

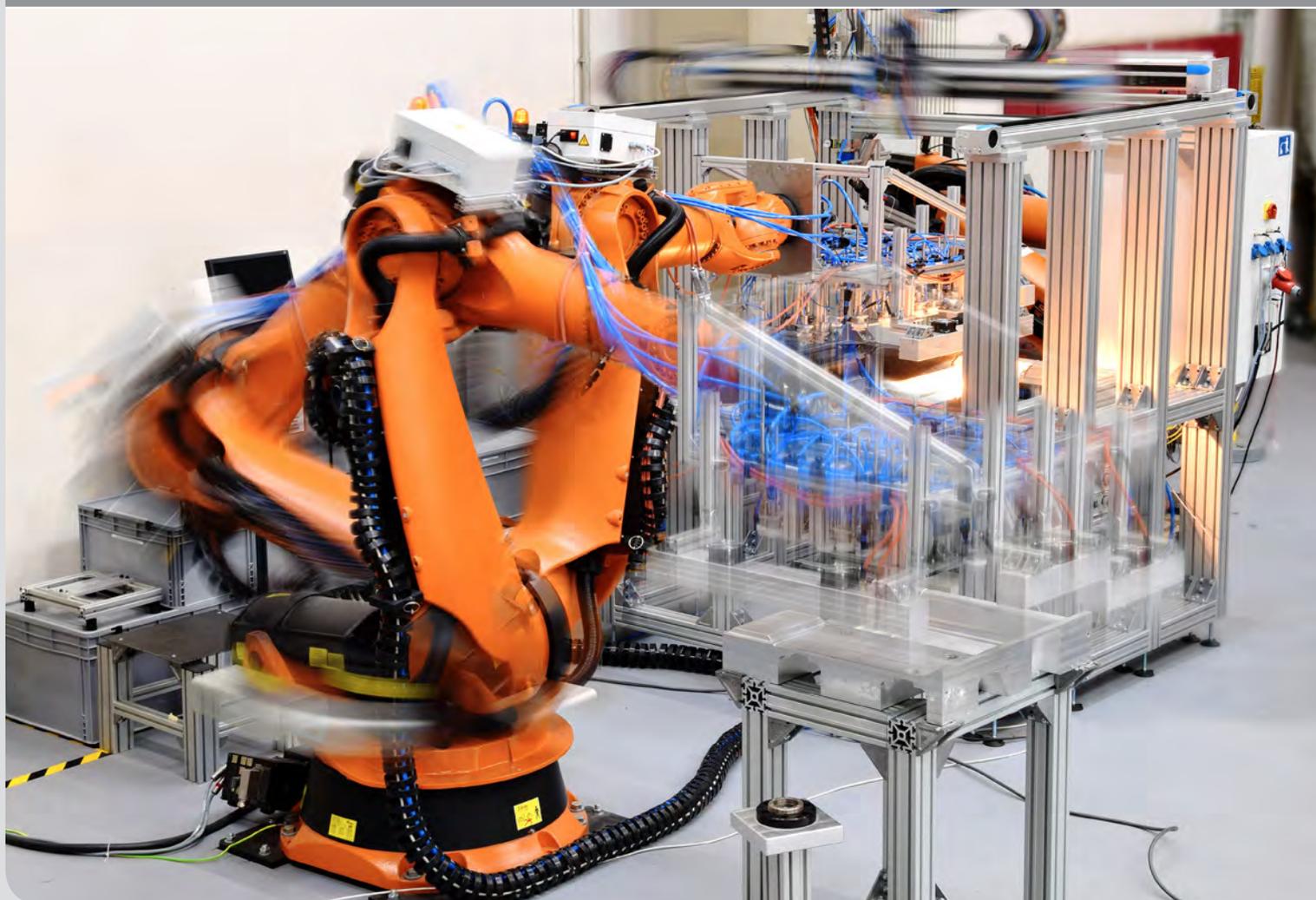
# Jahresbericht 2016

Prof. Dr.-Ing. J. Fleischer

Prof. Dr.-Ing. G. Lanza

Prof. Dr.-Ing. habil. V. Schulze

WBK INSTITUT FÜR PRODUKTIONSTECHNIK



## Vorwort

Das wbk Institut für Produktionstechnik des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT) ist Teil der KIT-Fakultät für Maschinenbau. Es gliedert sich in die drei Bereiche Maschinen, Anlagen und Prozessautomatisierung, Produktionssysteme sowie Fertigungs- und Werkstofftechnik, die von den Professoren Prof. Dr.-Ing. Jürgen Fleischer, Prof. Dr.-Ing. Gisela Lanza und Prof. Dr.-Ing. habil. Volker Schulze geleitet werden. Die etwa 100 Mitarbeiter widmen sich der anwendungsnahen Forschung, der Lehre und der Innovation im Bereich Produktionstechnik am KIT.

Die Forschungsaktivitäten des wbk sind den Feldern der Produktionstechnik zuzuordnen. Dabei setzt das wbk auf die Vernetzung der Bereiche in Forschungsschwerpunkten. Während Mikrotechnik, Leichtbau und Elektromobilität lang etablierte Forschungsschwerpunkte sind, wurden die Forschungsschwerpunkte Generative Fertigung und Industrie 4.0 neu eingerichtet, um die aktuellen Entwicklungen der Forschungsarbeiten verstärkt angehen zu können.

Das wbk bietet wissenschaftlichen Mitarbeitern und Studierenden durch die moderne und umfangreiche Sachausstattung ausgezeichnete Rahmenbedingungen für theoretische und experimentelle Forschungsarbeiten mit dem Ziel, das integrative Verständnis von den Prozessen über die Anlagen und die Automatisierung bis hin zu vernetzten Fabriken zu vermitteln.

Mit Industriepartnern erarbeitet das wbk in gemeinsamen Projekten Lösungen für vielfältige Themenstellungen der Produktionstechnik und entwickelt außerdem mit Blick in die Zukunft Methoden und Prozesse für die Produktion von morgen.

Mit diesem Jahresbericht möchten wir Ihnen einen Überblick über wesentliche Ereignisse und Eckpunkte der Institutsarbeit im Jahr 2016 geben. Wir wünschen Ihnen eine anregende Lektüre.



*Jürgen Fleischer*

Prof. Dr.-Ing. Jürgen Fleischer

*Gisela Lanza*

Prof. Dr.-Ing. Gisela Lanza

*V. Schulze*

Prof. Dr.-Ing. habil. Volker Schulze

## **Ansprechpartner der Forschungsbereiche**

### **Fertigungs- und Werkstofftechnik (FWT)**

Forschungsschwerpunkte: Mikroproduktion (MP)

Prof. Dr.-Ing. habil. Volker Schulze

Raum 001, Gebäude 10.91

Telefon: +49 721 608-42440

Fax: +49 721 608-45004

volker.schulze@kit.edu

### **Maschinen, Anlagen und Prozessautomatisierung (MAP)**

Forschungsschwerpunkte: Leichtbaufertigung (LF), Elektromobilität (EM), Generative Fertigung (GF)

Prof. Dr.-Ing. Jürgen Fleischer

Raum 119, Gebäude 50.36

Telefon: +49 721 608-44009

Fax: +49 721 608-45005

juergen.fleischer@kit.edu

### **Produktionssysteme (PRO)**

Forschungsschwerpunkte: Elektromobilität (EM), Industrie (I4.0)

Prof. Dr.-Ing. Gisela Lanza

Raum 117, Gebäude 50.36

Telefon: +49 721 608-44017

Fax: +49 721 608-45005

gisela.lanza@kit.edu



Institut für Produktionstechnik

# Jahresbericht 2016



## INSTITUT

Standorte & Zahlen .....	6
Forschungsstruktur .....	7
Veranstaltungen .....	8



## FORSCHUNG

Forschungsbereich <b>Fertigungs- und Werkstofftechnik (FWT)</b> .....	12
Forschungsbereich <b>Maschinen, Anlagen und Prozessautomatisierung (MAP)</b> .....	16
Forschungsbereich <b>Produktionssysteme (PRO)</b> .....	20
Forschungsschwerpunkte	
<b>Mikroproduktion (MP)</b> .....	24
<b>Leichtbaufertigung (LF)</b> .....	26
<b>Elektromobilität (EM)</b> .....	28
<b>Generative Fertigung (GF)</b> .....	30
<b>Industrie 4.0 (I4.0)</b> .....	32



## KOOPERATIONEN

<b>GAMI</b> .....	34
<b>AMTC</b> .....	36
Partner aus Forschung & Lehre .....	37



## DISSERTATIONEN

Dr.-Ing. Johannes Gebhardt .....	38
Dr.-Ing. Adrian Kölmel .....	39
Dr.-Ing. Henning Wagner .....	40
Dr.-Ing. Jörg Bauer .....	41
Dr.-Ing. Nicole Stricker .....	42
Dr.-Ing. Anna Sauer .....	43
Dr.-Ing. Florian Sell-Le Blanc .....	44
Dr.-Ing. Frederic Förster .....	45



## VERÖFFENTLICHUNGEN

Bücher .....	46
Dissertationen .....	46
Konferenzbeiträge .....	46
Zeitschriften .....	48



## STUDIUM & LEHRE

Studierendenzahlen .....	50
Vorlesungsangebot .....	51
<i>Abschlussarbeiten</i>	
Bachelorarbeiten .....	52
Masterarbeiten .....	56
Diplomarbeiten .....	61
Exkursionen .....	62
Auszeichnungen & Preise .....	66



wbk Institut für Produktionstechnik  
**Standorte des Instituts**



**wbk am Fasanengarten, KIT (Karlsruhe)**

- Produktionssysteme
- Maschinen, Anlagen und Prozessautomatisierung



**wbk am Ehrenhof, KIT (Karlsruhe)**

- Fertigungs- und Werkstofftechnik



**wbk am Campus Nord, KIT (Karlsruhe)**

- Maschinen, Anlagen und Prozessautomatisierung

## Überblick in Zahlen

### Mitarbeiter

■ Wissenschaftler	62
■ Technik und Verwaltung	24
■ Auszubildende	8
■ Studentische Hilfskräfte	339

### Lehre

■ 20 Vorlesungen
■ 1.814 Prüfungen/Jahr
■ ca. 1.900 Hörer/Jahr
■ 348 Studien- und Abschlussarbeiten/Jahr

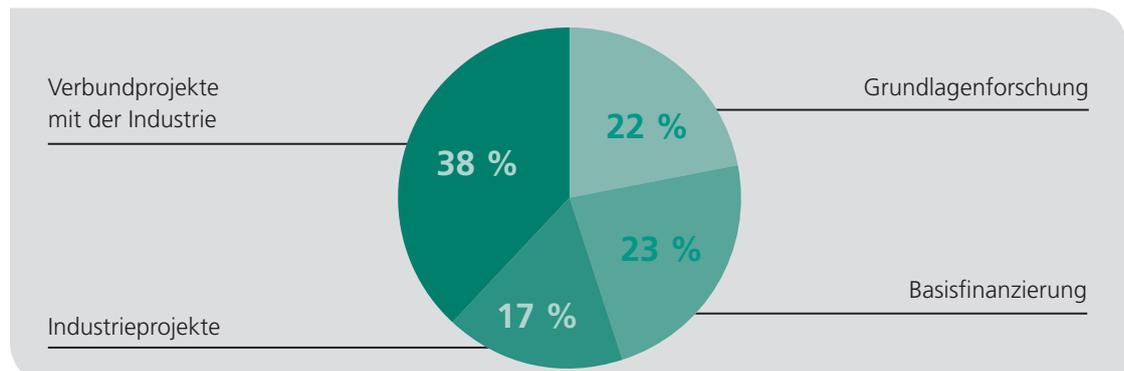
### Ausstattung

- 1.500 m<sup>2</sup> Laborfläche
- ca. 30 Versuchsstände
- Zwei mechanische Werkstätten mit Lehrlingsausbildung
- Umfassendes Rechner- und Simulationsequipment

### Projekte

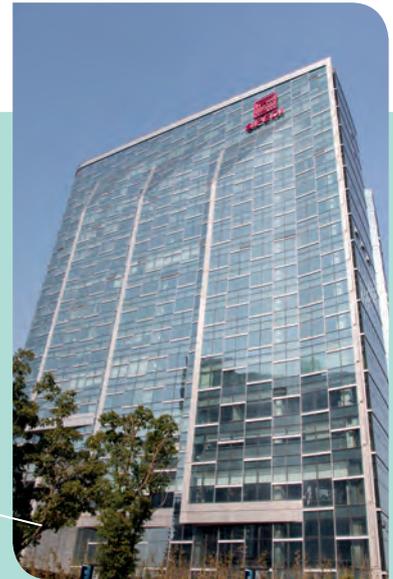
- 35 Grundlagen-Forschungsprojekte
- 32 Verbundprojekte
- 62 Industrieprojekte

## Finanzierungsstruktur



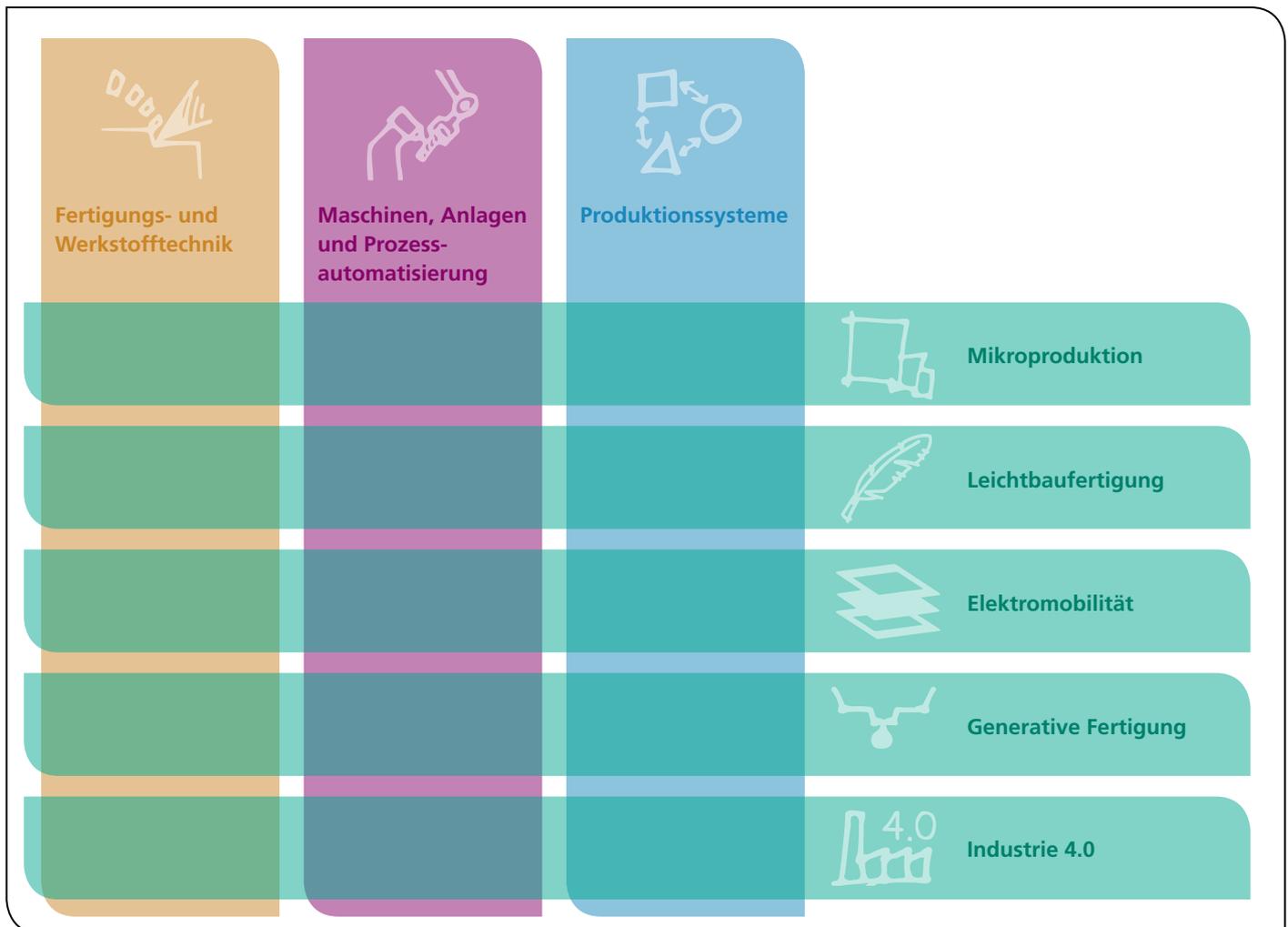


**AMTC**  
 ■ Advanced Manufacturing Technology Center  
 Jading Campus der Tongji Universität,  
 Shanghai (China)



**GAMI**  
 ■ Global Advanced Manufacturing Institute  
 Suzhou (China)

## Forschungsstruktur





## Veranstaltungen

## Herbsttagung: Resiliente Produktion durch Industrie 4.0



**Ansprechpartner am wbk:**  
M.Sc. Fabio Echsler Minguillon  
Telefon: +49 721 608-44153  
fabio.echsler@kit.edu

Am 13. Oktober 2016 fand die wbk-Herbsttagung statt. Die diesjährige Tagung befasste sich mit dem Thema „Resiliente Produktion durch Industrie 4.0“. Dabei stand im Fokus, wie Industrie 4.0 Lösungen in der Produktion eingesetzt werden können, um deren Resilienz zu steigern.

In vielseitigen Fachvorträgen von Industriereferenten und Vertretern des wbk wurden innovative Ansätze und Thesen aus den Bereichen der Produktion, der Instandhaltung sowie des Qualitätsmanagements vorgestellt.

Die Tagung wurde mit einer Einführung zum Zusammenhang von Resilienz und Industrie 4.0 durch Frau Prof. Lanza eingeleitet. Im Anschluss zeigte Herr Soder (SEW Eurodrive GmbH), wie Lean-Prinzipien durch Industrie 4.0-Lösungen ergänzt werden können. Anschließend stellte Herr Dr. Zürn (Daimler AG) innovative Konzepte für einen durch Industrie 4.0 befähigten flexiblen Rohbau von morgen vor.

Herr Gaub (Arburg GmbH & Co. KG) und Herr Gutekunst (Balluff GmbH) präsentierten als Leitanbieter ihre aktuellen Industrie 4.0-Ansätze in den Bereichen Anlagenbau und Sensorik, mit denen Produktionssysteme gegenüber externen Störeinflüssen weniger anfällig gestaltet werden können.

Nach der Mittagspause und der Besichtigung des produktionstechnischen Labors gab Frau Dr. Stricker (wbk Institut für Produktionstechnik) einen Einblick in



Diskussion der Vorträge auf der wbk Herbsttagung 2016

die Forschungsansätze am wbk zur Gestaltung robusterer Produktionssysteme durch Industrie 4.0 Lösungen, gefolgt von Herrn Gönner (Robert Bosch GmbH) und Herrn Köder (Andreas Stihl AG & Co. KG), die als Leitanwender ihrerseits Lösungsansätze aus dem Bereich von Industrie 4.0 präsentierten, um Störungen in den jeweiligen Produktionen zu vermeiden. Abschließend gab Herr Widmer (Robert Bosch GmbH) Einblicke in Methoden zur Absicherung resilienter Prozesse in der Halbleiterfertigung.

Die Fachvorträge mündeten in einem regen Austausch über Bedeutung und Erfolg der verschiedenen Erfahrungen und Industrie 4.0-Ansätze zur Steigerung der Resilienz von Produktionssystemen gegenüber äußeren Störeinflüssen. In der gemeinsamen Abschlussdiskussion mit den rund 60 Teilnehmern wurde die Bedeutung von Industrie 4.0 Lösungen als Befähiger für den Weg hin zu störungsfreien, autonomen und intelligenten Systemen diskutiert. ■



**Ansprechpartner am wbk:**  
Prof. Dr.-Ing. Jürgen Fleischer  
Telefon: 0721 608-44009  
juergen.fleischer@kit.edu

## Veranstaltungen

## International Conference on Sustainable Manufacturing ICSM

Die internationale Konferenz für nachhaltige Produktion (International Conference on Sustainable Manufacturing, im Folgenden ICSM) findet jedes Jahr Ende Oktober oder Anfang November am Advanced Manufacturing Technology Center (AMTC), auf dem Jiading Campus der Tongji Universität (TU) in Shanghai statt. Das AMTC gehört zum chinesisch-deutschen Hochschulkolleg (CDHK) und zum College of Mechanical Engineering (CME) der TU und ist hiermit einer der lebendigen Beweise der chinesischen-deutschen Zusammenarbeit zwischen der TU und dem Karlsruher Institut für Technologie (KIT). Die Konferenz ist durch Vogel Business Media, Peking, MM Modern

Manufacturing, Automobile Industry-China, AMTC und dem KIT organisiert. ■



Internationale Konferenz für nachhaltige Produktion

## Veranstaltungen

## Globale Produktion in der Praxis

### Startschuss für die Lernfabrik

2016 ging die Lernfabrik „Globale Produktion“ zum ersten Mal live an den Start. Sie ermöglicht sowohl der Industrie als auch den Studenten des KITs das Thema „Globale Produktion“ ganzheitlich zu betrachten. Insgesamt sechs Lehr- und Lerneinheiten sind in dieses Konzept eingegliedert. Dabei werden sowohl Online-Module angeboten, beispielsweise zu den Themen „Standortwahl“ oder „Netzwerkplanung“, aber auch Praxismodule. Neben den Lehr- und Weiterbildungsangeboten bietet die Lernfabrik eine ausgezeichnete Plattform, um Forschungsansätze zu entwickeln und zu validieren.

### Industrieschulung

Nach 3 Jahren Vorbereitung war es im Februar diesen Jahres möglich, das erste Praxismodul „Standortgerechte Produktionsplanung“ mit Industrievertretern unterschiedlicher Branchen durchzuführen. Geschult wurde die praktische Anwendung der wichtigsten Leanmethoden. Ausgehend von einer Werkstattfertigung mit chaotischer Materialbereitstellung haben sich die 21 Teilnehmer iterativ, dem klassischen PD-CA-Zyklus folgend, weiterentwickelt. In abwechselnden Theorie- und Praxisrunden konnten die Teilnehmer ihre Fortschritte anhand von Kennzahlen in einem Shopfloor Meeting nachverfolgen. Letztendlich wurde eine U-Linie mit One-Piece-Flow und Kanban-System erfolgreich im Kundentakt von 30 Sekunden betrieben.

Im September folgte dann ein weiteres zweitägiges Praxismodul mit dem Thema „Standortgerechte und globale Qualitätssicherung“. Die Teilnehmer mussten ein schwerwiegendes Qualitätsproblem mit Hilfe der Six-Sigma-Methodik bearbeiten und eine Lösung finden. Dabei durchliefen Sie alle Phasen des DMAIC-Zyklus von der Definition, über die Datenerhebung in

der Messphase bis zur Kontrollphase. Vor allem in der Messphase konnte die technische Ausstattung des wbks mit zahlreichen Messmaschinen direkt genutzt werden.

### Lehrveranstaltung für Studenten

Doch nicht nur Industrievertreter nehmen an der Lernfabrik teil. Im Wintersemester 2016/2017 startete die Lernfabrik auch als Lehrveranstaltung für 18 Studierende der Studiengänge Wirtschaftsingenieurwesen und Maschinenbau. In der Lehrveranstaltung durchlaufen die Teilnehmer alle 6 Module, sowohl die Online- als auch die Praxismodule. Dies ermöglicht den Studierenden einen ganzheitlichen Blick auf das Thema „Globale Produktion“ und macht es greifbar und real.

### Ausblick

Neben der Möglichkeit, theoretische Lehrinhalte praxisnah zu vermitteln, ist die Lernfabrik ein Forschungs-demonstrator und somit ein sich stetig weiterentwickelndes System. Ausgehend von den Anforderungen der Wandlungsfähigkeit und freien Skalierbarkeit des Automatisierungsgrads entstehen immer weitere Industrie 4.0 Anwendungen. Bis Anfang 2017 wird es eine digitale Verfolgbarkeit der Bauteile geben, die eine vollautomatisierte Erhebung und Auswertung relevanter Key Performance Indicators, die Anzeige variantenspezifischer Montagehinweise für den Worker, variantenspezifische Parametrierung der automatisierten Anlagen und eine Traceability für den Kunden ermöglicht. Nächster Schritt ist die Vernetzung der Lernfabrik mit dem Industry 4.0 Innovation Center am GAMI über eine Cloud-Lösung. Dies ermöglicht beispielsweise die gemeinsame Datenanalyse von Schraubvorgängen. ■



**Ansprechpartner am wbk:**  
M.Sc. Emanuel Moser  
Telefon: +49 721 608-46939  
emanuel.moser@kit.edu



Spielrunde beim Praxismodul im September 2016



## Veranstaltungen

## Feierliche Eröffnung des Arburg Innovation Centers



**Ansprechpartner am wbk:**  
M.Sc. Florian Baumann  
Telefon: +49 721 608-44012  
florian.baumann@kit.edu

Am 11.04.2016 wurde im Rahmen einer Feier am wbk Institut für Produktionstechnik das Arburg Innovation Center eröffnet. Dies stellt den bisherigen Höhepunkt der langjährigen Kooperation zwischen Arburg und dem wbk in verschiedenen Forschungsprojekten dar.

Hauptprotagonisten dieser Veranstaltung waren der Institutsleiter Herr Prof. Dr.-Ing. Jürgen Fleischer sowie der technische Geschäftsführer der Firma Arburg Herr Heinz Gaub. Ferner waren weitere Mitarbeiter Arburgs und des wbks vertreten, sowie zahlreiche Studierende, die im Rahmen verschiedener Forschungsprojekte rund um die Arburg Maschinen als wissenschaftliche Hilfskräfte oder im Rahmen von Abschlussarbeiten beschäftigt sind.

Das Arburg Innovation Center, welches sich im wbk-Standort am Fasanengarten befindet, verfügt über eine Nutzfläche von ca. 60 Quadratmetern und ist mit zwei Arburg freeformern sowie einer Spritzgussmaschine Arburg Allrounder 320C und einem Sechs-Achs-Roboter ausgestattet.

Darüber hinaus befinden sich dort mehrere Arbeitstische zur Vor- und Nachbereitung von Versuchen sowie PC-Arbeitsplätze. Durch die enge Verzahnung zwischen Universität und Industrie im Rahmen dieses Innovation Centers wird sowohl die Forschung als auch die Entwicklung vorangetrieben. Neben dem Austausch von Informationen und Erkenntnissen werden auch gemeinsam Probleme und Lösungsansätze diskutiert.

Der Forschungsschwerpunkt im Arburg Innovation Center liegt auf der additiven Fertigung mit den Arburg freeformern, welche seit 2014 und 2015 am wbk betrieben werden.

Neben direkten Kooperations-Projekten zur Weiterentwicklung der Anlagen- und Prozesstechnologie wird seit Juli 2015 das von der Deutschen Forschungsgesellschaft (DFG) geförderte Forschungsvorhaben „Prozessmodell für die werkzeugfreie Herstellung metallischer Bauteile mit dem Arburg-Freiform-Verfahren“ am wbk bearbeitet. Dabei wird in Analogie zum konventionellen Metallpulverspritzgussverfahren das Arburg-Freiform-Verfahren unter Verwendung eines mit Metallpulver versetzten Kunststoffgranulats zur additiven Abformung von Sinter-Grünlingen eingesetzt. ■



Gruppenfoto von der Eröffnung des Arburg Innovation Centers © ARBURG

## Veranstaltungen

**Messeauftritte****wbk-Demonstrator zur Einzelblattstapelbildung von Batterien auf der Automatica**

Auf der diesjährigen „AUTOMATICA – Fachmesse für Automation und Mechatronik“ stellte das wbk Institut für Produktionstechnik seinen Bereich „Produktionstechnik für die Elektromobilität“ auf dem Gemeinschaftsstand der MHI – Gesellschaft für Montage, Handhabung und Industrierobotik e.V. vor. Im Fokus des Messeauftritts stand die Vorstellung eines Demonstrators zur „Funktionsintegrierten Stapelbildung für die Herstellung von Lithium-Ionen-Zellen“. Einer der Gründe für die hohen Kosten von großformatigen Lithium-Ionen-Zellen, wie sie beispielsweise im Automobil verwendet werden, liegt in den noch unausgereiften Fertigungsprozessen für deren Herstellung und der damit verknüpften, hohen Komplexität der eingesetzten Produktionstechnik. Besonders die sogenannte Zellstapelbildung gilt in diesem Zusammenhang als eine große Herausforderung. Deshalb verfolgt das wbk die Entwicklung einer Maschine zur Herstellung von Einzelblattstapeln einer Lithium-Ionen-Zelle mit niedrigen Investitions- und Betriebskosten. Den Kern des Entwicklungsansatzes stellen funktionsintegrierte



wbk Demonstrator auf der Automatica.

Stanzmodule dar, die innerhalb eines einzigen Prozessschritts das Ausschneiden der Blattsegmente mit höchster Fertigungsqualität ermöglichen und gleichzeitig deren Handhabung und hochgenaue Ablage durch den Einsatz von integrierten Handhabungssystemen auf der Basis von Vakuumgreifern erlauben.

**Demonstrator „Preforming im Leichtbau“ auf der Hannover Messe**

Das wbk Institut für Produktionstechnik war auf der diesjährigen Hannover Messe am Stand des KIT im Rahmen innovativer Technologien für den Leichtbau vertreten. Anhand eines Demonstrators wurde die Automatisierung der einzelnen Prozessschritte für die Herstellung einer textilen Vorform, ein Halbzeug, welches zur Weiterverarbeitung hochfester Faserverbundbauteile dient, anschaulich dargestellt.

Für die Fertigung dieser sogenannten Preforms gilt es die zunächst gestapelten zweidimensionalen Textilschnitte mithilfe eines intelligenten, ressourceneffizienten Greifsystems prozesssicher zu vereinzeln und zu einem definierten Stapel aufzubauen. Nach der darauffolgenden thermischen Aktivierung des Bindermaterials zwischen den einzelnen Lagen erfolgt die Umformung zu der gewünschten Bauteilgeometrie durch mehrere, an das Bauteil angepasste Segmentstempel.

Die Herstellung der Halbzeuge vor Ort bot für den Messebesucher die Möglichkeit den Gesamtprozess des Preformings sowie die einzelnen Teilschritte näher kennenzulernen und deren Potential für zukünftige Anwendungsgebiete aus der jeweiligen Branche zu diskutieren.



Professor Dr.-Ing. Holger Hanselka bei der Besichtigung des Messedemonstrators



Forschungsbereich

## Fertigungs- und Werkstofftechnik (FWT)



**Leitung:**  
Prof. Dr.-Ing. habil.  
Volker Schulze  
volker.schulze@kit.edu

Die Entwicklung neuer Produkte ist eine zentrale Ingenieuraufgabe, die zunehmend nur noch interdisziplinär, also in Zusammenarbeit zwischen Produktentwicklung, Produktion und Werkstofftechnik zu bewältigen ist. Dies hat seine Ursache darin, dass die in der Entwicklung geforderten Bauteileigenschaften durch die einzelnen Prozessschritte vom Rohstoff bzw. Halbzeug hin zum fertigen Bauteil signifikant beeinflusst werden.

Angesichts des hohen Entwicklungsstands verfügbarer Prozesse wird in den damit verknüpften Fragestellungen ein vorrangiges Themenfeld für die Forschungsarbeiten in der Fertigungstechnik gesehen.

Sowohl die grundlagenorientierte Untersuchung und Optimierung etablierter als auch die Entwicklung neuer innovativer Fertigungsprozesse und Prozessketten in den Bereichen Zerspanung, Mikrobearbeitung, generative Fertigung sowie Wärme- und Oberflächenbehandlung zählen zu den Kernkompetenzen des Bereichs Fertigungs- und Werkstofftechnik. Diese werden, oftmals auch in enger Zusammenarbeit mit der Industrie, stetig weiterentwickelt und optimiert. Der Aufbau von Prozessketten und deren Optimierung durch Integration mehrerer Fertigungsverfahren in eine Maschine wird dabei ebenfalls untersucht. Der

Fokus liegt hierbei auf spanenden und abtragenden Fertigungsverfahren sowohl im Makro- als auch im Mikrobereich. Im Bereich der Makrobearbeitung zählen neben klassischen Bohr-, Dreh- und Fräsprozessen hochproduktive und kinematisch herausfordernde Verfahren wie Räumen, Wälzschälen und Wirbeln zum Portfolio. Auf Seiten der Mikrobearbeitung kommen das Mikrofräsen, die Mikrofunkenerosion, die Laserablation sowie Kombinationen der drei Verfahren zum Einsatz. Bei den Untersuchungen im Bereich der Verbundwerkstoffe wie CFK, GFK und MMCs liegt der Fokus auf einer möglichst schädigungsarmen Bearbeitung. Additive Verfahren unter der Verwendung von Kunststoffen wie auch Metallen werden ebenfalls am Institut untersucht. Die additive Fertigung findet immer dort Verwendung, wenn die Geometrieforderungen mit herkömmlichen Fertigungsverfahren nicht mehr oder nur noch sehr schwierig herstellbar sind.

Die Simulation von Fertigungsprozessen ermöglicht eine Erweiterung des Prozessverständnisses. Mit Hilfe detaillierter Modelle werden unterschiedlichste Effekte der Fertigungsprozesse, wie zum Beispiel die Spanbildung, der Verschleiß und die Prozessstemperatur, untersucht. Dies ermöglicht die Reduzierung des Versuchsaufwands und zudem den Gewinn experimentell nicht zugänglicher Erkenntnisse. Mit den



### Fertigungsprozesse

#### Prozessentwicklung

- Zerspanung
- Mikrobearbeitung
- Generative Fertigung
- Wärme- und Oberflächenbehandlung

#### Prozessplanung/-überwachung

- Kühlschmierkonzepte
- In-Prozess-Kontrolle
- Simulation von Prozessen und Prozessketten
- Prozess-Maschine-Interaktion

### Surface Engineering

#### Bauteilrandzonen

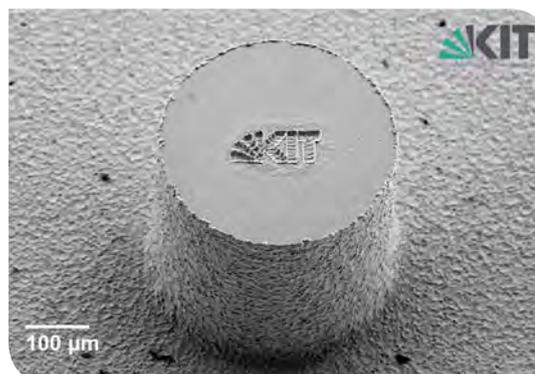
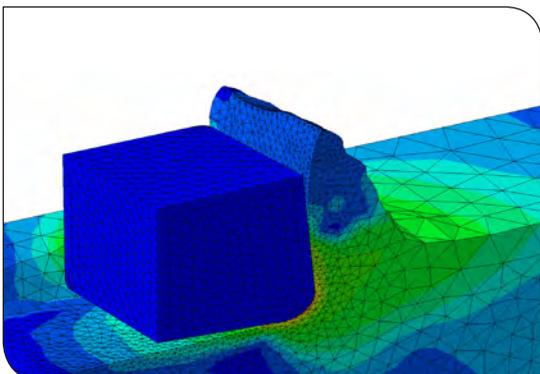
- Topografie
- Gefüge
- Eigenspannungen
- Verfestigung
- Simulation der Bauteilzustände

#### Bauteilverhalten

- Schwingende Beanspruchung
- Tribologische Beanspruchung
- Simulation der Bauteilzustände

Simulationen wird die effiziente Auslegung von Bearbeitungsstrategien unterstützt und die Abbildung vollständiger Prozessketten ermöglicht. Mit Hilfe neuer Kenntnisse über die Wechselwirkungen zwischen Prozessen und Bauteilen werden in enger Zusammenarbeit mit dem Institut für Angewandte Materialien – Werkstoffkunde (IAM-WK) mittels Surface Engineering Bauteile untersucht und ihre Eigenschaften defi-

niiert eingestellt. Hierbei stehen besonders Charakteristika der Bauteilrandzonen wie Topografie, Gefüge sowie Eigenspannungs- und Verfestigungszustände im Vordergrund, die durch den Fertigungsprozess bestimmt werden und einen großen Einfluss auf die Eigenschaften bei schwingender oder tribologischer Beanspruchung besitzen. ■



**Fertigungs- und Werkstofftechnik (FWT)**  
Geb. 10.91  
Ehrenhof, Campus Süd  
Telefon: +49 721 608-42455  
volker.schulze@kit.edu

## Forschungsprojekt SPP 1480 CutSim



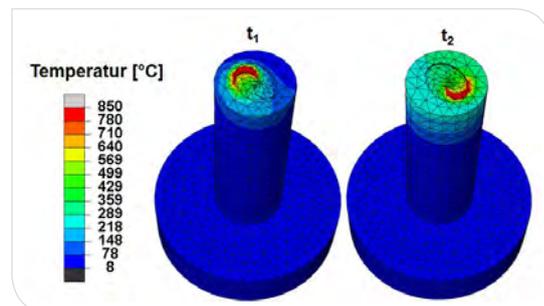
**Ansprechpartner am wbk:**  
Dipl.-Ing. Patrick Bollig  
Telefon: +49 721 608-47865  
patrick.bollig@kit.edu

### Ziel des Vorhabens

Im Rahmen des Schwerpunktprogramms 1480 befasste sich das wbk mit thermischen Bearbeitungseinflüssen beim Fertigungsverfahren Bohren. Wesentlicher Bestandteil des Vorhabens war die Erstellung detaillierter Simulationsmodelle unter Berücksichtigung verschiedener Kühlkonzepte mit dem Ziel der Vorhersage thermisch bedingter Randzonenveränderungen und Verzüge. Die thermischen Bearbeitungseinflüsse wurden mittels der Simulationsmodelle untersucht und Strategien zur Kompensation an komplexen Bauteilen abgeleitet.

### Vorgehensweise

Das Schwerpunktprogramm 1480 gliederte sich in drei aufeinanderfolgende Phasen. In der ersten Phase wurden die experimentellen Grundsteine für die Simulationserstellung gelegt und ein detailliertes 2D Spanbildungsmodell mit einem etablierten



Schematische Darstellung des Zirkularfräsens und der entstehenden Temperaturverteilung

Phasenumwandlungsmodell unter Verwendung der FEM-Software ABAQUS gekoppelt. Basierend auf den Ergebnissen aus der ersten Phase konnte in der zweiten Phase ein 3D Bohrmodell in ABAQUS aufgebaut und Simulationsrechnungen durchgeführt werden, um Erkenntnisse bezüglich des entstehenden Temperaturfeldes, der Eigenspannungen und der Randzonenveränderungen zu erhalten. In der abschließenden dritten Phase wurden anhand eines komplexen Bauteils Kompensationsstrategien zur Beherrschung des Verzuges abgeleitet, um verzugsminimierte Bauteile zu fertigen. Das Zirkularfräsen wurde in diesem Fall zur gezielten unrunder Zerspanbearbeitung genutzt, um nach Abkühlung auf Raumtemperatur maßhaltige Bauteile zu erhalten. Dieser Fertigungsverfahren kann bei Bedarf durch eine gesteuerte Prozesskühlung bei angepassten Schnittparametern ergänzt werden.

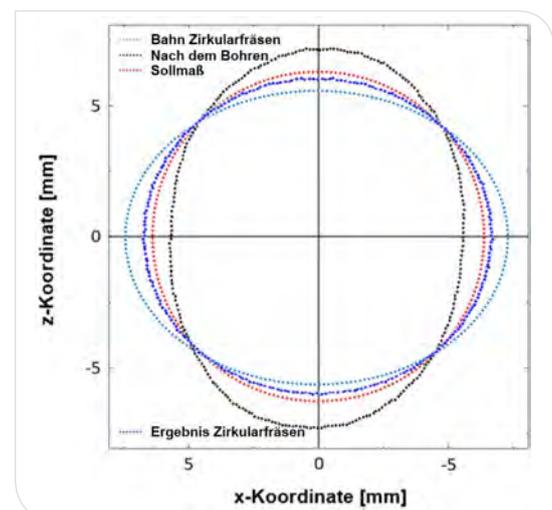
### Ergebnisse

Mit den aufgebauten FE-Simulationsmodellen wurde eine Vielzahl an verschiedenen Simulationsrechnun-

gen für ein Demonstratorbauteil mit insgesamt sieben Bohrungen durchgeführt, um die beim Bohren auftretenden thermomechanischen Belastungen hinsichtlich des entstehenden Bauteilverzugs zu untersuchen. So wurde in einem ersten Schritt der Gesamtwärmehaushalt in Abhängigkeit von verschiedenen Schnittparametern und Bearbeitungsreihenfolgen bezüglich Verzug bewertet. Die Simulationsergebnisse zeigten einen Einfluss auf den entstehenden Verzug, jedoch konnte mit diesem Ansatz nur eine Minimierung des Verzugs und noch keine Kompensation erreicht werden. Basierend auf diesen Ergebnissen war es möglich, die Verzugsvektoren für jedes Element in der Bohrung auszuwerten. In mehreren Iterationsstufen konnten die Verzugsvektoren dazu genutzt werden, für die geometrische Kompensation mittels Zirkularfräsen die benötigte NC-Zirkularfräsbahn zu bestimmen. In der Abbildung auf der linken Seite ist eine elliptische Bahnkorrektur mittels Zirkularfräsen schematisch dargestellt.

Mittels optimierter Zirkularfräsbahn konnte die unten dargestellte Formkorrektur der Bohrung realisiert werden. Die simulativ erreichte Rundheitskorrektur der Bohrungsform liegt im Größenbereich von 1-2  $\mu\text{m}$  Abweichung von der Sollgeometrie und bedeutet eine Reduzierung des Rundheitsfehlers von über 70%.

Zusätzlich wurden innerhalb des Projektes Kühlstrategien zur Verzugskompensation untersucht. Es zeigte sich, dass eine definierte Kühlung an kritischen Werkstückstellen während des Prozesses bzw. eine definierte Aufheizung des Werkzeugs nach dem Prozess zu einer signifikanten Verbesserung des Bohrungstiefenverlaufs in Bezug auf die Sollgeometrie führt. ■



Verzugkompensation mittels Zirkularfräsen und optimierten Schnittparametern (Skalierungsfaktor 180)

Forschungsprojekt

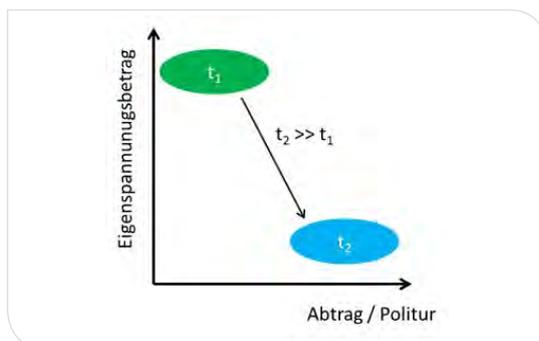
## Gleitschleifprozess zur mechanischen Oberflächenbehandlung

### Ziel des Vorhabens

Ziel des Projekts ist die Entwicklung einer Hochleistungs-Tauchgleitschleifmaschine, mit der eine gezielte Einstellung des Materialabtrags (Bearbeitungsintensität) sowie der Bauteilzustände hinsichtlich der Oberflächentopographie und der Zustände in der Bauteilrandzone (Druckeigenspannungen, Verfestigungen) erreicht werden können. Die übergeordneten Ziele liegen hier in der Steigerung der Produktivität beim Gleitschleifen sowie in einer Optimierung nachbearbeiteter Bauteile hinsichtlich ihrer Lebensdauer unter dynamischer Beanspruchung.

### Vorgehensweise

Nach einer erfolgten Sensitivitäts- und Prozessanalyse gliedert sich das Vorhaben in zwei Teilbereiche auf.



Zusammenhänge zwischen Bearbeitungszeit und Bauteilzuständen

Zum einen soll die Maschine in der Lage sein, derart hohe Prozesskräfte zu erzeugen, dass durch die hohe kinetische Energie der Schleifkörper eine ausreichende Verformung und damit Verdichtung in der Bauteilrandzone erzielt wird. Um dieses Ziel zu erreichen, sind neben rein leistungssteigernden auch innovative konstruktive Maßnahmen erforderlich. Zusätzlich soll die Maschine mit Messtechnik ausgestattet sein. Damit sollen die wirkenden Prozesskräfte erfasst werden, um ggf. Prozessparameter während des Prozesses anpassen zu können. So können aufwändige Analysen nach der Bearbeitung vermieden werden.

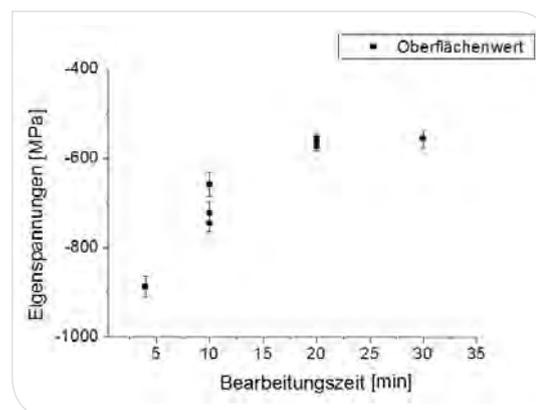
Zum anderen soll die Maschine mit einem innovativen Schnelltest ausgestattet werden. Mit diesem soll es möglich sein, die materialabhängigen Prozessparameter für ein Bauteil im Vorfeld derart zu bestimmen und so einzustellen, dass die gewünschten Bauteilzustände erzielt werden, ohne dass zuvor eine Vielzahl von Testläufen mit unter Umständen aufwendig produzierten Bauteilen erforderlich ist. Zusammenhänge zwischen Bearbeitungszeit und Bauteilzuständen zeigen die Notwendigkeit einer angepassten

Prozessstrategie. Bei dem Schnelltest werden Proben aus dem Material des zu bearbeitenden Bauteils in verschiedenen Einbaupositionen in der Tauchgleitschleifanlage bearbeitet. Ziel dabei ist es, ein Optimum zwischen der Bearbeitungsintensität im Sinne des Materialabtrags und der plastischen Verformung bzw. Verdichtung in der Bauteilrandzone sowie der Oberflächenqualität zu finden. Die Erkenntnisse des Schnelltests können so in eine Parameterdatenbank einfließen, auf die für zukünftige Bearbeitungsaufgaben zurückgegriffen werden kann.

Nach der Implementierung des entwickelten Schnelltestverfahrens in die neuentwickelte Anlage erfolgt die Validierung des Gesamtsystems am Beispiel eines evolventenverzahnten Stirnrades aus einem Vergütungsstahl.

### Ergebnisse

Als Ergebnis wird eine Hochleistungs-Tauchgleitschleifanlage entwickelt, welche durch ebenfalls in diesem Vorhaben qualifizierte Bearbeitungsstrategien in der Lage ist, hochproduktiv Bauteile herzustellen, welche eine definierte Oberflächentopographie und Randschichteigenschaften aufweisen.



Einfluss der Bearbeitungszeit auf die Oberflächeneigenspannung des Werkstücks

Bisherige Untersuchungen an einem Vergütungsstahl zeigen mit zunehmender Bearbeitungszeit abnehmende Eigenspannungswerte an der Werkstückoberfläche. ■



**Ansprechpartner am wbk:**  
Dipl.-Ing. Andreas Kacaras  
Telefon: +49 721 608-44015  
andreas.kacaras@kit.edu



Forschungsbereich

## Maschinen, Anlagen und Prozessautomatisierung (MAP)



**Leitung:**  
Prof. Dr.-Ing. Jürgen Fleischer  
juergen.fleischer@kit.edu

Zukünftige Maschinen und Anlagen sowie die zugehörige Prozessautomatisierung müssen sich in einem volatilen Markt beweisen und den stetig steigenden technologischen Anforderungen gerecht werden. Neben den wesentlichen Kriterien wie Stückzahl-, Varianten- und Konfigurationsflexibilität und der Minimierung von Investitions- und Instandhaltungskosten rückt dabei der Umgang mit unreifen Technologien wie beispielsweise der Elektromobilität oder der Leichtbauproduktion in den Vordergrund. Gerade in solchen Gebieten, deren Produkt- und Produktionsstrukturen noch weitgehend unbekannt sind, sind interdisziplinäre Lösungen von Ingenieuren aller technischen Fachrichtungen gefordert, um die Herausforderungen zu meistern. Die notwendige Verschmelzung von Produkt- und Produktionstechnologieentwicklung muss dabei intensiver denn je betrieben werden, um die Marktanforderungen zu

erfüllen und dem Standort Deutschland weiter Aufwind zu geben.

Zukünftige Generationen von mechatronischen Produkten, aber auch deren zugehörige Produktionstechnik erfordern darüber hinaus neben der klassischen Mechanik eine steigende Integration von Leistungs- und Regelungselektronik und IT-Bausteinen, um für immer schnellere, flexiblere, rekonfigurierbare und energieeffiziente Produkte und Produktionsprozesse das notwendige Prozesswissen intelligent vorhalten zu können. Die Kernkompetenzen des Bereichs Maschinen, Anlagen und Prozessautomatisierung liegen in der Entwicklung und Auslegung von intelligenten, ressourceneffizienten Komponenten für Maschinen und Anlagen sowie in der Gestaltung kompletter automatisierter Prozessketten. Im Fokus stehen dabei Handhabungs- und Montagetechnologie, Greif-

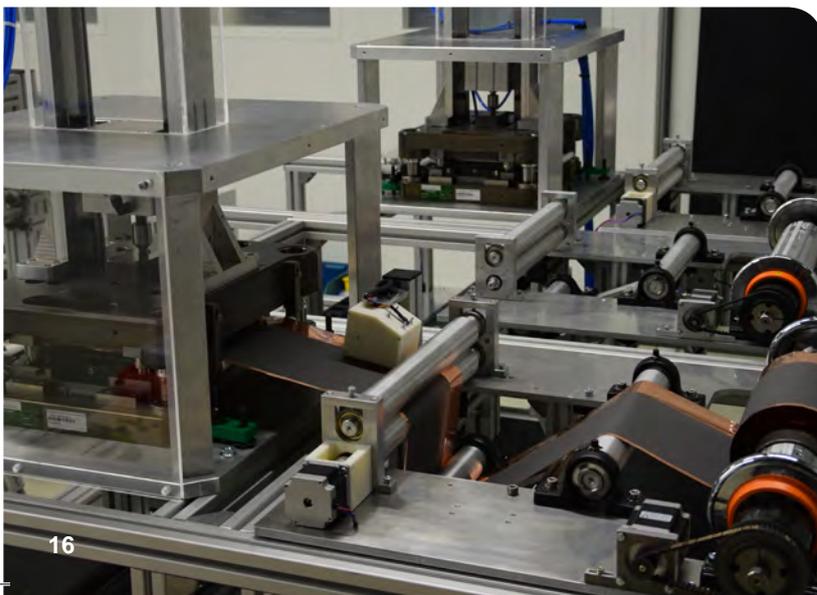


### Komponenten und Maschinen

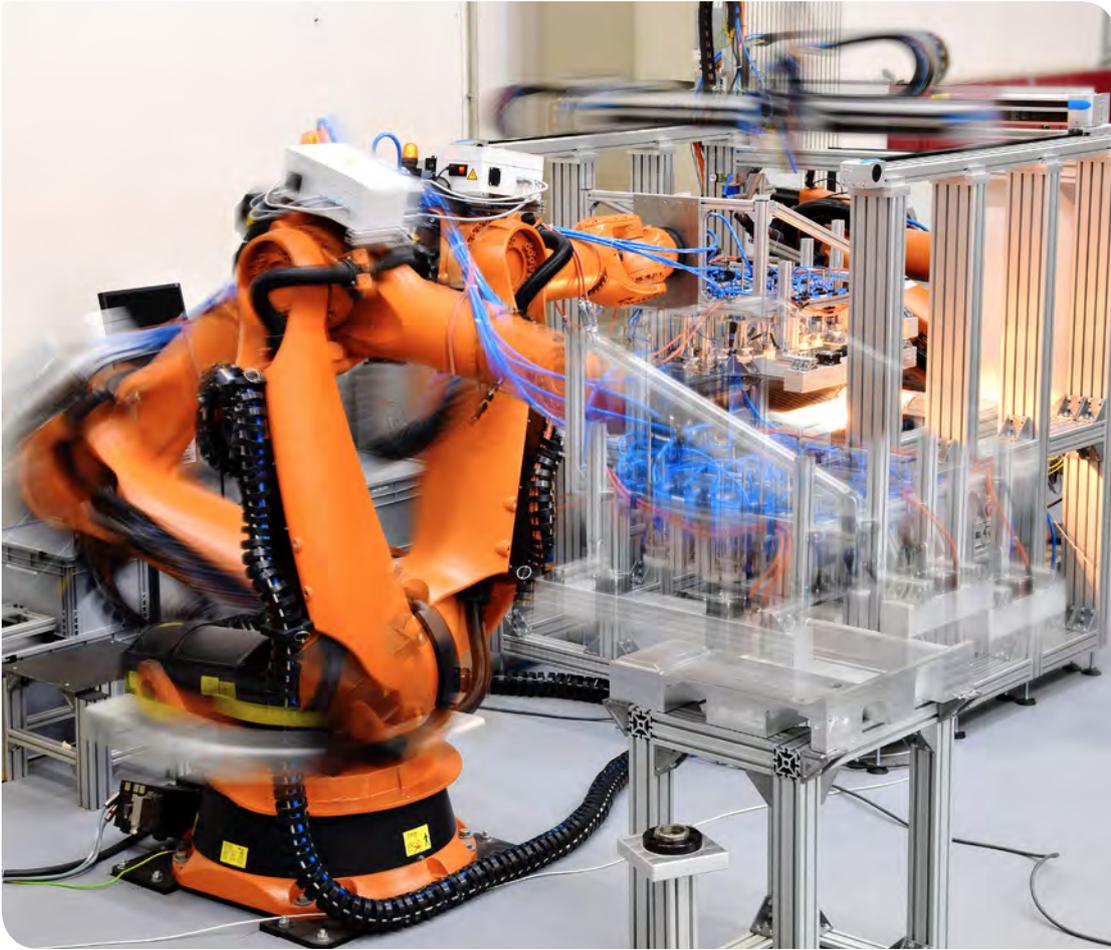
- Mechatronik
- Piezotechnologien
- Auslegung, Untersuchung und Verbesserung von ressourceneffizienten Werkzeugmaschinenkomponenten
- Statistische und dynamische Maschinensimulation
- Entwicklung intelligenter Instandhaltung von Maschinen

### Automatisierte Prozessketten

- Prozessverkettung
- Steuerungs- und Regelungstechnik
- Montageautomatisierung
- Wertgestaltung von automatisierten Systemen



techniken und die Herstellung mikromechatronischer Komponenten. Anwendungsfelder sind Werkzeugmaschinen sowie Fertigungs- und Montageanlagen für Leichtbau und Elektromobilität. Neben der Grundlagenforschung werden dabei in besonderem Maße Partner aus der Industrie in die Forschungstätigkeiten eingebunden, um realitätsnahen Fragestellungen und Problemen produzierender Firmen begegnen zu können. Ein besonderes Augenmerk der Forschungs- und Entwicklungsarbeiten liegt dabei auf dem ressourcenschonendem Umgang mit Energie und den eingesetzten Ausgangsmaterialien sowie der immer



Automatisierte Montage kohlenstofffaserbasierter Sub-Preforms

steigenden Vernetzung. Dies führt nicht nur zu umweltschonenden Produktionstechnologien, sondern auch die Wirtschaftlichkeit von Produktionsprozessen kann dadurch nachhaltig gesteigert werden. Bereits während der Konzeptionsphase jeder Forschungsarbeit werden diese Fragestellungen in simultaner Zusammenarbeit mit den Produktentwicklern berücksichtigt. Ein aktuelles Thema im Anwendungsfeld Werkzeugmaschinen ist die Entwicklung intelligenter Maschinenkomponenten mit Industrie 4.0 Funktionalitäten. Beispiele sind Systeme zur Zustandsdiagnose und -prognose und zur Vorspannungsregelung mittels Self-Sensing-Aktoren von Kugelgewindetrieben. Weitere Themenstellungen sind die Wertgestaltung von Montageanlagen, Herstellung mikromechatronischer Produkte mittels Sinterfügen, piezoelektrische Schwingförderer, mikromechatronische hydraulische Vorschubachsen und die Untersuchung von Antriebssystemen für Werkzeugmaschinen. Im Anwendungsfeld Leichtbaufertigung werden derzeit ganzheitliche Prozessautomatisierungslosungen für die Fertigung

von Aluminium-Space-Frame Strukturen sowie für faserverstärkte Kunststoffe entwickelt. Die Erkenntnisse daraus fließen in die Entwicklung von angepassten Technologien zur Herstellung hybrider Strukturen ein, die es ermöglichen, unterschiedliche Materialien und Funktionen optimal zu kombinieren. Das Anwendungsfeld Elektromobilität erforscht Produktionstechnologien für Batterien sowie für Elektromotoren. Themen sind die Optimierung und Neuentwicklung von Stapelbildungsverfahren für Batteriezellen, die Konzeption von Automatisierungslösungen für die Batteriemodulmontage, Analyse, Bewertung und Weiterentwicklung der Wickeltechnik für Elektromotoren sowie die selektive Magnetmontage in der Elektromotorenherstellung. ■



**Maschinen, Anlagen und  
Prozessautomatisierung  
(MAP)**

Geb. 50.36, Fasanengarten  
Telefon: +49 721 608-44011  
juergen.fleischer@kit.edu

Forschungsprojekt

## BMBF-Projekt MoPaHyb: Modulare Produktionsanlagen für hochbelastbare Hybridbauteile



**Ansprechpartner am wbk:**  
M.Sc. Markus Schäfer  
Telefon: +49 721 608-47357  
markus.schaefer@kit.edu

### Ziel des Vorhabens

Hybride Faserverbundbauteile bieten ein hohes Potential für den effizienten Leichtbau. Fehlende Maschinenstandards führen allerdings zu erheblichen Herausforderungen für die Industrie bei der Konfiguration und dem Aufbau einer Produktionsanlage zur Herstellung intrinsischer Hybride.

Im Verbundprojekt MoPaHyb forschen insgesamt 13 Projektpartner im Sinne von Industrie 4.0 an einer wandlungsfähigen Fertigungsanlage zur Herstellung hybrider Faserverbundbauteile am Beispiel einer Sitzschale und eines Fahrzeugunterbodens. Diese soll intuitiv neu konfigurierbar sein, um einfach neue Bauteilvarianten und Änderungen in der Prozesskette vorzunehmen. Eine einheitliche Parametrierung erlaubt die Übergabe der virtuellen Produkt-, Material- und Prozessdaten zwischen den einzelnen Modulen verschiedener Hersteller. Zusätzlich soll ein geeignetes Geschäftsmodell für die wirtschaftliche Vermarktung der Anlagenmodule in einem Systemhaus Leichtbau untersucht werden.

### Vorgehensweise

Die Prozesskette zur Herstellung der Hybridbauteile besteht aus der Herstellung des endlosfaserverstärkten Einlegers im Tapelege-Verfahren, dem automatisierten Einbringen von metallischen Verstärkungs- und Lasteinleitungselementen, sowie dem Umformen und Hinterspritzen mit Langfaserverstärktem Thermoplast. Das Kernelement der flexiblen Fertigungsanlage bildet ein zentrales Basis-Steuerungs-Modul, welches die notwendigen Schnittstellen zwischen den einzelnen Modulen verschiedener Hersteller bereitstellt.

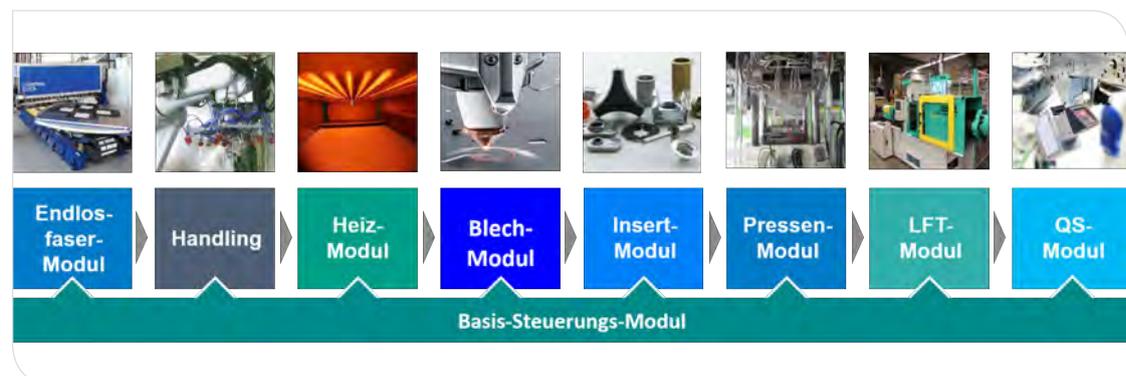
Die Grundlage für die Konfiguration der flexiblen Fertigungsanlage bildet ein Modulbaukasten. In diesem wird die Prozesskette zur Herstellung eines Hybridbauteils konfiguriert und die von den Projektpartnern entwickelten Module ausgewählt. Durch eine einheitliche Parametrierung der Module kann aus dem Modulbaukasten unter Verwendung von AML (Automated Markup Language) automatisch eine Steuerung erstellt werden, die an das Basismodul übergeben wird.

### Ergebnisse

Als Ergebnis soll bis 2018 eine Referenzanlage aufgebaut und in Betrieb genommen werden. Auf dieser sollen dann vollautomatisiert zwei hybride Bauteile hergestellt und die schnelle Rekonfigurierbarkeit durch den Austausch einzelner Module dargestellt werden.



Einzelmodule verschiedener Hersteller werden in einem Modulbaukasten zusammengestellt



Modularer Aufbau einer flexiblen Fertigungsanlage zur Herstellung von hybriden Bauteilen.

Forschungsprojekt

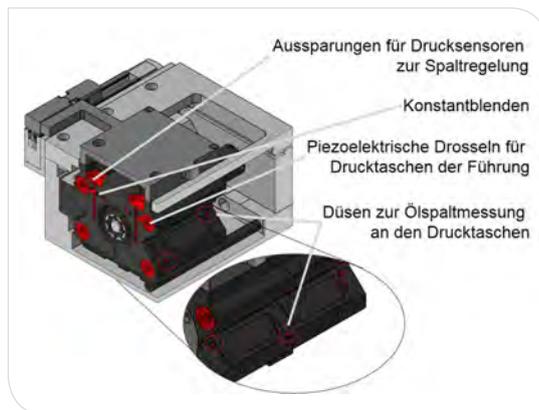
## Hochintegriertes Achssystem für kleine Werkzeugmaschinen

### Ziel des Vorhabens

Heutige Werkzeugmaschinen zeichnen sich durch ein starkes Missverhältnis zwischen Baugröße und genutztem Arbeitsraum aus. Bei der Miniaturisierung von Werkzeugmaschinen spielen Vorschubachsen eine wichtige Rolle, da sie sowohl Genauigkeit, als auch Arbeitsraum der Werkzeugmaschine maßgeblich beeinflussen. Ziel des DFG-geförderten Projekts im Schwerpunktprogramm 1476 war es daher, eine hochgenaue, hochintegrierte Vorschubachse zu entwickeln, die ein günstiges Verhältnis von Bauraum zu Verfahrenwegen aufweist.

### Vorgehensweise

Zur Erzielung einer hohen funktionalen Integration, hohen Kraftdichte und guten Dämpfungseigenschaften wurde Öl als multifunktionales Wirkmedium für das Achssystem ausgewählt. Anschließend wurden die zu integrierenden Teilsysteme Führung und Vorschub separat in Prototypen entwickelt und für die Integration in ein Gesamtsystem optimiert.



Schnittansicht des hochintegrierten Achssystems mit aktiv geregelten Drucktaschen zur Fehlerkompensation durch das Führungssystem

Sowohl für die Regelung des linearen Vorschubs wie auch für die Regelung der aktiven Führung wurden hochdynamische Piezoaktoren ausgewählt, die über Drosseln den Ölfluss der Systeme regeln. Im Falle der hydrostatischen Führung werden acht gegenüber angeordnete Drucktaschen unabhängig voneinander geregelt. Somit können durch eine Veränderung des Ölspalts der hydrostatischen Führung kleine Stellbewegungen zur Kompensation geometrischer Fehler erzielt werden. Die Messung der Spalthöhen zur Regelung der Kompensationsbewegungen wird durch ein in das Kolbengehäuse integriertes Messsystem realisiert. Drucksensoren messen dazu den Staudruck

zwischen Drucktaschen und Führungsprismen und geben Aufschluss über die jeweils anliegende Spalthöhe.

Um das Ziel einer hohen funktionalen Integration sowie eine hohe Dynamik der Regelung erzielen zu können, wurden alle Piezoaktoren direkt in das Achsgewehäuse integriert. Die Verringerung von Ölsäulen ermöglicht dabei eine hohe Regelungsgüte und damit Genauigkeit des Achssystems

### Ergebnisse

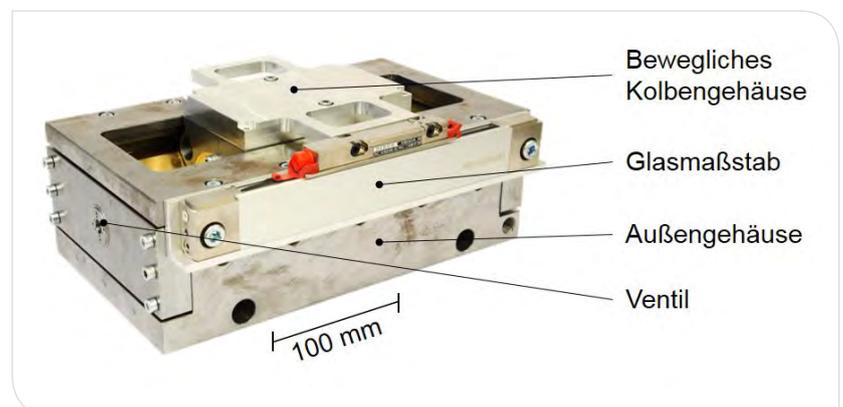
Das entwickelte aktive hydraulische Vorschubsystem für ermöglicht eine Linearbewegung von 95 mm sowie eine Kompensation geometrischer Fehler durch den Einsatz aktiv geregelter hydrostatischer Taschen. Hierdurch kann sowohl eine Kompensation geometrischer Fehler des Vorschubsystems, als auch eine Kompensation anderer Komponenten der Werkzeugmaschine erreicht werden. Zudem werden aufgrund der hydraulischen Kraftdichte eine hohe Kompaktheit sowie eine hohe funktionelle Integration durch die multifunktionale Nutzung des hydraulischen Wirkmediums erzielt.

Die entwickelte Achse erzielt lineare Positioniergenauigkeiten von  $<1\mu\text{m}$  wobei das aktiv geregelte Führungssystem eine Reduktion translatorischer Fehler um bis zu 70% sowie rotatorischer Fehler um bis zu 50% erzielt.

Als Teil der im Schwerpunktprogramm 1476 entwickelten modularen, kompakten Werkzeugmaschine konnte das lineare Vorschubsystem auf der diesjährigen Hannover Messe der Öffentlichkeit präsentiert werden.



**Ansprechpartner am wbk:**  
Dr.-Ing. Jörg Bauer  
Telefon: +49 721 608-46022  
joerg.bauer@kit.edu



Hochintegriertes Achssystem mit beweglichem Kolbengehäuse und Glasmaßstab zur linearen Lageregelung



Forschungsbereich

## Produktionssysteme (PRO)

**Leitung:**Prof. Dr.-Ing. Gisela Lanza  
gisela.lanza@kit.edu

Um zukunftsfähige Produktionssysteme zu entwickeln, ist das fundierte Verständnis vom technologischen Prozess bis hin zum weltweit verteilten Produktionsnetzwerk erforderlich. Der Forschungsbereich Produktionssysteme betrachtet Ansätze zum „Planen, Bewerten und Beherrschen“ der Produktion von morgen, d. h. agile Produktionssysteme mit stabilen Prozessen in einer globalen Produktionsumgebung.

Globale Produktionsnetzwerke sind für den wirtschaftlichen Erfolg immer bedeutsamer. Vielfältige Vorteile wie Marktzugang und Kosteneinsparungen veranlassen die Unternehmen dazu in weltweit verteilten Standorten zu produzieren und eine global verteilte Supply Chain aufzubauen. Mit diesen Entwicklungen gehen jedoch auch Risiken einher. Zum Beispiel können Qualitätsprobleme, Lieferengpässe einzelner Produktionsstandorte oder veränderten Local-Content- und Zoll-Bestimmungen das gesamte Produktionsnetzwerk stilllegen. Die Auswirkungen dieser Faktoren auf das Gesamtnetzwerk sowie die Wechselwirkungen im Netzwerk sind teilweise noch nicht vollständig verstanden. Am wbk werden dazu Strategien zur Anpassung von Produkt und Produktionssystem im globalen Verbund, zur Planung und Steuerung von wandlungsfähigen Produktionsnetzwerken sowie zur Qualitätsplanung in Netzwerken erforscht und mit mathematischen Modellen abgebildet. Zur gezielten Anpassung globaler Produktionsnetzwerke werden alternative Migrationspfade untersucht. Die zunehmende Individualisierung und Regionalisierung der Produkte stellt die Produktion

### Globale Produktionsstrategien

- Anpassung von Produktionssystemen im globalen Verbund
- Planung und Steuerung von Produktionsnetzwerken
- Qualitätsplanung im Produktionsnetzwerk
- Lieferantenmanagement

### Produktionssystemplanung

- Produktionsplanung und -steuerung mit Industrie 4.0
- Simulation von Produktionssystemen
- Kosten- und Risikomanagement, Geschäftsmodellbewertung
- Lean & Green

### Qualitätsmanagement

- Fertigungsmesstechnik für Mikroproduktion, Leichtbaufertigung, Elektromobilität und generative Fertigung
- Entwicklung von Inline-Messsystemen
- Messdatenauswertung
- Paarungsstrategien für Hochpräzisionsbauteile

dabei vor weitere technische und strategische Herausforderungen. Durch Plattformstrategien und global verteilte Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten wird versucht der wachsenden Komplexität Rechnung zu tragen.

Produktionsnetzwerke müssen robusten Produktionssystemen bestehen. Nicht nur die Produktionsnetzwerke, sondern auch die individuellen Produktionssysteme müssen sich dem immer dynamischeren Produktionsumfeld schnell und aufwandsarm anpassen können – sie müssen wandlungsfähig sein. Die Wandlungsfähigkeit erlangt durch die Möglichkeiten aus dem Feld der Industrie 4.0 neuen Auftrieb. Die schnelle Verfügbarkeit von Information und die technische Weiterentwicklung führt nicht nur zu mehr Transparenz, sondern kann, z.B. mit Methoden der Künstlichen Intelligenz, auch zur Prognose genutzt werden. Intelligente, selbststeuernde Systeme bilden den Ausblick, der maximal robuste Produktionssysteme schaffen kann. Diese Fähigkeiten können sowohl in der Planung, als auch in der Steuerung der Produktionssysteme gewinnbringend eingesetzt werden.



Interaktives, digitales Shopfloormanagement in der Lernfabrik



Lernfabrik Globale Produktion

Dynamische Regelkreise unterstützen diese Anpassung ebenso wie eine intelligente, skalierbare Automatisierung oder ein neuartiges Layout für maximale Reaktionsfreiheit. Ganzheitliche Produktionssysteme/Lean-Production-Ansätze bekommen zudem unter anderem durch innovative Assistenzsysteme für den Mitarbeiter, die unterstützen und nicht bevormunden, neuen Schub. Des Weiteren ergeben sich Chancen aus datengetriebenen Geschäftsmodellen zum Beispiel in der dynamischen Prüfsteuerung unter Nutzung von Clouddaten oder proaktiver regelkreisbasierter Qualitätssicherung.

Zur Beherrschung höchster Prozessqualität setzt das wbk den Fokus auf die Entwicklung inlinefähiger Fertigungsmesstechnik sowie Methoden der fertigungsnahen Qualitätssicherung inkl. innovativer Messstrategien und komplexer Messdatenauswertung. Hierzu zählt verstärkt auch die Datenfusion unterschiedlicher Sensorik und Systeme. Der Einsatz der Koordinatenmesstechnik umspannt den konventionellen Bereich bis zur Messung von Mikrozahnrädern mit Längenmessabweichungen unter 250 nm. Um Baugruppen aus Komponenten zu realisieren, deren Fertigungsprozesse an die technologischen Grenzen stoßen, werden echtzeitfähige Paarungsstrategien untersucht. Darüber hinaus werden optische (laserba-

sierte) Messverfahren unter anderem für die Charakterisierung von CFK-Preforms weiterentwickelt sowie die dimensionelle Messtechnik mittels Computertomographie erforscht. Ein innovatives Zukunftsfeld ist die Inline-Qualitätssicherung für additive Fertigungsverfahren auf Basis von Polymeren und Metallpulvern. Am wbk steht ein klimatisiertes Messzentrum mit modernsten Anlagen auf rund 150 m<sup>2</sup> Fläche zur Verfügung, in dem neben den vielfältigen Forschungsaufgaben auch Messaufgaben als Dienstleistung für Partner in der Industrie angeboten werden. ■

**Produktionssysteme (PRO)**

Geb. 50.36

Fasanengarten

Telefon: +49 721 608-44011

gisela.lanza@kit.edu

Forschungsprojekt

## Optimierte Auftragsplanung in globalen Produktionsnetzwerken der variantenreichen Serienproduktion



**Ansprechpartner am wbk:**  
M.Sc. Jens Bürgin  
Telefon: +49 721 608-44013  
jens.buergin@kit.edu

### Ziel des Vorhabens

Unternehmen agieren vermehrt in global verteilten Produktionsnetzwerken, um kundenindividuelle Produkte kurzfristig für nahegelegene Märkte produzieren zu können. Die steigende Variantenanzahl insbesondere von Automobilen stellt dabei für die Planung der Serienproduktion eine Herausforderung dar.

Die Automobilindustrie bedient sich bei der Produktionsplanung sogenannter Auftragspools bestehend aus realen Kundenaufträgen und fiktiven Planaufträgen. Planaufträge stellen ein Hilfskonstrukt dar, um interne und externe Kapazitätsbedarfe über den mittelfristigen Planungshorizont ermitteln zu können. Sie werden den Produktionsstätten zugewiesen und mit fortschreitendem Zeithorizont durch reale Kundenaufträge ersetzt. Sowohl die Einplanung von Planaufträgen als auch die Zuordnung von Kunden- zu Planaufträgen findet aufgrund mangelnder IT-Unterstützung meist ohne Beachtung von Restriktionen des Produktionsnetzwerks statt. Die derzeitige Planung ist daher nicht effizient und verursacht Turbulenzen für die gesamte Lieferkette.

Ziel des Projekts FlexAEM ist es, gemeinsam mit dem Projektpartner flexis AG eine Methodik zur optimierten Auftragsplanung für variantenreiche Serienprodukte in globalen Produktionsnetzwerken zu erarbeiten.

### Vorgehensweise

Zur Zielerreichung werden die einzelnen Komponenten, also die Generierung von Planaufträgen, die Einplanung der Planaufträge und die Zuordnung von Kunden- zu Planaufträgen konzipiert. Die Generierung von Planaufträgen erfolgt basierend auf Vertriebsprognosen in Form von Stückzahlen je Modell und Markt sowie entsprechenden Verkaufswahrscheinlichkeiten für Optionen. Zudem werden bei der Generierung von Planaufträgen Baubarkeitsregeln bezüglich Optionskombinationen berücksichtigt. Für die Auftragseinplanung sind Kapazitätsbeschränkungen der Produktionsstandorte und Lieferanten sowie standortspezifische Produktions- und Logistikkosten zu beachten. Eingehende Kundenaufträge werden durch einen Algorithmus bereits eingeplanten Planaufträgen zugeordnet, wobei Wunschliefertermine der Kunden berücksichtigt und direkt Liefertermine bestätigt werden.

### Ergebnisse

Ergebnis des Projektes ist eine implementierte, prototypische Softwarelösung zur Demonstration und Validierung der Teilkomponenten sowie der Gesamtmethodik. Es soll gezeigt werden, dass dadurch eine Durchgängigkeit zwischen mittel- und kurzfristiger Planung sowie eine Integration der Planung von Einkauf, Produktion und Vertrieb ermöglicht werden kann. ■



Methodik zur optimierten Auftragsplanung

Forschungsprojekt

## SmartBodySynergy – Smarte Fertigungszellen für einen synergetischen Hochlauf elektrifizierter Fahrzeuge

### Ziel des Vorhabens

Das Projekt erforscht ein Verfahren zur Integration von elektrifizierten Fahrzeugen in Produktionssysteme für konventionelle Fahrzeuge. Ziel ist es, Störungen durch unterschiedliche Fahrzeugderivate in einer Rohbauanlage (z.B. aufgrund von abweichenden Geometrien und Füge-technologien) zu vermeiden. Durch das Projekt soll ein Beitrag zur wirtschaftlichen Produktion von Karosserien in einem frei skalierbaren Modellmix aus konventionellen und elektrifizierten Fahrzeugen geleistet werden.

### Vorgehensweise

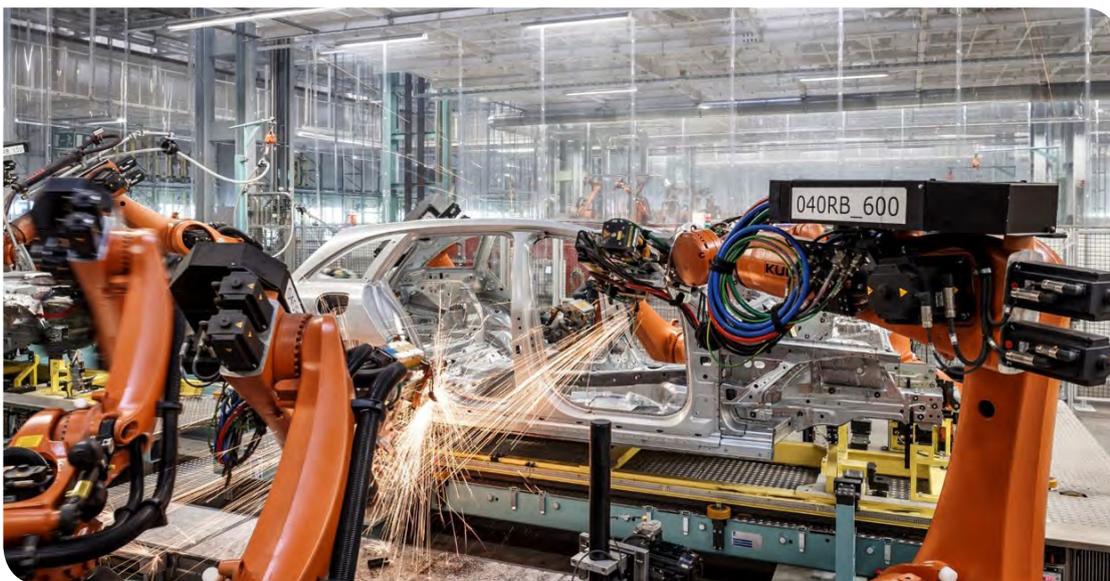
Um die notwendige Flexibilität und Wandlungsfähigkeit zu erreichen, ist ein Paradigmenwechsel im Gewerk Rohbau nötig. Mithilfe einer zu entwickelnden modularen Rohbauzelle soll die starre Verkettung aufgelöst und durch ein flexibles System aus universell einsetzbaren Rohbauboxen abgelöst werden.

In der ersten Projektphase wird eine Rohbauzelle konzeptioniert, in der Submodule der Karosserie unabhängig vom Antriebskonzept gefertigt werden können. Diese muss durch Flexibilität und Wandlungsfähigkeit Freiräume für die Entwicklung zukünftiger Karosserien ermöglichen. Die folgenden Projektphasen fokussieren die Entwicklung der Schlüsseltechno-

logien sowie eines dezentralen Steuerungskonzeptes. Die notwendige Flexibilität innerhalb der Rohbauzelle soll mithilfe von plug&produce-fähigen Greif- und Spannsystemen sowie wechselbaren Fügeköpfen realisiert werden. Diese werden als Befähiger für ein vorrichtungsfreies Fügen benötigt. Die Qualität der gefertigten Karosserien soll durch die Entwicklung einer flexiblen und integrierbaren Mess- und Prüftechnik sowie robusten Regelkreisen im Prozess sichergestellt werden. Die entstehenden Freiheitsgrade durch die Taktauflösung werden durch die Entwicklung eines dezentralen Steuerungs- und Logistikkonzeptes für den Einzelstückfluss ausgeschöpft. Abschließend wird die Wirtschaftlichkeit der entwickelten Lösung simulativ ermittelt und ein generisches Tool zur Systemauslegung erstellt.

### Ergebnisse

Als Ergebnis der ersten Projektphase werden konkurrierende Zellkonzepte mit unterschiedlicher technologischer Ausstattung hinsichtlich bevorrateter Fügeköpfe angestrebt, um darauf aufbauend mithilfe konkreter Szenarien ein optimales Konzept für die weitere Ausdetaillierung ableiten zu können. ■



Ausschnitt einer Rohbauzelle

Mikrofräsen in Stahl  
mit einem 300 µm  
Hartmetallfräser



Forschungsschwerpunkt

## Mikroproduktion (MP)



**Ansprechpartner am wbk:**  
M.Sc. Stefan Klotz  
Telefon: +49 721 608-42448  
stefan.klotz@kit.edu

Die Mikrosystemtechnik stellt eine Schlüsseltechnologie des 21. Jahrhunderts dar und ist für eine Vielzahl von Produkten in verschiedenen Branchen unersetzlich geworden, um die Funktionsdichte weiter zu steigern. Doch nicht nur die Bauteile an sich stehen im Fokus der Mikrotechnik. Auch bei Bauteilen mit makroskopischen Abmessungen können durch eine gezielte Einbringung einer Mikrostruktur herausragende Betriebseigenschaften erzeugt werden. Ausgehend von einem wachsenden Markt für kostengünstige und zuverlässige mikrostrukturierte Komponenten und Systeme leitet sich die Herausforderung an die moderne Produktionstechnik ab, neue Prozesse zu entwickeln, zu optimieren und diese in konsistente Prozessketten zu integrieren. Den sich hieraus ergebenden Fragestellungen widmet sich der Forschungsschwerpunkt Mikroproduktion des wbk.

Um diesem schnelllebigen Technologiesektor mit neuartigen und ganzheitlichen Lösungen zu begegnen, werden eine prozesssichere Fertigung, Handhabung, Montage und Qualitätssicherung gewährleistet, sowie die erarbeiteten Kompetenzen in interdisziplinäre zukunftsreiche Applikationen mit Strukturdetails im Mikrometerbereich integriert. Den Ausgangspunkt

dieser durchgängigen Prozesskette stellt die Entwicklung und Optimierung von Technologien zur prozesssicheren Herstellung kleinster hochbelastbarer Strukturen dar. Durch geschickte Verfahrenskombinationen und multiskalige Prozesse wird gleichzeitig das Mikrostrukturieren von Bauteilen mit makroskopischen Funktionsflächen untersucht. In beiden Fällen gilt es, die Palette der zu bearbeitenden Materialien und Materialkombinationen stetig zu erweitern. Um die so entstandenen Bauteile und Komponenten automatisiert zu montieren und zu handhaben, werden innovative Technologien entwickelt. Hierfür steht eine hohe Flexibilität der Montagesysteme mit mehreren Freiheitsgraden im Vordergrund, um das dreidimensionale Zuführen, Positionieren und Fügen auf kleinstem Bauraum zu ermöglichen. Dabei ist es heutzutage unverzichtbar, parallel zur Herstellung von Mikrosystemen und mikrostrukturierten Funktionsflächen großvolumiger Bauteile einen begleitenden Qualitätssicherungsprozess zu entwickeln und in die Prozesskette zu implementieren. Dieses Forschungsfeld wird am wbk in einem zweistufigen Prozess angegangen. Beginnend werden unterschiedliche Messstrategien und Methoden entwickelt, geometrie- und funktionsrelevante Daten beim richtigen Prozessschritt mit dem passenden Messmittel zu erfassen. Abschließend stellen die Messdatenauswertung und die Untersuchung der Messunsicherheit zentrale Bausteine dar, um nicht nur den Herstellprozess einzelner Bauteile zu beurteilen, sondern die Validierung der kompletten Prozesskette vorzunehmen. ■



MIM-Sintergefügtes Mikrorückschlagventil aus Carbonylisen

Forschungsprojekt

## FSP Mikroproduktion: Metallische Gläser

### Ziel des Vorhabens

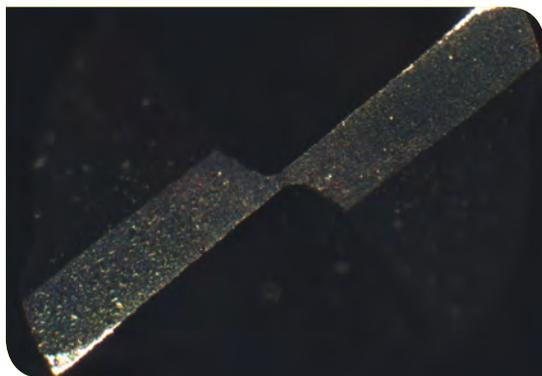
Metallische Gläser sind Legierungen mit amorphem Gefüge. Ab einer Bauteildicke von 1 mm wird von massiven metallischen Gläsern gesprochen. Durch Abschrecken während des Urformprozesses ist es möglich, den Kristallisationsprozess zu unterbinden und einen amorphen Werkstoffzustand einzustellen. Die Herausforderung bei der Bearbeitung ist, dass auch kurzzeitig auftretende hohe Temperaturen (oberhalb der Glasübergangstemperatur) in der Wirkzone zu einer Kristallisation des Materials führen. Dies führt zu einer Verschlechterung der Werkstoffeigenschaften. Ziel des Projekts ist die Untersuchung des Zusammenhangs zwischen dem Fertigungsverfahren, den Bearbeitungsparametern, der Oberflächenqualität, dem resultierenden Werkstoffgefüge und den Werkstoffeigenschaften.

### Vorgehensweise

Zur Erforschung des prozessbedingten Einflusses werden Proben aus massiven metallischen Gläsern sowohl gegossen als auch durch Selective Laser Melting (SLM) hergestellt. Diese werden dann mittels Mikrofräsen, Mikrofunkenerosion und Mikrolaserabtragen mit unterschiedlichen Parameterkombinationen bearbeitet und anschließend untersucht. Werkstückseitig werden die resultierende Oberflächenqualität, die Kristallisation sowie die Werkstoffeigenschaften analysiert. Beim Fräsen wird auch der Werkzeugverschleiß betrachtet, da dieser für die Prozessstabilität essentiell ist.

### Ergebnisse

Abbildung 1 zeigt einen typischen Schaftfräser mit einem Durchmesser von 0,3 mm nach der Bearbeitung eines Zr-basierten metallischen Glases. Gefräst wurde ca. 1 mm<sup>3</sup> Material. Zu sehen ist hier der starke Verschleiß, eine der beiden Schneiden ist bereits partiell ausgebrochen. Bei der Bearbeitung mittels Fräsen

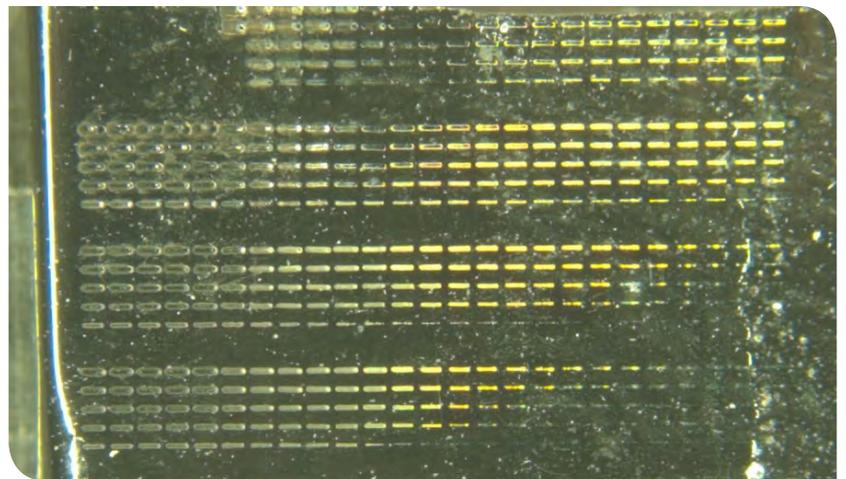


Schaftfräser 0,3 mm.

hat sich gezeigt, dass gerade Kleinstwerkzeuge überdurchschnittlich empfindlich reagieren. Verglichen mit bisher verwendeten Stählen wie bspw. Edelstahl ist die Standzeit deutlich geringer. Bei der Bearbeitung mittels Laserabtragen und Mikrofunkenerosion gibt es stabile Bearbeitungsparameter, allerdings muss der Einfluss auf die Bauteileigenschaften noch geklärt werden. Bei der Mikrofunkenerosion hat sich gezeigt, dass zirkonbasierte Proben deutlich besser bearbeitbar sind als eisenbasierte. Auch zeigt sich ein Zusammenhang zwischen eingestelltem Funkenspalt und resultierender Oberflächenqualität. Bei der Laserablation muss eine geeignete Kombination zwischen Pulsabstand und Laserleistung eingestellt werden, um zum einen durchgehende Strukturen herstellen zu können, zum anderen jedoch keine Aufschmelzungen zu erzeugen. Aufschmelzungen sind nicht nur aufgrund der Oberflächentopologie und der resultierenden Bauteileigenschaften ungewünscht, sondern verursachen zudem Kristallisation. Die folgende Abbildung zeigt beispielhaft laserabgetragene Nuten. ■



**Ansprechpartner am wbk:**  
Dipl.-Ing. Boris Matuschka  
Telefon: +49 721 608-47350  
boris.matuschka@kit.edu



Laserabgetragene Nuten.



Forschungsschwerpunkt

## Leichtbaufertigung (LF)



**Ansprechpartner am wbk:**  
M.Sc. Sven Coutandin  
Telefon: +49 721 608-42449  
sven.coutandin@kit.edu

Hohe Energiekosten und ein zunehmendes Umweltbewusstsein in der Bevölkerung sowie die immer strengere Gesetzgebung forcieren den Einsatz leichter Werkstoffe zur Energie- und Ressourceneinsparung. Um diesen Herausforderungen gerecht zu werden, befasst sich der Forschungsschwerpunkt Leichtbaufertigung wissenschaftlich mit speziell angepassten Produktionslösungen und macht diese der Industrie zugänglich.

Um den richtigen Werkstoff an der richtigen Stelle einzusetzen gehört die Entwicklung von anforderungsgerechten Produktionstechnologien für neu entwickelte Materialien und Konstruktionsweisen mit hohem Leichtbaupotential zu den Zielen des Forschungsschwerpunkts. Dabei soll der Sprung von einer im Labor entwickelten neuen Technologie hin zu einer automatisierten und wirtschaftlichen Herstellung von Leichtbauprodukten in einer angepassten Serienfertigung erreicht werden. Zudem werden bereits etablierte Fertigungsverfahren automatisiert und durch Modulstrategien flexibilisiert, um diese in einer Serienfertigung wirtschaftlich einsetzen zu können. Bei Bedarf werden neue, auf die Anforderungen der Leichtbauproduktion zugeschnittene Maschinenkonzepte entwickelt und erprobt.

Der Forschungsschwerpunkt Leichtbaufertigung am wbk Institut für Produktionstechnik beschäftigt sich mit Forschungs- und Entwicklungsthemen in den Bereichen „faserverstärkte Kunststoffe (FVK)“ und „hybride Strukturen“. In diesen Bereichen werden Themen der Prozessentwicklung, Prozessautomatisierung, Qualitätssicherung und Nachbearbeitung erforscht.

Zur intensiven Forschung und Entwicklung im Bereich der Leichtbaufertigung stehen dem Forschungsschwerpunkt zahlreiche Maschinen und Anlagen zur Verfügung. Damit ist es möglich, industrierelevante Herausforderungen anwendungsnah zu erforschen und prototypisch in die vorhandenen automatisierten Prozessketten einzubinden.

Der Fokus im Bereich der faserverstärkten Kunststoffe liegt neben der Erforschung neuer Fertigungstechnologien wie dem Faserblasverfahren und dem Schleuderverfahren insbesondere auf durchgängig automatisierten und wirtschaftlichen Prozessketten wie der Resin-Transfer-Moulding (RTM) Prozesskette. Hierbei liegen die Schwerpunkte in der Automatisierung und Verkettung der Prozesse, in der schädigungsarmen Nachbearbeitung sowie in einer effektiven und zielgerichteten Qualitätssicherung.

Die gewonnenen Erkenntnisse fließen in die Entwicklung angepasster Leichtbautechnologien zur Herstellung hybrider Strukturen. Schwerpunkt dabei ist die intrinsische Hybridisierung, d. h. der Verbindung unterschiedlicher Materialien im Ur- bzw. Umformprozess einer Materialkomponente. Dies ermöglicht es, unterschiedliche Materialien und Funktionen optimal zu kombinieren. Zur Steigerung der Wirtschaftlichkeit dieser innovativen Produkte werden neue Verbindungstechnologien, Automatisierungslösungen, Bearbeitungsstrategien sowie Qualitätssicherungskonzepte entwickelt. ■



Automatisierte Subpreform Montage

Forschungsprojekt

## HyPro – wirtschaftliche Herstellung hybrider Bauteile

### Ziel des Vorhabens

Das Projekt HyPro widmet sich der Weiterentwicklung und Anpassung von Prozessen, die für eine wirtschaftliche Herstellung von hybriden Bauteilen notwendig sind. Dabei fokussieren sich die Untersuchungen auf das Resin-Transfer-Moulding (RTM)-Verfahren, da hier ein großes wirtschaftliches Potenzial erkennbar ist.

### Vorgehensweise

Entsprechend zu den einzelnen Schritten des RTM-Prozesses, gliedern sich auch die Arbeitspakete. Beim ersten Prozessschritt des Preformings werden sowohl Endlos- wie auch wirtschaftlich sehr interessante Langfasern betrachtet. Der Zielsetzung der Hybridisierung folgend, widmet sich hingegen ein eigenes Arbeitspaket der Integration von metallischen Lasteinleitungselementen in Endlos- und Langfaserpreforms. Wurde durch das Preforming und die Integration von Lasteinleitungselementen ein fertiger hybrider Preform gebildet, sind noch Werkzeugtechnologien für die Infiltration zu verbessern.

### Ergebnisse

Da besonders das Preforming im Leichtbau als sehr kostenintensiv gilt, wurde innerhalb des Projekts ein Drapiergreifer entwickelt und aufgebaut. Durch seine segmentierte Greiffläche in einzelne Pixel, die separat angesteuert werden, erlaubt er eine schonende Umformung von Endlosfaserhalbzeugen parallel zur Handhabung. Unterstützt wird dieser Prozess durch integrierte Sensorik in den Greiferpixeln. Diese können die Anzahl an gegriffen Halbzeuglagen erkennen und machen es möglich, dass sich der Greifer aus einer magazinierten Bereitstellung bedienen kann.

Gleichzeitig erlauben Sie es aber auch die tangentialen Haltekräfte am Halbzeug stufenlos einzustellen. Hierdurch wird es möglich den notwendigen Materialnachfluss, der in Folge der Umformung notwendig wird, gezielt zu beeinflussen.

Auch im Bereich der Langfasern konnte mit neuen Verfahren die Automatisierbarkeit und damit auch die Wirtschaftlichkeit der RTM-Prozesskette verbessert werden. Möglich wird dies durch die Kombination des Fiber-Injection-Moulding (FIM)-Verfahrens mit neuen Lasteinleitungskonzepten, die sich mit einer einfachen Drehbewegung selbst in die Fasern einbringen.

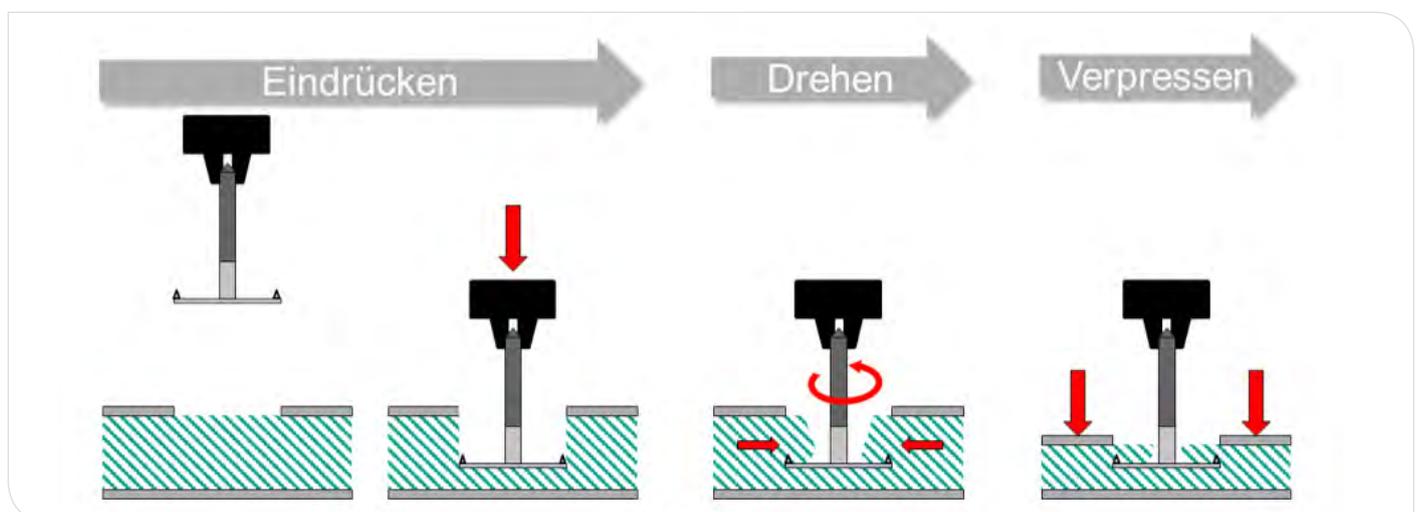
Der Problematik von häufig verschleißenden Dichtungen in Werkzeugen widmete sich das Fraunhofer ICT. Als Lösungsansatz wurde hier eine Einmaldichtung entwickelt die nicht im Werkzeug sondern auf dem zu infiltrierenden Preform angebracht wird. ■



**Ansprechpartner am wbk:**  
Dipl.-Ing. Fabian Ballier  
Telefon: +49 721 608-46019  
fabian.ballier@kit.edu



Segmentierter Drapiergreifer mit einzeln ansteuerbaren Pixeln und integrierter Sensorik



Insert zur automatisierten Integration in FIM-Preform



Forschungsschwerpunkt

## Elektromobilität (EM)



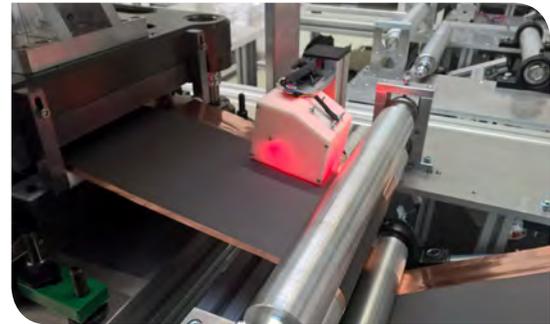
**Ansprechpartner am wbk:**  
Dipl.-Ing. Sebastian Haag  
Telefon: +49 721 608-28286  
sebastian.haag@kit.edu

Im Anwendungsfeld der Produktionstechnik für die Elektromobilität vereint das wbk Prozesse zur Herstellung des vollelektrischen und hybriden Antriebsstrangs auf Basis unreifer Fertigungstechnologien und etablierte, serientaugliche Prozesse. Die Anwendung im Automobilbereich definiert neuartige Anforderungen an E-Motoren und Batterien bzgl. Automatisierungsgrad, Stückkosten, Qualitätssicherbarkeit sowie Leistungs- und Energiedichte, Wirkungsgrad, kalendarische und zyklische Lebensdauer, Gewicht und Packaging. Gleichzeitig sind die Produkthanforderungen und das Marktumfeld hoch veränderlich. Der Forschungsschwerpunkt Elektromobilität hat deshalb das Ziel, fähige Produktionstechnologien für die automatisierte Herstellung von Batteriemodulen und Elektromotoren in einer wirtschaftlichen und skalierbaren Serienfertigung zu entwickeln.

Dabei soll der Sprung von einer im Labor entwickelten, neuen Technologie hin zu einer automatisierten und wirtschaftlichen Herstellung in einer angepassten Serienfertigung erreicht werden. Am wbk werden die produktionstechnischen Herausforderungen der Herstellung von Batteriemodulen und Elektromotoren adressiert. Im Bereich der Herstellung der Batteriezeile liegen die Schwerpunkte der wbk-Forschungsaktivitäten auf der Zellstapelbildung und dem Packaging. Bei der Zellstapelbildung fokussiert sich das wbk auf zwei Verfahren zum einen auf das sogenannte Einzelblattstapelbildern, zum anderen auf ein kontinuierliches Zelldesign "Helix". Die Entwicklung neuer formatflexiblen Zellhüllen ist Schwerpunkt der Tätigkeiten im Packaging. Im Themenfeld der Batteriemodulmontage wird die Automatisierung dieser sowie die Verbindungstechnologie zur Kontaktierung der Batteriezellen untersucht.

Die Weiterentwicklung und der Aufbau eines Prozessverständnisses der Wickeltechnologie sowie die Entwicklung der selektiven Magnetmontage zum Wuchtverzicht sind Schwerpunkte der Forschungsaktivitäten im Bereich der Produktionstechnologieentwicklung für den E-Motor.

Darüber hinaus werden verschiedenste Themenstellungen der Qualitätssicherung entlang der gesamten Wertschöpfungskette des elektrischen Antriebsstrangs am wbk erforscht. ■



wbk-Einzelblattstapelbildung zur Batteriezellherstellung



wbk-Statorwicklung für einen E-Motor.

Forschungsprojekt

## Umformtechnisch unterlagerte Prozessmodellierung des Linearspulenwickelprozesses (ProMoS)

### Ziel des Vorhabens

Die Wicklung des Elektromotors ist eine leistungsbestimmende Komponente, die im Produktionsprozess besonderen Anforderungen gerecht werden muss. Für Motoren in Hybridfahrzeugen haben sich unrunde Spulenkörper, die in der Produktion durch die Linearwickeltechnik mit einem Kupferlackdraht bewickelt werden, durchgesetzt. Hauptanforderung für eine effiziente Wicklung ist ein orthozyklischer Lagenaufbau mit einem hohen Kupferfüllfaktor und einem bündigen Anliegen des Drahtes am Spulenkörper.

Das wissenschaftliche Ziel dieses Projektes ist ein umformtechnisches Prozessmodell, welches die verschiedenen Effekte während des Spulenwickelprozesses miteinander verknüpft. Dieses Ziel wird im von der DFG geförderten Projekt ProMoS zusammen mit dem Institut für Umformtechnik und Leichtbau (IUL) der Universität Dortmund verfolgt.

### Vorgehensweise

Aufgrund der fehlenden Möglichkeit einer Messung der Drahtlasten wird eine Mehrkörpersimulation (MK) entwickelt, die die Lastprofile des Drahtes im Wickelprozess bestimmt. Der Draht selber wird in einer separaten FEM-Simulation durch das IUL in Dortmund eingehend charakterisiert. Die gekoppelte MK-/FEM-Simulation berücksichtigt dabei die Umformprozesse des Spulenwickelprozesses.

Darauf aufbauend soll ein Prozessmodell abgeleitet werden, welches die dynamischen Eigenschaften des Drahtes mit einem integrierten umformtechnischen Modell beschreibt. Dieses soll zur Generierung von aus umformtechnischer Sicht günstigen Parameterfenstern für den Wickelprozess sowie zur prozessmodellbasierten Entwicklung eines neuen Drahtbremsprinzips verwendet werden. Dieses neue Drahtbremsprinzip beruht auf der gezielten Manipulation der durch den Prozess verursachten Drahtschwingung zwischen Spulenkörper und Drahtführer, was eine genaue Kenntnis der vorherrschenden Biegeschwingung voraussetzt.

### Ergebnisse

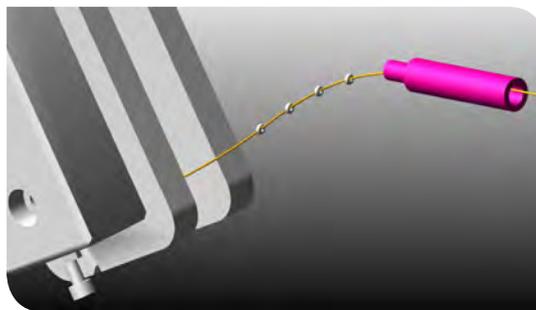
Um das neuartige Drahtbremsprinzip entwickeln zu können müssen zunächst die Drahtschwingungen ermittelt werden. Dies wurde in der aufgebauten Mehrkörpersimulation mithilfe von mitschwingenden, in ihren Freiheitsgraden begrenzten, masselosen Messtori durchgeführt. Diese Tori sind als Ring um den durchlaufenden Draht gelegt und können so dessen Bewegung aufzeichnen.

Um die Daten der Mehrkörpersimulation zu validieren wurden Aufnahmen mit einer Hochgeschwindigkeitskamera durchgeführt. Der Vergleich der Versuche mit der Simulation ist in nachfolgender Abbildung zu erkennen. Die Abweichungen zwischen Modell und Realität sind vor allem auf die Modellierung des Drahtes als Starrkörper zurückzuführen.

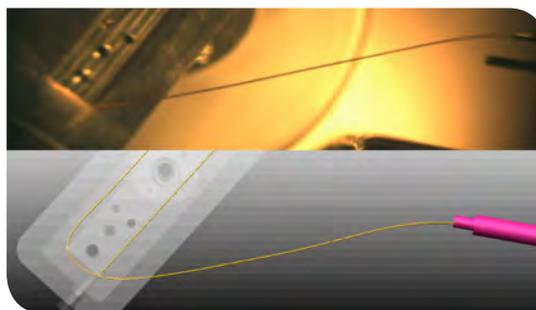
Im weiteren Projektverlauf werden die FEM- und die MK-Simulation des wbk und des IUL miteinander gekoppelt und das dann entstandene Modell soll anhand von Versuchen validiert und eine modellbasierte Regelung des Prozesses durch ein neuartiges Drahtbremsprinzip implementiert werden. ■



**Ansprechpartner am wbk:**  
M. Sc. Janna Hofmann  
Telefon: +49 721 608-28285  
janna.hofmann@kit.edu



Merkörpersimulation der vertikalen Drahtschwingungen in MSC Adams



Vergleich der Mehrkörpersimulation mit den Realaufnahmen des Wickelprozesses mit einer Hochgeschwindigkeitskamera



Forschungsschwerpunkt

## Generative Fertigung (GF)



**Ansprechpartner am wbk:**  
Dr.-Ing. Frederik Zanger  
Telefon: +49 721 608-42450  
frederik.zanger@kit.edu

Der starke Trend hin zu individualisierten Produkten und zu höherer Effizienz führt dazu, dass sich neue Fertigungsverfahren abseits der klassischen urformen- und abtragenden Verfahren zu etablieren beginnen. Diese Verfahren bieten einerseits zwar ein sehr hohes wirtschaftliches Potenzial. Andererseits sind sie aber noch nicht so weit industrialisiert wie die klassischen etablierten Verfahren.

Ziel des Forschungsschwerpunkts ist es daher, die generativen Fertigungsverfahren durch optimierte Prozessstrategien zu ertüchtigen, die Anlagentechnik weiterzuentwickeln sowie die Fabrikintegration zur gezielten Herstellung funktionsintegrierter und individueller Bauteile voranzutreiben.

Wesentliche Forschungsfragen sind auf der einen Seite die grundlagenorientierte Untersuchung, Qualifizierung und Weiterentwicklung der Verfahren, die Herstellung von funktionsintegrierten Bauteile durch hybride Materialaufbauten und auf der anderen Seite die Ableitung neuer Einsatzgebiete sowie die Erschließung von Optimierungspotenzialen zur Kostensenkung.

Die hierbei betrachteten Forschungsthemen reichen vom Arburg Kunststoff-Freiform-Verfahren (AKF) über das selektive Laserschmelzen (SLM) über die Integration in Prozessketten bis zur Qualitätssicherung generativ hergestellter Bauteile.

Fragestellungen werden beim AKF-Verfahren im Bereich Polymer- und Hochleistungsbauteile sowie in der werkzeuglosen Herstellung von Sintergrünlingen erforscht.

Beim selektiven Laserschmelzen liegen die Forschungsthemen im Bereich funktionsintegrierter Bauteile, hybrider Materialaufbauten und der Optimierung der Bauteileigenschaften von mit selektivem Laserschmelzen hergestellten Bauteilen.



Bauteil hergestellt durch selektives Laserschmelzen  
(Bildquelle: Edelstahl Rosswag)

Bei der Integration in Prozessketten werden Themen zur Potenzialvalidierung generativer Verfahren für die Serienproduktion sowie die Migrationsstrategien von bestehenden Prozessketten in Prozessketten mit generativen Fertigungsschritten untersucht.

Um eine geeignete und adäquate Qualitätssicherung durchführen zu können, werden für die generativen Fertigungsverfahren neuartige, skalierbare Inline-Fertigungsmesstechniken benötigt. Diese sind ebenfalls Forschungsgegenstand innerhalb des Forschungsschwerpunkts. Zusätzlich ist die Prozessfähigkeit der heutigen Verfahren noch nicht im erforderlichen Maße vorhanden. Daher stellt auch die Prozessfähigkeit und deren Ermittlung eine Herausforderungen für unsere Forschung dar.

Die Ansätze des Forschungsschwerpunkts generative Fertigung liefern somit einen Beitrag, diese neuartigen Verfahren weiterzuentwickeln, ihre wirtschaftliche Einsatzbarkeit zu forcieren und somit die Einsatzgebiete zu erweitern sowie die Potenziale der generativen Fertigung zu heben. ■

Mit dem AKF hergestellte Bauteile (Bildquelle: wbk)



Forschungsprojekt

## ActivePower – Elektrische Leiterbahnen auf Keramiksubstrat

Dreidimensionale, keramische Oberflächen gezielt mit Aktivlot zu benetzen und somit elektrische Bauelemente, wie SMDs, FETs etc., zu Schaltkreisen zu verbinden – Das ist das Ziel des Projekts „ActivePower – Entwicklung eines keramisch spritzgegossenen 3D-Schaltungsträgers für die Kontaktierung und Integration von Leistungselektronik mittels widerstandsarmen Aktivlots“. Solche dreidimensionalen Moulded Interconnected Devices (3D-MID) finden u.a. in der Automobilindustrie Anklang, die zunehmend mechatronische Baugruppen zur Funktionsintegration nachfragt.

Im Allgemeinen treten beim Einsatz von Leistungselektronik hohe Temperaturen auf, die Kunststoffsubstrate zum Schmelzen bringen würden. Der Wechsel zu Keramik liegt nahe, birgt aber neue Herausforderungen bei der Umsetzung der Verbindung mit der Leiterbahn. Dafür soll Aktivlot eingesetzt werden, das aus den Elementen Titan sowie Kupfer und/oder Silber bestehen kann. Das Titan bildet dabei die Brücke zwischen der Leiterbahn und der Keramik und ermöglicht so eine Anhaftung. Eine weitere Herausforderung wird das dreidimensionale Dispensieren des Aktivlotes auf die Keramikoberfläche sowie das Füllen feiner Bohrungen mit Aktivlot sein.

In den bisherigen Untersuchungen liegen die Konzentrationen auf der Wahl des Aktivlots und der Bewertung der Anhaftung auf Aluminiumoxidkeramik. Neben dem Ceramic Injection Moulding (CIM) werden Keramiksubstrate mit dem Cerafab7500 von Lithoz additiv gefertigt, um einerseits die Anhaftung zu vergleichen und andererseits Neuheiten der Keramiksubstratherstellung aufzuzeigen. Bei CIM-Bauteilen, die nachträglich laserstrukturiert werden, kommt es zu Aufwürfen und damit zu Unebenheiten, feine

Bohrungen dürfen nur ein geringes Aspektverhältnis aufweisen. Eine Alternative ist somit die additive Fertigung von Keramik, deren Potentiale im Rahmen des Projekts untersucht werden sollen.

ActivePower startete im Oktober 2016 in Zusammenarbeit mit dem Institut für Angewandte Materialien – Angewandte Werkstoffphysik (IAM-AWP) des KIT sowie dem Lehrstuhl für Fertigungsautomatisierung und Produktionssystematik (FAPS) der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg.



**Ansprechpartner am wbk:**  
Elisa Götze  
Telefon: +49 721 608-46039  
elisa.goetze@kit.edu



Keramikbauteile im Cerafab7500 (Quelle: wbk)



Forschungsschwerpunkt

## Forschungsschwerpunkt Industrie 4.0



**Ansprechpartner am wbk:**  
Dr.-Ing. Nicole Stricker  
Telefon: +49 721 608-42444  
nicole.stricker@kit.edu

Mit der Hightech-Strategie 2020 der Bundesregierung wurde der Begriff Industrie 4.0 eingeführt und subsummiert die Verzahnung von innovativen Technologien mit der industriellen Produktion.

Das wbk hat sich dessen als einen Forschungsschwerpunkt angenommen, der bereichsübergreifend zahlreiche Projekte prägt. Industrie 4.0 kann dabei einerseits durch neue Produkte und Geschäftsmodelle zusätzlichen Umsatz generieren oder in der Produktion zu mehr Effizienz führen. Im Feld der Produktion verspricht Industrie 4.0 Produktivitätsgewinne, welche durch technologische

und organisatorische Veränderungen ermöglicht werden. Dabei stellt sich die Frage, wie sich eine Einführung von Industrie 4.0 durchführen lässt.

Das wbk unterstützte die Entwicklung einer konkreten Orientierungshilfe zur Implementierung von Industrie 4.0 im Mittelstand: Der VDMA „Leitfaden Industrie 4.0“ bietet je einen Werkzeugkasten zur Unterstützung der (Weiter-) Entwicklung von Produkten und der Effizienzsteigerung der Produktion durch Industrie 4.0. Dieses praxisnahe Instrument zeigt eine stufenweise Entwicklung in verschiedenen Anwendungsebenen auf. Die Anwendung des Leitfadens gliedert sich in mehrere Phasen: Auf die Vorbereitung folgt eine Analysephase zur Identifikation interner Kompetenzen, die den Ausgangspunkt für die spätere Ideengenerierung bildet. Daran schließt eine Kreativitätsphase zur Ideenfindung sowie für die spätere Weiterentwicklung von Ideen zu Konzepten für Geschäftsmodelle an. Einen Stützpfeiler der Kreativitäts- und Analysephase bildet der Werkzeugkasten des Leitfadens, der die zielgerichtete Entwicklung von Ideen unterstützt. Er visualisiert verschiedene Anwendungsebenen von Industrie 4.0 und zeigt Entwicklungsrichtungen für eigene Produkte bzw. die eigene Produktion auf.

Der Fokus des Forschungsschwerpunktes Industrie 4.0 liegt auf einer intelligenten Vernetzung von Menschen und Produktionsmitteln. Dabei werden sowohl Prozesse in der Produktion optimiert (Leitanwender) als auch neue Produkte, Dienstleistungen und Geschäftsmodelle (Leitanbieter) entwickelt. Die Vernetzung ermöglicht die Realisierung von intelligenten Regelkreisen auf allen Ebenen: Prozess, Maschine und Produktionssystem. ■

### Fabriken und Netzwerke

- Echtzeitoptimierte, kundenindividuelle Produktionsnetzwerke
- Lean Production und Industrie 4.0
- Intelligente Produktionssteuerung

### Geschäftsmodelle

- Datengestützte Services (BigData)
- Kundenintegration in die Auftragsabwicklung
- Betreibermodelle

### Connectivity

- Plug and Work technischer Systeme
- Integration von Kommunikationsschnittstellen
- Intelligente Komponenten

### Devices und Systeme

- Online- und Sensordatenauswertung
- Condition Monitoring
- Funktionale Strukturierung



Thematische Übersicht des Forschungsschwerpunkts Industrie 4.0

Forschungsprojekt

## Intro 4.0 – Befähigungs- und Einführungsstrategien für Industrie 4.0

Das BMBF Forschungsprojekt „Intro 4.0“ entwickelt Befähigungs- und Einführungsstrategien, welche gezielt mittelständische Unternehmen adressieren. Diese stehen hierbei vor einer besonderen Herausforderung, da häufig nicht genug Ressourcen und Know-How vorhanden sind. Zudem bringt die Einführung neuer Technologien stets ein Investitionsrisiko mit sich. Dies wird u.a. durch einen Reifegrad-Ansatz mit unterschiedlichen Entwicklungsstufen berücksichtigt.

Das übergeordnete Ziel, Befähigungs- und Einführungsstrategien zu definieren, gliedert sich in drei Schwerpunkte, die betrachtet werden.

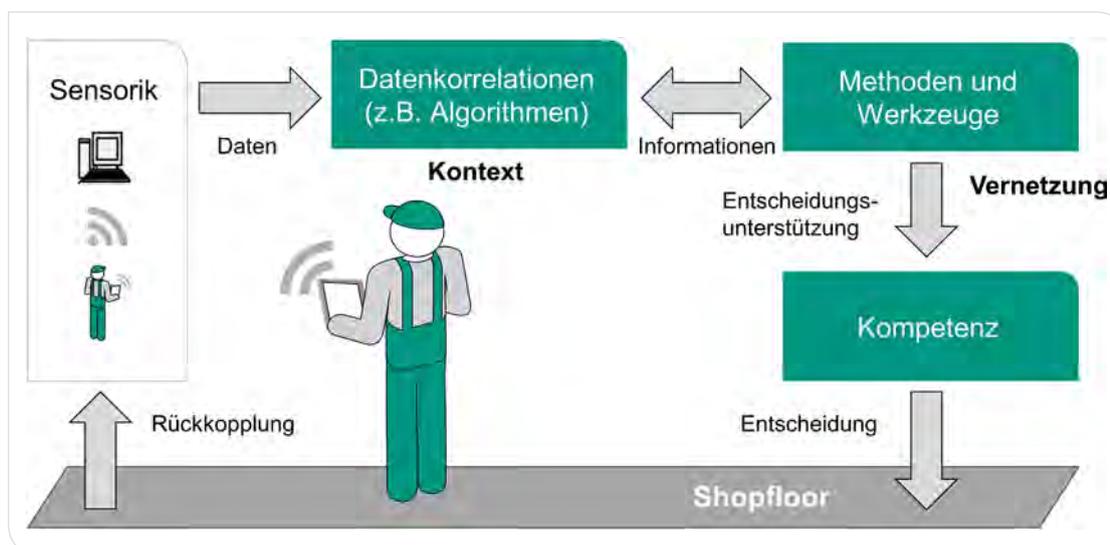
Zunächst wird ein Methodenbaukasten entwickelt, welcher sogenannte Industrie 4.0-Methoden zusammenfasst. Zu diesen gehören bspw. eine bedarfsgerechte Kanbansteuerung, die papierlose Fabrik, digitales Poka Yoke, die automatisierte Wertstromaufnahme oder auch echtzeitfähige Sankey-Diagramme zur Visualisierung des Materialflusses. An die Methodenentwicklung schließt sich ein Industrie 4.0-Reifegradmodell an. Zum einen wird dabei eine Methode zur Selbstbewertung bzw. Verortung entworfen, welche auf der Reifegradlogik beruht. Zum anderen ermöglicht dies eine kundenindividuelle und bedarfsgerechte Methodenauswahl und -implementierung. Im zweiten Schritt schließt eine Risiko- und Potentialabschätzung an. Diese bewertet die Einführung einer Industrie 4.0-Methode unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten. Zu den Risiken zählt z.B. das Investitionsrisiko, begründet durch die Einführung

einer neuen Technologie oder darüber hinaus die Implementierung eines digitalen Geschäftsmodells. Dem gegenüber stehen die Potentiale, welche sich durch eine Produktivitätssteigerung im Sinne einer effizienten Ressourcennutzung ergeben.

Der menschenzentrierte Regelkreis (siehe Abbildung) beschreibt das zugrundeliegende Vorgehen und stellt eine Rückkopplung sicher. Basierend auf einer Daten- und Informationsgrundlage werden Entscheidungen getroffen und diese werden wiederum auf dem Shopfloor umgesetzt. Dadurch wird eine nachweisbare Produktivitätssteigerung sichergestellt.

In Initialisierungsworshops mit den sechs beteiligten Anwendern verschiedener Industrien, von der Audiotechnik bis zur Halbleiterindustrie, konnten, basierend auf der Standortbestimmung, konkrete Industrie 4.0-Methoden mit hohem Potential identifiziert werden. Dazu zählt z. B. die Digitalisierung und Visualisierung von technischen Zeichnungen in der Fertigung, d.h. die papierlose Fertigung. Dies wird durch eine virtuelle Plantafel ergänzt, welche eine Kapazitätsübersicht ermöglicht.

Ferner wurde im Rahmen der Initialisierungsworshops das Vorhaben bekräftigt, die Mitarbeiterbindung in den Vordergrund zu setzen. Daraufhin wurde der Arbeitskreis „Industrie 4.0 – Mitarbeiter mitnehmen“ gegründet. Der Arbeitskreis beschäftigt sich mit dem Thema der Mitarbeiterintegration durch zielgerichtete Kompetenzentwicklung. ■



Menschenzentriertes Vorgehen im BMBF Projekt Intro 4.0.



Außenstelle des wbk in China

## Global Advanced Manufacturing Institute (GAMI)



**Ansprechpartner am wbk:**  
Stefan Ruhrmann  
(General Manager)

**Ansprechpartner ab 2017:**  
Tobias Arndt  
(General Manager)  
arndt.tobias@silu.asia  
Telefon: +86 152 62967398  
www.silu.asia

Die weltweite Kundennachfrage und der globale Wettbewerb veranlassen einen Großteil der Unternehmen zur Organisation in globalen Produktionsnetzwerken, um neben kürzeren Wegen zu Kunden auch die Kostenvorteile regionaler Märkte zu nutzen.

Die deutsch-chinesische Freundschaft führt u.a. dazu, dass vielfältige Kooperationen in China seit langen Jahren bestehen und die Produktion in China weiterhin ausgebaut wird. In diesem Zusammenhang unterstützt das GAMI mit Sitz im Suzhou Industrial Park deutsche Unternehmen und deren chinesische Lieferkette mit einem breiten Portfolio an Forschungs- und Industrieprojekten sowie Weiterbildungsprogrammen zu folgenden Themenschwerpunkten.

- Fabrikplanung
- Produktionssystemoptimierung und Layoutgestaltung
- Logistikoptimierung und Gestaltung der Materialbereitstellungsstrategien
- Lieferantenmanagement im Bereich QM, Lean Management
- Sourcing und Lokalisierung

Zur Optimierung der Produktionsprozesse entlang der gesamten Wertschöpfungskette bietet das GAMI seinen Kunden mit Programmen wie Productivity Plus (P+) erfolgsorientierte Ansätze zur Produktivitätssteigerung. Wertströme werden in interdisziplinären Teams mit den Experten vor Ort aufgenommen und optimierte Prozesse gestaltet.

Zur Identifizierung der Produkt- und Prozesskosten werden mit Hilfe von Kostenstrukturanalysen Einsparungspotentiale aufgezeigt, welche mit adäquaten Werkzeugen und Methoden bei den Unternehmen realisiert werden.

Die nachhaltige Realisierung der Umsetzung von effizienteren Prozessen und Methoden kann ledig-



Intelligente Montagelinie im Industrie 4.0 Demonstration and Innovation Center in Suzhou

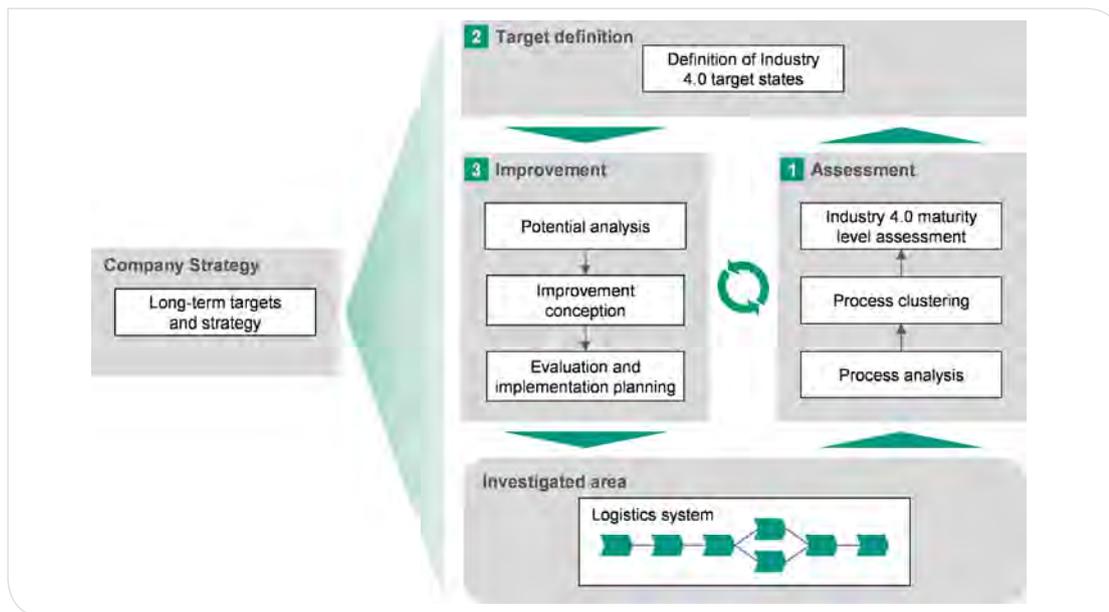
lich mit einem ausgefeilten Trainingskonzept aller hierarchischer Ebenen erreicht werden. GAMI bietet anwendungsnahe Trainings in den Bereichen Qualitätsmanagement, Produktionsmanagement und Supply Chain Management an.

### Industry 4.0 Demonstration and Innovation Center

Mit der Strategie „Made in China 2025“ strebt die Volksrepublik China die Automatisierung und Digitalisierung ihrer Industrie in Anlehnung an das deutsche Vorhaben „Industrie 4.0“ an. Welche länderspezifischen Faktoren Unternehmen dabei beachten müssen, wie Industrie 4.0 Lösungen vorteilhaft im Wertstrom einzusetzen sind und wie die Organisationen weiterentwickelt werden müssen, berücksichtigt das GAMI u.a. mit dem Industry 4.0 Demonstration and Innovation Center. In diesem Innovation Center sind flexible, intelligente Montagelinien aufgebaut, in der Maschinen und Werkstücke in Echtzeit Informationen austauschen können, während sie zeitgleich den Mitarbeiter über den Stand der Produktion informieren.

Die zunehmende Digitalisierung stellt den Menschen vor neue Aufgabenfelder und erfordert qualifiziertes Personal. Das GAMI bietet mit dem Innovation Center Industrie 4.0 ein Trainingsprogramm im Bereich Produktionsmanagement, Qualitätsmanagement und Supply Chain Management ergänzt um die Eigenschaften von Industrie 4.0 an. Dabei strebt das GAMI nachhaltige Partnerschaften mit Unternehmen an, um Fachkräfte und Führungskräfte professionell und praxisnah auszubilden.

Derzeit fehlt es noch an geeigneten Methoden und Ansätzen zur Unterstützung von Unternehmen bei der Einführung von intelligenten und vernetzten Systemen im Bereich der Intralogistik. Neben den Weiterbildungsmaßnahmen unterstützt das GAMI in Industrieprojekten Unternehmen bei der Gestaltung der Industrie 4.0 Vision sowie der operativen Implementierung von Industrie 4.0 relevanten Lösungen. Innerhalb einer Fabrik ist neben der Produktion auch die Intralogistik zu berücksichtigen. Die vom GAMI entwickelte reifegradbasierte Methode zur Analyse und Konzipierung von intelligenten Intralogistiklösungen im Kontext von Industrie 4.0 verknüpft die aktuelle Situation mit potentiellen Maßnahmen zur kontinuierlichen Verbesserung. Die Methodik umfasst fünf Phasen, umstrategische Unternehmensvorgaben zu berücksichtigen, den Untersuchungsbereich des Intralogistiksystems festzulegen, diesen mit der Reife-



Grundstruktur der reifegradbasierten Methodik

gradsystematik zu bewerten, einen Zielreifegrad zu erarbeiten, konkrete Umsetzungsmaßnahmen abzuleiten und den Umsetzungsplan zu erarbeiten.

### Lieferantenentwicklung in China

Die Gestaltung einer nachhaltigen Lieferantenbasis ist für deutsche Unternehmen ein wesentlicher Erfolgsfaktor, um Fabriken in China zu versorgen. Interne Compliance Verpflichtungen, gesellschaftliche Verantwortung und der Wunsch nach einer nachhaltigen und ressourcenschonenden Wertschöpfungskette sind für deutsche Unternehmen, neben Qualität, Kosten, Liefertreue und Service Kriterien bei der Auswahl von Wertschöpfungspartnern.

Im Projekt SUSTAIN werden in der dreijährigen Projektlaufzeit 21 chinesische Lieferanten von Würth und Siemens analysiert und durch Optimierungsprojekte im Bereich Corporate Social Responsibility, Qualitätsmanagement und Produktionsmanagement unterstützt. Durch zahlreiche Weiterbildungsmaßnahmen wird die gesamte Organisation der Lieferanten zielgerichtet geschult und motiviert.



Workshop zur Prozessoptimierung bei einem chinesischen Lieferanten



Prof. Dr.-Ing. Gisela Lanza und Stefan Ruhrmann mit den Studierenden in Suzhou

### Technical Seminar Week China

Das GAMI hat die HECTOR School, Technology Business School of the Karlsruhe Institute of Technology (KIT) bei der Durchführung der Technical Seminar Week China tatkräftig unterstützt. Während des Executive Master Programms sind die deutschen Studierenden nach China gereist, um vor Ort an den Vorlesungen zum Thema Qualitätsmanagement und Lieferantenmanagement – gelesen durch Prof. Dr.-Ing. Gisela Lanza und Stefan Ruhrmann – teilzunehmen.

Neben den Vorlesungen boten sich zahlreiche Möglichkeiten, um die chinesische Kultur kennenzulernen sowie deutsche und chinesische Unternehmen im Rahmen von Exkursionen zu besuchen.



**Global Advanced Manufacturing Institute (GAMI)**  
 Telefon: +86 152 62967398  
 arndt.tobias@silu.asia  
 www.silu.asia



Außenstelle des wbk in China

## Advanced Manufacturing Technology Center, Tongji-Universität, Shanghai China (amtc)



**Ansprechpartner am wbk:**  
Prof. Dr.-Ing. Jürgen Fleischer  
juergen.fleischer@kit.edu

**Ansprechpartner ab 2017:**  
Christopher Ehrmann  
(Gruppenleiter)  
Telefon: +86 182 21374597  
amtc@ceroot.net

### Chinesisch-deutsche-Kooperation

Seit 2012 existiert in Shanghai das amtc als gemeinsame Einrichtung des Chinesisch-Deutschen Hochschulkollegs (CDHK) und der School of Mechanical Engineering (SME) der Tongji Universität. Mit seiner modernen maschinellen Ausstattung und seinem Netzwerk von Partnerfirmen bietet es ein chinaweit einmaliges Umfeld für die Produktionstechnik.



AMTC Portfolio

### Ziele des amtc

- Lehre/Ausbildung
- Möglichkeit für Studenten/-innen der Produktionstechnik in China, ein anwendungsnahe Masterprogramm am KIT und anderen deutschen Hochschulen zu absolvieren.
- Fortlaufende Weiterbildung für in China arbeitende ausländische Ingenieure.
- Forschung

Angewandte Forschung im Feld der Produktionstechnik mit speziellem Fokus auf die Anforderungen des chinesischen Marktes.

Forschungs- und Entwicklungsprojekte mit in China operierenden Unternehmen

Auf Basis gemeinsamer Projekte gibt es ein berufsbegleitendes PhD-Programm für nicht-chinesische Arbeitnehmer internationaler Unternehmen mit Beschäftigung in China.

### Aktivitäten/Fachgebiete des amtc

Die Kernaktivität des amtc ist die Produktionstechnik, wobei der Fokus auf Produktionsprozessen, Werkzeugmaschinen, Robotik sowie der digitalisierten Automation von kompletten Prozessketten liegt.

### Doppelmaster Produktionstechnik

Zwischen dem Karlsruher Institut für Technologie und der Tongji Universität besteht ein Austauschprogramm für Masterstudenten/-innen mit der Möglichkeit eines doppelten Masterabschlusses.

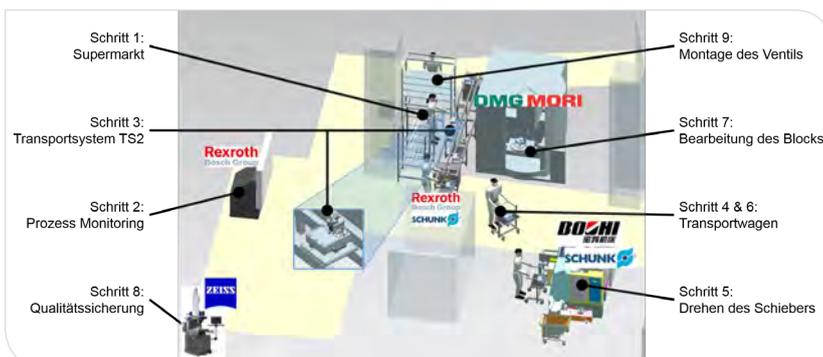
Der Lehrplan und die inhaltliche Abstimmung garantieren eine hohe Qualität der Ausbildung, welche den Anforderungen beider Universitäten gerecht wird. Des Weiteren bietet das Programm nicht nur eine hervorragende fachliche Ausbildung, sondern auch eine Möglichkeit des kulturellen Austausches und der Erlangung sprachlicher Kompetenzen..

### International Conference on Sustainable Manufacturing ICSM

Ende Oktober/Anfang November findet jedes Jahr am amtc eine Konferenz zur Thematik Industrie 4.0 und nachhaltige Produktion statt. Die Konferenz ist ein Gemeinschaftsprojekt des amtc, der Tongji Universität sowie Vogel Business Media, Peking. Das Ziel der Konferenz ist es, Industrie und Wissenschaft zu einem Austausch von Ideen zu einer nachhaltigen intelligenten Produktion zusammen zu bringen und die Möglichkeit der Kooperation in diesem wichtigen Bereich zu fördern.

### Projekt-Beispiel

Das amtc ist seit seiner Gründung ein Partner bei der Durchführung zahlreicher bilateraler Projekte für in China operierende Unternehmen. So wurde u.a. in Zusammenarbeit mit dem wbk und den Unternehmen Bosch Rexroth und SCHUNK ein Demozentrum für die flexible Fertigung von hydraulischen Ventilen mit Hilfe von Industrie 4.0 Technologien erfolgreich aufgebaut, mit dem Ziel, die Produktivität für kleine Losgrößen zu steigern. ■



I4.0 Demozentrum

Technologie- und Wissenstransfer

## Partnerschaften aus Forschung und Lehre

Die am Institut bearbeiteten Themenstellungen befinden sich in unterschiedlichen Reifephasen, die von der Erforschung der Grundlagen neuer Technologien über die anwendungsnahe Forschung und die Vorausbildung bis hin zum Technologietransfer in die Industrie reichen. In jeder dieser Phasen einer Technologieentwicklung sieht das wbk den stetigen Abgleich von Forschungserkenntnissen und Marktanforderungen potenzieller Anwender als treibende Kraft für erfolgreiche Technologien und Produkte. Infolgedessen bietet das wbk ein breites Spektrum von Dienstleistungen an, mit denen der Transfer zu den Industriepartnern und Studierenden optimal unterstützt wird.

### Partner im Bereich Studium & Lehre

Das erste komplette Ingenieurstudium in Deutschland für englischsprachige Studierende aus der ganzen Welt wurde mit der **Carl-Benz School of Mechanical Engineering** am KIT eingeführt. Mit Abschluss des Studiums erhält der Studierende einen Bachelor of Science (B.Sc.) in Mechanical Engineering. Die Carl-Benz School bietet durch ihr Mentorsystem und die enge Zusammenarbeit mit Kooperationspartnern der Industrie außerordentliche Leistungen an, die über die Standardausbildung deutscher Universitäten hinausgehen.



Auditorium der Hector-School im International Department

### Partner aus Industrie & Forschung

Die Möglichkeit der KIT- sowie universitätsübergreifenden Forschung wird im Rahmen von Verbundprojekten mit anderen Forschungseinrichtungen sowie mit Industriebeteiligung umgesetzt. Übergreifende Projekte ermöglichen einen langjährigen Erfahrungsaustausch und praxisnahe Forschung. Zudem arbeitet das Institut in Form von Beratungsprojekten eng mit Partnern aus der Industrie zusammen, um die in der Forschung entwickelten Anlagen, Methoden und Verfahren in die Praxis zu überführen. ■



Austausch mit Industriepartnern

Die **HECTOR School of Engineering and Management** bietet als Technology Business School des KIT maßgeschneiderte Weiterqualifizierungsprogramme zu aktuellen ingenieurwissenschaftlichen Themenstellungen an. Für die berufsbegleitende Weiterbildung werden sieben englischsprachige Master-Studiengänge für Ingenieure, Ökonomen und Informatiker angeboten. Es werden junge Fachkräfte und Manager bei der Entwicklung ihrer technischen Kompetenz, Managementfähigkeiten sowie zwischenmenschlichen Kenntnissen gefördert.



Dissertationen

# Strukturoptimierung von in FVK eingebetteten metallischen Lasteinleitungselementen



Dr.-Ing. Johannes Gebhardt  
johannes.gebhardt@kit.edu

Die Verbindung von Bauteilen aus faserverstärkten Kunststoffen (FVK) und Metall im Multi-Material-Design (MMD) stellt, abgesehen von dem hohen Leichtbaupotenzial, hohe Anforderungen an die notwendigen Bauteilverbindungen. Eine materialgerechte Verbindungstechnologie stellen die metallischen Lasteinleitungselemente („Inserts“) dar, die schon während dem Herstellungsprozess der FVK-Komponenten eingebettet werden. Es fehlt bisher noch an Ansätzen zur Steigerung der Belastbarkeit von Inserts. Ziel der Dissertation ist daher die Herleitung einer Methode zur simulativen Strukturoptimierung eingebetteter Inserts.

Zunächst werden Probekörper im „Resin Transfer Moulding“-Prozess (RTM) hergestellt. Untersuchungen zeigen, dass die Infiltration im verwendeten RTM-Prozess mit eingebetteten Inserts in guter Qualität möglich ist. Anhand einer FEM-Struktursimulation können lokale Spannungsspitzen als Ursache für das experimentell beobachtete Versagensverhalten identifiziert werden. Aus den Ergebnissen ergibt sich ein Ansatz zur Strukturoptimierung eingebetteter Inserts. Für die automatisierte Strukturoptimierung wird als Analysemodell ein parametrisiertes FE-Modell implementiert. Die Variabilität des Modells ermöglicht dabei vielfältige Einstellungen über vordefinierte Parameter des Skriptes vorzunehmen.

Für die Optimierung werden das Monte-Carlo-Verfahren und das gradientenbasierte Optimierungsverfahren verwendet. Zur einfachen Anwendbarkeit der Strukturoptimierung eignet sich eine grafische Benutzeroberfläche zur automatisierten Strukturoptimierung.

Aus den identifizierten Lösungen wird anschließend eine optimale Insert-Variante ausgewählt. Es hat sich herausgestellt, dass die Spannungsglättung – bei gleichem Gewicht der Inserts – zu einer Steigerung der Belastbarkeit von 62 % führt. In quasistatischen Festigkeitsuntersuchungen hat sich zudem eine niedrige Belastbarkeit eingebetteter Inserts unter Kopfbelastung als kritisch erwiesen. Es kann gezeigt werden, dass unter Kopfbelastung die Dicke der Fußplatte den größten Einfluss auf die Belastbarkeit und das Versagensverhalten eingebetteter Inserts besitzt.

Die hergeleitete Methode zur Strukturoptimierung von Inserts eignet sich sehr gut, um Insert-Elemente für unterschiedliche gegebene Anwendungsfälle zu optimieren. Dabei können sich aus der Anwendung ergebende Randbedingungen wie bspw. Dicke- und Materialeigenschaften des FVK-Bauteils berücksichtigt werden. Es kann also für beliebige Anwendungsfälle eine optimale Insert-Geometrie ermittelt werden. ■

	1 mm dicke Fußplatte ( $h_1 = 1 \text{ mm}$ )		2 mm dicke Fußplatte ( $h_1 = 2 \text{ mm}$ )	
	Laminat	Adhäsive Verbindung	Laminat	Adhäsive Verbindung
<b>Spannungsverteilung (FEM-Simulation)</b>	 Spannungsspitze um Gewindebuchse	 Spannungsspitzen im Rand und um Buchse	 Spannungsspitze im Randbereich	 Spannungsspitze im Randbereich
<b>Versagensverhalten (Experiment)</b>	 Faser-Zugversagen ausgehend von Buchse	 Ablösen der Fußplatte und Delamination	 Faser-Zugversagen im Randbereich	 Ablösen der Fußplatte und Delamination

Korrelation von Spannungsverteilung (FEM-Simulation) und Versagensverhalten (Experiment) eingebetteter Inserts.

Dissertationen

## Integrierte Messtechnik für Prozessketten unreifer Technologien am Beispiel der Batterieproduktion für Elektrofahrzeuge

Der Markterfolg der Elektromobilität, mit der bspw. hohe Schadstoffemissionen und die Abhängigkeit von Rohölreserven vermieden werden könnten, wird durch hohe Herstellungskosten des Antriebsstrangs und insbesondere der dafür notwendigen Batteriesysteme behindert. Mit Hilfe prozessintegrierter Messtechnik zur Qualitätssicherung können die Effizienz der dazugehörigen Produktionssysteme gesteigert und damit die Kosten reduziert werden.

Für die Batterieproduktion sind allerdings durch den Einsatz unreifer Technologien die entsprechenden Prüfmerkmale und dazugehörigen Messtechniken weitestgehend unbekannt oder es existieren für einzelne Prüfmerkmale, wie bspw. zur Detektion von qualitätskritischen Luftblasen in Kleberaupen, keine integrierbaren Messlösungen. Ebenso können vorhandene Methoden zur Auswahl geeigneter Messtechniken nicht direkt auf den konkreten Anwendungsfall übertragen werden.

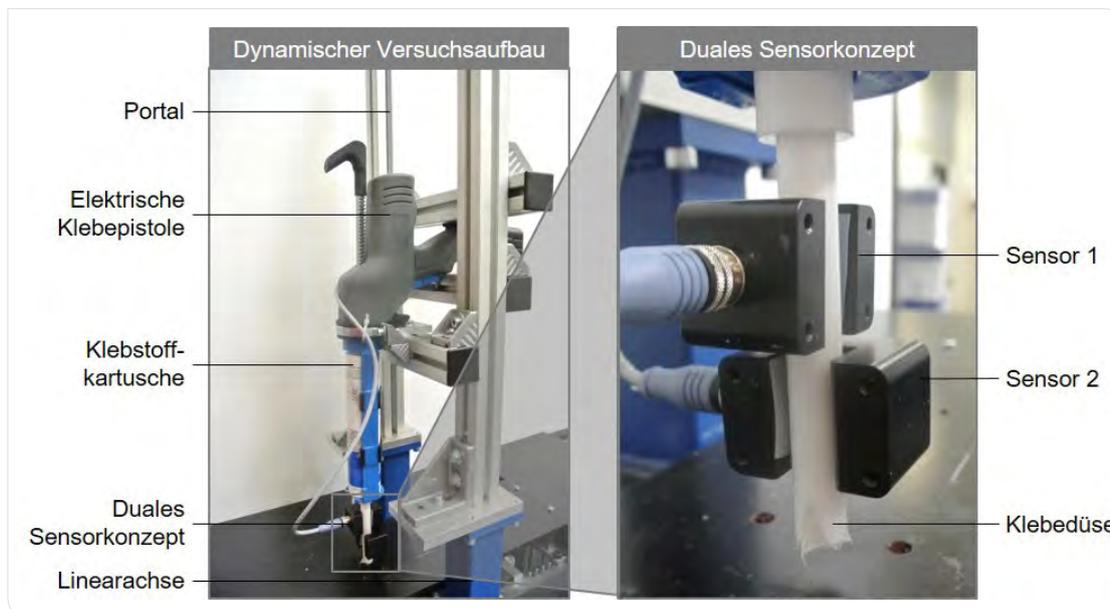
Um das aufgeführte Defizit zu beheben, wurden in der vorliegenden Arbeit existierende Produkt- und Prozessausprägungen der Batterieproduktion analysiert und daraus mögliche Prüfmerkmale extrahiert. Über eine entwickelte Auswahlmethodik können geeignete Messmittel aus einem umfassenden Messtechnikcatalog teilautomatisiert ausgewählt werden. Die Eignung von Messverfahren bei unsicheren Fähig-

keitsentscheidungen wurde beispielhaft anhand der Fluoreszenzspektroskopie zur Oberflächenbewertung von Zelleleitern demonstriert. Des Weiteren konnte zur Detektion der Luftblasen bei der Klebstoffapplikation ein ultraschallbasiertes Messkonzept entwickelt werden, mit dem parallel zur Prozessdurchführung Lufteingüsse detektiert werden können.

Abschließend konnte der Mehrwert der Integration von Messtechniken in Prozessketten der Batterieproduktion mit Hilfe einer ereignisdiskreten Materialflusssimulation belegt werden. Somit können die eingangs erwähnten Defizite der hohen Herstellungskosten von Elektrofahrzeugen über die Implementierung von Qualitätssicherungsmaßnahmen und die Reduktion von Ausschuss verringert werden. Zusätzlich ist die Übertragbarkeit auf andere Anwendungsfälle durch den strukturierten methodischen Aufbau der Vorgehensweise gegeben. Hierzu müssen jedoch einzelne Komponenten, wie bspw. die Charakterisierung der Prüfmerkmale und der möglichen Messmittel sowie die Definition der jeweiligen Rahmenbedingungen individuell detailliert und angepasst werden. ■



Dr.-Ing. Adrian Kölmel  
adrian.koelmel@kit.edu



Auswahlprozess technisch relevanter Messmittel



Dissertationen

## Featurebasierte Technologieplanung zum Preforming von textilen Halbzeugen



Dr.-Ing. Henning Wagner  
henning.wagner@kit.edu

Das Preforming stellt den wesentlichen Schlüsselprozess für eine wirtschaftliche Herstellung von hochbelasteten Faserverbund-Bauteilen in der Resin-Transfer-Moulding-Prozesskette dar. Zum Aufbau der Faserstruktur können die beiden Vorgehensweisen direktes oder sequenzielles Preforming angewendet werden. Beim Fokus auf das sequenzielle Preforming in der Binder-Umform-Technik stehen aus dem Stand der Technik und Forschung eine große Anzahl an technologischen Lösungen zur Verfügung. Mögliche Lösungen lassen sich in handhabungs-, rollen-, membran-, stempelbasierte und kinematische Systeme unterscheiden. Die eindeutige Auswahl dieser Lösungen war bisher jedoch nur eingeschränkt möglich.

Das Ziel der Dissertation wurde auf die Ableitung einer methodischen Technologieplanung zur Vereinfachung des Auswahlablaufs für Lösungsansätze zum Preforming von schalenförmigen Bauteilen gelegt. Der verfolgte Ansatz basiert auf einem Featureansatz, der die Zusammenhänge zwischen der Bauteilgeometrie, den Technologieinformationen und den Materialkennwerten aufnimmt und miteinander kombiniert. Die bestimmte Technologieplanung beschränkt sich auf die Drapierung und Fixierung der textilen Halbzeuge mit dem Fokus auf die Binder-Umform-Technik.

Für die Technologieplanung wurden zunächst die Features für Geometrie, Technologie und Material bestimmt, wobei der Ausgangspunkt die Ableitung der Geometriefeatures zur Klassifizierung der Bauteilgeometrie und die Festlegung der jeweiligen Gültigkeitsgrenzen war. Die identifizierten Geometriefeatures reichen von biplanaren bis konvex-konkaven Flächen. Aufbauend wurden unter Berücksichtigung des Stands der Forschung und Technik mögliche technologische Ansätze für die Binder-Umform-Technik in Technologiefeatures eingeordnet. Diese bestehen zur einfachen Gliederung aus Klassen sowohl für die Drapierung als auch für die Fixierung. Zusätzlich zu den Klassen wurden die möglichen Fertigungsrichtungen und Anforderungen hinsichtlich des Fertigungsablaufs definiert. Die erarbeiteten Informationen wurden ebenfalls in den Technologiefeatures abgelegt. Zuletzt wurden die Haupt-Materialfeatures ermittelt (z.B. Ermittlung des Zug-Scherverhaltens durch Picture-Frame-Test) und Charakterisierungsmerkmale zur weiteren Einteilung bestimmt.

Zur sicheren Anwendbarkeit der methodischen Technologieplanung wurden die einzelnen Schritte in ein MATLAB®-Technologieplanungstool implementiert. Ausgehend von einer Auswahl von Zielvorgaben, wie zum Beispiel Taktzeit oder Drapiertechnologie (diese schränken die Technologieauswahl ein), kann die Bauteilgeometrie als Punktwolke eingelesen und hinsichtlich der Binder-Umform-Technik ausgewertet werden.

In der abschließenden Validierung wurde eine Referenzgeometrie herangezogen und aufgezeigt, mit welchen Technologien dieses Bauteil optimal gefertigt werden kann. Dabei wurde eine kombinierte Lösung aus Stempel- und Membrandrapierung identifiziert. Die erreichten Ergebnisse konnten im Vergleich zu einer erfahrungsbasierten Lösung eine erhöhte Formtreue des Preforms nachweisen. ■



Featurebasierte Technologieplanung für das Preforming von Faserverbundbauteilen

Dissertationen

## Hochintegriertes hydraulisches Vorschubsystem für die Bearbeitung kleiner Werkstücke mit hohen Fertigungsanforderungen

Ein Trend, der in verschiedenen Branchen immer häufiger anzutreffen ist, ist die Miniaturisierung. Das Ziel der Miniaturisierung ist es, Werkstücke zu verkleinern und gleichzeitig eine steigende Anzahl an Funktionen zu integrieren. Hieraus ergibt sich eine höhere Funktionsdichte und eine höhere Werkstückkomplexität. Diese kleinen Werkstücke mit Genauigkeiten im  $\mu\text{m}$ -Bereich und Abmessungen im cm-Bereich werden jedoch auf Maschinen gefertigt, die um ein Vielfaches größer sind als das Bauteil selbst. Der Grund ist hierfür, dass die Maschinen für diese Bearbeitung von bekannten Maschinen aus dem Makrobereich abgeleitet sind, und aus getesteten und bekannten Komponenten (Modulen) aufgebaut sind. Da die Größe und Genauigkeit der Maschinen im Wesentlichen von den Vorschubsystemen abhängig ist, wird eine funktional hochintegrierte Maschinenkomponente benötigt, die Wirkprinzipien mit hoher Kraftdichte nutzt und aus miniaturisierten Einzelkomponenten besteht.

Ziel dieser Arbeit ist daher ein aktives kompaktes hochpräzises hydraulisches Vorschubsystem mit Fehlerkompensation für die Bearbeitung kleiner hochgenauer Werkstücke mit hohen Fertigungsanforderungen zu erarbeiten, das eine Kompensation der eigenen geometrischen Fehler ermöglicht und zusätzlich einen Stellbereich für die Kompensation geometrischer Fehler anderer Module bereitstellt.

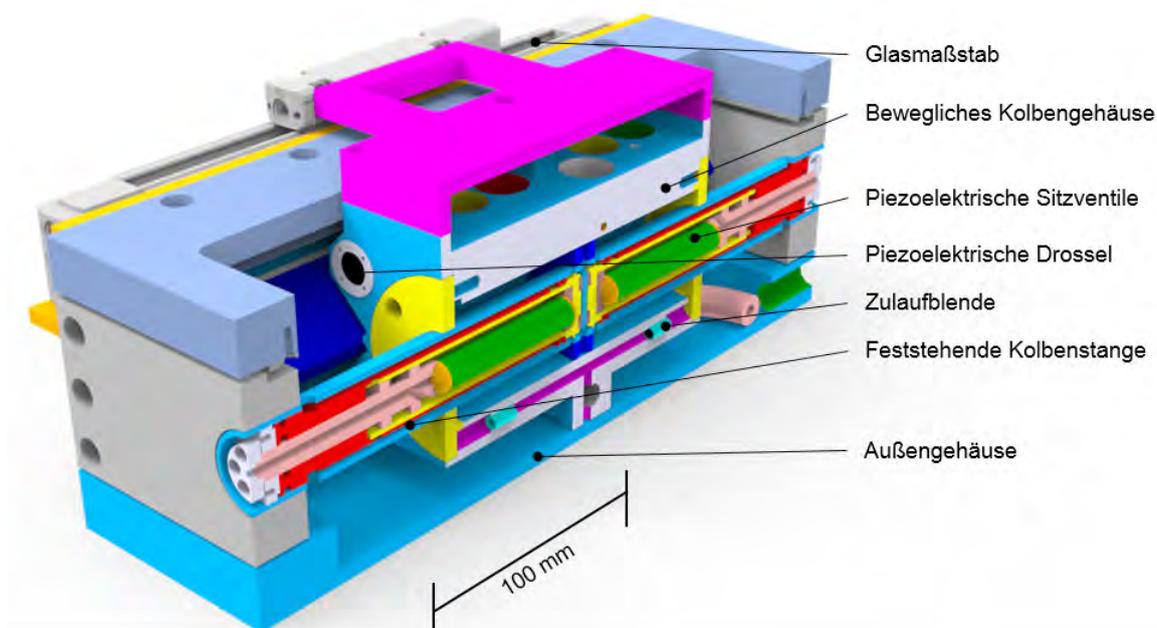
Das hydraulische Wirkmedium wird multifunktional neben der Führung auch zum Antrieb und zur Temperierung des Systems eingesetzt. Parallel dazu bietet es ein hohes Miniaturisierungspotenzial aufgrund der hohen Kraftdichte der Hydraulik.

Im Rahmen der Arbeit wurde – basierend auf einer Aufgliederung in einzelne Teilsysteme, deren Konzeption, Validierung und ganzheitlicher Integration – ein aktives hydraulisches Vorschubsystem für modulare, kleine Werkzeugmaschinen systematisch entwickelt. Dieses Vorschubsystem wurde anschließend prototypisch umgesetzt und charakterisiert, wodurch sich die Eigenschaften des aktiven hydraulischen Vorschubsystems ermitteln ließen.

Dieses neu konzipierte aktive hydraulische ermöglicht neben einer hohen Dämpfung eine Linearbewegung von 95 mm sowie zusätzlich auf Basis aktiver hydrostatischer Taschen eine Kompensation geometrischer Fehler. Zusätzlich stellt es einen Kompensationsbereich für Fehler anderer Module zur Verfügung. ■



Dr.-Ing. Jörg Bauer  
joerg.bauer@kit.edu





Dissertationen

## Robustheit verketteter Produktionssysteme Robustheitsevaluation und Selektion des Kennzahlen- systems der Robustheit



Dr.-Ing. Nicole Stricker  
nicole.stricker@kit.edu

In der heutigen global vernetzten Produktion mit kürzeren Produktlebenszyklen und schwankenden Kundenwünschen, muss die Produktion sich beständig auf Veränderungen anpassen und trotz Störungen, wie z. B. verspäteter Zulieferteile, immer eine hohe Leistung erzielen. Gerade bei stark verketteten Systemen pflanzen sich Störungen schnell im System fort und es kommt zu längeren Ausfällen und damit zu deutlichen Leistungseinbußen. Wären die Produktionssysteme robuster, könnten sie trotz Störungen eine stabile und hohe Leistung beibehalten.

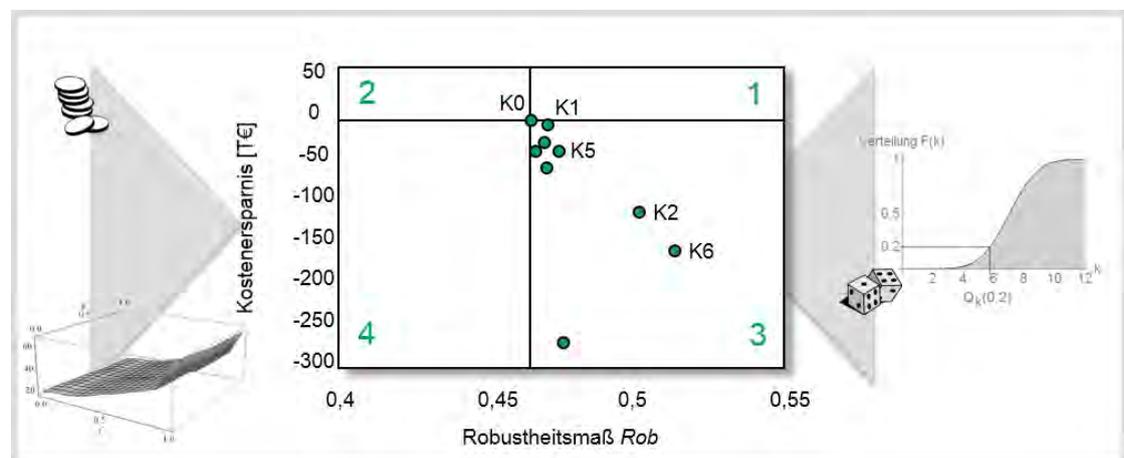
Für eine höhere Robustheit müssen zum einen Verbesserungsmaßnahmen identifiziert und evaluiert werden, die zum jeweiligen Produktionssystem passen. Zum anderen muss festgelegt werden in welchen Leistungsdimensionen das Produktionssystem robust sein soll.

Im Produktionsbereich existieren derzeit über 150 Kennzahlen, die zur Beschreibung der Leistung eines Produktionssystems genutzt werden können. Aufgrund der Vielzahl an Kennzahlen, ist eine Beurteilung der Leistung des Produktionssystems oftmals sehr schwer. Daher ist eine Kennzahlenauswahl erforderlich. Werden jedoch die falschen Kennzahlen ausgewählt, kann es sein, dass nur einzelne Leistungsdimensionen des Produktionssystems betrachtet werden und diese auf Kosten anderer Dimensionen verbessert werden. Die Anzahl der Kennzahlen und deren vielfältige Zusammenhänge erschweren die Auswahl eines Kennzahlensystems, das gesichert alle Leistungsdimensionen abdeckt.

Die vorliegende Arbeit erstellt ein Optimierungsmodell zur objektiven Kennzahlenauswahl. Neben der umfassenden Betrachtung, stellt das Optimierungsproblem weitere Anforderungen an das Kennzahlensystem. Die gewählten Kennzahlen müssen dazu in der Lage sein jedes Problem im Produktionssystem gesichert anzuzeigen. Es kann damit kein Problem im System bestehen, ohne dass dies sofort erkannt wird. Zudem soll das Kennzahlensystem bei einem Problem die Identifikation der möglichen Problemursache unterstützen. Durch diese Anforderungen kann die Reaktionszeit auf bestehende Probleme unter Umständen dezimiert werden, was die Robustheit zusätzlich erhöht.

Das so erstellte Optimierungsmodell kann für jedes verkettete Produktionssystem ein optimales Kennzahlensystem ermitteln. Dieses bildet die Basis zur Erstellung eines quantitativen Robustheitsmaßes.

Aus dem Robustheitsmaß leiten sich verschiedene Verbesserungsmaßnahmen ab. Die Robustheit dieser Maßnahmen wird untersucht und um eine parallele Kostenabschätzung ergänzt. Es ergibt sich eine transparente Gegenüberstellung der Robustheit und der Kostenersparnis der verschiedenen Maßnahmen. Die transparente Gegenüberstellung zeigt auf, ob die betrachteten Verbesserungsmaßnahmen gleichzeitig die Robustheit verbessern und Kosten einsparen, bzw. zu welchem Preis eine Robustheitsverbesserung möglich ist. ■



Dissertationen

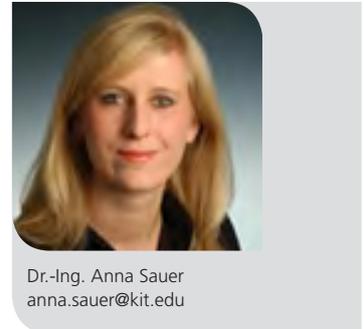
## Konfiguration von Montagelinien unreifer Produkttechnologien

Die Elektromobilität bietet eine vielversprechende Alternative zu konventionellen Antrieben, ist jedoch bisher nicht in der Gesellschaft etabliert. Zu geringe Reichweiten der Elektrofahrzeuge und die zu hohen Kosten der Batterie erschweren den Durchbruch der Elektromobilität. Die Batterie bildet aufgrund ihres hohen Kostenanteils von ca. 40 Prozent der Herstellkosten am Elektrofahrzeug den Grundstein für den Erfolg des Elektroautos. Daher ist es das Ziel, die Produktionskosten der Batterien durch den Einsatz geeigneter Produktionstechnik zu verringern und durch eine veränderungsfähige Batterieproduktion auf ungewisse Stückzahlen und sich ändernde Produkte schnell und kostengünstig reagieren zu können. Die ungewisse Marktentwicklung, die große Produktvielfalt sowie die unreife Lithium-Ionen-Technologie an sich stellen besondere Herausforderungen der Elektromobilität dar. Insbesondere der Produktionsbereich Montage ist als letztes Glied der Wertschöpfungskette den direkten Auswirkungen dieser externen Turbulenzen ausgesetzt. Zudem hängt die Lebensdauer der Batteriesysteme von deren Fertigungsqualität ab. Daher ist ein qualitätsorientierter Planungsansatz für eine veränderungsfähige Batteriemontage erforderlich.

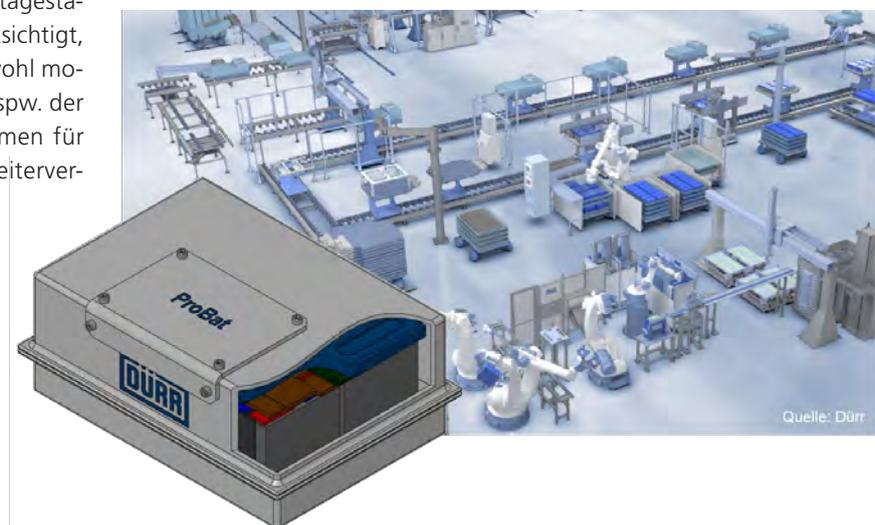
Hierfür wurde eine Methode entwickelt, um den Produktentwickler oder Anlagen-/Produktionssystem-/Montageplaner hinsichtlich der Konfiguration einer qualitätsorientierten multi-use Batteriemontage zu unterstützen. Die Methode ermöglicht einen ganzheitlichen Blick auf die Konfigurationsmöglichkeit einer Montage eines zuvor definierten Produkts, hier der Batterie, sowie deren Bewertung. Die Bewertung, die die Ebenen der einzelnen Montagestation sowie die gesamte Montagelinie berücksichtigt, integriert die Betrachtung der OEE und sowohl monetärer als auch qualitativer Aspekte, wie bspw. der Wandlungsfähigkeit von Produktionssystemen für unreife Produkttechnologien sowie die Weiterver-

wendbarkeit einzelner Betriebsmittel. Die Konfiguration erlaubt aufgrund kombinatorischer Abfragen eine Zusammensetzung modularer Montagestationen, die daraufhin aufgrund ihrer Einzelbewertungen als Input der anschließenden Simulation dienen. In der Simulation, die ohne Softwarekenntnisse automatisiert implementiert wird, können verschiedene Qualitätssicherungsstrategien integriert werden, um bereits in der Planungsphase abschätzen zu können, welche Prüfmittel nach welcher Montagestation mit welcher Prüfhäufigkeit eingesetzt werden müssen, um die gewünschten Zielgrößen zu erreichen.

Die Methode wurde prototypisch implementiert und validiert. Mögliche Anwendungsbereiche der Methode finden sich in der Produktentwicklung, um frühzeitig eine Art der Machbarkeit des Produkts zu testen oder in der Anlagen- und Montageplanung, um eine erste Konfiguration der Batteriemontage aufwandsarm zu generieren und deren Ausbringung, Qualitätsrate sowie deren Wandlungsfähigkeit und Wiederverwendbarkeit zu ermitteln. Die Methode kann ebenfalls auf andere Produkttechnologien adaptiert werden, indem die Produktionsmittel modularisiert, die Schnittstellendefinition zwischen Produkt- und Produktionsmittel neu definiert und die Wissensdatenbanken entsprechend gefüllt werden. Zudem ist, basierend auf dem Detaillierungsgrad der Wissensdatenbank, eine Weiterentwicklung des Konfigurators sowie dessen Einsatz in der späteren Feinplanung eines Produktionssystems möglich. ■



Dr.-Ing. Anna Sauer  
anna.sauer@kit.edu



Quelle: Dürr

Konfiguration einer qualitätsorientierten multi-use Batteriemontage



Dissertationen

## Prozessmodell für das Linearwickeln unrunder Zahnspulen



Dr.-Ing. Florian Sell-Le Blanc  
florian.sell-leblanc@kit.edu

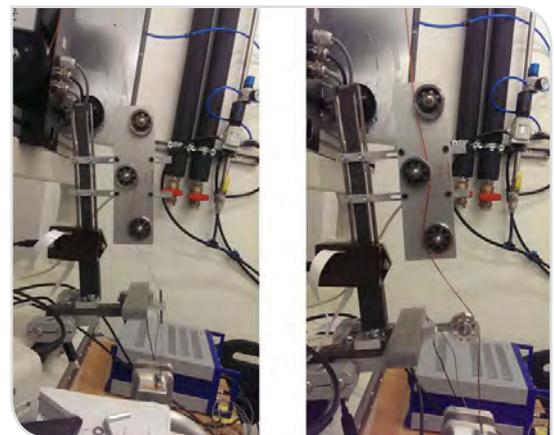
Die zunehmende Elektrifizierung vieler Geräte im Alltag führt zu einem erhöhten Bedarf an Elektromotoren. Um die vom Gesetzgeber vorgegebenen Klima- und Umweltziele zu erreichen müssen diese immer effizienter werden.

Als ein besonders montagefreundliches Motorendesign hat sich die konzentrierte Wicklung von Einzelzähnen für die Verwendung in bspw. bürstenlosen Gleichstrommotoren etabliert. Die Effizienz des Motors hängt dabei in hohem Maße von der Auslegung und den Fertigungseigenschaften der Erregerwicklung des Stators ab. Eine eingehende Untersuchung der Produktionstechnik für Zahnspulen hat jedoch noch nicht stattgefunden.

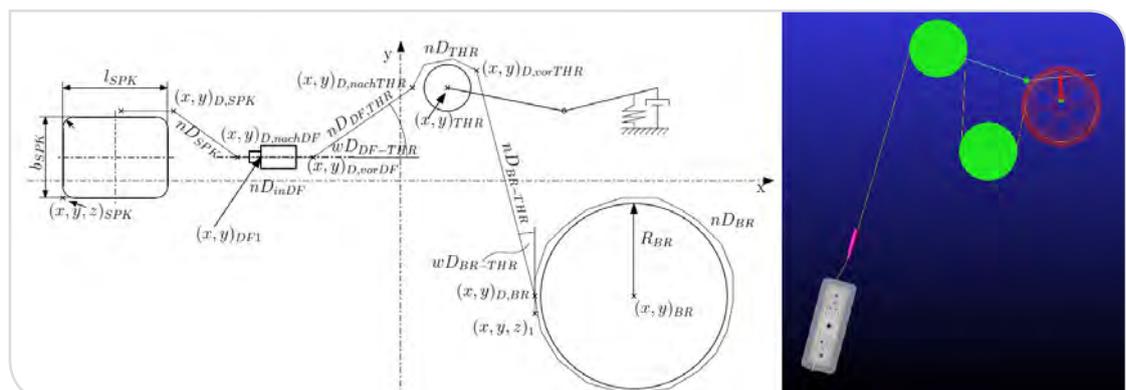
Die Spulenwickeltechnik ist ein interdisziplinäres Feld in dem Aspekte der Umformtechnik, des Maschinenbaus und der Elektrotechnik zusammenkommen. Im Rahmen dieser Arbeit wurde auf der Basis von Messungen, Simulationen und analytischen Betrachtungen ein Prozessmodell für das Linearwickeln von Zahnspulen entwickelt. Als zentraler Ansatz zur Beschreibung nicht messbarer Größen wurde eine Mehrkörpersimulation erarbeitet, die das Umformverhalten des Drahtes beschreiben kann. Neben der Messung von Prozessparametern konnte so der Zusammenhang zwischen einstellbaren Parametern der Produktionsmaschine und den resultierenden Produktparametern der Spule untersucht werden.

Für den zentralen Prozessparameter der Wickeltechnik, dem Drahtzug, wurde ein analytisches Modell hergeleitet und durch Messungen parametrisiert.

Auf Basis dieser Modellaspekte und einer Analyse der bestehenden Drahtbremsprinzipien wurden schließlich alternative Ansätze zur Drahtzugreglung abgeleitet, aufgebaut und validiert. Den Kern der neuen Prozessregelstrategien bildet ein neuer Ansatz mittels Piezo-Technik. ■



Piezo-Drahtzugregelsystem mit Rollen- bzw. Röhrendrahtführer



Struktur des Linearwickelmodells für Einzelzahnspulen

Dissertationen

## Geregeltes Handhabungssystem zum zuverlässigen und energieeffizienten Handling textiler Kohlenstoff-faserzuschnitte

Die serienmäßige Herstellung endloskohlenstofffaserverstärkter Kunststoffe (ECFK) ist zum aktuellen Zeitpunkt mit einem erheblichen Aufwand verbunden. Eine der Hauptursachen liegt in der automatisierten Handhabung der als Ausgangsmaterial verwendeten luftdurchlässigen und biegeschlaffen Textilduschnitte. Darüber hinaus gehen mit diesen, den Handhabungsprozess negativ beeinflussenden Eigenschaften, sehr hohe Schwankungen einher, die sich zusätzlich negativ auf die Prozesssicherheit einer automatisierten Handhabung auswirken. Angesichts dessen erfolgen sowohl die Bereitstellung als auch der Transport textiler Kohlenstofffaserschnitte zum heutigen Zeitpunkt vorwiegend manuell.

Vor diesem Hintergrund wurde im Rahmen der Arbeit ein Handhabungssystem auf Basis von Niederdruckflächensaugern nach dem Coanda-Effekt entwickelt, das mit einem hohen Grad an Intelligenz und fortschrittlicher Sensortechnik zur Prozessführung ausgerüstet ist, um die bestehenden Defizite zu kompensieren und Zusatzfunktionen zu integrieren. Ausgehend von einer Analyse der Problemursachen für die schlechte Energieeffizienz und die mangelhafte Zuverlässigkeit bei Vereinzelungs- und Transportoperationen wurden Handhabungsstrategien zur Kompensation der Defizite und zur

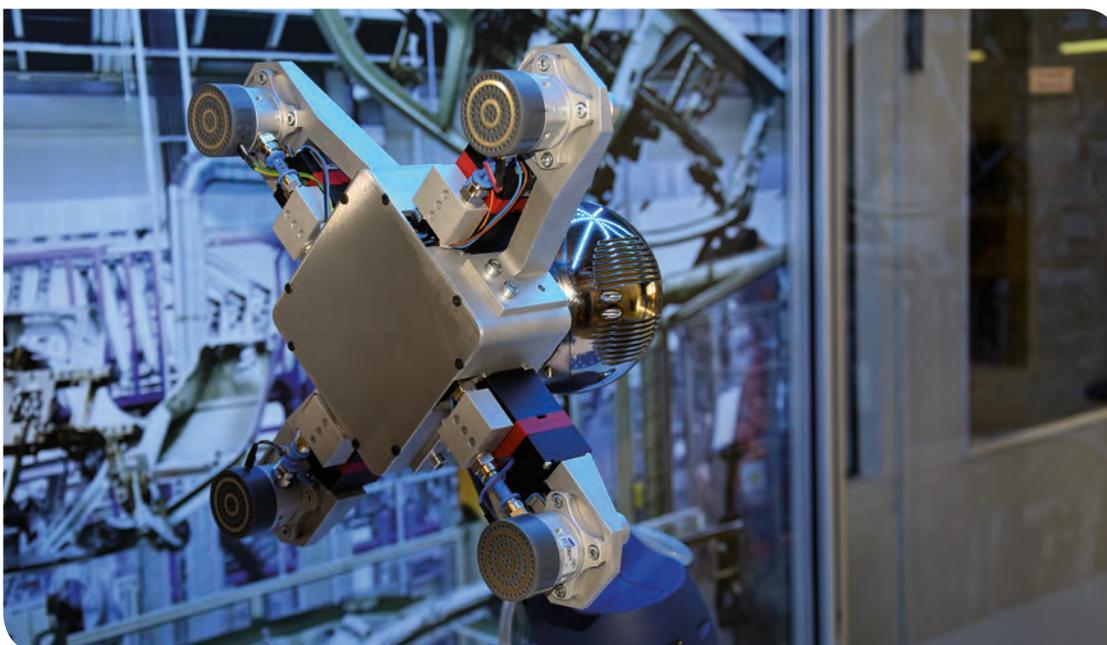
vollumfänglichen Prozessüberwachung abgeleitet. Die entwickelten Handhabungsstrategien basieren hierbei alle auf der Überwachung bzw. Regelung der Anpresskraft, die zwischen der Greifersaugfläche und dem angesaugten Textilduschnitt wirkt.

Auf dieser Basis aufbauend werden so genannte Handhabungsstrategien abgeleitet, durch welche sich die mit dem Greifprinzip einhergehende schlechte Energieeffizienz und die unzureichende Zuverlässigkeit steigern lassen. Ein besonderes Augenmerk liegt hierbei auf der Entwicklung einer Handhabungsstrategie zur zuverlässigen Vereinzelung textiler Zuschnitte vom Zuschnittstapel.

Der dargelegte Lösungsansatz wurde in ein prototypisches Handhabungssystem überführt, im Rahmen von Endlosversuchen umfangreich validiert und die Ergebnisse dem aktuellen Stand der Technik gegenübergestellt. Mit dem entwickelten Handhabungssystem, verbunden mit den entwickelten Handhabungsstrategien und dem abgeleiteten Messfühler, steht nun eine Handhabungslösung zur Verfügung, mit der sich die Handhabungsoperationen trockener biegeschlaffer und luftdurchlässiger Kohlenstofffaserschnitte im Rahmen einer automatisierten RTM-Prozesskette anforderungsgerecht umsetzen lassen. ■



Dr.-Ing. Frederic Förster  
frederic.foerster@kit.edu





## Veröffentlichungen

### Bücher

Lanza, G. & Arndt, T.:

**Leitfaden zur Gestaltung von Qualitätssicherungsstrategien in globalen Wertschöpfungsnetzwerken**

FQS - Forschungsgemeinschaft Qualität e.V., Frankfurt am Main. ISBN/ISSN: 978-3-940991-19-5

Hagedorn, J.; Sell-Le Blanc, F. & Fleischer, J.:

**Handbuch der Wickeltechnik für hocheffiziente Spulen und Motoren**

Springer Vieweg, Berlin Heidelberg, ISBN/ISSN: 978-3-662-49209-3

### Dissertationen

Kölmel, A.:

**Integrierte Messtechnik für Prozessketten unreifer Technologien am Beispiel der Batterieproduktion für Elektrofahrzeuge**

in: Shaker Verlag, Aachen, Reihe wbk 190, 2016

Wagner, H.:

**Featurebasierte Technologieplanung zum Preforming von textilen Halbzeugen**

in: Shaker Verlag, Aachen, Reihe wbk 191, 2016

Gebhardt, J.:

**Strukturoptimierung von in FVK eingebetteten metallischen Lasteinleitungselementen**

in: Shaker Verlag, Aachen, Reihe wbk 192, 2016

Bauer, J.:

**Hochintegriertes hydraulisches Vorschubsystem für die Bearbeitung kleiner Werkstücke mit hohen Fertigungsanforderungen**

in: Shaker Verlag, Aachen, Reihe wbk 193, 2016

Stricker, N.:

**Robustheit verketteter Produktionssysteme – Robustheitsevaluation und Selektion des Kennzahlensystems der Robustheit**

in: Shaker Verlag, Aachen, Reihe wbk 194, 2016

Sauer, A.:

**Konfiguration von Montagelinien unreifer Produkttechnologien – Entscheidungsunterstützung zur Konfiguration einer qualitätsorientierten multiuse**

in: Shaker Verlag, Aachen, Reihe wbk 195, 2016

Sell-Le Blanc, F.:

**Prozessmodell für das Linearwickeln unrunder Zahnspulen**

in: Shaker Verlag, Aachen, Reihe wbk 196, 2016

### Konferenzbeiträge

Gerstenmeyer, M.; Zanger, F. & Schulze, V.:

**Complementary Machining – Machining Strategy for Surface Modification**

Conference on Surface Integrity, 08.06.2016, Charlotte, North Carolina, USA, Procedia CIRP 45, Hrsg. Elsevier, S. 247-250

Arndt, T.; Lemmerer, C.; Sihm, W. & Lanza, G.:

**Target system based design of quality control strategies in global production networks**

CIRP Design , 15.07.2016-17.07.2016, Stockholm, Schweden, Procedia CIRP (50C), Hrsg. Elsevier, S. 331-336

Bürgin, J.; Blättchen, P.; Qu, C. & Lanza, G.:

**Assignment of Customer-Specific Orders to Plants with Mixed-Model Assembly Lines in Global Production Networks**

26th CIRP Design Conference, 15.06.2016, Stockholm, Schweden, Creative Design of Products and Production Systems , Hrsg. Procedia CIRP 50, S. 330-335

Belkadi, F.; Bürgin, J.; Gupta, R. K.; Zhang, Y.; Bernard, A.; Lanza, G.; Colledani, M. & Urgo, M.:

**Co-Definition of Product Structure and Production Network for Frugal Innovation Perspectives: Towards a Modular-based Approach**

26th CIRP Design Conference, 15.06.2016, Stockholm, Schweden, Creative Design of Products and Production Systems , Hrsg. Procedia CIRP 50, S. 589-594

Fleischer, J.; Koch, S. & Ruhland, P.:

**Rotational Molding of Fiber Reinforced Plastics with Elastic Composite Core**

CIRP COMA 2016 „International Conference on Competitive Manufacturing“, 27.1.2016-29.1.2016, Stellenbosch, Südafrika, Resource Efficiency for Global Competitiveness, Hrsg. Dimitrov, D. & Oosthuizen, T., S. 181-186

Hochdörffer, J.; Berndt, C. V. & Lanza, G.:

**Resource-Based Reconfiguration of Manufacturing Networks Using a Product-to-Plant Allocation Methodology**

CIRP International Conference on Competitive Manufacturing - Resource Efficiency for Global Competitiveness, 27.01.2016-29.01.2016, Stellenbosch, Südafrika, Proceedings of the 6th International Conference on Competitive Manufacturing, Hrsg. University of Stellenbosch, S. 511-516

Ehrmann, C.; Isabay, P. & Fleischer, J.:

**Condition Monitoring of Rack and Pinion Drive Systems: Necessity and Challenges in Production Environments**

13th Global Conference on Sustainable Manufacturing – Decoupling Growth from Resource Use, 16.09.2015, Ho Chi Minh City, Vietnam, Procedia CIRP, Hrsg. Seliger, G.; Kohl, H. & Mallon, J., S. 197-201

Kopf, R.; Schlesinger, L.; Peters, S. & Lanza, G.:

**Adjusting the factory planning process when using immature technologies**

48th CIRP Conference on Manufacturing Systems, 24.06.2015-26.06.2015, Ischia (Naples), Italy, Proceedings of the 48th CIRP Conference on Manufacturing Systems, Hrsg. Teti, R., S. 1011-1016

Arndt, T. & Lanza, G.:

**Planning Support for the Design of Quality Control Strategies in Global Production Networks“. 48th CIRP Conference on MANUFACTURING SYSTEMS**

CIRP CMS 2015, 24.06.2015-26.06.2015, Ischia, Italy, Procedia CIRP, Hrsg. Elsevier, S. 675-680

*Krämer, A.; Batra, A. & Lanza, G.:*

**Development of test bodies for deployment in industrial Computed Tomography**

Conference on Industrial Computed Tomography (ICT) 2016, 09.02.2016, Wels, Österreich, Proceedings of the 6th Conference on Industrial Computed Tomography (iCT) 2016, Hrsg. NDT.net, S. 1-8

*Lanza, G. & Krämer, A.:*

**Supporting the user in dimensional computed tomography by projection based optimization of scan parameters**

CIRP General Assembly, 18.02.2016, Paris, Frankreich, Technical Presentation, Hrsg. CIRP General Assembly - STC P, S. 1-16

*Fleischer, J.; Ballier, F. & Dietrich, M.:*

**Joining Parameters and Handling System for Automated Subpreform Assembly**

MHI Fachkolloquium 2016, 23.02.2016, Hamburg, Deutschland, Robotics and Automated Production Lines, Hrsg. Thorsten Schüppstuhl, J. F., S. 66-73

*Moser, E.; Stricker, N.; Liebrecht, C.; Hiller, A.; Ziegler, M. & Lanza, G.:*

**Migration Planning for Global Production Networks using Markovian Decision Processes**

IFAC Conference on Manufacturing Modelling, Management and Control MIM 2016, 28.06.2016, Troyes, France, IFAC-PapersOnLine, Hrsg. International Federation of Automatic Control, S. 35-40

*Spohrer, A. & Fleischer, J.:*

**Lebensdauererhöhung von Kugelgewindetrrieben durch Adaptive Schmierung**

GETLUB Tribologie- und Schmierstoffkongress 2016, 9.3.2016-10.3.2016, Würzburg, Deutschland, Tagungsband zum GETLUB Tribologie- und Schmierstoffkongress 2016, Hrsg. Forschungsvereinigung Antriebstechnik e.V., S. 406-415

*Bauer, J.; Klee, B. & Fleischer, J.:*

**Toolbox Industrie 4.0 für kleine und mittelständische Unternehmen**

Fertigungstechnisches Kolloquium Magdeburg, 09.03.2016-10.03.2016, Magdeburg, Deutschland, „KMU 4.0“ Intelligente Fertigungstechnologie für kleine und mittelständische Unternehmen, Hrsg. Möhring, H., Karpuschewski, B. & Bähr, R., S. 3

*Gauchel, W. & Haag, S.:*

**Servopneumatic Clamping System for the Assembly of Battery Cells in the Area of Electromobility**

10. Internationales Fluidtechnisches Kolloquium, 08.03.2016-10.03.2016, Dresden, Deutschland, 10th International Fluid Power Conference (10.IFK), Hrsg. International Fluid Power Conference, S. 137-148

*Stricker, N.; Moser, E. & Lanza, G.:*

**The concept of Robustness in Production Systems**

The International Conference on Interoperability for Enterprise Systems and Applications, 29.06.2016, Guimaraes, Portugal, Enterprise Interoperability, Hrsg. I-ESA, S. 01-01

*Fleischer, J. & Baumeister, M.:*

**Funktionsintegriertes Maschinenkonzept für die Einzelblatt-Stapelbildung von Lithium-Ionen-Zellen**

Batterieforum Deutschland, 06.08.2016-08.04.2016, Berlin, Deutschland (DEU), Batterieforum Deutschland - Posterabstracts und Projektvorstellungen, Hrsg. Krausa, M.

*Bollig, P.; Köhler, D.; Zanger, F. & Schulze, V.:*

**Effects of different levels of abstraction simulating heat sources in FEM considering drilling**

7th HPC 2016 – CIRP Conference on High Performance Cutting, 31.05.2016, Chemnitz, Deutschland, Procedia CIRP, Hrsg. Elsevier, S. 115-118

*Krämer, A. & Lanza, G.:*

**Assessment of the measurement procedure for dimensional metrology with X-ray computed tomography**

14th CIRP CAT 2016 - CIRP Conference on Computer Aided Tolerancing, 19.05.2016, Götheburg, Schweden, Procedia CIRP, Hrsg. Elsevier, S. 1-6

*Krämer, A.; Böhmler, P. & Lanza, G.:*

**Optimierung von Aufnahmeparametern mittels projektionsbasierter Qualitätskenngrößen in der industriellen Computertomographie**

18. GMA/ITG-Fachtagung Sensoren und Messsysteme, 10.05.2016-11.05.2016, Nürnberg, Deutschland, Tagungsband der 18. GMA/ITG-Fachtagung Sensoren und Messsysteme, Hrsg. AMA Verband für Sensorik und Messtechnik e.V., S. 1-8

*Greinacher, S.; Moser, E.; Freier, J.; Müller, J. & Lanza, G.:*

**Simulation-based methodology for the application of lean and green strategies depending on external change driver influence**

23rd CIRP Conference on Life Cycle Engineering, 22.05.2016-24.05.2016, Berlin, Deutschland, -, Hrsg. Seliger, G. & Krüger, J., S. 242-247

*Fleischer, J.; Schulze, V.; Klaiiber, M.; Bauer, J.; Zanger, F.; Boev, N.; Leberle, U.; Spohrer, A. & Rothaupt, B.:*

**The influence of tool holder technologies on milling performance**

7th HPC 2016 – CIRP Conference on High Performance Cutting, 31.05.2016-02.06.2016, Chemnitz, Deutschland, Procedia CIRP 46 (2016), Hrsg. ELSEVIER, S. 226-229

*Segebade, E.; Zanger, F. & Schulze, V.:*

**Influence of Different Asymmetrical Cutting Edge Microgeometries on Surface Integrity**

CIRP Conference on Surface Integrity, 08.06.2016, Charlotte, North Carolina, USA, Procedia CIRP 45, Hrsg. Elsevier, S. 11-14

*Lemmaer, C.; Schieder, P.; Biegler, C.; Arndt, T.; Lanza, G. & Sihn, W.:*

**Amplification of Supply Chain Performance Measurement Systems by Sustainability Key Performance Indicators**

Management of Technology – Step to Sustainable Production (MOTSP 2016), 01.06.2016-03.06.2016, Porec, Croatia, Proceedings of the 8th International Scientific Conference: Management of Technology – Step to Sustainable Production (MOTSP 2016), Hrsg. Croatian Association for PLM, S. 182-189

*Krämer, A. & Lanza, G.:*

**Methodology for the evaluation of CT image quality in dimensional metrology**

19th World Conference on Non-Destructive Testing, 13.6.2016-17.6.2016, München, Deutschland, Proceedings of the 19th World Conference on Non-Destructive Testing, Hrsg. DGZFP, S. 1-7

*Becker, J.; Kadar, B.; Colledani, M.; Stricker, N.; Urgo, M.; Unglert, J.; Gyulai, D. & Moser, E.:*

**The RobustPlaNet Project: Towards Shock-Robust Design Of Plants And Their Supply Chain Networks**

IFAC Conference on Manufacturing Modelling, Management and Control MIM 2016, 28.06.2016, Troyes, France, IFAC-PapersOnLine, Hrsg. International Federation of Automatic Control, S. 29-34

*Fleischer, J. & Wagner, H.:*

**Methodical identification of preforming technologies within the RTM process chain**

CIRP ICME ,16, 20.07.2016-22.07.2016, Ischia, Naples, Italy, CIRP Conference on Intelligent Computation in Manufacturing Engineering, Hrsg. CIRP , S. 1-6

*Arndt, T.; Buderer, C.; Hofmann, M. & Lanza, G.:*

**Simulation-Based Evaluation of Quality Control Strategies in Global Manufacturing Networks**

WGP Kongress 2016, 05.09.2016, Hamburg, Deutschland, Advanced Materials Research, Hrsg. TransTech Publications, S. 473-480

*Treber, S.; Moser, E. & Lanza, G.:*

**Workforce Flexibility in Production Networks: Mid-Term Capacity Planning Illustrated by an Example of the Automotive Industry**

WGP Kongress 2016, 04.09.2016, Hamburg, Deutschland, Advanced Materials Research, Hrsg. Trans Tech Publications, S. 427-434

*Matuschka, B.; Boev, N.; Zanger, F. & Schulze, V.:*

**Simulation based reduction of the impact load occurring in the moment of cutting edge entrance in order to prolong tool-life**

WGP Jahreskongress 2016, 05.09.2016-06.09.2016, Hamburg, Deutschland, Applied Mechanics and Materials, Hrsg. TPP, S. 112-118

*Fleischer, J.; Bauer, J.; Klee, B. & Spohrer, A.:*

**Efficient implementation of I4.0 with the VDMA toolbox based on use cases**

Wiener Produktionstechnik Kongress, 28.09.2016, Wien, Österreich, Adaptive and Smart Manufacturing, ISBN/ISSN: 978-3-7003-1976-4, Hrsg. Bleicher, F., S. 121-127

*Koch, S.; Barfuss, D.; Bobbert, M.; Groß, L.; Grützner, R.; Riemer, M.; Stefaniak, D. & Wang, Z.:*

**Intrinsic Hybrid Composites for Lightweight Structures: New Process Chain Approaches**

6. WGP Congress 2016, 05.09.2016-06.09.2016, Hamburg, Deutschland, WGP Congress 2016: Progress in Production Engineering, Hrsg. Wulfsberg, J. P.; Fette, M.; Montag, T. & Trans Tech Publications, T. T. P., S. 239-246

*Wang, Z.; Riemer, M.; Koch, S.; Barfuss, D.; Grützner, R.; Augenthaler, F. & Schwennen, J.:*

**Intrinsic Hybrid Composites for Lightweight Structures: Tooling Technologies**

6. WGP Jahreskongress, 05.09.2016-06.09.2016, Hamburg, Deutschland, WGP Congress 2016: Progress in Production Engineering, Hrsg. Wulfsberg, J. P.; Fette, M.; Montag, T. & Trans Tech Publications, T. T. P., S. 247-254

*Bejnoud, F.; Zanger, F. & Schulze, V.:*

**Influence of a high speed broaching and case-hardening process on the resulting component geometry**

13th International Conference on High Speed Machining, 04.10.2016-05.10.2016, Metz, Frankreich, 13th International Conference on High Speed Machining, S. 6

*Stricker, N.:*

**Resiliente Produktionssysteme – Forschungsansätze am wbk**

Resiliente Produktion durch Industrie 4.0, 13.10.2016, Karlsruhe, Deutschland, Tagungsband zur wbk Herbsttagung, Hrsg. Jürgen Fleischer, V. S., S. 67-78

**Zeitschriften**

*Schoop, J.; Ambrosy, F.; Zanger, F.; Schulze, V.; Jawahir, I. S. & Balk, T. J.:*

**Increased Surface Integrity in Porous Tungsten from Cryogenic Machining with Cermet Cutting Tool**

in: Materials and Manufacturing Processes, Nr. 7, S. 823-831, <http://dx.doi.org/10.1080/10426914.2015.1048467>

*Schoop, J.; Ambrosy, F.; Zanger, F.; Schulze, V.; Balk, T. J. & Jawahir, I.S.:*

**Cryogenic machining of porous tungsten for enhanced surface integrity**

in: Journal of Materials Processing Technology, Jahrgang 229, S. 614-621 <http://dx.doi.org/10.1016/j.jmatprotec.2015.10.002>

*Greinacher, S.; Moser, E. & Lanza, G.:*

**Verbesserungsstrategien in Produktionssystemen**

in: wt Werkstattstechnik online, Nr. 4, S. 260-265

*Bürgin, J.; Beck, N. & Lanza, G.:*

**Deutsch-chinesische Zusammenarbeit**

in: Industrie 4.0 Management, Nr. 32, S. 74-77

*Peters, S.; Chun, J. & Lanza, G.:*

**Digitalization of automotive industry – scenarios for future manufacturing**

in: Manufacturing Review 2016, 3, 1, Seite 1-8

*Baumeister, M.; Fleischer, J. & Grether, G.:*

**Sensorik zur Detektion einer Beschichtungskante in der Lithium-Ionen-Zellfertigung**

in: Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb, Nr. 1, Jahrgang 111, S. 32-35

*Fleischer, J.; Albers, A.; Coutandin, S.; Spadinger, M.:*

**Materialeffizienz im Resin-Transfer-Moulding-Prozess**

in: VDI-Z Integrierte Produktion, Nr. 1, S. 82-84.

*Lanza, G.; Nyhuis, P.; Majid Ansari, S.; Kuprat, T. & Liebrecht, C.:*

**Befähigungs- und Einführungsstrategien für Industrie 4.0**

in: ZWF - Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb, Nr. 1, S. 76-79

*Sell-Le Blanc, F.; Hofmann, J.; Simmler, R., Fleischer, J.:*  
**Coil winding process modelling with deformation based wire tension analysis**  
 in: CIRP Annals - Manufacturing Technology, Band 1,  
 S. 65-68, <http://dx.doi.org/10.1016/j.cirp.2016.04.037>

*Singer, R.; Fleischer, J.:*  
**Umformverhalten von Pouchzellenverpackungen**  
 in: wt online, Nr. 3, S. 187-191

*Schulze, V.; Bollig, P.; Gerstenmeyer, M.; Segebade, E. & Zanger, F.:*  
**Surface Engineering – Optimierte Oberflächen durch Zerspanungsprozesse**  
 in: mav Innovationsforum Nr. 4, S. 6-8

*Berger, D. & Lanza, G.:*  
**Qualitätssicherung im Leichtbau**  
 in: ZWF - Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb, Band 4, S. 178-182

*Bollig, P.; Wengle, D.; Schulze, V. & Zanger, F.:*  
**Analyse der MMS-Zerspanung zur Aerosolbeurteilung**  
 in: Maschinenmarkt, Nr. 6, S. 32-35

*Hofmann, J. & Urban, N.:*  
**Industrie 4.0 im Elektromaschinenbau**  
 in: industrieanzeiger, 6/2016, S. 28-29

*Colledani, M.; Silipo, L.; Yemane, A.; Lanza, G.; Bürgin, J.; Hochdörffer, J.; Georgoulas, K.; Mourtzis, D.; Bitte, F.; Bernard, A. & Belkadi, F.:*  
**Technology-based Product-services for Supporting Frugal Innovation**  
 in: Procedia CIRP 47, S. 126-131. 10.1016/j.procir.2016.03.093

*Kopf, R.; Klar, J.; Pfister, H. & Lanza, G.:*  
**Servicenetzwerkplanung – Servicenetzwerkplanung unter Beachtung der Instandhaltungsstrategie von Werkzeugmaschinen**  
 in: wt Werkstattstechnik online, Nr. 7, S. 488-493

*Liebrecht, C.; Bürgin, J.; Benterbusch, J.; Kiefer, C. & Lanza, G.:*  
**Shopfloor-getriebene Einführung von Industrie 4.0**  
 in: wt Werkstattstechnik online, Nr. 8, S. 539-543

*Haag, S. & Fleischer, J.:*  
**Kontinuierliches Stapelverfahren für Li-Ion-Zellen**  
 in: wt Werkstattstechnik online, Nr.8, S. 559-562

*Stricker, N.; Pfeiffer, A.; Moser, E.; Kádár, B. & Lanza, G.:*  
**Performance measurement in flow lines – Key to performanceimprovement**  
 in: CIRP Annals - Manufacturing Technology, Nr. 8, S. 463-466

*Greinacher, S.; Echsler Minguillon, F.; Häfner, B.; Stricker, N. & Lanza, G.:*  
**Skalierbare Automatisierung und Industrie 4.0**  
 in: wt Werkstattstechnik online, Nr. 9, S. 659-665

*Fleischer, J.; Roth, S. & Sommer, C.:*  
**Faser-Metall-Gummi-Hybridlaminat**  
 in: ZWF Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb, Nr. 9, S. 483-486

*Fleischer, J.; Dackweiler, M. & Ballier, F.:*  
**Fiber-Injection-Moulding – Herausforderungen und Chancen**  
 in: VDI-Z, Nr. 10, S. 64-66



## Leitbild und Zahlen

Die vier Säulen  
des Leitbilds des wbk  
in der Lehre



Studentenzahlen  
WS 2015/2016  
im Vergleich zu  
den Vorjahren

Anzahl Studienanfänger	2015	2014	2013
<b>Maschinenbau</b>			
■ Bachelor	575	634	612
■ Master	446	288	495
■ Aufbaustudium	1	2	5
<b>Wirtschaftsingenieurwesen</b>			
■ Bachelor	494	543	574
■ Master	293	271	407
<b>Gesamt</b>	<b>1809</b>	<b>1738</b>	<b>2093</b>



## Vorlesungsangebot

	Veranstaltung	Beschreibung	Dozent
Angebote für Wirtschaftsingenieure	Automatisierte Produktionsanlagen (SS)	Werkstücke, Werkzeuge, Materialfluss, Roboter, Steuerungstechnik, Qualitätssicherung, Montage	Fleischer
	Fertigungstechnik (WS)	Prozesswissen der gängigen Verfahren der Fertigungstechnik, Prozessketten	Schulze, Zanger
	Globale Produktion und Logistik – Teil 1: Globale Produktion (WS)	Globaler Vertrieb, standortgerechte Produktions- und Produktpassung, Beschaffungsstrategien, Produktionsnetzwerke	Lanza
	Integrative Strategien und deren Umsetzung in Produktion und Entwicklung von Sportwagen (SS)	Analyse von Markttrends, Gesetzesanforderungen, Variantenmanagement, Strategieentwicklung im Sportwagensegment, Bedarfsprognosen zum Kompetenzmanagement und Technologiemonitoring	Schlichtenmayer
	Integrierte Produktionsplanung (SS)	Produktionsnetzwerke und -systeme, Fabrik- und Montageplanung, Materialfluss, Produktionsplanung und -steuerung, Life Cycle Performance	Lanza
	Lernfabrik Globale Produktion	Die Lernfabrik Globale Produktion dient als moderne Lehrumgebung für die Herausforderungen der globalen Produktion. Diese werden am Beispiel der Herstellung von Elektromotoren unter realen Produktionsbedingungen erlebbar gemacht.	Lanza
	Materialien und Prozesse für den Karosserieleichtbau in der Automobilindustrie (WS)	Konzepte zur Reduktion des Fahrzeuggewichts, Werkstoffleichtbau (Metall, Kunststoffe), innovative Fertigungsverfahren	Steegmüller, Kienzle
	Produktionstechnologien und Managementansätze im Automobilbau (WS)	Einführung Automobilwirtschaft und Automobiltechnologie, Grundlagen der Produktentstehung, globale Netzwerke, analytische Methoden der Planung und Optimierung	Stauch
	Qualitätsmanagement (WS)	Qualitätsmanagementmethoden, Fertigungsmesstechnik, statistische Methoden, Service, Zertifizierungsmöglichkeiten, rechtliche Aspekte	Lanza
	Seminararbeit Produktionstechnik (WS/SS)	Projekt mit schriftlicher Ausarbeitung zu aktuellen Forschungsthemen - alleine oder im Team	Fleischer, Lanza, Schulze
	Steuerungstechnik (SS)	Signalverarbeitung, Detektion und Beeinflussung von Prozesszuständen, elektrische Steuerungen, Bussysteme	Gönzheimer
	Umformtechnik (SS)	Massiv- und Blechumformung, Werkzeugmaschinen, Tribologie, Werkstoffkunde, Fertigungsplanung, Plastizitätstheorie	Herlan
	Verzahntechnik (WS)	Anwendungsbeispiele, Verzahnungsgeometrie, Weich- und Hartbearbeitung, Herstellung von Kegelrädern, Messen und Prüfen	Klaiber
	Werkzeugmaschinen und Handhabungstechnik (WS)	Aufbau und Einsatz/Verwendung von Werkzeugmaschinen und Handhabungstechnik, Auswahl, Auslegung und Beurteilung von Werkzeugmaschinen	Fleischer

Angebote für Maschinenbauingenieure	Arbeitstechniken im Maschinenbau (SS)	Prinzipien des wissenschaftlichen Arbeitens, Informationskompetenz, Präsentieren, Teamarbeit	Fleischer, Lanza, Schulze
	Automatisierte Produktionsanlagen (SS)	Werkstücke, Werkzeuge, Materialfluss, Roboter, Steuerungstechnik, Qualitätssicherung, Montage	Fleischer
	Basics in Manufacturing Technologies (SS)	Überblick über die Verfahren der Fertigungstechnik	Schulze
	Der Wertstrom im Industrieunternehmen – Am Beispiel der Wertschöpfungskette bei Bosch (WS)	Seminarveranstaltung mit Führungskräften von Bosch	Leonhard u.w.
	Entwicklungsprojekt zu Werkzeugmaschinen und Handhabungstechnik (SS)	Selbstständig im Team zu lösende Aufgabe in industrienahe Umgebung: Konstruktion, Konzeption und Auslegung von Werkzeugmaschinen, Abschlusspräsentation	Fleischer
	Fertigungstechnik (WS)	Prozesswissen der gängigen Verfahren der Fertigungstechnik, Prozessketten	Schulze, Zanger
	Globale Produktion und Logistik - Teil 1: Globale Produktion (WS)	Globaler Vertrieb, standortgerechte Produktions- und Produktpassung, Beschaffungsstrategien, Produktionsnetzwerke	Lanza
	Grundlagen der Fertigungstechnik	Überblick über die Verfahren der Fertigungstechnik	Schulze, Zanger
	Integrative Strategien und deren Umsetzung in Produktion und Entwicklung von Sportwagen (SS)	Analyse von Markttrends, Gesetzesanforderungen, Variantenmanagement, Strategieentwicklung im Sportwagensegment, Bedarfsprognosen zum Kompetenzmanagement und Technologiemonitoring	Schlichtenmayer
	Integrierte Produktionsplanung (SS)	Produktionsnetzwerke und -systeme, Fabrik- und Montageplanung, Materialfluss, Produktionsplanung- und -steuerung, Life Cycle Performance	Lanza
	Lernfabrik Globale Produktion	Die Lernfabrik Globale Produktion dient als moderne Lehrumgebung für die Herausforderungen der globalen Produktion. Diese werden am Beispiel der Herstellung von Elektromotoren unter realen Produktionsbedingungen erlebbar gemacht.	Lanza
	Materialien und Prozesse für den Karosserieleichtbau in der Automobilindustrie (WS)	Konzepte zur Reduktion des Fahrzeuggewichts, Werkstoffleichtbau (Metall, Kunststoffe), innovative Fertigungsverfahren	Steegmüller, Kienzle
	Produktionstechnisches Labor (SS)	Praktische Umsetzung der Kenntnisse über die Komponenten einer modernen Fabrik	Deml, Furmans, Ovcharova, Schulze
	Produktionstechnologien und Managementansätze im Automobilbau (WS)	Einführung Automobilwirtschaft und Automobiltechnologie, Grundlagen der Produktentstehung, globale Netzwerke, analytische Methoden der Planung und Optimierung	Stauch
	Projekt Mikrofertigung: Entwicklung und Fertigung eines Mikrosystems (WS)	Entwicklung und Fertigung von Mikrosystemen im Team anhand eines konkreten Entwicklungsprojekts mit einem Projektpartner aus der Industrie	Schulze, Matuschka, Kacaras
	Qualitätsmanagement (WS)	Qualitätsmanagementmethoden, Fertigungsmesstechnik, statistische Methoden, Service, Zertifizierungsmöglichkeiten, rechtliche Aspekte	Lanza
	Steuerungstechnik (SS)	Signalverarbeitung, Detektion und Beeinflussung von Prozesszuständen, elektrische Steuerungen, Bussysteme	Gönzheimer
	Umformtechnik (SS)	Massiv- und Blechumformung, Werkzeugmaschinen, Tribologie, Werkstoffkunde, Fertigungsplanung, Plastizitätstheorie	Herlan
	Verzahntechnik (WS)	Anwendungsbeispiele, Verzahnungsgeometrie, Weich- und Hartbearbeitung, Herstellung von Kegelrädern, Messen und Prüfen	Klaiber
Werkzeugmaschinen und Handhabungstechnik (WS)	Aufbau und Einsatz/Verwendung von Werkzeugmaschinen und Handhabungstechnik, Auswahl, Auslegung und Beurteilung von Werkzeugmaschinen	Fleischer	





## Abschlussarbeiten

### Bachelorarbeiten

**Adam, Maxim**

Untersuchungen zum Einfluss der Bauteilgeometrie auf das Maß- und Formänderungsverhalten von einsatzgehärteten Zahnrädern

**Adler, Karoline Kristin**

Ein Leitfaden zur Risiko- und Potenzialabschätzung von Industrie 4.0 für mittelständische Produktionsunternehmen

**Adolph, Christian**

Lernfabrik Globale Produktion – Standortgerechte und globale Qualitätssicherung: Technische Ausgestaltung und Realisierung eines auf dem DMAIC-Zyklus basierenden Workshops

**Akboyraz, Ayca**

Entwicklung eines Ansatzes zur Bewertung der Energieeffizienz beim Härten

**Akimov, Alexander**

Effizienzsteigerung in Remanufacturing-Wertschöpfungsnetzwerken durch Implementierung von Lean-Management Ansätzen

**Ali, Zuhair**

Erprobung und Validierung verschiedener Prozessparameter zur automatisierten Einbringung von Inserts in textile Halbzeuge

**Almagro Abenza, Manuel Marcos**

Konzeptionierung einer Methodik zur Szenariengenerierung für die Auftragseinplanung in globalen Produktionsnetzwerken

**Arnitz, Gordon**

Konzeption und Entwicklung eines funktionsintegrierten Greifsystems für faserverstärkte Kunststoffe

**Bakozahos, Alexandros**

Patentrecherche und Konzepterstellung von alternativen Fertigungsverfahren für Lithium-Ionen Pouchverpackungen

**Baten, Sebastian**

Wickeln von Faserverbundkunststoffen – Von der Programmierung zur Herstellung

**Beichter, Sebastian Moritz**

Integration und Programmierung eines Leichtbauroboters im Rahmen der Lernfabrik Globale Produktion des wbk

**Böhlend, Felicitas**

Variantevergleich zur Qualitäts- und Prozessoptimierung für das Dreh-Wirbelverfahren

**Böhmler, Pascal**

Eignungsbewertung von Schärfekennwerten für computertomographische Messungen in der industriellen Messtechnik

**Bohres, Christian**

TCO-Berechnung für Werkzeugmaschinen unter Berücksichtigung von Last- und Energieklassen - ein generisches Modell für TCO 2.0

**Borsch, Alexander**

Bewertung des Einflusses von Einstellparametern in der dimensionellen Röntgen-Computertomographie

**Bouriga, Sofien**

Optimierte Zuführung eines Mikrobauteils auf einem modularen piezoelektrischen Schwingfördersystem

**Brandt, David**

Simulative Optimierung des sequentiellen Preformingprozesses durch Variation der Stempelreihenfolge

**Braun, Dominic**

Konstruktion einer Niederhaltereinheit für die automatisierte Insertintegration

**Braungart, Nicolai**

Numerische Berechnung der Strömungsvorgänge beim Arburg Kunststoff-Freiformen

**Breining, Tim**

Untersuchung der Eingriffsverhältnisse von wälzkörpergetriebenen Linearantrieben durch die Finite-Elemente-Analyse in Abaqus

**Breitling, Julius**

Systematischen Identifikation, Bewertung und Priorisierung von taktischen Wertpotenzialen in der Produktion

**Brinkmann, Florian**

Entwicklung eines Befragungskonzepts zur Erfassung der Chancen und Risiken der zukünftigen Entwicklung im Bereich Industrie 4.0

**Bröcker, Fabian**

Identifikation von Trends und Herausforderungen in globalen Wertschöpfungsnetzwerken

**Charymski, Kevin**

Experimentelle Untersuchung des ARBURG Kunststoff Freiformens zur Herstellung metallischer Bauteile

**Chen, Qi**

Aufbau eines Mehrkörpermodells für den Federwickelprozess

**Daubner, Simon**

FE-Optimierung für das Schleuderverfahren mit Kern zur Herstellung faserverstärkter Rohre

**Drach, Simon**

Business Intelligence in der Supply Chain – Managementgerechtes Monitoring von Entscheidungen in globalen Produktionsnetzwerken

**Duffner, Florian**

Entwicklung und Implementierung eines Methodenkatalogs zur Steigerung der Ressourceneffizienz in der Produktion

**Dühr, Katharina**

Industrie 4.0: Dezentrales Steuerungskonzept für die Materialbereitstellung modularer Roboterstationen

**Eberleh, Jonathan**

Durchführung einer Zug- Druckmessreihe für 20MnCr5

**Ehrismann, Marcel**

Konzeption und Konstruktion einer Werkzeugform zur Herstellung von Langfaserpreforms im Faserblasverfahren

**Erhardt, Richard**

Untersuchung des dynamischen Verhaltens einer Werkzeugmaschinenkomponente mit adaptierbarer Eigenfrequenz für die Analyse der Bearbeitungsstabilität im Schneidprozess

**Firat, Mihriban**

Identifikation von Forschungsclustern zu globalen Produktionsnetzwerken innerhalb der CIRP-Community

**Fischer, Benjamin**

Optimierung eines FEM-Modells zur Simulation vermessener Mikrozahnräder durch Integration eines Rechenclusters

**Flohr, Leo**

Entwicklung einer Messvorrichtung zur Analyse von Drahtschwingungen beim Linearwickelprozess

**Franzen, Salome Elena Maria**

Klassifikatorische Inhaltserschließung des Forschungsstandes im Bereich Global Supply Chain

**Ganser, Christoph**

Inbetriebnahme und Programmierung eines Bosch Knickarmroboters turbo AR8 zur Montage des Bürstenträgers und der Gewindeschnecke eines Gleichstrommotors im Rahmen einer Lernfabrik

**Gantert, Marcel**

Konzeption neuer Batteriemodulkonzepte für die Elektromobilität

**Gegenbauer, Moritz**

Automatisierung und Programmierung einer Subpreform-Montage-Zelle

**Gessinger, Annabell**

Automatisierung einer Vorrichtung zum Bestücken des Außenläuferrotors eines EC-Motors mit Ferritmagneten

**Gilbert, Ari**

Konstruktion eines Werkzeugs zum Umformen von Hybridlaminat zu schalenförmigen Bauteilen

**Ginter, Jannis Julian**

Konstruktion einer Einheit zum gezielten Einblasen von Endlofasern aus Kohlenstoff in einer Werkzeugform

**Gökoglu, Berk**

Experimentelle Insertintegration für neuartiges Leichtbauprinzip

**Gradl, Manuel**

Untersuchung von optischen Messtechniken für die Qualitätssicherung bei Halbzeugen aus Sheet Molding Compound mit unidirektionalen Tapes

**Grenzdörffer, Jakob**

Berechnung von Greifpositionen für Parallelgreifer mit Matlab

**Griesz, Paul**

Entwicklung eines Vorgehens zur Auswertung von computertomographischen Messungen

**Guth, Philipp**

Vorgehensweise zur Einführung von Dokumentenmanagementsystemen in produktionstechnischen Unternehmensbereichen

**Habitzreither, Katja**

Analyse von Paarungsstrategien in der Düsenmodulmontage und Bewertung von alternativen Produktionsstrategien für zweidimensionale Paarungen

**Häfner, Melanie**

Integrierte Modellierung globaler Produktionsnetzwerke auf Struktur- und Kapazitätsebene zur dynamischen Optimierung

**Haller, Florian**

Generic Part Design - Fertigungstechnische Optimierung unter Verwendung eines additiven Fertigungsverfahrens zur konstruktiven Leistungssteigerung eines Statorträgers

**Haverkamp, Clio**

Analyse schwergängiger Clipse in der Automobilmontage vor dem Hintergrund einer generationsgerechten Gestaltung von Montagearbeitsplätzen

**Heinemann Baptista, Manuel**

Konstruktive Entwicklung eines funktionsintegrierten Werkstückhalters für einen polierenden Endbearbeitungsprozess

**Helmstetter, Sebastian**

Konzeptionierung und Entwicklung eines Versuchsaufbaus zur Untersuchung des Warmzerspanens von Schaltmuffen

**Henkes, Nicole**

Leitfaden zur Einführung von Industrie 4.0-Methoden in kleinen und mittelständischen Unternehmen

**Herrmann, Julian Maurice**

Materialbilanzierung von Pkws zur Umweltbewertung von Antriebskonzepten

**Hetto, Tom**

Zerstörungsfreie Prüfung von Carbonfasern mittels Wirbelströmen

**Hofmann, Manuela**

Simulationsgestützte Analyse zur Visualisierung von ziel-systembasierten Qualitätssicherungsstrategien in globalen Wertschöpfungsnetzwerken

**Hölker, Benedikt**

Echtzeit-Prozessüberwachung in der Generativen Fertigung mittels Computertomografie

**Huber, Cathrin**

Automobile Großserienproduktion: Konzeption eines ganzheitlichen Ansatzes zur Optimierung von Montagearbeitsplätzen und Validierung am Fallbeispiel

**Jain, Namit**

Einbringung definierter Defekte in den Lagenaufbau von Preforms für den RTM-Prozess

**Jung, Matthias**

Untersuchung der kinematischen Prozessvarianten zur Herstellung von Gewinden mit dem Drehwirbelverfahren

**Kaiser, Nicolai**

Standzeitbetrachtung bei der Herstellung von Knochen-schrauben mittels Dreh-Wirbelverfahren

**Kalmer, Louise**

Analyse der Wirkzusammenhänge zwischen Substratoberflächenqualität und Decklack-Verlauf von Karosserieaußenhautteilen in der Serienproduktion

**Kappel, Julian**

Risiko- und Potentialabschätzung hinsichtlich der Einführung von Industrie 4.0 in der Produktion

**Kiefer, Lena**

Untersuchung von Fertigungsketten für Planeten-Wälz-Gewindetribe (PWG)

**Kistner, Jonas**

Optimierung eines Mehrkörpermodells zur Analyse von Drahtschwingungen beim Linearwickelprozess

**Klepin, Luisa Maria**

Energieeffizienz in der Fertigung - Validierung einer ganzheitlichen Bewertungsmethodik

**Knörr, Theresa**

Experimentelle Untersuchung des Einflusses eingebetteter Krafteinleitungselemente und ausgewählter Parameter auf die Eigenschaften von faserverstärkten Kunststoffen

**Köhler, Dominik**

Entwicklung und Vergleich von drei unterschiedlich abstrahierten Simulationsmodellen zur Simulation von Bohrprozessen

**Körner, Holger**

Entwicklung eines planungsorientierten Kosten-Leistungssystem im Supply Chain Management

**Krischke, Nikolai**

Konzeption eines I4.0 Werkzeugwechslers für eine Fräsmaschine

**Kriso, Bettina**

Untersuchung, Optimierung und Durchführung von Lebensdaueruntersuchungen als Basis für ein Modell zur Ermittlung

der Lebensdauer von Mikrozahnrädern in Abhängigkeit der Fertigungsabweichungen

**Krug, Fabian**

Entwicklung und Konstruktion einer Austragseinheit für die beschleunigte generative Fertigung extrudierender Verfahren

**Kuttler, Moritz**

Möglichkeiten zur Optimierung von Qualitätskontrollen durch Einsatz von Methoden der Advanced Analytics

**Lackermeier, Konstantin**

Konzeption und Konstruktion einer Automatisierungslösung für das Fügen von textilen Subpreforms

**Lid, Jannis**

Simulation wandlungsfähiger Produktionskonzepte für den automobilen Karosseriebau

**Lingens, Phillip**

Laserstrahlschneiden von carbonfaserverstärkten Kunststoffen – Parameter-Optimierung und Analyse mit Hilfe der Computer Tomographie

**Link, Simon**

Bewertung von Rückfederungseffekten bei Lithium-Ionen Verpackungshalbschalen

**Linke, Julian**

Abschätzung des Potenzials zur Integration optischer Messtechnik in Werkzeugmaschinen

**Luft, Alexander**

Mechanische Charakterisierung des Scher-, Biege und Reibverhaltens von textilen Halbzeugen

**Menken, Lea-Marie**

Messverfahren zur Quantifizierung von Fehlern in Lithium-Ion Pouchverpackungen

**Müller, Gregor**

Übertragung von RFID-gespeicherten Komponentendaten auf eine SPS über einen Einplatinenrechner mit OPC UA

**Müller, Johannes**

Konzeption und Entwicklung eines mechatronischen Stapelmagazins für die Einzelblattstapelbildung von Lithium-Ionen-Zellen

**Müller, Julian**

Konzipierung und Implementierung einer ganzheitlichen Anlagensteuerung für eine Lithium-Ionen-Zellstapelmaschine

**Mußnug, Felix**

Entwicklung einer hochintegrierten Messdose zur Überwachung der Vorspannung von Planeten-Wälz-Gewindetrieben (PWG)

**Ngo, Ba Thanh**

Charakterisierung ausgewählter Merkmale eines Computertomographen und Bestimmung möglicher Fehlerinflüsse

**Ngompe Tiemghen, Gael**

Modellierung von Kältequellen zur kontrollierten Einstellung von Eigenspannungs- und Verzugszuständen

**Nievas, Miguel Angel**

Konzeptionierung und Implementierung eines Industrie 4.0 Demonstrators

**Nussberger, Fabian**

Potenziale von low-cost Microcontrollern in der industriellen Messtechnik

**Ogiamien, Shanice**

Industrie 4.0-Reifegradmodell – Orientierungshilfe für kleine und mittelständische produzierende Unternehmen

**Ort, Benjamin-Lars**

Simulationsgestützte Analyse der Schneidkantenmikrogeometrie bei der Oberflächenbearbeitung

**Panzer, Marcel**

Konstruktion eines Oberwerkzeugs zur formflexiblen Fertigung von Preforms

**Payer, Miriam**

Konzeption und Konstruktion eines Greifsystems zum Handhaben und Preformen vorimprägnierter textiler Halbzeuge

**Peters, Julian**

Inbetriebnahme und Programmierung eines Industrieroboters in einer vollautomatisierten Anker- und Magnetringmontagestation als Teil einer Montagelinie für Gleichstrommotoren

**Pontner, Patrik**

Applikationsstudie für optische Messverfahren zur prozessintegrierten Qualitätsprüfung geometrischer Merkmale in der Getriebeteilfertigung

**Prakash, Sudeep**

Lieferanten- und Qualitätsmanagement in Globalen Produktionsnetzwerken

**Regitz, Daniel**

Kostenseitige Bewertung des Montageprozesses eines Range Extender unterstützten Antriebes

**Reimold, Josua**

Einsatz von Advanced Analytics zur Erkennung und Bewertung kritischer Kennzahlenverläufe

**Reiner, Raphael**

Konzeption und Konstruktion einer lokalen Einbringungstechnologie für Kohlenstoff-Endlosfasern in einen Preform innerhalb einer Werkzeugform

**Ren, Lab Hang**

Entwicklung einer Methodik für die Erstellung eines Zuverlässigkeitsmodells zur Prognose von Lebenszykluskosten

**Renic, Marko**

Wirtschaftlicher Vergleich des Prepreg-Pressverfahrens mit nassgewickelten Platinen gegenüber dem Nasspressverfahren

**Rommel, Lisa**

Inbetriebnahme eines Spritzgusswerkzeuges zur Ermittlung prozesstechnischer Parameter bei der Integration metallischer Inserts in Organobleche

**Ruckelshaußen, Katja**

Planung der Prüfmittelallokation in einer RTM-Prozesskette zur Fehlerdetektion an CFK-Bauteilen mit Inserts

**Saalmüller, Michael**

Variantengerechte Gestaltung von Baukastensystemen für die Produktionstechnik auf Grundlage modularer Konzepte und Standards in anderen Wirtschaftszweigen

**Sanchez Solis, Ernesto Miguel**

Steuerung und Programmierung für das automatisierte Infiltrieren von Harz im Schleuderverfahren

**Sapin, Sebastian Michael**

Skalierbare Automatisierung in der wandlungsfähigen Montage

**Savvanidis, Ioannis**

Numerische Berechnung der Strömungsvorgänge beim ARBURG Kunststoff-Freiformen

**Schäfer, Axel**

Numerische Berechnung der Strömungsvorgänge beim Arburg Kunststoff-Freiformen

**Schäfer, Jens**

Analyse der Kosten-/Nutzenverhältnisse von MSG-Löt- und Schweißprozessen unter Nutzung von Sensorik zur Bahnführung

**Schellenberger, Martin**

Simulation und Auswertung des sequentiellen Preformings textiler Halbzeuge

**Schimmel, Steffen**

Experimentelle Untersuchung des Werkzeugverschleißes bei der Komplementärzerspannung

**Schlichter, Philipp**

Auslegung und Konstruktion eines Anlagenmoduls für einen neuartigen additiven Fertigungsprozess

**Schmidt-Speicher, Leona Marlene**

Datenbankunterstützte Automatisierung eines 8D-Problemlösungsprozesses im Rahmen des Qualitätsmanagements 4.0

**Schmieder, André Raphael**

Experimentelle Untersuchungen zum Entgraten mit optimiertem Werkzeug

**Schneider, Jonas**

Vorbereitung und Analyse für die Einführung eines Dokumentenmanagement-Systems

**Schneider, Timm**

Ermittlung der messaufgabenspezifischen Unsicherheit bei Computertomographie-Messungen

**Schnurr, Christoph**

Herstellung und messtechnische Charakterisierung von FVK-Wellen aus einer kombinierten Prozesskette von Trockenwickel- und Schleuderverfahren

**Schreiner, Lucas**

Aufbau eines Modells zur proaktiven Investitionsplanung für Wandlungsbefähiger in Produktionsnetzwerken

**Schulz, Maximilian**

Entwicklung und Validierung eines Konzepts zur Verbesserung der Austragseinheit eines additiven Fertigungsverfahrens

**Schulz, Niklas**

Kategorisierung und Empfehlung zur Nutzung von Erfahrungskurveneffekten in Produktionsnetzwerken

**Schuster, Felix**

Risikominimierung von Maschinenausfällen durch geeignete Konfiguration von Servicenetzwerken

**Schwarz, Angela**

Defektanalyse in carbonfaserverstärkten SMC-Materialien

**Schweigert, Daniel**

Entwicklung einer Fertigungsstrategie für die Herstellung höherfester Kunststoffbauteile

**Schweikert, Florian**

Standardisierung des Abnahmeprozesses von Anlagen im Karosseriebau mit Erstellung eines Leitfadens am Beispiel der Dr. Ing. h.c.F. Porsche AG

**Seidel, Patrick**

Erprobung und Optimierung eines Prüfstandes für Lebensdaueruntersuchungen von Mikrogetrieben

**Seltenreich, Hermann**

Charakterisierung eines polierenden Endbearbeitungsprozesses

**Sessinghaus, Nadine**

Konstruktion eines flexiblen RTM-Werkzeugs zur Herstellung von Sandwichplatten mit variablen Abmessungen

**Sester, Clara**

Design of Experiments zu Effekten der Mikrogleitförderung

**Shi, Yanwei**

Prozesseinflussgrößen und Lebenszykluskosten bei spanenden Werkzeugmaschinen

**Shi, Yeyan**

Perspektive für den zukunftsorientierten Einsatz der additiven Fertigung in der Automobilindustrie

**Sommer, Christine**

Herstellung und Analyse von profilen Strukturen neuartiger Faser-Metall-Gummi-Hybridlaminare

**Spohrer, Nicolai**

Weiterentwicklung eines Konzeptes zur Umsetzung von Industrie 4.0 im Deutsch-Chinesischen Kontext

**Steiner, Friedrich Felix Maximilian**

Konstruktion und Aufbau einer mikrocontrollergesteuerten Anlage zur Montage von Permanentmagneten

**Steins, Alexander**

FEM-Analyse eines FVK-Sandwichbauteils mit im Schaumkern eingebetteten Krafteinleitungselement

**Steins, Samantha**

Materialcharakterisierung von CFK-Schäftverbindungen für ein automatisiertes Subpreforming im RTM-Prozess

**Stumpf, Maximilian**

Simulationsgestützte Analyse von standortübergreifenden Qualitätssicherungsstrategien in globalen Produktionsnetzwerken

**Tenten, Florian**

Entwicklung der Dickdrahtbondtechnologie zur Kontaktierung von Batteriemodulen

**Torzilli, Fabio**

Aufbau einer Prozesskette und Ermittlung geeigneter Prozessparameter zur automatisierten Integration metallischer Inserts in Organobleche

**Tune, Jing Tai**

Industrie 4.0: Dezentrales Steuerungskonzept für das Betreiben von modularen Montagestationen

**Valle Rivera, Daniel Alejandro**

Konzeption und Konstruktion eines Handhabungssystems zum automatisierten Transport eines Kohlenstoff-Endlosfasernetzes

**Vincze, Andrea**

Industrie 4.0 - Identifikation und anschauliche Zusammenfassung relevanter Technologien für das produzierende Gewerbe

**Vollmer, Philipp**

Experimentelle Untersuchung der thermischen Werkzeugbelastung bei der Komplementärzerspannung

**Weber, Jonas**

Entwicklung einer Befähigungs- und Einführungsstrategie zur Integration von Industrie 4.0-Methoden in die Produktion

**Weber, Manfred**

Mess- und Untersuchungsmethoden für Lithium-Ionen Pouchzellverpackungen

**Weber, Philip Konstantin**

Konzeptionierung und Planung einer Anlage zur Altpapieraufbereitung und Herstellung von Graukarton im Trockenverfahren

**Weidmann, Max**

Planung und Austaktung von Prozessketten für die additive Großserienfertigung unter Betrachtung zukünftiger Anlagengenerationen

**Weiss, Urs Tilman**

Inbetriebnahme und Optimierung eines Versuchsstandes für die Herstellung von FVK Bauteilen im RTM-Prozess

**Weixler, Yannick**

Implementierung einer Anwendung zur Konfiguration von Prozessketten im hybriden Leichtbau

**Welschhof, Gereon**

Erarbeitung eines Konzepts zur Erstellung eines Produktionsnetzwerks mit Fokus auf der Bereitstellung der technischen und strategischen Rahmenbedingungen

**Winter, Maximilian**

Industrie 4.0: Dezentrales Steuerungskonzept für die Materialzuführung modularer Montageroboterstationen

**Wirth, Benjamin**

Steuerungsentwicklung für ein Anlagen-Modul zur additiven Fertigung von höherfesten Bauteilen

**Wörner, Daniel**

Marktstudie zur Analyse von inline-Messtechniken zur Oberflächenprüfung in der Batterieproduktion für die Elektromobilität

**Wörner, Sabrina**

Identifikation von Forschungsclustern zu Globalen Produktionsnetzwerken innerhalb der CIRP Community

**Würth, Steffen**

Untersuchung des Wanddickeneinflusses auf die resultierenden Maß- und Formänderungen einer PKW-Schaltmuße

**Xie, Yuheng**

Konstruktion einer Krafteinleitungseinheit einer ECAP Vorrichtung zur Herstellung nanokristalliner Materialien

**Yönak, Volkan**

Untersuchung der Serientauglichkeit eines Massenkräfteausgleiches an den Hublagern der Kurbelwelle am Finish-Prozess

**Zhang, Mohan**

Modellbildung zur Prognose der toleranzbedingten Rotorunwucht von E-Motoren

**Zhang, Wencong**

Konstruktion eines Stützkonzepts eines ECAP-Umformwerkzeuges

**Zhong, Chuwei**

Asymmetrische Präparation von Schneidkanten mittels Bürsten

**Zierhut, Corbinian**

Entwicklung eines Standortrollenmodells für die Gestaltung globaler Wertschöpfungsnetzwerke

**Zimmer, Jan Philipp**

Validierung der Moldflow Simulation zur Qualifizierung von Spritzgießwerkzeugen für Kunststoff-Metall Verbundteile

**Masterarbeiten****Arndt, Christoph Erwin**

Aufbau, Simulation und Bewertung alternativer Montagestrukturkonzepte für die Endmontage elektrifizierter Automobilderivate

**Bachmeier, Christopher**

Beschreibung und Durchführung eines Verfahrens zur digitalen Ermittlung von Stabilitätskarten für NC-Werkzeugmaschinen

**Bachouche, Wael**

Entwicklung einer Simulationsroutine zum Abgleich von Messdaten an generativ gefertigten Bauteilen

**Baltes, Philipp**

Optimierung der Produktentwicklung und der Produkteinführung in die Fertigung mit Schwerpunkt auf der Zusammenarbeit der Mitarbeiter

**Bannwarth, Georg**

Charakterisierung eines polierenden Endbearbeitungsprozesses

**Barton, David**

Entwicklung eines schwenkenden Saugbandmoduls für den Transport bedruckter Papierbögen

**Beck, Nicolas**

Systematisierung von Qualitätssicherungsmaßnahmen in globalen Wertschöpfungsnetzwerken

**Beck, Lydia**

Entwicklung eines flexiblen Konzepts für den Karosseriebau der Zukunft mit Fokus auf Unterbau und Aufbau

**Benterbusch, Jonas**

Entwicklung eines mehrdimensionalen Industrie 4.0-Werkzeugkastens

**Bindemann, Roland**

(Teil-) Automatisierung einer manuellen Fertigungslinie für Kleinteile unter Einsatz von Robotern mit dem Fokus auf Betriebbarkeit und Kosten

**Blättchen, Philippe**

Entwicklung und Implementierung eines zweistufigen Ansatzes zur auftragsbasierten Produktionsplanung in der Flugzeugproduktion

**Böhm, Katrin**

Entwicklung und Implementierung einer Datenschnittstelle in Java für ein Modell zur Produktionsnetzwerkoptimierung im Kontext von Industrie 4.0

**Braun, Yannik**

Entwicklung eines Anforderungsprofils für die Digitalisierung des Shopfloor-Managements anhand einer Vergleichsstudie

**Bruhn, Christoph**

Industrie 4.0: Installation und Konfiguration eines Manufacturing Execution System (MES) als Bestandteil der wbk Lernfabrik zur automatischen Erfassung und Auswertung von Echtzeitdaten

**Bubeck, Sarina**

Potenzial- und Risikoanalyse ausgewählter Industrie 4.0-Methoden

**Bügem Johannes**

Erarbeitung eines technischen Konzepts zur Bauteilerfassung mittels RFID in der Automobilmontage

**Bugla, Martin**

Entwicklung eines Vorgehensmodells zur Einführung einer Kanban-Steuerung in der Fertigung

**Bykov, Andrej**

Experimentelle Untersuchung des ARBURG Kunststoff Freiformens zur Herstellung metallischer Bauteile

**Cara, Christian**

Zusammenhänge zwischen der Entscheidungsstruktur der Produktionsstrategie und den strategischen Fähigkeiten internationaler Produktionsnetzwerke

**Ciha, David**

Berücksichtigung von Periodenübergängen in der Planung von Nivellierungsmustern

**Classen, Oliver**

Entwicklung eines Bewertungsansatzes für interne 4PL-Dienstleister – Umsetzung am Beispiel des Transport Management Centers der Robert Bosch GmbH

**Demmerle, Jonas**

Konzeptentwicklung eines Multisensor-Messsystems zur Untersuchung faserverstärkter Kunststoffe durch Thermographie und Lasertriangulation

**Deschuk, Kiryl**

Umrüstung und Automatisierung einer Gleichstrommotor-Montage-Schraubeinheit im Rahmen der Lernfabrik

**Desravines, Sophie**

Aufbau eines Modells zur Simulation der dynamischen Eigenschaften eines Hydrodehnspannfutters

**Diehl, Simon**

Aufbau einer Methodik zur Durchführung einer Stresstest-simulation einer globalen Supply Chain unter Berücksichtigung ausgewählter Zukunftsszenarien

**Digel, Johannes**

Konstruktion und Umsetzung einer Anlage zur Mikrobearbeitung mittels UKP-Laser

**Distel, Peter**

Bauteilkostenberechnung für das selektive Laserschmelzen bei geringer Stückzahl

**Dittus, Jörg**

Entwicklung, Herstellung und Untersuchung eingebetteter linearer Krafterleiterelemente in dünnwandigen endlosfaserverstärkten FVK-Strukturen

**Doll, Markus**

Simulationsgestützte Mehrwertidentifikation von Industrie 4.0 Methoden

**Doll, Patrick**

Entwicklung und Implementierung einer Methode zur tagesaktuellen Ist-Kostenanalyse und Kostenhochrechnung für das Budget Controlling im Instandhaltungsmanagement

**Draxlbauer, Stefan**

Entwicklung eines Entscheidungsmodells mit integrierter Migrationsbewertung zur Konfigurationsplanung eines globalen Produktionsnetzwerks

**Egger, Elisabeth**

Analyse und Validierung eines mathematischen Entscheidungsunterstützungsmodells zur kostenoptimalen Steuerung von Produktionsnetzwerken

**Egloff, Andreas**

Entwicklung eines automatisierten Prüfstands zur systematischen Ermittlung von Zusammenhängen und Wechselwirkungen zwischen Faserhalbzeugen und Wirbelstromsignalen

**Eichler, Jasmin**

Kalkulationsmethode für Druckgusswerkzeugkosten bei unterschiedlicher Bauteilkomplexität

**Ernst, Michael**

Entwicklung eines Inserts zur schweißtechnischen Anbindung von faserverstärkten Kunststoffen an Karosserieblech

**Fehrenbach, Daniel**

Industrie 4.0 – Analyse und Handlungsfelder/-empfehlungen innerhalb der Produktionslogistik der Automobilzulieferindustrie

**Fels, Sebastian**

Konzeptentwicklung eines 100 %-Prüfautomaten für CVT-Komponenten

**Feng, Junhan**

Entwurf eines Werkzeugs zur automatisierten Manipulation von Drähten

**Fernandes Ricciardi, Guido Gabriel**

Entwicklung einer Analysemethode für Beratungsunternehmen zur Identifizierung der bedeutendsten Gewinnpotentiale für einen Kunden mit Hilfe des Lean und Supply Chain Operations Reference Modells

**Fischer, Sebastian**

Konzeptionierung eines Abwicklungsprozesses für Kundenaufträge auf Basis von prognostizierten Planaufträgen in der variantenreichen Serienproduktion

**Flores Bojorguez, Daniela**

Dezentrale Steuerung von Produktionssystemen mithilfe eines Multiagentenansatzes

**Förster, Maximilian**

Lebensdaueruntersuchungen als Basis für ein Modell zur Ermittlung der Lebensdauer von Mikrozahnrädern in Abhängigkeit der Fertigungsabweichungen

**Franzesko, Andreas**

Simulative Untersuchung der thermischen Schwindung bei der additiven Fertigung

**Freier, Jochen**

Simulationsgestützte Optimierung schlanker und ressourceneffizienter Produktionssysteme

**Frischknecht, André**

Methodische Analyse der Einsetzbarkeit des Hochgeschwindigkeits-Bolzensetzens für das Hybridfügen von Aluminium-Stahl-Mischverbindungen

**Fu, Yangshuo**

Integration von elektrifizierten Fahrzeugantrieben (NEV - New Energy Vehicle) in die Montagelinie der Volkswagen Standardfabrik

**Füller, Manuel**

Einflussfaktorenanalyse zur Dimensionierung von Systemflächen in Logistikzentren

**Gehrlein, Sebastian**

Standortplanung zur OEM-nahen Positionierung von Baustellen-Equipment

**Geier, Bettina**

Konzeptionierung und Implementierung eines Modells zur prognosebasierten Generierung von Planaufträgen für die variantenreiche Serienproduktion

**Geißer, Anna**

Entwicklung und Evaluierung von Visualisierungsmethoden in der Halbleiterfertigung

**Han, Wenhao**

Entwicklung einer elektronischen Auswerteeinheit für die Messung der Dehnung eines Werkzeughalters

**Haslanger, Philippe**

Dynamische Kostenermittlung und systematische Identifikation von Kostentreibern

**Haubitz, Christiane**

Planung globaler Produktionsnetzwerke – Entwicklung eines Optimierungsmodells mit integrierter Bewertung globaler Netzwerke unter Unsicherheit

**Hedler, Marc**

Software-basierte Mitarbeiterinsatzplanung zur Berücksichtigung der Ergonomie und der Qualifikationserhaltung der Mitarbeiter am Beispiel der Automobileendmontage

**Hellmann, Christoph**

Entwicklung und Konzeption eines sicheren und intelligenten Greifers für Mensch-Roboter-Kollaborationssysteme

**Herdin, Kristian**

Energieeffizienz in der Fertigung - Entwicklung einer ganzheitlichen Bewertungsmethodik

**Hildebrand, Niko Sebastian**

Umsetzung von Industrie 4.0-Konzepten in einer Lernfabrik: Entwicklung einer Webapplikation zur Steuerung und Überwachung einer vernetzten Montagelinie

**Hillenbrand, Jonas**

Konzeption eines Industrie 4.0 Demozentrums im deutsch-chinesischen Kontext

**Hofmann, Constantin Carl**

Konzeption eines digitalen, nutzerzentrierten Shopfloor-Management-Systems unter Verwendung von Gamification

**Hölker, Benedikt**

Digitalisierung der Wareneingangslogistik am Beispiel der Robert Bosch GmbH in Bühl

**Hörrmann, Uli Michael**

3D-Scan basierte Parameterschätzung textiler Halbzeuge unter Anwendung der Finite-Elemente-Methode

**Hormes, Fabian**

Entwicklung einer reifegradbasierten Methodik zur Analyse und Konzeptionierung von intelligenten Intralogistiklösungen im Kontext von Industrie 4.0

**Hu, Jian**

Referenz-Framework für 3D-Körperposenschätzung

**Hua, Wei**

Simulationgestützte Analyse der Randschichtzustände und Prozesskräfte bei der Zerspanung

**Hupays, Christoph**

Konzeptentwicklung für eine zeitlich verteilte Flugzeugspezifikation durch die Kunden für die A320-Familie aus Sicht der Produktionsplanung bei Airbus

**Jacob, Alexander**

Entscheidungsunterstützung in der Industrie-4.0-Fabrikplanung: Multikriterielle Bewertung von cyber-physischen Produktionssystemen unter Unsicherheit

**Jakob, Philipp**

Experimentelle Untersuchungen zum induktiven Randschichthärten von schrägverzahnten Stirnrädern

**Jakowski, Constanze**

Gestaltung einer systematischen Vorgehensweise zur regionalen Anpassung von Produktionssystemen

**Jamet, Guillaume**

Prozesskettengestaltung für den Hochlauf eines Plastikteils in Klein- und Mittelserie

**Jank, Merle-Hendrikje**

Anwendung zerstörungsfreier Prüfmethode zur Qualitätssicherung von SMC verstärkt mit Kohlenstofffaser Tapes

**Jenkel, Sabrina**

Optimierung einer Subpreform-Montagestation für den Automobilbau

**Ji, Chendi**

Mehrkörpersimulation zur Analyse des dynamischen Verhaltens von neuartigen wälzkörpergetriebenen Linearantrieben

**Jocham, Holger**

Entwicklung von Konzepten zur Wirtschaftlichkeitssteigerung des Wickelfügens am Beispiel zweier Hohlprofile im Faserverbundleichtbau

**Katzenschwanz, Steffen**

Prozessmodell eines Komplexitätsmanagements für variantenreiche Teilefamilien

**Kaveshnikova, Kseniya**

Methode zur Verbesserung logistischer Prozesse im operativen Lieferantenmanagement der Automobilindustrie

**Kees, Simon**

Kritikalitätsanalyse im Ersatzteilmanagement: Entwicklung einer Methodik zur Bewertung der Kritikalität von Ersatzteilen

**Khouja, Ahmed**

Weiterentwicklung einer Methodik zur Bewertung der Wandlungsfähigkeit von Rohbauanlagen eines Automobilherstellers

**Kiefer, Christian**

Entwicklung eines Reifegradmodells zur Evaluation und Implementierung von Industrie 4.0 in Unternehmen

**Kilgen, Sebastian**

Anwendungen und Potentiale eines Werkerinformationssystemes in der Fertigung im Kontext von Industrie 4.0

**Klaubert, Corinna**

Industrie 4.0: Implementierung eines RFID-Systems zur Werkstückidentifikation und einer optischen Inline-Qualitätssicherung in der variantenreichen Montage

**Kleinert, Marius**

Layoutplanung eines Montagesystems für Kegelradgetriebe

**Klippel, Lisa**

Gestaltung und Bewertung additiver Prozessketten in der Kleinserienfertigung

**Klugmann, Anna**

Ökologische Analyse der Prozesskette zur Herstellung von Selective Laser Melting-Bauteilen im Vergleich zur traditionellen pulvermetallurgischen und spanenden Fertigung

**Korten, Gero**

Entwicklung eines flexiblen Logistikkonzepts für ein Montagewerk für Verpackungsmaschinen

**Kramer, Sergej**

Konzeptionierung und Implementierung einer multikriteriellen Einplanung von Planaufträgen und deren Zuordnung zu Kundenaufträgen für die variantenreiche Serienproduktion in globalen Produktionsnetzwerken

**Kraus, Marie-Kristin**

Untersuchung des Bolzenschweißens mittels Wechselstrom an Stahlwerkstoffen im Karosserierohbau

**Kübler, Simon**

Konzepterarbeitung und Validierung eines plattformunabhängigen Industrie 4.0-Connectors zur digitalen Integration von Bestandsmaschinen in der Produktion

**Kupzik, Daniel**

Entwicklung eines Simulationsmodells zur FEM-Analyse von FVK-Sandwichbauteilen mit eingebetteten Krafteinleitungselementen

**Lauble, Clemens**

Entwicklung eines Optimierungsmodells zur datenbasierten, prädiktiven Instandhaltung

**Laurisch, Lukas Dieter Fritz**

Entwicklung und Umsetzung eines Modells zur Unterstützung von Investitionsentscheidungen zur proaktiven Förderung der Wandlungsfähigkeit in Produktionsnetzwerken

**Leibroock, Leonore Maria**

Entwicklung eines Ziel- und Kennzahlensystems zur Gestaltung globaler Produktionsnetzwerke

**Lemoussu, Jonathan**

Programmierung und Integrierung eines Leichtbauroboters in einen Produktionsprozess

**Lingen, Alexander Sebastian**

Identifikation und Bewertung von Potentialen hinsichtlich der Serienertüchtigung des Selektiven Laserschmelzens (SLM)

**Lottmann, Hugo**

Verkürzung der Taktzeit eines Eckumsetzers

**Luo, Chengwei**

Simulation des thermischen Verhaltens von neuartigen wälzkörpergetriebenen Linearantrieben

**Lutz, Robert**

Ursachenanalyse zur Rissbildung am Flügelrad einer Kühlkreiswasserpumpe und Optimierung des Designs

**Ma Junyong, Vincent**

Machbarkeitsuntersuchung eines neuen Leichtbaumaterials mit ROHACELL® Schaumpartikeln

**Mahdavi, Hoda**

Modellierung und Simulation von Supply Chain Prozessen unter Berücksichtigung ausgewählter Bestandpolitiken

**Maul, Johannes**

Konzeptionierung einer Methode zur Strukturierung von strategischen und taktischen Planungsaufgaben in der globalen Supply Chain und Anwendung in der Luftfahrtindustrie

**Meier, Mathias**

Entwicklung eines Optimierungsmodells zur dynamischen Produktvariantenallokation und Rekonfiguration globaler Produktionsnetzwerke

**Melcher, Sarina**

Effekte der Normierung von Key Performance Indicators bei der Berechnung eines Robustheitsmaßes zur Überwachung von Produktionssystemen

**Minges, Stefanie**

Erarbeitung eines didaktisch-methodischen Konzepts für die Lernfabrik Globale Produktion

**Minzenmay, Tanja**

Entwicklung von Anlagekonzepten und Fertigungsfolgen für den Großserieneinsatz unreifer Technologien am Beispiel des selektiven Laserstrahlschmelzens

**Mönch, Tobias**

Optimierung von Nivellierungsmustern in der Fertigungsplanung im Rahmen von Industrie 4.0

**Müller, Jasmin Katharina**

Einflussanalyse von Lean- und Green-Parametern auf Produktionssysteme mittels statistischer Versuchsplanung

**Oliveira da Silva, Fabio**

Entwicklung eines Aktors zur Manipulation der Drahtzugkraft beim Linearspulenwickeln

**Orban, Frederic**

Entwicklung einer Spannbacke mit integrierter Kraftmesssensorik  
Övür, Ekin  
Wandlungsfähigkeit im Produktionsnetzwerk – Ein portfoliotheoretischer Ansatz zur Auswahl von Wandlungsbefähigern

**Özkalp, Duygu**

Validierung der kinematischen Verfestigung von 20MnCr5 bei der Zerspanung

**Pauli, Sebastian**

Gestaltung von Montagesystemen unter Berücksichtigung lokaler Produktionsfähigkeiten - Simulative und operative Validierung anhand essentieller Zielgrößen

**Péchambert, Paul**

Steigerung der Energieeffizienz von Werkzeugmaschinen

**Persch, Christopher**

Erfassung der Qualitätskosten des Funktionsprüfstands als Teilprozess der Getriebeendprüfung unter Differenzierung nach dem PAF-Modell in Fehlerverhütungs-, Prüf- und Fehlerkosten

**Pfenninger, Sonja**

Entwicklung eines Technical Compliance Trainingsprogramms für chinesische Lieferanten

**Pfirschmann, Philipp Florian**

Entwicklung eines Modells zur Optimierung der Produktionsplanung und -steuerung von pulverbettbasierten generativ hergestellten Bauteilen

**Pick, Tanja**

Szenariobasierte Strategieplanung globaler Produktionsnetzwerke mit kompetenzorientierter Ableitung von Netzwerkkonfigurationen

**Plitt, Carsten**

Entwicklung einer Systematik zur Technologiezuordnung auf Standorte eines globalen Produktionsnetzwerks

**Presch, Cornelius**

Lean-Green-Six-Sigma in der Produktion – Simulationsgestützte Analyse und Verbesserung von Produktionssystemen

**Qu, Yunfeng**

Evaluierung des Vereisungsprozess einer Tieftemperaturkammer mit Hilfe von I4.0-Sensoren

**Quiring, Max**

NURBS-Interpolation und Auswertung unregelmäßig verteilter geometrischer Messdaten von Mikrozahnrädern

**Reinle, Florian**

Charakterisierung und Optimierung des Tauchgleitschleifens hinsichtlich Maschinenkonstruktion und Bearbeitungsparametern in der Anwendung am Beispiel von Zahnrädern

**Retter, Matthias**

Industrie 4.0 in der industriellen Produktion – Analyse eines Ist-Zustands und Ableitung strategischer Handlungsempfehlungen für die Wertschöpfungsprozesse in einer Elektronikproduktion

**Riad, Tamer**

Aufbau eines zentralen Einkaufs von Kunststoff Granulaten bei der Hansgrohe SE

**Rong, Shuxian**

Parameterstudie zur Bearbeitung metallischer Gläser mittels Mikrofräsen

**Roos, Henning**

Konzept für die automatisierte Datenanalyse in der Baustellenfertigung

**Ruan, Zhiqiang**

Komplett automatisierte Schneidkantenpräparation von Bohrwerkzeugen aller Art mit Hilfe eines Robotersystems

**Ruhland, Paul**

Parametrische Konstruktion von metallischen Wellen für die intrinsische Hybridisierung im Schleuderverfahren

**Schalck, Bastien**

Untersuchung des dynamischen Verhaltens einer Werkzeugmaschinenkomponente mit adaptierbarer Eigenfrequenz

**Scheer, Johannes**

Entwicklung eines Prototypen zur automatisierten Gewindefertigung in einem Laserschneider

**Scheu, Simon**

Entwicklung einer Postoptimierungsmethode für ein Optimierungsmodell der ressourcenbasierten Rekonfiguration von Produktionsnetzwerken

**Schickling, Anika**

Entwicklung eines Bewertungsmodells für Produktionsstrategien unter Einbeziehung von wirtschaftlichen und technischen Einflussfaktoren

**Schlöder, Francisco**

Simulationsbasierte Entwicklung eines Robustheitsmaßes für Produktionsprozesse

**Schmid, Harald**

Entwicklung und Erprobung der automatisierten Integration von Krafterleitungselementen in textile Halbzeuge

**Schmitt, Matthias**

Charakterisierung und Weiterentwicklung eines innovativen Fügeverfahrens in Bezug auf das Hochgeschwindigkeitsbolzensetzen im Automobilbau

**Schobel, Annika**

Konzeptionierung und Implementierung eines E-Learning-Moduls sowie einer Case Study zum Lieferantenmanagement von Zulieferern der Spritzgießbranche

**Schönle, Andreas**

Entwicklung eines Prognosemodells zur Abschätzung der Kostenentwicklung und des Einsatzes additiver Fertigungsverfahren für Endanwendungen im Automobilbau

**Schwab, Simon**

Untersuchung des Einflusses von Material- und Geometrie-konfigurationen von Hohlkammer-Strukturen hinsichtlich der mechanischen Eigenschaften von automatisiert gesetzten Kunststoffverbindungs-elementen

**Schweitzer, Johannes**

Weiterentwicklung der Gesamtanlageneffektivität (OEE) auf einer Produktionslinie

**Seebold, Christian**

Implementierung der Erweiterten Qualitätswertstrommethode (EQWSM) bei einem global operierenden Automobilzulieferer

**Seifried, Marius Aurel**

Identifikation von Maßnahmen zur Vermeidung von Produktionsengpässen sowie deren Bewertung mithilfe einer multikriteriellen Entscheidungsanalyse

**Sessner, Vincent**

Experimentelle Untersuchung des mechanischen Verhaltens von Lasteinleitungselementen in FVK-Sandwichstrukturen für die automobilen Großserie

**Sielaff, Lennard**

Entwicklung und Konstruktion eines Anlagenmoduls für die additive Fertigung höherfester Bauteile

**Simonsmeier, Patrick**

Modellierung und Simulation globaler Wertschöpfungsnetzwerke: Qualität und Leistungsfähigkeit entlang der Supply-Chain

**Singh, Johannes**

Methodik zur Evaluation des Reifegrads im Kontext von Industrie 4.0

**Son, Juo**

Programmierung einer Fortran-Materialsubroutine von 42CrMo4 für Simufact.Forming

**Stauch, Nadja**

Konzeption und Ausarbeitung einer Baugruppen-Vormontage für Abgasnachbehandlungssysteme einer Traktorserie der mittleren Baureihe

**Stiewe, Jens-Conrad**

Zukunftsorientierte wirtschaftliche Planung neuer Fertigungsverfahren unter Berücksichtigung der Fertigungsfolge am Beispiel des SLM-Verfahrens

**Stockmann, Christian**

Technische Lieferantenbewertung zur Erweiterung der Lieferantenbasis für komplexe Bauteile

**Stolle, Christoph**

Konzeptionierung von Netzwerkkoordinationsmechanismen und optionsbasierten Netzplänen zur globalen Auftragsplanung der Airbus A320-Familie

**Stroh, Julia**

Planung eines effizienten Produktionssystems für den Produktionshochlauf von Kunststoffbauteilen in einem KMU

**Sturm, Sebastian**

Stresstestsimulation einer globalen Supply Chain unter Berücksichtigung ausgewählter Zukunftsszenarien

**Telandro, Pauline**

Entwicklung eines Hydraulikkonzepts für eine frequenzadaptierbare Werkzeugmaschinenkomponente

**Timm, Martin Emanuel**

Industrie 4.0: Weiterentwicklung des dezentralen Steuerungskonzepts für eine modulare Produktionslinie

**Über, Sebastian**

Entwicklung eines Entscheidungsmodells zur dynamischen Konfigurationsplanung in globalen Produktionsnetzwerken mit statistischen Analysen

**Ullrich, Christian**

Komplexitätsarmes Variantenmanagement nach Lean Gesichtspunkten

**Untch, Matthias**

Konzeption und Implementierung eines Simulationsmodells zur Verbesserung der Wirtschaftlichkeit und Ressourceneffizienz in Produktionssystemen

**Vazquez Diaz, Fabiola Carolina**

Entwicklung, Bewertung und Auswahl eines Konzepts zur Feinstreinigung von EUV-Systemkomponenten

**Vögele, Fabian**

Entwicklung einer Kraftkopplungseinheit für Prüfstandsuntersuchungen an Vorschubantrieben

**Wagner, Raphael**

Analyse von Pairing-Strategien in der Injektor-Montage und Entwicklung von Strategien zur Optimierung und Regelung der Produktion

**Waldmann, Wolfgang Adrian**

Aufnahme eines Wertstromes und Identifizierung qualitätskritischer Produktmerkmale in der Brennstoffzellenproduktion zur Optimierung der Fertigung

**Walter, David**

Entwicklung einer Methode zur frühzeitigen Engpassidentifikation als ein Enabler leistungsfähiger und agiler Supply Chains

**Wang, Yuqiu**

Konzeptionierung einer Anlage zur automatisierten Einbringung von Endlosfasern in einen Preform hergestellt im Faserblasverfahren

**Weinmann, Hannes**

Condition Monitoring: Implementierung und Bewertung einer zustandsorientierten Instandhaltungsstrategie der Daimler AG zur Überwachung von Kugelgewindedrieben mittels Schwingungsanalyse

**Weischer, Thomas**

Entwicklung eines papierlosen und MES-gestützten Fertigungskonzeptes

**Weißberger, Dominik**

Gestaltung eines Konzeptes zum digitalem Shopfloor Management als Führungsphilosophie auf operativer Ebene in einer Smarten Fabrik

**Weller, David**

Entwicklung und Realisierung eines Steuerungs- und Regelungssystems für die Lithium-Ionen Zell-Fertigung

**Wenisch, Sebastian**

Automatisierung einer Elektronik-Baugruppenfertigung

**Wiest, Johannes**

Entwicklung einer Methode zur quantitativen Bewertung der Wandlungsfähigkeit am Beispiel einer variantenreichen Kleinserienmontage für Motoren

**Willms, Lennart**

Industrie 4.0: Datenanalyse zur Optimierung eines ganzheitlichen Produktions- und Prüfprozesses von Motoreinheiten

**Winter, Stefan**

Konzeption und Implementierung eines Simulationsmodells zur Bewertung des Lean- und Green-Methodeneinsatzes in der Produktion

**Wolf, Christian**

Bewertung aktueller und zukünftiger Pistolenschraubertechnik hinsichtlich der Reaktionskräfte und -momente im Umfeld der automobilen Serienfertigung

**Wruck, Anne**

Methodik zur Beschreibung des Ausfallverhaltens von Maschinen und Anlagen unter der Berücksichtigung von Belastungen

**Wunsch, Frank**

Simulative Verzugsreduktion mittels Wärmequellen und Wärmesenken

**Xistras, Lampros**

Laserscannerschweißen Zusatzdrahtfreier Kehlnähte in Kombination mit unmitttelbarer Anwendung von Klebstoff

**Yang, Mengyao**

Analyse des Energieverbrauchs zur induktiven Härtung von Kolbenstangen in Dämpfersystemen

**Yang, Zhichao**

Anwendung der Fuzzy-Regelung zur Optimierung von Prozessparametern

**Zaghdoud, Rachid**

Entwicklung einer innovativen Fügetechnik auf Basis des Clinchens für die Hybridbauweise im Karosserierohbau

**Zapf, Matthias**

Analyse von Anbindungsschichten beim generativen Fertigen mittels SLM auf vorhandene Grundkörper aus Basis- und Fremdmaterial

**Zell, Johannes**

Industrie 4.0: Konzeptionierung und Implementierung einer Webapplikation zur Steuerung und Überwachung einer adaptiven Montagelinie

**Zhang, Xi**

Untersuchung von Alternativen zu einer bestehenden chemischen Oberflächenbehandlung von Al-Strukturbauteilen

**Zhao, Hui**

Aufbau eines parametrischen skriptgesteuerten Modells für FEM Simulationen von neuartigen wälzkörpergetriebenen Linearantrieben

**Zhao, Zhe**

Produktivitätssteigerung einer teilautomatisierten Produktionsanlage mithilfe von Lean Management Methoden

**Zwing, Svenja**

Konzeptionierung eines intelligenten Produktionssystems im Kontext von Industrie 4.0

**Diplomarbeiten****Caniklioglu, Mehmet Alperen**

Entwicklung von Qualitätssicherungsmaßnahmen im Bereich hybrider Bauteile

**Hiller, Marc**

Entwicklung von rotatorisch oszillierendem Bohren als Alternativverfahren zum Bohren von Knochen sowie eines Versuchsstandes, einschließlich Versuchsprogramm, zur Ermittlung der Auswirkungen beim Bohren auf die Reaktionskräfte und Temperatur am Knochen

**Lösch, Tobias**

Hartbearbeitung einsatzgehärteter Werkstoffe

**Moussiopoulos, Alexandros Stylianos**

Systematisierung von Methoden zur Qualitätssicherung in globalen Produktionsnetzwerken

**Nast, Markus**

Konzeptionierung einer Dosier- und Abfüllanlage für selektives Lasersintern

**Sokoluk, Maximilian**

Dimensioning, Design and Implementation of an experimental thermal drawing system Auslegung, Konstruktion und Umsetzung eines Versuchsstands zum thermischen Ziehen von Metalldrähten

**Stürzl, Thomas**

Bewertung und Optimierung der FEM Simulation des rekursiven Axialformens

**Yalcin, Can**

Konzepterarbeitung zur Visualisierung von Produktionsdaten und Kennzahlen des Montagesystems der Kreuzspulmaschine Autoconer 6

**Zerouali, Abdelouahd**

Entwicklung eines Konzepts zur Geräuschreduktion an Werkzeugmaschinen

**Studienarbeiten****Ogunsulire, Ayodele**

Schneidkantenversatzausgleich



Exkursionen

## Firmenbesuche

### Exkursion ins Mercedes-Benz Werk Gaggenau, Werksteil Rastatt, 12.02.2016

Als Abschlussveranstaltung der Vorlesung Verzahn-technik wurde eine Exkursion in das Mercedes-Benz Werk Gaggenau, Werksteil Rastatt unternommen. Täglich werden hier rund 690 LKW-Getriebe in verschiedenen Ausführungen gefertigt. Die Werksbesichtigung startete mit einem halbstündigen Einführungsvortrag, in dem der Konzern (Daimler AG) und seine Geschäftsfelder vorgestellt wurden. Im Anschluss konnten die Teilnehmer der Exkursion die Komplexität eines modernen LKW-Antriebsstranges an einem Schnittmodell im Maßstab 1:1 bestaunen, bevor dann die einzelnen Fertigungsschritte der Prozesskette einer Antriebswelle in einem Rundgang durch die Fertigung näher betrachtet wurden. Im Anschluss folgte eine spannende Führung durch die Getriebemontage, wo auf viele Herausforderungen und Details einer modernen Montagelinie eingegangen wurde. Nach einer kurzen Mittagspause in der Werkskantine, wurden noch die Getriebeprüfstände vorgestellt. Die Exkursion fand ihren Abschluss in einer sogenannten Lerninsel, wo den Teilnehmern nochmals die Funktionsweise eines 12 gängigen LKW-Getriebes an einem originalgetreuen Schnittmodell verdeutlicht wurde.



Mercedes-Benz Werk Rastatt

### Exkursion Automatisierte Produktionsanlagen zum Mercedes-Benz Werk nach Rastatt

Im Juli hatten 30 Zuhörer und Zuhörerinnen der Vorlesung „Automatisierte Produktionsanlagen“ Gelegenheit, Inhalte der Vorlesung in der Praxis kennenzulernen. Hierzu lud die Firma Mercedes-Benz die Studenten ein, ihre Produktion in Rastatt zu besichtigen. Dabei ergab sich die Gelegenheit bereits gelerntes durch hautnahes Erleben zu festigen. Durch das Vorwissen der Studenten ergaben sich interessante und umfassende Fragen zu den Einzelprozessen. So konnten besonders die robotergeführten Füge-techni-

ken ausführlich erläutert und diskutiert werden. Für die Möglichkeit einer solchen Exkursion möchten wir uns bei dem Werksleiter Stefan Abraham und Daniel Herold bedanken.



Mercedes-Benz Werk Rastatt

### Steuerungstechnik: Exkursion Siemens AG

Traditionsgemäß fand am 23. Juni 2016 die Exkursion im Rahmen der Steuerungstechnikvorlesung bei der Siemens AG in Karlsruhe statt, an der in diesem Jahr 21 Studenten teilnahmen. Aufgrund des starken Interesses der Studenten an der Vorlesung, war die Nachfrage besonders groß. Wie auch in den letzten Jahren, gab es eine kurze Einführung und Vorstellung der Firma Siemens zum umfangreichen „Industrial-Automation“-Produktprogramm des Industriepark Karlsruhe durch Herrn Keith. Bei einem anschließenden Werksrundgang konnte die Flachbaugruppenfertigung der Steuerung S7-400 inklusive der zugehörigen Leiterplattenbestückung, sowie die mechanische Fertigung und Montage von Industrie-PCs betrachtet werden. Durch die gut organisierte Führung von Herrn Keith hatten die teilnehmenden Studenten die Gelegenheit, ihr bislang theoretisches Wissen in der Steuerungstechnik durch die gewährten Einblicke in die Produktion von Steuerungskomponenten um praktische Anteile zu erweitern. Den Abschluss der Veranstaltung bildete ein gemeinsames Mittagessen, zu dem die Firma Siemens alle Exkursionsteilnehmer in die werkseigene Kantine einlud.



## Exkursionen

**Firmenbesuche****Integrierte Produktionsplanung bei der TRUMPF GmbH + Co. KG**

Ergänzend zur Vorlesung Integrierte Produktionsplanung (IPP) besuchten die Studierenden die TRUMPF GmbH + Co. KG in Ditzingen. Neben spannenden Einblicken in das Unternehmen und einer Präsentation der Produkte im Vorführzentrum stand die Umsetzung des ganzheitlichen Produktionssystems am Beispiel Synchro Plus im Vordergrund. Dabei konnten Methoden und Konzepte wie getaktete Fließmontage und Einzelstückfluss in der Praxis erlebt werden. Besonders interessant war es für die Studierenden aus erster Hand zu erfahren, welche Vorteile und Herausforderungen sich bei der Einführung von Lean-Methoden ergeben und wie diese erfolgreich gemeistert werden können.



Besuch der TRUMPF GmbH & Co. KG durch die Studierenden der Vorlesung Integrierte Produktionsplanung (IPP).

**Exkursion zu Firma EMAG im Rahmen der Vorlesung Werkzeugmaschinen und Handhabungstechnik**

Am 21. Januar 2016 fand im Rahmen der Vorlesung Werkzeugmaschinen und Handhabungstechnik eine Exkursion zum Werkzeugmaschinenhersteller EMAG in Salach statt. Ziel dieser Veranstaltung ist es den Studenten die in der Vorlesung vermittelte Theorie in einer realen Entwicklungsumgebung praktisch näher zu bringen. An dieser ganztägigen Exkursion nahmen 35 Studenten und zwei Mitarbeiter des wbk teil. Neben der Vorstellung des Produktportfolios, bei welchem die Vertikaldrehmaschinen mit Pickup Spindel besonders hervorzuheben sind, wurden die Firmengeschichte und die Struktur des Unternehmens anschaulich erläutert. Eine Besichtigung der Montagelinie und die ausführliche Erläuterungen von fachkundigem Personal zu den Herausforderungen bei der Inbetriebnahme vermittelten einen guten Eindruck über die Komplexität einer Werkzeugmaschine. In der anschließenden Diskussion hatten die Studenten die Möglichkeit einzelne Aspekte zu hinterfragen. Insgesamt wurde die Exkursion von den Studenten durchwegs positiv gewertet.

**Praktische Anwendungen zur Vorlesung Qualitätsmanagement bei Zeiss in Oberkochen**

Im Rahmen der Vorlesung Qualitätsmanagement (QM) besuchten Studierende den Bereich Industrielle Messtechnik der Carl Zeiss AG in Oberkochen. In Kleingruppen eingeteilt, hatten die Studenten in Form von Workshops die Gelegenheit verschiedene Messtechniken und -verfahren in der praktischen Anwendung kennen zu lernen. So konnten die Studenten ihren eigenen Prüfplan festlegen, Messungen durchführen und statistische Auswertungen vornehmen. In der Diskussion mit erfahrenen Applikationsingenieuren wurden Vor- und Nachteile verschiedener Messverfahren diskutiert und so für weitere verschiedenen Messaufgaben geeignete Messmittel identifiziert. Abgerundet wurde der Besuch durch einen Rundgang durch die laufende Produktion taktiler Messmaschinen.



Exkursionen

## Firmenbesuche

### Vorlesung Produktentstehung Fertigungs- und Werkstofftechnik SEW-EURODRIVE, Werk Graben-Neudorf

Im Rahmen der Vorlesung Produktentstehung Fertigungs- und Werkstofftechnik konnten in diesem Jahr 20 Studierende Einblick in die Fertigungshallen von SEW-EURODRIVE in Graben-Neudorf erhalten. SEW-EURODRIVE bietet mit der Getriebefertigung und Montage von Elektromotoren einen optimalen Einblick in die Themengebiete der Vorlesung.

Nach einer kurzen Vorstellung des Unternehmens fanden Führungen durch die Fertigungs- und Montagehallen von SEW-EURODRIVE statt. Hierbei wurde die

Prozesskette zur Zahnrad-Herstellung, vom Rohmaterial bis zum Endprodukt in der Fertigung, bestehend aus Weich- und Hartbearbeitung, gezeigt. Anschließend wurde die Wellen-, Stator- und Rotorfertigung und der Montageprozess der Produkte aus dem Baukastensystem vorgestellt. Durch die Exkursion wurde den Studierenden in bemerkenswerter Weise der in der Vorlesung theoretisch behandelte Inhalt praktisch vermittelt. Das darauffolgende Mittagessen in der Kantine stellte den Abschluss der interessanten und informativen Exkursion bei SEW-EURODRIVE dar.

### Umformtechnikexkursion zur ProgressWerk Oberkirch AG und Richard Neumayer in Hausach

Auch 2016 nahmen 25 interessierte Studierende der Lehrveranstaltung Umformtechnik die Möglichkeit wahr, renommierte Umformtechnik-Unternehmen zu besichtigen. Die Exkursion führte die Teilnehmer in diesem Jahr zur Progress-Werk Oberkirch AG (PWO) und der Richard Neumayer Gesellschaft für Umformtechnik mbH in Hausach.

Die PWO mit Sitz in Oberkirch (Baden) ist ein Automobilzulieferer mit Fertigungsschwerpunkt in der Umformtechnik. PWO produziert unter anderem Elektronik- und Motorengehäuse, Strukturkomponenten,

Modulträger, Sitzverstellungen und Abschirmbleche. Richard Neumayer in Hausach ist mit jährlich über 40.000 Tonnen einbaufertigen Präzisionsschmiedeteilen, Flanschen, Armaturen, Baugruppen und Systemlösungen eines der führenden Unternehmen in der Präzisions-Schmiedetechnik.

Die Werksbesichtigungen wurden jeweils mit spannenden Diskussionen zum Unternehmen, den angewendeten Fertigungsverfahren und den unterschiedlichsten Karrieremöglichkeiten abgeschlossen.

### Fertigungstechnik

Jedes Jahr zum Wintersemesterende wird im Rahmen der Vorlesung Fertigungstechnik eine Exkursion zu einem produzierenden Unternehmen durchgeführt.

Dieses Jahr führte die Exkursion mit insgesamt 25 Studierenden zur Kleiner GmbH. In Pforzheim ansässig, produziert die auf Stanzteile spezialisierte Kleiner GmbH Bauteile kundenspezifisch für nahezu alle Automobilhersteller auf höchstem technischen Niveau. Expertenvorträge zu den beiden Themen Projektmanagement sowie Entwicklung und technischer Vertrieb stimmten auf die im Anschluss folgenden Werksführungen in den Abteilungen Werkzeugtechnik, Stanztechnik und Erodieretechnik ein. Die abschließende Diskussionsrunde mit der Personalleitung ermöglichte den Studierenden in einer angenehmen Atmosphäre alle Fragen zu den Fertigungsprozessen, dem Unternehmen und beruflichen Chancen zu klären.



Gruppenbild aller Teilnehmer

Exkursionen

## Assistentenexkursion

### Assistentenexkursion 2016

Vom 27. bis 30. September 2016 fand die Assistentenexkursion des wbk statt. Wie jedes Jahr besichtigten die wissenschaftlichen Mitarbeiter sowie die Institutsleitung des wbk ausgewählte Unternehmen aus dem produktionstechnischen Umfeld.

Die diesjährige Reise führte in das fränkische Würzburg und Umgebung. Den Auftakt gab der Automobilzulieferer ZF Friedrichshafen AG am Traditionsstandort Schweinfurt, wo die Einblicke in die Wandler- und Hybridmodul-Fertigung begeisterten. Der anschließende Besuch bei KAPP NILES in Coburg zeigte spannende Lösungen in der Fertigung und Montage von Hochpräzisions-Schleifmaschinen. Die benachbarte Waldrich Coburg GmbH konnte mit Großportal-Fräsmaschinen mit höchster Fertigungsgenauigkeit von der Konstruktion bis zur Montage beeindruckend.

Die Besichtigung der Bosch GmbH am Standort Bamberg bot bemerkenswert tiefe Einblicke in die voll-

automatisierte, aber auch manuelle Montage von Motorkomponenten, wie bspw. Einspritzdüsen und Lambda-Sonden.

Am letzten Tag konnte zunächst bei der Schaeffler-Gruppe ein Auszug des vielfältigen Betätigungsfeldes am Standort Schweinfurt in den Bereichen der Fertigung von konventionellen Lagern und Sonderanfertigung für die Luftfahrtbranche sowie ein Lagerprüfstand für Großlager von Windkraftanlagen besichtigt werden. Den gelungenen Abschluss bildete der Besuch bei BSH in Bretten. Dabei wurde die Backofen-Fertigung vom Blechrohling über die Montage bis hin zur Verpackung detailliert u.a. von den ehemaligen wbk-Mitarbeitern Becke und Pabst vorgestellt.

Wir danken den Firmen für die uns gegebenen Einblicke und freuen uns auf eine weitere gute Zusammenarbeit!



Das wbk zu Besuch bei Waldrich Coburg.



## Doktoranden, Mitarbeiter und Studierende Auszeichnungen und Preise



Überreichung des Bundesverdienstkreuzes an Frau Prof. Gisela Lanza

### Prof. Dr.-Ing. Gisela Lanza wurde das Bundesverdienstkreuz am Bande verliehen

Am 7. März 2016 bekam Gisela Lanza von Bundespräsident Joachim Gauck das Verdienstkreuz am Bande des Verdienstordens der Bundesrepublik Deutschland überreicht. Sie erhält die Auszeichnung für ihre Forschung auf dem Gebiet der Produktionstechnik sowie für ihr Engagement für die Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses. Mit zahlreichen Lehrveranstaltungen an der KIT-Fakultät für Maschinenbau, der HECTOR School of Engineering and Management am International Department des KIT sowie der starken Einbindung des GAMI in Forschung und Lehre am KIT spricht sie Studentinnen und Studenten sowie junge Forscherinnen und Forscher aus aller Welt an.

### Dr.-Ing. Nicole Stricker erhielt den Manfred Hirschvogel Preis

Frau Nicole Stricker wurde für ihre Doktorarbeit „Robustheit verketteter Produktionssysteme – Robustheitsevaluation und Selektion des Kennzahlensystems der Robustheit“ mit dem Manfred Hirschvogel Preis ausgezeichnet. Ihre Untersuchungen zur schwankenden Leistungsfähigkeit von Produktionssystemen in einer dynamisch veränderlichen Umwelt werden damit als herausragende Leistung im Feld der Produktionssysteme des Jahres 2016 gewürdigt.

### Auszeichnungen für Studierende

Florian Haller bekam für seine herausragenden Leistungen im Bachelorstudium das Roland-Mack-Stipendium. Seine Bachelorarbeit zum Thema „Generic Part Design – Fertigungstechnische Optimierung unter Verwendung eines additiven Fertigungsverfahrens zur konstruktiven Leistungssteigerung eines Statorträgers“ wurde in Zusammenarbeit mit einem Industrieunternehmen am wbk betreut. Die feierliche Übergabe des Stipendiums fand im Europapark Rust statt. Lucas Weber erhielt für seine Bachelorarbeit zum Thema „Bestimmung der Maß- und Formänderungen infolge eines Innenräumprozesses im Trockenschnitt“ den Prof. Dr.-Ing. Hans Victor Preis. Der Preis wurde am wbk unter Beisein des Vizepräsidenten für Lehre Prof. Wanner von der Stifterin Frau Victor persönlich überreicht.

### Alumni-Förderpreise: Best Paper 2016

Für die Veröffentlichung „Complementary Machining – Machining Strategy for Surface Modification“ erhielt Michael Gerstenmeyer den Alumni-Förderpreis Best Paper 2016. Die Publikation erschien in Procedia CIRP und wurde auf der „Conference on Surface Integrity“ in Charlotte, USA vorgestellt.

Andreas Spohrer erhielt für die Publikation „Lebensdauererhöhung von Kugelgewindetrieben durch Adaptive Schmierung“ ebenfalls den Alumni-Förderpreis Best Paper 2016. Der Beitrag erschien im Tagungsband zum Tribologie- und Schmierstoffkongress 2016 der Forschungsvereinigung Antriebstechnik e.V. (FVA).

Dietrich Berger erhielt für die Publikation „Effects of defects in series production of hybrid CFRP lightweight components – detection and evaluation of quality critical characteristics“, die im Journal Measurement erschienen ist den dritten Alumni-Förderpreis Best Paper 2016. Mit einem ImpactFactor von 1,74 gehört das Journal zu den wichtigsten im Bereich der industriellen Messtechnik.





#### **Kontakt**

Karlsruher Institut für Technologie (KIT)  
wbk Institut für Produktionstechnik  
Campus Süd  
Kaiserstraße 12  
76131 Karlsruhe  
[www.wbk.kit.edu](http://www.wbk.kit.edu)

#### **Herausgeber**

Karlsruher Institut für Technologie (KIT)  
Präsident Professor Dr.-Ing. Holger Hanselka  
Kaiserstraße 12  
76131 Karlsruhe  
[www.kit.edu](http://www.kit.edu)

Karlsruhe © KIT 2017

