

# Jahresbericht 2017

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 Fertigungs- und Werkstofftechnik, Maschinen, Anlagen und Prozessautomatisierung sowie Produktionssysteme, die von den Professoren Prof. Dr.-Ing. habil. Volker Schulze, Prof. Dr.-Ing. Jürgen Fleischer und Prof. Dr.-Ing. Gisela Lanza geleitet werden. Die etwa 100 Mitarbeiter/innen widmen sich der anwendungsnahen Forschung, der Lehre und der Innovation im Bereich Produktionstechnik am KIT.

Mit diesem Jahresbericht möchten wir Ihnen einen Überblick über wesentliche Ereignisse und Eckpunkte der Institutsarbeit im Jahr 2017 geben. Wir wünschen Ihnen eine anregende Lektüre.

Die Forschungsaktivitäten des wbk sind den Feldern der Produktionstechnik zuzuordnen. Dabei setzt das wbk auf die Vernetzung in Forschungsschwerpunkten. Im Forschungsschwerpunkt Mikroproduktion steht die Herstellung und Qualitätssicherung von mikromechanischen und mikromechatronischen Systemen im Vordergrund. Produktionstechnologien für die Herstellung von Leichtbauprodukten und die Mobilität von Morgen stehen in den Forschungsschwerpunkten Leichtbaufertigung und Elektromobilität im Fokus. Im Forschungsschwerpunkt Additive Fertigung widmet sich das wbk generativen Fertigungsverfahren in den Themen optimierte Prozessstrategien, Anlagentechnik und Fabrikintegration. Durch intelligente Vernetzung entstehen im Forschungsschwerpunkt Industrie 4.0 neue Produkte, Dienstleistungen und Geschäftsmodelle sowie effiziente betriebliche Prozesse.

Das wbk bietet wissenschaftlichen Mitarbeiter/innen 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.



*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, Additive Fertigung  
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, Elektromobilität  
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, Industrie 4.0  
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 2017



## INSTITUT

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



## FORSCHUNG

Forschungsbereich <b>Fertigungs- und Werkstofftechnik (FWT)</b> .....	16
Forschungsbereich <b>Maschinen, Anlagen und Prozessautomatisierung (MAP)</b> .....	20
Forschungsbereich <b>Produktionssysteme (PRO)</b> .....	24
Forschungsschwerpunkte	
<b>Mikroproduktion (MP)</b> .....	28
<b>Leichtbaufertigung (LF)</b> .....	30
<b>Elektromobilität (EM)</b> .....	32
<b>Additive Fertigung (GF)</b> .....	34
<b>Industrie 4.0 (I4.0)</b> .....	36



## KOOPERATIONEN

<b>GAMI</b> .....	38
<b>AMTC</b> .....	40
Partner aus Forschung & Lehre .....	42



## DISSERTATIONEN

Dr.-Ing. Nikolay Boev .....	43
Dr.-Ing. Sebastian Greinacher .....	44
Dr.-Ing. Benjamin Häfner .....	45
Dr.-Ing. Stefan Klotz .....	46
Dr.-Ing. Johannes Stoll .....	47
Dr.-Ing. Simon-Frederik Koch .....	48
Dr.-Ing. Julius Ficht .....	49
Dr.-Ing. Manuel Baumeister .....	50
Dr.-Ing. Daniel Bertsch .....	51
Dr.-Ing. Kyle James Kippenbrock.....	52
Dr.-Ing. Farboud Bejnoud .....	53
Dr.-Ing. Steffen Dosch .....	54
Dr.-Ing. Emanuel Moser.....	55



## VERÖFFENTLICHUNGEN

Bücher .....	56
Dissertationen .....	56
Konferenzbeiträge .....	56
Zeitschriften .....	57



## STUDIUM & LEHRE

Studierendenzahlen .....	58
Vorlesungsangebot .....	59
<b>Abschlussarbeiten</b>	
Bachelorarbeiten .....	60
Masterarbeiten .....	65
Diplomarbeiten .....	72
Exkursionen .....	74
Auszeichnungen & Preise .....	78



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	69
■ Technik und Verwaltung	24
■ Auszubildende	8
■ Studentische Hilfskräfte	311

### Lehre

- 20 Vorlesungen
- Ca. 2.000 Prüfungen/Jahr
- Ca. 439 Studien- und Abschlussarbeiten pro Jahr (Stand Jan. 2018)

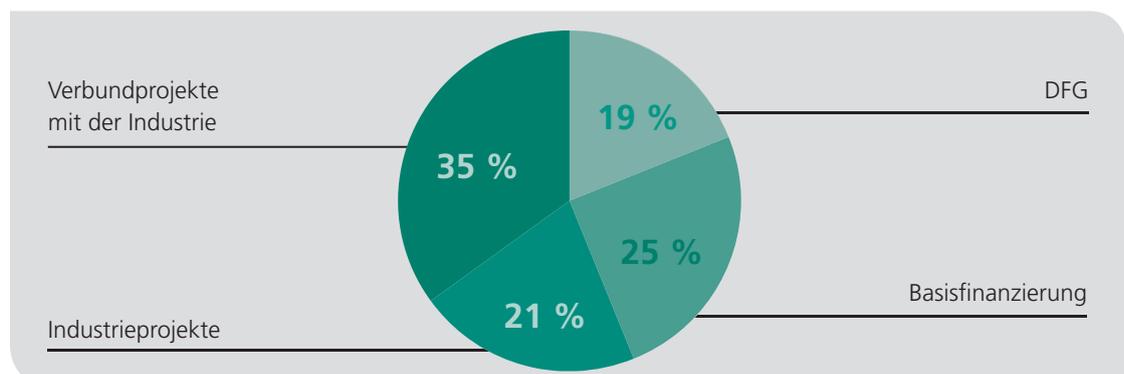
### Ausstattung

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

### Projekte

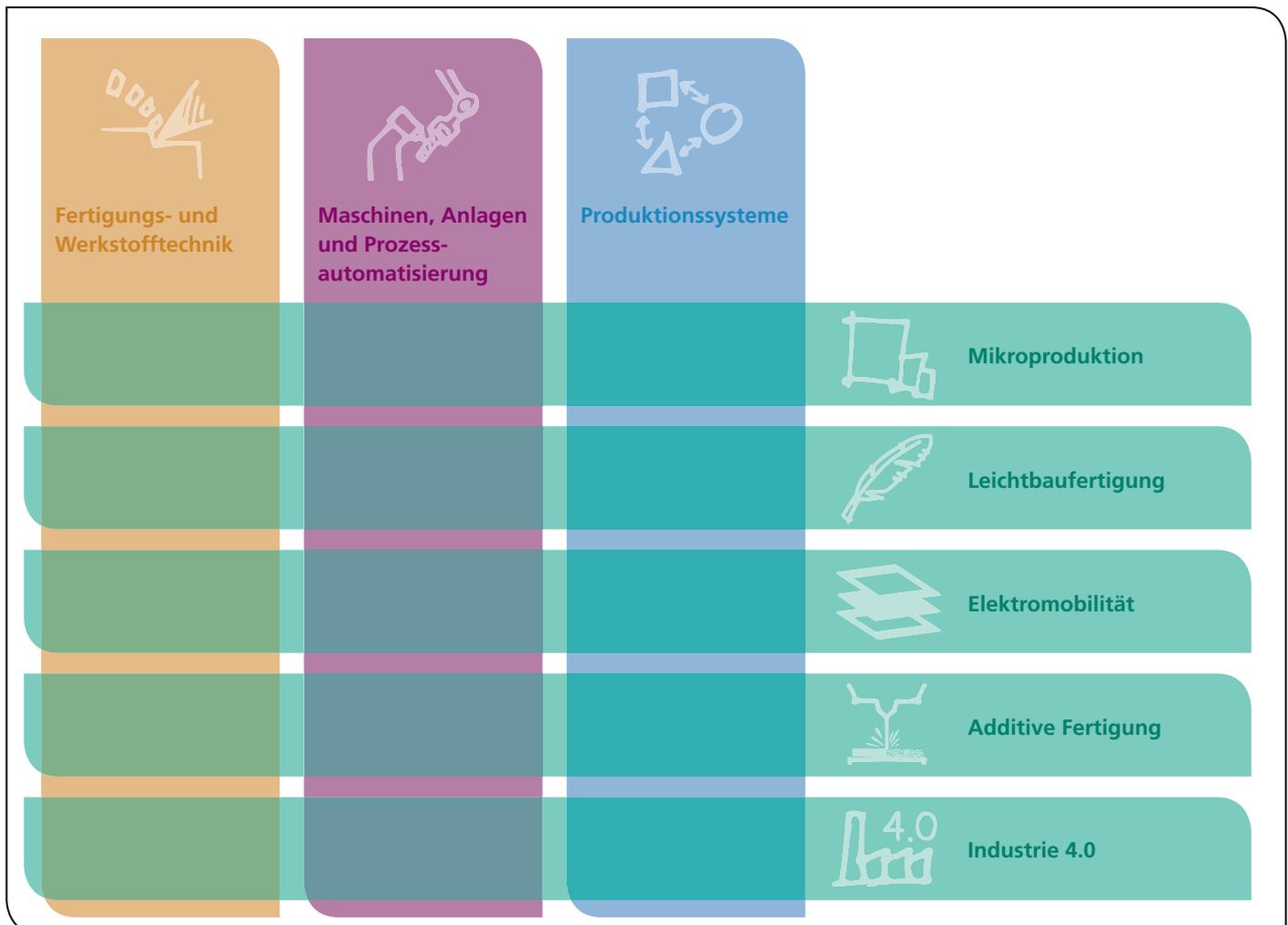
- 46 Grundlagen-Forschungsprojekte
- 28 Verbundprojekte
- 54 Industrieprojekte

## Finanzierungsstruktur





## Forschungsstruktur





## Veranstaltungen

## Präsentation des Dreh-Wirbelns auf der Hannover Messe



**Ansprechpartner am wbk:**  
M.Sc. Jan Klose  
Telefon: +49 721 608-42448  
jan.klose@kit.edu

Das wbk Institut für Produktionstechnik war vom 24. bis 28. April 2017 auf der Hannover Messe mit dem Dreh-Wirbeln auf dem Stand des KIT vertreten. Das Dreh-Wirbeln wurde entwickelt, um die Produktivität bei der Herstellung von Knochenschrauben zu erhöhen, indem Drehbearbeitung und Gewindefertigung gleichzeitig durchgeführt werden.

### Wirbeln zur Gewindefertigung

Knochenschrauben für medizinische Anwendungen wie Hüftimplantate und Stabilisierung von Frakturen werden aus biokompatiblen Materialien wie Ti-6Al-4V hergestellt. Das Gewinde wird in diesem schwierig zu bearbeitenden Material durch Wirbeln zerspanend erzeugt. Die langsame Drehgeschwindigkeit des Werkstücks beim Wirbeln verhindert dabei eine gleichzeitige Drehbearbeitung. Erst die Verfahrensvariante Dreh-Wirbeln mit angepasster Kinematik erlaubt, die Bearbeitungsschritte parallel auszuführen und führt damit zu einer drastischen Hauptzeitverkürzung. Die Weiterentwicklung des Wirbelns wurde vom wbk In-

stitut für Produktionstechnik im vom BMBF geförderten Verbundprojekt GeWinDe in Kooperation mit den Firmen INDEX-Werke, Paul Horn und Smith&Nephew entwickelt.

Das Fachpublikum auf der Hannovermesse zeigte großes Interesse an dem Verfahren. Die niederschwellige Visualisierung anhand eines Schraubenmodells konnte auch Fachfremde und Schüler für die Innovation in der Fertigungstechnik begeistern. ■



Erklärung des Dreh-Wirbelns am Schraubenmodell des wbk

## Veranstaltungen

## New Mobility World: Vorstellung des Projektes ProLemo



**Ansprechpartner am wbk:**  
M.Sc. Maximilian Halwas  
Telefon: 0721 608-28937  
maximilian.halwas@kit.edu

Auf der Internationalen Automobil-Ausstellung (IAA) 2017 fand vom 14. bis 17. September 2017 die Veranstaltung New Mobility World statt. Auf dem Stand des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie wurde gezeigt das wbk das Projekt ProLemo.

In diesem wurden Produktionstechniken für effiziente Leichtbauelektromotoren entwickelt. Der entwickelte Motor ist eine Weiterentwicklung eines permanentmagneterregten Synchronmotors der Firma Wittenstein cyber motor GmbH aus Igersheim.

Nach vier Jahren Projektlaufzeit endete ProLemo im Dezember 2016. Die aufgebaute Prozesskette zur Herstellung der Motoren ist im Produktionstechnischen Labor E-Antriebe (PTLEA) am Campus Nord untergebracht.

Projektpartner in ProLemo sind die Firmen Wittenstein, Arburg, Aumann und Index sowie das Institut für Fahrzeugsystemtechnik des Karlsruher Instituts für Technologie.



Stator des ProLemo Projektes

Die New Mobility World ist eine B2B-Veranstaltung, die vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) und dem Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) unterstützt wird. Hier versammeln sich Innovatoren, digitale Pioniere, Start-ups aus der Automobilindustrie, um Themen wie Automatisiertes Fahren, Vernetzte Fahrzeuge, Urbane Mobilität, Mobilitätsdienstleistungen und Elektromobilität zu behandeln. ■

## Veranstaltungen

## 1<sup>st</sup> CIRP Conference on Composite Materials Parts Manufacturing

Am 8. und 9. Juni fand die erste „CIRP Conference on Composite Materials Parts Manufacturing“ (CCMPM) in Karlsruhe statt. In 57 Vorträgen und vier Keynotes wurden die aktuellen Trends im Bereich der Herstellung von Faserverbundkunststoffen (FVK) präsentiert und diskutiert. Die Konferenz war mit über 70 Gästen aus elf Ländern sehr gut besucht.

Ihren Ursprung hatte die Konferenz in einer von Prof. Fleischer organisierten, gleichnamigen Arbeitsgruppe der CIRP (Internationale Akademie für Produktionstechnik). Diese diskutiert die Thematik bereits seit einem Jahr intensiv. Die Inhalte der Konferenz dienen zudem als Input für das gleichnamige 2018 erscheinende CIRP Keynote Paper.

Die Welcome Reception zur Konferenz fand am Vorabend auf der Dachterrasse des KIT-Präsidium-Gebäudes statt. Die Keynote-Vorträge sowie ein Teil der Paper-Präsentationen wurden im direkt anschließenden neuen Senatssaal des KIT gehalten.

### Keynotes:

- Prof. Teti, Fraunhofer LEAPT, Neapel: „Machining of FRP Composite Materials“
- Prof. Henning, Fraunhofer ICT, Pfinztal: „Development of Structural Thermoplastic Composites by Considering Influence of Manufacturing“
- Prof. Möhring, IfW, Stuttgart: „Composites in Production Machines“
- Prof. Fleischer, KIT-wbk, Karlsruhe: DFG SPP 1712 „Intrinsic CFRP Metal Hybrids for Lightweight Structures“
- Dr. Marcin Bauza, Zeiss, Maple Grove „High Speed Inspection of Composite Parts using CT X-Ray and Deflectometry“

Die weiteren Schwerpunkte der Konferenz wurden auf folgende Themen gelegt:

- Advanced Manufacturing Processes
- Cutting of FRP
- Additive Manufacturing
- Recycling / Reusability
- Overall Process Chains
- AxisSymmetric Parts
- Mechanical Design and Simulation
- Quality Control and Structural Health Monitoring

Abgerundet wurde das gesamte Konferenzprogramm durch das Conference-Dinner im Garten-Saal des Karlsruher Schlosses sowie Exkursionen zum wbk Institut für Produktionstechnik und zum Fraunhofer Institut für Chemische Technologie. ■



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



Conference-Dinner im Garten-Saal des Karlsruher Schlosses



Keynote-Vortrag von Prof. Dr.-Ing. Jürgen Fleischer im Neuen Senatssaal des KIT



## Veranstaltungen

## Hack the Gripper: Erster Hackathon am wbk in Kooperation mit SCHUNK

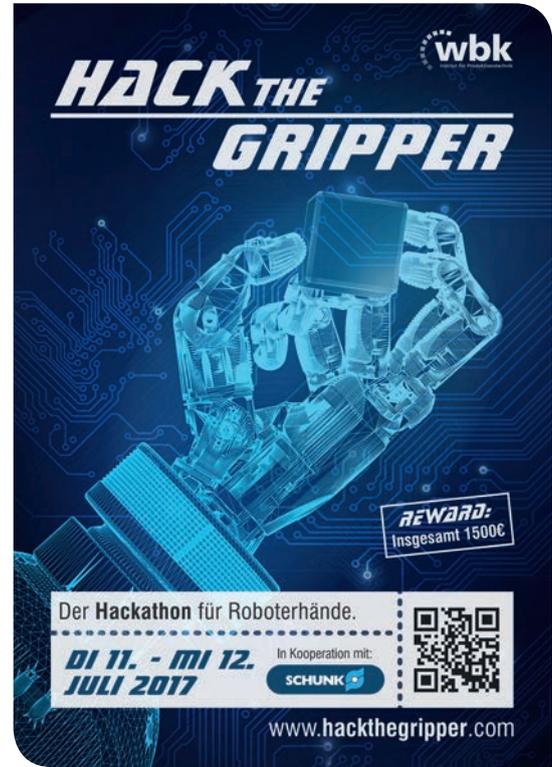


**Ansprechpartner am wbk:**  
M.Sc. Markus Schäfer  
Telefon: +49 721 608-47357  
markus.schaefer@kit.edu

32 Stunden Zeit, um Konzepte für intelligentes Greifen zu erarbeiten – das war die Aufgabe des Hackathons, zu dem das wbk Institut für Produktionstechnik Studenten des KIT aufrief.

Ein Hackathon ist ein in der Informatik weit verbreitetes Event zur Soft- und Hardwareentwicklung. Ziel ist es, Wissen aus Maschinenbau und Mechatronik mit der Software-Welt zu verknüpfen. „Die Kombination unterschiedlicher Studiengänge bringt neue Lösungsideen mit sich: Die Informatiker haben hochentwickelte Softwarekenntnisse, die Maschinenbauer die Ideen zur Integration in den Greifer“, sagt Prof. Jürgen Fleischer, Institutsleiter des wbk. Um seine Veranstaltung möglichst anwendungsnahe zu gestalten, arbeitete das wbk eng mit dem Industriepartner SCHUNK GmbH & Co. KG zusammen: „Für uns ist das Event die beste Möglichkeit, junge Talente kennenzulernen und neue Ansätze für die Zukunftsthemen Internet of Things und Digitalisierung zu finden“, erklärt Dr. Markus Klaiher, Technischer Geschäftsführer bei SCHUNK. Insgesamt waren Studenten der Fachrichtungen Informatik ebenso vertreten, wie Maschinenbauingenieure, Mechatroniker und Elektrotechniker.

Um funktionsfähige Prototypen im Themenbereich 4.0 zu bauen, standen den acht teilnehmenden Teams Greifer, diverse Mikrocontroller und vielfältige Sensorik zur Verfügung. Welche Aufgaben die Greifer erfüllen und in welchen Bereichen sie Anwendung finden sollten, entschieden die Grup-



Plakat mit Aufruf zur Teilnahme aller Studierenden des KIT.

pen in einer kurzen Ideenphase. Für die Prototypen konnten sie neben der gestellten Elektronik und Software auch eigene Teile 3D-drucken oder fräsen lassen.

Nach Ablauf der 32 Stunden präsentierten die Teams ihre Ideen: Neben Lösungen im Bereich Condition Monitoring und Bildverarbeitung setzten die Studenten auch themenspezifische Prototypen z.B. für die Sicherheitstechnik um. Beim Kooperationspartner war man von den Ergebnissen begeistert: „Die vorgestellten Lösungen haben in Originalität und Qualität all unsere Erwartungen übertroffen“, so der geschäftsführende Gesellschafter Henrik A. Schunk. Die Prototypen werden nun genau analysiert und gemeinsam mit den wbk weiterentwickelt.



Der SCHUNK Fachbeirat prüft die innovativen Konzepte auf Umsetzbarkeit im industriellen Umfeld.

## Veranstaltungen

**WerkstoffWoche 2017**

Die WerkstoffWoche stand in diesem Jahr unter dem Hauptschwerpunkt Additive Fertigung und fand vom 27.09. bis 29.09.2017 in Dresden statt.

Die WerkstoffWoche setzte sich aus einem Kongress mit einer Vielzahl an Fachvorträgen aus Wissenschaft und Industrie zusammen und konnte mit einer angegliederten Fachmesse rund 1.400 Teilnehmer überzeugen. Insgesamt waren 15 Symposienthemen vertreten, die jeweils mindestens einen Tag der WerkstoffWoche mit mehreren Fachvorträgen umfassten.

Professor Schulze war als Symposiumsorganisator vom Bereich „Produktionstechnische Aspekte im Umfeld der Additiven Fertigung“ für die gesamten drei Tage verantwortlich und hielt am Mittwochmorgen seinen Einführungsvortrag mit dem Titel: „Additive Fertigung auf dem Weg zum Produktionsprozess“. Er ging dabei auf das Produktionssystem Additive Fertigung ein und deren Herausforderungen im Kontext der Serienproduktion. Der Mittwoch stand im Fokus der Entwicklung von Prozessen und Anlagen. Hier war das wbk durch Quirin Spiller mit seinem

Vortrag „Experimentelle Untersuchung des ARBURG Kunststoff-Freiformens zur Herstellung metallischer Bauteile“ vertreten. Zum Thema am Donnerstag, Prozessketten mit Additiven Prozessen, steuerte Frau Götze den Beitrag „Analyse der zerspanenden Nachbearbeitung von lasergesinterten Bauteilen“ bei. Professorin Lanza präsentierte schließlich am Freitag im Themenkomplex Produktionssysteme für die Additive Fertigung und Additiv gefertigte Komponenten für die Fertigungstechnik das Thema „Prognose von Herstellkosten für das Laser-Strahlschmelzen (LBM) anhand serienfähiger Betriebsmittelkonzepte und Fertigungsfolgen“ und komplettierte somit die Veranstaltungsreihe und Repräsentanz des wbk.

Professor Schulze nahm zudem an Podiumsdiskussionen teil und betonte als Mitglied der Deutschen Gesellschaft für Materialkunde e.V. (DGM) und der Wissenschaftlichen Gesellschaft für Produktionstechnik (WGP), dass eine Verbindung beider Disziplinen für einen Serieneinsatz der AM-Fertigung notwendig ist und die WerkstoffWoche durch Repräsentation beider Bereiche dahingehend animieren sollte. ■



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



Professor Schulze bei einer Podiumsdiskussion der WerkstoffWoche Quelle:Dirk Heckmann



Veranstaltungen

## Deutsch-Französische Konferenz Industrie der Zukunft



**Ansprechpartner am wbk:**  
Prof. Dr.-Ing. habil.  
Volker Schulze  
Telefon: +49 721 608-42440  
volker.schulze@kit.edu

Am 06. Oktober 2017 fand im Karlsruher Schloss die 1. Deutsch-Französische Konferenz für die Industrie der Zukunft statt. Mehr als 80 Wissenschaftler und Vertreter der Industrie aus Deutschland und Frankreich diskutierten die Auswirkungen von Digitalisierung auf die industrielle Produktion von Morgen. Die Konferenz wurde vom Deutsch-Französischen Institut für Industrie der Zukunft organisiert.

### Das Deutsch-Französische Institut für Industrie der Zukunft

Das Deutsch-Französische Institut wurde vom Karlsruher Institut für Technologie (KIT) und der École Nationale d'Arts et Métiers ParisTech gegründet, um Synergien in der Produktionsforschung in beiden Ländern zu nutzen. Die Kooperation ist in die vier Themen Produktionssysteme, Robotik, Virtual und Augmented Reality und zukunftsweisende Fertigungsprozesse gegliedert und wird am KIT von über 14 Professoren aus vier Fakultäten aktiv gestaltet. Das Deutsch-Französische Institut baut auf die 20 Jahre starke Beziehung zwischen KIT und Arts et Métiers ParisTech auf. Gemeinsam mit französischen Kollegen aus der Forschung wurde im April 2016 beschlossen, die Kooperation zwischen Arts et Métiers ParisTech und KIT mit dem Institut für Industrie der Zukunft auszubauen. Das wbk Institut für Produktionstechnik nimmt mit seinen inhaltlichen Schwerpunkten auf deutscher Seite von Beginn an eine führende Rolle ein.

### Die Konferenz

Zur Konferenz wurden Vertreter von Industrie, Politik und Interessensvertretungen eingeladen, um die Entwicklung des Instituts zu präsentieren und die Anforderungen und Herausforderungen deutsch-französischer Kooperation zu diskutieren. Die Gastbeiträge haben gezeigt, dass das Zusammenspiel von Bildung, Forschung und Innovation den Grundstein für die Industrie der Zukunft legt. „Die Industrie ist einem harten Wettbewerb vor allem aus Asien ausgesetzt. Die digitale Revolution und die Modernisierung der industriellen Produktion stellt eine Notwendigkeit für Deutschland und Frankreich dar“, sagte Dr. Jean-Jacques Pierat, Botschaftsrat für Wissenschaft und Technologie in der französischen Botschaft in Berlin, welche die Konferenz unterstützt hat. „Die deutsch-französische Zusammenarbeit stellt den Kern eines wirtschaftlich geeinten, starken Europas dar“, sagte Dr. Carsten Polenz von SAP. In den Augen von Fabrice Gautier, Faurecia S.A., „stellt sich das Deutsch-Französische Institut genau den Herausforderungen, vor denen die moderne Industrie steht.“ Dabei wurde deutlich, dass die Herausforderungen der Industrie der Zukunft nicht nur von technischen Hindernissen, sondern auch von unterschiedlichen Verständnissen und Auffassungen der Partner geprägt sind. Vernetzung von Industrie und Wissenschaft und die Vermittlung interkultureller Kompetenzen in der Ausbildung stellen daher eine Kernaufgabe des Deutsch-Französischen Instituts dar. ■



Teilnehmer der Deutsch-Französischen Konferenz Industrie der Zukunft

## Veranstaltungen

## International Conference on Sustainable Manufacturing

Um nachhaltige Produktion ging es bei der diesjährigen Internationalen Konferenz für nachhaltige Produktion - International Conference on Sustainable Manufacturing (ICSM). Das Advanced Manufacturing Technology Center (amtc) und die Tongji Universität in Shanghai veranstalten die Konferenz jedes Jahr auf dem Jiading Campus der chinesischen Hochschule. Als Teil des Chinesisch-Deutschen Hochschulkollegs (CDHK) und des College of Mechanical Engineering (CME) der Tongji ist das amtc ein Beweis der chinesischen-deutschen Zusammenarbeit zwischen der Tongji und dem KIT. Die Konferenz wurde von Vogel Business Media Peking, MM Modern Manufacturing, goetzpartners, dem amtc und dem wbk organisiert.

In diesem Jahr fand die ICSM erstmals im Crown Plaza Hotel in Anting statt und präsentierte sich so der Industrie in einem neuen Licht. In den Keynotes von Prof. Fleischer und goetzpartnes ging es vor allem darum, wie man „local for local“ produzieren kann, unter Berücksichtigung verschiedener Aspekte von Trendthemen wie der Digitalisierung. In den anschließenden Sessions „Innovation Made in China“ und „Smart Manufacturing“ teilten die Referenten von Unternehmen wie Bosch Rexroth, Schunk, Fuchs oder EOS ihre Erfahrungen mit diesen Themen.



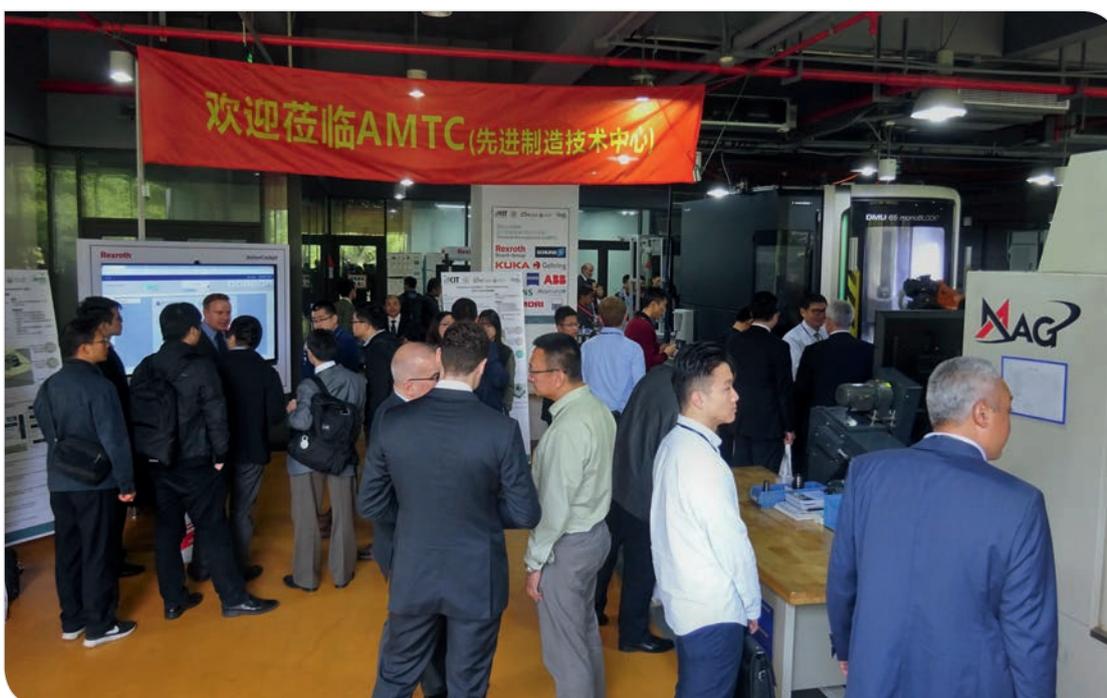
Prof. Fleischer bei der Keynote zum Thema "Characteristics of the Chinese market and consequences for R+D and production"

Beim anschließenden Besuch des amtc konnten die Konferenzteilnehmer das Thema an der I4.0 DemoLine hautnah erleben und sich einen eigenen Überblick zu den Forschungsarbeiten an der Tongji Universität bilden.

Die Konferenz mit etwa 140 Teilnehmern aus Forschung und Industrie war ein voller Erfolg. ■



**Ansprechpartner am wbk:**  
Dipl.-Ing.  
Christopher Ehrmann  
Telefon: +86 182 2137 4597  
amtc@wbk.kit.edu  
www.icsm.tech



Konferenzbesuch am amtc



## Veranstaltungen

## Herbsttagung: Made in China 2025 – Erfolgsrezepte für deutsche Unternehmen



**Ansprechpartner am wbk:**  
M.Sc. Sina Helming  
Telefon: +49 721 608-44297  
sina.helming@kit.edu

Die diesjährige wbk-Herbsttagung am 23. November stand unter dem Motto „Made in China 2025 – Erfolgsrezepte für deutsche Unternehmen“. Ziel war es, zu diskutieren, wie deutsche Unternehmen am chinesischen Markt trotz der im Jahr 2015 initiierten Strategie „Made in China 2025“ erfolgreich sein können.

In einem vielseitigen Programm aus Fachvorträgen von Vertretern der Industrie und der beiden wbk-Außenstellen in China wurden spannende Ansätze für Bestehen und Erfolg am chinesischen Markt vorgestellt.

Prof. Lanza eröffnete die Tagung. Sie stellte den gut 100 Teilnehmern die chinesische Wirtschaftsstrategie „Made in China 2025“ vor und erläuterte ihre Relevanz für deutsche Unternehmen. Im Anschluss ging Dr. Heuser (BASF) auf die Anforderungen ein, die der chinesische Markt an seine Akteure stellt. Stefan Klebert (Schuler AG) zeigte, inwiefern eine Zweimarkenstrategie als Erfolgsrezept für den chinesischen Markt dienen kann.

Nachdem Günter Krenz (Bosch Rexroth AG) einen Einblick in eine erfolgreiche deutsch-chinesische Kooperation zwischen Industrie und Forschung

gab, präsentierten Tobias Arndt und Christopher Ehrmann ausgewählte Projekte des wbk am chinesischen Markt.

Nach der Mittagspause und der Besichtigung des produktionstechnischen Labors stellte Prof. Gutzmer (Schaeffler AG) Erfolgsfaktoren vor, die für die Forschung und Entwicklung in globalen Strukturen wichtig sind. Anschließend gab Dr. Ganiyusufoglu einen Überblick, wie die Transformationsstrategie eines chinesischen Staatsunternehmens im Werkzeugmaschinenbau aussehen kann.

Prof. Fleischer erläuterte in seinem Vortrag zum Forschungsprojekt I4TP, inwiefern modulare Plug&Play-Lösungen sowie der Einsatz neuester Technologien erfolgversprechende Faktoren für deutsche Unternehmen in China sein können. Abschließend stellte Dr. Klaiber (Schunk GmbH) vor, wie die Automatisierung in China intelligent gestaltet werden kann.

Die Fachvorträge mündeten in einem regen Austausch über die Bedeutung der verschiedenen Erfolgsrezepte für das Bestehen am chinesischen Markt. ■



Diskussion der Vorträge auf der wbk-Herbsttagung 2017

## Veranstaltungen

## Globale Produktion in der Praxis

### Lernfabrik Globale Produktion

Immer mehr Produkte entstehen nicht mehr nur an einem Standort, sondern in weltweit verteilten Fabriken, die eng in einem Netzwerk zusammenarbeiten. Unternehmen müssen ihre Prozesse an diese neue Arbeitsaufteilung anpassen und Mitarbeiter entsprechend vorbereiten. Um diese, aber auch Studierende während ihrer Ausbildung praxisnah für diese Veränderungen zu qualifizieren, wurde eine Lernfabrik zum Thema Globale Produktion ins Leben gerufen. Das Besondere: Es ist bisher die weltweit einzige mit diesem Schwerpunkt.

Im Jahr 2017 fanden in der Lernfabrik drei Industrieschulungen zu den Themen Lean Management, skalierbare Automatisierung und Six Sigma statt. Außerdem nahmen im Rahmen einer Lehrveranstaltung 18 Studierende aus den Studiengängen Wirtschaftsingenieurwesen und Maschinenbau an der Lernfabrik teil.

### Schulung Skalierbare Automatisierung

Zum ersten Mal fand in diesem die Industrieschulung „Skalierbare Automatisierung“ statt: Über zwei Schultage hinweg hatten die 15 Teilnehmer ausführlich Gelegenheit das volle Potenzial der wandlungsfähigen Betriebsmittel in der Lernfabrik

zu erfahren. Anhand realistischer Szenarien von Qualitätsanforderungen, Lohnkostenentwicklung und Mitarbeiterfluktuation konnten die Produktionsplaner den optimalen Automatisierungsgrad der Linie auslegen und in jeweils 30-minütigen Produktionsrunden erproben.

### Ausblick

In den kommenden Monaten und Jahren wird sich die Lernfabrik mit hohem Tempo vor allem in der Vernetzung von Softwareanwendungen und Hardware weiterentwickeln. Der Einsatz von Augmented Reality in Werkerassistenz und Layoutplanung ist nur ein Ansatzpunkt. Neben der Vernetzung neuer Sensorik, für hochpräzise Ortung und Gestensteuerung wird auch die Arbeitsweise im Lernfabrik-Team in Richtung SCRUM, Wissensmanagement und 5S weiterentwickelt. ■



**Ansprechpartner am wbk:**  
M.Sc. Christoph Liebrecht  
Telefon: +49 721 608-46939  
christoph.liebrecht@kit.edu



Lernfabrik Globale Produktion, Bildquelle: Sandra Göttisheim/KIT



Forschungsbereich

## Fertigungs- und Werkstofftechnik (FWT)



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

Die Entwicklung neuer Produkte ist eine zentrale Ingenieursaufgabe, 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, additive Fertigung sowie Wärme- und Oberflächenbehandlung zählen zu den Kernkompetenzen des Bereichs Fertigungs- und Werkstofftechnik. Diese werden 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 Wälzschälen und Wirbeln zum Portfolio. Auf Seiten der Mikrobearbeitung kommen das Mikrofräsen, die Mikrofunkenerosion, die Laserablation sowie Kombinationen der drei Verfahren zum Einsatz.

Mithilfe 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 definiert 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. Zur gezielten Konturierung von Oberflächen wird neben dem Tauchgleitschleifen die Komplementärzerspannung untersucht und weiterentwickelt.

Bei den Untersuchungen im Bereich der Verbundwerkstoffe wie CFK, GFK und MMCs liegt der Fokus auf einer möglichst schädigungsarmen Be-



### Fertigungsprozesse

#### Prozessentwicklung

- Zerspanung
- Mikrobearbeitung
- Additive 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

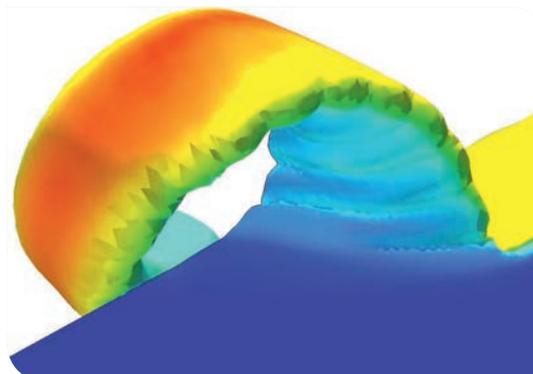
#### Bauteilverhalten

- Schwingende Beanspruchung
- Tribologische Beanspruchung
- Simulation der Bauteilzustände

arbeitung. Additive Verfahren unter der Verwendung von Keramiken und Metallen werden ebenfalls untersucht. Ein besonderes Augenmerk liegt hierbei auf dem Laserstrahlschmelzen. Die additive Fertigung findet immer dort Verwendung, wo die geforderten geometrischen Komplexitäten mit herkömmlichen Fertigungsverfahren nicht mehr oder nur noch sehr schwer herstellbar sind.

Die Simulation von Fertigungsprozessen ermöglicht eine Erweiterung des Prozessverständnisses. Mithilfe detaillierter Modelle werden unterschiedlichste Aspekte der Fertigungsprozesse, wie zum

Beispiel die Spanbildung, die Kinematik, der Werkzeugverschleiß und die Prozesstemperatur, untersucht. Dies ermöglicht die Reduzierung des Versuchsaufwands und zudem den Gewinn experimentell nicht zugänglicher Erkenntnisse. Mit den Simulationen wird die effiziente Auslegung von Bearbeitungsstrategien unterstützt und die Abbildung vollständiger Prozessketten ermöglicht. ■



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

Forschungsprojekt

## BMBF FaWiBo: Fahrwerkssystem für Wide-Body-Flugzeuge der nächsten Generation



**Ansprechpartner am wbk:**  
M.Sc. Eric Segebade  
Telefon: +49 721 608-45906  
eric.segebade@kit.edu

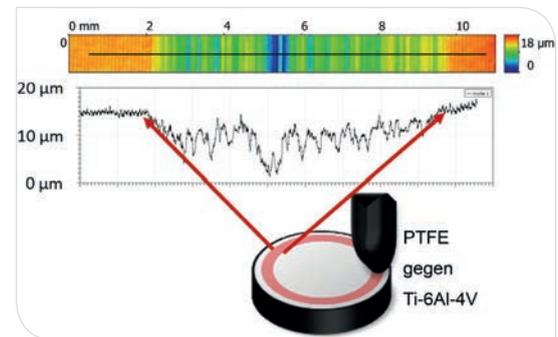
### Ziel des Vorhabens

Titan als Leichtbauwerkstoff findet in vielen Feldern Anwendung. Bei hoher Festigkeit bieten Legierungen wie Ti-6Al-4V eine geringe Dichte bei hoher Korrosionsbeständigkeit. Dem gegenüber steht ein ungünstiges tribologisches Verhalten. Dieses führt im Reibkontakt zu starkem Verschleiß der Bauteiloberfläche, was den Einsatz in bewegten Teilen, wie dem Fahrwerk von Flugzeugen, problematisch macht. Im vom BMWi geförderten Verbundprojekt FaWiBo werden daher mit Liebherr Aerospace als Projektkoordinator Möglichkeiten gesucht, um die Wide-Body Flugzeuge der nächsten Generation durch den verstärkten Einsatz von Titan so leicht wie möglich zu gestalten. Hierzu soll das Verschleißverhalten der Titanlegierung Ti-6Al-4V bereits während der spanenden Fertigung der Bauteile optimiert werden.

### Vorgehensweise

Von Schmiermitteln über Beschichtungen und die Topographie, bis hin zu mikroskopischen Veränderungen der Randschicht existieren viele Optionen, das Reibungs- und Verschleißverhalten einer Oberfläche zu verbessern. Das wbk arbeitet im Projekt FaWiBo eng mit den Tribologen des Instituts für angewandte Materialien zusammen, um fertigungsseitig die Mikrostruktur der Randschicht von Titanbauteilen, wie in der oberen Abbildung gezeigt, für tribologische Anwendungen zu optimieren. Gemessen werden neue Techniken in Pin-On-Disk- und Fretting-Versuchen, welche das

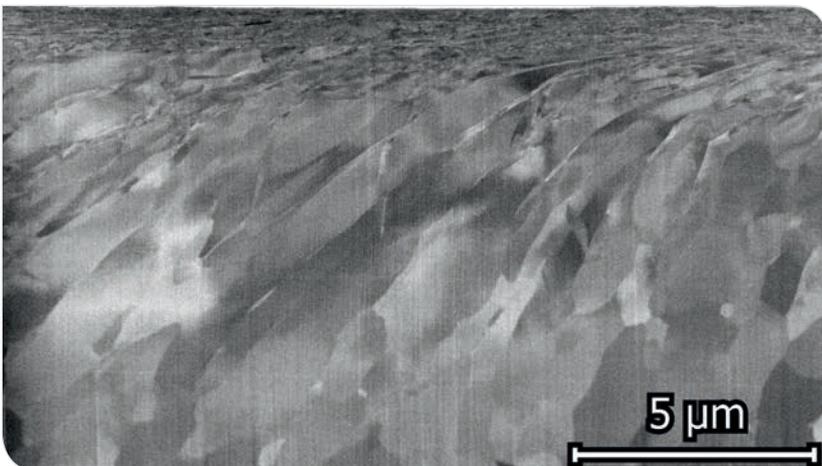
Verschleißverhalten unter kontinuierlichem und wechselndem Reibkontakt abbilden. Um das volle Potential der Randschichtoptimierung auszunutzen, sind neuartige Strukturierungstechniken und experimentelle Untersuchungen zur Entstehung einer Schutzschicht während der Zerspanung geplant. Als Nebenziel wird dabei immer auch die Produktivität in der Fertigung betrachtet, um das Kosten-Nutzen Verhältnis zu optimieren.



Beispielhaftes Ergebnis eines Pin-On-Disk Versuches: Verschlossener Laufweg des Stiftes.

### Ergebnisse

In Zerspanungs- und Verschleißuntersuchungen hat sich gezeigt, dass Prozessstellgrößen und Asymmetrie der Schneidkante geeignet sind, gezielt nanokristalline Randschichten in Ti-6Al-4V einzustellen. Obwohl der Verschleiß positiv beeinflusst werden konnte, stellen die derzeit erzielten Verschleißraten noch keine endgültige Lösung dar. Die untere Abbildung zeigt beispielhaft eine Verschleißmessung nach dem Pin-On-Disk-Versuch. Die experimentellen Grundlagenuntersuchungen sowie die tribologische Qualifizierung von Titan sollen mit aktuell verwendeten Leichtbaulegierungen im Flugzeugbau verglichen werden. So sollen langfristig massive Stahlbauteile am Fahrwerk durch Titan ersetzt werden ■



Beispiel einer Mikrostrukturaufnahme einer zerspannten Titanrandschicht mittels Focused-Ion-Beam.

Forschungsprojekt

## Komplementärzerspanung

### Ziel des Vorhabens

Bei der spanenden Herstellung hochbelasteter, metallischer Bauteile folgt der Zerspanung in der Regel eine mechanische Oberflächenbehandlung. Deren Ziel ist die gezielte Verbesserung der Bauteilzustände, wie etwa des Eigenspannungszustandes, der Verfestigung, Mikrostruktur oder Topographie, um Bauteileigenschaften, wie die Lebensdauer, zu verbessern.

Bei der Komplementärzerspanung erfolgt die mechanische Oberflächenbehandlung mit dem Zerspanungswerkzeug. Charakteristisch dabei ist, dass die Bearbeitungsrichtungen von Zerspanung und Oberflächenbehandlung entgegengesetzt erfolgen. Durch die plastische Verformung der Werkstückoberfläche werden die Bauteilzustände gezielt beeinflusst.

### Vorgehensweise

Die Untersuchung der Komplementärzerspanung erfolgt experimentell sowie simulativ im orthogonalen Schnitt. Um den Mechanismus zu verstehen, wird an einem Modellwerkstoff (Armco-Reineisen) das Werkstoffverhalten während der Komplementärzerspanung untersucht. In einem weiteren Schritt werden die Kenntnisse auf einen technisch relevanten Vergütungsstahl (42CrMo4) übertragen. Neben den untersuchten Werkstoffen steht das Zerspanungswerkzeug im Fokus der Untersuchungen: Unterschiedliche Schneidkantenmikrogeometrien werden hinsichtlich ihrer Wirkung auf die resultierenden Bauteilzustände, aber auch auf den Werkzeugverschleiß simulationsgestützt analysiert.

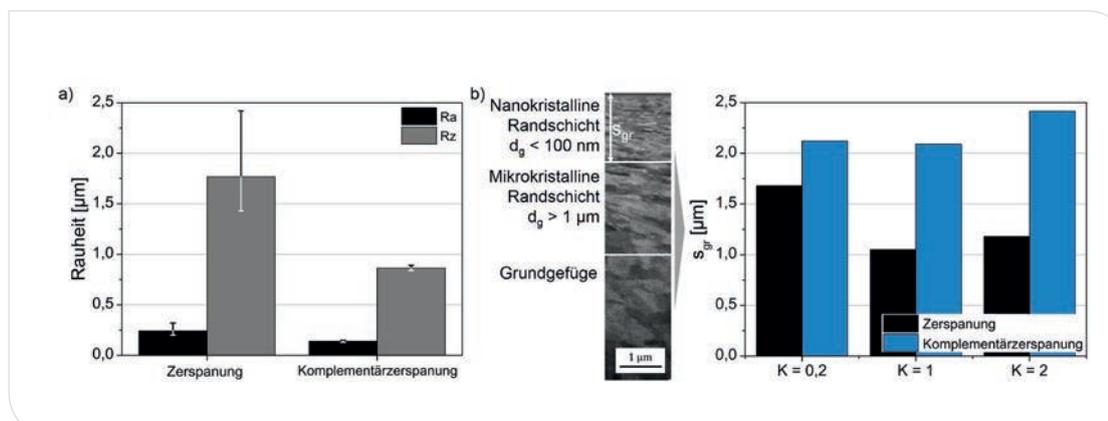
### Ergebnisse

Die Ergebnisse zeigen, dass durch die Komplementärzerspanung die resultierenden Randschichtzustände gezielt eingestellt bzw. beeinflusst werden können. So kann etwa die Rauheit reduziert sowie die Mikrostruktur (nanokristalline Randschichten) durch geeignete Prozessstellgrößen, wie Bearbeitungsgeschwindigkeit und Zustellung, gezielt beeinflusst werden (vgl. Abbildung). Zusätzlich spielt die Schneidkantenmikrogeometrie (Form-Faktor K) eine wesentliche Rolle. Dieser zusätzliche Freiheitsgrad kann das thermo-mechanische Lastkollektiv auf das Werkzeug reduzieren, den somit einsetzenden Werkzeugverschleiß verringern und gleichzeitig die gewünschten Bauteilzustände erreichen.

In der kürzlich bewilligten Fortsetzung des erfolgreichen Forschungsprojekts wird die Komplementärzerspanung auf den technisch relevanten Drehprozess übertragen und mittels geeigneter Prozessstrategien (Kühlschmierkonzepte) weiterentwickelt. ■



**Ansprechpartner am wbk:**  
Dipl.-Ing.  
Michael Gerstenmeyer  
Telefon: +49 721 608-45906  
michael.gerstenmeyer@kit.edu



Bauteilzustände nach der Zerspanung und Komplementärzerspanung: a) Rauheit, b) nanokristalline Randschicht



Forschungsbereich

## Maschinen, Anlagen und Prozessautomatisierung (MAP)

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

Maschinen und Anlagen in künftigen Produktionen müssen sich in einem ständig ändernden wirtschaftlichen und technologischen Umfeld behaupten und damit dem weiter steigenden internationalen Wettbewerbsdruck gerecht werden. Neben wesentlichen Kriterien wie Stückzahl- und Variantenflexibilität sowie der Minimierung von Investitions- und Instandhaltungskosten rückt der Umgang mit unreifen Technologien, beispielsweise aus der Elektromobilität oder der Leichtbauproduktion, in den Vordergrund. Gerade in Gebieten, in denen Produkteigenschaften und geeignete Produktionsarchitekturen und -parameter noch weitgehend unbekannt sind, sind interdisziplinäre Lösungen von Ingenieuren aller technischen Fachrichtungen gefordert, um geeignete produktions-technische Lösungen entwickeln zu können. Die

notwendige Verschmelzung von Produkt- und Produktionstechnologieentwicklung muss dabei intensiver denn je betrieben werden, um Marktanforderungen zu erfüllen und an Hochlohnstandorten, wie Deutschland, weiter wettbewerbsfähig bleiben zu können.

Zukünftige Generationen mechatronischer Produkte sowie die zugehörige Produktionstechnik integrieren dafür neben der klassischen Mechanik zunehmend IT-Bausteine sowie Leistungs- und Regelungselektronik, um immer schnellere, flexiblere und energieeffiziente Produkte und Produktionsprozesse anbieten zu können. Die Kernkompetenzen des Bereichs Maschinen, Anlagen und Prozessautomatisierung liegen in diesem Kontext in der Entwicklung und Auslegung von intelligenten, ressourceneffizienten Komponenten für Maschinen und Anlagen sowie in der Gestal-



### 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

tung kompletter, automatisierter Prozessketten. Im Fokus stehen dabei Handhabungs- und Montagetechnologien, Greiftechniken sowie die Herstellung und Entwicklung mechatronischer 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 Fragestellungen und Problemen produzierender Firmen praxisnah begegnen zu können. Ein besonderes Augenmerk der Forschungs- und Entwicklungs-



Demonstrator für intelligente Vorschubachsen auf der EMO 2017

arbeiten liegt dabei auf dem ressourcenschonendem Umgang mit Energie und den eingesetzten Ausgangsmaterialien sowie auf der wachsenden Digitalisierung und Vernetzung von Produktionstechnologie. Ziel ist dabei nicht nur die Schonung von Ressourcen, sondern ebenso die Steigerung der Wirtschaftlichkeit von Produktionsprozessen. Bereits während der Konzeptionsphase der Forschungsarbeiten müssen diese Ziele und damit einhergehende wissenschaftliche Fragestellungen in Zusammenarbeit mit den Forschungs- und Industriepartnern berücksichtigt werden.

Ein aktuelles Thema im Anwendungsfeld Werkzeugmaschinen ist etwa die Entwicklung intelligenter Maschinenkomponenten mit Industrie 4.0-Funktionalitäten. Beispiele sind Systeme zur Zustandsdiagnose und -prognose für intelligente mechanische Antriebskomponenten oder zur adaptiven Einstellung der dynamischen Eigenschaften von Maschinenbauteilen. Weitere Themenbereiche sind die Wertgestaltung von Montageanlagen, Herstellung mikromechatronischer Produkte durch Sinterfügen, piezoelektrische Schwingförderer, neuartige Verfahren zur Schwingungsanalyse oder die Untersuchung von Antriebssystemen für Werkzeugmaschinen.

Im Anwendungsfeld Leichtbaufertigung werden derzeit ganzheitliche Prozessautomatisierungslösungen 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, 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

## Robotop – Modulare, offene und internetbasierte Plattform für Roboter-Anwendungen in Industrie und Forschung



**Ansprechpartner am wbk:**  
Dipl.-Ing. Fabian Ballier  
Telefon: +49 721 608-41674  
fabian.ballier@kit.edu

### Ziel des Vorhabens

Bedingt durch die hohe Komplexität von Roboteranwendungen und die steigenden technischen Anforderungen an Verfügbarkeit, Reproduzierbarkeit bzw. Qualität und Sicherheit von industriellen Anwendungen, sind zur erfolgreichen Realisierung robotischer Applikationen bisher ein hohes Fachwissen, ein großer Erfahrungsschatz und umfangreiche Kenntnisse der Normungslage erforderlich. Dies stellt eine besondere Eintrittsbarriere zur Nutzung industrieller Servicerobotik-Anwendungen durch kleine und mittlere Unternehmen (KMU) dar.

Das Ziel des Projekts ROBOTOP ist eine modulare, offene Plattform für industrielle Logistik- und Service-Roboter. Diese soll die Basis für die Erschließung des Massenmarktes für Roboter insbesondere in Service-, Logistik- und Fertigungsanwendungen darstellen.

### Vorgehensweise

Das Projektkonsortium setzt sich aus Herstellern von Automatisierungskomponenten, Integratoren und Anwendern von Automatisierungssystemen sowie Forschungseinrichtungen in den Bereichen Robotersimulation- und Schnittstellenentwicklung zusammen.

Das wbk übernimmt in diesem interdisziplinären Team die Auswahl der Komponenten. Dabei ist insbesondere zu klären, wie diese auf den verschie-

den Ebenen kombiniert werden müssen und welche Restriktionen dabei gelten. Hierdurch soll der unerfahrene Benutzer unterstützt durch eine Konfigurationslogik nur die Komponenten vorgeschlagen bekommen, die sowohl für seine Aufgabe geeignet als auch untereinander kompatibel sind.

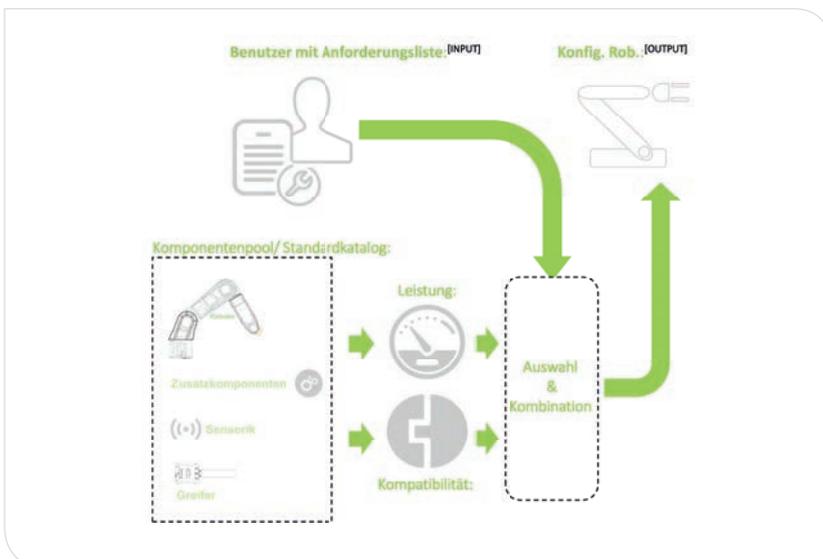
Diese Konfigurationslogik baut auf einem Komponentenpool auf, der innerhalb des Projekts zusammengestellt wird. Zur Beschreibung von Komponenten werden dabei möglichst allgemeingültige Eigenschaften bezüglich der Kompatibilität und den typischen Leistungsmerkmalen definiert. In diesen Komponentenpool sollen insbesondere solche Elemente aufgenommen werden, die bereits heute häufig zur Anwendung kommen.

Die Entwicklung der Konfigurationslogik stützt sich insbesondere auf die Erfassung von Best-Practice-Lösungen aus der realen Produktion. Am Beispiel dieser realen Automatisierungslösungen werden Zusammenhänge zwischen den verwendeten Komponenten und den daraus resultierenden Eigenschaften der Anlage abgeleitet.

### Ergebnisse

Die erarbeiteten Methoden werden innerhalb des Projekts in zwei Prototypen an realen Automatisierungsaufgaben validiert. Das Gesamtergebnis wird der Konfigurator selbst sein, der nach Abschluss des Projekts dazu beiträgt die Automatisierung durch Robotiksysteme zu erleichtern.

Mehr zu der aktuellen Entwicklung finden Sie unter: <https://robotop-konfigurator.de>



Modularer Aufbau einer flexiblen Fertigungsanlage zur Herstellung von hybriden Bauteilen.

Forschungsprojekt

## DFG SPP1551: Ressourceneffizienter Kugelgewinde-trieb durch adaptive Schmierung

### Ziel des Vorhabens

Das über zwei Förderperioden von 2011 bis 2017 durch die DFG geförderte Projekt sollte eine Methodik zur Erhöhung der Lebensdauer von Kugelgewindetrieben (KGT) mittels adaptiver Schmierung erarbeiten. Durch eine bedarfsgerechte Schmierstoffzufuhr soll dauerhaft ein verschleißminimaler Zustand des KGT aufrechterhalten und dessen Ressourceneffizienz über den kompletten Lebenszyklus gesteigert werden.

### Vorgehensweise

In der ersten Projektphase im Schwerpunktprogramm 1551 wurde ein mathematisches Modell der Reibungs- und Betriebseigenschaften von KGT validiert. Außerdem wurde für statische Betriebsparameter nachgewiesen, dass eine adaptive Schmierung auf Basis der Reibungs- und Temperaturüberwachung an der KGT-Mutter die erreichbare Komponentenlebensdauer um durchschnittlich 70% erhöhen kann. In der zweiten Projektphase wurde darauf aufbauend die für statische Betriebslasten validierte, adaptive Schmierung auf die Anforderungen dynamisch veränderlicher Betriebslasten erweitert. Hierzu wurde zunächst ein Schmieralgorithmus erarbeitet, der es auch unter wechselnden Belastungen erlaubt, eine adaptive Schmierung auf Basis der Führungsgrößen Reibmoment und Temperatur durchzuführen. Kernelement ist hierbei ein Reibungsmodell für variable Lasten und Drehzahlen, das für die Führungsgrößen Reibmoment und Temperatur einen tolerierbaren SOLL-Wertebereich kalkuliert. Im nächsten Arbeitsschritt wurde eine kostengünstige Sensorik

entwickelt, welche es erlaubt, die zur adaptiven Schmierung notwendigen realen IST-Werte von Axialkraft, Drehzahl, Reibmoment und Temperatur im dynamischen Betrieb der Vorschubachse zu erfassen. Die Validierung erfolgte abschließend durch Implementierung in einer realen Vorschubachse.

### Ergebnisse

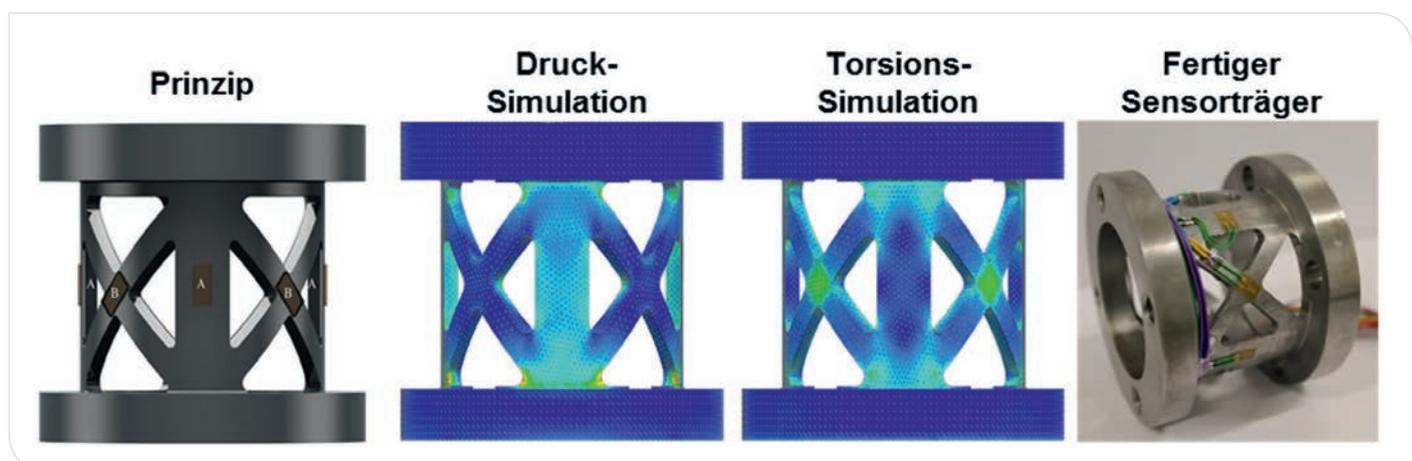
Die im Projekt entwickelte Software und Messtechnik erlaubt im dynamisch veränderlichen Betrieb die kontinuierliche Schmierbedarfsüberwachung von KGT sowie eine auf den Messgrößen Reibmoment und Temperatur basierende adaptive Nachschmierung. Im Vergleich zu bisherigen Systemen zur Zustandsüberwachung kann auftretender Verschleiß nicht nur messtechnisch detektiert, sondern durch die bedarfsgerechte Schmierstoffzufuhr aktiv reduziert werden.

Die Abbildung zeigt den zur adaptiven Schmierung von KGT eingesetzten Sensorträger. Durch Dehnmessstreifen (DMS) zur Axialkraftmessung (A) und Momentenmessung (B) in Verbindung mit Microcontrollern zur Messauswertung konnte eine kostengünstige Messvariante umgesetzt werden.

Das wbk stellte eine Vorschubachse mit adaptiver Schmierung auf der EMO 2017 aus, bitte beachten Sie hierzu den Artikel auf Seite 21. ■



**Ansprechpartner am wbk:**  
Dipl.-Ing. Andreas Spohrer  
Telefon: +49 721 608-44289  
andreas.spohrer@kit.edu



Hochintegriertes Achssystem mit beweglichem Kolbengehäuse und Glasmaßstab zur linearen Lageregelung



Forschungsbereich

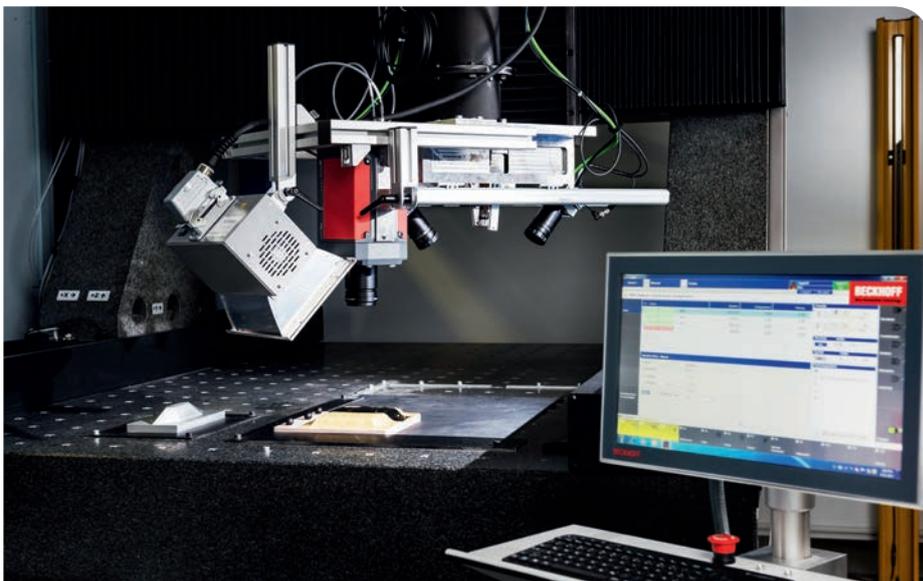
## Produktionssysteme (PRO)

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

Vor dem Hintergrund eines zunehmend volatilen Marktumfelds und vielfältiger Potentiale, die sich durch die Digitalisierung und neue Fertigungstechnologien ergeben, ist ein fundiertes Verständnis vom technologischen Prozess bis hin zum weltweit verteilten Produktionsnetzwerk erforderlich. Der Forschungsbereich Produktionssysteme (PRO) betrachtet Ansätze zum Planen, Bewerten und Regeln der Produktion von morgen, d. h. agile Produktionssysteme mit robusten Prozessen in einer globalen, digitalisierten Produktionsumgebung.

Die wissenschaftlichen Mitarbeiter entwickeln Strategien zur datengetriebenen Planung und Steuerung von Produktionsnetzwerken. Im Fokus steht dabei, die Unternehmensstrategie möglichst nahtlos in die taktische und operative Ausgestaltung des Netzwerkes zu übersetzen. Hierbei werden insbesondere die Potentiale der Digitalisierung sowie mathematische Methoden der Datenanalyse und Optimierung genutzt.

Zur gezielten Anpassung globaler Produktionsnetzwerke werden Methoden zur Planung des „Global Footprint“ entwickelt und alternative Migrationspfade untersucht. Um auf Störungen wie Qualitätsprobleme oder Lieferverzögerungen besser reagieren zu können, werden die Informationsflüsse im Netzwerk, der Einsatz neuer Technologien sowie Kooperationsmodelle analysiert. Auf dieser Basis werden auch Ansätze zur dynamischen Steuerung der Materialflüsse im Netzwerk erforscht.



Inline-Messtation zur Qualitätssicherung von faserverstärkten Kunststoffbauteilen  
Bildquelle: Sandra Göttisheim/KIT

### Globale Produktionsstrategien

- Strategische Planung von Produktionsnetzwerken
- Standortgerechte Produktion unter Einsatz von Industrie 4.0
- Informations- und Qualitätsmanagement/ im Supply Network
- Auftragsbasierte Produktions- und Logistikplanung in Netzwerken

### Produktionssystemplanung

- Adaptive Produktionssysteme
- Industrie 4.0-Methoden
- Digitalisierungsstrategie
- Maschinelles Lernen und Data Mining
- Agile Fabrikplanung
- Robuste, intelligente Produktionssteuerung
- Kostenbewertung und simulative Absicherung
- Technologieplanung

### Qualitätsmanagement

- In-line Messtechnik für unreife Prozesse
- Softsensorik für intelligente Datenanalyse
- Funktionsorientiertes Messen
- Autonome Messtechnik zur Nutzerunterstützung
- Messunsicherheitsermittlung
- Prozessregelung durch Rückführung von Qualitätsdaten

Auf Standortebene müssen Produktionsnetzwerke aus robusten Systemen bestehen, die sich dem dynamischen Produktionsumfeld schnell und aufwandsarm anpassen. Diese Wandlungsfähigkeit erlangt durch 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 und autonomen Reaktion genutzt werden. Für besonders variantenreiche Produktionssysteme werden Matrixanordnungen der Produktionsschritte analysiert, die durch selbststeuernde Transportsysteme miteinander verbunden sind, für die Steuerungsalgorithmen auf Basis Maschinellen Lernens entwickelt werden.



Lernfabrik Globale Produktion, Bildquelle: Sandra Göttisheim/KIT

Auch die Rolle des Menschen in der Interaktion mit innovativen, digitalen Assistenzsystemen steht im Forschungsfokus. Des Weiteren liegt auf der Technologievorausschau unreifer Fertigungstechnologien wie etwa additiver Verfahren. Datengetriebene Geschäftsmodelle, zum Beispiel unter Nutzung von Cloud-Daten oder proaktiver regelkreisbasierter Qualitätssicherung, werden ebenso intensiv betrachtet.

Zur Beherrschung höchster Prozessqualität insbesondere bei unreifen Fertigungsprozessen, zum Beispiel zur Herstellung von Faserverbundbauteilen oder Brennstoffzellen, beschäftigt sich die PRO intensiv mit der Entwicklung In-Line-fähiger Fertigungsmesstechnik. Neben der Integration und Applikation geeigneter Sensoren in die spezifische Anlagentechnik kommt dabei dem Einsatz innovativer Verfahren der Datenanalyse mittels Maschinellen Lernens große Bedeutung zu. Zur Entwicklung sogenannter Softsensoren werden verstärkt die Datenfusion unterschiedlicher Sensoren sowie die Integration von Vorwissen verfolgt. So werden für die Charakterisierung von CFK-Preforms neben optischen (laserbasierten) Messverfahren auch vielfältige zerstörungsfreie Prüfverfahren, zum Beispiel Thermographie-, Wirbelstrom- und Ultraschall-Sensorik, integriert eingesetzt. Für das additive Fertigungsverfahren des Laserstrahlschmelzens wird eine prozessintegrierte akustische Sensorik zur Detektion von Fehlstellen im Material während des Aufbauprozesses entwickelt. Die gewonnenen Messergebnisse werden

genutzt, um effektive Qualitätsregelkreise umzusetzen. Insbesondere um Baugruppen aus Komponenten zu realisieren, deren Fertigungsprozesse an technologische Grenzen stoßen, werden echtzeitfähige Paarungsstrategien untersucht. Bei der Erforschung der In-Line-Messtechnik in vielfältigen Anwendungsfällen geht es auch um die aufgabenspezifische Messunsicherheit, um die Güte der Messergebnisse zu bewerten. Am wbk steht hierzu 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

**EU-Projekt INLINE**

**Ansprechpartner am wbk:**  
M.Sc. Tom Stähr  
Telefon: +49 721 608-46166  
tom.staehr@kit.edu

**Ziel des Vorhabens**

Das Technologietandem Wasserstoff und Brennstoffzelle bringt viele Vorteile. Anders als Batterien lassen sich Brennstoffzellentanks innerhalb weniger Minuten betanken und sind aufgrund ihrer hohen Energiedichte leichter. Bisher steckt in der Herstellung der hochkomplexen Einheiten jedoch viel Handarbeit. Daher sind die Herstellungskosten hoch und die Verbreitung niedrig. Wie ein flexibler Prozess für die wirtschaftliche Großserienproduktion von Brennstoffzellen aussehen kann, untersucht das EU-Projekt „INLINE“.

**Vorgehensweise**

Gemeinsam mit den Unternehmen Profactor, Fronius, Elring Klinger und OMB Saleri designen die Ingenieure eine Produktionslinie, die bis zu 50.000 Teile pro Jahr fertigen kann. Flexible Montagestationen ermöglichen den schrittweisen Übergang von der manuellen Montage zu automatisierten Prozessen. Das wbk erstellt für INLINE ein Konzept für die Skalierung der modularen Montage der Brennstoffzelle, um flexibel auf schwankende Stückzahlen zu reagieren und das Investitionsrisiko zu minimieren. Zudem entwickeln die Ingenieure die Inline-Messtechnik, die während des Montageprozesses Daten erfasst, die zur Prozesssteuerung und Qualitätssicherung beitragen. Durch Simulations-

modelle können die Partner verschiedene Designs der Produktionslinie sowie Produktionsszenarien analysieren und bewerten. Die EU fördert das Vorhaben mit 3,2 Millionen Euro aus dem Programm „Horizon 2020“.

**Ergebnisse**

Am Ende des Projektes sollen drei konkrete Ergebnisse stehen. Zum einen wird ein neues Design für die Medienzufuhr als Teil der Endplattenmontage entwickelt, um Taktzeit und Kosten zu verringern. Zum anderen soll die Qualitätssicherung automatisiert werden, um die Prüfung zu verbessern und die Nachverfolgbarkeit bei kritischen Komponenten zu gewährleisten. Als drittes Ergebnis soll der Produktionsprozess auf bis zu 50.000 Teile pro Jahr skaliert werden, durch eine Kombination von manuellen und automatisierten Prozessschritten mithilfe von Assistenzsystemen. ■



Demonstrator: Mobile PEM-Brennstoffzelle im Flurförderzeug, Bildquelle: © Fronius International GmbH 2016

Forschungsprojekt

## KitkAdd - Kombination etablierter Technologien mit additiven Fertigungsverfahren in einer Prozesskette

### Ziel des Vorhabens

Die additive Fertigung ermöglicht Anwendern eine hohe Funktionsintegration, individualisierte Produkte und eine wirtschaftliche Produktion in Kleinserie. Dadurch steigt die industrielle Bedeutung solcher Verfahren. Das Laserstrahlschmelzen (LBM) ist hierbei hervorzuheben, weil es bereits im Bereich des Prototypenbaus und der Kleinserienfertigung etabliert ist. Um die Wirtschaftlichkeit des Verfahrens zu verbessern, arbeitet das wbk an folgenden zwei Themenfeldern:

### Vorgehensweise

Zur Erhöhung der Produktivität sollen nur Funktionsträger, d.h. die Einzelbereiche eines Bauteils additiv gefertigt werden, in denen LBM einen Mehrwert bieten kann. Etablierte Fertigungsverfahren, wie Zerspanen oder Gießen, kommen dort zum Einsatz, wo sie wirtschaftlicher sind oder LBM technisch nicht möglich ist. Entsprechend wird für jedes Produkt, bzw. jeden Funktionsträger, untersucht, mit welchen Fertigungsverfahren es am besten hergestellt werden kann. Eine ganzheitliche Bewertung der möglichen Technologieketten führt zu technisch umsetzbaren und wirtschaftlichen Technologieketten.

### Prozessüberwachung

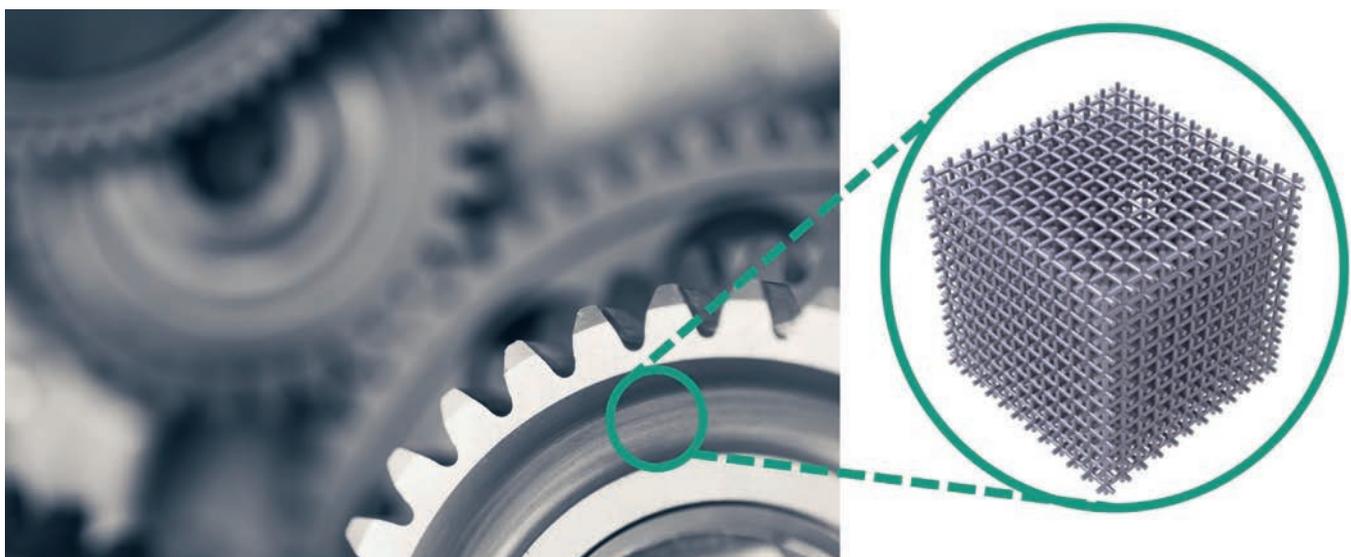
Werden die Messaufgaben im LBM-Prozess mittels prozessnaher Sensoren in die Anlage integriert, können sie Prozessparameter (Pulverschichtdicken, Temperatur, u.a.) dynamisch während des Aufbauprozesses regeln oder durch die frühe Erkennung irreparabler Defekte eine Veredelung von Schrott vermeiden. Bisherige prozessintegrierte Messverfahren bieten keine Ansätze zur zuverlässigen Überwachung innenliegender Strukturen der gefertigten Bauteile. Um im Prozess innenliegende Strukturen und Defekte beurteilen zu können, bieten sich akustische Messmethoden an. Dazu wird am wbk ein Sensor in den LBM-Prozess integriert, der akustische Signale während der Laserbearbeitung aufzeichnet. Durch eine intelligente Datenauswertung können Aussagen über Prozessstabilität und Bauteileigenschaften getroffen werden.

### Ergebnisse

Mit der systematischen Auswahl wirtschaftlicher Technologieketten und einer prozessnahen Messtechnik zur Prozessstabilisierung leistet das wbk in dem Forschungsvorhaben KitkAdd einen Beitrag zur Steigerung der Wirtschaftlichkeit und Industrialisierung des Laserstrahl-Schmelzens. Das Bundesministerium für Bildung und Forschung fördert das Projekt. ■

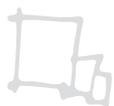
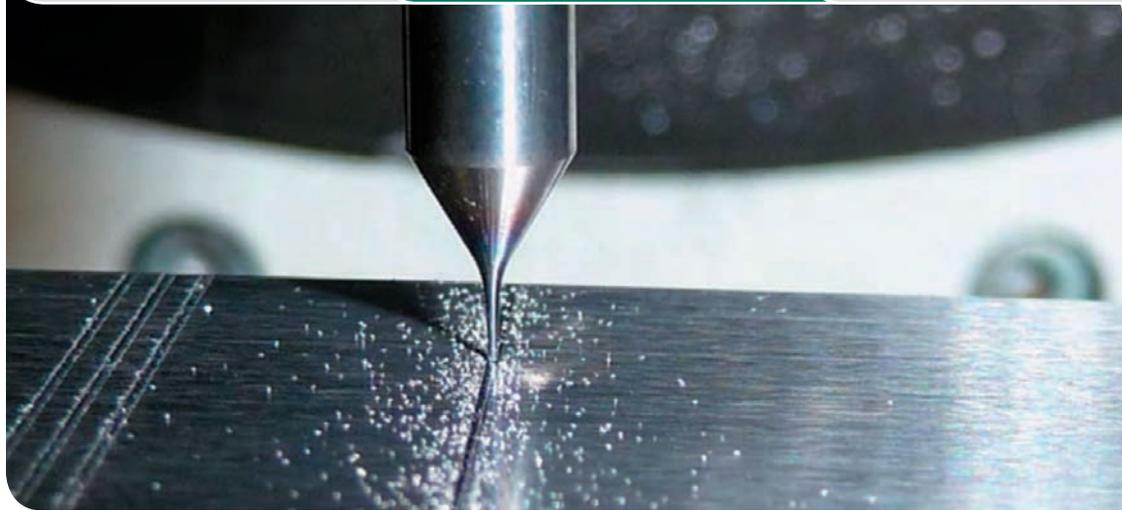


**Ansprechpartner am wbk:**  
M.Sc. Niclas Eschner  
Telefon: +49 721 608-44016  
niclas.eschner@kit.edu



Zahnrad mit additiv gefertigter, innenliegender Gitterstruktur zur Massenreduzierung und Geräuschdämpfung

Mikrofräsen in Stahl  
mit einem 300 µm  
Hartmetallfräser



Forschungsschwerpunkt

## Mikroproduktion (MP)



**Ansprechpartner am wbk:**  
Dipl.-Ing.  
Michael Gerstenmeyer  
Telefon: +49 721 608-45906  
michael.gerstenmeyer@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 Systeme und mikrostrukturierte Komponenten 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 be-

gegenen, werden eine prozesssichere Fertigung, Handhabung, Montage und Qualitätssicherung gewährleistet sowie die erarbeiteten Kompetenzen in interdisziplinäre zukunftssträchtige 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

## Qualitätsregelkreise für die wirtschaftliche Herstellung von Präzisionsprodukten

Immer weiter steigende Anforderungen an die Produktqualität von Mikrobauteilen und Bauteilen mit Mikro-Features stellen Hersteller vor große Herausforderungen. Bei der Fertigung von Präzisionsprodukten, mit engen Toleranzen im Bereich weniger Mikrometer und Bauteilmaßen von wenigen Millimetern, werden aktuell technologische Fertigungsgrenzen erreicht. Hohe Anforderungen, um präzise Funktionen und Effizienzsteigerung sicherzustellen, bestehen vor allem in den Bereichen Automotive, Medizintechnik und Luftfahrt.

Das Ziel des Forschungsschwerpunkts Mikroproduktion ist, qualitativ hochpräzise Produkte durch die Anwendung von Qualitätsregelkreisen wirtschaftlich herzustellen.

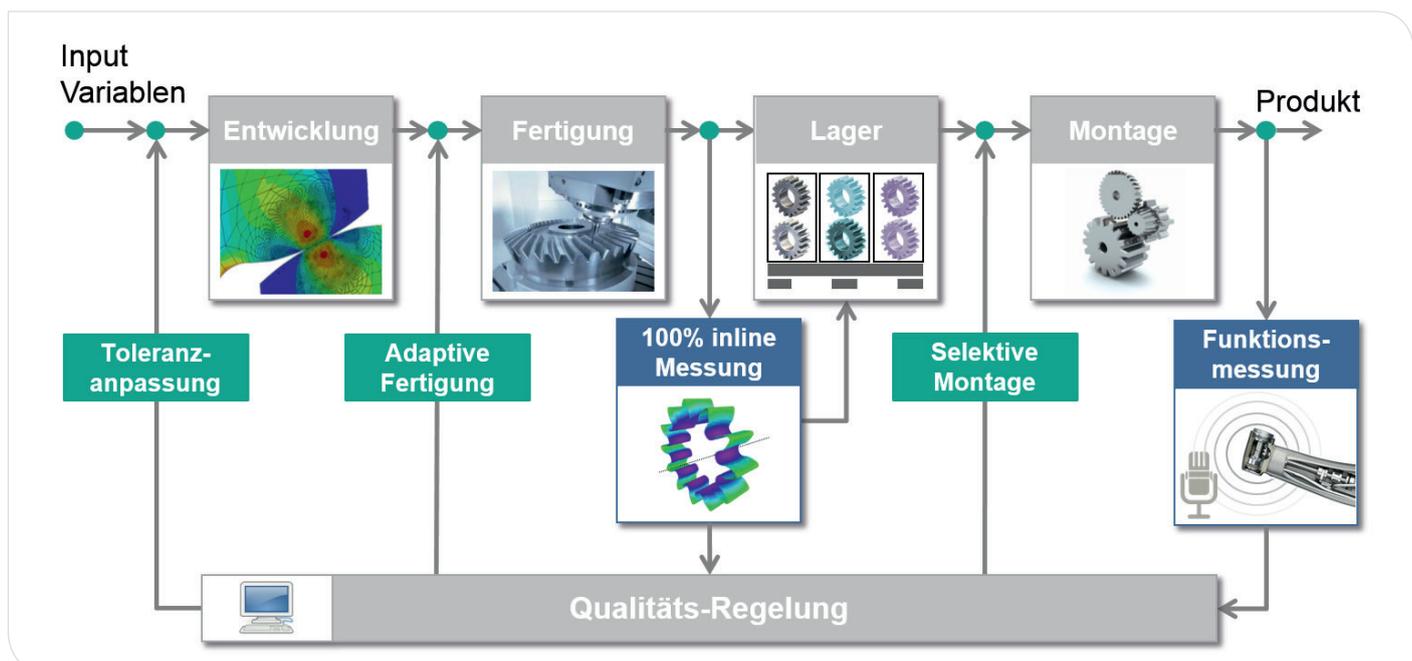
Industrie 4.0-Entwicklungen in den Bereichen der Sensor- und Informationstechnologie ermöglichen die Produktion von Bauelementen unter Einhaltung der vorgegebenen Toleranzen. Von großer Bedeutung ist dafür die Steuerung der Produktionssysteme durch cyber-physische Systeme, welche die Produktionsumwelt wahrnehmen und sowohl den jeweiligen Fertigungs- und Montageprozess, als auch die hochgenaue inline Messung von 100% der relevanten Bauteilmerkmale selbst optimieren können. Dabei können verschiedene Qualitätsregelkreise in Entwick-

lung, Fertigung und Montage zum Tragen kommen, um eine intelligente, robuste und wirtschaftliche Produktion jenseits der technologischen Fertigungsgrenzen zu erreichen. Der Ansatz basiert auf der Kompensation individueller Fertigungsabweichungen, durch Übererfüllung eines korrespondierenden Merkmals. Die gezielte Montage individuell ausgewählter Komponenten erreicht zum Beispiel eine engere Toleranzweite als zufällig ausgewählte Komponenten im konventionellen Vorgehen. Die statistisch adaptive Anpassung des Geometrienennwerts kann die Fertigungsstreuung korrespondierender Komponenten harmonisieren, um die Qualitätsrate zu steigern. Die Anpassung von Toleranzen ermöglicht die Verwendung von vermeintlichem Ausschuss (Aufweitung) bzw. die frühzeitige Vermeidung von weiterer Wertschöpfung.

Die entwickelten Ansätze konnten in mehreren industriellen Fallstudien Vorteile der Qualitätsregelkreise unter Einbeziehung technischer und wirtschaftlicher Aspekte zeigen. Weitere Ansätze zur Kompensation mehrerer und unterschiedlicher Fertigungsabweichungen werden durch den Einsatz von Funktionsmodellen in weiterführenden Fallstudien und Forschungsprojekten entwickelt. ■



**Ansprechpartner am wbk:**  
M.Sc. Raphael Wagner  
Telefon: +49 721 608-46829  
raphael.wagner@kit.edu



Qualitäts-Regelkreise im cyber-physischen Produktionssystem



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 Fertigungs- und Qualitätssicherungslösungen 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

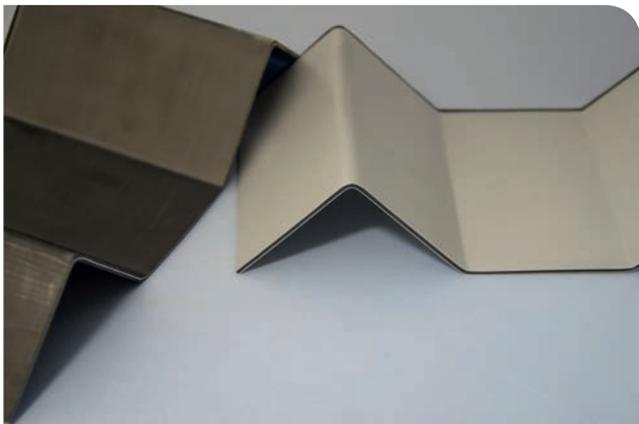
angepassten Serienfertigung erreicht werden. Zudem werden bereits etablierte Fertigungsverfahren automatisiert und durch Modulstrategien flexibilisiert, um diese in einer Serienfertigung bei steigender Variantenvielfalt wirtschaftlich einsetzen zu können.

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

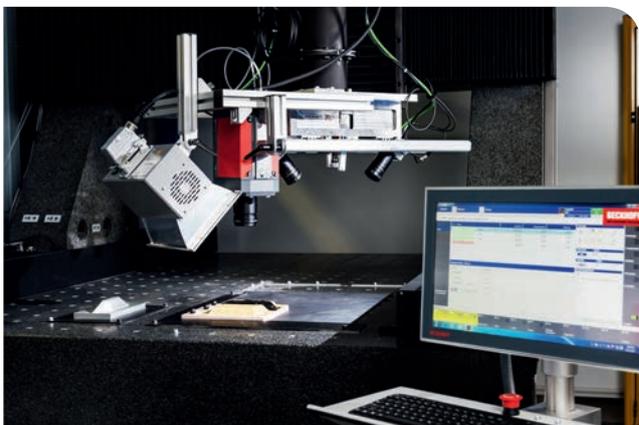
Zur intensiven Forschung und Entwicklung im Bereich der Leichtbaufertigung stehen dem Forschungsschwerpunkt zahlreiche Maschinen und Anlagen zur Verfügung. Damit ist es möglich, industrierelevante Herausforderungen anwendungsnah zu erforschen und prototypisch in die vorhandenen automatisierten Prozessketten einzubinden. Der Fokus im Bereich der faserverstärkten Kunststoffe liegt neben der Erforschung neuer, unreifer Fertigungstechnologien wie beispielsweise dem Faserblasverfahren zur Nutzung von Recyclingfasern und dem Schleuderverfahren auch insbesondere auf der durchgängigen Automatisierung und Modularisierung solcher Prozessketten.

Im Zuge der Digitalisierung finden vermehrt intelligente Komponenten und Verfahren zum maschinellen Lernen Anwendung in solchen Fertigungsprozessen, um mit dem Ziel das Prozessverständnis und die Bauteilqualität zu steigern. Hierbei liegen die Schwerpunkte auf der Regelung komplexer Fertigungsprozesse, Integration von Qualitätssicherungssystemen sowie in der schädigungsarmen Nachbearbeitung.

Die gewonnenen Erkenntnisse fließen in die Entwicklung angepasster Leichtbautechnologien zur Herstellung hybrider Strukturen ein. Schwerpunkt dabei ist die intrinsische Hybridisierung, d. h. die Verbindung unterschiedlicher Materialien im Ur- bzw. Umformprozess einer Materialkomponente. Dies ermöglicht es, unterschiedliche Materialien und Funktionen optimal zu kombinieren. Am Beispiel von Faser-Metall-Elastomer-Laminaten lassen sich somit hohe Steifigkeiten in Verbindung mit einem sehr guten Dämpfungsgrad realisieren. Zur Steigerung der Wirtschaftlichkeit dieser innovativen Produkte werden neue Verbindungstechnologien, Automatisierungslösungen, Bearbeitungsstrategien sowie Qualitätssicherungskonzepte entwickelt. ■



Innovative Hybride: Faser-Metall-Elastomer-Laminat



Qualitätssicherung durch Informationsfusion von Lasertriangulation und Thermographie bei Sheet Moulding Compound  
Bildquelle: Sandra Göttisheim/KIT

Forschungsprojekt

## IP3D - Industrielle Produktion von 3D-Faserformteilen mit lokalen Endlofaserverstärkungen

### Ziel des Vorhabens

Ziel des abgeschlossenen Forschungsprojekts IP3D, gefördert von der Baden-Württemberg Stiftung, war die automatisierte Herstellung von Glasfaser-Preforms im Fiber-Injection-Moulding mit zusätzlicher Endlofaserverstärkung aus Kohlenstoff. Beim Fiber-Injection-Moulding (FIM) oder Faserblasverfahren werden trockene Langfasern mit ei-



Endlofaserverstärktes Faserblasbauteil

nem thermoplastischen Binder vermischt und anschließend in eine spezielle Form eingeblasen. Das Gemisch wird dann mit Hilfe von Heißluft und hohem Druck zu einem Faserformteil verpresst. Diese Preforms haben im Vergleich zu den konventionellen Vorformlingen aus Gelegen und Geweben den Vorteil, dass sie eine hohe Materialeffizienz aufweisen, bedingt durch die endkonturnahe Herstellung innerhalb der geschlossenen Form. Ein großer Nachteil sind allerdings die geringen mechanischen Eigenschaften, die durch die regellose Anordnung der Langfasern bedingt sind. Um dem entgegenzuwirken, hat das Projekt das bisherige Faserblas-

verfahren um einen Prozessschritt erweitert, um Verstärkungselemente einzubringen.

### Vorgehensweise

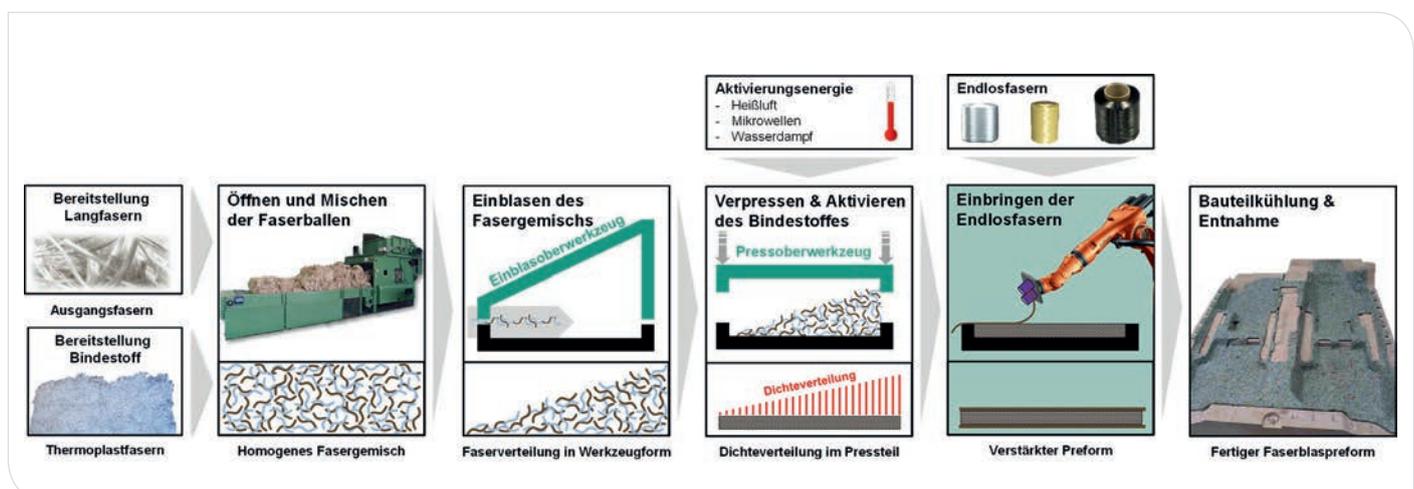
Mit Hilfe von FE-Topologieoptimierungen wurden die Hauptlastpfade eines ausgewählten Demonstratorbauteils identifiziert. Basierend auf den Ergebnissen wurden Konzepte erarbeitet, um Kohlenstoffendlofasern lokal und lastgerecht auf den Faserblas-Preform aufzubringen. Hierzu wurde eine neuartige Anlagentechnik entwickelt, die Endlofaserbänder in definierte Kanäle einbläst und so ein Verstärkungsnetz zur späteren Ablage auf dem Preform erzeugt. Dieses Konzept wurde im Projekt prototypisch umgesetzt und mit dem Faserblasprozess kombiniert. Gleichzeitig wurden Gestaltungsrichtlinien für die Herstellung derartiger hochbelastbarer und materialeffizienter Faserblaspreforms, verstärkt durch Endlofasern, abgeleitet.

### Ergebnisse

Innerhalb des Projekts konnten mit der prototypischen Anlage Preforms für das ausgewählte Demonstratorbauteil aus Glasfasern im Faserblasverfahren hergestellt und anschließend mittels Endlofasernetzen automatisiert verstärkt werden. Eine Validierung der Bauteile hinsichtlich der maximalen Verformungen zeigte eine Reduktion der Durchbiegung aufgrund der Endlofasern von ca. 20%, bei einer Gewichtszunahme von nur ca. 7% durch die zusätzlichen Fasern. ■



**Ansprechpartner am wbk:**  
M.Sc. Marius Dackweiler  
Telefon: +49 721 608-44295  
marius.dackweiler@kit.edu



Erweiterter Faserblasprozess zur Herstellung von Faserblasbauteilen



Forschungsschwerpunkt

## Elektromobilität (EM)



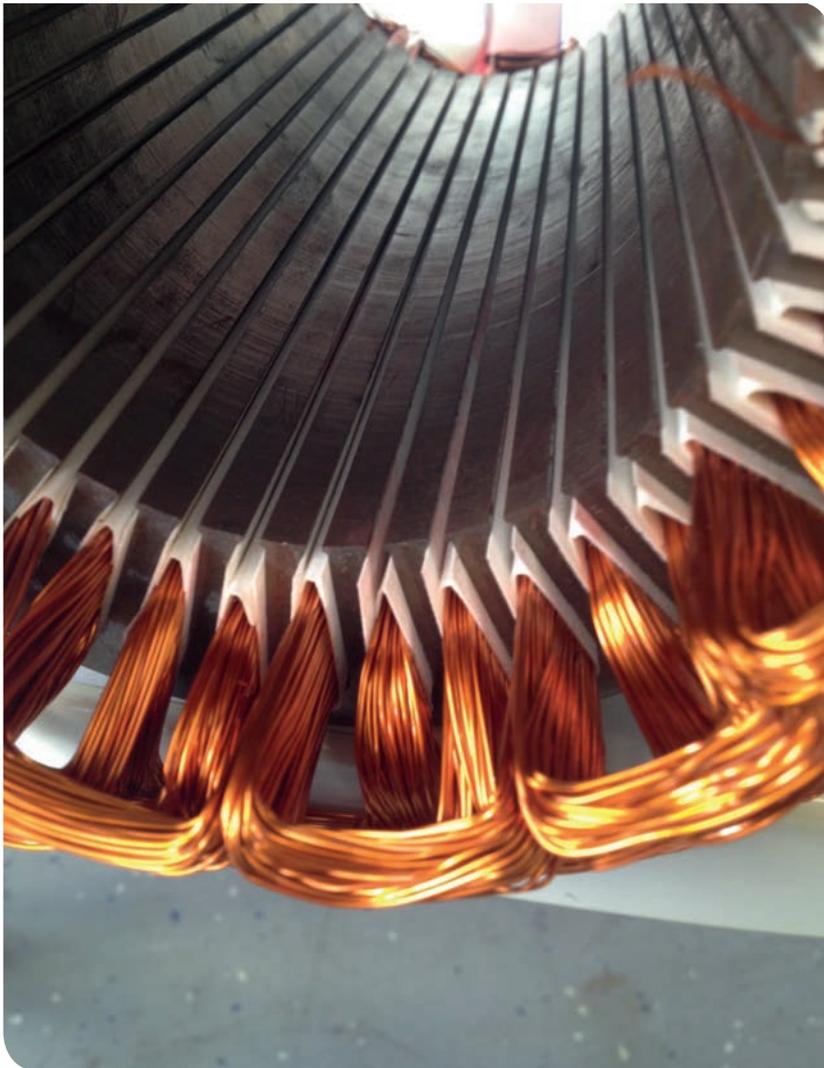
**Ansprechpartner am wbk:**  
M.Sc. Janna Hofmann  
Telefon: +49 721 608 46022  
janna.hofman@kit.edu

Im Anwendungsfeld Elektromobilität vereint das wbk Fertigungsprozesse 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 von Batteriemodulen und Elektromotoren adressiert. Im Bereich der Herstellung der Batteriezelle liegen die Schwerpunkte 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 der selektiven Magnetmontage zum Wuchtverzicht sind Schwerpunkte der Produktionstechnologienentwicklung für den E-Motor.

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



wbk-Statorwicklung für einen E-Motor.

Forschungsprojekt

## Neuartige serienflexible Wickelverfahren für hoch performante elektrische Maschinen (NeWire)

### Ziel des Vorhabens

Ziel des Forschungsprojekts NeWire ist die Entwicklung und Auslegung eines neuartigen Wickelverfahrens zur automatisierten Fertigung von Elektromotoren im Hochleistungsbereich für den automobilen Einsatz. Hierbei stellt die effektive Wicklung im Stator zur Leistungssteigerung eine besondere Herausforderung dar. Das sogenannte Träufel-Wickelverfahren, bei dem die Drähte bislang händisch in die Nut eingebracht werden, soll im Projekt automatisiert werden: Dabei werden so viele Kupferleiter wie möglich in der engen Statornut angebracht, ohne den Kupferlackdraht zu beschädigen. Das Verfahren soll dabei reproduzierbar sein und nur geringe Fertigungszeiten benötigen. Heutige automatisierte Prozesse erreichen zwar geringe Fertigungszeiten und reproduzierbare Ergebnisse, jedoch ist die Anzahl der Kupferleiter nicht so hoch wie bei händischen Prozessen. Projektpartner dieses Vorhabens sind die Volkswagen AG, die Aumann GmbH, die Essex Germany GmbH und die Universität Kassel mit den Instituten Fachgebieten Mechatronik mit dem Schwerpunkt Fahrzeuge FMF sowie und Fahrzeugsysteme und Grundlagen der ElektrotechnikFSG.

### Vorgehensweise

Zunächst werden die Anforderungen und Spezifikationen, wie z. B. Leistung und Drehmoment, an den Traktionsantrieb festgelegt. In einem iterativen Prozess wird der Motor elektromagnetisch und thermisch ausgelegt. Parallel dazu wird das Konzept zur Mechanisierung und Automatisierung des Träufel-Wickelverfahrens erarbeitet und prototypisch getestet. Die dabei gewonnenen Erkenntnisse fließen zurück in die Simulation, sodass nach

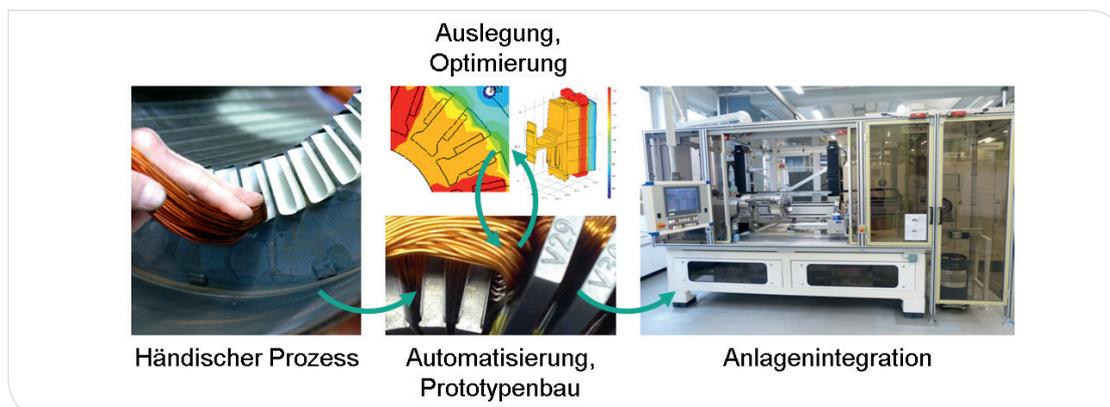
einigen Durchläufen eine optimale Lösung gefunden werden kann. Für die erfolgreiche Umsetzung ist die Weiterentwicklung des Kupferdrahtes mit seiner Isolierung bzw. Lackierung notwendig. Die Demonstratorwickelanlage wird testweise in den Fertigungsprozess bei Volkswagen implementiert und erprobt. Am Ende des Projekts sollen mehrere Prototypen des Elektromotors gefertigt und anhand ihrer Leistungseigenschaften geprüft werden.

### Ergebnisse

Die Automatisierung des innovativen Wickelverfahrens kann die Anzahl der Kupferleiter in Statoren von verschiedenen Elektromotorarten steigern. Damit werden Elektromotoren effizienter und stärken den Innovationsstandort Deutschland langfristig. Von den Forschungsergebnissen können alle Hersteller von Elektromotoren, beispielsweise auch für leistungsstarke Industriemotoren in Logistikprozessen, profitieren. ■



**Ansprechpartner am wbk:**  
M. Sc. Maximilian Halwas  
Telefon: +49 721 608-28937  
maximilian.halwas@kit.edu



Vorgehensweise zur Automatisierung des Träufel-Wickelverfahrens



Forschungsschwerpunkt

## Additive Fertigung



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

Additive Fertigungsverfahren erfahren aktuell eine rasante Entwicklung, die durch den starken Trend hin zu individualisierten Produkten und zu höherer Effizienz intensiviert wird. Auch wenn die Entwicklungen in den letzten Jahren enorm sind und das wirtschaftliche Potential der additiven Fertigung bereits an einigen Stellen genutzt werden kann, ist die Industrialisierung längst nicht so vorangeschritten, wie es bei den klassischen, seit Jahrzehnten etablierten Verfahren der Fall ist.

Ziel des Forschungsschwerpunkts ist es daher, die additiven 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 sowie die Herstellung funktionsintegrierter 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 Kunststoffreifformverfahren (AKF) über das Laserstrahlschmelzen (engl. Laser Beam Melting, LBM) und dem Lithographybased Ceramic Manufacturing (LCM) Verfahren bis hin zur Integration in Prozessketten und der Qualitätssicherung additiv hergestellter Bauteile. Daraus ergeben sich integrale Ansätze zur Entwicklung hin zum Produktionssystem.

Beim AKF-Verfahren werden Fragestellungen im Bereich Polymer und Hochleistungsbauteile sowie in der werkzeuglosen Herstellung von Sintergrünlingen erforscht. Beim Laserstrahlschmelzen liegen die Forschungsthemen im Bereich funktionsintegrierter Bauteile, hybrider



Bauteil hergestellt durch selektives Laserschmelzen  
(Bildquelle: Edelstahl Rosswag)

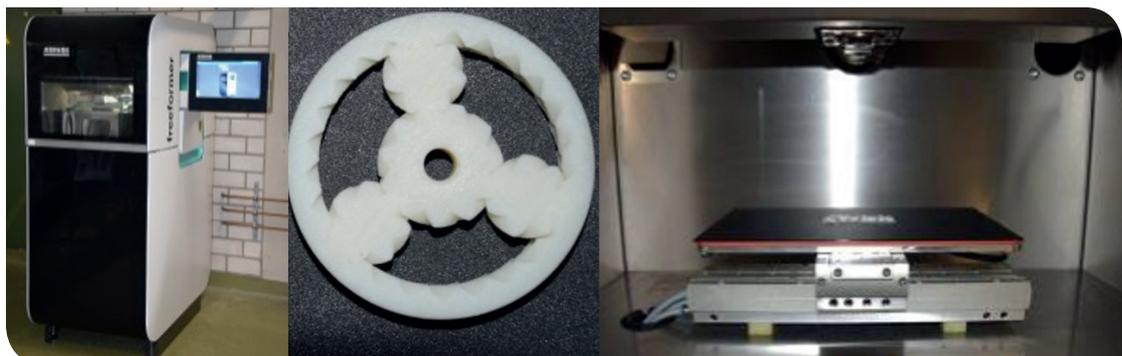
Materialaufbauten und der Optimierung der Bauteileigenschaften.

Bei der Integration in Prozessketten werden Themen zur Potenzialvalidierung additiver Verfahren für die Serienproduktion sowie die Migrationsstrategien von bestehenden Prozessketten in Linien mit gegebenenfalls auch nur in einzelnen Schritten eingesetzten additiven Fertigungsverfahren untersucht.

Um eine geeignete und adäquate Qualitätssicherung durchführen zu können, werden für die generativen Fertigungsverfahren neuartige, skalierbare Inline-Fertigungsverfahren 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 Herausforderung für unsere Forschung dar.

Die Ansätze des Forschungsschwerpunkts additive 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

## Spanende Nachbearbeitung generativ hergestellter Materialien

### Ziel des Vorhabens

Durch die notwendige Diskretisierung eines Bauteils in Aufbaurichtung treten bei generativen Fertigungsverfahren Genauigkeitseinbußen auf. Die spanende Nacharbeit ist an Funktionsflächen daher zwingend notwendig. Es stellte sich aber zunächst eine grundsätzliche Frage: Haben die unterschiedlichen Aufbaurichtungen des Werkstoffs einen Einfluss auf die Bearbeitung? Bei der generativen Fertigung werden die Bauteile schichtweise aufgebaut, was sich in den Gefügeschliffen widerspiegelt. Sie zeigen deutliche Unterschiede zu konventionellen Werkstoffen, aber auch innerhalb des Bauteils lassen sich in einer Schicht und quer zu den Schichten unterschiedliche Strukturen erkennen.

### Vorgehensweise

In Auftrag gegeben wurden die Untersuchungen vom Verein für zukunftsorientierter Zerspanung e.V. Es wurden additiv aufgebaute Probenkörper aus Edelstahl, Inconel und Titan gefertigt. Die zuletzt genannten Werkstoffe finden vor allem in der Luft- und Raumfahrt Anwendung. Hinzu kommt für den Titanwerkstoff die medizintechnische Anwendung. Die Werkstoffe wurden nicht wärmebehandelt, da sich dadurch das Gefüge vereinheitlicht. Die additiv gefertigten Probenkörper wurden in Aufbaurichtung und quer dazu bearbeitet, dabei wurden die Kräfte aufgezeichnet sowie weitere fertigungsspezifische Messungen durchgeführt. Bei den Bohruntersuchungen wurde die Rauheit der entstandenen Bohrungen erfasst und verglichen. Neben den Kräften wurden bei den Untersuchungen im orthogonalen Schnitt die Spanbildung mittels Highspeed Kamera betrachtet und die Temperaturen erfasst. Damit eine Verbindung zwischen Werkstoff und Bearbeitung geknüpft werden kann, wurde eine Charakterisierung der Werkstoffe vorgenommen. Dies beinhaltete Gefügeschliffe, die Härte sowie die Ermittlung der Gefügezusammensetzung.

### Ergebnisse

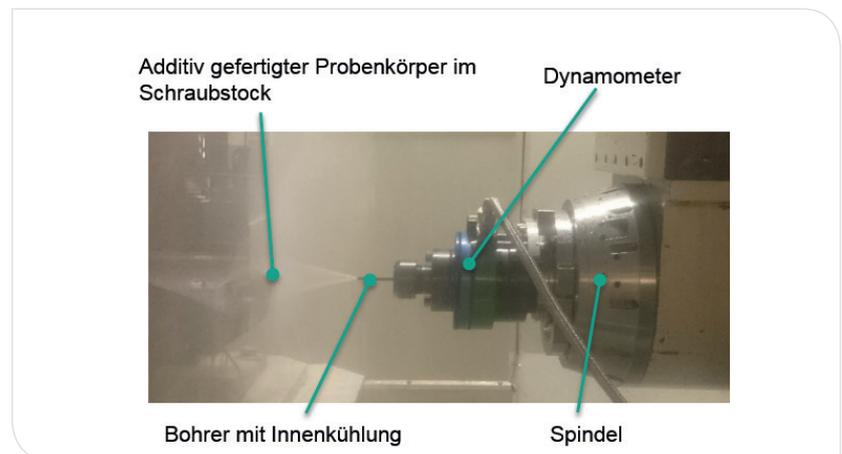
Nachdem die auftretenden Kräfte sowohl für die Versuche der Bohruntersuchungen als auch den orthogonalen Schnitt ausgewertet wurden, konnte festgestellt werden, dass beim Werkstoff 316L (Edelstahl) und Schnittgeschwindigkeiten ab 80 m/min kein signifikanter Unterschied zwischen den Bearbeitungsrichtungen existiert. Bei den anderen Werkstoffen Titan und Inconel zeigte sich ein anderes Bild, wobei keine allgemeingültigen Aussagen getätigt werden können, d.h. für die gewählten Prozessparameter der Nachbe-

arbeitung und der Aufbaurichtung des Bauteils muss sich der kraftbezogene Einfluss auf das Werkzeug experimentell erarbeitet werden. Hier möchte das wbk sein jahrzehntelang aufgebautes Know-how in der Zerspanung einbringen.

In einem weiteren Schritt sollen die Ergebnisse der Zerspanung von additiv gefertigten Probenkörpern mit der Bearbeitung von konventionell gefertigten Probenkörpern verglichen werden. ■



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



Experimenteller Aufbau der Bohruntersuchungen



Orthogonaler Schnitt von Inconel bei  $v_c = 60$  m/min und  $h=0,1$  mm parallel zu den Schichten des additiv gefertigten Bauteils



Forschungsschwerpunkt

## Industrie 4.0



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

### Ziel des Vorhabens

Intelligente Werkstücke, vernetzte Maschinen und automatisierte Prozesse – Technologien und Konzepte rund um das Thema Industrie 4.0 prägen zurzeit die Wirtschaft wie kaum eine andere Entwicklung. Das wbk befasst sich durchgängig auf allen Ebenen mit dem Thema: vom Sensor bis in die Produktionsnetzwerke und Geschäftsmodelle. Ein wesentlicher Faktor für den Erfolg von Industrie 4.0 ist der Umgang mit Produktionsdaten. Durch die Auswahl anwendungsspezifisch angepasster Sensorik können bisher nicht berücksichtigte Daten zuverlässig aufgenommen werden. Gekoppelt mit vorhandenen Daten aus Maschinensteuerungen, Qualitätsmessungen und Planungssystemen können so verschiedene Kommunikationsschnittstellen miteinander verknüpft werden. Diese Verbindung schafft die Basis zum Plug-and-work technischer Systeme.

Big Data ist auch die Grundlage für eine intelligente und agile Steuerung von Fabriken und Produktionsnetzwerken. Der Forschungsschwerpunkt Industrie 4.0 betrachtet hier Anwendungsfälle von kontextsensitiven Assistenzsystemen bis hin zur dezentral organisierten, lernenden Materialflussteuerung in der Fabrik. Vor allem auf der Ebene der Produktionsnetzwerke bietet eine transparente und echtzeitoptimierte Steuerung großes Potential: Planungs-, Zustands-, und Bestandsdaten können Unsicherheiten und damit einhergehende Puffer, Kapazitätsvorhalte etc. deutlich reduzieren. Produktionsnetzwerke umfassen hierbei nicht nur

klassische Supply Chains, sondern auch Plattformkonzepte. Die zunehmende horizontale Integration ermöglicht auf diese Weise einen produktspezifischen, dynamischen Zusammenschluss von Supply Chain Partnern.

Industrie 4.0 beeinflusst nicht nur die Konnektivität und Transparenz, sondern hat ebenso große Auswirkungen auf Organisationsstrukturen, Leadership und die Arbeitswelt der Planer und Arbeiter. In unserem Produktionstechnischen Labor machen wir diese Veränderungen in Fertigung und Montage direkt erlebbar. Gemeinsam mit zahlreichen Industriepartnern erproben wir verschiedene Konzepte und entwickeln neue Lösungen für aktuelle Herausforderungen. Hierzu zählen im Montageumfeld zum Beispiel Anwendungen in der Mitarbeiterassistenz, wie verschiedene Augmented Reality Systeme, RFID-basierte Lösungen oder intelligente Ampelsysteme.

Neben der Werkerassistenz für den operativen Betrieb, wird auch die Planung und Produktionsvorbereitung unterstützt. Zum Einsatz kommen hier beispielsweise die digitale Wertstromanalyse und Layoutplanung, aber auch die intelligente Roboterprogrammierung mit Virtual Reality.

Neben der Effizienzsteigerung durch Industrie 4.0, untersuchen wir auch potentielle Geschäftsmodelle. Auch in diesem Kontext bieten Data Analytics viele Potentiale für klassische Services oder das Condition Monitoring. ■



Werkerassistenz mit Augmented Reality in der Getriebemontage, Bildquelle: Sandra Göttisheim/KIT



Roboterprogrammierung mittels Virtual Reality, Bildquelle: Sandra Göttisheim/KIT

Forschungsprojekt

## ProData - Erzeugung von Wertschöpfung aus der intelligenten Nutzung von Big-Data

### Ziel des Vorhabens

Industrie 4.0 kann Maschinen und Anlagen digital und in Echtzeit vernetzen. Dabei entsteht eine große Menge Daten die, richtig ausgewertet und verknüpft, Unternehmen helfen kann, ihre Produktion intelligent und selbstorganisiert zu gestalten. Das Verbundprojekt ProData soll Unternehmen befähigen, die Potenziale moderner Datenanalyse zu erkennen und Big Data wirtschaftlich zu nutzen. Dazu werden Dienstleistungen entwickelt und an konkreten Anwendungsszenarien demonstriert. Das Konzept umfasst die Ermittlung der Anforderungen sowie die Erfassung, Aufbereitung und Analyse der Daten. Der wirtschaftliche Nutzen entsteht schließlich durch die direkte Umsetzung im wertschöpfenden Produktionsprozess.

### Vorgehensweise

Die ProData-Methode entwickelt Dienstleistungen in zwei unterschiedlichen Herangehensweisen. Zum einen werden die Daten abgeleitet, die benötigt werden, um konkrete Bedürfnisse zu erfüllen. Zum anderen wird von bestehenden Daten auf eine zuvor nicht betrachtete Nutzung geschlossen.

Das Projekt umfasst alle Stufen von der Datenerzeugung auf der Sensorebene, über die Systemintegration, die Vernetzung und die Cloud-Anbindung bis hin zur Datenanalyse sowie der Entwicklung von Geschäftsmodellen.

Die Methode wird in drei relevanten Anwendungsszenarien erklärt: qualitätsbezogene Prozessregelung, Optimierung der Auftragsreihenfolgeplanung und prädiktive Instandhaltung.

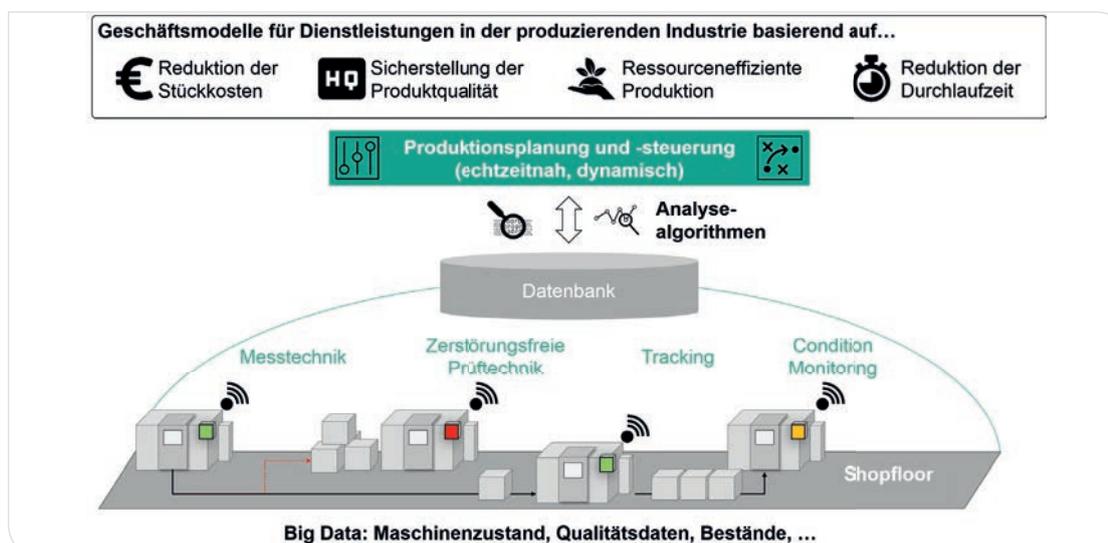
### Ergebnisse

Moderne Produktionstechnik liefert schon heute eine Vielzahl an Prozess- und Produktdaten zur effizienten Steuerung von Maschinen oder Produktionsprozessen. Diese Daten werden bisher nur lokal in sogenannten Dateninseln gespeichert und weiterverarbeitet. Durch eine intelligente Verknüpfung und Korrelation dieser Dateninseln können bisher unbekannt Zusammenhänge erkannt und für die Prozessoptimierung verwendet werden. Insbesondere kleine und mittlere Unternehmen (KMU) stehen hier vor einer Herausforderung, da einerseits die Methoden und andererseits die Potenziale nicht ausreichend bekannt sind.

Die Vorgehensweise von ProData stellt sicher, dass die Ergebnisse übertrag- und wiederholbar sind. Durch den Einsatz standardisierter Sensorik sowie nicht-proprietärer Softwarelösungen können KMUs in der produzierenden Industrie die Dienstleistungen und die damit verbundenen Big Data-Analysen wirtschaftlich nutzen. ■



**Ansprechpartner am wbk:**  
Andreas Kuhnle  
Telefon: +49 721 608-46166  
andreas.kuhnle@kit.edu



Produktionsbezogene Dienstleistungen auf Basis von Big-Data-Analysen



Außenstelle des wbk in China

## Global Advanced Manufacturing Institute (GAMI)



**Ansprechpartner am wbk:**  
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. Hierbei ist auch eine Präsenz auf dem chinesischen Markt von entscheidender Bedeutung für den geschäftlichen Erfolg. Auch für deutsche Forschungsinstitutionen ist es von großem Interesse an den Entwicklungen in China teilzuhaben und gemeinsam mit der Industrie an innovativen Lösungen für zukünftige Herausforderungen zu arbeiten, wie die China-Strategie des Bundesministeriums für Bildung und Forschung zeigt.

In diesem Zusammenhang kooperiert das GAMI mit Sitz im Suzhou Industrial Park (SIP) mit lokalen Universitäten und unterstützt deutsche Unternehmen und deren chinesische Lieferkette mit einem breiten Portfolio an Forschungs- und Industrieprojekten sowie Weiterbildungsprogrammen zu folgenden Themenschwerpunkten:

### Themenschwerpunkte

- Sourcing und Lokalisierung
- Lieferantenentwicklung
- Qualitätsmanagement
- Produktionssystemgestaltung
- Logistikmanagement
- Industrie 4.0

China strebt mit der Strategie „Made in China 2025“ eine Effizienzsteigerung der Industrie vor allem durch eine Automatisierung und Digitalisierung nach dem Vorbild des deutschen Vorhabens „Industrie 4.0“ an. Daher liegt ein besonderer Tätigkeitsfokus des GAMI vor allem auf der Weiterentwicklung von Organisationen in diesem Themenkomplex.

### Industry 4.0 Demonstration and Innovation Center

Die zunehmende Digitalisierung stellt vor allem den Mitarbeiter vor neue Aufgabenfelder und erfordert zusätzliche Qualifikationen. Das Industry 4.0 Demonstration and Innovation Center stellt eine einzigartige Lernumgebung dar, in der reale Produkte auf flexiblen und intelligenten Montagelinien hergestellt werden können. Maschinen und Werkstücke tauschen in Echtzeit Informationen aus und geben somit ein direktes Abbild von aktuellen Kennzahlen der Produktion. So werden dem Produktionsmanager alle erforderlichen Informationen an die Hand gegeben, um auch bei sich

verändernden Rahmenbedingungen eine hohe Produktivität sicherzustellen. Zudem wird der Mitarbeiter an der Linie von intelligenten Assistenzsystemen dabei unterstützt, sowohl alle erforderlichen Komponenten am richtigen Ort bereitzustellen als auch diese fehlerfrei zu montieren.

Neben einer Lernumgebung stellt das Center auch eine Plattform für Unternehmen dar, die Vorteilhaftigkeit ihrer jeweiligen Industrie 4.0-Lösung in Bezug auf die vorherrschenden länderspezifischen Anforderungen zu evaluieren und zu demonstrieren. 2017 stellte das GAMI das Demonstration and Innovation Center und dessen Nutzungsmöglichkeiten an vier Tagen der offenen Tür insgesamt über 150 interessierten Besuchern vor.



Industrie 4.0 Demonstration and Innovation Center in Suzhou

### Forschung

Um das Themenfeld der Automatisierung in China weiter zu erforschen, brachte das GAMI eine Kooperation mit der Soochow University (SUDA) auf den Weg: Gemeinsam mit dem Xiangcheng Institute of Robotics and Intelligent Equipment (XIRIE) der SUDA erfolgt in Zukunft eine enge Zusammenarbeit vor allem in den Bereichen Robotik und Mensch-Maschine Interaktion. So bringt XIRIE etwa einen Industrieroboter sowie ein Fahrerloses Transportfahrzeug in das Demonstration



Unterzeichnung des MoU mit der SUDA zur Kooperation im Bereich Robotik.

and Innovation Center ein. Hier werden dann Planungsvorgehen zur optimalen Integration der Lösungen in bestehende Produktionssysteme entwickelt und der Nutzen einer digitalen Vernetzung untersucht.

Durch den Austausch von Technik, Wissen und Experten sollen langfristig gemeinsame Projekte initiiert werden, welche die Herausforderungen der Automatisierung von Prozessen in Verbindung mit den sich schnell wandelnden Produktionsbedingungen in China adressieren.

### Industrieprojekte

Vielen Unternehmen in China fehlt es derzeit noch an geeigneten Methoden zur Einführung von intelligenten und vernetzten Systemen in der Produktion. Das GAMI unterstützt in Industrieprojekten bei der Gestaltung der jeweiligen Industrie 4.0-Vision sowie der operativen Implementierung von Industrie 4.0 relevanten Lösungen. Dabei werden in einer Fabrik neben der Produktion auch Intralogistik sowie Qualitätssicherung berücksichtigt.

Die vom GAMI entwickelte reifegradbasierte Methode zur Analyse und Gestaltung von intelligenten Produktionssystemen verknüpft die aktuelle Situation mit potentiellen Maßnahmen zur kontinuierlichen Verbesserung. Die Methodik umfasst fünf Phasen, um strategische Unternehmensvorgaben zu berücksichtigen, den Untersuchungsbereich des Produktionssystems festzulegen, diesen mit der Reifegradsystematik zu bewerten, konkrete Umsetzungsmaßnahmen zur Verbesserung des Reifegrads abzuleiten und deren Einführung zu planen, sowie den Nutzen der Maßnahmen multikriteriell zu bewerten.

### Weiterbildung

Neben der Durchführung von mehr als 1000 Trainingstagen in den verschiedenen Themenschwerpunkten unterstützte das GAMI auch 2017 die HECTOR School, die Technology Business School des KIT, bei der Durchführung einer Technical Seminar Week in China. Zehn Studierende des Executive Master Programms nahmen in Suzhou an den Vorlesungen zum Thema Qualitäts- und Lieferantenmanagement in China – gelesen durch Dr.-Ing. Benjamin Häfner und Tobias Arndt – teil.

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

### Veranstaltungen

Anfang März fand am GAMI die Konferenz „Internationalisierung und Innovation am Karlsruher Institut für Technologie“ statt, um die Forschungsaktivitäten



Unternehmensbesuch während der Technical Seminar Week bei Zeiss in Shanghai

und Expertisen des KIT in diesen Bereichen vorzustellen und mit interessierten Industrieunternehmen und Forschungseinrichtungen im SIP zu vernetzen. Thomas Hirth, Vizepräsident für Innovation und Internationales des KIT, erörterte mit den gut 60 geladenen Besuchern Möglichkeiten, diese Felder in China zu verbinden und gemeinsam weiter auszubauen.

Im August fand am GAMI eine Diskussionsrunde unter Beteiligung einer Delegation aus Politik, Wissenschaft und Wirtschaft aus Baden-Württemberg und Vertretern deutscher Unternehmen in China statt. Es wurde erörtert, wie sich die Anforderungen des chinesischen Marktes aufgrund „Made in China 2025“ ändern und welche Kompetenzen deutsche Unternehmen benötigen, um in diesem neuen wirtschaftlichen Umfeld erfolgreich zu sein.

Mitte Oktober fand zudem am GAMI der zweite KIT Innovation Day in China statt, welcher sich den Themen Energie und Umwelt widmete. Fünf Experten des KIT stellten ihre Forschungsergebnisse vor, um auf aktuelle Herausforderungen aufmerksam zu machen und sich über Möglichkeiten zu deren Industrialisierung in China auszutauschen. ■



Zweiter KIT Innovation Day in China



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



Außenstelle des wbk in China

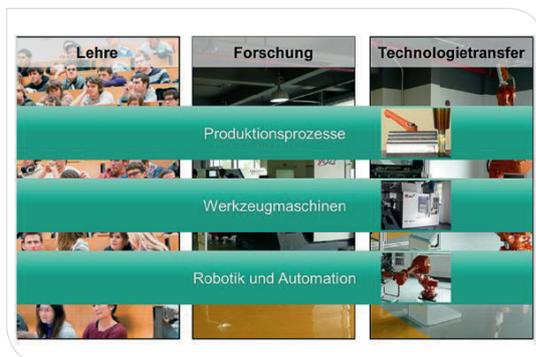
## Advanced Manufacturing Technology Center, Tongji-Universität, Shanghai China (amtc)



**Ansprechpartner am wbk:**  
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, fokussiert auf die Themenfelder Produktionsprozesse, Werkzeugmaschinen sowie Robotik und Automation.



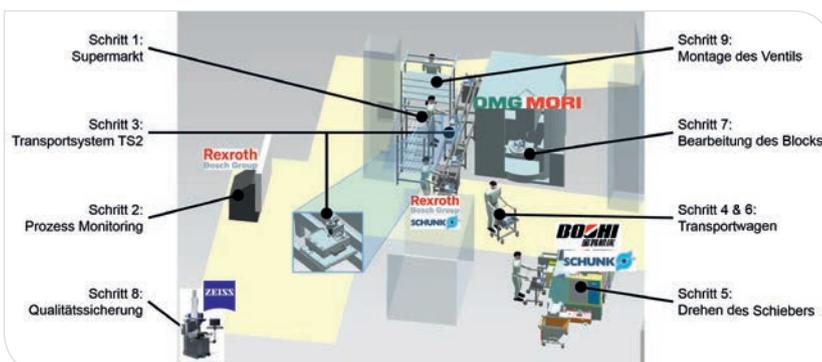
AMTC Portfolio

Das amtc zielt auf angewandte, an die Anforderungen des chinesischen Marktes angepasste Forschung zusammen mit in China operierenden Unternehmen sowie in staatlich geförderten Forschungsprojekten.

Durch bilaterale Projekte und Workshops gelingt der Technologietransfer aus dem neuesten Stand der Forschung zu den Unternehmen und durch Lehraktivitäten ebenfalls an Studierende und Mitarbeiter interessierter Unternehmen.

### Industrie 4.0 Demo-Linie

Herzstück des amtc und Drehscheibe von Industrie- und Forschungsprojekten ist das Labor, das mit modernen Werkzeugmaschinen, Robotern und Au-



Aufbau der Industrie 4.0 Demo-Linie

tomatisierungskomponenten ausgestattet ist. Zusammen mit einer Koordinatenmessmaschine, einem digitalisierten Montagearbeitsplatz sowie einem Shopfloor-Management- und Visualisierungssystem sind die Anlagen zu einer Industrie 4.0 Demo-Linie verknüpft.

Die Einzigartigkeit dieser Linie ergibt sich aus drei Prinzipien:

- Realisierung einheitlicher Kommunikation mittels OPC-UA trotz heterogener Steuerungsarchitektur (u.a. von Bosch Rexroth, Siemens, Fanuc).
- Doktoranden/-innen und Masterstudierende haben die Linie konzeptioniert, geplant, programmiert und in Betrieb genommen. Dadurch ist tiefgründiges Verständnis für die Anlage vorhanden, was Anpassungen und die Integration von Sensorik und Algorithmen für neue Forschungsziele vereinfacht.
- In realen Fertigungs- und Montageprozessen entsteht ein reales Werkstück. So wird das Verhalten der Prozesse und der Gesamtanlage repräsentativ.

### Forschungs- und Industrieprojekte

Ein integriertes deutsch-chinesisches Netzwerk aus Forschungseinrichtungen und Partnern aus der Industrie ermöglicht eine enge Verzahnung von Projektarbeit und gemeinsamen Strategien. Zu den durchgeführten Projekten gehören bilaterale Forschungs- und Entwicklungsvorhaben, staatlich finanzierte Forschungs- sowie Verbundprojekte. Themen sind unter anderem:

- Maschinelles Sehen, kombiniert mit maschinellem Lernen, zur kosteneffizienten Optimierung von Fertigungs- und Montageprozessen
- Datenintegration in Shopfloor-Managementsysteme zur Generierung und Anzeige von Key-Performance-Indikatoren in Echtzeit direkt an der Anlage
- Auswahl und Systemdesign von Sensoren in Werkzeugmaschinenkomponenten zur Prozessoptimierung

- Modularisierung von Steuerungshardware und -software zur effizienteren Integration von Automatisierungsanlagen.

Ende 2017 wurde das Verbundprojekt Deutsch-Chinesische Industrie 4.0 Fabrikautomatisierungsplattform (I4TP) beschlossen, das gleichermaßen vom Bundesministerium für Bildung und Forschung und vom chinesischen Ministerium für Forschung und Entwicklung gefördert wird. Neben KIT und der Tongji Universität beteiligen sich auf akademischer Seite Bosch Rexroth, Schaeffler und Schunk, alle drei bereits Partner des amtc. Die chinesischen Firmen Shenyang Machine Tools, Microcyber sowie ITEI sind ebenfalls Teil des Konsortiums. Am amtc wird die I4.0 Demo-Linie zu einem Demo- und Validierungszentrum für die methodischen Ansätze des Projekts erweitert. Im Jahr 2017 hat das amtc mehr als 200 Laborführungen für Besucher aus Industrie, Forschung und Regierung veranstaltet.

### International Conference on Sustainable Manufacturing ICSM

Jedes Jahr im Herbst findet am amtc die International Conference on Sustainable Manufacturing statt. Die Konferenz befasst sich mit Industrie 4.0 und nachhaltiger Produktion. Sie ist ein Gemeinschaftsprojekt des amtc, der Tongji Universität sowie Vogel Business Media aus Peking. Das Ziel ist, 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.

### Lehre

Hauptziel der Lehre am amtc ist, das theoretische Wissen aus den Vorlesungen experimentelle Kurse in den Bereichen mechanische Fertigung und Automatisierung zu vertiefen, um die praktischen Fähigkeiten der Studierenden zu verbessern. Zudem bietet die Ausstattung des amtc die Möglichkeit, Abschlussarbeiten in Forschungsprojekten an modernen Maschinen und Anlagen in einer industrienahen Umgebung zu schreiben.

Zwischen KIT und der Tongji Universität besteht ein Doppel-Masterprogramm. Der Lehrplan und die inhaltliche Abstimmung garantieren eine hohe Qualität der Ausbildung, die den Anforderungen beider Universitäten gerecht wird. Des Weiteren bietet das Programm nicht nur eine hervorragende fachliche Ausbildung, sondern auch die Möglichkeit des kulturellen Austauschs und der Erlangung sprachlicher Kompetenzen.

In der Vorlesung "Smart Manufacturing and Automation with Industry 4.0", von Prof. Fleischer gehalten, können die internationale Studierenden der KIT HECTOR Business School zusätzlich zu den Vorlesungsinhalten praktische Erfahrungen in SPS- und Roboterprogrammierung unter Anleitung der amtc Mitarbeiter sammeln.

Ein weiterer Pfeiler der Lehre besteht aus Seminaren und Workshops, welche Industrie 4.0 Methoden an Mitarbeiter und Führungskräfte der Partnerfirmen vermitteln. ■



Exkursion zu einem Industriepartner im Rahmen einer Lehrveranstaltung



Partnerschaften aus Forschung und Lehre

## Deutsch-Französisches Institut der Industrie der Zukunft



**Ansprechpartner am wbk:**  
M.Sc. Jan Klose  
Telefon: 0721 608-42448  
jan.klose@kit.edu

Das Deutsch-Französische Institut der Industrie der Zukunft wurde 2016 von KIT und Arts et Métiers Paris-Tech gegründet. Es zielt darauf ab, Wissenschaft, Industrie und Start-ups aus Frankreich und Deutschland eine Plattform zu bieten, um Forschung, Innovation und Hochschulbildung für die Industrie der Zukunft zu gestalten. Das wbk Institut für Produktionstechnik arbeitet unter dem Dach des Deutsch-Französischen Instituts eng mit den produktionstechnischen Laboren der Arts et Métiers in Cluny, Metz, Aix-en-Provence und Paris zusammen. Gemeinsam werden Forschungs- sowie Industrieverbundprojekte koordiniert und durchgeführt, die den Weg in die industrielle Produktion von Morgen weisen. Die Themen umfassen dabei insbesondere Produktionssysteme und Fertigungsprozesse, die durch die Digitalisierung im Rahmen der Industrie 4.0 eine rasante Transformation erfahren. Die grenz-

übergreifende Zusammenarbeit soll auch in die Ausbildung der Studierenden und Doktoranden hineinwirken, indem Netzwerke aufgebaut und interkulturelle Kompetenzen geschult werden. ■



Teilnehmer am 4. Workshop des Deutsch-Französischen Instituts im Oktober 2017 am wbk im Fasanengarten

Dissertationen

## Numerische Beschreibung von Wechselwirkungen zwischen Zerspanprozess und Maschine am Beispiel Räumen

### Ziel des Vorhabens

Das Ziel dieser Arbeit besteht in der Entwicklung eines neuartigen Simulationsmodells zur Prognose von prozess- und maschinenbedingten Oberflächenabweichungen am Bauteil für das Fertigungsverfahren Räumen. Das Simulationsmodell soll die Prozess- und die Maschinensimulation in einem gemeinsamen Modell miteinander verbinden, durch das sich die Geometrieabweichungen und die resultierende Oberflächentopografie am Werkstück vorhersagen lassen. Dabei werden in einem kombinierten Simulationsmodell sowohl die Mikrogeometrie – im Sinne von analytischen Modellen – als auch die Makrogeometrie des Werkzeugs berücksichtigt.

### Vorgehensweise

Zur Realisierung dieses Ziels wurde ein Prozessmodell zur Abbildung der Prozesskräfte mit einem Maschinenmodell gekoppelt. Um das Maschinenverhalten zu beschreiben, wurde in das jeweilige Modell eine Kombination von FE-Modellierung und Feder-Dämpfer-Elementen implementiert. Zunächst wurden an der Räummaschine experimentelle Modalanalysen durchgeführt, um das Maschinenverhalten zu ermitteln. Auf der Grundlage der gewonnenen Ergebnisse war es möglich, in das Maschinenmodell die Feder-Dämpfer-Elemente mit ihren jeweiligen Konstanten zu integrieren.

### Ergebnisse

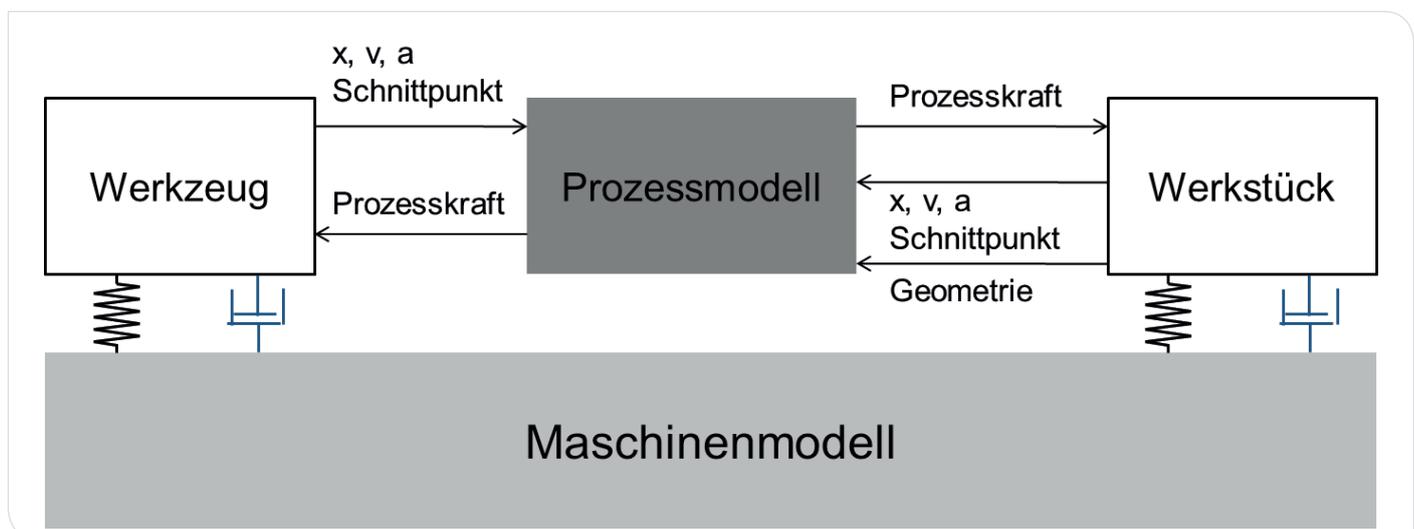
Auf der Grundlage von Modalanalysen wurde ein Maschinenmodell zur Nachbildung des dynamischen Maschinenverhaltens erstellt. Außerdem wurde ein analytisches Modell zur Berechnung der

Prozesskräfte in Abhängigkeit von Spanungsdicke, Schnittgeschwindigkeit, Spanwinkel und deren Änderungsraten im Prozess entwickelt. Die beiden Modelle wurden in der Simulationsumgebung ABAQUS miteinander gekoppelt, um die prozess- und maschinenbedingten Oberflächenabweichungen beim Räumen abzubilden.

Es wurde gezeigt, dass die entwickelte Methode sowohl für das Außenräumen als auch für das Innenräumen gut geeignet ist. Durch Anwendung der Simulationen des Außenräumens wurde zunächst das gekoppelte Modell hinsichtlich der Prozesskräfte und der erzeugten Welligkeiten verifiziert und validiert. Die Validierung ergab eine gute Übereinstimmung der simulierten Kräfte und Welligkeiten mit den experimentell ermittelten Daten. Somit war es möglich, die zerspanungs- und maschinenbedingten Welligkeitsprofile erfolgreich zu simulieren. Bei der Variation der Prozessparameter wurde festgestellt, dass eine im Vergleich zur Schneidkantenverrundung relativ kleine Spanungsdicke einen stabilen Räumprozess ermöglicht. Das lässt sich durch die Richtungsänderung der resultierenden Zerspanungskraft erklären. Beim Innenräumen tritt derselbe Effekt auf, wenn die Spanungsdicke im Schlichtteil der Räumnadel  $10\ \mu\text{m}$  beträgt. Bei den untersuchten Schnittgeschwindigkeiten hat die in den betrachteten Nuten entstehende Oberfläche nur eine sehr geringe Welligkeit. ■



Dr.-Ing. Nikolay Boev





Dissertationen

## Simulationsgestützte Mehrzieloptimierung schlanker und ressourceneffizienter Produktionssysteme



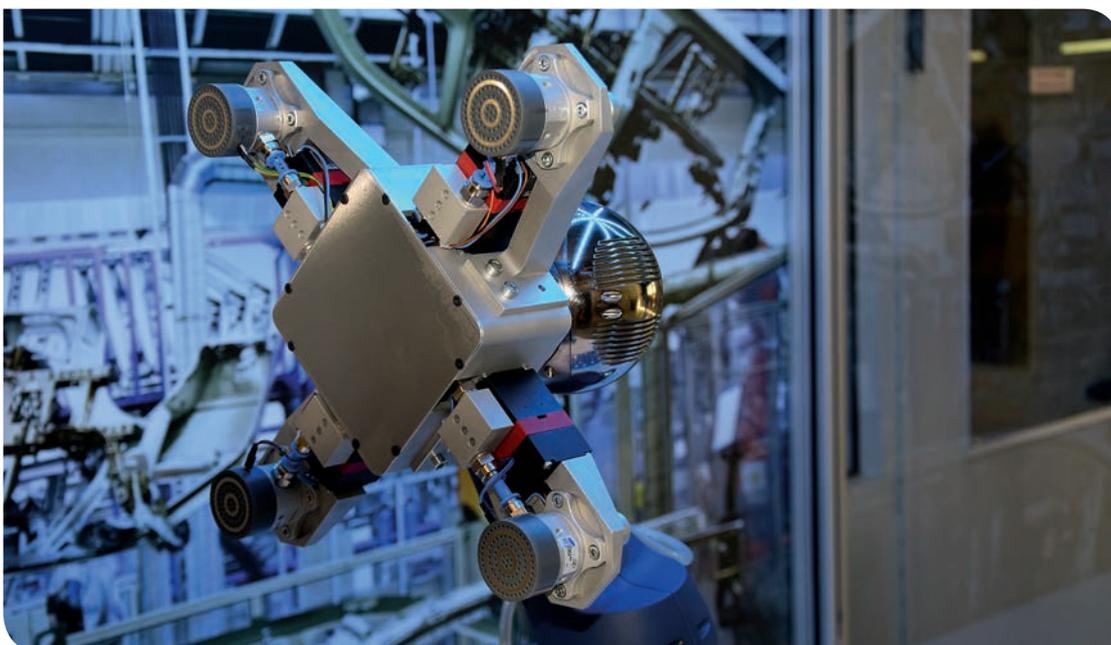
Dr.-Ing. Sebastian Greinacher

Für produzierende Unternehmen gewinnt der zielgerichtete und effiziente Einsatz vorhandener Ressourcen neben der ökonomischen Optimierung zunehmend an Bedeutung. Die ökonomische und organisatorische Optimierung von Produktionssystemen entsprechend der Lean Philosophie ist grundsätzlich mit den Zielen der ressourceneffizienten Produktion vereinbar. Allerdings sind der Übereinstimmung beider Prinzipien Grenzen gesetzt, so dass individuelle Analysen eines zu verbessernden Produktionssystems und das Abwägen der Vor- und Nachteile potenzieller Verbesserungsmaßnahmen erforderlich sind.

Die vorliegende Dissertation erläutert einen Ansatz zur Mehrzieloptimierung schlanker und ressourceneffizienter Produktionssysteme sowie zur zielgerichteten Auswahl geeigneter Verbesserungsmaßnahmen für die Umsetzung des Zielzustands. Zur Prognose der Auswirkungen unterschiedlicher Konfigurationen eines Produktionssystems werden Material-, Energie- und Informationsflüsse in eine ereignisorientierte Ablaufsimulation integriert und mit einem Bewertungsmodell aus Zielkriterien der schlanken und ressourceneffizienten Produktion gekoppelt. Unter Einsatz von statistischer Versuchsplanung werden Gauß Prozessmodelle an die Antworten des komplexen Simulationsmodells angepasst. Diese Metamodelle erlauben die Approximation des Systemverhaltens in kurzer Rechenzeit und ermög-

lichen somit umfangreiche Mehrzieloptimierungen und statistische Analysen des Produktionssystems, die im Simulationsmodell aufgrund langer Rechenzeiten kaum möglich wären. Ausgehend von dem optimalen Zielzustand des Produktionssystems werden real umsetzbare Maßnahmen ermittelt, die geeignetste Maßnahmenkombination ausgewählt und ihre optimale Einführungsreihenfolge ermittelt. Abschließend werden die Wirkzusammenhänge schlanker und ressourceneffizienter Produktionssysteme am Beispiel eines idealtypischen Lagerfertigers generalisiert und in allgemeine Handlungsempfehlungen überführt. Der Ansatz wird begleitend an einem industriellen Praxisbeispiel angewandt.

Zusammenfassend leistet das entwickelte Vorgehen einen wesentlichen Beitrag zur Integration umfangreicher Mehrzieloptimierungsstudien in den Planungsalltag von Produktionssystemen. Dadurch ist es möglich, konkurrierende Zielkriterien der schlanken und ressourceneffizienten Produktion systematisch gegeneinander abzuwägen und Verbesserungsmaßnahmen in einem Produktionssystem zielgerichtet einzuführen. ■



Handhabungssystem, bestehend aus vier dezentral geregelten Niederdruckflächensaugern





Dissertationen

## Dynamische Parameteranpassung bei der Bohrungsherstellung in faserverstärkten Kunststoffen unter zusätzlicher Berücksichtigung der Einspannsituation



Dr.-Ing. Stefan Klotz

### Ziel des Vorhabens

Das Ziel dieser Arbeit besteht in der Entwicklung einer neuen Bearbeitungsstrategie, die Schädigungen bei der Bohrungsbearbeitung von CFK reduziert und zusätzlich die Werkzeugstandzeit erhöht. Hierzu soll während der Bearbeitung das Eingriffsverhältnisse zwischen Werkzeugschneide und Werkstück konstant gehalten werden. Zudem soll es mit der Untersuchung von Spannsystemen ermöglicht werden, definierte Einspannabstände ohne Verschlechterung der Bearbeitungsqualität zu erreichen. Zuletzt sollen bei definiertem Einspannabstand konstante Eingriffsverhältnisse erreicht werden.

### Vorgehensweise

Zur Realisierung dieses Ziels wird die Vorschubgeschwindigkeit dynamisch in Abhängigkeit des Verschleißzustandes des Bohrers angepasst, um vordefinierte Eingriffsverhältnisse zwischen der Schneidkante und dem Werkstück konstant zu halten. Zudem werden unterschiedliche Einspannabstände hinsichtlich der Schädigungsentstehung untersucht.

### Ergebnisse

Die Ergebnisse der dynamischen Parameteranpassung zeigen, dass die Werkstückschädigungen signifikant geringer sind, wenn Eingriffsverhältnisse eingestellt werden, bei denen der Vorschub je Zahn

senkrecht zur Schneidkante zwei- oder vierfach größer ist als der aktuelle Schneidkantenverschleiß. Mit der vorgestellten Methode kann die Vorschubgeschwindigkeit während der Bearbeitung erhöht werden bei gleichzeitiger Erhöhung der Werkzeugstandzeit ohne die Qualität zu verschlechtern.

Die Ergebnisse der Untersuchungen eines Vierpunktspannsystems ergeben, dass unterhalb einer Grenze keine Verschlechterung der Qualität erfasst werden konnte. Wird diese Grenze überschritten, entsteht ein katastrophaler Durchbruch des Bohrers und die Schädigung nimmt drastisch zu. Weitere Untersuchungen wurden durchgeführt, um die Variation der Bohrungsparameter aufgrund der Durchbiegung des Bauteils zu erfassen. Zu Beginn einer Bohrung nimmt der Vorschub je Zahn ab. Sobald sich die Schneidkante im Volleingriff befindet, liegt näherungsweise der voreingestellte Vorschub je Zahn vor bis die Querschneide das Werkstück verlässt. Zu diesem Zeitpunkt wird der Vorschub je Zahn größer als der voreingestellte Wert.

Mit der Kombination der Methode der dynamischen Vorschubanpassung in Abhängigkeit des Werkzeugverschleißes und dem Einfluss des Spannsystems wurde eine Methode vorgestellt, die es ermöglicht, die Einhaltung des voreingestellten Vorschubs je Zahn unabhängig von der aktuellen Durchbiegung des Bauteils einzustellen. ■

Dissertationen

## Bewertung konkurrierender Fertigungsfolgen mittels Kostensimulation und stochastischer Mehrzieloptimierung

Produzierende Unternehmen stehen heute vor der Herausforderung eine Vielzahl von Umfedeinflüssen und Unsicherheiten im Rahmen der Technologieplanung zu berücksichtigen. Die Wahl einer geeigneten Produktionstechnologie muss neben den wirtschaftlichen Zielen des Unternehmens auch den technologischen Anforderungen an das Produkt gerecht werden. Es resultieren komplexe Entscheidungsprobleme, die Fokus der vorliegenden Arbeit sind.

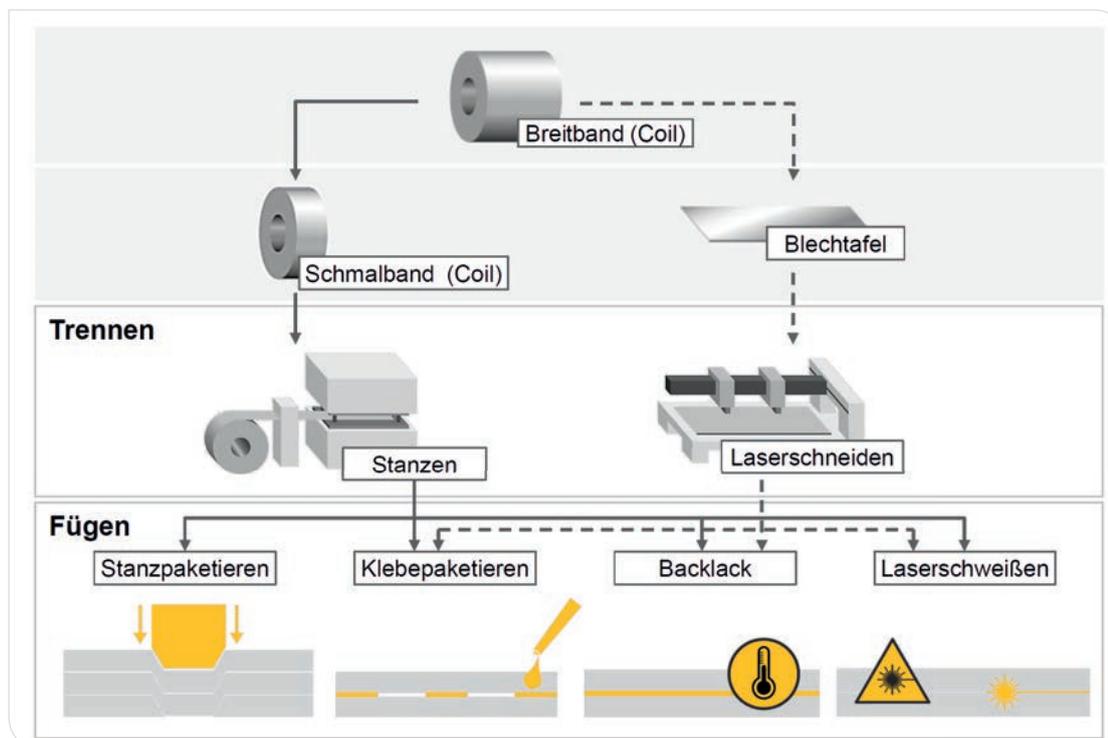
Ziel des entwickelten Lösungsansatzes ist die anwendungsoptimale Auswahl aus einer Anzahl konkurrierender Fertigungsfolgen in der frühen Entwicklungsphase eines Produkts. Hierzu werden mehrere Zielkriterien in die Entscheidungsfindung einbezogen sowie die Unsicherheit in den Eingangsdaten berücksichtigt. Der Ansatz trägt somit zu einer multikriteriellen Technologiebewertung im Rahmen der strategischen Technologieplanung bei. Ausgehend von der Konfiguration zulässiger Fertigungsfolgen wird ein systematisches Vorgehen zur

Identifikation von Entscheidungskriterien erarbeitet. Es wird ein detailliertes Kostenmodell entwickelt, das mittels Kostensimulation eine Kostenprognose für die zu bewertenden Fertigungsfolgen erlaubt. Die Zielkriterien werden in einem formalisierten Entscheidungsmodell verarbeitet, welches die Einzelinformationen in einer multikriteriellen Optimierung zusammenführt. Unter Berücksichtigung spezifischer Präferenzen erfolgt schließlich die anwendungsspezifische Auswahl der optimalen Fertigungsfolgen. Einen Schwerpunkt dieser Arbeit bildet der Umgang mit stochastischen Daten, die auf ein realitätstreues Abbild der Systemumwelt zielen und in allen Bereichen der Bewertung und Optimierung einbezogen werden.

Die entwickelte Methodik wurde für die Erprobung prototypisch implementiert. Die Erprobung erfolgt am Beispiel der Blechpaketfertigung für automobiler Elektroantriebe. ■



Dr.-Ing. Johannes Stoll



Konkurrierende Fertigungsfolgen im Anwendungsbeispiel



Dissertationen

## Fügen von Metall-Faserverbund-Hybridwellen im Schleuderverfahren



Dr.-Ing.  
Simon-Frederik Koch

Die Verknappung von Ressourcen und der steigende Bedarf nach energieeffizienten technischen Systemen ist ein Trend, der insbesondere die Industrien und Unternehmen im Bereich Mobilität und Automatisierungstechnik vor Herausforderungen stellt. Moderne, innovative Antriebstechnologien stehen in diesem Spannungsfeld im Fokus, da neue Lösungen für diese Branchen eine verbesserte Energieeffizienz versprechen.

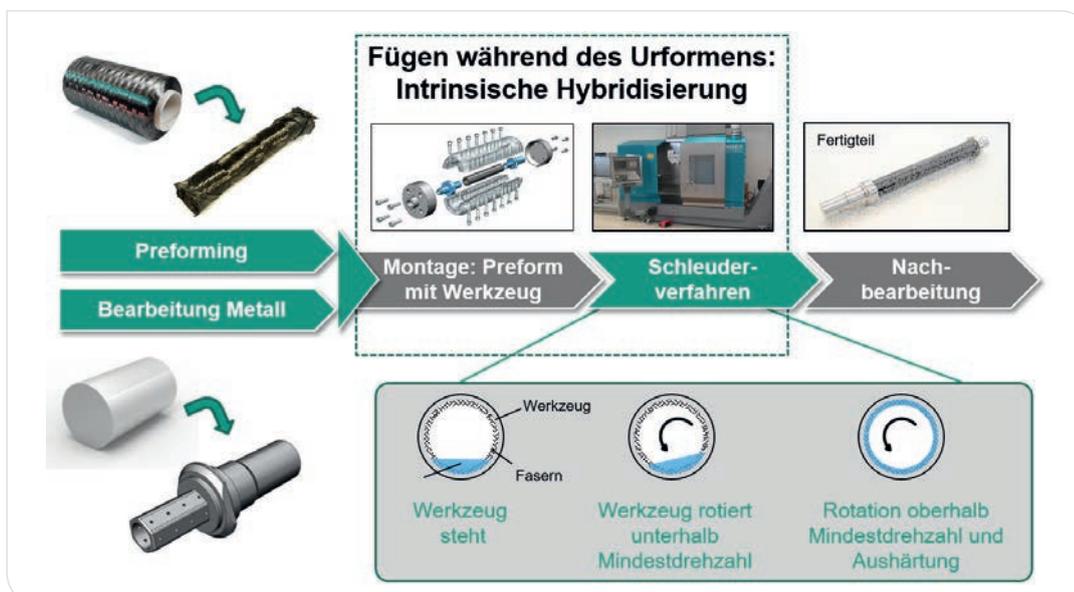
Ein neuer Ansatz zur Herstellung von leichten Antriebswellen ist das Schleuderverfahren, welches im Rahmen dieser Arbeit betrachtet wird. Eigene Arbeiten haben gezeigt, dass metallische Einleger im Schleuderverfahren an die entstehende Hohlstruktur aus Faserverbundkunststoff (FVK) angebunden werden können. Bei derartigen Antriebswellen ist in den meisten Fällen eine solche Multi-Material-Bauweise erforderlich, um über das Metall sowohl hohe tribologische bzw. hohe lokale Lasten in die Wellen einzuleiten, als auch um über den FVK die Lasten über lange Distanzen zu übertragen. Das Schleuderverfahren und das Fügen des Metalls im Prozess versprechen in diesem Zusammenhang Prozessketten zu vereinfachen und neue gewichtsreduzierende Ansätze zur Lasteinleitung zwischen Metall und FVK.

Beim Schleuderverfahren werden Zentrifugalkräfte zur Tränkung der trockenen Faserstruktur genutzt. Sollen Metalle in diesem Verfahren angebunden werden, sind neben radialen auch axiale

Fließwege notwendig. Während die radiale Tränkung aufgrund der radial wirkenden Zentrifugalkräfte vergleichsweise schnell voranschreitet und weitestgehend verstanden ist, wurden axiale Tränkungsmechanismen bislang nur unzureichend erforscht. Die vorliegende Arbeit nimmt sich dieser Problematik an.

Es wird ein Modell hergeleitet, welches die Tränkung von trockenen Faserstrukturen beim intrinsischen Fügen von Einlegern im Schleuderverfahren beschreibt. Es erlaubt den Tränkungsfortschritt vorherzusagen, sodass der Prozess mit seinen Parametern eingestellt werden kann. Die Validität des Modells konnte in einem statistischen Versuchsplan nachgewiesen werden und es besteht nun die Möglichkeit den Einfluss einzelner Parameter auf die Tränkungsdauer zu quantifizieren. In diesem Kontext wurde zudem das Schleuderverfahren mit Kern entwickelt und dessen physikalischen Wirkprinzipien mathematisch modelliert. Der Kern muss demnach in seinen geometrischen und materiellen Eigenschaften ausgelegt werden. Unter diesen Umständen können bei dieser Verfahrensvariante höhere Faservolumenanteile erreicht und nicht-kreisrunde FVK-Profile auch ohne harzreiche Stellen hergestellt werden.

Die Arbeit leistet somit einen Beitrag zu den fertigungsgerechten Grundlagen des intrinsischen Fügens im Schleuderverfahren. Basierend auf diesen Erkenntnissen können alle Arten von Überlappverbindungen zwischen Metall und FVK hergestellt werden. ■



Prozesskette des Schleuderverfahrens zum Fügen von Metall-Faserverbund-Hybridwellen

Dissertationen

## Numerische Untersuchung der Eigenspannungs-entwicklung für sequenzielle Zerspanungsprozesse

### Ziel des Vorhabens

Das Ziel dieser Arbeit ist es, das Räumverfahren in einem numerischen Modell abzubilden, mit dem es möglich ist, die Eigenspannungsentwicklung in der Randschicht systematisch zu analysieren und dabei deren Abhängigkeit von einer mehrfachen sequenziellen Zerspanung, sowie variabler Prozessstellgrößen zu berücksichtigen. Damit ist es möglich, den Räumprozess hinsichtlich Produktivität und resultierenden Bauteileigenschaften zu optimieren.

### Vorgehensweise

Um dieses Ziel zu erreichen, wurde das Räumverfahren in einem zweidimensionalen FE-Zerspanungsmodell abgebildet und in eine Simulationssequenz integriert, wobei das Erreichen eines thermomechanischen Gleichgewichtszustandes detektiert und der Randschichtzustand auf ein neues Werkstückmodell für die folgende sequenzielle Zerspanung übertragen wird. Das numerische Prozessmodell wurde anhand der Ergebnisse aus experimentellen Räumversuchen im Rahmen des Graduiertenkollegs 1483 validiert. In einer univariaten Analyse der Einflüsse auf die Eigenspannungsentwicklung bei variierten Prozessstellgrößen wurde der Eigenspannungstiefenverlauf durch fünf charakteristische Merkmale beschrieben.

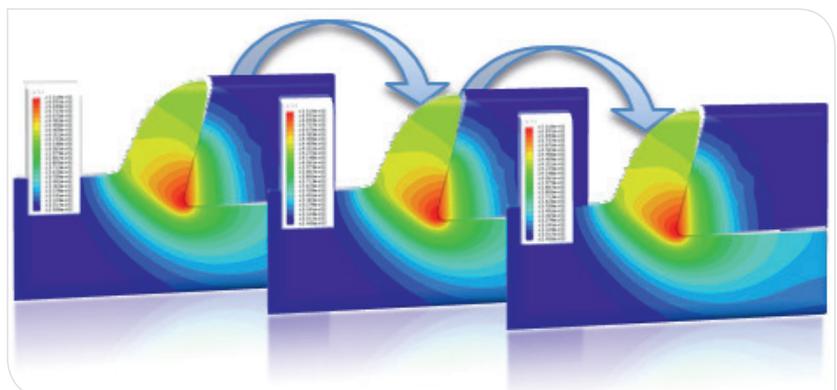
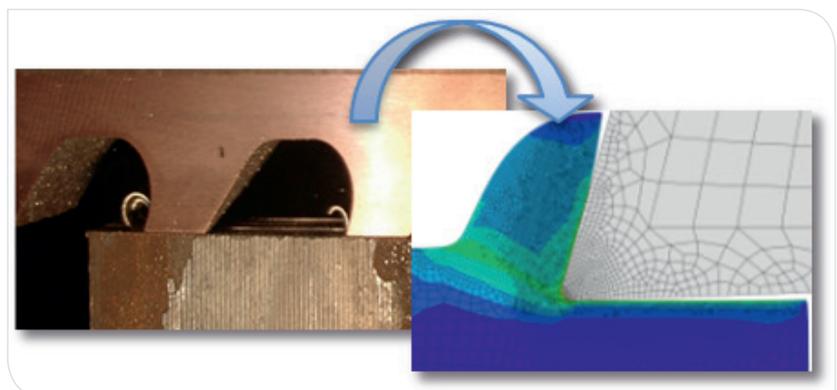
### Ergebnisse

Als Ergebnis konnte gezeigt werden, dass sich ab einer Anzahl von  $n \geq 10$  sequenziellen Zerspanungen die Ausbildung eines quasistationären Eigenspannungszustandes in der Bauteilrandschicht einstellt, dessen Merkmale sich signifikant von den Ergebnissen einer singulären Zerspanung unterscheiden. Die numerische Analyse ergab zudem eine deutliche Beeinflussung des quasistationären Eigenspannungszustands in Form der charakteristischen Merkmale durch die untersuchten Prozessstellgrößen. So bedeutete ein zunehmend positiver Spanwinkel ansteigende Zugeigenspannungen an der Bauteiloberfläche und maximale Druckeigenspannungen in der Randschicht. Für sehr kleine Freiwinkel zeigte sich ein Rückgang der Oberflächenzugeigenspannungen. Steigende Werte der relativen Schärfe begünstigten eine Abnahme der Zugeigenspannungen an der Oberfläche, sowie deren Ausdehnung in die Tiefe, sowie die Ausbildung von Druckeigenspannungen unterhalb der Oberfläche. Kleine Werte der Werkzeugteilung führten zu tieferreichenden Zu-

geigenspannungen und abnehmenden maximalen Druckeigenspannungswerten in der Randschicht. Mit steigender Schnittgeschwindigkeit nahmen die Zugeigenspannungen an der Oberfläche, sowie die Ausdehnung des Zugeigenspannungsfeldes in der Tiefe, ab. Die maximalen Druckeigenspannungen in der Randschicht nahmen dabei zu. Für steigende Reibwerte zeigten sich zunehmende Zugeigenspannungswerte an der Oberfläche. Bei der Untersuchung zur Berücksichtigung der Bearbeitungshistorie des Bauteils konnte gezeigt werden, dass die in der Randschicht nach der Zerspanung vorliegenden Eigenspannungen signifikant durch initiale Eigenspannungszustände beeinflusst werden. Für eine größere Anzahl sequenzieller Zerspanungen  $n \geq 10$  konnte ein Einfluss auf den resultierenden quasistationären Eigenspannungszustand nicht mehr nachgewiesen werden. ■



Dr.-Ing. Julius Ficht



Modellierung der sequenziellen Zerspanung



Dissertationen

## Automatisierte Fertigung von Einzelblattstapeln in der Lithium-Ionen-Zellproduktion



Dr.-Ing. Manuel Baumeister

### Ziel des Vorhabens

Die größte Herausforderung beim Ausbau erneuerbarer Energien durch speicherstationäre Systeme und der flächendeckenden Umsetzung von Elektromobilitätskonzepten stellt die Bereitstellung von leistungsfähigen Energiespeichern in Form von Lithium-Ionen-Zellen dar. Für deren Herstellung gelten hohe Qualitätsanforderungen, weshalb derzeit aufwändige Prozesse und Maschinen zum Einsatz kommen, die zu hohen Fertigungskosten führen.

Besonders bei der Bildung des Zellstapels aus den Funktionsschichten Anode, Kathode und Separator, der die leistungsbestimmende Komponente einer Zelle darstellt, werden in aktuellen Maschinen sehr viele Qualitätssicherungsschritte unter Zuhilfenahme aufwändiger Sensorik durchgeführt. Weil die Zellstapelbildung zudem in einem Trockenraum stattfinden muss, gilt sie als einer der kostenintensivsten Prozessschritte.

Das Ziel dieser Arbeit war deshalb die methodische Entwicklung eines produktiven und wirtschaftlichen Maschinenkonzepts für die automatisierte Produktion von qualitativ hochwertigen Zellstapeln nach dem Prinzip der sogenannten Einzelblattstapelbildung.

### Vorgehensweise

Zur Zielerreichung wurde eine in vier Phasen aufgeteilte Entwicklungsmethodik angewendet. In der Planungsphase entstand durch die Evaluierung und Bewertung verschiedener Fertigungstechnologien ein neuartiges Maschinenkonzept. Dieses beruht auf einem funktionsintegrierten Fertigungsprinzip, bei dem die Handhabungsfunktionen in die Fertigungswerkzeuge der Maschine integriert sind. In den nachfolgenden Phasen erfolgte die Dimensionierung, Konstruktion und letztlich der prototypische Aufbau der konzipierten Maschine in der Form eines Funktionsdemonstrators. Mit diesem konnte abschließend die Validierung der Funktionsfähigkeit des Maschinenkonzepts erfolgen.

### Ergebnisse

Mit der in dieser Arbeit entwickelten Lösung steht ein Produktionsverfahren zur Verfügung, das es erlaubt, qualitativ hochwertige Zellstapel von Lithium-Ionen-Zellen nach dem Fertigungsverfahren der Einzelblattstapelbildung für den Einsatz in Elektromobilitätsanwendungen oder in stationären Speichern herzustellen. Dabei konnte die Komplexität der Anlagentechnik durch die Anwendung des funktionsintegrierten Fertigungsprinzips, gegenüber dem Stand der Technik, reduziert werden und damit ein Beitrag zur Kostensenkung von Lithium-Ionen-Zellen geleistet werden. ■



Demonstrator zur Einzelblattstapelbildung

Dissertationen

## Wälzschälen von Innenverzahnungen

### Ziel des Vorhabens

Die steigende Nachfrage nach Innenverzahnungen rückt zunehmend die Forderung nach einem geeigneten, gleichzeitig produktiven und flexiblen Verfahren in den Vordergrund.

Im Vergleich zu den etablierten Verzahnungsverfahren bietet das Wälzschälen ein großes Potential zur Kostenreduzierung durch deutliche Hauptzeitverminderung gegenüber dem Wälzstoßen und durch eine Reduzierung der Werkzeugkosten gegenüber dem Räumen von Innenverzahnungen. Dem steht aktuell entgegen, dass derzeit noch keine detaillierten Kenntnisse zum Innenschälen vorhanden sind, da weder erweiterte versuchstechnische Arbeiten, noch ein beschreibendes Prozessmodell vorliegen. Daher ist die Zielstellung dieser Arbeit eine datenbasierte Werkzeug- und Prozessauslegung für das Wälzschälen von Innenverzahnungen anhand von allgemein anwendbaren Richtlinien zu entwickeln, um das Wälzschälverfahren einem breiten Anwendungsfeld zugänglich zu machen.

### Vorgehensweise

Um diese Ziele zu erreichen, wurde in einem ersten Schritt der Einfluss unterschiedlicher wälzschälspezifischer Parameter mittels eines kinematischen Simulationsprogramms untersucht. Dabei kamen zwei unterschiedliche Anwenderwerkstücke zum Einsatz, um ein möglichst großes Bauteilspektrum abdecken zu können. Aufgrund der geringen Erfahrungen zu Spannfuttern beim Innenwälzschälen, sollten mögliche Spannkonzeppte auf ihre Eignung hin untersucht werden.

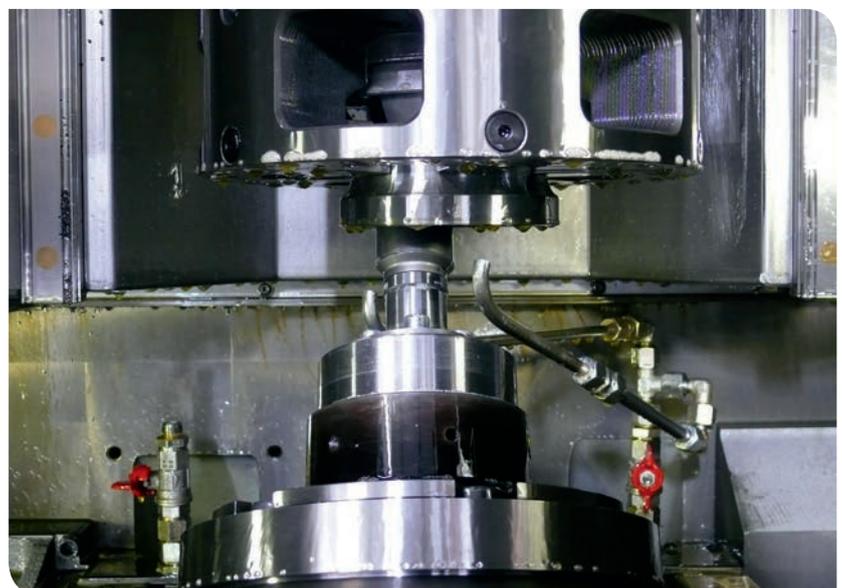
Zur Bewertung des Verschleißverhaltens kamen in einem Analogieversuch sogenannte Dreizahnwerkzeuge zum Einsatz, anhand derer der Einfluss der Prozessparameter Schnittgeschwindigkeit und Axialvorschub untersucht wurde. In einem weiteren Schritt wurden Versuche mit zylindrischen Vollwerkzeugen durchgeführt. Abschließend erfolgten die Korrelation der Versuchsergebnisse und die Ableitung von allgemein anwendbaren Richtlinien zur Werkzeug- und Prozessauslegung beim Innenwälzschälen.

### Ergebnisse

Die Ergebnisse der Variantenrechnung der kinematischen Simulation zeigen den Einfluss der einzelnen Werkzeugparameter auf die Spannungskenngrößen Spannungsdicke, Spanwinkel und Freiwinkel. Es konnte ein funktionaler Zusammenhang zwischen den Eingangsparametern und den Spannungskenngrößen abgeleitet werden, welche eine Optimierung der Werkzeugkenngrößen ermöglichte. Aus den Spannungskenngrößen konnten des Weiteren die Zerspankräfte über das Kienzle Modell bestimmt werden, welche Eingangsgrößen für die FEM-Simulationen der Werkstückspanneinrichtung waren. Hier wurden unterschiedliche Spannkonzeppte wie Aial- oder Radialspannungen unterschiedlicher Backenanzahl und Backenbreite auf das Deformationsverhalten des Werkstücks untersucht. Aus diesen Untersuchungen lässt sich eine möglichst deformationsarme Einspannung ableiten, welche positive Auswirkungen auf die Verzahnungsqualität aufweist. Aus den sich daran anschließenden experimentellen Untersuchungen konnte der Einfluss unterschiedlicher Prozessparameter auf das Verschleißverhalten der Werkzeuge analysiert werden, wodurch eine Steigerung des Standwegs erzielt werden konnte. ■



Dr.-Ing. Daniel Bertsch



Versuchsaufbau Innenschälen.



Dissertationen

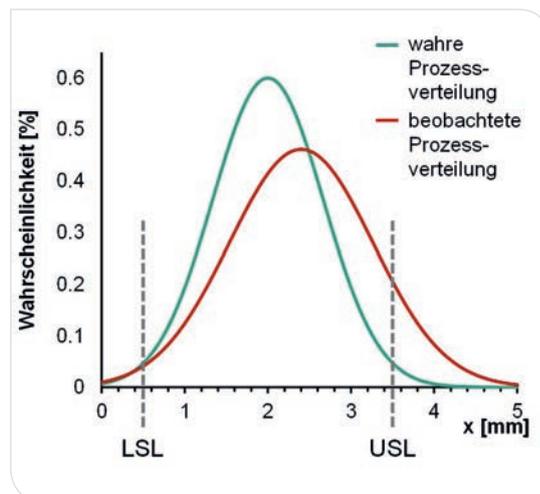
## Entfaltung von industriellen Mess- und Fertigungsprozessen für verbesserte Prozessfähigkeitsbewertungen



Dr.-Ing. Kyle Kippenbrock

### Ziel des Vorhabens

Die präzise Schätzung von Prozessfähigkeitsindizes ist für Hersteller essentiell wichtig, da Maß- und Formgenauigkeiten von einzelnen Bauteilen notwendig sind, um die Funktionalität des Produkts zu gewährleisten und die Austauschbarkeit von Komponenten sicherzustellen. Wenn sich die Streuung eines Qualitätsmerkmals aufgrund des Fertigungsprozesses und die Unsicherheit der Messungen in derselben Größenordnung bewegen, stellt der Einsatz von Prozessfähigkeitsindizes eine wesentliche Herausforderung dar. Unter dieser Bedingung kann der Einfluss der Messunsicherheit zu einer verfälschten Bewertung der Prozessfähigkeit führen und unternehmerische Entscheidungen hinsichtlich Investitionen in Produktionsanlagen und Lieferantenauswahl negativ beeinflussen.



Überlagerung des normalen verteilten Herstellungsprozesses und des normalen verteilten Messprozesses.

Vor diesem Hintergrund ist es das Ziel der Dissertation, eine Methode zur Bewertung der Prozessfähigkeit unter Berücksichtigung der Messunsicherheit zu entwickeln. Dies umfasst die Ableitung eines neuen Schätzers für den Prozessfähigkeitsindex  $C_p$  und die Definition eines Messmodells zur Berechnung von Konfidenzintervallen für den resultierenden  $C_p$ -Wert abhängig von der Stichprobengröße und der Messunsicherheit.

### Vorgehensweise

Zur Erreichung der Zielsetzung werden zuerst die notwendigen Prozesse zur Ermittlung des Prozessfähigkeitsindex  $C_p$  modelliert. Anhand dieser Mo-

dellierung und der Anwendung einer statistischen Methode, die sogenannte Entfaltung, lässt sich der Einfluss der Messunsicherheit auf die beobachtete Prozessstreuung korrigieren. Mittels dieses Ansatzes wird ein neuer Schätzer für den Prozessfähigkeitsindex  $C_p$  abgeleitet.

Anschließend wurde mittels der Entfaltungsmethode ein Messmodell zur Ermittlung der Unsicherheit bei  $C_p$ -Schätzungen entwickelt. Das Messmodell berücksichtigt nicht nur die statistische Unsicherheit durch das Stichprobenverfahren sondern auch die Messunsicherheit der einzelnen Messungen. Dieses Messmodell wird anschließend verwendet, um Konfidenzintervalle für  $C_p$ -Schätzungen mittels der Entfaltungsmethode zu berechnen.

$$\hat{C}_p = \frac{USL - LSL}{6\sqrt{s_y^2 - u^2}}$$

$$C_p \in \left[ \frac{\sqrt{1 - \hat{\tau}^2}}{\sqrt{\frac{n-1}{\chi_{0.025, n-1}^2} - \hat{\tau}^2}} \cdot \hat{C}_p, \frac{\sqrt{1 - \hat{\tau}^2}}{\sqrt{\frac{n-1}{\chi_{0.975, n-1}^2} - \hat{\tau}^2}} \cdot \hat{C}_p \right]$$

Verbesserter  $C_p$ -Schätzer und Konfidenzintervall.

### Ergebnisse

Die Ergebnisse der Methode werden mittels Monte-Carlo-Simulation experimentell validiert. Die Simulationsergebnisse zeigen, dass die Entfaltungsmethode bei ausreichender Stichprobengröße die systematische Abweichung aufgrund der Messunsicherheit erfolgreich korrigiert und die berechneten Konfidenzintervalle für  $C_p$ -Schätzungen mittels der Entfaltungsmethode eine präzise Angabe der dazugehörigen Unsicherheit der Schätzung darstellen.

Anwendung findet die Methode vor allem in der Fertigung von Mikrostrukturen, wo die Messunsicherheit und die Streuung des Fertigungsprozesses die gleiche Größenordnung sein können. ■

Dissertationen

## Numerische Untersuchung der Eigenspannungsentwicklung für sequenzielle Zerspanungsprozesse

### Ziel des Vorhabens

Das Ziel dieser Arbeit ist es, das Räumverfahren in einem numerischen Modell abzubilden, mit dem es möglich ist, die Eigenspannungsentwicklung in der Randschicht systematisch zu analysieren und dabei deren Abhängigkeit von einer mehrfachen sequenziellen Zerspanung, sowie variabler Prozessstellgrößen zu berücksichtigen. Damit ist es möglich, den Räumprozess hinsichtlich Produktivität und resultierenden Bauteileigenschaften zu optimieren.

### Vorgehensweise

Zur Erreichung dieser Ziele wird die gesamte Prozesskette bei der Herstellung einer komplexen Innenverzahnung durch Trockenräumen von der Weichbearbeitung über die Wärmebehandlung zur Hartbearbeitung am Beispiel einer PKW-Schiebemuffe durchgeführt. Dabei wird nach jedem Prozessschritt der Bauteilzustand untersucht, um den Einfluss des Prozessschrittes auf die Bauteileigenschaften zu identifizieren.

### Ergebnisse

Über die gesamte Prozesskette konnte zunächst gezeigt werden, dass es durch den Innenräumprozess ohne Kühlschmierung zu keiner negativen Beeinflussung des Bauteilgefüges kommt.

Bei der Weichbearbeitung ohne Kühlschmierstoff wurde nachgewiesen, dass mit steigender Räumgeschwindigkeit neben einer Produktivitätssteigerung sinkende Formänderungen an der geräumten Innenkontur erzielt werden können, die auf sinkende Schnittkräfte zurückzuführen sind. Trotz steigender Schnitttemperaturen, kommt es dabei aufgrund sinkender Kontaktzeiten zu keinen übermäßig steigenden Werkzeugtemperaturen, die zu

Durchmesseränderungen und somit Maßänderungen bei der Zerspanung führen können. Geringe Schnittgeschwindigkeiten führen hingegen an dünnwandigen Bauteilbereichen zu plastischen Deformationen und sind daher bei der Trockenbearbeitung zu vermeiden.

Während durch die Wärmebehandlung Schwankungen am Innendurchmesser der Bauteile durch den Einsatz eines Härtedorns reduziert werden können, kommt es an der Innen- und Außenkontur der Bauteile zu signifikanten Deformationen, die mit Formabweichungen aus dem vorherigen Prozessschritt der Weichbearbeitung zusammenhängen. In dünnwandigen Bauteilbereichen kann es dabei infolge einer vollständigen Gefügeumwandlung zu Durchmesseränderungen kommen. Durch die finale Hartbearbeitung der Innenverzahnung kann eine signifikante Reduzierung charakteristischer Formabweichungen erzielt werden. Eine vollständige Beseitigung lässt sich allerdings aufgrund des elastischen Bauteilverhaltens während der Bearbeitung nicht erzielen.

Infolge der Weichbearbeitung bilden sich unabhängig von der Räumgeschwindigkeit Zugeigenspannungen in der bearbeiteten Bauteilrandschicht aus, die während der nachfolgenden Wärmebehandlung in Druckeigenspannungen umgewandelt werden. Der finale Eigenspannungszustand hängt wesentlich von der Räumgeschwindigkeit bei der Hartbearbeitung ab. Während sich bei hohen Räumgeschwindigkeiten erneut Zugeigenspannungen einstellen, können durch geringe Räumgeschwindigkeiten Druckeigenspannungen in der Randschicht erzielt werden. ■



Dr.-Ing. Farboud Bejnoud



Untersuchte Prozesskette zur Herstellung eines Bauteils mit komplexer Innenverzahnung durch Trockenräumen



Dissertationen

## Herstellungsübergreifende Informationsübertragung zur effizienten Produktion von Werkzeugmaschinen am Beispiel von Kugelgewindetrieben



Dr.-Ing. Steffen Dosch

### Ziel des Vorhabens

Die Digitalisierung der Produktionstechnik wird zukünftig ein entscheidender Wettbewerbsfaktor für die Werkzeugmaschinenindustrie sein. Im Produktionsprozess von Werkzeugmaschinen wird in verschiedenen Prozessschritten die Bereitstellung von Informationen bei Kugelgewindetrieben benötigt. Die Informationsübertragung in diesen Prozessschritten ist aufgrund von papierbasierten Datenblättern nicht effizient. Eine Digitalisierung der Informationsübertragung kann hier einen signifikanten Vorteil erwirken.

Das Ziel der Arbeit war daher die Effizienzsteigerung der Produktion von Werkzeugmaschinen durch gezielte Nutzung der bei der Herstellung von Kugelgewindetrieben entstandenen Informationen mittels herstellerübergreifender Informationsübertragung.

### Vorgehensweise

Zur Ermittlung der zu übertragenden Informationen wird eine Vorgehensweise zur Analyse von Produktionsprozessen entwickelt. Die Vorgehensweise wird an den Produktionsprozessen von Werkzeugmaschinen und Kugelgewindetrieben angewendet. Es wird eine Berechnungsmethode für exemplarspezifische Korrektur- und Messwerte hergeleitet. Mit dieser Methode können in sieben

Schritten die Korrekturwerte für das Steuerungssystem zur Kompensation der Wegabweichung berechnet werden. Zur herstellerübergreifenden Übertragung der Informationen wird eine Lösung zur elektronischen Informationsübertragung zwischen den Herstellern entwickelt. Dazu wird ein Informationsmodell für Kugelgewindetriebe hergeleitet und im Austauschformat AutomationML umgesetzt. Die Informationsübertragung findet durch die komponentenintegrierte Speicherung des Informationsmodells auf einem EEPROM-basierten Speicher im Kugelgewindetrieb statt. Zur Übertragung der Informationen an das Steuerungssystem wird eine OPC-UA-basierte Kommunikationsschnittstelle realisiert.

### Ergebnisse

Für die Umsetzung und Erprobung des Gesamtkonzepts wird eine Versuchseinrichtung genutzt. Damit wird die herstellerübergreifende Informationsübertragung untersucht und die Validierung der Berechnungsmethode durchgeführt. Mit den Ergebnissen der vorliegenden Arbeit steht eine funktionsfähige Lösung für die herstellerübergreifende elektronische Informationsübertragung bei Kugelgewindetrieben für die Effizienzsteigerung des Produktionsprozesses von Werkzeugmaschinen zur Verfügung. ■



Kugelgewindetrieb mit OPC-UA-Kommunikationsschnittstelle

Dissertationen

## Migrationsplanung globaler Produktionsnetzwerke – Bestimmung robuster Migrationspfade und risiko-effizienter Wandlungsbefähiger

### Ziel des Vorhabens

Die fortwährende Globalisierung forciert die Relevanz der Produktion in globalen Netzwerken. Allzu oft agieren Unternehmen in der industriellen Praxis aufgrund der evolutionären und opportunistischen Entwicklung der Netzwerke mit komplexen und ineffizienten Produktionsstrukturen. Zur Sicherung des langfristigen Erfolges sind Unternehmen im globalen Wettbewerb mehr denn je gefordert, vorhandene Produktionsstrukturen strategisch zu fokussieren und diese robust sowie flexibel gegenüber Volatilitäten des Unternehmensumfeldes in exzellente und veränderungsfähige Produktionsnetzwerke zu migrieren. Um diesen Herausforderungen zu begegnen, liefert die Dissertation ein modellgestütztes Vorgehen zur Migrationsplanung globaler Produktionsnetzwerke.

### Vorgehensweise

Für die formale Modellierung des Produktionsnetzwerks wird ein ressourcenorientiertes Konfigurationsmodell hergeleitet. Zum einen werden damit die Netzwerkressourcen zur Durchführung der Produktionsprozesse und Realisierung (produktions) strategische Fähigkeiten zur Wettbewerbsdifferenzierung des Produktionsnetzwerks abgebildet. Zum anderen werden mit diesem Modell im Status quo aktive und zukünftig mögliche Netzwerkressourcen mit dem Ziel kombiniert, eine formulierte Globale Produktionsstrategie zu operationalisieren. Um robuste Migrationspfade der Netzwerkkonfiguration unter Berücksichtigung stochastischer Zukunftsentwicklungen multidimensionaler Wandlungstreiber

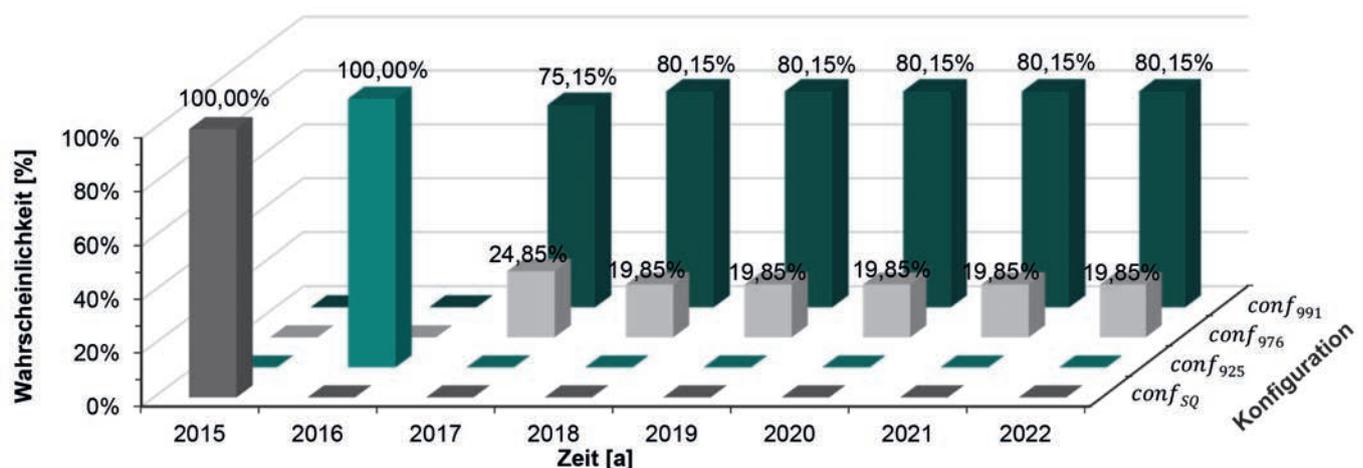
aus dem Unternehmensumfeld zu identifizieren, wird ein stochastisch dynamisches Optimierungsmodell eingeführt. Dieses ist als Markovscher Entscheidungsprozess mit dynamischer Umwelt formalisiert. Optimierungsziel ist, eine kostenoptimale Migrationsstrategie zu bestimmen. Diese gibt für jede Planungsperiode und antizipierte Ausprägung von Wandlungstreibern einen robusten Migrationsschritt der Netzwerkkonfiguration auf Struktur und Kapazitätsebene vor. Zur Vorbereitung von Netzwerkressourcen auf den Veränderungsbedarf dieser Migrationsschritte, wird ein stochastisches Selektionsmodell formuliert, mit dem Ziel effiziente Kombinationen an Wandlungsbefähigern zu identifizieren. Diese gestalten unter Berücksichtigung der Risikoaversion des Entscheidungsträgers ein optimales Level an Wandlungsfähigkeit für die Ressourcen des Produktionsnetzwerks. Um die Modelle zusammenzuführen, werden sie in ein dreiphasiges Vorgehensmodell eingebettet, um etablierte Methoden und Werkzeuge ergänzt und somit zur durchgängigen Anwendung befähigt.

### Ergebnisse

Die entwickelten Modelle wurden prototypisch implementiert und das Vorgehen im Rahmen einer Pilotanwendung erfolgreich erprobt. Zusammenfassend leistet die Dissertation einen entscheidenden Beitrag um die strategische Fokussierung der Produktion im Netzwerk zu forcieren und somit den langfristigen Erfolg produzierender Unternehmen im globalen Wettbewerb zu sichern. ■



Dr.-Ing. Emanuel Moser



Auswertung der Migrationsstrategie ermöglicht eine statistische Analyse des Rekonfigurationsbedarfs des Netzwerks.



## Veröffentlichungen

### Bücher

*Schulze, V.; Zanger, F.; Bollig, P.; Segebade, E.; Gerstenmeyer, M. & Klotz, S. (2017):*  
**Randschichtzustände nach Fertigungsprozessen – Erzeugung und Bewertung**  
 In: Moderne Zerspanungstechnologie - Neue Entwicklungen und Trends aus der Forschung und Praxis, Hrsg. Azarhoushang, B. & Wolf, T., Hochschule Furtwangen, Villingen-Schwenningen, S. 1-7.

*Segebade, E.; Zanger, F. & Schulze, V. (2017):*  
**Asymmetrische Schneidkantenmikrogeometrien – Bedeutung, Charakterisierung, potenzielle Anwendungen und Herausforderungen**  
 In: Spanende Fertigung, Hrsg. Dirk Biermann, Vulkan Verlag, Essen, S. 79-85. ISBN/ISSN: 978-3-8027-2989-8

### Dissertationen

*Boev, N.:*  
**Numerische Beschreibung von Wechselwirkungen zwischen Zerspanprozess und Maschine am Beispiel Räumen**  
 In: Shaker Verlag, Aachen, Reihe wbk 198, 2017

*Greinacher, S.:*  
**Simulationsgestützte Mehrzieloptimierung schlanker und ressourceneffizienter Produktionssysteme**  
 In: Shaker Verlag, Aachen, Reihe wbk 199, 2017

*Häfner, B.:*  
**Lebensdauerprognose in Abhängigkeit der Fertigungsabweichungen bei Mikroverzahnungen**  
 In: Shaker Verlag, Aachen, Reihe wbk 200, 2017

*Klotz, S.:*  
**Dynamische Parameteranpassung bei der Bohrungsherstellung in faserverstärkten Kunststoffen unter zusätzlicher Berücksichtigung der Einspannsituation**  
 In: Shaker Verlag, Aachen, Reihe wbk 201, 2017

*Stoll, J.:*  
**Bewertung konkurrierender Fertigungsfolgen mittels Kostensimulation und stochastischer Mehrzieloptimierung**  
 In: Shaker Verlag, Aachen, Reihe wbk 202, 2017

*Ficht, J.:*  
**Numerische Untersuchung der Eigenspannungsentwicklung für sequenzielle Zerspanungsprozesse**  
 In: Shaker Verlag, Aachen, Reihe wbk 204, 2017

*Bertsch, D.:*  
**Optimierung der Werkzeug- und Prozessauslegung für das Wälzschälen von Innenverzahnungen**  
 In: Shaker Verlag, Aachen, Reihe wbk 206, 2017

*Baumeister, M.:*  
**Automatisierte Fertigung von Einzelblattstapeln in der Lithium-Ionen-Zellproduktion**  
 In: Shaker Verlag, Aachen, Reihe wbk , 2017

*Bejnoud, F.:*  
**Experimentelle Prozesskettenbetrachtung für Räumbauteile am Beispiel einer einsatzgehärteten PKW-Schiebemuffe**  
 In: Shaker Verlag, Aachen, Reihe wbk , 2017

*Kippenbrock, K.:*  
**Deconvolution of Industrial Measurement and Manufacturing Processes for Improved Process Capability Assessment**  
 In: Shaker Verlag, Aachen, Reihe wbk , 2017

*Moser, E.:*  
**Migrationsplanung globaler Produktionsnetzwerke – Bestimmung robuster Migrationspfade und risikoeffizienter Wandlungsbefähiger**  
 In: Shaker Verlag, Aachen, Reihe wbk , 2017

### Konferenzbeiträge

*Bürgin, J.; Echsler Minguillon, F.; Wehrle, F.; Häfner, B. & Lanza, G. (2017):*  
**„Demonstration of a Concept for Scalable Automation of Assembly Systems in a Learning Factory“.**  
 7th Conference on Learning Factories, CLF 2017, Hrsg. Procedia Manufacturing, S. 111-118.

*Klotz, S.; Klose, J.; Sellmeier, V. & Schulze, V. (2017):*  
**Variantenanalyse zur Effizienzsteigerung beim Wirbeln mit synchronem Drehen.**  
 PIA - Prozessketten im Automobilbau, Hrsg. Denkena, B., S. 121-129.

*Liebrecht, C.; Hochdörffer, J.; Treber, S.; Moser, E.; Erbacher, T.; Gidion, G. & Lanza, G. (2017):*  
**Concept development for the verification of the didactic competence promotion for the Learning Factory on Global Production.**  
 Procedia Manufacturing, Hrsg. Elsevier B.V., S. 315-322.

*Imbrogno, S.; Segebade, E.; Fellmeth, A.; Gerstenmeyer, M.; Zanger, F.; Schulze, V. & Umbrello, D. (2017):*  
**Microstructural and hardness changes in aluminum alloy Al-7075: Correlating machining and equal channel angular pressing.**  
 AIP Convergence Proceedings 1896, Hrsg. American Institute of Physics, S. 1-6.

*Zanger, F.; Sellmeier, V.; Klose, J.; Bartkowiak, M. & Schulze, V. (2017):*  
**Comparison of Modeling Methods to Determine Cutting Tool Profile for Conventional and Synchronized Whirling.**  
 Procedia Cirp, Hrsg. Elsevier, S. 222-227.

Wegener, K.; Mayr, J.; Merklein, M.; Behrens, B.; Aoyama, T.; Sulitka, M.; Fleischer, J.; Groche, P.; Kaftanoglu, B.; Jochum, N. & Möhring, H. (2017):

**Fluid elements in machine tools.**

CIRP Annals - Manufacturing Technology, Hrsg. CIRP, S. 611-634.

Krüger, J.; Wang, L.; Verl, A.; Bauernhansl, T.; Carpanzano, E.; Makris, S.; Fleischer, J.; Reinhart, G.; Franke, J. & Pellegrinelli, S. (2017):

**Innovative control of assembly systems and lines.**

CIRP Annals - Manufacturing Technology, Hrsg. CIRP, S. 707-730.

Segebade, E.; Klose, J.; Gerstenmeyer, M.; Zanger, F. & Schulze, V. (2017):

**Mechanical surface modification using cutting inserts.**

Proceedings of the 13th ICSP, Hrsg. International Scientific Committee for Shot Peening, S. 219-224.

Hochdörffer, J.; Laule, C. & Lanza, G. (2017),

**Product Variety Management Using Data-Mining Methods.**

Proceedings of the 2017 International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM), Hrsg. IEEE, S. 1-5.

## Studien

Lanza, G.; Kopf, R.; Zaiß, M.; Stricker, N.; Eschner, N.; Yang, S.; Jacob, A.; Schönle, A.; Webersinke, L. & Wirsing, L. (2017):

**Laser-Strahlschmelzen – Technologie mit Zukunftspotential.**

Auftraggeber: Bundesministerium für Bildung und Forschung. Ein Handlungsleitfaden, Karlsruhe, Hrsg. Wbk Institut für Produktionstechnik, ISBN/ISSN: 978-3-00-056913-5.

Fleischer, J.; Haag, S. & Hofmann, J. (2017):

**Quo Vadis Wickeltechnik?. Eine Studie zum aktuellen Stand der Technik und zur Recherche zukünftiger Trends im Automobilbau.**



## Leitbild und Zahlen

Die vier Säulen  
des Leitbilds des wbk  
in der Lehre



Studierendenzahlen  
WS 2017/2018  
im Vergleich zu  
den Vorjahren

Anzahl Studierendenanfänger	2017	2016	2015
<b>Maschinenbau</b>			
■ Bachelor	514	542	577
■ Master	461	710	786
<b>Wirtschaftsingenieurwesen</b>			
■ Bachelor	564	497	493
■ Master	366	441	451
<b>Gesamt</b>	<b>1905</b>	<b>2190</b>	<b>2307</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
	Grundlagen der Fertigungstechnik (WS), Basics of Manufacturing Technology (WS)	Einführung in die Grundlagen und Überblick über die Verfahren der Fertigungstechnik	Schulze, Zanger
	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, Kacaras
	Automatisierte Produktionsanlagen (SS)	Werkstücke, Werkzeuge, Materialfluss, Roboter, Steuerungstechnik, Qualitätssicherung, Montage	Fleischer
	Betriebliche Produktionswirtschaft (SS)	Produktionstechnik (Fertigungsverfahren, Fertigungs- und Montagesysteme), Arbeitsplanung, -steuerung, -gestaltung, Materialfluss, betriebswirtschaftliche Grundlagen	Deml, Lanza, Furmans, Schultmann
	Entwicklungsprojekt zu Werkzeugmaschinen und Handhabungstechnik (SS)	Selbstständig im Team zu lösende Aufgabe in industrienaher 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
	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
	Produktentstehung Fertigungs- und Werkstofftechnik (SS)	Bauteildimensionierung, Werkstoffauswahl, Fertigungsverfahren, Prozessauswahl	Schulze, Zanger, Dietrich
	Produktionstechnisches Labor (SS)	Praktische Umsetzung der Kenntnisse über die Komponenten einer modernen Fabrik	Deml, Furmans, Ovtcharova, 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
	Simulation von Produktionssystemen und -prozessen (WS)	Simulation von Prozessen, Anlagen und Fabriken, Versuchsplanung, Validierung, Ablauf einer Simulationsstudie	Schulze, Furmans
	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

**Arnold, Pina**

Versuchsstand zur Untersuchung von Verbindungen mit elektrisch leitfähigem Kleber

**Avasia, Jaivin**

Analyse der Delaminationseffekte des Bohrprozesses in carbonfaserverstärktem Polymer

**Baklouti, Youssef**

Herstellung und Untersuchung des thermischen Verhaltens eines Prototyps aus FVK-Strukturbauteilen mit metallischen Insert Elementen

**Barthelmes, Lukas**

Methoden und Optimierungsmodelle der Produktzuordnung auf Standorte in globalen Produktionsnetzwerken

**Bauer, Ferdinand**

Entwicklung eines Anlagenkonzepts zur Aufbereitung, Mischung und Zuführung verschiedener SMC Formulierungen

**Beck, Maximilian**

Maschinensteuerung und Industrie 4.0 Funktionen für ein Bearbeitungszentrum des Typs DMC 60H

**Berg, Sebastian**

Verknüpfung eines Werkzeugkastens von Industrie 4.0-Methoden mit einem Reifegradmodell

**Berhalter, Lorenz**

Analyse und Weiterentwicklung eines evolutionären Optimierungsalgorithmus für Krafteinleitungselemente in Sandwichbauteilen

**Bernhard, Daniel**

Strategische Analyse des Marktes für Stanzteile in Europa und Asien mit Fokus auf Getriebebaugruppen

**Bhargava, Abhinav**

Parameter, die bei Experimenten zur dehnungsinduzierten Martensit-Umwandlung von 20MnCr5 ermittelt werden müssen

**Biehler, Michael**

Statistische Lebensdaueranalyse von Mikrozahnrädern mittels bayes'scher Statistik

**Binder, Simon**

Konstruktion einer Sortier- und Befüllstation für ein SPS-Praktikum

**Bischoff, Paul Norman**

Kostenbetrachtung von modularen Produktionsanlagen für hybride Faserverbund-Bauteile

**Bliss, Frederick**

Erarbeitung eines Dominanzanalysekonzeptes zur Bestimmung relevanter Netzwerkkonfigurationen bei der Optimierung eines globalen Produktionsnetzwerks

**Brander, Tim**

Konzipierung und Entwicklung eines Ultraschall-Prüfsystems zur prozessintegrierten Qualitätssicherung intrinsisch gefertigter Alu-Thermoplast-CFK Hybride

**Braunstein, Vincent**

Aufbau und Simulation eines Modells zur Darstellung des Bewegungsverhaltens eines Faltprozesses

**Breuner, Helmut**

Wirtschaftlichkeitsbetrachtung unterschiedlicher Subpreformingstrategien in der Binder-Umformtechnik

**Bruder, Marco**

Erarbeiten neuer Qualifizierungsstrategien zur Reduktion von Einzel- und Flüchtigkeitsfehlern am Beispiel der Motorenmontage im Mercedes-Benz-Werk Mannheim

**Brüderle, Dominik**

Literaturrecherche im Bereich der additiven Fertigung

**Calejero Martinez, Juan**

Untersuchung von geometrischen Fehlern eines Computertomographen für die dimensionelle Messtechnik

**Chaveiro, Philip Jan**

Toleranz-Management im Kontext von Industrie 4.0

**Chouk, Mourad**

Untersuchung der Auslenkung von Kohlenstofffasern mittels elektromagnetischer Felder

**Cordts, Anne**

Recherche und Aufbau einer Bewegungssimulation zum Fügewickeln von Leichtbauprofilen mittels Vertikal-Knickarm-Roboter

**Dalga, Caner Habip**

Untersuchung und Bewertung unterschiedlicher Werkzeugkonzepte für die Feinbearbeitung

**De Buhr, Merit**

Toleranz-Management im Kontext von Industrie 4.0

**Dong, Jiangtian**

Aufbau und Implementierung eines funktionalen Modells zur Abbildung von Wirkzusammenhängen in der Lithium-Ionen Batterieproduktion

**Dorsch, Patrick**

Advanced Analytics – Übersicht und Struktur von Methoden zur Datenanalyse

**Edelmann, Ivo**

Betrachtung der Ressourceneffizienz von Leichtbauteilen entlang des Produktlebenszyklus

**Erb, Christoph**

Prüfkörperentwicklung zur Beurteilung von verschiedenen Messmitteln in der additiven Fertigung

**Erbis, Joscha André**

Betrachtung von Wirkzusammenhängen in der metrologischen Computertomographie

**Fassnacht, Marcel Kyron**

Wirtschaftlichkeitsanalyse für den Einsatz eines Krafteinleitungselements im Automobilkarosseriebau zum Fügen von Faserverbundbauteilen mit Stahlbauteilen mittels Widerstandspunktschweißen

**Fatz, Frederik**

Übertragbarkeit von Produktionsverfahren, Technologien und Kernkompetenzen aus dem konventionellen Antriebsstrang auf die Herstellung von Lithium-Ionen Batterien für Elektrofahrzeuge

**Fedder, Göran**

Spanbildungsanalyse in Abaqus

**Fischer, Andreas**

Anwendung von Reinforcement Learning zur Produktionssteuerung in teilautomatisierten Produktionsumgebungen

**Frank, Katharina**

Entwicklung einer digitalen Wertstromanalyse-Methode zur Identifikation von Verschwendungen

**Gandhi, Isha**

Extraktion des FEM Ergebnisses aus einer ABAQUS Getriebesenssimulation mit Python

**Gauch, Marius**

Konzeptionierung neuer Ansätze zur Optimierung eines bestehenden Inserts für die Anwendung am Randbereich von Faserverbundkunststoffbauteilen im Automobilbereich

**Götz, Florian**

Experimentelle Validierung einer Kraftmessensorik für eine Spannbacke und ein Hydrodehnspannfutter

**Griem, Lars Christoph**

Weiterentwicklung und Konstruktion einer Faserförderung für die Herstellung glasfaserverstärkter Kunststoffbauteile

**Grzemba, Richard**

Charakterisierung einer optoelektronischen Näherungssensorik für Mensch-Roboter-Kollaborationssysteme

**Guerrero Hinojosa, Ivan Eduardo**

Erprobung eines metallischen Einlegers zur Montage von Subpreforms und Fugstellenverstärkung

**Haas, Simon**

Entwicklung und Aufbau eines Greifers für das vorrichtungsfreie Fügen im Karosserierohbau

**Haberker, Patrick**

Analyse von derivatabhängigen Geometrieunterschieden und Entwicklung von derivat-flexiblen Handhabungskonzepten im automobilen Rohbau

**Hartung, Klaus**

Konzeptentwicklung und Ausarbeitung eines Messsystems zum Einmitten einer Schrägverzahnung für die zweiflankige Hartfeinbearbeitung mittels Wälzschälens

**Haug, Saskia**

Konzeption eines digitalen Assistenzsystems zur Prozessoptimierung in der Automobilproduktion

**Hau, Patrick**

Technische Untersuchung zur Oberflächengestaltung von Naturfaserbauteilen

**Haydn, Ines**

Ein Vergleich von Berechnungsmethoden der Lebensdauer von Bauteilen unter Vibrationslast

**Heck, Markus Tobias**

Datenanalyse in der Produktion – Identifikation typischer Probleme und Konzeptionierung eines Workshops

**Heider, Imanuel**

Aufbau eines parametrischen Modells für MKS-Simulationen von neuartigen wälzkörpergetriebenen Linearantrieben

**Heinemann, Paul**

Untersuchung der Einflussparameter bei der textilen Umformung mit einem segmentierten Stempelsystem

**Heinzel, Yannick**

Herstellung von elektrischen Leiterbahnen mittels Aktivlotlegierungen auf Keramiksubstrat

**Hellweg, Fynn**

Optimierung einer Heißprägemaschine zum rastergenauen Prägen von gedruckten thermoelektrischen Generatoren

**Herm, Tarek**

Inbetriebnahme eines Anlagenmoduls zur additiven Fertigung höherfester Bauteile

**Hettich, Tobias**

Bewertung zentraler und dezentraler Steuerungskonzepte für den automobilen Karosseriebau

**Hirt, Tobias**

Ermittlung des Forschungsstands des kurz- und mittelfristigen Managements globaler Produktionsnetzwerke innerhalb der Production & Operations Management Society (POMS)

**Hu, Bo**

Konzeption und Konstruktion eines Transportsystems für ein SPS-Praktikum

**Huster, Sandra**

Entwicklung eines Industrie 4.0-Quickchecks für Unternehmen

**Jauernig, Lennart**

Entwicklung eines Simulationsmodells für die Infiltration von Faser-Kunststoff-Verbunden im Schleuderverfahren unter dem Einfluss der Reaktionsenthalpie in OpenFOAM

**Jenne, Marco**

Einbinden einer Phasenverteilung als Startbedingung für Spanbildungssimulationen

**Jimenez Torres, Eduardo**

Entwicklung einer Bluetooth-Applikation zur Messung der Spannkraft an einer Spannbacke für Drehfutter

**Jung, Philip**

Wirtschaftlichkeits- und Potentialanalyse der generativen Fertigung

**Just, Valentin**

Konstruktion, Auslegung und Optimierung einer hochdrehenden, hybriden faserverstärkten Kunststoff-Metall-Antriebswelle für einen elektrischen Verdichter

**Kächele, Fabian**

Entwicklung eines Industrie 4.0 Trainingskonzepts unter Berücksichtigung von Data Analytics

**Kalthoff, Mirjam**

Untersuchungen eines roboterbasierten Werkzeugpositionsausgleichs zur Steigerung der Prozesssicherheit beim Widerstandspunktschweißen von Aluminiumlegierungen

**Kast, Cornelius**

Erweiterung eines Versuchsstandes zur Erprobung des Versagensverhaltens von Coandagreifern

**Katidis, Konstantinos**

Entwicklung einer Rundkneteinheit mit einem Kniehebel

**Kaya, Tayfun Murat**

Beitrag zur Messunsicherheitsbestimmung eines Wirbelstromsensors in der Messung von Faserorientierungen von Kohlenstofffaserepreforms

**Kees, Fabian**

Aufbau eines dynamischen Simulationsmodells des Verzahnungseingriffs zur Untersuchung der Schwingungsanregung in Getrieben

**Keiner, Lena**

Strategische Konzeptionierung eines Geschäftsplans für die Metallpulververdüsung

**Knoblauch, Steffen**

Klassifizierung und Charakterisierung von Qualitätssicherungsmaßnahmen für globale Wertschöpfungsnetzwerke

**Köhler, Andreas**

Simulationsgestützte Erprobung der Gesamtanlageneffektivität auf Linienebene (OEEML)

**Kokorotsikos, Stylianos Stelios**

Untersuchung von Ursache-Wirkung Zusammenhängen beim Laser-Strahlschmelzen (LBM)

**Konzelmann, Leonie**

Weiterentwicklung von Erfolgsfaktoren und Methoden des Lean Managements zur Identifizierung des Potentials von Industrie 4.0

**Koppitz, Kevin**

Recherche zum aktuellen Stand der Technik zur tribologischen Optimierung mittels Oberflächentexturierung

**Korff, Lennart**

Untersuchung der Wirkmechanismen beim mechanischen Aufrauen von Zylinderlaufbahnen

**Körger, Lukas**

MKS-Analyse zur statischen Steifigkeit und zum Eigenfrequenzverhalten von kinematisch gekoppelten Vertikalknickarmrobotern

**Kortt, Dennis**

Analyse von Einflussgrößen auf den coaxialen Rundlauf elektrischer Ankerwellen im Schneckenwalzprozess durch Datenauswertung und Korrelationsbildung

**Kostik, Valentin**

Konstruktion eines Systems von Antrieben zur kontinuierlichen Stapelbildung

**Kraus, Fabian**

Entwicklung und Validierung eines Simulationsmodells zum Preforming mit einem segmentierten Stempelsystem

Kremer, Katharina

Ansatz zur flexiblen Qualitätssicherung

**Kretsch, David**

Programmierung einer Steuerung für ein Multisensoren-system

**Krey, Selina**

Konstruktionsoptimierung und Automatisierung eines Prüfstandes zur Untersuchung von wieder lösbaren Verbindungen in Batteriemodulen

**Krieg, Robert**

Untersuchung der Kühlwirkung von flüssigem Stickstoff im Hinblick auf die Titanerspannung

**Kuch, Maximilian**

Grundvoraussetzungen und Entwicklungsstufen der Produktion eines KMU auf dem Weg zu Industrie 4.0

**Künstner, Stephanie Karen**

Entwicklung und Implementierung eines Benutzerinteraktionskonzepts zur intuitiven Offline-Programmierung von Leichtbaurobotern in Virtual Reality

**Länsitalo, Mikael**

Identifikation und Bewertung von inline Messkonzepten in der Produktion des Karosserie-Rohbaus

**Last, Benedikt Timo**

Herstellung und messtechnische Charakterisierung von FVK-Leichtbauwellen für Elektromotoren

**Lauer, Johannes Marius**

Aufbau eines Bussystems zur Überwachung von Lithium-Ionen-Akkueinheiten

**Lechleiter, Luisa Kristin**

Identifikation und Bewertung von inline Messkonzepten in der Produktion des automobilen Rohbaus

**Lechtenberg, Jakob**

Kontaktierung von prismatischen Zellen mittels Fließblock-schrauben

**Leitenberger, Cathrin**

Fehleranalyse und -abhilfe mit den Methoden von Six Sigma am Beispiel der Messmaschinenproduktion

**Lepold, Alexander**

Aufbau eines geometrischen Modells zur Bestimmung der freien Drahtlänge beim Mehrachs-nadelwickeln

**Lepold, Isabella Christina**

Entwicklung von Sensorsystemen für die Prozessdatenerfassung in der Produktion

**Leubner, Max**

Modellbildung zur Analyse des Schwingungsverhaltens hybrider Laminate

**Liang, Delong**

Empirische Studie zum Thema „Wandlungsfähige, menschzentrierte Strukturen in Fabriken und Netzwerken der Industrie 4.0“

**Lico, Claudio**

Endeffektorentwicklung für die Drapierung von zylindrischen Kohle- und Glasfaserpreforms

**Liebig, Matthias**

Bewertung von Flexibilitätskorridoren in der Automobilendmontage unter Berücksichtigung von Variantenvielfalt

**Lohmann, Jonas**

Automatisierte Literaturrecherche zu Globalen Produktionsnetzwerken innerhalb der Production and Operations Management Society (POMS)

**Lorenz, Mikel**

„Untersuchung von defekten SMC-UD-Bauteilen mittels Lasertriangulation und Puls-Phasen-Thermographie

**Ludwig, Carina Stephanie**

Kalibrierung und Inbetriebnahme einer Axialkraft- und Momentenmesseinheit für Kugelgewindetriebe

**Maurer, Amelie**

Modellierung und Validierung eines FEM-Modells zur Nachbildung der experimentellen Modalanalyse eines FMGL-Profiles

**Mayer, Fabian**

Entwicklung und Bewertung eines Konzeptes zum Refurbishing von Maschinenkomponenten im Sondermaschinenbau

**Mayer, Tobias**

Modellierung der Kohlenstofffaser Ablegepfade beim Fügen von Leichtbau-Profilen im Wickelverfahren

**Mayle, Theresa**

Internationalisierung des deutschen Mittelstands – Eine Analyse von Produktionsstandorten in den Vereinigten Staaten

**Menges, Daniel**

Entwicklung und experimentelle Untersuchung einer Sensorik zur Erfassung eines Faservolumenstroms im Faserblasverfahren

**Menke, Tina**

Methodik zur Neugestaltung von Produktionstechnologie-Standort-Allokationen in globalen Produktionsnetzwerken

**Mertes, Thomas**

Zellentwicklung für das vorrichtungsfreie Fügen im Karosserierohbau

**Meschter, Linda**

Realversuche an Sandwichbauteilen für den Leichtbau: Welche Materialeigenschaften zeichnen die Komponenten und deren Anbindungen aus?

**Meyer, Désirée**

Simulation von Versorgungsstrategien einer Werkstattfertigung unter Einsatz fahrerloser Transportfahrzeuge

**Müller, Markus**

Analyse der aktuellen und zukünftigen elektromobilen Wertschöpfungskette und Marktdurchdringungsszenarien der Elektromobilität

**Müller, Martin**

Optimierung der Verarbeitungsparameter bei der additiven Fertigung von endlosfaserverstärkten Kunststoffen

**Müller, Sven**

Ansätze in der Mensch-Roboter-Kollaboration Simulation eines Industrierobotermodells in MATLAB/Simulink

**Müller-Welt, Philip**

Unsicherheitsanalyse einer FEM-Simulation von Mikrozahnradern

**Neumann, Patrick**

Identifikation qualitätsrelevanter Bauteilbereiche im Resin Transfer Moulding-Verfahren für CFK-Bauteile und Bewertung von Sensortypen des Wirbelstromverfahrens anhand ihrer Kennlinien

**Neutard, Georg**

Untersuchung der Reibeigenschaften von Kohlenstofffaserveroving zum Wickelfügen von Leichtbauprofilen

**Nickel, Daniel**

Simulative Auslegung eines Sensorträgers zur Erfassung der Betriebsparameter von Kugelgewindetrieben

**Obergfell, Dirk**

Entwicklung von unwuchtminimalen Montagestrategien für E-Motoren mithilfe von Big Data Methoden

**Oergele, Joshua-Niclas**

Parameterbestimmung eines Laserlichtschnittsystems zur Erfassung von SMC-Bauteilen

**Ongert, Saskia**

Lean Audits: Erstellung eines neuen Konzepts zur Auditierung eines Produktionssystems

**Ott, Lorenz**

Konzeption und Konstruktion von fertigungsgerechten Hybridverbindungen für Faserverbund-Profile mit metallischen Lasteinleitungsbereichen im Drehgestell von Schienenfahrzeugen

**Pabst, Lukas**

Untersuchung der Wirkzusammenhänge beim Linearspulenwickeln durch eine statistische Versuchsplanung

**Parvangada, Chirag Mohan**

Geometrische Entwicklung des Wirbelprozesses zur Herstellung von Zahnrädern

**Patschkowski, Christopher**

Lernfabrik Globale Produktion - Standortgerechte und globale Qualitätssicherung: Erweiterung der Lernfabrik um Konzepte der Industrie 4.0

**Pfeifle, Jens**

Entwicklung eines Python-Frameworks für die Evolutionäre Optimierung der Geometrie von Krafteinleitungselementen in FVK-Sandwichbauteilen mittels FEM

**Rädler, Christian**

Übertragbarkeit von Produktionsverfahren, Technologien und Kernkompetenzen aus dem konventionellen Antriebsstrang auf die Herstellung von Lithium-Ionen Batterien

**Ramsauer, Ramona**

Durchführung und Auswertung von Lebensdauerexperimenten mit Mikrozahnradern zur Ermöglichung einer Lebensdauerprognose in Abhängigkeit der Fertigungsabweichungen

**Reiling, Doreen Leonie**

Einfluss der Oberflächengüte von additiv und spanend gefertigten Bauteilen auf Koordinatenmessungen mit industrieller Computertomographie

**Reimold, Axel**

Bewertung von Flexibilitätskorridoren in der Automobiellendmontage unter Berücksichtigung von Variantenvielfalt

**Ricker, Daniel**

Experimentelle Analyse der Tränkungsdauer für das intrinsische Fügen im Schleuderverfahren von gewobenen Faserstrukturen

**Riedel, Philipp**

Entwicklung eines mechatronischen Spannfutters

**Rieger, Aron**

Integration einer mechanischen Drahtbremse in einen Versuchsstand zum Wickeln von dicken Drähten

**Rimmele, Adrian Emanuel**

Untersuchung der Auswirkungen unterschiedlicher Lattice-Strukturen auf die gesamte Bauteilperformance am Beispiel der Additive Manufacturing Extension in Creo 4.0

**Rissling, Alexander**

Entwicklung eines analytischen Modells zur Vorhersage von Drahtschwingungen beim Wickeln von unrundern Spulenkörpern

**Rohregger, Alex**

Konzeptentwicklung und Ausarbeitung eines Prüfstandes zur Simulation der Bedingungen in einer Laserschmelz Anlage

**Röhrig, Nicole**

Einsatz von Reinforcement Learning zur Auftragsdisposition in der Halbleiterindustrie

**Roller, Thorben**

Auswahl und Vergleich von Greifkonzepten für die Handhabung klebriger Halbzeuge

**Sadic, Emre**

Defektanalyse von carbonfaserverstärkten SMC-Materialien und der Einfluss auf die mechanischen Eigenschaften

**San, Sinan**

Vorgehensmodell zur Neugestaltung von Produktionstechnologie-Standortallokationen in globalen Produktionsnetzwerken

**Saretz, Benedikt**

Szenariobasierte Strategieplanung globaler Produktionsnetzwerke mit Ableitung zukünftiger Standort- und Netzwerkefähigkeiten

**Sbongk, Fiona**

Modularisierung und Katalogisierung von Fertigungstechnologien zum Technologiemanagement

**Schanck, Frank**

Überblick, Gegenüberstellung und Kategorisierung von industriellen Kommunikationsprotokollen

**Schaumann, Sebastian**

Erstellung eines praxistauglichen Werkzeugkastens zur Strukturierung von Industrie 4.0

**Schlaich, Dominik**

Entwicklung eines Vorgehensmodells zur systematischen Steigerung des Industrie 4.0-Reifegrades eines Unternehmens unter Zuhilfenahme einer generischen Toolbox

**Schlegel, Sonja**

Entwicklung von FE-Simulationskonzepten zur Herstellung von Hairpin-Steckspulen

**Schlomberg, Jonas**

Entwicklung einer Versuchsanordnung für die exakte Bereitstellung von Probekörpern

**Schmidgruber, Nils**

Konstruktion und Aufbau eines mikrocontrollergesteuerten Handhabungssystems zur automatisierten Handhabung von Werkstückträgern in der Batteriezellproduktion

**Schmidt, Fabian**

Mechanische Charakterisierung des Scher-, Biege- und Reibverhaltens von bebinderten Kohlenstoffgeweben unter Einfluss der Temperatur

**Schmitt, Johannes-Christian**

Experimentelle Untersuchung des ARBURG Kunststoff Freiformens zur Herstellung metallischer Bauteile

**Schott, Stefan**

Methodik zum gezielten Einsatz von Industrie 4.0-Technologien zur Transparenzsteigerung in Wertschöpfungsnetzwerken

**Schulz, Thimo**

Implementierung eines plattformunabhängigen OPC UA Web Clients

**Schützke, Jan**

Entwicklung eines Konzepts zur vernetzten Überwachung von Parametern in der Produktion von kapazitiven Drucksensoren mittels Data-Mining

**Schwab, Dennis**

Dekomposition und Identifikation zuordnungsrelevanter Produktmerkmale für die Produkt-Technologie-Zuordnung im Kontext der additiven Fertigung

**Schwab, Jonas**

Kalibration eines Leichtbau-Roboterarms mit einer Industriekamera

**Schwalm, Jannik**

Entwicklung und Validierung eines mittels selektiven Laserschmelzens gefertigten, kühlungsoptimierten Scheibenfräasers

**Schwende, Benedikt**

Betrachtung und Gestaltung der vollständigen Prozesskette zur Entwicklung eines Werkzeuges für die Herstellung eines SMC-Bauteils

**Schygulla, Fabian**

Charakterisierung eines polierenden Endbearbeitungsprozesses

**Sproll, Andrea**

Entwicklung einer Vorgehensweise für die Positionierung und Kalibrierung eines Anlagenmoduls zur additiven Fertigung höherfester Bauteile

**Steffens, Jasper**

Experimentelle Untersuchung von tiefgezogenen Lithium-Ionen Pouchzellegehäusen zum Einsatz in Elektrofahrzeugen

**Stoll, Maximilian**

Bewertung von Methoden und Optimierungsmodellen zur Gestaltung und Konfiguration von globalen Produktionsnetzwerken

**Straub, Florian**

Grundlegende Untersuchungen zur schweißtechnischen Anbindung von Faserverbundkunststoffbauteilen an metallische Strukturelemente für den automobilen Sektor

**Tan, Lucas**

Zerspanungsbedarf im Bereich Elektromobilität

**Tekin, Ekrem**

Tribologische Untersuchung zwischen Kolbengruppe und Zylinderlaufbahn bei korrosionsbeständigen Lichtbogen-drahtspritzschichten

**Terzenbach, Philip**

Geschäftsmodelle im Kontext von Industrie 4.0 und Big Data

**Thiele, Felix Alexander**

Transparenzsteigerung in globalen Produktionsnetzwerken durch den Einsatz von Industrie 4.0 Technologien

**Toepper, Hans-Christoph Wilhelm Ru**

Konzeption eines Wirbelstrom-Sensorarrays zur prozessintegrierten Untersuchung der Faserorientierung von Kohlenstofffaserpreforms

**Treiss, Alexander**

Künstliche Intelligenz und Multiagentensysteme in der Steuerung dezentraler Produktionssysteme

**Über, Tim**

Data-Mining in der Produktion – Analyse und Optimierung eines Produktionsprozesses und Konzeptionierung eines Workshops

**Uhl, Emily**

Vorgehensmodell zur praxisorientierten Bewertung von Industrie 4.0 Technologien in mittelständischen Produktionsunternehmen

**Virat, Clément**

Konzepterstellung für ein Messsystem zur Erfassung von Prozessgrößen am Kalander

**Vogiatzis, Dimitrios**

Entwicklung, Konstruktion und Automatisierung einer Handhabungseinrichtung für ein SPS-Praktikum

**von Hörsten, Gero**

Konstruktion einer Hub-Schwenk-Einheit für die Beschickung von Behältern für ein SPS-Praktikum

**Vu, Anh Tuan Hubert**

Experimentelle Prozessuntersuchungen von tiefgezogenen Pouchzellengehäusen

**Walker, Paul**

Tiefzieh-Parameterstudie für Aluminiumverbundfolie zum Einsatz als Batteriegehäuse

**Wallat, Leonie**

Fundamentale Untersuchungen von Kraftereinwirkungselementen in CFK-Bauteilen mit Hilfe computertomografischer Analyse

**Walter, Christiane**

Konzeptwettbewerb als Entscheidungsgrundlage einer Make-or-Buy-Entscheidung an einem Fallbeispiel aus der Nutzfahrzeugindustrie

**Wang, Piao**

Gefährdungsanalyse und Sicherheitskonzept für ein Fräsbearbeitungszentrum

**Wilhelm, Eleonora**

Entwicklung und Konstruktion eines Teilmoduls für die additive Fertigung höherfester Bauteile

**Wu, Chia-Yu**

Entwicklung, Topologieoptimierung und Simulation eines additiv zu fertigenden Faserverbund-Demonstrators

**Wu, Haide**

Trendforschung im Bereich Elektromobilität mit einem Schwerpunkt auf die Technologie-, Preis- und Absatzentwicklung von Lithium-Ionen Zellen

**Wu, Yaguang**

Charakterisierung eines polierenden Endbearbeitungsprozesses

**Wührl, Lorenz**

Konstruktive Untersuchung von demontagegerechten Fügeverfahren an Batteriemodulen für die Anwendung in Elektrofahrzeugen

**Wurba, Ann-Kathrin**

Mechanische Charakterisierung des Scher-, Biege- und Reibverhaltens von reibverfestigten Kohlenstoffgeweben unter Einfluss der Temperatur

**Ye, Meng**

Literaturrecherche zum Wirbeln von Gewinden und experimentelle Untersuchung des Drehwirbelns

**Yu, Yilun**

Ermittlung der Materialmodelle und des Design-of-Experiment für einsatzgehärteten 20MnCr5

**Zemke, Daniel**

Bewertung eines Messverfahrens für carbonfaserverstärkte Kunststoff-Preforms (CFK-Preforms) mit Hilfe eines Design of Experiments (DoE)

**Ziegenhohn, Ingo**

Exemplarische Darstellung der Auswirkungen von Wirkzusammenhängen ausgewählter Industrie 4.0 Methoden auf die Produktionsumgebung

**Zuefle, Marc**

Use-Case zur Einführung von Industrie 4.0-Ansätzen im Mittelstand mit den Systemlösungen von GEWATEC GmbH & Co. KG

**Masterarbeiten****Abderrahman, Amal**

Maschinenlernen für die Greiferplatzierung auf flachen Bauteilen

**Albakri, Budr**

Weiterentwicklung der Wertstromsimulation - Ermittlung der benötigten Leistungssteigerungen einzelner Prozesse zur Erreichung der Ausbringungsziele

**Amann, Lucas**

Verringerung der Verlustleistung eines bestehenden Magnettriebekonzeptes

**Andreas, Jan**

Tests und Bewertung von entscheidungsunterstützenden Tools zur Produktionsplanung und -steuerung im globalen Produktionsnetzwerk der Airbus A320-Familie

**Antoszkiewicz, Alicja**

Investitionsbewertung von cyber-physischen Produktionssystemen bei klein- und mittelständischen Unternehmen

**Ao, Dengkui**

Finite Elemente Simulation des dynamischen Verhaltens von Faser-Metall-Elastomer Hybridlaminaten und Validierung mit experimenteller Modalanalyse

**Arslan, Atamert**

Erarbeitung eines Optimierungskonzeptes zur Planung von wandlungsfähigen Endmontagesystemen am Beispiel alternativer Antriebssysteme

**Atanasov, Mihail**

Materialuntersuchung und zerstörungsfreie Prüfung von einsatzgehärtetem 20MnCr5

**Balloué, François**

Konzeption und Auslegung der Hauptspindel und des Vorschubantriebs eines Prüfstandes für die spanende Bearbeitung

**Barothi, Emil**

Viskoelastisches Deformationsverhalten von Karosserie-Anbauteilen aus Aluminium in Wärmeprozessen

**Bauer, Tobias**

Berechnung der Herstellkosten von mittels selektiven Laserschmelzens gefertigten Bauteilen

**Baum, Christiane**

Systematische Optimierung der Taktzeit zur Bewicklung von Vollblechschnittstatoren mit dem Nadelwickelverfahren

**Ben Rejeb, Ines**

Liniensteuerungskonzept für eine mengen- und variantenflexible E-Antriebsmontage

**Ben Salem, Achraf**

Entwicklung eines Tools für eine parametrisierte Modellierung des Materialbahnverlaufs bei der Stapelung von Elektroden von Lithium-Ionen-Zellen

**Biernat, Benedikt**

Konstruktion und Aufbau eines Versuchsstandes zur definierten Beanspruchung von Elektroden und Separatoren für Lithium-Ionen Batterien

**Binder, Marko**

Entwicklung und Implementierung eines webbasierten Quick-Checks zur Selbsteinschätzung des Industrie 4.0 Reifegrads für Unternehmen

**Bittner, Julia**

Materialcharakterisierung einzelner Komponenten eines FEM-Sandwichmodells sowie deren Grenzflächenanbindungen

**Blümel, Christian**

Prüfung der Eignung des CFD Programms XFLOW zur Auslegung von MMS Werkzeugen

**Boev, Nikolay**

Einfluss von Standortfaktoren auf die Implementierung von cyber-physischen Produktionssystemen

**Bold, Benjamin**

Implementierung eines gekoppelten FE- und Mehrkörper-simulationsmodells für das Mehrachs-nadelwickeln

**Bradke, Nikolai**

Kennzahlengenerierung in der I4.0 – Theoretische Entwicklung und praktische Implementierung auf einer Demonstrationsline für Fertigung und Montage

**Braun, Matthias**

Experimentelle Analyse der Tränkungsdauer für das intrinsische Fügen im Schleuderverfahren von trockengewickelten Faserstrukturen

**Breinlinger, Philipp**

Entwicklung eines Werkzeugs zur Kostenanalyse von FVK-Technologien sowie die Untersuchung der GFK/CFK-Hybridbauweise zur Kostenreduktion von FVK-Strukturbauteilen

**Bruder, Lukas**

Entwicklung eines Konzeptes für das technische Änderungsmanagement eines KMU unter Berücksichtigung aktueller Anforderungen und Möglichkeiten der digitalen Prozessunterstützung

**Buderer, Carolin**

Methodik zur Identifikation und Wirtschaftlichkeitsbewertung von Synergiepotentialen durch alternative Produktionstechnologie-Standort- Allokationen in globalen Produktionsnetzwerken

**Cai, Xinxin**

Merkmalerkennung in Messdaten der Strukturschwingungsanalyse

**Catallo, Nicolas**

Kalibrierung der Materialparameter von textilen Halbzeugen für eine Finite Element Simulation

**Cetin, Semra**

Monetäre Bewertbarkeit der Wandlungsfähigkeit von Karosseriebauanlagen in der Automobilindustrie

**Ceylan, Mustafa**

Leistungsbeurteilung von Anwendungsfällen der Mensch-Roboter-Kooperation für wandlungsfähige Produktionskonzepte im Karosseriebau

**Chai, Jijie**

Entwicklung einer Rundknetmaschine mit Doppelpexzenter

**Cheng, Zhouzhi**

Asymmetrische Präparation von Schneidkanten mittels Tauchgleitschleifen

**Ciha, David**

Berücksichtigung von Periodenübergängen in der Planung von Nivellierungsmustern

**Dammert, Benjamin**

Entwicklung einer aktiven Schwingungsdämpfung für Kugelgewindetriebe

**Defiez, Paul**

Simulation in der Computertomographie

**Degjorgio, Carl**

Industrie 4.0: Chancen für die Nahrungsmittelindustrie

**Delz, Tobias**

Einsatz des Laserreinigungsverfahrens zur Vorbereitung von Fügeprozessen auf metallischen Bauteilen

**Di Noia, Umberto Davide**

Erweiterung von Mehrkörper-simulationen für die Untersuchung von neuartigen Linearantrieben

**Dietrich, Gregor**

Mensch-Roboter-Interaktion in der Handmontage: Formen einer ortsveränderlichen Kollaboration und Anforderungen für die Umsetzung

**Ding, Chuang**

Aufbau und Implementierung eines funktionalen Modells in Abaqus zur Abbildung von Wirkzusammenhängen in der Lithium-Ionen Batterieproduktion

**Dmytruk, Tobias**

Verknüpfte Simulation flächiger textiler Halbzeuge mit Abaqus und Matlab

**Dümpelmann, Matheus**

Materialflusssteuerung in der Produktion mittels „Deep Reinforcement Learning“

**Endes, Sven**

Feinplanung eines Montage- und Lackiersystems für ein mechatronisches Antriebssystem unter Berücksichtigung von Industrie 4.0 Ansätzen

**Englisch, Lucas**

Konzeption eines skalierbaren Montagesystems für Niedrigtemperatur-Brennstoffzellen

**Ernst, Christoph**

Wertstromdesign und Materialflussoptimierung einer Werkstattfertigung

**Fan, Yunlu**

Implementierung eines gekoppelten FE- und MK- Simulationsmodells für den Linearspulenwickelprozess

**Fischer, Baptiste**

Konstruktion eines geregelten Infrarot-Heizfeldes zum Erhitzen thermoplastischer Faserverbunde  
Föll, Marius  
Entwicklung einer Vorschubeinheit für das Vorwärtsfließpressen am Beispiel des frequenzmodulierten Axialformens

**Frank, Christoph**

Entwicklung einer Methodik zur standardisierten Bestimmung von Kostentreibern in der TCO-Betrachtung von Werkzeugmaschinen

**Frenzel, Amelie**

Einfluss eines Innenraumprozesses auf die Geometrie einer einsatzgehärteten PKW-Schaltmuffe

**Fusen, Thomas**

Entwicklung eines Optimierungsmodells zur Gestaltung globaler Produktionsnetzwerke in Kooperation mit einem Unternehmen der Luftfahrtindustrie

**Gänger, Jens**

Optimierung des Maschinenkonzepts von automatischen Auswuchteinrichtungen für Elektroanker

**Gatz, Dominik**

Untersuchungen zur Prozessstabilisierung beim Laserstrahlschweißen einer Aluminium-Dreiblechverbindung

**Gehrig, Tobias**

Entwicklung und Realisierung einer Tänzer-Lageregelung zur automatisierten Lithium-Ionen Zell-Fertigung

**Geiger, Julian**

Weiterentwicklung und Konstruktion einer robotergeführten Einheit zum automatisierten Fügewickeln von Leichtbaustrukturen

**Gensert, Christopher**

Strukturierung und Analyse des aktuellen Standes der Forschung zu Globalen Produktionsnetzwerken innerhalb der CIRP Forschungscommunity

**Geyer, Christin**

Patentanalyse zur Ermittlung produktionsstrategischer Technologietrends bei Fabrikarüstern

**Giang, Nina Phuong-Nhi**

Vorgehensmodell zur Geschäftsmodellentwicklung für innovative Wertschöpfungsketten

**Giese, Moritz**

Simulation und Bewertung generativer Fertigungsverfahren in hybriden Produktionssystemen

**Gottwald, Jonas**

Entwicklung von Betriebsmittelkonzepten für das Laser-Strahlschmelzen - Eine Methodik zur kostenorientierten Planung unreifer Technologien

**Grahm, Moritz Sebastian**

Strategische Planung und Bewertung von cyber-physischen Produktionssystemen

**Gramm, Tanja**

Konzept für die Produktionsplanung und -steuerung einer Kleinserien- und Einzelteillfertigung mit Fokus auf kurzen Durchlaufzeiten und geringen Kosten

**Greinert, Manuel Martin**

Entwicklung Implementierung und Erprobung eines Optimierungsmodells zur Gestaltung und Rekonfiguration globaler Produktionsnetzwerke in Kooperation mit einem Unternehmen der Luftfahrtindustrie

**Guldner, Marcus**

Entwicklung, Konzeption und Auswahl von Zuführungskonzepten für eine automatische Spureinstellung an Spurstangen mit Klemmbacke im Bandendebereich einer Automobilproduktion

**Guo, Peng**

Untersuchung der Einflüsse von Wärmebehandlungen auf die Geometrie und das Verschleißverhalten von neuartigen wälzkörpergetriebenen Linearantrieben

**Haack, Gunnar**

Planung einer skalierbaren Montage für ein modulares Elektroniksystem

**Häbel, Bianca**

Experimentelle Untersuchung des Wickelverhaltens und der Muster beim Wickelfügen von Leichtbauprofilen mit unterschiedlichen Kohlenstofffaserhalbzeugen

**Hammerschmidt, Andreas**

Validierung eines durchgängigen Planungskonzepts für die variantenreiche Serienproduktion in globalen Produktionsnetzwerken

**Han, Longfei**

Anwendung neuronaler Netzwerke und Support Vector Machines zur Vorhersage von Fehlern im Anlaufprozess innovativer Anlagentechnik

**Hao, Han**

Anwendungskonzeptionierung und -implementierung zur Auftragsplanung für die variantenreiche Serienproduktion in globalen Produktionsnetzwerken

**Hassanpour, Mohammadhadi**

Charakterisierung und Optimierung der Kühlschmierstoffdüse beim Spitzenlos-Durchgangschleifprozess

**Haude, Jan**

Entwicklung eines Industrie 4.0 Tools zum Echtzeit-Monitoring von Wertströmen mittels Radio Frequency Identification

**He, Changyu**

Entwicklung und Verifizierung eines Algorithmus zur Steuerung einer modularen Montage von E-Antrieben

**Hellweg, Tim**

Methodik zur Wirtschaftlichkeitsbewertung von wandlungsfähigen Variantenfließmontagesystemen am Beispiel der Automobilendmontage

**Henkes, Patrick Franz**

Datenintegration von Maschinereignissen in ein Big Data Warehouse zum Zwecke der prädiktiven Instandhaltung

**Herrig, Peter Sebastian**

Konzeption, Aufbau und Inbetriebnahme einer Versuchsanlage für das Faserblasverfahren

**Hiltbrand, Thomas**

Big Data analytics –Vorgehensweise zur Förderung prädiktiver Instandhaltung in der pharmazeutischen Produktion

**Hog, Franziska Maria**

Entwicklung und Bewertung von innovativen Geschäftsmodellen für modulare Produktionsanlagen im hybriden Leichtbau

**Hu, Jinhong**

Simulationsgestützte Untersuchung einer optimalen Schneidkantenmikrogeometrie für die Komplementärzer-spannung

**Huang, Ziqi**

Prototypische Erprobung von Augmented Reality für Wartung und Reparatur im industriellen Service

**Huck, Daniel**

Wertstromanalyse, -bewertung und -standardisierung global verteilter und digitalisierter Produktionsprozesse

**Huss, Anna Katharina**

Systematische Bewertung proaktiver Wandlungsbefähiger in globalen Produktionsnetzwerken unter Unsicherheit – Ein portfoliotheoretischer Total Cost Ansatz

**Irion, Thomas**

Automatisierte Kabelmontage in der Automobilindustrie – Modellbildung und kraftbasierte Regelung einer Roboterhand zur Kabelmanipulation

**Jenner, Marcel**

Erstellung eines Simulationsmodells zur quantitativen Zustandsbewertung eines Montageprozesses im Maschinen- und Anlagenbau

**Jiang, Yani**

Anpasssteuerung zur Bauteilsortierung auf einem modularen piezoelektrischen Schwingfördersystem

**Josselin, Sandra**

Trajektorienplanungsalgorithmus zur Bauteilsortierung auf einem modularen piezoelektrischen Schwingfördersystem

**Jung, Marc-David**

Entwicklung einer Planungsmethode zur Gestaltung von cyber-physischen Produktionssystemen

**Junker, Stefan**

Planung globaler Produktionsnetzwerke – Entwicklung einer Methodik zur Umsetzung der globalen Produktionsstrategie in Netzwerkkonfigurationen

**Kalbhenn, Lukas**

FEM-Formoptimierung von im Schaumkern von FVK-Sandwichbauteilen eingebetteten Kraffeinleitungselementen mittels genetischer Algorithmen

**Kaufmann, Jonas**

Konzeptionelle Erstellung einer Bahnspannungsregelung

**Kautzmann, Lucas**

Simulationsgestützte Analyse der resultierenden Randschichtzustände bei der Komplementärzerspannung

**Kern, Marius**

Untersuchung des Ablageverhaltens eines Kupferlackdrahtes bei Linearspulenwickeln mittels Lasertriangulation

**Kern, Samuel**

Erarbeitung eines Prozessstandards für die proaktive sowie reaktive Unterstützung kritisch eingestufte Lieferanten

**Klapper, Robert**

Methode zur Bewertung und Auswahl optimaler Automatisierungsgrade für Montagestationskonfigurationen

**Klar, Julia**

Erprobung einer Methodik zur strategischen Technologieplanung des Laserstrahlschmelzens im Serieneinsatz

**Klecka, Nico Joachim**

Fehleranalyse und -abhilfe mit den Methoden von Six Sigma am Beispiel der Messmaschinenproduktion

**Kleindopp, Aleksandar**

Konzeption, Entwicklung und Test eines mobilen IoT/Sensornetzwerks und einer Big Data Cloud in der Airbus A320 Endmontage zur Erstellung eines digitalen Zwillings des Produktionsstatus

**Klemm, Susanne**

Entwicklung einer Schnittstellenlogik zwischen Industrie 4.0-Methoden und Reifegradmodellen zur erfolgreichen Implementierung von Industrie 4.0 in Unternehmen

**Klipfel, Jérôme**

Optimierung und Automatisierung eines Simulationsmodells zur FEM-Analyse von FVK-Sandwichbauteilen mit eingebetteten Kraffeinleitungselementen

**Kohlenberg, Tilman**

Verfahren des Maschinellen Lernens in der verarbeitenden Industrie

**Köhler, Dominik**

Industrie 4.0: Potentialanalyse im Roboterlebenszyklus auf Basis einer Prozessuntersuchung

**Korolev, Jurij**

Optimierung der automatisierten Insertintegration in Organobleche mit anschließender Bewertung gefertigter, anschweißbarer Verbundbauteile

**Kronenbitter, Juri**

Validierung und Anwendung eines robusten Modells zur Auftragseinplanung im globalen Produktionsnetzwerk der Airbus A320-Familie

**Kröper, Bernd**

Selbstlernende Verfahren zur Bahnplanung auf modularen piezoelektrischen Schwingförderern

**Kruchem, Raphael**

Entwicklung einer Qualitätskennzahl zur herstellerübergreifenden Vergleichbarkeit von Prozessen des Laser-Strahlschmelzens (LBM)

**Kucza, Rene**

Entwicklung eines Produktionskonzepts zur Durchlaufzeitreduzierung in der Zerspanung bei der Fluglagerfertigung

**Kügler, Tore**

Entwicklung und Konstruktion einer Produktionsanlage zur elektrischen Kontaktierung von Li-Ionen-Batterien mittels Drahtbonden

**Kullmann, Matthias**

Planung eines Spannkonzpts für die Serienfertigung eines neuartigen Zylinderkopfs

**Laule, Clemens**

Variantenmanagement mithilfe von Data Mining-Methoden – Komplexitätsreduktion durch Anwendung einer Clusteranalyse auf Produktvarianten

**Leible, Theresa**

Evaluierung des Einsatzes von RFID durch Analyse von Wareneingangsprozessen - Betrachtung am Beispiel eines Automobilzulieferers

**Leoni, Manuela**

Erstellung eines Schnittstrategietools zur Optimierung des Wälzschälprozesses

**Li, Feng**

Experimentelle Untersuchung des Schneidkantenverschleißes bei der Fräsbearbeitung von faserverstärkten Kunststoffen

**Li, Zhichao**

Simulation der höherfrequenten Eigenfrequenzen von Ritzel-Zahnstangen-Antrieben

**Lichter, Markus**

Konzeption, Entwicklung und strukturmehchanische Optimierung eines Werkzeugs für das Schleuderverfahren zur Herstellung faserverstärkter Leichtbauwellen

**Lingenhöhl, Johannes**

Auslegung und Konzeptionierung eines Ultraschallprüfsystems für den In-Process Einsatz bei der additiven Fertigung

**Linzbach, Roman**

Entwicklung eines wertstrombasierten Vorgehensmodells zur Erfassung und nachhaltigen Verbesserung des Qualitätsniveaus global verteilter Wertschöpfungsketten

**Liu, Mingjie**

Untersuchung der schwingungsdämpfenden Eigenschaften von Spannvorrichtungen für die Werkstückspannung

**Lorenz, Rafael**

Löst Industrie 4.0 die richtigen Probleme? – Über eine kundenorientierte Industrie 4.0 Transformation

**Lou, Huizhen**

Entwicklung einer Rundkneteinheit mit Linearmotor und hydraulischer Übersetzung

**Luo, Chengwei**

Simulation des thermischen Verhaltens von neuartigen wälzkörpergetriebenen Linearantrieben

**Lützner, Philipp**

Integration einer Bildverarbeitung in ein Bearbeitungszentrum und Optimierung des Systems

**Ma, Chao**

Adaptive Einstellung der dynamischen Eigenschaften einer Werkzeugmaschine über die hydrostatische Lagersteifigkeit der Hauptspindel

**Ma, Tengfei**

Kopplung von FEM und MKS Simulationen von neuartigen wälzkörpergetriebenen Linearantrieben

**Manz, Stephan**

Entwicklung einer methodischen Vorgehensweise für die Anfertigung eines Lastenheftes für Produktionslösungen

**Marquardt, Sven**

Entwicklung und Umsetzung einer Methodik zur postoptimalen Analyse globaler Produktionsnetzwerke

**Mayer, Dominik**

Entwicklung einer Gesamtsteuerung für ein Industrie 4.0 Demozentrum im Deutsch-Chinesischen Kontext

**Mayer, Simon**

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

**Meladinis, Dimostenis**

Analyse von Produktionsstrategien im Bereich der Kuppelungsaktorik und Bewertung von Produktionsstrategien

**Meyer, Armin Otto**

Entwicklungsbegleitende Simulation einer Low Range Laser-Rohrschneidemaschine

**Mildenberger, Nils**

Entwicklung eines Ansatzes der Technologiefrüherkennung zur Vorbewertung von Produktionstechnologien – Umsetzung am Beispiel der Motorenproduktion Audi Hungaria Motors Kft. (AHM)

**Möhrle, Andreas**

Untersuchung fertigungstechnischer Einflussgrößen auf den Reibwert von hydrodynamischen Gleitlagern

**Molzahn, Katharina**

Weiterentwicklung und Validierung eines Modells zur Optimierung der Auftragseinplanung in globalen Produktionsnetzwerken bei Airbus

**Moser, Robin**

Automatisiertes Schleifen von Aluminium-Karosserieoberflächen

**Müller, Christoph**

Steuerungstechnik einer Industrie 4.0 Produktionsanlage am Beispiel eines Stauförderers und eines RFID-Systems

**Neff, Johannes**

Entwicklung eines Entscheidungsunterstützungssystems für Make-or-Buy-Entscheidung von mittelständischen Unternehmen

**Nehen, Johannes**

Entwicklung eines Prozessmodells für das Auslaufmanagement einer variantenreichen Produktion

**Neuhorst, Peter**

Entwicklung eines Fügeprozesses für Batteriegehäuse von E-Fahrzeugen mit schnell aushärtenden 2K-PUR-Systemen

**Neumann, David**

Aufbau einer Prozesskette zur automatisierten und fasergerichten Integration von metallischen Inserts in Organobleche für den Automobilssektor

**Ohlberg, Lennart**

Konstruktion und Aufbau eines modularen Drapiergreifers für thermoplastische Faserverbunde

**Öppling, Sebastian**

Simulation von Ultraschallprüfungen in der additiven Fertigung unter Berücksichtigung relevanter Bauteilstrukturen und Materialeigenschaften

**Ostwald, Mario**

Entwicklung eines Simulationsmodells zur dynamischen Bewertung von Qualitätssicherungsmaßnahmen in Produktionsnetzwerken

**Patschkowski, Florian**

Methodenentwicklung zur Postoptimierung eines Modells zur Gestaltung globaler Produktionsnetzwerke

**Paul, Tobias Maximilian**

Bauteilkostenberechnung für pulverbettbasierende Kunststoffverfahren

**Persinger, Roché**

Kamerabasierter Ansatz zur Analyse von Einflüssen der Prozessparameter auf geometrische Eigenschaften von Spuren beim Laserauftragschweißen

**Pfeiffer, Elisabeth**

Entwicklung eines Leitfadens zur szenariobasierten Gestaltung von Produktionsplanungs- und -steuerungsschulungen im Kontext von Industrie 4.0

**Pfister, Hanna**

Fabrikplanung mit neuen Technologien am Beispiel des selektiven Laserstrahlschmelzens

**Pfuhl, Stephan**

Konzeption eines integrierten Lean-Six-Sigma-Ansatzes zur Steigerung der Produktivität, Qualität und Energieeffizienz in Produktionssystemen

**Pohlmann, Philipp**

Parameteroptimierung zur Validierung der Messunsicherheit eines Lasertriangulationssystems bei der Untersuchung faserverstärkter Kunststoffe

**Poryo, Victor**

Technologiemanagement und Wirtschaftlichkeitsanalyse des zukünftigen Einsatzes autonomer Roboterfahrzeuge am Praxisbeispiel der Stadtreinigung Karlsruhe

**Qu, Chuanqi**

Entwicklung einer Webanwendung für die Visualisierung und Steuerung von Produktionssystemen mit OPC-UA

**Raab, Valentin**

Entwicklung kostenoptimaler Fertigungsfolgen des selektiven Laserstrahlschmelzens unter Serienbedingungen

**Rasekhmanesh, Farahnaz**

Experimentelle Untersuchung der additiven Fertigung metallischer Bauteile mit dem Arburg Kunststoff-Freiformen

**Raub, Philipp**

Cloud Computing für Bearbeitungsoperationen zur Vorhersage der Werkstückqualität

**Reinert, Jörg**

Wertstromanalyse und Aufbau eines Simulationsmodells einer skalierbaren Montagelinie für Brennstoffzellen

**Röck, Dominik**

Entwicklung einer Methode zur simulationsbasierten Evaluierung neuer und veränderter Prozesse für die Inbetriebnahme im Sondermaschinenbau

**Roos, Henning**

Konzept für die automatisierte Datenanalyse in der Baustellenfertigung

**Ruppert, Tobias**

Fertigungskonzepte der Zukunft im Kontext autonomer Transportsysteme

**Saad, Anthony Emmanuel**

Entwicklung und Darstellung individuell angepasster Dämpfungs- und Belüftungsstrukturen und prototypische Umsetzung in einem Produkt

**Sadeghian, Behdad**

Aufbau eines FEM-Modells zur statischen und dynamischen Simulation einer Werkzeugmaschinenstruktur

**Saparautzki, Tobias**

Kognitive Instandhaltung: Konzeptionierung und Evaluierung einer kognitiven Bot-Lösung für industrielle Instandhaltungsprozesse

**Sautter, Sven**

Entwicklung eines Konzepts zur Integration des zunehmenden Multimaterialmixes in bestehende Karosseriebaustrukturen

**Scherbarth, Jana**

Entwicklung einer Einheit für das pneumatische Fördern von Endlosfasern

**Scherzinger, Christine**

Entwicklung eines Vorgehensmodells zur Identifikation, Simulation und Metamodellierung kurzfristiger Störereignisse in globalen Produktionsnetzwerken

**Schigal, Waldemar**

Konzepterstellung für eine Anlage zur automatisierten Herstellung und Montage einer Statorwicklung für elektrische Traktionsantriebe

**Schimank, Dominik**

Industrie 4.0 - Entwicklung eines digitalen Produkt- und Bauteillebenslaufes von Prozess- und Messdaten für prozessübergreifende Regelkreise

**Schlagenhauf, Patrick**

Entwicklung eines elektromechanischen Spannzylinders

**Schlegel, Sabrina**

Data Mining Modell für die Implementierung einer qualitätsbezogenen Prozesskontrolle

**Schleidt, Julia Anna**

Entwicklung eines Kompetenzentwicklungskonzepts zur Einführung von Industrie 4.0-Technologien im Mittelstand

**Schmid, Patrick**

Smart Manufacturing in kleinen und mittelständischen Unternehmen in West Virginia: Aktueller Stand und erste Schritte der Umsetzung

**Schmitt, Martin**

Entwicklung eines Messsystems zur optischen Nullpunktbestimmung am Rüstplatz einer Fertigungszelle vor der Zuführung ins Bearbeitungszentrum

**Schoch, Florian**

Datengetriebene Prozessüberwachung und -optimierung im Rahmen von Industrie 4.0 am Beispiel einer Kunststoff-fertigung

**Scholl, Johann**

Strategien zur Besäumung von Preforms und fertigen Bauteilen aus faserverstärkten Kunststoffen

**Schopper, Johannes**

Konzeptionierung von Industrie 4.0 Tools zur Visualisierung von Echtzeit-Wertströmen für den Einsatz im digitalen Shopfloor-Management

**Schreiber, Simon**

Parameterstudie zur Ermittlung der maximalen Wickelgeschwindigkeit bei Nasswickelverfahren mittels Imprägnierwalze

**Schucker, Robin**

Entwurf eines Kennzahlensystems zur Überwachung und operativen Steuerung von Produktionsnetzwerken

**Schultz, Daniel Tim**

Optimierungen an einer Montageanlage und Entwicklung einer Inline-Qualitätssicherung

**Schulz, Daniel**

Prozessanalyse zur Evaluierung von Potentialen der Cloudanbindung von Industrierobotern in der Automobilindustrie

**Schulz, Wilhelm**

Entwicklung eines wertstrombasierten Simulationsmodells zur Machbarkeitsüberprüfung einer neuausgerichteten Pull-Produktion

**Schurr, Jan**

Entwicklung neuer Arbeitsplatzkonzepte mit adaptiver HMI zur Optimierung von Produktionsabläufen am Beispiel der Tastersystem-Montage

**Schweizer, Lukas**

Planung 4.0: Kann der Einsatz von standardisierter Virtual Reality Hardware aus dem Gaming Bereich die Arbeitsplatzplanung revolutionieren? Eine Untersuchung am Beispiel von Cross Connected®

**Schweizer, Yannick Alexander**

Weiterentwicklung und Verifikation eines Modells zur Auftragseinplanung in globalen Produktionsnetzwerken der Luftfahrtindustrie

**Schwind, Jonas**

Umsetzung von Industrie 4.0 Strategien im Produktionsprozess: Entwicklung eines Kennzahlensystems zur ganzheitlichen Einführung von Industrie 4.0

**Seifried, Marius Aurel**

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

**Sener, Salih**

Automatisiertes Generieren von Technologiekettenalternativen unter Berücksichtigung additiver Fertigungstechnologien

**Shibayev, Dmitriy**

Identifizierung von Messmitteln zur Prüfung qualitätskritischer Merkmale in der Brennstoffzellenproduktion

**Song, Jianan**

Aufbau eines elektromechanischen Piezo-Modells zur Verifikation einer Acoustic-Emission Messanwendung

**Spiecker, Jakob**

Konstruktionsanalyse einer Hochleistungslinienoptik für die großflächige Oberflächenbearbeitung

**Stalf, Timo**

Entwicklung eines modularen Zielkonzeptes für ein global verteiltes Produktionsnetzwerk

**Steinbach, Christopher**

Visualisierung komplexer Steuerungsabläufe in SPS-Programmen zur disziplinübergreifenden Analyse der Steuerungslogik

**Steinlein, Felix**

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

**Steinlein, Michael**

Entwicklung eines rekonfigurierbaren Greifsystems mit adaptiver Steuerung für die flexible Anwendung

**Steinmetz, Lisa-Fabienne**

Optimierung von Pufferkapazitäten einer Großserienfließfertigung mit geschlossenem Kreislauf anhand einer diskreten ereignisorientierten Simulation

**Stieler, Fabian**

Entwicklung und Bewertung eines Datenkonzeptes für intelligente Produktionsanlagen

**Strunz, Caroline**

Konzeptionierung und Validierung eines robusten Modells zur Auftragseinplanung unter Berücksichtigung von Szenarien der Kundenoptionwahl

**Stucke, Maximilian**

Auslegung und Entwicklung einer sequentiellen Automatisierung durch einen sensitiven Roboter am Beispiel der Montage von Hydraulikventilen

**Sümer, Yusuf**

Inline-Qualitätsprüfung des Verpackungsprozesses von Hygieneprodukten mittels Lichtschnittsensoren

**Sun, Kai Jan**

Digitalisierung der Beschaffung – Entwicklung eines Konzepts zur Nutzung von Big Data Analytics im Supply Risk Management

**Sun, Pengyuan**

Systematische Erstellung eines Maschinenprogrammes aus vorhandenen Geometriedaten

**Szedlak, Sebastian**

Optimierung von Regeln zur Auftragseinplanung in der industriellen Einzelfertigung

**Tang, Yu**

Erstellung eines FEM-Simulationsmodells zur Untersuchung der Verformung der Walzen

**Tian, Qiuyong**

Kondensation einer Federbein-Vorderachse zur Abbildung von Drehungleichförmigkeit zwischen 20.0 Hz und 100.0 Hz

**Titz, Stefan**

Entwicklung einer adaptiven Auftragssteuerung für ein variantenreiches Fertigungssystem

**Ungermann, Florian**

Skalierbare Automatisierung: Methodik zur Bewertung und Auswahl optimaler Montagesystemkonfigurationen

**Valev, Kalin**

Entwicklung eines intelligenten Aktors auf Basis von neuronalen wälzkörpergetriebenen Linearantrieben

**Vallone, Alessandro**

Untersuchung der schwingungsdämpfenden Eigenschaften der Hydrodehnspanntechnik für die Werkstückspannung

**Varga, Balint**

Modellprädiktive Regelung eines Demonstratorfahrzeuges

**Vaslin, Arthur**

Überwachung des 3D-Druck-Prozesses durch eine dynamische 3D-Darstellung von CT Messdaten

**Veser, Stefan**

Entwicklung eines Modells zur Bestimmung der Haltekräfte für Schneidclinchverbindungen in Mischbauweise für den Karosserierohbau

**Vierling, Johannes**

Weiterentwicklung der Gesamtanlageneffektivität (OEE) zur Bewertung automatisierter Produktionslinien  
Vishnuram, Eyathunandhan Angiyam  
Prozess Regelung des Drahtablauf System in Linearwickelmaschinen mit Beckhoff SPS

**Vogel, Tobias**

Optimierung des Planungs- und Steuerungssystems zur Abwicklung von Kundenprojekten im Großmaschinenbau am Beispiel einer Papiermaschine

**Vogt, Jan-Niklas**

Entwicklung einer ganzheitlichen Systematik zur Optimierung des Formatwechsels in Verpackungsmaschinen

**Wang, Jianghui**

Multimodale Handlungserkennung in der Überwachung

**Wang, Kai**

Entwicklung einer Steuerungsarchitektur für einen Messedemonstrator mit I4.0-Funktionalität

**Weber, Maren**

Erarbeitung eines Lösungskonzeptes zur Erhöhung der Gutasbringung unter Anwendung der Six-Sigma Methodik im Bereich der Plasmatechnik

**Webersinke, Lisa Christin**

Zukunftsszenarien für Anwender der additiven Serienproduktion mit LBM

**Wedler, Raffael**

Entwicklung einer elektronischen Auswerteeinheit für die Messung der Dehnung eines Werkzeughalters

**Wehrle, Fabian**

Entwicklung und Bewertung eines modularen Anlagen- und Fördertechniksystems innerhalb der Automobilproduktion

**Weis, Yannick**

Bildverarbeitung zur Bauteilsortierung auf einem modularen piezoelektrischen Schwingfördersystem

**Weisser, Philipp**

Methodik zur Entscheidungsunterstützung für die dynamische Wahl von Instandhaltungsstrategien in einer Industrie 4.0 Produktionsumgebung

**Weyher, Magdalena**

Data Mining: Einsatz von Datenanalysen zum Qualitätsmanagement in der Produktion

**Will, Tobias**

Entwicklung und Anwendung einer Methode zur Prozessintegration von Wirbelstromsensorarrays für die Qualitätssicherung von Kohlenstofffaserpreforms

**Wirsig, Lisa**

Analyse der langfristigen Entwicklung des Selektiven Laserschmelzens mittels szenariobasiertem Roadmapping

**Wirth, Felix**

Entwicklung der Steuerungstechnik einer Roboterzelle im Kontext einer Industrie 4.0 Produktionsanlage

**Wößner, Wilken**

Validierung unwuchtminimaler Montagestrategien für Permanentmagnetrotoren

**Wu, Hanjue**

Zusammenhang zwischen Bildqualität und Messunsicherheit bei Computertomographie-Messungen  
Wu, Shengqing  
Charakterisierung eines polierenden Endbearbeitungsprozesses

**Xiao, Hanjun**

Untersuchungen zum Anwendungspotenzial der AM-Technologie für die Serienherstellung der automobilen Strukturbauteile

**Xu, Boliang**

Dezentrale Automatisierung von einem SPS-Praktikumsdemonstrator

**Ye, Jiayi**

Entwicklung eines Analysetools zur Unterteilung des oberen Werkzeugs für die Segmentstempeldarparierung

**Zeiss, Maximilian**

Industrie 4.0: Integration von RFID-Technik und Industrieller Bildverarbeitung in die heterogene Infrastruktur eines modularen Montagesystems

**Zeng, Weixiang**

Bewertung von Automatisierungspotentialen in Produktionsprozessen in Schwellenländern

**Zeranski, Daniel Arne**

Befähigungs- und Einführungsstrategien für Industrie 4.0: Wechselwirkungen von Industrie 4.0 Methoden in Produktionsunternehmen

**Zhang, Haodong**

Prozessoptimierung von Drehprozessen für Titanbauteile

**Zhang, Huaixu**

Automatisierte Ableitung der Zell-Orientierung für ein FEM-Modell auf Basis des Belastungszustands

**Zhang, Linmu**

Ein alternativer Ansatz zur Gewinnung von Pulvern für das Lasterstrahlschmelzen aus Filtern einer Funkerosionsanlage

**Zhang, Yameng**

Untersuchung des Einflusses der Werkzeuggeometrie auf die Prozesskräfte und Bearbeitungsergebnisse beim Fräsen von faserverstärkten Kunststoffen

**Zimmermann, Amelie**

Entwicklung eines Modells zur Bestimmung des Rekonfigurationsaufwands modularer Produktionsanlagen im Leichtbau

**Zipfel, Max**

Ermittlung des Digitalisierungsgrads der A3/Q2-Montage der Audi AG mithilfe eines Reifegradmodells

**Zürn, Michael**

Untersuchung des Verschleißverhaltens von neuartigen wälzkörpergetriebenen Linearantrieben

**Diplomarbeiten****Gerngroß, Florian**

Infiltrationsmonitoring des RTM Prozesses durch Ultraschall

**Hauck, Sebastian**

Kennwertbildung und Fähigkeitenanalyse zu Körperschallsignalen zur Zustandsüberwachung von Ritzel-Zahnstangen-Trieben

**Jebari, Mohamed Achraf**

Experimentelle Untersuchung der Lebensdauer von Mikrozahnradern zur Erstellung eines Lebensdauerprognosemodells

**Moser, Andreas**

Nachweis des automatisierten Prozesses und qualitätsabgesicherten Preformings von duroplastischen Prepregmaterialien für Fahrzeugaußenhautbauteile

**Studienarbeiten****Weinhardt, Tristan**

Konstruktive Zusammenführung eines Multi-Sensor-Messsystems

## Exkursionen

**Firmenbesuche****Exkursion Automatisierte Produktionsanlagen zum Mercedes-Benz Werk nach Rastatt**

Im Juni hatten 45 Zuhörer und Zuhörerinnen der Vorlesung „Automatisierte Produktionsanlagen“ Gelegenheit, einige Inhalte in der Praxis kennenzulernen. Hierzu lud die Firma Mercedes-Benz die Studenten ein, ihre Produktion in Rastatt zu besichtigen. Dabei hatten sie 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- und Montageverfahren ausführlich erläutert und diskutiert werden. Für die Möglichkeit einer solchen Exkursion möchten wir uns bei dem Werksleiter Thomas Geier sowie Patrick Imhoff und Alain Jundt bedanken.

**Exkursion zu Felss Shortcut Technologies, Standorte Gölshausen und Königsbach-Stein**

Als Abschluss der Vorlesung Fertigungstechnik wurde eine Exkursion zu zwei Standorten der Firma Felss Shortcut Technologies unternommen. Bei Felss Rotaform in Gölshausen, einem der führenden Spezialisten auf dem Gebiet der Kaltumformung von metallischen Rohren und Rundmaterialien, konnten die Teilnehmer die Komponentenfertigung besichtigen. Hier kommen verschiedenste Umformverfahren für die Großserienfertigung zum Einsatz. Bei Felss Systems in Königsbach-Stein konnten die Studierenden einen Einblick in den Maschinen- und Anlagenbau für Umformwerkzeugmaschinen und Werkzeuge bekommen. An einem Demonstrator wurden ihnen die Herausforderungen des Rundnetzens veranschaulicht. Die Präsentation an der Generation-e Maschine war für die Studierenden sehr beeindruckend und vermittelte das Thema Industrie 4.0 aus Sicht eines Werkzeugmaschinenherstellers. Die Exkursion fand ihren Abschluss in einer offenen Diskussionsrunde, wo die Teilnehmer nochmals die Möglichkeit hatten, offene Fragen mit dem Entwicklungsleiter Herr Dr.-Ing. Marré und den fachkundigen Exkursionsführern zu klären.

**Globale Produktion und Lernfabrik Globale Produktion: Exkursion zur Robert Bosch GmbH in Bühl**

Während der Vorlesung Globale Produktion und der Lehrveranstaltung Lernfabrik Globale Produktion, konnten die Studierenden die Elektromotorenmontage bei Bosch in Bühl besichtigen. Dies ermöglichte einen direkten Vergleich der vollautomatisierten Montage bei Bosch mit der manuellen und teilautomatisierten Montage in der Lernfabrik am wbk. Die skalierbare Automatisierung zur Anpassung der globalen Produktion an dynamische Einflussfaktoren wurde in einem Einführungsvortrag erläutert. Insgesamt wurden den Studierenden somit Aspekte der globalen Produktion anhand der industriellen Praxis veranschaulicht und konnten bei der Exkursion diskutiert werden.

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

Ergänzend zur Vorlesung Integrierte Produktionsplanung (IPP) besuchten 46 Studierende die TRUMPF GmbH + Co. KG in Ditzingen. Neben spannenden Einblicken in das Unternehmen und einer Präsentation der Produkte im Vorführzentrum stand die Verdeutlichung der Wichtigkeit einer Erweiterung von ganzheitlichen Produktionssystemen um Aspekte der Industrie 4.0 im Vordergrund. Dabei wurde anschaulich illustriert, wie Montage- und Fertigungsprozesse durch die Digitalisierung verbessert werden können. Methoden wie die papierlose Montageunterstützung und -kontrolle oder das digitale Shopfloormanagement sowie eine zentrale, digitale Steuerung wurden auf Basis eines Demonstrators (ein kleiner Formel-1 Wagen aus Blech) erläutert. Abschließend wurden bei einem Fachvortrag die Herausforderungen und Chancen des Laserschweißens für die Produktion analysiert. Die Rückmeldung der Studenten war durchweg sehr positiv und zeigte die Wertschätzung eines detaillierten Praxiseinblicks in ein spannendes Unternehmen.



Exkursionen

## Firmenbesuche

### MPKA-Exkursion zur Daimler AG

Am 15.02.2017 fand die Exkursion der Vorlesung Materialien und Prozesse für den Karosserieleichtbau in der Automobilindustrie zur Daimler AG statt. 23 Studierende hatten die Möglichkeit die Abteilungen der beiden Dozenten Dr. Steegmüller und Dr. Kienzle in Sindelfingen und Ulm zu besuchen. Der Besuch startete mit einer Präsentation der Fertigungs- und Werkstofftechnik in Sindelfingen, welche die aktuellsten Forschungsbereiche im Themenfeld Produktion bei der Daimler AG vorstellte. Beim anschließenden Rundgang durch die Technika konnten die Studierenden die in den Vorlesungen vermittelten Prozesse, wie z.B. die Fügetechnik, live sehen. Interessant waren hierbei insbesondere neue Technologien, die für den Einsatz in der Serienfertigung weiterentwickelt werden. Nach dem Mittagessen ging es mit dem Bus weiter in das Daimler Forschungszentrum nach Ulm, wo eine Vielzahl von Versuchsständen für die Erprobung zukünftiger Technologien gezeigt und erklärt wurde. Für die Studierenden war dieser Tag eine gute Möglichkeit die Vorlesungsinhalte zu erleben und weiter zu vertiefen.

### Produktionstechnologien und Managementansätze

Während der Vorlesung „Produktionstechnologien und Managementansätze im Automobilbau (PMA)“ hatten knapp 40 Studierende Anfang des Jahres die Chance, das Mercedes Benz Werk Rastatt zu besichtigen. Nach einer Einführung in die Unternehmensphi-



Teilnehmer der Vorlesung „Produktionstechnologien und Managementansätze“ besuchten das Mercedes Benz Werk in Rastatt

losophie konnten die Teilnehmer konkrete Einblicke in verschiedene Bereiche einer modernen Automobilproduktion erhalten. Vom Rohbau bis in die Endmontage hat die Gruppe die in der Theorie bekannten Prozesse in der Realität erfahren können.

### Messtechnik zum Anfassen zur Vorlesung Qualitätsmanagement bei Zeiss in Oberkochen

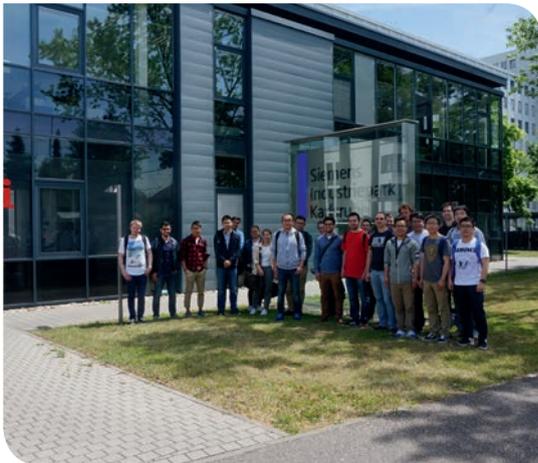


Studierende besuchten während der Vorlesung „Qualitätsmanagement“ das Democenter des Bereiches Industrielle Messtechnik der Carl Zeiss AG in Oberkochen

Während der Vorlesung Qualitätsmanagement (QM) besuchten Studierende das Democenter des Bereiches Industrielle Messtechnik der Carl Zeiss AG in Oberkochen. Hier wurden wir mit einem sehr spannenden Vortrag über die Geschichte der des Unternehmens empfangen. 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. Dazu standen verschiedene Messmaschinen und erfahrene Mitarbeiter zur Verfügung, sodass jeder die Möglichkeit hatte selbst die Maschinen zu bedienen. Dabei wurden zentrale Fragen der Sensorauswahl an praktischen Beispielen erläutert und so der Vorlesungsinhalt vertieft.

### Steuerungstechnik: Exkursion Siemens AG

Traditionsgemäß fand am 08. Juni 2017 die Exkursion der Vorlesung Steuerungstechnik bei der Siemens AG in Karlsruhe statt, an der in diesem Jahr 21 Studierende teilnahmen. Nach einer Einführung und Vorstellung des umfangreichen „Industrial-Automation“-Produktprogramm des Industriepark Karlsruhe, ging es zum anschließenden Werksrundgang. Hier konnte die Flachbaugruppenfertigung der Steuerung S7-400 inklusive der zugehörigen Leiterplattenbestückung, sowie Montage von Industrie-PCs betrachtet werden. Durch die Führung 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,



Die Exkursion der Vorlesung „Steuerungstechnik“ fand dieses Jahr bei der Siemens AG in Karlsruhe statt

zu dem die Firma Siemens alle Exkursionsteilnehmer in die werkseigene Kantine einlud.

### Umformtechnikexkursion zur Richard Neumayer GmbH in Hausach und DAIMLER AG in Kuppenheim

Bei der diesjährigen Exkursion konnten insgesamt 22 Studierende auf dem Gebiet der Umformtechnik renommierte Unternehmen besichtigen.

Bei der Firma Richard Neumayer hatten die Studenten die Gelegenheit, Einblick in einen Schmiedebetrieb von Automobilzulieferteilen zu erhalten. Die Studierenden konnten die Maschinen in Aktion betrachten. Auch die



Teilnehmer der Vorlesung „Produktionstechnologien und Managementansätze“ besuchten das Mercedes Benz Werk in Rastatt

firmeneigene Werkzeugfertigung und -instandhaltung lieferte interessante Einblicke in die Umformtechnik. Im Presswerk Kuppenheim der DAIMLER AG sahen die Studierenden eine hochautomatisierte Prozesskette für die Herstellung von Karosserieblechbauteilen. Von der modernsten Pressenstraße von Schuler bis zur Matrixfertigung in KUKA-Roboterzellen erhielt die Exkursionsgruppe einen Einblick in Aspekte der Fertigungstechnik, die weit über das reine umformtechnische Fachwissen hinausgehen.

Durch spannende Diskussionen zum Unternehmen, den angewendeten Fertigungsverfahren und den unterschiedlichsten Karrieremöglichkeiten fanden die Teilnehmer der Vorlesung **Werkzeugmaschinen und Handhabungstechnik – Grob**

Am 26. Januar 2017 fand während der Vorlesung Werkzeugmaschinen und Handhabungstechnik eine Exkursion zum Werkzeugmaschinenhersteller Grob in Mindelheim statt. Das Produktportfolio, das von Universalfräsmaschinen bis hin zu kompletten Systemlösungen reicht, wurde anschaulich erläutert. Eine Besichtigung von Fertigung und Montage ermöglichte einen praktischen Einblick in die Herstellung von Werkzeugmaschinen. In der anschließenden Diskussion hatten die Studenten die Möglichkeit einzelne Aspekte zu hinterfragen. Insgesamt wurde die Exkursion von den Studenten sehr positiv gewertet.



## Doktoranden, Mitarbeiter und Studierende Auszeichnungen und Preise

### Prof. Dr.-Ing. Heinz W. Nikolaus mit der Goldenen Promotionsurkunde geehrt

Anlässlich des Festkolloquiums der KIT-Fakultät für Maschinenbau konnte Prof. Dr.-Ing. Heinz W. Nikolaus die goldene Promotionsurkunde entgegennehmen. Nach 50 Jahren wird durch diese Auszeichnung an die Promotionsprüfung erinnert, die Herr Prof. Nikolaus 1961 als erster Doktorand von Herrn Prof. Victor als Hauptreferenten ablegte. Herr Prof. Nikolaus war einer der Pioniere der Hydrauliksimulation und hat sich über die Promotion hinaus mit einer Arbeit auf diesem Gebiet habilitiert. Prof. Nikolaus mahnte in seinen Dankesworten, im Leben stets neben den Pflichten auch die kulturellen Aspekte zu beachten. Dies sei ihm durch seinen Doktorvater bspw. auf zahlreichen Dienstreisen vermittelt worden.

### Auszeichnungen für Studierende

Für seine Bachelorarbeit mit dem Thema „Charakterisierung eines polierenden Endbearbeitungsprozesses“ und seine insgesamt hervorragenden Leistungen im Bereich Produktionstechnik im Bachelor-Studiengang Maschinenbau wurde Herr Hermann Seltenreich mit dem Prof. Dr.-Ing. Hans Victor Preis geehrt.

Philip Müller-Welt erhielt für seine Bachelorarbeit „Unsicherheitsanalyse einer FEM-Simulation von Mikrozahnrädern“ das Roland-Mack-Stipendium.

Für seine Masterarbeit „Parameteranalyse zu Falteigenschaften von kontinuierlichen, biegeschlaffen Materialbahnen mit lokalen Querschnittsänderungen“ wurde Herr Jürgen Boll mit dem Dr.-Ing. Willy Höfler-Preis für die beste Masterarbeit des Jahres 2016 im Bereich Produktionstechnik ausgezeichnet.

### 2. Platz des Carl-Freudenberg-Preises für Dr.-Ing. Benjamin Häfner

Für seine Untersuchungen zur Lebensdauer von Mikrozahnrädern erhält Dr. Benjamin Häfner einen Carl-Freudenberg-Preis. In seiner Dissertation hat er ein Modell entwickelt, das den Fertigungsprozess vor allem von qualitätskritischen Mikrozahnrädern optimieren kann: Es bildet den direkten Zusammenhang zwischen Abweichungen, die während der Fertigung auftreten, dem daraus resultierenden Einfluss auf die Funktionsfähigkeit und der Lebensdauer der Bauteile ab. So können Produktionsprozesse von wichtigen Bauteilen effizienter gesteuert werden, um Kosten zu senken und eine höhere Qualität zu erzielen.

### Dr.-Ing. Nicole Stricker dreifach für ihre Dissertation ausgezeichnet

Für ihre Doktorarbeit „Robustheit verketteter Produktionssysteme – Robustheitsevaluation und Selektion des Kennzahlensystems der Robustheit“ erhielt Nicole Stricker in diesem Jahr den Erna-Scheffler- und den Südwestmetall-Förderpreis. Mit den Preisen zeichnen der Soroptimist Club Karlsruhe und der Arbeitgeberverband Südwestmetall herausragende Nachwuchswissenschaftler der Landesuniversitäten aus. Strickers Untersuchungen zur schwankenden Leistungsfähigkeit von Produktionssystemen in einer dynamisch veränderlichen Umwelt werden damit als herausragende Leistung mit besonderer Bedeutung für die industrielle Arbeitswelt geehrt. Bereits im letzten Jahr erhielt die Oberingenieurin für ihre Arbeit den Manfred Hirschvogel Preis. In ihrer Dissertation hat Stricker ein Modell entwickelt, das verschiedene Kennzahlen miteinander vergleicht, um Verbesserungsmaßnahmen für Produktionssysteme abzuleiten und diese so robuster zu gestalten.







#### **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 2018

