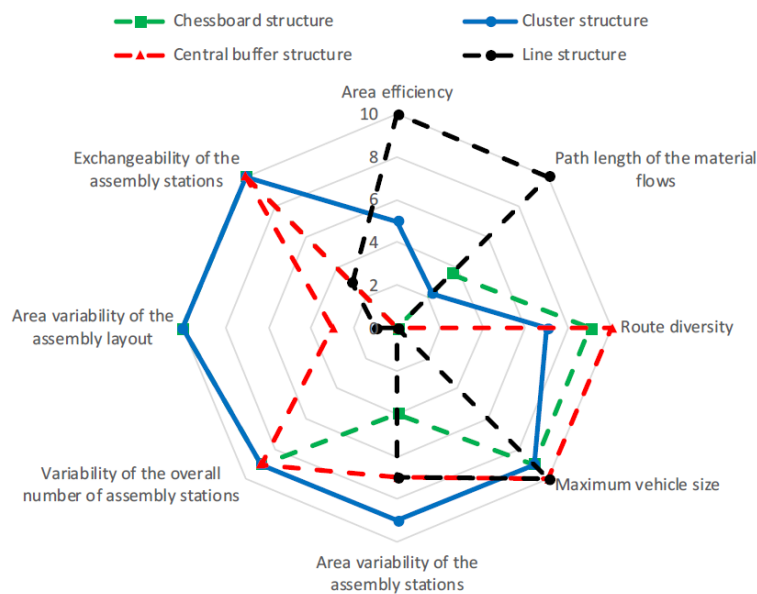


Figure 1: Evaluation of different layout structures

As an ongoing next step, the previous results and findings are used to set up a simulation environment in which, using case-specific input parameters, the underlying optimization problem described above can be solved and, as a fundamental outcome of this project, indicate ways to determine the ideal layout for a flexible automotive assembly.

References

- [1] J. Röscher, Bewertung von Flexibilitätsstrategien für die Endmontage in der Automobilindustrie, Stuttgart, 2007.
- [2] W. Kern, F. Rusitschka et al., Alternatives to assembly line production in the automotive industry, in: 23rd International Conference on Production Research, 2015.
- [3] O. Wyman, FAST 2025 – Future Automotive Industry Structure, 2012.
- [4] H. ElMaraghy, G. Schuh et al., Product variety management, in: CIRP Annals – Manufacturing Technology, 2013, pp. 629-652.
- [5] S. Fiebig, Die flexible Fabrik unter dem Fokus der Steuer- und Fördertechnik, in: Trends in der Automobilindustrie, Munich, 2012, pp. 35-58.

Die Modulare Montage – Konzept, Anwendung und Umsetzung in einer Vormontage der AUDI AG

Wolfgang Kern^{1,2,a} und Thomas Bauernhansl^{2,3,b}

¹AUDI AG, Ingolstadt, Germany

²GSaME Graduate School of Excellence advanced Manufacturing Engineering, Stuttgart, Germany

³Fraunhofer Institute for Manufacturing Engineering and Automation IPA, Stuttgart, Germany

^awolfgang.kern@audi.de, ^bthomas.bauernhansl@ipa.fraunhofer.de

Keywords: Assembly, Flexible manufacturing system, Modular production

Abstract. Die Modulare Montage nach Kern und Bauernhansl, siehe [1-4], beschreibt eine neue Organisationsform für die variantenreiche Serienmontage, welche die hohe Arbeitsteilung einer Fließbandmontage mit der Flexibilität und Wandlungsfähigkeit einer Inselmontage verbindet und dabei die Produktionslogistik in das Montagesystem integriert. Als Alternative zur Fließbandmontage ist die Organisationsform für die Endmontage und große Vormontagen im Automobilbau konzipiert, in denen ein variantenreiches Produktportfolio überwiegend manuell und in Großserie montiert wird und die mit einer steigenden Vielfalt und Dynamik in Angebot und Nachfrage konfrontiert sind.

Das Konzept der Modularen Montage basiert auf der konsequenten zeitlichen und räumlichen Entkopplung der Stationen und Fördermittel (ohne Band und Takt), der effizienten Selbstorganisation der Bedarfe und Ressourcen sowie einer integrierten Planung und Steuerung des Gesamtsystems: (a) Die entkoppelten Stationen werden bedarfsabhängig in variabler Reihenfolge und für die Dauer der variantenabhängigen Bearbeitung angesteuert – im Fokus steht somit der Wertschöpfungsprozess. (b) Der Abgleich zwischen dem Bedarf der einzelnen Produkte und dem Zustand der Ressourcen im Montagesystem erfolgt bei der Kapazitätsnachfrage ad hoc (Auswahl der Folgestation) bzw. beim Kapazitätsangebot zyklisch (Arbeitsplatzbelegung durch Mitarbeiter) und jeweils selbstorganisiert. (c) Die vor- bzw. nachgelagerten Prozesse der Produktionslogistik und der Fertigstellung sind in das Montagesystem integriert, in Form einer sortenreinen Materialbereitstellung aus dezentralen Puffern nach dem Ware-zu-Person-Prinzip und einer unmittelbaren Reaktion in kleinen Qualitätsregelkreisen. (d) Neben der Effizienz ist mittelfristig die Anpassungsfähigkeit an Abweichungen, Störungen und Veränderungen der Nachfrage sowie der Ressourcen und somit eine wandlungsfähige und mitarbeiterorientierte Gestaltung der Schlüsselfaktor des modularen Montagesystems.

Die Produktionsplanung und Produktionssteuerung dieser neuen Organisationsform erfordert jedoch eine angepasste Planungsmethodik und eine neue Steuerungslogik. Die Planung umfasst dabei vor allem die Zuordnung der Arbeitsinhalte zu den Stationen (Stationsbildung) sowie die Anordnung der entkoppelten Stationen im Layout auf Grundlage von je acht Zuordnungs- und Anordnungsregeln. Das integrierte Steuerungssystem umfasst die Steuerung der Aufträge, der Ressourcen, der Logistik und der Transporte sowie jeweils ein entsprechendes Monitoring und Störungsmanagement. Die Validierung der Planungsmethodik und Steuerungslogik erfolgt anhand eines konkreten Anwendungsbeispiels der AUDI AG, indem eine bestehende Hinterachsvormontage mit einem Kundentakt von ca. 80 Sekunden als „Modulare Vormontage Hinterachse“ ausgeplant und in einem Simulationsmodell implementiert wurde. Hierzu werden die wesentlichen Ergebnisse vorgestellt: die

Produktivitätssteigerung um über 20 %, die deutlich höhere Variantenmix- und Änderungsflexibilität, die Integration von leistungsgewandelten Arbeitsplätzen sowie die höhere Wandlungsfähigkeit und der reduzierte Flächenbedarf im Gesamtsystem, bestehend aus Montage und Produktionslogistik.

Darüber hinaus wird ein Ausblick auf wesentliche Handlungsfelder und weitere Potentiale gegeben sowie der aktuelle Status zur Umsetzung eines modularen Montagesystems aufgezeigt.

References

- [1] W. Kern, F. Rusitschka, W. Kopytynski, S. Keckl and T. Bauernhansl, Alternatives to assembly line production in the automotive industry, Proceedings of the 23rd International Conference on Production Research (2015), 9 pages. <http://publica.fraunhofer.de/dokumente/N-379819.html>
- [2] W. Kern, F. Rusitschka and T. Bauernhansl, Planning of workstations in a modular automotive assembly system, Proceedings of the 49th CIRP Conference on Manufacturing Systems (CIRP-CMS 2016), Procedia CIRP 57 (2016), 327-332. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.11.057>
- [3] W. Kern, H. Lämmermann and T. Bauernhansl, An integrated logistics concept for a modular assembly system, Proceedings of the 27th International Conference on Flexible Automation and Intelligent Manufacturing (FAIM2017), Procedia Manufacturing 11 (2017) 957-964. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.07.200>
- [4] W. Kern and T. Bauernhansl (2017), Types and usage of assembly priority charts in a modular assembly system, Proceedings of the 24th International Conference on Production Research (2017) 411-416. <http://dpi-proceedings.com/index.php/dtetr/article/view/17645>

Montage II		
KUKA Systems GmbH	Wandelbare Produktion – Die KUKA-Matrix Produktion	Henning Borkeloh
WZL RWTH Aachen	Frei verkettete Montage von Elektrofahrzeugen – Ein Ausblick	Amon Göppert
IFT der Universität Stuttgart	Flexible und wandelbare Intralogistikkomponenten – erste Prototypen auf dem Weg 2Go	Matthias Hofmann
Fraunhofer IPA	Echtzeitnahe Erfassung von manuellen Tätigkeiten in der Produktion	Christoph Haar

Montage ohne Band und Takt durch KUKA Matrixproduktion

Dipl. Ing. (FH) Henning Borkeloh^{1,a}, Dipl. Ing. Harald Heinrich^{1,b}

¹KUKA Systems GmbH, Blücherstraße 144, 86165 Augsburg

^ahenning.borkeloh@kuka.com, ^bharald.heinricht@kuka.com

Keywords: Manufacturing process, Flexible manufacturing system, Mass customization, Digital Manufacturing System

Abstract. Der Automobilmarkt unterliegt aktuell einem sehr hohen Veränderungsdruck resultierend aus vier wesentlichen Faktoren, Megatrends, bzw. deren Folgen. Umweltszenarien fordern u.a. niedrigeren CO₂-Ausstoß und stellen den Dieselmotor in Frage, Megacitys und deren Mobilitätsbedürfnisse fordern neue Mobilitätskonzepte, wie z.B. Autonomes Fahren oder Car-Sharing; die hochentwickelten Gesellschaften streben einen hohen Grad an Individualität, individuellen Produkten; Digitalisierung ist Enabler und Notwendigkeit für die Flexibilisierung durch Produktionsteuerung und die Dokumentationspflicht, der im One-Piece-Flow individualisierten Massenprodukte.

Diese Herausforderungen stellen die verkettete Linienfertigung in Frage und die notwendige hohe Variantenanzahl im Produktionsprozess mit entsprechend vielen Komponenten führt zu einer Vermischung von Wertschöpfung, Logistik und Transport des Produktes. Der Grundgedanke des Lean-Manufacturing, die direkt und ausschließliche Wertschöpfung am Montagepunkt geht verloren.

Dieser Aufgabenstellung hat sich KUKA mit der Matrixproduktion angenommen und am Beispiel Rohbau mit sehr unterschiedlichen Baugruppen Beispielhaft gelöst.

Das Konzept fordert mehrere innovative Technologien als Voraussetzung und wird durch realen Proof of Concept belegt. Die Wirtschaftlichkeit ergibt sich in Abhängigkeit der Modelvarianten bei der Erstinvestition oder sehr kurzfristig durch optimale Total Cost of Ownership durch einen geringen Modifikationsaufwand.

References

[1] Matrix-Produktion: ein Beispiel für Industrie 4.0; Internet; KUKA Systems GmbH, Blücherstraße 144, 86165 Augsburg, Deutschland

Frei verkettete Montage von Elektrofahrzeugen – Ein Ausblick

Amon Göppert^{1,a}, Dennis Grunert^{2,b}, Guido Hüttemann^{1,c} und
Robert H. Schmitt^{1,d}

¹Werkzeugmaschinenlabor WZL der RWTH Aachen, Campus-Boulevard 30, 52074 Aachen,
Deutschland

Fraunhofer Institut für Produktionstechnik IPT, Steinbachstr. 17, 52074 Aachen, Deutschland

^aa.goeppert@wzl.rwth-aachen.de, ^bdennis.grunert@ipt.fraunhofer.de,

^cg.huettemann@wzl.rwth-aachen.de, ^dr.schmitt@wzl.rwth-aachen.de

Keywords: Assembly, Electric Vehicle, Flexible manufacturing system

Abstract. Konventionelle Montagebereiche in der Automobilproduktion sind getaktete Systeme, in denen Arbeitsstationen durch einen linearen Transfer starr verkettet sind. Die Taktung ermöglicht eine möglichst hohe Auslastung der Arbeitsstationen und der lineare Transfer resultiert in einer minimalen Transportzeit. Da jedoch die Variantenzahl der Automobilmodelle und im Zuge des Wandels hin zur Elektromobilität die Unsicherheit bzgl. der zu erwartenden Produktionsvolumen zugenommen hat, geraten diese starr verketteten Montagesysteme aufgrund der resultierenden notwendigen Flexibilität und Wandlungsfähigkeit zunehmend an ihre Grenzen.

Ein Ansatz um diese Flexibilität und Wandlungsfähigkeit umzusetzen ist die sog. freie Verkettung, die die klassische Organisationsform der Werkstattfertigung mit aktuellen Entwicklungen in den Bereichen Vernetzung, Steuerung und flexibler Infrastruktur verknüpft. In der Idealform zeichnet sich ein solches System durch eine beliebige Anfahrbarkeit der Montagestationen aus, um möglichst viele verschiedene Auftragsrouten zu ermöglichen. Die direkte, vollumfängliche Übertragung auf die Automobilmontage ist in der gegenwärtigen Form nicht sinnvoll, da die Restriktionen aus dem Vorranggraphen dies nicht ermöglichen. Daher wird eine neue, kombinierte bzw. abgeschwächte Form der freien Verkettung, beispielsweise durch eine stückweise Parallelisierung von Linien, benötigt.

Zur Umsetzung dieser Form müssen die Handlungsfelder Infrastruktur sowie die Planung und Steuerung betrachtet werden. Die Infrastruktur gilt als Wandlungshemmnis, da unter anderem die Zuführ-, Stations- oder Transporttechnik spezialisiert und fixiert in der Montageumgebung integriert sind. Für den Transport können beispielsweise FTS eingesetzt werden, um den Produkttransport in frühen Phasen zu übernehmen, sodass eine Flexibilität der Auftragsrouten gewährleistet ist. Weiterhin müssen die Stations- und Zuführtechnik schnell rekonfigurierbar sein, um eine kurzfristige Umplanung zu ermöglichen.

Die Grundlage zur Umsetzung der Auftragsrouten im produktiven Einsatz bildet ein dynamisches Steuerungssystem, welches anhand der definierten Zielgrößen autonom Entscheidungen, bspw. den Zeitpunkt zur dynamischen Umtaktung, trifft. Als Basis für diese Entscheidungen dient ein Gesamtmodell des Montagesystems, das die Fähigkeiten der Ressourcen, die Mitarbeiterqualifikationen sowie die Prozess- und Produktanforderungen beinhaltet. Dieses Gesamtmodell dient ebenso als Grundlage der Vor- oder Umplanung, die simulationsgestützt optimierte Konfigurationen des Systems und somit eine hohe Reaktionsfähigkeit ermöglichen.

Der Beitrag stellt Lösungsansätze zum Aufbau und zur Einführung frei verketteter Montagesysteme für die Elektrofahrzeugproduktion vor. Dargestellt werden Ansätze zur

»Montage ohne Band und Takt«

Organisation, der Layoutplanung sowie der Modellierung, Simulation und Umsetzung der Planungs- und Steuerungssysteme.

Flexible und wandelbare Intralogistikkomponenten – erste Prototypen auf dem Weg zur Production2Go

Dipl.-Ing. Matthias Hofmann^{1,a}

¹Universität Stuttgart, Institut für Fördertechnik und Logistik, Holzgartenstraße 15B,
70174 Stuttgart

^amatthias.hofmann@ift.uni-stuttgart.de

Keywords: Production2Go, Losgröße 1, Effizienz

Abstract. Die Prinzipien der Automobilmontage sind seit Einführung der Fließbandfertigung gemäß Frederick Taylor und Henry Ford nahezu unverändert geblieben, obgleich aus heutiger Sicht eine große Diskrepanz zwischen der auf Massenfertigung invarianter Produkte ausgelegten streng getakteten Fließbandfertigung und der hohen Varianz der Produkte geschuldeten großen Spreizung von Arbeitsumfängen bereits innerhalb einer PKW-Baureihe besteht, die nach individuell angepassten Taktzeiten verlangt. Der gesellschaftliche Stellenwert des Automobils, spezifische Einsatzzwecke und individuelle Ansprüche haben letztlich zu einer starken Ausdifferenzierung von Marktsegmenten geführt, die durch entsprechend breit gefächerte Produktportfolios der Automobilproduzenten bedient werden. Die sukzessive Abkehr von fossilen Brennstoffen bei den Antriebskonzepten wird künftig dazu führen, dass die ohnehin bereits vorhandene Variantenvielfalt der Fahrzeughersteller noch weiter steigen wird. Vor dem Hintergrund der parallelen Fertigung von PKW-Baureihen mit Hybridantrieb und rein elektrischem Antrieb nebst konventionell mit Verbrennungsmotor angetriebenen Varianten in einer Montagelinie, sowie umfangreicher Ausstattungs- und Individualisierungsoptionen scheinen die Möglichkeiten zur effizienten Gestaltung der klassischen Fließbandmontage trotz Automatisierung erschöpft. Gerade für die deutsche Automobilindustrie besteht daher ein gesteigertes Interesse, steigende Betriebs-, Lohn- und Investitionskosten mittels effizienter Prozesse zu kompensieren.

Primärziele des am Institut für Fördertechnik und Logistik entwickelten Produktionslogistikkonzeptes für die Automobilproduktion der Zukunft sind folglich die Realisierung flexibler und wandlungsfähiger Produktionsprozesse sowie die Auflösung der starren Taktung, um in einem Endmontagelayout eine Vielzahl unterschiedlicher PKW-Baureihen nach Bestelleingang und Auftragslage produzieren zu können. In diesem Zusammenhang bedeutet Wandlungsfähigkeit auch, nicht mehr einen der Taktung der starren Fördertechnik geschuldeten Modellmix zu produzieren, sondern die Fertigung auf Bestelleingang und Auftragslage variabel auszurichten zu können. Der Zwang zur Fertigung eines auf die Einhaltung der Taktung ausgelegten Modellmixes birgt bis dato zwangsläufig eine Beschränkung der Produktionskapazität derjenigen Modelle, die vom Standard signifikant abweichende Montageumfänge und –zeitbedarfe aufweisen, wie es bei alternativ angetriebenen Elektro-, Hybrid- und Erdgasderivaten der Fall ist. Um diese Zielkonflikte in der automobilen Endmontage zu lösen, bedarf es nicht weniger als eines Paradigmenwechsels hinsichtlich der Fertigungsprinzipien samt der eingesetzten Förder-, Lager- und Handhabungsmaschinen. In mehreren vom Land Baden-Württemberg finanzierten Projekten konnten beginnend von 2014 an mehrere disruptive Ansätze diesbezüglich am IFT verfolgt werden. Die nicht-getaktete Montage wird primär mittels einer mobilen Montageinsel auf FTF-Basis mit integrierter Handhabungstechnik bewerkstelligt, auf dem sich die Werker auch während der Fahrt befinden. Montagematerial und Bauteile werden im Falle von Einzelteilen und Warenkörben

automatisiert per FTF an die Montageinsel geliefert. Bauteile mit großer Varianz und hoher Verbauquote (z.B. Scheinwerfer, Spiegel, Lenkräder) werden über einen mobilen Supermarkt, dessen zentraler Bestandteil ein mobiles Mini-Regalbediengerät darstellt, dem Werker in direkter Mensch-Maschine-Kollaboration direkt am Verbauort zugeführt. Die Sequenz der zugeführten Teile wird folglich nicht im Lager – mit entsprechender Vorlaufzeit – sondern erst am Verbauort nach dem Prinzip „Just-in-Real-Time“ hergestellt. Das Mini-Regalbediengerät ist innerhalb des Layouts mittels Stapler oder Handgabelhubwagen umziehbar und stellt eine semi-stationäre Anlage dar, deren Betrieb an jedem beliebigen Ort mit vorhandenem Stromanschluss innerhalb des Fertigungslayouts oder auch batteriebetrieben möglich ist. Die Regalmodule mit 1500 kg Nutzlast, aus denen die KLT am Verbauort entnommen werden, sind mobil und werden mittels eines ebenfalls am IFT entwickelten und gebauten FTF an die Ein-/Auslagerungseinheit transportiert.

References

[1] Wehking, K.-H. , Hofmann, M. , Korte, D. , Hagg, M. , Pfleger, D.: Automobilproduktionslogistik im Wandel. Published in: Bundesvereinigung Logistik (BVL) e.V. (Hg.): Digitales trifft Reales. Kongressband - 35. Deutscher Logistik-Kongress, 2018, Hamburg: DVV Media Group,“ 2018.

[2] Hofmann, M., Wehking, K.-H.: Mobile Montageinsel für die Automobilproduktion ohne Band und Takt. In: Bruns, R., Ulrich, S.: Forschungskatalog Flurförderzeuge 2018, Helmut-Schmidt-Universität Hamburg, Lehrstuhl MTL, 2018, published in: Hebezeuge Fördermittel, Huss Medien GmbH, 10400 Berlin, 2018, ISSN 0017-9442 A 06792

Potentiale eines Systems zur Erfassung manueller Tätigkeiten in der Produktion für die Automobil- und Zulieferindustrie

Susann Kärcher^{1,a}, David Görzig¹, Florian Grabi¹,
Lisa C. Günther¹ und Christoph Haar¹

¹Fraunhofer Institute for Manufacturing Engineering and Automation IPA, Nobelstraße 12,
70569 Stuttgart, Germany

^asusann.kaercher@ipa.fraunhofer.de

Keywords: Optimization; sensor; analysis.

Abstract. Diese Veröffentlichung stellt die Potentiale eines Systems zur echtzeitnahen Erfassung manueller Tätigkeiten in der Montage und Logistik für die Automobil- und Zulieferindustrie vor.

Bei manuellen Tätigkeiten in der Montage und Logistik besteht häufig großes Optimierungspotential. Dies liegt insbesondere an der oft fehlenden Transparenz. Zum einen fehlen Rückmeldungen aus der Produktion für den Planer und die Plandaten sind oft unzureichend. Zum anderen erhalten Mitarbeiter auf dem Shopfloor häufig ungenügende Arbeitsanweisungen. [1]

Aktuell ist die Aufnahme von Prozesszeiten sehr aufwändig [2]. So sind manuelle Montage- und Logistikprozesse oft nicht ausreichend transparent, um eine gute Produktionsplanung und -steuerung zu ermöglichen.

Ein System des Fraunhofer IPA zur Erhebung und automatischen Analyse von Ist-Daten in einer Produktion begegnet dieser fehlenden Transparenz. Der Ansatz des Systems besteht aus drei Schritten: Der Datenerfassung, der Datenverarbeitung und der Optimierung [3]. Die Datenerfassung als ersten Schritt erfolgt mittels einer Sensorfusion aus Magnetometer, Gyroskop und Beschleunigungssensor. Diese Sensoren werden an Werkzeugen, Bauteilen und Betriebsmitteln angebracht. [3] Die erhobenen Daten werden dann drahtlos übermittelt und auf einem Edge Device, mit optionaler Cloud-Anbindung, gesammelt.

Im folgenden Schritt, der Datenverarbeitung, werden die Ereignisse aus den Sensorsignalen zunächst identifiziert, z. B. das Vorliegen eines Schraubprozesses. Daraufhin werden Prozesse mittels maschinellem Lernen erkannt und Ereignisfolgen abgeleitet, z. B. „Anschrauben der Bodenplatte“ (siehe [4] für weitere Informationen zur Prozesserkennung mit Maschinellem Lernen). Daraufhin werden dann die Einzelprozesse bewertet und zum gesamten Montageprozess zusammengeführt.

Im letzten Schritt kann eine Optimierung des bestehenden Montage- und Logistiksystems auf Basis der Daten erfolgen.

Die Potentiale für die Anwendung dieses Systems zur Erfassung und Optimierung manueller Tätigkeiten in der Produktion der Automobil- und Zulieferindustrie sind vielfältig:

Das System ermöglicht es zunächst, Transparenz über die durchgeführten Prozesse zu erhalten. Das Ergebnis ist ein Überblick darüber, welche Prozesse wann, wie lange und in welcher Reihenfolge durchgeführt wurden. Es kann identifiziert werden, wie hoch der Anteil an wertschöpfender Zeit, Nebenarbeit und Verschwendung ist.

Die Planungsqualität wird durch einen Abgleich von Plan- und Ist-Zeiten verbessert. Durch eine Transparenz bei Liege- und Wartezeiten (Bottlenecks) können eine gesteigerte Auslastung und eine Reduktion von Durchlaufzeiten erreicht werden. Außerdem kann eine dynamische Preisermittlung auf Basis von Realdaten aus der Montage erfolgen. Über

Zeitabweichungen können qualitätsrelevante Prozessschritte identifiziert werden. Des Weiteren kann die Montagereihenfolge z. B. durch Ableitung einer Best-Practice optimiert werden [1]. Auch können die Montagevorgehensweise, die Taktabstimmung und die Arbeitsplatzgestaltung verbessert werden.

References

- [1] M.S. Kärcher, T. Bauernhansl, Approach to Generate Optimized Assembly Sequences from Sensor Data, *Procedia CIRP*, 81 (2019) 276-281.
- [2] B. Lotter B, H-P. Wiendahl, *Montage in der industriellen Produktion*. 2. Auflage, Springer Verlag, Berlin Heidelberg, 2012.
- [3] S. Kärcher, E. Cuk, T. Denner, D. Görzig, L.C. Günther, A. Hansmersmann, G. Riexinger, T. Bauernhansl, Sensor-driven Analysis of Manual Assembly Systems, *Procedia CIRP*, 72 (2018) 1142-1147.
- [4] L. C. Günther, S. Kärcher, T. Bauernhansl, Activity recognition in manual manufacturing: Detecting screwing processes from sensor data, *Procedia CIRP*, 81 (2019) 1177-1182.

Komplexitätsbeherrschung		
Trumpf Werkzeugmaschinen GmbH + Co. KG	Ortungssysteme für zukünftige Smart-Factories,	Eberhard Wahl
Fraunhofer IPA	Methodische Qualitätsplanung in flexiblen Produktionsstrukturen	Oliver Mannuß
Harting IT Software Development GmbH & Co. KG	Sensorverarbeitung und RFID Technik in Kombination mit 5G in der Fertigung	Olaf Wilmsmeier
IFT der Universität Stuttgart	Konzept einer sicheren 3D-Umgebungssensorik	David Korte

Location based solutions for the next smart-factories

Eberhard Georg Wahl^{1,a}

¹ TRUMPF Werkzeugmaschinen GmbH + Co. KG, Ditzingen, Germany

^aeberhard.wahl@trumpf.com

Keywords: Logistics, Manufacturing System, Complexity

Abstract. Based on the ABC-XYZ goods characterization [1] we do see many approaches in order to optimize the AX goods. In areas where volume production is getting more flexible, the variations rise, but in most cases we still have a defined product variation. This allows to plan any new factory in advance and add flexibility enhancing elements in a pre-planned way [2].

For the rising amount of AZ goods there is far less scientific support, although this kind of manufacturing is happening in a big portion of SME – especially if they act as a job-shop. We investigated this application field and found simple and affordable solutions for manufacturing not only at lot size 1 – but really for a unique single piece production, with thousands of unknown new products following each other in a unique way. This individual unforeseen production chains can not be pre-planned into the production site. They need real time production support. A typical sheet-metal job-shop is a good example of such a high complexity site.

In a stochastic environment the benefit of a real-time optimization is huge. Unfortunately it is extremely complicated establish full transparency in a brown-field. Theoretically all stations could be connected, but this integration effort is huge. We need an affordable solution and found interoperable and open RTLS as the best basis for optimization. As the existing market of RTLS is extremely segmented TRUMPF started an initiative in order to develop an open standard. This initiative is growing strongly and will be shortly transferred to an independent standardization organization in order to provide a multi-usable location infrastructure without any lock-in.

Once this is there we also do see big effects for the automotive industry: This open and interoperable standard could allow full transparency over the complete supply chain. Every supplier could install this open system and allow indoor-tracking of carriers from different OEMs with different tag suppliers. Therefore we do invite the automotive industry to join this initiative.

References

[1] Prof. Dr.-Ing. Bernd Noche, ABC-/XYZ Analysis Introduction, Universität Duisburg Essen, Campus Duisburg

[2] R. Geissbauer, S. Schrauf, P. Berttram, F. Cheraghi, Digital Factories 2020 – shaping the future of manufacturing; PWC publication 2017

Methodische Qualitätsplanung in flexiblen Produktionsstrukturen

Oliver Mannuss^{1,a}, Jürgen Henke^{1,b} und Jonas Lips^{1,c}

¹Fraunhofer Institut für Produktionstechnik und Automatisierung, Nobelstraße 12, 70569 Stuttgart

^aoliver.mannuss@ipa.fraunhofer.de, ^bjuergen.henke@ipa.fraunhofer.de, ^cjonas.lips@ipa.fraunhofer.de,

Keywords: Quality assurance, Quality, APQP, fluid production

Abstract. Die bislang bestehenden Qualitätsmanagement-Normen und Ansätze wie IATF 16949 gehen primär von starren Prozessketten in der Produktion aus. Die Auflösung der Verkettung der starren Produktionsreihenfolge im Rahmen der zukünftigen Automobilproduktion [1] ergeben für Sicherstellung der Qualität des Endproduktes neue Herausforderungen (vgl. auch [2]).

Im Rahmen dieses Beitrages werden aus Sicht der vorausschauenden methodischen Qualitätsplanung einige der Herausforderungen aufgezeigt und mögliche Ansatzpunkte zur Lösung skizziert.

Folgende Herausforderungen lassen sich bei flexiblen Produktionsreihenfolgen absehen:
Themenfeld Risikoanalyse: Welche zusätzlichen oder andere Fehlermöglichkeiten ergeben sich, wenn die Prozessreihenfolge sich immerzu ändert? Heutige Risikoanalyseverfahren wie die FMEA sind auf die heutigen starren Prozessverkettungen ausgelegt und können die Risiken einer variablen Prozesskette ad hoc nicht systematisch erfassen und analysieren. Hierzu sind diese Methoden an die geänderten Rahmenbedingungen anzupassen. Zudem gilt es zu berücksichtigen, dass flexible Montageabläufe neben dem Fehlerpotential auch die Belastungsintensität der Werker durchaus erhöhen können [3], und somit, je nach Einsatzzeit und vorherigen Tätigkeiten, variable Fehlerwahrscheinlichkeiten vorliegen können. Hier bietet sich die Möglichkeit, mittels Daten des Werkers (z.B. via Wearable Computing) die Montageabläufe so zu gestalten, dass die Fehlerwahrscheinlichkeit minimiert wird.

Themenfeld Prüfkette: Zwar wird das Wissen über potentielle Fehler in der Produktion durch individuellere und präzisere Daten der Maschinen gesteigert [3], jedoch werden sich auch in Zukunft nicht alle Fehler sicher aus den Prozessdaten ableiten lassen, so dass nach wie vor Prüfungen der Produktmerkmale erforderlich sind. Die Prüfkette wird heute primär durch eine starre Prozessabfolge bestimmt, sowie über die Risikoanalysemethoden (s.o.) systematisch abgeleitet (siehe auch das Thema besondere Merkmale - IATF 16949 [4]). Wirtschaftliche Aspekte, wie z.B. die verschwendete Wertschöpfung vs. Prüfkosten müssten mit einer adaptierten Fehlerprozessmatrix [6] abbildbar gemacht werden und diese in die Produktionssteuerung der vollflexiblen Prozesskette integriert werden.

Themenfeld Lenkung fehlerhafter Produkte: Nacharbeitsprozesse sind ebenfalls nicht vollständig zu vermeiden und daher zu berücksichtigen (vgl. [5]). Neben dem idealen Zeitpunkt der Nacharbeit (in situ direkt nach Fehlerentdeckung oder zeitlich später, in ggf. separater Station) spielt dabei auch eine Rolle, ob die Nacharbeit überhaupt je nach weiterem zeitlichen Montageablauf, noch möglich ist. Zudem erfordert der Control Plan (derzeit) eine Festlegung, wie mit den fehlerhaften Produkten umzugehen ist, was kann in Zukunft ggf. nicht fest definiert werden kann. Diesbezüglich entsteht die Notwendigkeit im Vorfeld Vermeidungsmaßnahmen für die Verkettung kritischer Fehlerreihenfolgen festzulegen.

Themenfeld Dokumentation: Im Rahmen eines Produkthaftungsfall es ist seitens des Unternehmens der Nachweis zu erbringen, dass das Produkt nicht fehlerbehaftet war. Hierzu ist auch der Nachweis der exakten Prozessführung je Produkt zu hinterlegen. Dies macht der „digitale Schatten“ möglich, der auch die Anforderungen eines zukünftigen Kontrollplans erfüllen muss [7]. Fraglich bleibt, wie zu bewerten ist, wenn erkannt wird, dass eine bestimmte Produktionsreihenfolge eine höhere Fehlerwahrscheinlichkeit aufweist.

References

- [1] M T. Bauernhansl, Automotive industry without conveyer belt and cycle - research campus ARENA2036 in: 15th Stuttgart International Symposium - Automotive and Engine Technology - Documentation Volume 2, March 2015, Stuttgart, Springer Vieweg, Wiesbaden, 2015
- [2] D. Steegmüller, M. Zürn, Wandlungsfähige Produktionssysteme für den Automobilbau der Zukunft, in: Bauernhansl T., ten Hompel M., Vogel-Heuser B. (eds) Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik, Springer Vieweg, Wiesbaden, 2014
- [3] F. Butollo, J. Ulrich, M. Krzywdzinski, From Lean Production to Industrie 4.0. More Autonomy for Employees?, Discussion Paper SP III 2018–303, WZB Berlin Social Science Center, 2018
- [4] IATF16949:2016 Quality management system requirements for automotive production and relevant service parts organizations, 1st Edition.
- [5] J. Popp, Neuartige Logistikkonzepte für eine flexible Automobilproduktion ohne Band, Dissertation Universität Stuttgart, 2018
- [6] J. Henke, Eine Methodik zur Steigerung der Wertschöpfung in der manuellen Montage komplexer Systeme, Disseration Universität Stuttgart, Fak. für Konstruktions-, Produktions- und Fahrzeugtechnik, Institut für Industrielle Fertigung und Fabrikbetrieb, 2015
- [7] T. Bauernhansl, S. Hartleif, T. Felix, Der Digitale Schatten - Gestaltung eines Informationssystems für die Informationsversorgung in wertschöpfenden Systemen, wt Werkstattstechnik online, Vol.108(3), pp.132-136, 2018

Sensorverarbeitung und RFID Technik in Kombination mit 5G in der Fertigung

Olaf Wilmsmeier^a

¹Harting IT Software Development GmbH, Germany

^aolaf.wilmsmeier@harting.com

Keywords: RFID; 5G communication

Abstract. Condition based monitoring is an important step to increase the overall reliability of your manufacturing line. To fulfill this target sensor information needs to be collected, preprocessed, analyzed and of course hand over in time to the upper layer control system or database. Collecting the right data from different systems in a process is as well the first step on the way of predictive maintenance – which might be the final goal. Based on a real world scenario, which is about detecting vibrations of conveyor systems, we would like to show how sensor values in combination with in time data analyzing and preprocessing could improve your production line. Conveyor systems are an important backbone of today's automotive production lines. They need to work reliably. Unplanned maintenance work or breakdowns could be very cost intensive.

How up to date sensor solutions and data analyses in combination with wireless alarm communication could help to improve such systems HARTING would like to explain. In cooperation with NOKIA, HARTING would love to tell you what additional improvements a 5G communication would offer to you and your process for instance to handle time critical alarm communication.

Konzept einer sicheren 3D-Umgebungssensorik

David Korte^{1,a}, Bernd Neuschwander^{2,b}, Simon Baumgarten^{3,c}
und Jochen Lindermayr^{3,d}

¹Universität Stuttgart, Institut für Fördertechnik und Logistik, Holzgartenstraße 15b,
70174 Stuttgart, Germany

²Pilz GmbH & Co. KG, Felix-Wankel-Str.2, 73760 Ostfildern, Germany

³Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung, Nobelstraße 12, 70569
Stuttgart, Germany

^adavid.korte@ift.uni-stuttgart.de, ^bb.neuschwander@pilz.de,

^csimon.baumgarten@ipa.fraunhofer.de, ^djochen.lindermayer@ipa.fraunhofer.de

Keywords: Sensor, Safety, Artificial intelligence

Abstract. Im Rahmen des Forschungsprojektes S³ (Sicherheitssensorik für Serviceroboter in der Produktionslogistik und weiteren Anwendungen) wird das Institut für Fördertechnik und Logistik der Universität Stuttgart gemeinsam mit dem Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA, der Pilz GmbH & Co. KG, der Alexander Thamm GmbH sowie der Bruderhaus Diakonie eine Sensorik entwickeln, die neben der sicheren 3D-Umgebungsüberwachung weitere Funktionen wie die Differenzierung zwischen Objekten und Personen ermöglicht. Ziel des Forschungsprojektes ist es, den Schwächen der bisher genutzten Sicherheitssensoren (2D-Laserscanner, taktile Sensoren und Ultraschallsensoren) entgegenzuwirken, um zukünftig eine stärkere Zusammenarbeit zwischen Personen und mobilen Robotern zu ermöglichen. Dies soll durch eine 3D-Umgebungserfassung gewährleistet werden, die zuverlässig zwischen Personen und Objekten unterscheiden kann, was zur Differenzierung des Verhaltens des mobilen Roboters führt. Hiermit können mobile Roboter in Zukunft noch sicherer und zuverlässiger mit Menschen in der gleichen Umgebung zusammenarbeiten. Zudem kann die Effizienz in der Produktionslogistik gesteigert werden, da ein ortsfestes Objekt schneller umfahren werden darf als ein sich ggf. bewegendes Mensch, der in den Fahrweg eines fahrerlosen Transportfahrzeugs treten könnte [1]. Da diese Unterscheidung heute nicht zuverlässig möglich ist, müssen erkannte Hindernisse immer mit derselben reduzierten Geschwindigkeit umfahren werden. Gleichzeitig muss eine Klassifizierung der Objekte erfolgen, um auch hier zwischen ortsfesten und beweglichen Objekten unterscheiden zu können (beispielsweise weiterer mobiler Roboter und Palette). Voraussichtlich wird die Sensorik aus einer modularen Sensorhardware und -software bestehen, die somit multiple Modalitäten fusionieren und zu einer erhöhten Redundanz und Robustheit beitragen können, was beispielsweise bei gläsernen Hindernissen und Objekten einen erheblichen Mehrwert mit sich bringt. Daneben wird eine leistungsfähige künstliche Intelligenz entwickelt, die in der Lage ist, Unregelmäßigkeiten in der Umgebung, wie am Boden liegende Personen oder verschüttete Flüssigkeiten, zu erkennen. Basierend hierauf kann das Verhalten in Gefahrensituationen angepasst und bei Bedarf die Information mit externen Systemen geteilt werden.

References

[1] K.-H. Wehking, D. Korte, and M. Hagg: Challenges of a secure value-added production logistics of the future. In: Bargende, M.; Reuss, H.-C.; Wiedemann, J. (Hg.): 18. Internationales Stuttgarter Symposium. Springer. Wiesbaden, 2018.

»Montage ohne Band und Takt«

Infrastruktur		
T-Systems	5G für die Automobilproduktion – wo sind die UseCases?	Andreas Scheibal, Ingo Rechenberger
PEM RWTH Aachen	Self Driving Chassis for Low-Invest and Highly Flexible Electric Vehicle	Marius Wenning
BoschRexroth AG	Der intelligente Boden: Eine Infrastruktur für die wandelbare Produktion	Javier Stillig
Fraunhofer IIS	Ultra-Low Latency Wireless Industrial Network - UWIN -	Frank Burkhardt

5G in der Automobilproduktion – wo sind die Use Cases?

Andreas Scheibal^{1,a} und Ingo Rechenberger^{1,b}

¹T-Systems, Holzhauser Straße 4-8 D-13509 Berlin Fasanenweg 5,
D-70771 Leinfelden-Echterdingen

^aandreas.scheibal@t-systems.com, ^bingo.rechenberger@t-systems.com

Keywords: 5G, AGV, Campusnetz

Abstract. Der Vortrag beschreibt den aktuellen Stand zum neuen mobilen Netzwerkstandard 5G und den darauf basierenden industriellen Campusnetzen. Es werden die relevanten Merkmale von 5G dargestellt und auf 4 ausgewählte Use Cases übertragen.

Self-Driving Chassis for Low-Invest and Highly Flexible Electric Vehicle

Marius Wenning^{1,a}, Sebastian Kawollek¹ and Achim Kampker¹

¹Chair of Production Engineering of E-Mobility Components (PEM), RWTH Aachen University

^am.wenning@pem.rwth-aachen.de

Keywords: Adaptive manufacturing, safety, autonomous transport

Abstract. The new introduction of electric vehicle concepts with their own production line cause significant investments, which shy away the car manufacturers with regard to the uncertain demand and the risks arising from lower technological maturity. Moreover, start-up businesses that want to produce smaller lot sizes of their vehicle concepts face a similar challenge: The state of the art manufacturing of cars is optimized for large quantities. The highly automated facilities cause immense investments. The upcoming need for small series production motivates new production concepts that reduce the massive investments and increase operational flexibility in electric vehicle's final assembly.

Here, we present the concept of the self-driving chassis [1]. Comparing electric with conventional cars, the drivetrain can be put into operation earlier in the assembly process. By reorganizing the assembly order, the benefits of the self-driving chassis' can be maximized. It replaces expensive conveyors and allows active re-sequencing of the assembly order [2].

We show a battery concept able to operate the chassis at low voltage guaranteeing occupational safety. The output voltage for this purpose can be reduced during assembly and increased again later on in road operation using the same battery configuration by means of different wiring of the individual battery modules within the high-voltage storage. The actuator components have to cope with the lower voltage. While the electromechanical steering is conventionally operated at low voltage, the inverter of the drive motor needs to be designed for temporarily low voltage use.

The automated control of the self-driving chassis requires systems for vehicle localization and environmental perception, more precisely a collision detection. Since the components to be installed during the assembly of the vehicle hinder the use of sensors on the vehicle side, sensors in the infrastructure must be used to locate the vehicle chassis. We propose cameras fixed to the hall ceiling for environment perception. Fiducial markers on the chassis are used for identification and precise positioning. Collisions with obstacles can be avoided by using a background subtraction algorithm in image processing.

Since a malfunction of the self-driving chassis poses a serious hazard to employees, the system operator needs to guarantee occupational safety. The potential sensor needs to detect obstacles under all possible circumstances. Stationary protective devices exist for industry robots but have not yet been in use for mobile robots [3]. Additionally the chassis' position needs to be trustworthy, so that the distance can be computed properly. To ensure that the correct vehicle gets the control command, a unique identification of each chassis prevents a mix-up. As for the actuators, cars' mechatronics commonly work with a mechanical fallback, as the driver can apply brake pressure or steering torque manually in case of fault. Since self-driving chassis do not have this mechanical fallback, a brake-by-wire functionality is needed. [4]

References

- [1] K. D. Kreisköther: Flexibilisierung der Elektrofahrzeugendmontage durch selbstfahrende Fahrzeugchassis, Dissertation, 2019
- [2] M. Schumacher, K. D. Kreisköther, A. Kampker: Proactive Resequencing of the Vehicle Order in Automotive Final Assembly to Minimize Utility Work, *Journal of Industrial and Intelligent Information*, Vol. 6, No. 1, June 2018
- [3] Pilz GmbH Co. KG: Safe camera system SafetyEYE, <https://www.pilz.com/en-DE/eshop/00106002207042/SafetyEYE-Safe-camera-system>, Last accessed: 16.04.2019
- [4] H Winner, S. Hakuli, F. Lotz, C. Singer, Actuators for Advanced Driver Assistance Systems, in: *Handbuch Fahrerassistenzsysteme*, Wiesbaden, 2015, pp. 555. – 617

Der intelligente Boden: Eine Infrastrukturplattform für die wandelbare Produktion

Javier Stillig, M.Sc.^{1,a}, Prof. Dr.-Ing. Nejila Parspour^{2,b}

¹Bosch Rexroth AG, Grönerstraße 9, 71636 Ludwigsburg, Germany

²Institut für Elektrische Energiewandlung (IEW), Pfaffenwaldring 47, 70569 Stuttgart, Germany

^ajavier.stillig@boschrexroth.de

^bnejila.parspour@iew.uni-stuttgart.de

Keywords: Flexibility, Production, Wireless Power Transfer

Abstract. Ausgehend davon, dass zukünftige Automobilproduktionen bedingt durch die volatilen Markteinflüsse und technische Veränderungen häufiger als heute neu konfiguriert werden müssen, ist die Notwendigkeit zu mehr Wandelbarkeit gegeben. Dabei wird die Wandelbarkeit unter anderem durch mobiles und universell einsetzbares Produktionsequipment erreicht. Hier kann der intelligente Boden ein wichtiger Bestandteil des Mobilitätskonzeptes für die Produktionsmittel in der Fabrik der Zukunft sein.

Der intelligente Boden ist ein modular aufgebautes Doppelbodensystem im Meterraster, das mit Sensorik- und Aktorikfunktionen angereichert ist und sich als universelle Infrastrukturplattform für die Produktion anbietet. In seiner aktuellen Ausbaustufe bietet der Boden die Möglichkeit, Produktionsmittel kabellos mit elektrischer Energie zu versorgen. Des Weiteren beinhaltet die Plattform ein Anzeigesystem auf Basis einzeln ansteuerbarer LED. Diese sind in vier Streifen kreuzförmig auf der Bodenplatte aufgebracht. Darüber hinaus verfügt jede Bodenplatte über eine Wiegezone, die die aktuelle Flächenlast der Platte aufnimmt.

Durch die Sensorik-/Aktorikkombination lässt sich u.a. die flexible Produktionsmittelpositionierung und -versorgung effizient lösen und generiert weitere Mehrwerte für Betreiber und Anwender, die heutige Lösungen bedingt oder gar nicht bieten können.

Mit den heute am Markt verfügbaren Systemen, ist die elektrische OD- und 1D1-Versorgung eines Produktionsmittels bis 10 kW und 20 mm Abstand möglich [1]. Damit wird die Bandbreite elektrischer Anschlussleistungen von leichten Produktionsmitteln, wie bspw. fahrerlose Transportsysteme oder Montageautomaten, abgedeckt. Prinzipiell sind auch höhere Übertragungsleistungen möglich. So werden im Automotiv-Bereich Leistungen bis 200 kW kabellos übertragen [2]. Auch arbeitet man an Methoden zur Erhöhung der Positionstoleranz von primär- zu sekundärseitiger Übertragungseinheit [3], damit das Produktionsmittel ortsflexibler geladen werden kann.

1 OD = Punkt-zu-Punkt-Übertragung, 1D = Übertragung entlang einer Bahn

Eine großflächige, im Boden implementierte kabellose Energieübertragung ermöglicht die auftragsspezifische Zusammenstellung von Produktionsmittel zu Produktionslinien, um z.B. neue Varianten eines bestehenden Produkts zu fertigen, Kapazitätsengpässe auszugleichen oder eine Zwischenkontrolle einzufügen. So kann der Kundenauftrag im Vorfeld simuliert, die optimale Fertigungskonfiguration gefunden und das Produktionsequipment automatisiert zusammengestellt werden.

Ein in der ARENA 2036 betriebener, 70 m²-großer Prototyp des Bodens besitzt je Quadratmeter einen OD-Versorgungspunkt, der eine Leistung von max. 200 W bei einem Abstand von 10 mm und einer Positionstoleranz von ± 5 mm übertragen kann. Dabei werden alle Primäreinheiten aus einem DC-Netzwerk gespeist. An das DC-Netz können

»Montage ohne Band und Takt«

weitere Energiesenken und -quellen leicht angeschlossen werden, um dessen Vorteile, z.B. Erhöhung der Versorgungssicherheit, zu nutzen.

Neben der elektrischen Versorgung sind auch weitere Medien wie Druckluft, zu berücksichtigen. Da es sich beim Boden um ein Doppelbodensystem handelt, kann das Medienversorgungsnetz anstelle einer Wand-/Deckenverlegung auch im Zwischenraum des Bodens verbaut werden. Dies gewährleistet einen einfachen Zugang zu den nicht berührungslos übertragbaren Medien mittels konventioneller Bodentanksysteme.

References

[1] Paul Vahle GmbH & Co. KG: „Berührungslose Energieübertragung CPS (20 kHz)“, in: Kataloge vPOWER, unter: https://vahle.de/fileadmin/user_upload/pdf/Kataloge/deutsch/Cat_05a_CPS_de_Rev02.pdf (abgerufen am 11.04.2019).

[2] Bombardier Transportation: https://primove.bombardier.com/fileadmin/primove/content/MEDIA/Publications/PT_PRIMOVE_Datasheet_2015_Braunschweig_DE_110dpi.pdf (abgerufen am 11.04.2019).

[3] M. Böttigheimer, N. Parspour, M. Armbruster, R 2017, „Optimization of the Coupling Factor Curve for Lateral Offset of a Coil Pair for Contactless Inductive Charging to Generate Positioning Tolerance“, 2017 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2017 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe (EEEIC / I&CPS Europe), Paper 388, in: IEEE Xplore Digital Library (abgerufen am 11.04.2019).

Ultra-Low Latency Wireless Industrial Network

– UWIN –

Stefan Lipp^{1,a}, Frank Burkhardt^{1,b} and Jorge Luis Juárez Pena^{1,c}

¹ Fraunhofer Institut für Integrierte Schaltungen IIS, Am Wolfsmantel 33, 91058 Erlangen

^astefan.lipp@iis.fraunhofer.de, ^bfrank.burkhardt@iis.fraunhofer.de,

^cjorge.juarez@iis.fraunhofer.de

Keywords: Digital Manufacturing System, Cognitive Robotics, Reliability

Abstract. In zahlreichen Anlagen der Industrieautomatisierung befinden sich ein Teil der Sensoren und Aktuatoren sowie andere Automatisierungskomponenten auf beweglichen Subsystemen. Werkzeuge an Roboterarmen, Schlittenbahnen sowie Fahrerlose Transportfahrzeuge sind Beispiele solcher Subsysteme. Sie müssen häufig mit sehr kurzen Zykluszeiten im einstelligen Millisekunden-Bereich an die übergeordnete Steuerung bzw. Regelung angebunden werden. In vielen Anwendungen ist dabei eine isochrone, harte Echtzeitfähigkeit gefordert, d.h. diese genannten kurzen Zykluszeiten müssen jederzeit wiederholbar garantiert erreicht werden. Daraus resultierten sehr hohe Anforderungen an die Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit des Kommunikationssystems. Aus diesem Grund werden derzeit zur Anbindung dieser beweglichen Komponenten ausschließlich drahtgebundene Echtzeit-Bussysteme in Verbindung mit Kabelschleppketten, Drehdurchführungen und Schleifkontakte eingesetzt. Jedoch bringen diese Nachteile mit sich, wie die Beschränkung der möglichen Bewegungstrajektorien der Anlagenteile, der Anzahl anschließbarer Komponenten, sowie Einschränkungen bezüglich späterer Umrüstungen beziehungsweise Erweiterungen. Drahtlose Übertragungssysteme kommen ohne diese Nachteile aus, jedoch können die heute verfügbaren Funktechnologien die bereits benannten Anforderungen der Industrie an Echtzeit und Zuverlässigkeit nicht erfüllen. In diesem Beitrag wird eine neue Funktechnologie – UWIN – vorgestellt, an dem das Fraunhofer IIS unter anderen in den Forschungsprojekten fast realtime [1] und fast automation [2] forscht und die als drahtlose Erweiterung oder als gleichwertiger Ersatz von drahtgebundenen Feldbussen eingesetzt werden kann. Analog zur Topologie eines Feldbus-Systems dient ein Funkmodem als Gateway zur drahtgebundenen Infrastruktur, bzw. zur Regelung. Für die Systemarchitektur ist es naheliegend, dieses Funkmodem als Basis (Master) für ein zelluläres Funksystem zu betreiben. Die Kommunikation der Funkteilnehmer (Slaves) mit der Regelung wird über den Master abgewickelt, zusätzlich wird auch die Zeitsynchronisation der mobilen Slaves über den Master gesteuert (in Entsprechung zu Anforderungen aus dem Precision Time Protocol [3]). Im Vergleich zu heute verfügbaren Funktechnologien wird damit eine deterministische, echtzeitfähige Signalübertragung mit höchster Zuverlässigkeit erzielt. Welche extrem niedrige Übertragungslatenzen und flexibel, anpassbare Zykluszeiten im Bereich < 1 ms ermöglicht.

References

[1] „fast automation,“ [Online]. Available: <https://de.fast-zwanzig20.de/industrie/fast-automation/>.

[2] „fast realtime,“ [Online]. Available: <https://de.fast-zwanzig20.de/basisvorhaben/fast-realtime/>.

»Montage ohne Band und Takt«

[3] The Institute of Electrical and Electronics Engineers (Hrsg.), "IEEE Standard for a Precision Clock Synchronization Protocol for Networked Measurement and Control Systems. IEEE Std. 1588–2002", New York 2002, ISBN 0-7381-3369-8.

Logistik		
Festo AG & Co. KG	Innovationen schneller in der Produktion umsetzen	Dr. Alexander Hoppe
FAPS Universität Erlangen-Nürnberg	Intralogistics Execution System zur losen Verkettung von Produktionsanlagen	Michael Scholz
IFT der Universität Stuttgart	Steuerung autonomer produktionslogistischer Systeme- Herausforderungen und Zukunftstrends	Manuel Hagg
MHP Management und IT-Beratung	Algorithmische Produktion	Witold Kopytynski

Innovationen schneller in der Produktion umsetzen

Dr. Alexander Hoppe^{1,a}

¹Festo AG & Co. KG, Plieninger Str. 50, 73760 Ostfildern, Deutschland

^aalexander.hoppe@festo.com

Keywords: Innovation management, Logistics, Automation

Abstract. Digitalisierung, Internet der Dinge und Industrie 4.0 sind Begriffe, die in der Literatur und im industriellen Alltag in den letzten Jahren regelmäßig genannt werden [1,2] In vielen Fachbeiträgen wird direkt oder indirekt auf mindestens eins dieser Konzepte verwiesen. Selten werden innovative technische Lösungen aus den genannten Bereichen überhaupt in den industriellen Alltag implementiert. [3] Falls es doch zu einer Umsetzung kommt, ist der Zeitraum zwischen Idee und Implementierung, vor allem mit zunehmender Größe des Unternehmens, oft lang und die Potenziale können erst spät oder nicht mehr in vollem Ausmaß ausgeschöpft werden. [4]

Um diesem Zustand entgegenzuwirken, wurde im Produktionswerk Scharnhausen der Festo AG & Co. KG die Abteilung Innovationsmanagement gegründet. Diese Abteilung unterstützt das Werk nicht nur beim aktiven Scouting von innovativen Vorgehensweisen und Technologien, sondern identifiziert auch konkrete Anwendungsfälle im Werk. Sofern der jeweilige Fachbereich von der Innovation überzeugt ist, unterstützt das Innovationsmanagement bis zur erfolgreichen Implementierung des Pilotprozesses. Dafür arbeitet diese Abteilung nicht nur intensiv mit der Produktion, sondern auch mit den Bereichen R&D, IT und HR zusammen.

Durch die nachhaltige Unterstützung des Innovationsmanagements konnten in der Produktion im Werk Scharnhausen in wenigen Monaten verschiedenste Innovationen schnell und unbürokratisch umgesetzt werden. So konnte bspw. innerhalb weniger Wochen eine Digitalisierungslösung zum sofortigen Scannen von Kanbankarten implementiert werden, mit der die Materialabrufe geglättet und damit die Wiederbeschaffungszeit reduziert werden konnten. Weiterhin wurde ein Projekt mit einem Startup-Unternehmen in kürzester Zeit initiiert, mit dem mittels digitalisierter Daten und einer KI-Lösung Materialbereitstellungsprozesse hinsichtlich Lean-Aspekten und Ergonomie analysiert und optimiert werden. Durch die genannten Beispiele konnten in der Produktionslogistik nicht nur Prozesskosten reduziert, sondern auch die Materialverfügbarkeit erhöht werden.

Unabhängig von der individuellen organisatorischen Lösung bleibt festzuhalten, dass produzierende Unternehmen die Potenziale innovativer technischer Lösungen kontinuierlich prüfen und bei positiver Entscheidung so schnell wie möglich sinnvoll implementieren sollten. Das hierfür notwendige Veränderungsmanagement stellt dabei die notwendige Voraussetzung für eine erfolgreiche Prozessanpassung dar. Aus diesem Grund richtet sich die Festo AG & Co. KG als weltweit führender Anbieter von Automatisierungstechnik und technischer Bildung mit seinen Produkten und Services auf die smarte Produktion der Zukunft aus. Dabei spielt die zeitnahe, effektive Implementierung von Digitalisierungslösungen eine elementare Rolle. Denn nur mit smarten Produkten und Prozessen werden produzierende Unternehmen in Deutschland weiterhin wettbewerbsfähig bleiben.

References

- [1] VDI Zentrum Ressourceneffizienz GmbH (VDI ZRE), Digitalisierung fördert Ressourceneffizienz, in: Logistik für Unternehmen Heft 6 (2019), 20-21.
- [2] S. Kerner, Im Internet der Dinge denkt alles, Logistik heute, 40. Jahrgang Heft 11 (2018), 30-31.
- [3] C. Horz, H. Heeg und F. Caglar, Innovation zwischen Anspruch und Wirklichkeit. Wie Organisationen die Krise durch Veränderungsfähigkeit besser meistern können, in: Zeitschrift Führung + Organisation: ZfO, 79. Jahrgang Heft 1 (2010), S. 25-30.
- [4] P. Depiereux, Deutsche Unternehmen sind zu langsam und unflexibel, <https://www.welt.de/wirtschaft/bilanz/article162794604/>, veröffentlicht am 13.03.2017, zuletzt aufgerufen am 13.09.2019.

Intralogistics Execution System zur losen Verkettung von Produktionsanlagen

Michael Scholz^{1,a} und Jörg Franke^{1,b}

¹Lehrstuhl für Fertigungsautomatisierung und Produktionssystematik (FAPS),
Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg (FAU),
Egerlandstraße 7, 91058 Erlangen, Deutschland

^aMichael.Scholz@faps.fau.de, ^bJoerg.Franke@faps.fau.de

Keywords: Flexible manufacturing system (FMS), Simulation, Robot

Abstract. Die zukünftigen Produktionssysteme in der Automobilproduktion stellen vor allem an die intralogistischen Informations- und Materialflusskonzepte spezifische Anforderungen [1]. Um den Anspruch an eine hohe Flexibilität und Wandelbarkeit zu gewährleisten, werden die etablierten prozessfolgeorientierten Fertigungssysteme zu lose verketteten Produktionsanlagen weiterentwickelt [2]. Als technische Befähiger für diesen agilen Materialfluss zwischen den einzelnen Betriebsmitteln im Fertigungsnetzwerk rücken autonome und mobile Transportroboter in den Fokus [3].

Diese Entwicklung stellt die aktuellen mobilen intralogistischen Systeme vor grundsätzliche Herausforderungen. Die Lösungen sind aus dem Automatisierungs- und Autonomieansatz getrieben, welcher das einzelne Fahrzeug oder das spezifische System befähigt, ein Modell seiner Umwelt selbstständig zu generieren [4]. Weiterhin sind die Fahrzeuge auf spezifische, im Vorfeld definierte Anwendungsfälle konzipiert und damit auch die Fähigkeiten des Systems an diese Restriktionen gebunden [5]. Die Vergabe der Transportaufträge auf die einzelnen Entitäten erfolgt zudem über eine Leitsteuerung oder innerhalb eines proprietären Verteilmechanismus [6]. Die etablierten Ansätze stellen folglich Insellösungen dar, die eine ganzheitliche intralogistische Wertstromlösung nicht adressieren und die Anforderungen loser verketteter Produktionsanlagen nur bedingt erfüllen.

Die im Forschungsprojekt E|Flow erforschte Methode zur Etablierung eines Intralogistics Execution Systems (iLES) adressiert diesen Handlungsbedarf. Der elementare Bestandteil der mit den Industriepartnern Bosch und BMW entwickelten Serviceebene ist die plattformübergreifende, agentenbasierte Transportauftragsallokation. Hierzu bietet die Architektur die Möglichkeit, die Eigenschaften und Fähigkeiten der mobilen Transportentitäten generisch zu beschreiben. Durch diese Vorgehensweise wird eine eindeutige Schnittstelle zwischen dem Fahrzeugagenten und dem Auftragsverteilmehanismus des iLES geschaffen, wodurch die Entscheidungslogik und Strategie von der physischen Plattform entkoppelt ist. Somit entsteht eine uniforme Softwarearchitektur, an die sämtliche Arten von intralogistischen Transportroboter angebunden werden können.

Eine wesentliche Herausforderung bei der Einführung des iLES stellt die Vorhersagbarkeit des Systemverhaltens dar. Vor allem mit steigender Anzahl an Transportentitäten und aktiven Transportaufträgen sind die Einzelentscheidungen und deren Wechselwirkungen nicht deterministisch. Zudem stellt die Auslastung von einzelnen Anlagen in lose verketteten Produktionssystemen aufgrund der Gesetzmäßigkeiten der Warteschlangentheorie ein entscheidendes Kriterium bei der Konzeptionierung dar [7]. Im Projekt wurde daher die Integration der Vergabestrategie in eine ereignisdiskrete Simulation erforscht um sowohl im Planungs- als auch im Produktivbetrieb die Reaktionen

des Systems vorherzusagen. Der verfolgte Grundsatz ist dabei, den Allokationsalgorithmus als Software-in-the-Loop direkt in die Simulation mit einzubinden. Durch die Schaffung eines direkten Transfers des simulierten Systemverhaltens in den realen Betrieb und die Möglichkeit, das Simulationsmodell als Hardware-in-the-Loop auch im produktiven Einsatz fortzuführen, weist die beschriebene Lösung ein Alleinstellungsmerkmal zum Einsatz in lose verketteten Produktionssystemen dar.

References

- [1] C. Hahn-Woernle, Neue Anforderungen für die Logistik des 21. Jahrhunderts, in: W. Günthner, M. Hompel (Eds.), Internet der Dinge in der Intralogistik, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2010, pp 9-14.
- [2] V. Brühl, Wirtschaft des 21. Jahrhunderts, Springer, Wiesbaden, 2015.
- [3] T. Bauernhansl, M. Hompel, B. Vogel-Heuser, Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik, Springer Vieweg, Wiesbaden, 2014.
- [4] M. Scholz, S. Kolb, C. Kästle, J. Franke, Operation-oriented One-piece-flow Manufacturing: Autonomous and Smart Systems as Enabler for a Full-meshed Production Network, 49th CIRP Conference on Manufacturing Systems, CIRP-CMS 2016.
- [5] A. Schrecker, Planung und Steuerung Fahrerloser Transportsysteme, Springer Fachmedien, Wiesbaden, 2000.
- [6] G. Ullrich, Fahrerlose Transportsysteme, 2.Auflage, Springer Vieweg, Wiesbaden, 2014.
- [7] A. Habl, O. Kipouridis, J. Fottner, Deploying microservices for a cloud-based design of system-of-systems in intralogistics, IEEE 15th International Conference on Industrial Informatics (INDIN), 2017.

Steuerung autonomer produktionslogistischer Systeme – Herausforderungen und Zukunftstrends

Manuel Hagg^{1,a}

¹Universität Stuttgart, Institut für Fördertechnik und Logistik, Holzgartenstraße 15B,
70174 Stuttgart

^amanuel.hagg@ift.uni-stuttgart.de

Keywords: Logistics, Production, Control, Decision making

Abstract. Die Automobilproduktion entwickelt sich, bedingt durch spezifische Kundenwünsche und steigenden Kostendruck, hin zu einer flexiblen und wandelbaren Produktion mit kleinen Losgrößen [1]. Auch die etablierten produktionslogistischen Systeme können sich diesen Veränderungen nicht entziehen. Bedingt durch die steigende Systemkomplexität stoßen bestehende Ansätze zur Steuerung dieser Systeme an ihre Grenzen. Ein Grund hierfür liegt in der unzureichenden Flexibilität zentraler Steuerungsarchitekturen. In dynamischen Umgebungen gewinnen zunehmend hierarchielose Steuerungskonzepte mit dezentraler Entscheidungsfindung an Bedeutung [2]. Diese sind häufig gekennzeichnet durch autonome Steuerungsmechanismen, welche mit dem Ziel der Komplexitätsreduktion in produktionslogistischen Systemen zum Einsatz kommen [3]. Ein wesentliches Merkmal eines produktionslogistischen Systems in der Fabrik der Zukunft ist die zunehmende Verzahnung von Produktion und Logistik, denn Fahrerlose Transportfahrzeuge werden nicht mehr ausschließlich zum Transport von Werkstücken eingesetzt. Vielmehr werden zukünftig – wie beispielsweise die Entwicklung der mobilen Montageinsel des Instituts für Fördertechnik und Logistik der Universität Stuttgart zeigt – Menschen, die sich auf der Montageplattform befinden, während des Transportprozesses aktiv in den Wertschöpfungsprozess eingreifen und beispielsweise Montagetätigkeiten am Transportgut durchführen [4]. Dieser Beitrag gewährt Einblicke in ein aktuelles Forschungsprojekt, welches die Entwicklung von Steuerungsstrategien zum Ziel hat, die die Entscheidungen des produktionslogistischen Systems auf individuelle Unternehmensziele ausrichtet, um eine langfristige Optimierung des Gesamtsystems zu erreichen. Ein entscheidender Erfolgsfaktor für eine wirksame Steuerung derartiger Systeme ist der Umgang mit den der Entscheidungsfindung zugrundeliegenden Daten. Hierbei sind die kurzfristigen Handlungsalternativen auf Shopfloor-Ebene mit dem langfristigen Erfolg des Unternehmens in Einklang zu bringen. Zudem werden Herausforderungen aufgezeigt, die mit einem derartigen Steuerungsansatz einhergehen. Als Beispiele können die Kommunikations- und Koordinationsmechanismen, die Steuerungslogik oder die Schnittstellenkompatibilität genannt werden. Darüber hinaus werden potenzielle Zukunftstrends aufgezeigt.

References

- [1] MP. Nyhuis; H.-P. Wiendahl und C. Wagner (2012): Materialbereitstellung in der Montage. In: B. Lotter und H.-P. Wiendahl (Hg.): Montage in der industriellen Produktion. Ein Handbuch für die Praxis. Berlin, Heidelberg: Springer, S. 285–313.
- [2] A. Roth (2016): Einführung und Umsetzung von Industrie 4.0. Grundlagen, Vorgehensmodell und Use Cases aus der Praxis. Berlin, Heidelberg: Springer Gabler.
- [3] H. Meissner; R. Ilsen und J. Aurich (2017): Analysis of control architectures in the context of Industry 4.0. In: Procedia CIRP 62, S. 165 – 169.

»Montage ohne Band und Takt«

[4] M. Hofmann (2018): Intralogistikkomponenten für die Automobilproduktion ohne Band und Takt – erste Prototypen. In: Logistics Journal: Proceedings, Vol. 2018.

Algorithmische Produktion

Witold Ladislao Kopytynski^{1,a} und Dr. Julian Popp^{2,b}

¹Mies-van-der-Rohe-Straße 6, 80807 München, Deutschland

²Königsallee 49, 71639 Ludwigsburg, Deutschland

^awitold.kopytynski@mhp.com, ^bjulian.popp@mhp.com

Keywords: Automation, Logistics, Production planning

Abstract. Die steigende Variantenvielfalt und die Produktion von immer kleineren Losgrößen bis hinunter zu build-to-order sind aktuelle Herausforderungen von Produktionsunternehmen. Als Lösungsmöglichkeit wurde der MHP-Algorithmus für modulare Montagen entwickelt und erfolgreich beim ersten Kunden, einem Elektromotorenwerk in Osteuropa, zum Einsatz gebracht. Dort übernimmt die Software jetzt die kurzfristige Shopfloor-Steuerung von Produktionsaufträgen im Rahmen der Maschinenansteuerung und darüber hinaus die Orchestrierung des gesamten Produkt- und Materialflusses auf Basis von fahrerlosen Transportfahrzeugen (FTF), inklusive Zuordnung der Transportaufträge. Damit befähigen wir die Erhöhung der Maschinenauslastung um ca. 30 % und gleichzeitig die Abbildung einer reaktionsfähigen Logistik.

1. Einsatz in der Logistik

In der von MHP entwickelten Lösung bewegt sich nicht länger der Mitarbeiter durch die Gänge, sondern die Regale werden an den Arbeitsplatz des Mitarbeiters gebracht. Der übergeordnete Algorithmus kennt die zu erfüllenden Aufträge und steuert darauf basierend die Reihenfolge, in welcher die Regale entsprechend dem Ware-zu-Mann Prinzip an den Arbeitsplatz des Mitarbeiters gebracht werden. Ermöglicht wird dies durch FTF, welche das betreffende Regal an den Arbeitsplatz des Mitarbeiters fahren. Der Mitarbeiter muss somit lediglich das Bauteil oder Produkt aus dem Regal entnehmen und in den Kommissionierwagen legen. Die Reihenfolge der Regale und die Wege, welche diese nehmen, werden durch den Algorithmus bestimmt und in Fahrrouten für das jeweilige FTF umgesetzt.

Der Wegfall von Aufwendungen für Wegstrecken, Identifikation und Dokumentation ermöglicht Einsparungen von ca. 40 %. Zudem wird der Prozess robuster, da Mitarbeiter mit geringerer Wahrscheinlichkeit ein Bauteil aus dem falschen Regal entnehmen können, da im Moment des Greifens nur ein Regal vor Ihnen steht.

2. Einsatz in der Produktion

MHP überträgt den beschriebenen Ansatz aus der Logistik auf die Produktion und realisiert somit ein neues Produktionssystem. Dabei befinden sich Fertigungsanlagen, Roboter sowie Schraub- und Messstationen auf festen Positionen, sind jedoch nicht durch ein lineares Band miteinander gekoppelt. Stattdessen produzieren die Mitarbeiter die Produkte auf modularen Fertigungsinseln. Trotz vordefinierter Montagereihenfolgen ermöglicht die modulare Anordnung verzweigte Wege und mehr Spielraum und damit Flexibilität im Produktionsprozess. Den Teiletransport zu den Arbeitsstationen erledigen FTF, gesteuert vom MHP-Algorithmus [1], wobei sich folgende Vorteile ergeben:

- Produkt fährt nur die für diese Variante notwendigen Stationen an (dies minimiert modelmix-Restriktionen!)

»Montage ohne Band und Takt«

- Produkt verbleibt nur solange in einer Station wie für diese Variante notwendig
- Hinzufügen oder Wegfallen von Stationen beeinflusst das bestehende System nicht
- Produkt und Material werden von FTF an Station gebracht

Die wirtschaftlichen Vorteile für den Kunden belaufen sich auf ca. 30 % mehr Durchsatz gegenüber den heutigen, fest verkoppelten Anlagen. Zusätzlich ist das System wandlungsfähiger, robuster gegen Störungen sowie bzgl. des Investments günstiger als ein konventionelles System (bspw. Elektrohängebahn).

Im Rahmen des Vortrags wird MHP das Konzept des MHP-Algorithmus durch Simulationen und praktische Beispiele erläutern und damit das Potential der industriellen Nutzung deutlich machen.

References

[1] AUDI AG MediaInfo, Neue Ära: Audi Hungaria startet Serienproduktion von Elektromotoren, 2018, <https://www.audi-mediacycenter.com/de/pressemitteilungen/neue-aera-audi-hungaria-startetserienproduktion-von-elektromotoren-10495>.

Strategie & Produktionssysteme		
Fraunhofer IPA	Degree of Digital Autonomy – Deriving generic strategies for digital transformation of industrial enterprises	Steffen Hesping
TU Dortmund	Simulative Bewertung des Potentials der Arbeitsplanflexibilität in selbststeuernden, frei verketteten Montagesystemen	Daniel Müller
BMW AG	Methodik zur Optimierung der Transformation hin zu zukünftigen Produktionssystemen in der Automobilindustrie	Sebastian Rauch

Degree of Digital Autonomy – Deriving generic strategies for digital transformation of industrial enterprises

Steffen Hesping^{1,a}

¹ Fraunhofer Institute for Manufacturing Engineering and Automation IPA, Nobelstraße 12,
70569 Stuttgart, Germany

^asteffen.hesping@ipa.fraunhofer.d

Keywords: Digital Manufacturing System, Decision making, Strategy

Abstract. The industry faces the challenge of strategically planning the digital transformation [1]. Due to the required holistic view, from manufacturing systems to business models, the decision-making space is large and confusing. Managers of industrial companies need a practicable solution to segment the decision-making space according to fundamental strategic orientations - so-called generic strategies [1] [2]. Based on an empirical study [3], a procedure was developed for deriving generic strategies for digitization of industrial enterprises. In this paper, the need for such a method is derived and its application explained by means of a practical example. The methodology consists of a two-dimensional matrix and a three-step approach: First, the products and services of the company under consideration are segmented. The respective "digital degree of autonomy" is determined by classifying the segments in the matrix. This is the basis for deriving relevant generic strategies. The method offers industrial companies a practicable system for describing basic strategic orientations for digital transformation. It directs the attention of decision-makers to the relevant options and thus reduces the complexity of the decision-making.

References

- [1] Volkwein, Malte; Böhm, Markus; Bauernhansl, Thomas (2019): Method and Application-Oriented Approach to Develop a Digitisation Strategy for Small and Medium-Sized Enterprises. In: Robert Schmitt und Günther Schuh (Hg.): Advances in Production Research. Proceedings of the 8th Congress of the German Academic Association for Production Technology (WGP), Aachen, November 19-20, 2018, Bd.
- [2] Porter, Michael Eugene (1985): Competitive advantage. Creating and sustaining superior performance. New York: Free Press.
- [3] Schöllhammer, Oliver; Volkwein, Malte; Kuch, Benjamin; Hesping, Steffen (2017): Digitalisierung im Mittelstand. Entscheidungsgrundlagen und Handlungsempfehlungen. Hg. v. Univ. Prof. Dr.-Ing. Thomas Bauernhansl. Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA. Stuttgart.

Simulative Bewertung des Potentials der Arbeitsplanflexibilität in selbststeuernden, frei verketteten Montagesystemen

Daniel Mueller^{1,a}, Michael Henke^{1,b}

¹Lehrstuhl für Unternehmenslogistik, Technische Universität Dortmund,
Leonhard-Euler-Straße 5, 44227 Dortmund, Deutschland

^amueller@lfo.tu-dortmund.de, ^bhenke@lfo.tu-dortmund.de

Keywords: Flexibility, Assembly(ing), Operations Management

Abstract. Angesichts zunehmender Variantenvielfalt wird insbesondere für die Anwendung in der Automobilindustrie der Einsatz frei verketteter Montagesysteme diskutiert [1]. Im Umgang mit der hohen Materialflusskomplexität derartiger Systeme wird vermehrt die Selbststeuerung logistischer Objekte als vielversprechendes Konzept vorgeschlagen [2]. Selbststeuernde Produktionssysteme basieren auf cyber-physischen Systemen, die dezentral und kontextsensitiv eigenständige Entscheidungen treffen und gemäß dem Internet-der-Dinge miteinander vernetzt sind [3]. Methoden zur Selbststeuerung arbeiten mit kurzfristigen Entscheidungen, sind doch langfristige Planungshorizonte als hinderlich in einem zunehmend dynamischen Umfeld anzusehen [4]. In Kombination mit der hohen Materialflussdiversität führt diese Kurzsichtigkeit allerdings zu Schwankungen der Umlaufbestände und Durchlaufzeiten. Diese Volatilität erschwert den stabilen Systembetrieb, die Einhaltung von Planterminen und erhöht allgemein die Planungsunsicherheit [5].

Vor diesem Hintergrund sollen die Potentiale der Arbeitsplanflexibilität gezielt für die Systemnivellierung verwertet werden. Diese Flexibilitätsart beschreibt Freiheitsgerade in der Abfolge der Montagesequenz, die in praktischen Anwendungen durch Montagevorranggraphen abgebildet werden. Bei lokalen, kurzfristigen Entscheidungen von Selbststeuerung wird infolge der Graphentopologie der zukünftige Entscheidungs- und damit Handlungsspielraum unterschiedlich reduziert, obwohl dieser maßgeblichen Einfluss auf die Effizienz von selbststeuernden Systemen hat [6]. Um dieses Potential auszuschöpfen, ist von den Autoren eine neue Selbststeuerungsmethode – die flexibilitätsorientierte Selbststeuerung (FOS) – entwickelt worden. Dieser Steuerungsansatz bewertet situativ die vorhandene Arbeitsplanflexibilität und berücksichtigt diese explizit bei der Entscheidungsfindung.

Der Ansatz zielt darauf ab, die Anzahl der verfügbaren Entscheidungsmöglichkeiten über den gesamten Produktionsablauf möglichst wenig zu reduzieren, sodass in zukünftigen und zum Zeitpunkt einer Entscheidung noch unbekannter Situationen, stets möglichst vielfältig reagiert werden kann. Damit wird auf den verbesserten Umgang mit der charakteristischen Myopik in der Entscheidungsfindung abgezielt, um auf diese Weise einen gleichmäßigeren Systembetrieb zu erreichen. Der Zielkonflikt zwischen dem Vorhalten von Arbeitsplanflexibilität für den weiteren Bearbeitungsverlauf und opportunistischen Entscheidungen zugunsten einer maximalen lokalen logistischen Zielerreichung wird in Form einer Gewichtungsfunktion abgebildet, um dem unterschiedlichen Zielgrößencharakter zu begegnen.

In diesem Beitrag wird zunächst aufgezeigt, wie verschieden sich Entscheidungsfreiräume in Vorranggraphen bei lokalen Entscheidungen verhalten. Aufbauend auf dieser Vorstudie werden Erkenntnisse über die Potentiale und Grenzen der Verwendung von Arbeitsplanflexibilität in selbststeuernden, frei verketteten Montagesystemen anhand

ereignis-diskreter Materialflusssimulationen vorgestellt. Dabei stehen unterschiedliche Gewichtungen der Flexibilität, verschiedene Produktkonfigurationen und Betriebsstörungen als variabilitäts- und dynamiksteigernde Einflüsse im Vordergrund. Die Auswertung fokussiert die Auswirkungen auf die Produktivität des Systems, die Schwankungen der Umlaufbestände und die angesprochene Abweichung von Planterminen.

References

- [1] Greschke, Peter (2016): Matrix-Produktion als Konzept einer taktunabhängigen Fließfertigung. Dissertation. Technische Universität Braunschweig, Braunschweig. Institut für Werkzeugmaschinen und Fertigungstechnik.
- [2] Fernandes, Nuno O.; Martins, Tiago; Carmo-Silva, Silvio (2018): Improving materials flow through autonomous production control. In: *Journal of Industrial and Production Engineering* 35 (5), S. 319–327. DOI: 10.1080/21681015.2018.1479895.
- [3] Ten Hompel, Michael; Henke, Michael (2014): Logistik 4.0. In: Thomas Bauernhansl, Michael ten Hompel und Birgit Vogel-Heuser (Hg.): *Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik*. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, S. 615–624.
- [4] Grundstein, Sebastian; Freitag, Michael; Scholz-Reiter, Bernd (2017): A new method for autonomous control of complex job shops – Integrating order release, sequencing and capacity control to meet due dates. In: *Journal of Manufacturing Systems* 42, S. 11–28. DOI: 10.1016/j.jmsy.2016.10.006.
- [5] Zeidler, Felix; Mueller, Daniel; Hompel, Michael ten; Henke, Michael (2019): WIP-Balancing by autonomous control using flexibility oriented decision-making. In: *Proc. of 48th International Conference on Computers and Industrial Engineering*.
- [6] Windt, Katja; Becker, Till; Jeken, Oliver; Gelessus, Achim (2010): A classification pattern for autonomous control methods in logistics. In: *Logist. Res.* 2 (2), S. 109–120. DOI: 10.1007/s12159-010-0030-9.

Methodik zur Optimierung der Transformation hin zu zukünftigen Produktionssystemen in der Automobilindustrie

Sebastian Rauch^{1,a}, Carsten Köhrmann^{1,b} and Frédéric Pellet^{2,c}

¹BMW AG, Petuelring 130, 80788 München, Germany

²Technische Universität München, Arcisstraße 21, 80333 München, Germany

^aSebastian.RB.Rauch@bmw.de, ^bCarsten.Koehrmann@bmw.de, ^cFrederik.Pellet@tum.de

Keywords: Manufacturing system, Modelling, Optimization

Abstract. Der Paradigmenwechsel von der Handfertigung hin zum Fließband läutete im Jahr 1914 die Massenproduktion des Automobils ein [1]. Der globale Wettbewerb und gestiegene Kundenanforderungen an die Individualisierbarkeit führten gegen Ende der 1980er zur kundenindividuellen Massenproduktion [2], bei der in einer Variantenfließfertigung eine hohe Zahl kundenspezifischer Varianten in Losgröße 1 hergestellt werden [3].

Im Zuge ambitionierterer Nachhaltigkeitsziele werden verstärkt emissionsarme Antriebsformen entwickelt. In einer Übergangsphase werden diese parallel zu herkömmlichen Verbrennungsmotoren produziert [4]. Die Prognose des Wandels im Antriebsstrang unterliegt hoher Unsicherheit, z.B. liegt der Anteil vollelektrischer Fahrzeuge am europäischen Neuwagenmarkt im Jahr 2030 je nach Szenario zwischen 15 % und 51 % [5]. Zusätzliche Unsicherheiten in der Nachfrageprognose folgen aus protektionistischen Tendenzen in der Handelspolitik sowie neuen Fahrzeugkonzepten und Geschäftsmodellen, ermöglicht durch die Vernetzung des Automobils und maschinelles Lernen.

Als Reaktion wird vermehrt eine Abkehr vom Fließband hin zu einem neuen Produktionsparadigma – einer smarten, flexiblen Produktion ohne Band und Takt – gefordert [4].

Die Weiterentwicklung eines Produktionssystems ist eine strategische Entscheidung, die auf Basis betriebswirtschaftlicher Kenngrößen unter Berücksichtigung u.a. bestehender Strukturen (Anlagen und Personal) und der Unsicherheit bezüglich zukünftiger Entwicklungen getroffen werden muss. Zur Objektivierung dieser Entscheidung wurde die nachfolgende Methodik am Beispiel eines Komponentenfertigers in der Automobilindustrie entworfen. Sie eignet sich gleichermaßen für eine Anwendung in der Fahrzeugproduktion.

Der erste Schritt beinhaltet die Aufstellung mehrerer Szenarien zur zukünftigen Nachfrage nach Modellen und Antriebsformen. Im zweiten Schritt werden die benötigten Produktionsschritte je Gewerk für jede Produktvariante in einen Vorranggraphen überführt. In einer Domain Mapping Matrix werden diesen die benötigten Betriebsmittel inkl. Spezifikationen sowie das benötigte Personal zugeordnet. Bereits vorhandene Betriebsmittel werden erfasst.

Die Szenarien und das Produktionsmodell sind Eingangsgrößen für eine stochastische Optimierung, deren Ziel die Maximierung des erwarteten Kapitalwerts ist. Die Optimierung ist als zweistufiges Problem modelliert. In der ersten Stufe wird entschieden, welche Produktionsanlagen und Logistiksysteme zu welchem Zeitpunkt beschafft werden sollten, in der zweiten wird die Fahrweise der Produktion optimiert.

Als Ergebnis werden der erwartete Kapitalwert und die benötigten Betriebsmittel und Personal je Periode ausgegeben. Nicht monetär-quantifizierbare Aspekte werden anhand des Analytischen Hierarchieprozesses (AHP) berücksichtigt. Unterschiedliche

Ausprägungen eines zukünftigen Produktionssystems können so verglichen werden. Durch eine iterative Anwendung der Methodik können Erkenntnisgewinne berücksichtigt und die Planung fortlaufend angepasst werden.

Die beschriebene Methodik wurde erfolgreich in der Komponentenfertigung von Getrieben und Gelenkwellen der BMW Group angewandt. Als Ergebnis konnte ein Investitionsplan erarbeitet werden, dessen Umsetzung einen optimierten erwarteten Kapitalwert für ein unsicheres Umfeld liefert.

References

- [1] H.-H. Braess, Paradigmenwechsel im Automobilbau: Eine übergreifende Betrachtung, ATZ Automobiltech. Z. 108 (2006) 52–56.
- [2] S.J. Hu, Evolving Paradigms of Manufacturing: From Mass Production to Mass Customization and Personalization, Procedia CIRP 7 (2013) 3–8.
- [3] J. Popp, Neuartige Logistikkonzepte für eine flexible Automobilproduktion ohne Band, Universität Stuttgart, Stuttgart, 2018.
- [4] T. Bauernhansl, Das Fließband läuft aus: Ende eines Paradigmas: Band und Takt sind in der Automobilfertigung bald Geschichte, Automationspraxis 12 (2017) 22–23.
- [5] B. Frieske, B. van den Adel, M. Schwarz-Kocher, S. Stieler, A. Schnabel, R. Tözün, Strukturstudie BWe mobil 2019: Transformation durch Elektromobilität und Perspektiven der Digitalisierung, Stuttgart, 2019.

Qualität		
Fraunhofer IPA	Digitalisierungsstrategien für die Qualität	Dr. Jörg Mandel
BMW AG	Qualität im Lackfinish-Prozess	Dominik Krabichler
BMW AG	Künstliche Intelligenz zur Verkürzung der Qualitätsregelkreise	Matthias Schindler
Fraunhofer IOSB	Qselect: Digitale Annotationen direkt am Bauteil	Gerrit Holzbach

Digitalisierungsstrategien für die Qualität in der sich wandelnden Produktion

Dr. Jörg Mandel^{1,a} und Dr. Jürgen Henke^{1,b}

¹Fraunhofer IPA, Nobelstr. 12, 70569 Stuttgart

^ajoerg.mandel@ipa.fraunhofer.de, ^bjuergen.henke@ipa.fraunhofer.de

Keywords: Qualitätsmanagement, QM-Methoden, Industrie 4.0

Abstract. Die Produktion erfährt momentan eine Steigerung der Varianz durch neue Technologien, z.B. gemischte Produktion von Fahrzeugen mit konventionellem und elektrischem Antrieb und durch die Individualisierung der Produkte („Mass Customization“).

Neue, agile Ansätze der Produktion („fluide Produktion“) tragen ihren Teil dazu bei, den Anschein von chaotischen Verhältnissen zu erwecken.

In der Folge dieser Veränderungen greifen klassische Techniken des Qualitätsmanagements nicht mehr bzw. nicht mehr so gut. Altbewährte QM-Methoden wie die statistische Prozessregelung (SPC) sind nicht praktikabel bei kleinen Losgrößen, die Sicherung der Qualität durch standardisierte Prozesse mit festem, definierten Ablauf funktioniert nicht mehr bei flexiblen Ansätzen wie „...ohne Band und Takt...“, ausgefeilte Prüfstrategien zur Steuerung der Prozesse über Zwischenmerkmale der Produkte werden obsolet.

Trotzdem gilt natürlich weiter die Vorgabe: NULL-FEHLER!

Lösungsansätze:

Es existieren neue Möglichkeiten zur Lösung dieses Dilemmas: durch preisgünstige, leicht vernetzbare Sensorik oder auf KI-Techniken basierende Analysetools, die das Prozessgeschehen transparenter machen und Abhängigkeiten der Prozessschritte untereinander und gegenüber bisher nicht betrachteten äußeren Einflüssen erkennen lassen.

Strategien:

Mögliche Strategien für das QM zeigen eine große Bandbreite, von abwarten bis zur frühzeitigen Bindung an einen (über-)großen Partner. Die richtige Strategie auszuwählen, erfordert Kenntnisse bezüglich der möglichen Lösungsansätze und deren wirtschaftlichen Faktoren.

Qualität im Lackfinish-Prozess

Dominik Krabichler^{1,a}

¹BMW Group, Knorrstraße 147, 80788 München

^adominik.krabichler@bmw.de

Keywords: Analysis, Ergonomics, Surface Analysis

Abstract. Der erste Eindruck eines Automobils ist für den Kunden maßgeblich von der Farbe und der optischen Anmutung (Appearance / Glanz) der lackierten Oberfläche geprägt. Neben diesen optischen Eigenschaften gewährleistet die Lackoberfläche auch funktionale Kriterien. Sie schützt die Karosserie vor Umwelteinflüssen, wie z.B. UV-Exposition, Chemikalien, Steinschlag oder Waschstraßenbeanspruchung.

Aus diesem Grund haben die heute vorwiegend manuell durchgeführten Qualitätskontrollen der Lackoberflächen in den Automobilwerken einen sehr hohen Stellenwert, sind aber auch aufwendig und können Schwankungen unterliegen. Eine Möglichkeit zur Optimierung dieser manuellen Prozesse ist der Einsatz von optischen Systemen zur automatisierten Oberflächeninspektion (AOI). Dadurch werden Inspektionsaufwände reduziert und ein Beitrag zur Ergonomie von Arbeitsplätzen geleistet.

Bei diesem Verfahren scannen robotergestützte Sensoren die äußere Fahrzeugoberfläche und ermöglichen eine objektive Inline-Inspektion jeder Karosserie in der vorgegebenen Taktzeit. Mögliche Oberflächenmerkmale werden positionsgenau auf der Karosserie erfasst, dreidimensional vermessen und basierend auf Qualitätskatalogen klassifiziert. Mithilfe des Systems kann eine objektive 100% Inspektion aller produzierten Fahrzeuge realisiert werden.

Die so gewonnenen Daten liefern außerdem die Basis, um wertvolle Rückschlüsse auf die Präzision der vorgelagerten Lackierprozesse zu ziehen. Somit können diese kontinuierlich optimiert und Potenziale für den Fertigungsprozess abgeleitet werden.

Zum anderen bilden die erfassten Merkmalsdaten (Ort, Ausprägung) die digitale Schnittstelle zu nachgelagerten Prozessen und ermöglichen den weiteren Ausbau der Automatisierung. So macht der Einsatz von MRK (Mensch-Roboter-Kollaboration) - fähigen Robotern eine automatisierte und prozesssichere Bearbeitung von Merkmalen in ergonomisch schwer zugänglichen Bereichen möglich, und erlaubt es dem Mitarbeiter zeitgleich seine Tätigkeit an der lackierten Karosserie durchzuführen.

Durch den Einsatz von automatisierten Systemen im Lackfinish-Prozess wird eine fundierte und objektivierte Datenbasis geschaffen, die es Prozessingenieuren ermöglicht Analysen durchzuführen wodurch Wirkzusammenhänge zwischen Prozess und Qualität erkannt und Potentiale zur Verbesserung abgeleitet werden können. Daneben können automatisierte Prozesse zur Erhöhung von Prozessstabilität und Ergonomie eingeführt werden.

Die Automatisierung und Digitalisierung der Lackierprozesse ist für die BMW Group ein wesentlicher Schritt hin zu einer vernetzten intelligenten Fertigung und liefert einen Beitrag zur Verbesserung der Produktionsprozesse hinsichtlich Effizienz, Ergonomie und Qualität der Fahrzeugoberfläche.

Künstliche Intelligenz zur Verkürzung der Qualitäts-Regelkreise

Matthias Schindler^{1,a}

¹BMW Group, Knorrstraße 147, München, Deutschland

^amatthias.schindler@bmw.de

Keywords: Artificial intelligence, Quality control, Deep learning

Abstract. Gerade deutsche Premiumautomobilhersteller setzen auf Derivatisierung und Individualisierung [1]. Durch externe Faktoren wie die Volatilität der Absatzmärkte und Renditeerwartungen sehen sich Produzenten gezwungen, unterschiedliche Derivate und Antriebsarten in dieselbe Fertigung zu integrieren [2]. Im Zuge dieser Erhöhung der Variantenvielfalt [3] steigt das Risiko von Fehlverbauten. Qualität ist essenzielles Produktmerkmal im Premiumsegment. Um hohe Preise zu erlösen, sehen sich Automobilhersteller veranlasst, in die kundenwerte Qualität zu investieren [4].

In der Fahrzeugfertigung wird zur visuellen Qualitätskontrolle computergestützte Bildverarbeitung appliziert. Die bislang eingesetzten Algorithmen arbeiten pixelbasiert: Weicht beispielsweise der Grauwert stärker als eine vorgegebene Toleranz vom jeweiligen Soll ab, wird das entsprechende Bauteil markiert [5]. Dieser Vergleich der einzelnen Bildpixel macht strikt kontrollierte Randbedingungen erforderlich, damit derartige Systeme zuverlässige Aussagen liefern können. In der Produktion finden sich daher dedizierte Prüfbereiche – sogenannte Kameraportale [6].

Neuronale Netze als eine Methode der Künstlichen Intelligenz zeichnen sich durch besondere Robustheit in der Objekterkennung aus. So sind sie resistent gegenüber Umgebungsbedingungen wie Beleuchtung, Positionierung, Orientierung, Fokussierung, Farbe und Reflexionen. Zum Training eines neuronalen Netzes werden zahlreiche Fotos aufgenommen und gelabelt. Die Label dienen dabei als digitale Etiketten des Bildes, die dessen Inhalt beschreiben. Auf Grundlage dieses Trainingsdatensatzes wird das entsprechende Netz über maschinelle Lernverfahren erzeugt; im Falle tiefer neuronaler Netze wird dies als Deep Learning bezeichnet [7]. Während der Anwendung detektiert das neuronale Netz Objekte der angelernten Klassen mit hoher Konfidenz [8], selbst wenn das aktuelle Foto mit keinem der Fotos aus dem Trainingsdatensatz vollständig übereinstimmt.

In einem praktischen Anwendungsfall in der Montage wurde ein neuronales Netz für die Detektion der Modellschriftzüge am Fahrzeugheck realisiert. Der gelabelte Datensatz mit 100 Bildern je Klasse diente als Grundlage für das Training des Modells. Dieses neuronale Netz liefert eine zu 100 Prozent korrekte Qualitätsaussage. Elementarer produktionstechnischer Vorteil ist, dass so der Fluss der Produktion aufrechterhalten werden kann. Die Prüfung leistet dennoch die exakte Erkennung des verbauten Schriftzugs. Dank der hohen Robustheit kann bei dieser Installation auf die penible Kontrolle der Umgebungsparameter verzichtet werden. Dies manifestiert sich in Kosteneinsparungen, da Abschattung, externe Beleuchtung, teure Spezialkameras, gesperrte Takte für die Fotoaufnahmen und die pixelbasierte Programmierung entfallen. Deep Learning wird nun auf weitere Anwendungen und Technologien ausgerollt.

Methoden der Künstlichen Intelligenz ermöglichen es, Insuffizienzen konventioneller Bildverarbeitung aufzulösen. Dadurch wird das Einsatzspektrum für visuelle Qualitätskontrollen in der Produktion signifikant erweitert. In der Folge kann die Qualitätssicherung in den Verbauprozess integriert werden. Diese massive Verkürzung der Qualitäts-Regelkreise stellt digitales Poka Yoke dar, wodurch die fehlerinduzierte

Nacharbeit eliminiert werden kann. Künstliche Intelligenz bietet daneben Zeitvorteile im Anlauf und deutlich geringere Kosten.

References

- [1] C. Löffler, E. Westkämper and K. Unger, Änderungsdynamik und Varianz im Automobilbau. Analyse der Produktvarianz und deren Auswirkung auf die Produktion, wt Werkstattstechnik online 101 (3) (2011) 99-104.
- [2] O. Zipse, Erfolgsfaktoren einer flexiblen und intelligenten Produktionsstruktur, Münchener Management Kolloquium 2019. Smart & Agil & Disruptiv – Wertschöpfung 4.0, München, 2019.
- [3] L. Windelband, Industrie 4.0 ein Assistenzsystem für die Facharbeit in der Produktion, in: M. Frenz, C. Schlick, and T. Unger (Eds.), Wandel der Erwerbsarbeit. Berufsbildgestaltung und Konzepte für die gewerblich-technischen Didaktiken, Lit, Berlin, Münster, 2017, pp. 77-94, ISBN: 978-3-643-13608-4.
- [4] R. Wagner, Projektmanagement in der Automobilindustrie. Herausforderungen und Erfolgsfaktoren, Springer, Wiesbaden, 2015, ISBN: 978-3-658-08812-5.
- [5] B.G. Batchelor, Machine Vision for Industrial Applications, in: B.G. Batchelor (Ed.), Machine Vision Handbook, Springer, London, 2012, pp. 1-59, ISBN: 978-1-849-96168-4.
- [6] M. Grüneis, Smart Data Analytics und Künstliche Intelligenz, Handelsblatt Industriegipfel 2018. Die Zukunft der Industrie, Duisburg, 2018.
- [7] L. Goodfellow, Y. Bengio, and A. Courville, Deep Learning. Adaptive Computation and Machine Learning, The MIT Press, Cambridge, Massachusetts and London, England, ISBN: 978-026-203561-3.
- [8] Z.-Q. Zhao, P. Zheng, S.-t. Xu and X. Wu, Object Detection with Deep Learning: A Review (2018) (Vol. 2 abs/1807.05511).

QSelect: Digitale Annotationen direkt am Bauteil

Dr.-Ing- Michael Voit^{1,a}, Christian Lengenfelder^{1,b} and Gerrit Holzbach^{1,c}

¹Fraunhofer IOSB, Fraunhoferstr. 1, 76131 Deutschland

^amichael.voit@iosb.fraunhofer.de, ^bchristian.lengenfelder@iosb.fraunhofer.de,

^cgerrit.holzbach@iosb.fraunhofer.de

Keywords: Quality assurance, Quality control, Man-machine system

Abstract. Die Qualitätssicherung ist ein wichtiger Bestandteil heutiger Produktionsprozesse. Neben der Funktionalität wird auch die Ästhetik immer wichtiger. Die Oberflächenprüfung gepresster Metallteile oder lackierter Oberflächen ist nur ein Beispiel unter vielen, das heute noch immer nicht vollständig automatisierbar ist. Ecken, Kanten, Verwinkelungen und ähnliches erschweren die automatische Sichtprüfung, die darüber hinaus teuer und nicht immer in Echtzeit durchführbar ist. Viele Betriebe setzen daher nach wie vor auf die Prüfung durch Mitarbeiter, die die Oberflächen abtasten und visuell inspizieren. Großer Vorteil dabei: Der erfahrene Werker ist ungeschlagen darin, auch die kleinsten Fehler schnell zu entdecken sowie deren Schwere und die Kosten einer Nachbesserung einzustufen.

In vielen Betrieben variieren die Taktzyklen mit dem Auftragsbestand. Zur Qualitätssicherung bleiben manchmal nur Sekunden pro Bauteil. In solchen Situationen wirkt sich der Dokumentationsaufwand, sobald ein Fehler entdeckt wird, besonders drastisch aus. Die Folge sind ein Nothalt der Produktion, eine unpräzise oder sogar unvollständige Dokumentation der vorhandenen Fehler und/oder Fehlerschlupf. Die Nachbesserungskosten steigen, weil bei einer unvollständigen Fehlerdokumentation eine Fehleranhäufung nicht frühzeitig erkannt und behoben werden kann. Unpräzise Fehlerdokumentationen erschweren zudem in der Nachbesserung das Wiederfinden der Fehlerpositionen und wirken einer schnellen Reparatur entgegen.

Vielversprechend erscheinen hier AR-Systeme, mit denen der Werker auf einem Tablet-Display oder mit Hilfe einer AR-Brille am Prüfobjekt Fehler dokumentieren kann. Jedoch behindern Tablets, die er in der Hand halten muss, seine Prüfdurchgänge und AR-Brillen sind heute noch nicht für lange Betriebsschichten und eine komfortable Tragweise ausgerichtet. Als Alternative hierzu stellen wir daher das System QSelect vor, das ohne körpergetragene Peripherie eine schnelle, intuitive und präzise Dokumentation direkt am Bauteil selbst erlaubt. QSelect besteht aus einem kleinen und mobilen sowie augensicheren Laserpointer, mit dem Prüfer Fehlerpositionen intuitiv anleuchten und damit markieren können. Eine Sensoreinheit, die über dem Bauteil angebracht wird, misst in Echtzeit die Laserpunktposition und speichert anvisierte Fehlerpunkte als 3D-Koordinate digital ab. Bei hinterlegtem CAD-Modell können die Fehler sogar auf dem 3D-Modell des Bauteils verankert werden. Eine ergänzende Dokumentation kann über ein auf das Bauteil projiziertes, frei konfigurierbares Eingabemenü erfolgen, in dem verschiedene Fehlerarten ausgewählt werden können. Das Ergebnis: eine millimetergenaue, schnelle und handliche Fehlerdokumentation am Bauteil selbst. Und eine Darstellung aller dokumentierten Fehler mit Hilfe der punktgenauen Projektion auf das Bauteil.

Ergonomie		
Kast. Die Personalmanufaktur	Organizational Practices for Older Workers: Development of the Later Life Work Index	Rudolf Kast
Fraunhofer ITWM	Human centered cabel assembly simulation in automotive production	Joachim Linn
Fraunhofer IAO	Human-centered workplaces of the furure with integrated smart Exoskeletons: smartExo@Manufacturing Digital Twin	Prof. Carmen Constantinescu

Organizational Practices for Older Workers: Development of the Later Life Work Index

Max R. Wilckens^{1,a}, Anne M. Wöhrmann^{2,b}, Julia Finsel^{1,c}
Jürgen Deller^{1,3,d} and Ruldoof Kast^{4,b}

¹Leuphana Universität Lüneburg

²Federal Institute for Occupational Safety and Health Germany (BAuA)

³Silver Workers Research Institute

⁴Kast die Personalmanufaktur

^amax.wilckens@leuphana.de, ^bkast@diepersonalmanufaktur.de

Keywords:

Abstract.

Purpose. The share of older workers among the European workforce increases rapidly. Better health status of older workers and the political ambition to relieve pension systems drive extended working lives. Organizations, in particular industrial companies, hence face the challenge to retain performance, health and motivation of an increasingly age-diverse workforce. However, research so far lacks sufficiently holistic and rigorous measurement instruments to steer organizational adaptation to the demographic change in the workforce – not only in terms of ergonomic work design, but regarding a broader age-friendly work environment. The Later Life Work Index supports organizations to deal with increased age diversity and specific demands of older workers nearing retirement age and beyond. The index is meant to serve as a strategic tool for organizations to structure, enhance and measure organizational practices for later life work.

Method. The Later Life Work Index summarizes appropriate organizational practices for older workers derived from qualitative interviews in Germany (Wöhrmann, Deller, & Pundt, 2018) and evidence from the “Age Smart Employer Award” in New York City. We operationalized and validated the index in multiple studies. First, an item pool was developed to measure the constructs holistically. Secondly, the internal structure of the measurement was identified by explorative factor analysis based on a sample of 600 working employees and confirmed based on a second sample of 300 older employees across Germany. Thirdly, we conduct an organizational study among 50 organizations surveying over 600 participants in Germany, in order to identify organizational differences and differences in perception between human resource experts, managers and surveyed older workers within each organization.

Results. The index contains nine dimensions covering age-friendly organizational culture and leadership, as well as more specific practices regarding work design, health management, individual development, knowledge management, transition to retirement, continued employment options for retirees and health and retirement coverage. It can be assessed by 8-20 items per dimension. Results show good fit to the structural model and differences between organizations. Criterion validity proves effects on e.g. older workers’ commitment towards the organization, stress level and perceived health status.

Research/Practical Implications. The index allows organizations to self-assess their capabilities and opportunities for improvement regarding employment of older workers in a straightforward and low-effort manner. Individual dimensions of the index may serve

»Montage ohne Band und Takt«

researchers as a standardized and validated measure to evaluate interventions in specific research areas.

Human centered cable assembly simulation in automotive production

Joachim Linn^{1,a}, Marius Obentheuer^{1,b} and Daniel Dengel^{2,c}

¹Fraunhofer ITWM, Fraunhofer-Platz 1, 67663 Kaiserslautern, Germany

²flexstructures GmbH, Trippstadter Str. 110, 67663 Kaiserslautern, Germany

^{a,b}[joachim.linn, marius.obentheuer]@itwm.fraunhofer.de, ^cdaniel.dengel@flexstructures.de

Keywords: digital human modeling, flexible cables, automotive production

Abstract. The assembly of single cables, various parts with attached cables, like e.g. infotainment systems or rear and front lights, as well as entire wiring harnesses is an important task in vehicle production performed by human workers. Therefore, software tools utilized for a proper virtual assessment of the different steps in the assembly process need to cover both the simulation of human motion (including hand grips) by a digital human model as well as the deformation behavior of the flexible cable and harness structures in a coupled manner. In our contribution we present the current state of the art and recent results of Fraunhofer research activities in this area which – from our point of view – will become future standard tools in digital automotive production. On the scientific side one needs to master the computational mechanics of biomechanical, muscle-actuated multibody models of a digital humans [1, 2, 3] coupled to geometrically nonlinear (Cosserat rod type) structural models of cables and hoses [4]. The corresponding software tools IPS IMMA and IPS Cable Simulation utilize this advanced simulation technology to perform a digital validation of assembly tasks, including an ergonomic assessment of human motions during assembly work.

References

- [1] M. Roller, S. Björkenstam, J. Linn and S. Leyendecker: Optimal Control of a Biomechanical Multibody Model for the Dynamic Simulation of Working Tasks, pp. 817-826 in the Proc. of the 8th ECCOMAS Thematic Conference on Multibody Dynamics, Prague (2017).
- [2] S. Björkenstam, J. Nyström, J.S. Carlson, M. Roller, J. Linn, L. Hanson, D. Högberg and S. Leyendecker: A framework for motion planning of digital humans using discrete mechanics and optimal control, pp. 64-71 in the Proc. of the 5th International Digital Human Modeling Symposium, Bonn, (2017).
- [3] M. Obentheuer, M. Roller, S. Björkenstam, K. Berns and J. Linn: Human like Motion Generation for Ergonomic Assessment - A Muscle driven Digital Human Model using Muscle Synergies, pp. 847-856 in the Proc. of the 8th ECCOMAS Thematic Conference on Multibody Dynamics, Prague (2017).
- [4] J. Linn and K. Dreßler: Discrete Cosserat rod models based on the difference geometry of framed curves for interactive simulation of flexible cables, pp. 289-319 in L. Ghezzi, D. Hömberg and C. Landry (eds.): Math for the Digital Factory. Mathematics in Industry, Vol. 27, European Consortium for Mathematics in Industry (ECMI), Springer (2017).

Human-centred workplaces of the future with integrated smart Exoskeletons: smartExo@Manufacturing Digital Twin

Carmen Constantinescu^{1,a}, Mark Tröster^{2,b}, Christophe Maufroy^{3,c}
and Urs Schneider^{3,d}

¹Fraunhofer IAO, Nobelstraße 12, Stuttgart 70569, Germany

²Universität Stuttgart IFF, Nobelstraße 12, Stuttgart 70569, Germany

³Fraunhofer IPA, Nobelstraße 12, Stuttgart 70569, Germany

^acarmen.constantinescu@iao.fraunhofer.de, ^bmark.troester@iff.uni-stuttgart.de,

^cchristophe.maufroy@ipa.fraunhofer.de, ^durs.schneider@ipa.fraunhofer.de

Keywords: Digital Manufacturing System; Modelling; Ergonomics

Abstract. Exoskeleton technology represents the avant-garde of innovation for equipping manufacturing and logistics workplaces with poor ergonomics, safety issues and requiring high flexibility and precision. Before the technology is employed in an operational environment, detailed studies of benefits and risks at worker and workplace level should be performed. For highlighting the capabilities of this technology, studies of ergonomics and biomechanical compatibility are needed. The development and validation of the Human-Exoskeleton Digital Twin, further on called smartExo@Manufacturing reported in this paper, represents a promising enabler of planning and optimization of the human-centered workplaces with integrated smart Exoskeletons.

The main resource that contributes towards productivity and flexibility in the European industry is the worker. The manufacturing sector benefits especially in the cases in which automation is unfeasible. This can occur because of layout constraints, low production series or wide product range. Such workplaces typically feature heavy load manipulation and high vibration levels in a potentially hazardous environment. To ensure vigilance, the performed tasks subject the worker to cognitive strain, causing mental fatigue. The largest European Occupational Health Survey published the most commonly reported health problems, finding that back pain affects 46% of the workforce while 43% suffer from neck and shoulder pain as well as pain in the upper limbs [1]. Between 2007 and 2013, the percentage of workers suffering from MSDs has increased from 59% to 62% [2].

The authors aim at developing a generic virtual Exoskeleton integration solution. The process is divided into four stages, namely Coupling, Simulation, Analysis and Optimization. Previous work consists of a visual coupling methodology that has been realised and validated on two commercial Exoskeletons: one passive and the other active [3]. The current work includes the refining of the visual coupling and addressing the simulation phase. This generic method, smartExo@Manufacturing can be implemented in any software capable of ergonomic analysis that can enable the use of exoskeletons in simulations with minimal effort for the user. The envisioned user experience involves the ability to select a digital human model, a suitable exoskeleton model and the program would automatically add the hybrid resource to the simulation ready for analysis. Two factors would determine the success of the human-exoskeleton hybrid resource: a) the interaction between the two models and b) the accuracy of the simulation from an ergonomic point of view. If performed correctly, the former can be used for process visualisation and collision detection while the latter to evaluate the advantages and disadvantages of exoskeleton use for any given manufacturing task.

During previous research, the first coupling was realised with an active commercial exoskeleton model. While the visual aspect was performed successfully, the coupling

could not modify simulation parameters without manual approximations. The current work focuses on improving parameter alteration (Siemens Process Simulate) and integrating alternative software solutions (AnyBody™ Technology [4]) for assessing the biomechanical effectiveness of assistive exoskeletons for an ergonomic workflow. In previous work a simulation framework therefore has been set up [5].

References

- [1] European Trade Union Institute, Musculoskeletal Disorders, <https://www.etui.org/Topics/Health-Safety-working-conditions/Musculoskeletal-disorders>
- [2] European Commission, Facts and figures: Healthy Workplaces Campaign for All Ages 2016 – 17, http://europa.eu/rapid/press-release_MEMO-16-1421_en.htm
- [3] Dahmen C, Constantinescu C, Exoskelette in der Produktion Charakterisierung passiver Exoskelette zur digitalen Produktionsplanung und ergonomischen Bewertung, wt Werkstattstechnik online 108 2018.
- [4] AnyBody Technology A/S, AnyBody Modeling System, <https://www.anybodytech.com/software/>
- [5] Tröster, M., Schneider, U., Bauernhansl, T., Rasmussen, J., & Andersen, M. S. (2018). Simulation Framework for Active Upper Limb Exoskeleton Design Optimization Based on Musculoskeletal Modeling. In Technische Unterstützungssysteme, die die Menschen wirklich wollen (pp. 345-353). Helmut-Schmidt-Universität.

Digitalisierung		
DEKRA Digital GmbH	Digitalisierung in der Automobilproduktion	Dr. Christoph Maier
IFW der Universität Stuttgart	Selbstoptimierende Fertigungssysteme für die Zukunft der Automobilproduktion	Prof. Hans-Christian Möhring
Hochschule Ravensburg	Digitalisierung der Automobilproduktion durch lebenszyklusübergreifende Engineering-Werkzeuge auf der Basis graphenbasierter Entwurfssprachen	Prof. Ralf Stetter
BMW AG	Visual Analytics als Enabler wertschöpfungsorientierter Datenanalyse	Frederik Schmihing

Digitalisierung in der Automobilproduktion

Dr. Christoph Maier^{1,a}

¹ DEKRA Digital GmbH, Schulze-Delitzsch-Str. 45, D-70565 Stuttgart

^achristoph.maier@dekra.com

Keywords: Digitalisierung, Automobil, Produktion, Lieferkette, Wertschöpfung

Abstract. „Digitalisierung in der Automobilproduktion“ beinhaltet ein weites Feld an unterschiedlichen Aspekten und Disziplinen. Die erste Herausforderung in der Produktionskette ist bereits, ein gemeinsames Verständnis für den Begriff „Digitalisierung“ zu etablieren. Denn häufig werden darunter lediglich einzelne Technologien (wie etwa Block-Chain, Big Data, Artificial Intelligence, Machine Learning, Predictive Maintenance) oder ein Konglomerat an Technologien (bspw. Digitale Fabrik, Digital Twin, IoT 4.0) verstanden. Der Begriff Digitalisierung muss in den Kontext der Wertschöpfung gebracht und damit verknüpft werden. Schließlich ist die Digitalisierung kein Selbstzweck, sondern muss zur Optimierung von Kosten, Qualität und Zeit beitragen. Die Digitalisierung kann also als ein Bündel von Werkzeugen und Technologien zur Wertschaffung definiert werden. Unter anderem fördert sie Effizienz, ermöglicht Transparenz, steigert die Flexibilität und unterstützt die Diagnose/Ursachenfindung (bspw. bei Qualitätsproblemen).

Wird die Digitalisierung schließlich auf die Automobilproduktion projiziert, so ist schnell die notwendige Differenzierung innerhalb der Zulieferkette (OEM, 1 Tier, 2 Tier, etc.) erkennbar. Jedes Kettenglied hat seine individuellen Anforderungen an die Digitalisierung – die zwar ähnlich sind, aber nicht identisch. Die Komplexität erhöht sich weiter durch die zu digitalisierende Wertschöpfungsschritte. Es muss zwischen mechanischen und elektronischen Produkten sowie deren Verbindung (Mechatronik) unterschieden werden. Hinzu kommen Software sowie die zugehörigen organisatorische Abläufe (Prozesse). Digitalisierung als Prozess verlangt somit nach hoch-individuellem Vorgehen – eine Standard-Lösung gibt es nicht.

Soll nun die gesamte Produktionskette inklusive des Fahrzeug-Lebenszyklus betrachtet werden, so ist die Verknüpfung höchst unterschiedlicher Daten und Prozesse notwendig. Hierzu gehören die Produktentwicklung und –validierung, die Produktion, der Verkauf, Service und Wartung, die Nutzungsphase selbst sowie die Berücksichtigung einer Langzeitnutzung (Youngtimer/ Oldtimer). Denn im Gegensatz zu „Consumer Electronics“, deren Lebenszyklus nur wenige Jahre beträgt, handelt es sich bei einem Fahrzeug im Regelfall um ein Investitionsgut.

Im Weiteren müssen neue Herausforderungen, die durch die Digitalisierung entstehen, betrachtet werden. Hierzu gehören insbesondere der Datenschutz und Cyber-Security. Denn die notwendige, durchgehende Vernetzung ermöglicht weitreichende Manipulations- und Missbrauchsmöglichkeiten, welche sich auf die Produktsicherheit und Reputation aller beteiligten Unternehmen auswirken.

Selbstoptimierende Fertigungssysteme für die Zukunft der Automobilproduktion

Prof. Dr.-Ing. Hans-Christian Möhring^{1,a}

¹Institut für Werkzeugmaschinen (IfW), Universität Stuttgart, Holzgartenstr. 17, 70174 Stuttgart

^ahc.moehring@ifw.uni-stuttgart.de

Keywords: Digitalisierung, Produktionssteuerung, intelligente Sensorik

Abstract. Zukünftige Produktionskonzepte für den Automobilbau basierend zunehmend auf der echtzeitfähigen Erfassung, Verarbeitung und Rückführung von Prozess-, Anlagen- und

Produkt- und Bauteilzustandsdaten sowie deren Verknüpfung mit digitalen Zwillingen bzw. Schatten über der gesamten Wertschöpfungskette. Als Funktions-, Leistungs- und Qualitäts-relevanter Produktionsschritt ist hierbei auch die spanabhebende Fertigung von zentraler Bedeutung. Neben der unmittelbaren Bauteilerzeugung, etwa für den Antriebsstrang oder Fahrwerkskomponenten, leistet die spanabhebende Fertigung ebenfalls Beiträge für weitere Produktionsverfahren, wie in der Herstellung von Formen bspw. für Karosseriebauteile, der Realisierung von Werkzeugen für Gießprozesse oder der Nachbearbeitung additiv gefertigter Komponenten. Übergeordnete Produktionsplanungs- und -steuerungssysteme, die im Sinne von „Industrie 4.0“ auf einer Digitalisierung der Prozesse und Fertigungsabläufe beruhen, bedürfen dazu einer prozessinhärenten Informationserfassung und prozessaktuellen Datenverarbeitung.

Dieser Beitrag stellt exemplarische Lösungen für die multi-physikalische Aufnahme und Verarbeitung von Prozess-, Anlagen- und Bauteilzustandsdaten in Fertigungsprozessen für die Automobilproduktion vor. Über eine Vielzahl verschiedener Technologien wird aufgezeigt, welche Möglichkeiten und Methoden für die prozessaktuelle Fertigungsbeobachtung und -digitalisierung verfügbar sind. Darüber hinaus zeigt der Beitrag auf, wie mit Hilfe einer fortgeschrittenen Anlagen- und Prozessautonomie kritische Prozesssituationen vermieden, die Produktivität gesteigert und die Bauteilqualität gesichert werden kann.

Beitrag zu Forschungsfeldern:

- Digitalisierung der Automobilproduktion und Produktionssteuerung loser verketteter Produktionssysteme

Digitalisierung der Automobilproduktion durch lebenszyklusübergreifende Engineering-Werkzeuge auf der Basis graphenbasierter Entwurfssprachen

Prof. Dr.-Ing. Ralf Stetter^{1,a}; Andreas Zech, M. Sc.¹;
Priv.-Doz. Dr.-Ing. Stephan Rudolph¹; Prof. Dr.-Ing. Robert Bjekovic¹;
Prof. Dr.-Ing. Markus Till¹

¹ Hochschule Ravensburg-Weingarten

^aralf.stetter@rwu.de

Keywords:

Abstract. Ein zentraler Erfolgsfaktor für die Digitalisierung von Produktionsprozessen besteht in der domänen- und lebenszyklusübergreifenden Bereitstellung einer durchgängigen Datenbasis. Dagegen ist die aktuelle Situation in der Automobilindustrie durch eine Vielzahl von Engineering-Werkzeugen mit vielfältigen, proprietären Datenformaten charakterisiert, die aufwendige Konvertierungsprozesse erfordern und zudem dramatische Defizite bei der Konsistenz und Aktualität der Daten aufweisen.

In den letzten Jahren wurden graphenbasierte Entwurfssprachen soweit verfeinert und deren Anwendungsgebiet erweitert, dass diese einen interessanten Ansatz für die Adressierung dieser Problematik darstellen. Im Mittelpunkt des Beitrags steht daher beispielhaft die automatisierte Generierung einer Produktgeometrie sowie der zugehörigen Montageprozesse und Montage-ressourcen (z.B. typgebundene Produktionsmittel wie Spannvorrichtungen) am Beispiel von Automobil-Karosseriebauteilen (Frontklappe und B-Säule). Diese Beispiele sind Use-Cases des Zentrums für angewandte Forschung (ZAFH) "Digitaler Produktlebenszyklus (DiP)". Das ZAFH wird zu einem Drittel aus Mitteln des Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) zu zwei Dritteln aus Mitteln des Landes Baden-Württemberg gefördert.

Ziel des ZAFH-Forschungsvorhabens ist die vollständige digitale Abbildung und maschinelle Ausführbarkeit des Produktlebenszyklus. An dem Projekt wirken Projektpartner von den Hochschulen Albstadt-Sigmaringen, Ravensburg-Weingarten, Reutlingen und Ulm sowie der Universität Stuttgart mit. Die Umsetzung der digitalen Modellierung des Produktlebenszyklus erfolgt mittels eines sprachbasierten Engineering Frameworks aus graphenbasierten Entwurfssprachen. Diese sind eine ganzheitliche Möglichkeit zur Abbildung von interdisziplinärem Produkt- und Prozesswissen. Sie zielen auf die automatisierte maschinelle Abarbeitung und Wiederverwendung von Entwurfs- und Fertigungswissen ab und entlasten Produktentwickler und Montageplaner durch automatische Modellgenerierung. Umfangreiche Forschungsarbeiten haben die Abbildung solcher Sprachen in UML (Unified Modeling Language) ermöglicht und zur Entwicklung eines Design Compilers (DC43, ILS GmbH) geführt. Ein Use-Case innerhalb des ZAFH DiP beschreibt die automatisierte Generierung der Produktgeometrie sowie der zugehörigen Montageprozesse und Montageressourcen automobiler Karosseriebauteile (z.B. einer Frontklappe und B-Säule).

Im Rahmen der Fertigungsplanung werden über graphenbasierte Entwurfssprachen Spannbaugruppen mit parametrisierten Komponenten erzeugt. Dabei erfolgt auf Basis des im Produktentwurf definierten Fertigungskonzeptes eine Fügefolge- und Verbindungselementeplanung, aus derer sich die Ableitung eines produktspezifischen Spann- und Fixierkonzeptes ergibt. Zentraler Vorteil der Vorgehensweise ist neben der weitgehenden Automatisierbarkeit die Möglichkeit der Bereitstellung einer konsistenten

»Montage ohne Band und Takt«

Datenbasis, von welcher Daten für die verschiedenen, spezialisierten Engineering-Werkzeuge automatisiert abgeleitet werden können.

Visual Analytics als Enabler wertschöpfungsorientierter Datenanalyse

Frederik Schmihing^{1,a}

¹ BMW Group, Knorrstraße 147, München, Deutschland

^afrederik.schmihing@bmw.de

Keywords: Analysis, Production, Quality

Abstract. Konsequente Wertschöpfungsorientierung gilt in der Produktion insbesondere durch die steigende Komplexität als zentrales Paradigma [1]. Gleichzeitig avanciert Data Analytics zur Schlüsseltechnologie der digitalen Transformation [2]. Von ebendieser Technologie erhoffen sich viele Unternehmen die steigende Komplexität im Zuge der Industrie 4.0 beherrschbar zu machen [3]. Der Erfolg von Datenanalyseprojekten bleibt bisher aber vielerorts aus [4]. Als häufige Ursachen für das Scheitern werden dabei vor allem unzureichende Prozessnähe [5] und mangelhafte Datenqualität angeführt [6].

Dabei gilt der Begriff der Qualität in der Produktion als indiskutable Zielgröße, die mitunter hohen Einfluss auf den wirtschaftlichen Erfolg eines Unternehmens nimmt [7]. In der Automobilproduktion wird die Zielerreichung durch die Gestaltungsprinzipien und Methoden ganzheitlicher Produktionssysteme sichergestellt [8]. Während diese Prinzipien auch in zahlreichen indirekten Bereichen appliziert werden [9], bedarf es einer Erweiterung auf digitale Prozesse. Ziel dieses innovativen Ansatzes ist die Projektion der Lean-Prinzipien auf Data Analytics, um die Datenqualität und damit die Wirksamkeit derartiger Projekte signifikant zu steigern.

Als Schlüssel dient dazu die Bereitstellung nutzerorientierter Visualisierungen der Produktionsdaten unmittelbar am Ort der Wertschöpfung, um aufwendige Regelkommunikation zwischen Werken und zentral verorteten Data Scientists zu durchbrechen. Mit der Umsetzung in einer hochflexiblen Fahrzeugmontage ist es Produktionsspezialisten ermöglicht worden, die steigende Prozesskomplexität digital abzubilden sowie die Datenerzeugung direkt am Prozess zu plausibilisieren. Der Nutzen dieses Ansatzes manifestiert sich im Wesentlichen in zwei Effekten: Ad-hoc-Priorisierung der Fehler am Shopfloor und Vermeidung von Pseudoeinträgen in der Datenbank. Damit lässt sich sicherstellen, dass die erfassten Daten ein exaktes Abbild des Prozesses widerspiegeln und weiterführende Analysen auf belastbaren Daten basieren.

Dies lässt sich unter dem Terminus eines „datengestützten Gemba Walks“ zusammenfassen. Zentrale Herausforderung ist dabei die Auslegung der Visualisierung. Nur mit einem zielgruppenbezogenen User Interface, z.B. in Bezug auf Design, Usability, Daten- bzw. Informationsumfang lässt sich eine flächendeckende Anwenderakzeptanz erreichen. Für die Entwicklung eines geeigneten Tools empfiehlt sich daher eine agile Vorgehensweise, die in kurzen Regelkreisen sicherstellt, dass ein intuitiv und interaktiv bedienbares Dashboard bereitgestellt wird. Es ist von eminenter Bedeutung, dass das Tool für den Anwender ohne Schulungsaufwand unmittelbaren Nutzen stiftet. Die Plausibilisierung der Daten und die damit verbundene Steigerung der Datenqualität ist dabei mehr als ein positiver Nebeneffekt – denn nur mit einer soliden Datenbasis lassen sich belastbare Erkenntnisse gewinnen.

References

- [1] T. Bauernhansl, Die Vierte Industrielle Revolution – Der Weg in ein wertschaffendes Produktionsparadigma, in: T. Bauernhansl, M. ten Hompel, B. Vogel-Heuser (Eds.), Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik, Springer, Wiesbaden, 2014, pp. 5–35, ISBN: 978-3-658-04681-1.
- [2] C. Pettey, Why Data and Analytics Are Key to Digital Transformation, from Gartner Inc, 2019. Available at <https://www.gartner.com/smarterwithgartner/why-data-and-analytics-are-key-to-digital-transformation/>, Accessed 28.04.2019.
- [3] J. Jäger, O. Schöllhammer, M. Lickefett, T. Bauernhansl, Advanced Complexity Management Strategic Recommendations of Handling the “Industrie 4.0” Complexity for Small and Medium Enterprises, in: Procedia CIRP 57, pp. 116–121, DOI: 10.1016/j.procir.2016.11.021.
- [4] C. Dittmar, Die nächste Evolutionsstufe von AIS. Big Data, in: P. Gluchowski and P. Chamoni (Eds.), Analytische Informationssysteme. Springer, Berlin, Heidelberg, 2016, pp. 55-65. ISBN: 978-3-662-47762-5.
- [5] O. Fleming, T. Fountaine, N. Henke, T. Saleh, Ten red flags signaling your analytics program will fail, from McKinsey & Company. Sydney, London, 2018. Available at <https://www.mckinsey.com/business-functions/mckinsey-analytics/our-insights/ten-red-flags-signaling-your-analytics-program-will-fail>, Accessed 28.04.2019.
- [6] Bitkom Research GmbH, KPMG AG Wirtschaftsprüfungsgesellschaft, Mit Daten Werte schaffen - Report 2017, Available at <https://home.kpmg/de/de/home/themen/2017/05/mit-daten-werte-schaffen---studie-2017.html>, 2017, Accessed 28.04.2019.
- [7] R. Jochem, C. Raßfeld, Qualitätsbezogene Kosten, in: T. Pfeifer und R. Schmitt (Eds.), Masing Handbuch Qualitätsmanagement. 6. überarbeitete Auflage, Carl Hanser Fachbuchverlag, 2014, pp. 93–102, ISBN: 978-3-446-43431-8.
- [8] VDI-Richtlinie 2870: Ganzheitliche Produktionssysteme, ICS 03.100.50, Juli 2012.
- [9] U. Dombrowski, T. Mielke, Ganzheitliche Produktionssysteme in indirekten Bereichen, in: U. Dombrowski und T. Mielke (Ed.), Ganzheitliche Produktionssysteme. Springer, Berlin, Heidelberg, 2015, pp. 189–257, ISBN: 978-3-662-46163-1.

IHR ANSPRECHPARTNER

Manuel Fechter

Geschäftsfeldleiter Automotive

Telefon +49 711 970-1352

manuel.fechter@ipa.fraunhofer.de

Fraunhofer-Institut für

Produktionstechnik und Automatisierung IPA

Nobelstraße 12 | 70569 Stuttgart

www.ipa.fraunhofer.de

Institutsleitung

Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Dr. h.c. Dr. h.c. Fritz Klocke

Univ. Prof. Dr.-Ing. Thomas Bauernhansl

URBN:

urn:nbn:de:0011-n-5590909

IMPRESSUM

Copyright ©

Alle Rechte vorbehalten. Nachdruck, auch auszugsweise verboten.

Herausgeber: Manuel Fechter, David Korte, Dr. Jürgen Henke

Redaktion: Gabriele Stuber, Cosima Schröter

Konzept/Layout: Cosima Schröter

