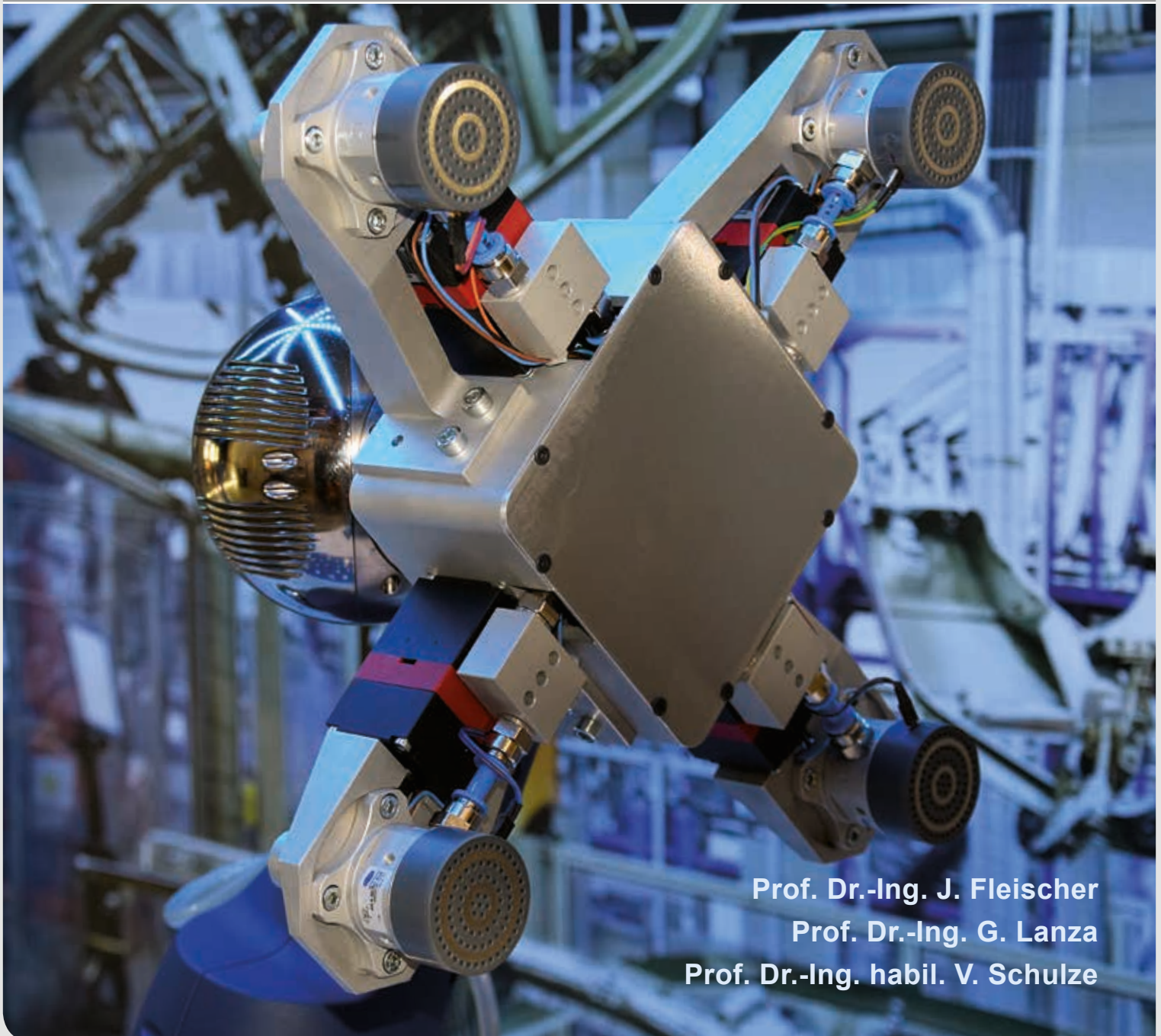


Jahresbericht 2013

INSTITUT FÜR PRODUKTIONSTECHNIK



Prof. Dr.-Ing. J. Fleischer
Prof. Dr.-Ing. G. Lanza
Prof. Dr.-Ing. habil. V. Schulze

Vorwort

Das wbk Institut für Produktionstechnik des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT) ist mit seinen knapp 100 Mitarbeitern thematisch in der Fakultät für Maschinenbau angesiedelt.

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

Neben den Forschungsaktivitäten in den Feldern der Produktionstechnik, insbesondere im Maschinen- und Anlagenbau, setzt das wbk auf die Entwicklung der Produktionstechnik für Enabling Technologies, wie beispielsweise für die Energietechnik, die Medizintechnik, die Mikrotechnik, die Elektromobilität und den Leichtbau. Hier wird zum einen untersucht, wie klassische Produktionstechnologien und -systematiken auf neue Materialien und Werkstoffe übertragen werden können, zum anderen wird das Upscaling und die Gestaltung zukünftiger Fabrikwelten und deren Netzwerke erforscht.

Das wbk bietet wissenschaftlichen Mitarbeitern und Studenten 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 Automatisierung bis hin zu vernetzten Fabriken zu vermitteln.

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

Mit diesem Jahresbericht möchten wir Ihnen einen Überblick über wesentliche Eckpunkte der Institutsarbeit im Jahr 2013 geben und wünschen Ihnen eine spannende Lektüre.



Jürgen Fleischer

Prof. Dr.-Ing. Jürgen Fleischer

Gisela Lanza

Prof. Dr.-Ing. Gisela Lanza

V. Schulze

Prof. Dr.-Ing. habil. Volker Schulze

Ansprechpartner der Forschungsbereiche

Maschinen, Anlagen und Prozessautomatisierung (MAP)

Forschungsschwerpunkte: Leichtbaufertigung (LF), Elektromobilität (EM)

Prof. Dr.-Ing. Jürgen Fleischer

Raum 119, Gebäude 50.36

Tel.: +49 721 608-44009

Fax: +49 721 608-45005

Juergen.Fleischer@kit.edu

Produktionssysteme (PRO)

Forschungsschwerpunkte: Life Cycle Performance (LCP), Elektromobilität (EM)

Prof. Dr.-Ing. Gisela Lanza

Raum 117, Gebäude 50.36

Tel.: +49 721 608-44017

Fax: +49 721 608-45005

Gisela.Lanza@kit.edu

Fertigungs- und Werkstofftechnik (FWT)

Forschungsschwerpunkte: Virtuelle Produktion (VP), Mikroproduktion (MP)

Prof. Dr.-Ing. habil. Volker Schulze

Raum 001, Gebäude 10.91

Tel.: +49 721 608-42440

Fax: +49 721 608-45004

Volker.Schulze@kit.edu



Institut für Produktionstechnik

Jahresbericht 2013



INSTITUT

Standorte & Zahlen	6
Forschungsstruktur	7
Veranstaltungen	8
Impressum	63



FORSCHUNG

Forschungsbereich Fertigungs- und Werkstofftechnik (FWT)	10
Forschungsbereich Maschinen, Anlagen und Prozessautomatisierung (MAP)	14
Forschungsbereich Produktionssysteme (PRO)	18
Forschungsschwerpunkte	
Mikroproduktion (MP)	22
Leichtbaufertigung (LF)	24
Elektromobilität (EM)	26
Virtuelle Produktion (VP)	28
Life Cycle Performance (LCP)	30



KOOPERATIONEN

GAMI	32
AMTC	34
Partner aus Industrie & Forschung	35
Partner im Bereich Studium & Lehre	35



DISSERTATIONEN

Dr.-Ing. Annabel Jondral	36
Dr.-Ing. Christoph Ruhs	37
Dr.-Ing. Steven Peters	38
Dr.-Ing. Christoph Kühlewein	39
Dr.-Ing. Adam-Mwanga Dieckmann .	40
Dr.-Ing. Heiko Hennrich	41
Dr.-Ing. Stefan Herder	42
Dr.-Ing. Alexander Ochs	43



VERÖFFENTLICHUNGEN

Zeitschriften	44
Bücher	45
Dissertationen	45
Buchbeiträge	45
Konferenzbeiträge	46
Patente	49



STUDIUM & LEHRE

Studentenzahlen	50
Vorlesungen	51
Abschluss- und Studienarbeiten	
Bachelorarbeiten	52
Masterarbeiten	53
Studienarbeiten	56
Diplomarbeiten	57
Exkursionen	60



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



Überblick in Zahlen

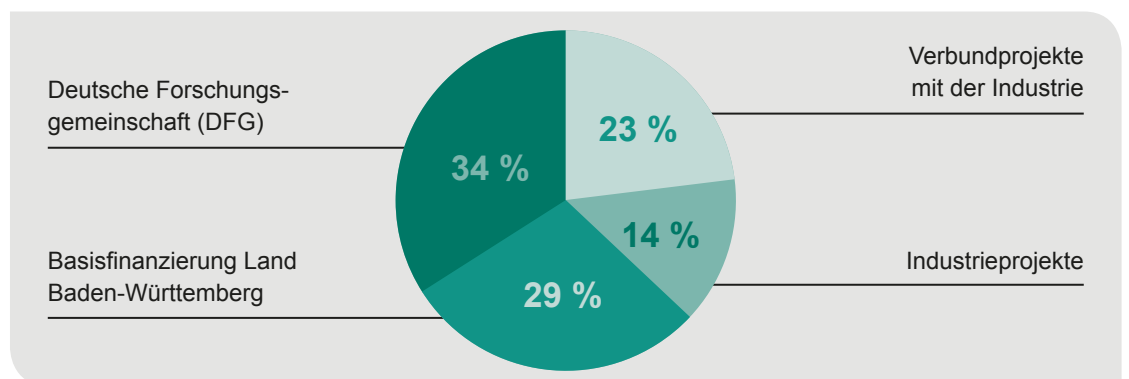
Mitarbeiter	
■ Wissenschaftler	57
■ Technik und Verwaltung	28
■ Auszubildende	9
■ Studentische Hilfskräfte	ca. 210

Lehre	
■ 22 Vorlesungen	
■ 1400 Prüfungen/Jahr	
■ ca. 1.600 Hörer/Jahr	
■ 256 Studien- und Abschlussarbeiten/Jahr	

Ausstattung	
■ 1.220 m ² Laborfläche	
■ Ca. 30 Versuchsstände	
■ Zwei mechanische Werkstätten mit Lehrlingsausbildung	
■ Umfassendes Rechner- und Simulationsequipment	

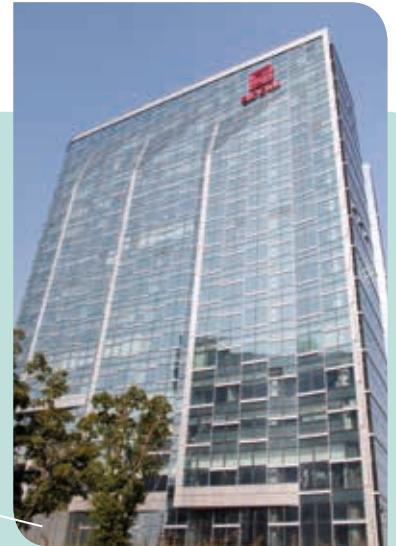
Projekte	
■ 26 Grundlagen-Forschungsprojekte	
■ 27 Verbundprojekte	
■ 31 Industrieprojekte	

Finanzierungsstruktur



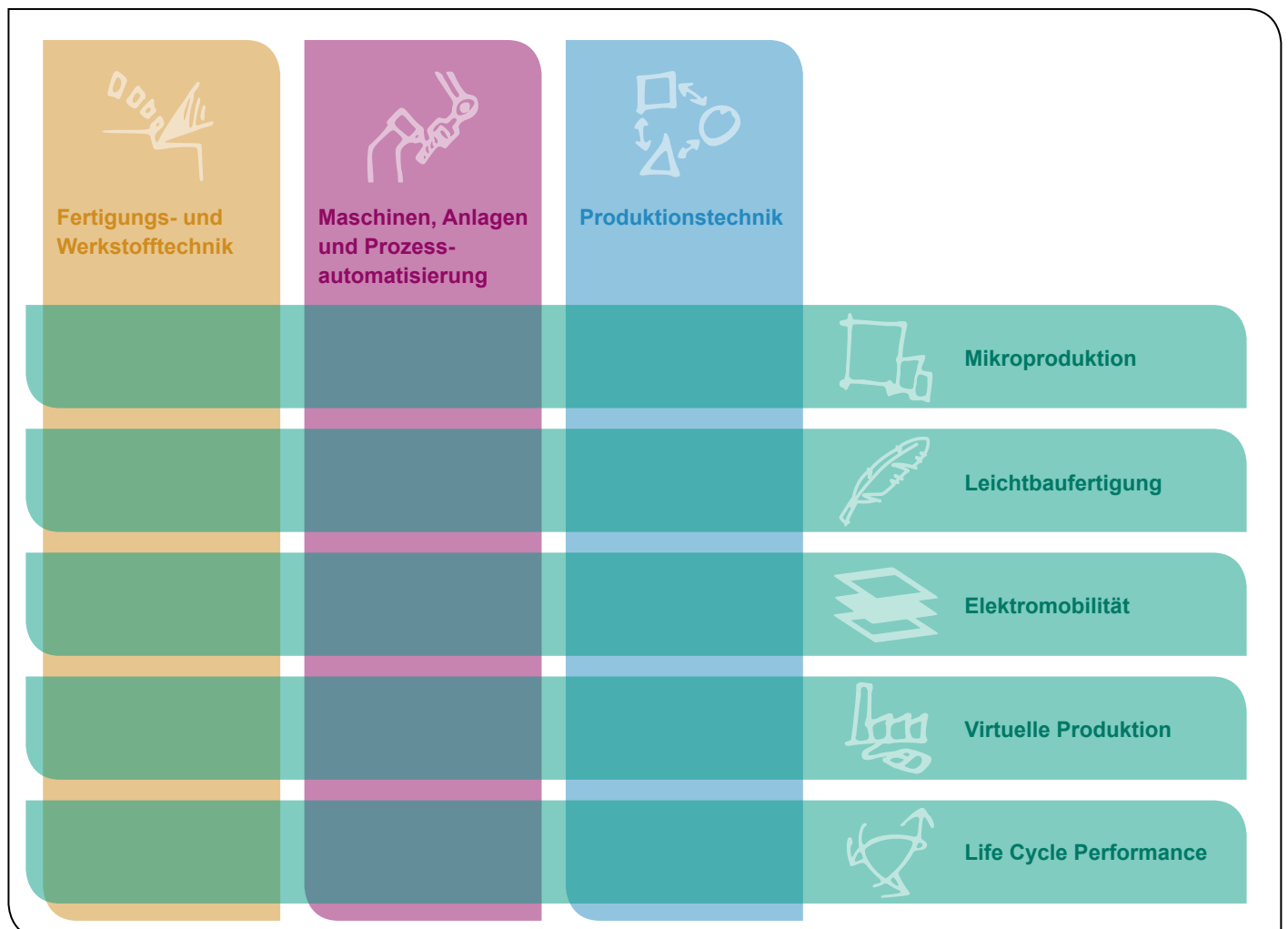


AMTC
Advanced Manufacturing Technology Center
Jading Campus der Tongji Universität,
Shanghai (China)



GAMI
Global Advanced Manufacturing Institute
Suzhou (China)

Forschungsstruktur





Veranstaltungen

Workshops, Versammlungen, Tagungen

Gute Resonanz auf der Herbsttagung zum Thema „Hybrider Leichtbau“ – Der Tagungsraum im AVG-Gebäude ist bestens gefüllt.

wbk Herbsttagung

Am 24. September fand abermals die alljährliche wbk-Herbsttagung statt. Unter dem Motto „Hybrider Leichtbau: Metall trifft Faserverbund“ wurde dieses aktuelle Thema unter den Gesichtspunkten der Produktionstechnik beleuchtet. Für die Herbsttagung, die damit erstmalig den Forschungsschwerpunkt „Leichtbauferti-

gung“ repräsentierte, konnten zahlreiche hochkarätige Referenten aus der Automobil- und Luftfahrtbranche gewonnen werden.

Das wbk hatte mit zwei Vorträgen zur „Prozesskette zur flexiblen Herstellung leichter Aluminium-Tragwerksstrukturen“ und der „Herstellung von hochbelastbaren Bauteilen im Resin-Transfer-Moulding Verfahren“ hierbei die Möglichkeit, die eigenen Forschungsarbeiten den Industrievertretern vorzustellen. Während der Mittagspause, die im produktionstechnischen Labor des wbk stattfand, entstanden unter den Gästen einige interessante Diskussionen. Die Exponate zu den Themen Qualitätssicherung, Handhabung, Preforming, Faserwickeln, Insertentwicklung und Nachbearbeitung dienten hierbei als gute Impulse.

Mit über 50 Teilnehmern aus Industrie, Politik und Wissenschaft stieß die Herbsttagung auf eine gute Resonanz. Die Vortragsfolien sind im Tagungsband zusammengefasst und können über das wbk bezogen werden. ■



EUSPEN Veranstaltung am 27./28.11.2013 in Karlsruhe – Micro/Nano Manufacturing Workshop

Rund 50 Teilnehmer aus ganz Europa nahmen an dem gemeinsam von wbk und euspen (european society for precision engineering & nanotechnology) veranstalteten Workshop „Micro/Nano Manufacturing“ in Karlsruhe teil. Binnen eineinhalb Tagen wurden sehr breit gefächerte Themen mit höchstaktuellen Keynote-Vorträgen auf Gebieten von der Subfeinwerktechnik bis zur Nanotechnologie und von den Prozessen über die Anlagen-

technik bis hin zur Qualitätssicherung vorgestellt und diskutiert.

In den einzelnen Sessions nutzten zudem die Teilnehmer aus wbk und KIT die Möglichkeit, ihre Arbeiten erfolgreich vorzustellen. Die gleichzeitig stattfindende Ausstellung mit regionalen und nationalen Ausstellern fand ebenfalls breiten Anklang, sodass die Veranstaltung als voller Erfolg zu werten ist. ■

Begrüßungsvortrag durch Prof. Dr. Volker Saile (Chief Science Officer des KIT)

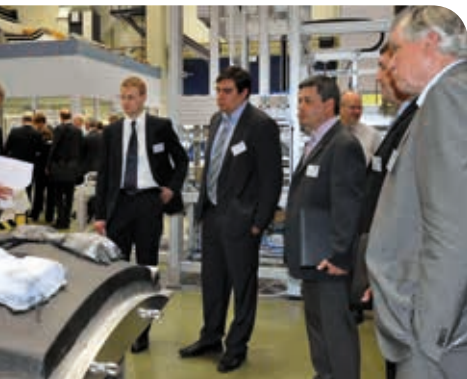


Leichtbauzentrum Baden-Württemberg e.V. Jahreshauptversammlung

Am 1. Juli 2013 fand am wbk die Jahreshauptversammlung des Leichtbauzentrums Baden-Württemberg e.V. (LBZ-BW) statt. Dabei handelt es sich um ein branchenübergreifendes, industriegetriebenes Netzwerk zahlreicher Unternehmen, Wirtschaftsorganisationen, Hochschulen, Forschungseinrichtungen und Personen in Baden-Württemberg, die sich im Bereich des systemeffizienten, hybriden Leichtbaus betätigen.

Auf der Agenda der Veranstaltung waren vereinsspezifische Themen sowie einige Vorträge zum Thema hybrider Leichtbau. Das wbk hat hier die laufenden Forschungsaktivitäten zur Qualitätssicherung in der RTM-Prozesskette vorgestellt (Herr Brabandt) sowie die Prozesskette zur flexiblen Herstellung leichter Aluminium-Tragwerkstrukturen diskutiert (Herr Elser). Das Fraunhofer ICT war durch Herrn Karcher und Herrn Hangs vertreten. Sie stellten Faserverbundtechnologien für den hybriden Leichtbau vor.

Die Veranstaltung endete nach einer Institutsführung durch das wbk mit Get-together, Diskussion und Networking rund um das Thema Leichtbau. ■



Institutsführung
im Rahmen
der Hauptver-
sammlung



Jahreshauptversammlung des
Leichtbauzentrums Baden-Württemberg

Workshop:

„Produktionsanlagen zur Bauteilherstellung in zukunftssträchtigen Feldern – Hybrider Leichtbau“



Im Dezember 2013 kamen 47 Vertreter aus Industrie und Forschung zusammen, um in einem gemeinsamen Workshop am Institut für Produktionstechnik die zukünftigen Forschungsbedarfe für Produktionsanlagen hybrider Leichtbauprodukte zu erarbeiten.

Nach der Begrüßung durch Herrn Prof. Dr.-Ing. Fleischer und der Präsentation der Ergebnisse eines vorangegangenen Workshops stellten die einzelnen Teilnehmer sich selbst und ihre Institute und Firmen vor. In der daran anschließenden ersten Diskussionsrunde sammelten die Teilnehmer industrielle Forschungsbedarfe abhängig von Wichtigkeit und Dringlichkeit. Diese wurden darauffolgend zu übergreifenden Themenfeldern zusammengefasst, um diesen Clustern in einer zweiten Diskussionsrunde die technologischen Herausforderungen aus Sicht der Forschungsinstitute hinzuzufügen.

Nach der anschließenden Zuordnung der Firmen und Institute stand als Ergebnis des Workshops eine Clusterung der Themenfelder mit industriellen Forschungsbedarfen, technischen Herausforderungen und den daran interessierten Firmen und Instituten fest. ■

Diskussionsrunde zur
Erstellung der Themenfelder
unter Anleitung von
Prof. Dr.-Ing. Fleischer



Bohrbearbeitung eines Vergütungsstahls zur Erfassung der thermischen Einflüsse



Forschungsbereich

Fertigungs- und Werkstofftechnik (FWT)



Leitung:
Prof. Dr.-Ing. habil.
Volker Schulze

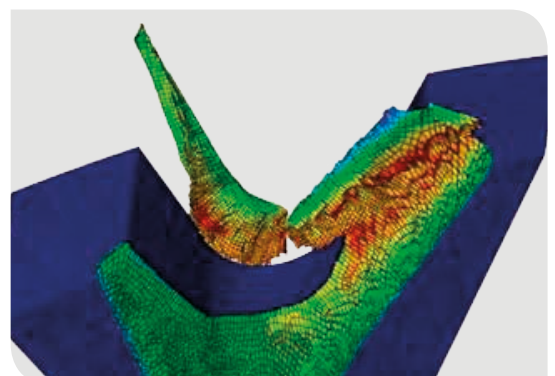
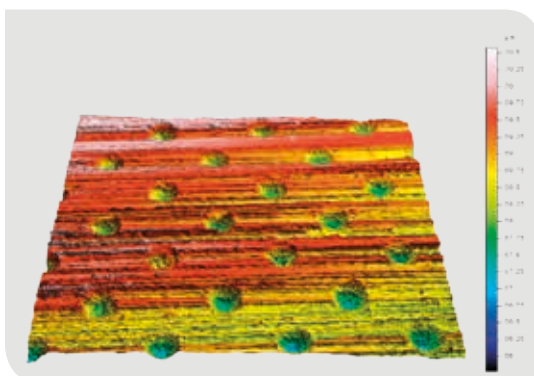
Die Entwicklung neuer Produkte ist eine zentrale Ingenieuraufgabe, die zunehmend nur noch interdisziplinär zwischen Produktentwicklung, Produktion und Werkstofftechnik zu bewältigen ist. Dies hat seine Ursache darin, dass in der Entwicklung geforderte Bauteileigenschaften durch die einzelnen Bearbeitungsschritte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

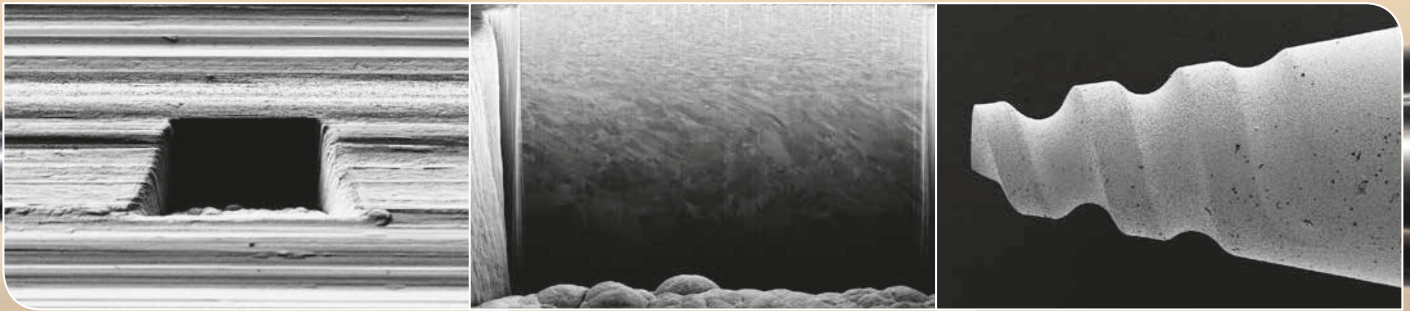
Angesichts des hohen Entwicklungsstands verfügbarer Prozesse wird in den damit verknüpften Fragestellungen ein vorrangiges Themenfeld für die Forschungsarbeiten in der Fertigungstechnik gesehen.

Die vorrangige Aufgabenstellung des Bereichs Fertigungs- und Werkstofftechnik ist die Entwicklung und Optimierung von Prozessen und Prozessketten der Fertigungs- und Werkstofftechnik unter Einschluss der fertigungsbedingten Bauteileigenschaften. Durch die grundlagenorientierte Untersuchung sowohl etablierter als auch neuer innovativer **Fertigungsprozesse** werden diese in Zusammenarbeit mit der Industrie stetig weiterentwickelt und in vielerlei Hinsicht verbessert. 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 Mikro-

Durch Laserablation hergestellte Näpfchenstruktur zur Minimierung von Reibung und Verschleiß in Gleitlagerungen

FEM-Simulation der Ausbildung eines Dreiflankenspanns beim Wälzschälen





Focussed Ion Beam
Präparation einer gedrehten Oberfläche

Vorwegnahme des tribologischen Einlaufverhaltens
durch nanokristalline Randzone nach Drehbearbeitung

Mittels Wire-Electro-Discharge-Grinding
hergestellte 3D-Elektrode in Hartmetall

Fertigungsprozesse

Prozessentwicklung

- Zerspanung
- Mikrobearbeitung
- Wärme- und Oberflächenbehandlung

Prozessplanung/-überwachung

- Simulation von Prozessen
- In-Prozess-Kontrolle
- Prozess-Maschine-Interaktion

Prozessintegration/-verkettung

- Hybride Prozesse
- Prozessketten

Surface Engineering

Werkzeuge

- Werkzeugoptimierung
- Verschleißanalysen

Bauteilrandzonen

- Topographie
- Gefüge
- Eigenspannungen
- Verfestigung

Bauteilverhalten

- Schwingende Beanspruchung
- Tribologische Beanspruchung

Prozess-Bauteil-Interaktion

- Simulation der Bauteilzustände

reich. Auf Seiten der Mikrobearbeitung kommen dabei das Mikrofräsen, die Mikrofunkenerosion, das Mikro-Laserabtragen sowie Kombinationen der drei Verfahren zum Einsatz.

Die Simulation von Fertigungsprozessen ermöglicht eine Erweiterung des Prozessverständnisses durch detaillierte Teilmodelle zur Untersuchung unterschiedlichster Effekte wie beispielsweise Verschleiß und Reibung. Hierbei können der Versuchsaufwand reduziert und zudem experimentell nicht zugängliche Erkenntnisse gewonnen werden. Mit den Simulationen wird die effiziente Auslegung von Bearbeitungsstrategien unterstützt und die Abbildung vollständiger Prozessketten ermöglicht.

Mit Hilfe neuer Kenntnisse über die Wechselwirkungen zwischen Prozessen und Bauteilen werden in enger Zusammenarbeit mit dem Institut für angewandte Materialien-Werkstoffkunde (IAM-WK) mittels **Surface Engineering** Bauteile untersucht und ihre Eigenschaften definiert eingestellt.

Hierbei stehen besonders Charakteristika der Bauteilrandzonen, wie Eigenspannungs- und Verfestigungszustände, im Vordergrund, die durch den Fertigungsprozess bestimmt werden und einen großen Einfluss auf die Eigenschaften

bei schwingender oder tribologischer Beanspruchung besitzen. Die definierte Erzeugung von Bauteilrandzonen, aber auch die schadigungsarme Bearbeitung spielen bei der Bearbeitung von Verbundwerkstoffen wie CFK, GFK und MMCs ebenfalls eine große Rolle. Hierfür werden im Bereich Fertigungs- und Werkstofftechnik neue Verfahren und Bearbeitungsstrategien für den Leichtbau untersucht und entwickelt. ■



Fertigungs- und Werkstofftechnik (FWT)
Geb. 10.91
Ehrenhof, Campus Süd
Tel.: +49 721 608-42455
Volker.Schulze@kit.edu

Forschungsprojekt

Wälzschälen von Innenverzahnungen



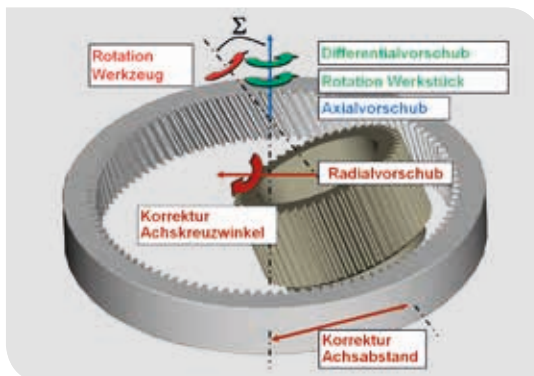
Ansprechpartner am wbk:
Dipl.-Ing. Daniel Bertsch
Telefon: 0721 608-42447
daniel.bertsch@kit.edu

Ziel des Vorhabens

Für Außen- und Innenverzahnungen existieren jeweils speziell optimierte und auf hohem Niveau entwickelte Fertigungsverfahren, die mit unterschiedlichen Werkzeugmaschinen und Werkzeugtechnologien ausgeführt werden. Diese Verfahren weisen jedoch bezüglich des bearbeitbaren Bauteilspektrums sowie der Stückzahlen Einschränkungen auf, die entweder die Produktivität oder die Flexibilität betreffen.

Für die Herstellung von 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. Gleichzeitig erlauben die kinematischen Gegebenheiten des Wälzschälverfahrens die Integration des Prozesses in Standardmaschinen. Zudem kann das Verfahren ohne Änderung des Maschinenkonzepts auch für Außenverzahnungen sowie prinzipiell auch für die Hartfeinbearbeitung eingesetzt werden. Dem steht

Kinematik des Wälzschälens



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 des Vorhabens, eine datenbasierte Werkzeug- und Prozessauslegung für das Wälzschälen von Innenverzahnungen anhand von allgemein anwendbaren Richtlinien zu ermöglichen.

Vorgehensweise

Zunächst wurden anhand von Referenzbauteilen aus dem Bauteilspektrum der im projektbegleitenden Ausschuss vertretenen Firmen Untersuchungen zur Werkzeug- und Prozessauslegung durchgeführt. Im Rahmen der rechnerunterstützten Werkzeugauslegung wurden Variantenrechnungen durchgeführt, um den Einfluss der verfahrensspezifischen Werkzeug- und Prozessparameter aufzuzeigen.

Ergänzend zu den Kinematiksimulationsrechnungen konnten durch FEM verschiedene Werkstückeinspannungsmöglichkeiten untersucht und ein geeignetes Spannkonzepnt ausgewählt werden. Zur Bewertung des Verschleißverhaltens wurden Analogieversuche mit sogenannten Dreizahnwerkzeugen durchgeführt und anschließend mittels Vollwerkzeugen validiert. Abschließend erfolgten die Korrelation der Versuchsergebnisse aus den vorangegangenen Arbeitspaketen 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 Spannungsgrößen Spannungsdicke, Spanwinkel und Freiwinkel. Es konnte ein funktionaler Zusammenhang zwischen den Eingangsparametern und den Spannungsgrößen abgeleitet werden, welche eine Optimierung der Werkzeuggrößen ermöglichte. Aus den Spannungsgrößen konnten des Weiteren die Zerspankräfte über das Kienzle-Modell bestimmt werden, welche wiederum als Eingangsgrößen für die FEM-Simulationen der Werkstückspannvorrichtung dienten. Hier wurden unterschiedliche Spannkonzepnt wie Axial- oder Radialspannungen unterschiedlicher Backenanzahl und Backenbreite auf das Deformationsverhalten des Werkstücks untersucht. Aus diesen Untersuchungen lässt sich eine möglichst deformationsarme Einspannung ableiten, welche eine positive Auswirkung 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. ■

Forschungsprojekt DFG SPP1551

Optimierung von Tribosystemen durch gezielte Vorwegnahme des Einlaufs in der spanenden Endbearbeitung am Beispiel von Gleitlagerungen

Ziel des Vorhabens

Das Vorhaben im Verbund aus Produktentwicklung, Mikrotribologie sowie Fertigungstechnik hat das Ziel, den spanenden Endbearbeitungsprozess bei der Fertigung von Wellenzapfen für Gleitlagerungen so zu optimieren, dass der anschließende Einlauf im Betrieb in kürzest möglicher Zeit und mit hoher Zuverlässigkeit zu optimalen tribologischen Eigenschaften im stationären Betrieb führt. Durch Prozessoptimierung beim Außenlängsdrehen sollen gezielt nanokristalline Randschichten erzeugt werden, die zusammen mit der entstehenden Oberflächenstruktur und chemischen Zusammensetzung im Oberflächenbereich das Reibungs- und Verschleißverhalten beeinflussen.

Vorgehensweise

Die Bewertung des Bearbeitungsprozesses erfolgt funktionsorientiert mittels detaillierter Randschichtanalysen und mikrotribologischer Experimente zur Charakterisierung des Verschleißverhaltens sowie der tribologischen Untersuchungen zur Aufklärung von Mikrostrukturgrößen, wie dem lokalen Scherkoeffizienten (Abbildung 1). Experimentelle Untersuchungen des tribologischen Verhaltens von Gleitlagerwellen führen dabei zur Validierung der Bearbeitungsstrategien und Modelle.

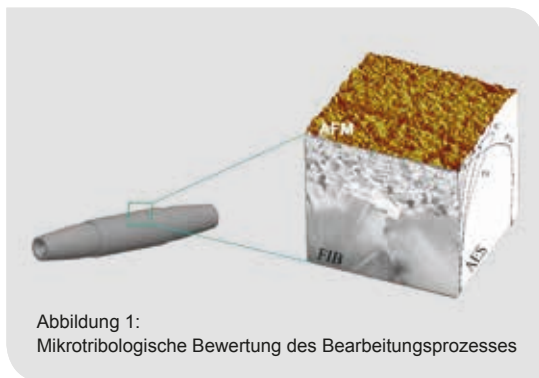


Abbildung 1:
Mikrotribologische Bewertung des Bearbeitungsprozesses

Ergebnisse

Die Prozess- und Geometrieparameter bei der spanenden Endbearbeitung mit geometrisch bestimmter Schneide haben einen konkreten Einfluss auf die einhergehende Korngrößenbildung und den Korngrößentiefenverlauf innerhalb der Bauteilrandzone. Insbesondere die relative Verrundung $r\beta/h$ wirkt sich direkt auf das spezifische Schnittkraftverhältnis k_p/k_c und damit auf das plastische Deformations-

verhalten innerhalb der Bauteilrandschicht aus. Unterschiedliche Randzonenzustände zeigten bei den tribologischen Untersuchungen ein deutlich unterschiedliches tribologisches Verhalten bei vergleichbarer Topografie. Damit wurde das Potential aufgezeigt, mittels spanender Endbearbeitung mit geometrisch bestimmter Schneide eine tribologische Vorkonditionierung der Bauteilrandzonen vorzunehmen. Momentan wird untersucht, welcher nanokristalline Tiefenbereich hierbei ein optimales tribologisches Verhalten bewirkt. Die Simulation der Entstehung einer tribologisch optimalen Randschicht durch den Bearbeitungsprozess und einer Wechselwirkung im tribologischen System auf unterschiedlichen Skalen ist

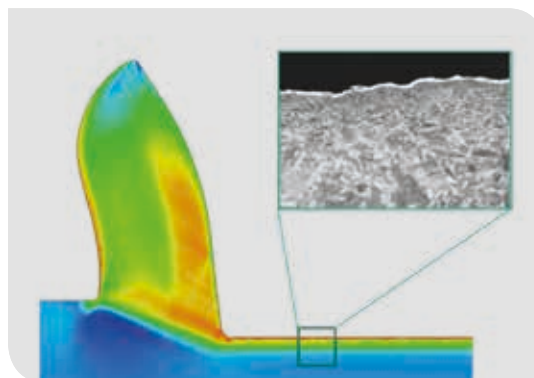


Abbildung 2:
Numerische Beschreibung der spanenden Endbearbeitung zur Fertigung nanokristalliner Randschichtzustände

zentraler Punkt des Forschungsvorhabens und dient dazu, das Prozessverständnis weiter zu vertiefen. Am wbk werden hierzu Untersuchungen mittels FEM Spanbildungssimulationen durchgeführt (Abbildung 2). Hierbei wird die spanende Endbearbeitung und die prozessbedingte Randzonenausbildung numerisch beschrieben und damit die Möglichkeit einer Vorhersage von Schnittparametereinstellungen zur gezielten Modifizierung des Randzonengefüges geschaffen. ■



Ansprechpartner am wbk:
Dipl.-Ing. Florian Ambrosy
Telefon: 0721 608-45290
florian.ambrosy@kit.edu



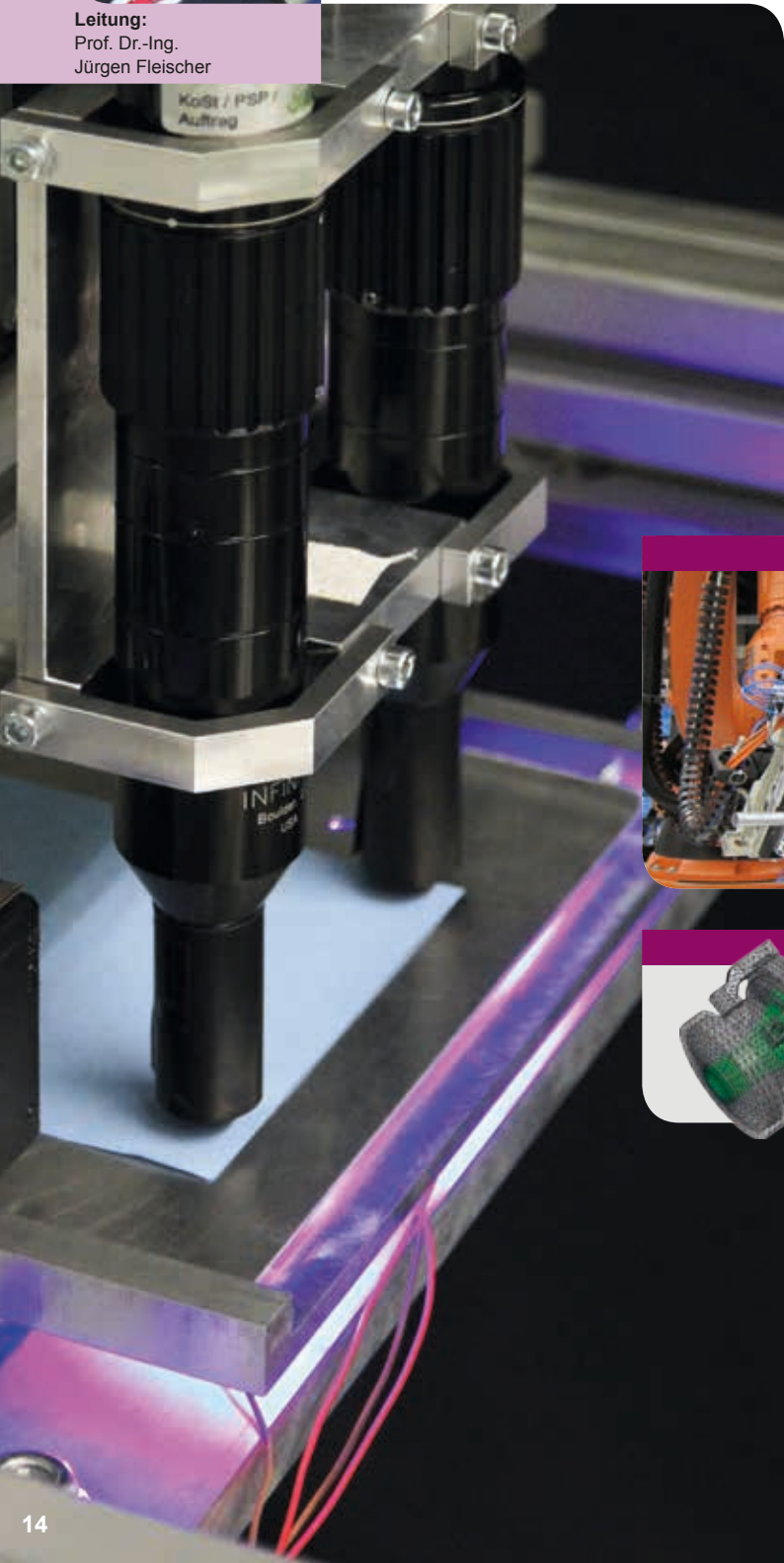
Forschungsbereich

Maschinen, Anlagen und Prozessautomatisierung (MAP)

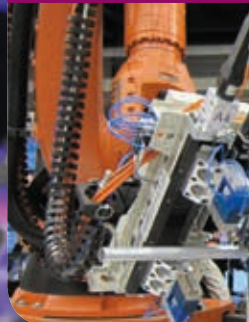


Leitung:
Prof. Dr.-Ing.
Jürgen Fleischer

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



Komponenten und Maschinen



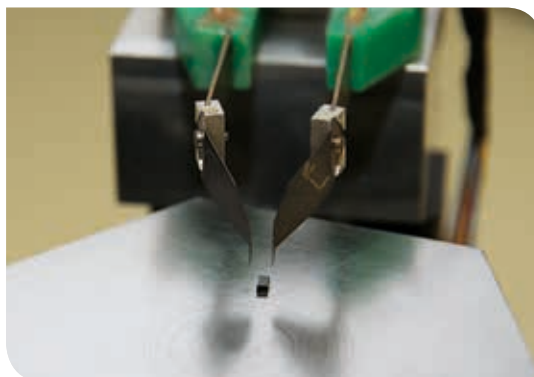
- Mechatronik
- Piezotechnologien
- Ressourceneffiziente Auslegung von Werkzeugmaschinenkomponenten
- Statistische und dynamische Maschinensimulation
- Entwicklung intelligenter Instandhaltung von Maschinen
- Greiftechnologien

Automatisierte Prozessketten



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

Detektion der Position
von Folien zum genauen
Ausrichten und Stapeln



Adaptive Schmierung
für ressourceneffiziente
Komponenten

Handhabung von
Mikrobauteilen

Zukünftige Generationen von mechatronischen Produkten, aber auch deren zugehörige Produktionstechnik erfordern darüber hinaus neben der klassischen Mechanik eine steigende Integration von Leistungs- und Regelungselektronik und IT-Bausteine, um für immer schnellere, flexiblere, rekonfigurierbare und energieeffiziente Produkte und Produktionsprozesse das notwendige Prozesswissen intelligent vorhalten zu können.

Die Kernkompetenzen des Bereichs Maschinen, Anlagen und Prozessautomatisierung liegen in der Entwicklung und Auslegung von intelligenten, ressourceneffizienten Komponenten für Maschinen und Anlagen sowie in der Gestaltung kompletter automatisierter Prozessketten. Im Fokus stehen dabei Handhabungs- und Montagetechnologie, Greiftechniken und die Herstellung mikromechatronischer Komponenten. Anwendungsfelder sind Werkzeugmaschinen sowie Fertigungs- und Montageanlagen für Leichtbau und Elektromobilität. Neben der Grundlagenforschung werden dabei in besonderem Maße Partner aus der Industrie mit in die Forschungstätigkeiten eingebunden, um realitätsnahen Fragestellungen und Problemen produzierender Firmen begegnen zu können.

Ein besonderes Augenmerk der Forschungs- und Entwicklungsarbeiten liegt dabei auf dem ressourcenschonenden Umgang mit Energie und den eingesetzten Ausgangsmaterialien. Dies führt nicht nur zu umweltschonenden Produktionstechnologien, sondern auch die Wirtschaftlichkeit von Produktionsprozessen kann dadurch nachhaltig gesteigert werden. Bereits während der Konzeptionsphase jeder Forschungsarbeit werden diese Fragestellungen in simultaner Zusammenarbeit mit den Produktentwicklern berücksichtigt.

Ein aktuelles Thema im Anwendungsfeld **Werkzeugmaschinen** ist die Entwicklung intelligenter Maschinenkomponenten. Beispiele sind Systeme zur Zustandsdiagnose und -prognose und zur Vorspannungsregelung mittels Self-Sensing-Aktoren von Kugelgewindetrieben. Weitere Themenstellungen sind die Wertgestaltung von Montageanlagen, Herstellung mikromechatronischer Produkte mittels Sinterfügen, piezoelektrische Schwingförderer, mikromechatronische hydraulische Vorschubachsen und Energy-Harvesting-Systemen in der Sanitärhydraulik.

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 ein, die es ermöglichen, unterschiedliche Materialien und Funktionen optimal zu kombinieren.

Das Anwendungsfeld **Elektromobilität** erforscht Produktionstechnologien für mobile und stationäre Energiespeicher sowie für Elektromotoren. Themen sind die Analyse, Bewertung und Optimierung bestehender Produktionsprozesse, wie Greifsysteme für die Zellfertigung sowie die Neuentwicklung, Simulation und serienfähige Umsetzung von Batteriemontagesystemen und Fertigungsanlagen für Elektromotoren. ■



**Maschinen, Anlagen und
Prozessautomatisierung
(MAP)**
Geb. 50.36, Fasanengarten
Tel.: +49 721 608-44011
Juergen.Fleischer@kit.edu

Forschungsprojekt

Competence E



Ansprechpartner am wbk:
Dr.-Ing. Heiko Hennrich
Telefon: 0721 608-28285
heiko.hennrich@kit.edu

Ziel des Vorhabens

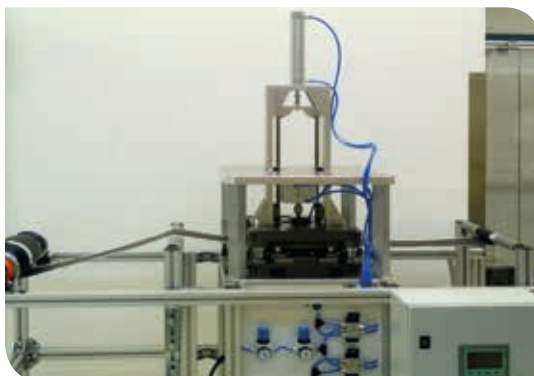
Zielsetzung des Projektes Competence E ist die Entwicklung von Batteriesystemen mit einer Energiedichte von 250 Wh/kg bei einem Preis von unter 250 €/kWh. In diesem Zusammenhang entsteht derzeit ein Kompetenzzentrum für die deutsche Industrie.

Vorgehensweise

Die Aufgabe des wbk besteht im Aufbau einer ganzheitlichen Produktionstechnik in einem integrativen Ansatz. Parallel zur Weiterentwicklung der Speichertechnologie wird die benötigte Produktionstechnik durch das wbk aufgebaut und forschungsseitig betrachtet. Im Zuge des Produktionsaufbaus entsteht in Gebäude 276 am Campus Nord des KIT eine Lithium-Ionen Zellproduktion von der Pastenaufbereitung bis hin zur Formation der versiegelten Pouchzelle.

Ergebnisse

Als Ergebnis der ersten Projektphasen steht die technische Infrastruktur zum Aufbau der Produktionstechnik zur Verfügung. Konzepte für die Realisierung der verschiedenen Fertigungsabschnitte des Produktionssystems liegen bereits vor. Aus einer Analyse der Herstellkosten von Li-Ionen Batteriezellen geht hervor, dass 41 % der Gesamtkosten auf die Zellassemblierung entfallen. Mittelfristig werden in diesem Bereich Kosteneinsparpotentiale von bis zu 50 % durch die Senkung der Ausschussrate gesehen. Der zentrale Produktionsschritt innerhalb der Zellassemblierung ist die Stapelbildung.



Versuchstand für das
Stapelbildungsverfahren
Cut and Place

Im Rahmen des Projektes Competence E wurde deshalb eine Analyse der derzeitigen Stapelbildungsverfahren durchgeführt. Hierbei

wurden die Verfahren im Besonderen hinsichtlich Energiedichte, Taktzeit und Prozessstabilität bewertet. Derzeitige diskontinuierliche Stapelbildungsverfahren weisen eine hohe Komplexität und eine lange Prozesskette auf, ermöglichen jedoch durch die beidseitige Beschichtung der Ausgangsmaterialien eine hohe Energiedichte des Zellstapels. Kontinuierliche Verfahren weisen großes Potential durch eine kurze und robuste Prozesskette auf, ermöglichen allerdings nur eine geringe Energiedichte aufgrund der prozessbedingten einseitigen Beschichtung. Ebenso wurden Konzepte für neue Zellstapelbildungsverfahren entwickelt, welche das Potential aufweisen, Erhöhungen von Energiedichte und Prozesssicherheit gegenüber derzeitigen Stapelbildungsverfahren zu erzielen.



Unterschiedliche Verfahren zur Stapelbildung

Ebenso wurde im Rahmen des Projektes eine Maschine zur Verarbeitung von rollenförmigem Ausgangsmaterial zu Lithium-Ionen Pouch-Zellen erarbeitet. Diese Maschine bildet den Zellstapel in einem diskontinuierlichen Prozess (Cut and Place). Kern ist ein Maschinenmodul mit niedrigen Investitions- und Betriebskosten, das einen funktionsintegrierten Ansatz verfolgt, indem das Ausstanzen und das hochpräzise Ablegen einzelner Elektrodenblätter vereint werden. Möglich ist dies durch die geschickte Einbettung eines beweglichen Vakuumgreifsystems in das Stanzwerkzeug. Dieses sorgt dafür, dass die Einzelblattelektroden im Moment ihres Zuschnitts festgehalten werden und mit sehr hoher Positionstreu weiterverarbeitet werden können. Kontroll- und Ausrichteschritte, die nachzeitigem Stand der Technik üblich sind, können dadurch entfallen. ■

Forschungsprojekt SPP 1551 (KGT)

Ressourceneffizienter Kugelgewindtrieb durch adaptive Schmierung

Ziel des Vorhabens

Ziel des Forschungsvorhabens ist die Erarbeitung einer Methodik zur Erhöhung der Lebensdauer von Kugelgewindtrieben (KGT) mittels adaptiver Schmierung. Durch eine bedarfsgerechte Schmierstoffzufuhr soll hierbei dauerhaft ein verschleißminimaler Schmierzustand des KGT aufrechterhalten werden und dessen Ressourceneffizienz über den kompletten Lebenszyklus gesteigert werden.

Vorgehensweise

Im Rahmen von Lebensdauerversuchen unter statischen Betriebsbedingungen wurden jeweils zwei KGT nach Herstellerempfehlung und zwei mit einer mechatronischen Schmierdosiereinheit adaptiv geschmiert. Um die Vergleichbarkeit der Ergebnisse zu gewährleisten, fanden die Versuche parallel auf dem Vierachsversuchsstand des wbk statt. Der Versuchsstand erlaubt die Untersuchung zweier KGT-Muttern pro Spindel.

Mit der adaptiven Schmierung wurde hierbei ein Schmierzustand angestrebt, der eine möglichst hohe KGT-Lebensdauer ermöglichte. Als Führungsgröße der mechatronischen Schmiereinheit zur adaptiven Schmierung sollte zunächst das am KGT sensorisch erfasste Reibmoment dienen. Im Rahmen der Versuche wurde deutlich, dass die alleinige Überwachung des mittleren Reibmoments an der KGT-Mutter aufgrund von Schwankungen über die Spindellänge für die adaptive Schmierung nicht ausreichend ist.

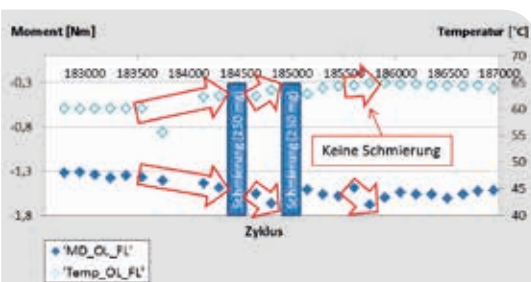
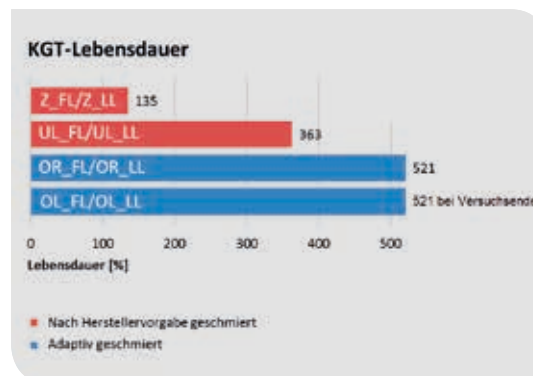


Abbildung 1:
Temperatur- und Reibmomentanstieg als Indikatoren für die adaptive Schmierung

Im weiteren Versuchsverlauf wurde daher eine Mehrgrößenüberwachung eingeführt, welche neben dem vorliegenden Reibmoment auch die Temperaturänderungen an der KGT-Mutter überwacht und in die Schmierentscheidung mit einbezogen hat (s. Abbildung 1).

Ergebnisse

Zum Zeitpunkt der Erstellung dieses Berichts war die erste Dauerversuchsreihe mit KGT des Typs 32x5 abgeschlossen. Dabei erreichten bei konstanten Betriebsparametern alle vier adaptiv geschmierten KGT-Muttern eine Mindestlebensdauer von 521 % der nominellen Lebensdauer (s. Abbildung 2). Für konstante Betriebsparameter hat die gezielte, individuelle und adaptive Nachschmierung der einzelnen KGT-Muttern somit bei einem gleichzeitig deutlich geringeren Schmierstoffbedarf (ca. ein Drittel der Herstellerempfehlung) eine um 45 % höhere Mindestlebensdauer der KGT-Muttern ermöglicht. Durch eine im weiteren Projektverlauf geplante Optimierung und Verfeinerung der angewandten Schmierstrategien kann von einer möglichen, weiteren Lebensdauererhöhung ausgegangen werden.



Ziel zukünftiger Arbeiten am wbk ist es, auch unter wechselnden Lasten und Drehzahlen vergleichbare Lebensdauersteigerungen durch eine adaptive Schmierung zu ermöglichen. Hierzu sollen die Einflüsse der dynamisch veränderlichen Betriebsbedingungen auf das resultierende KGT-Reibmoment und die KGT-Temperatur untersucht werden.



Ansprechpartner am wbk:
Dipl.-Ing. Andreas Spohrer
Telefon: 0721 608-44289
andreas.spohrer@kit.edu

Abbildung 2:
KGT-Lebensdauern der ersten Versuchsreihe bei konstanten Betriebsparametern

Ende 2013 eingeweiht:
der neue Messraum
am wbk



Forschungsbereich

Produktionssysteme (PRO)



Leitung:
Prof. Dr.-Ing. Gisela Lanza

Um zukunftsfähige Produktionssysteme zu entwickeln, ist das fundierte Verständnis vom technologischen Prozess bis hin zum weltweit verteilten Produktionsnetzwerk erforderlich. Denn trotz vielfältiger Vorteile, wie Marktzugang und Kosteneinsparungen, die Unternehmen dazu veranlassen, in weltweit verteilten Standorten zu produzieren, sind die damit einhergehenden Risiken oft unüberschaubar. Z. B. können Qualitätsprobleme oder Lieferengpässe einzelner Produktionsstandorte das gesamte Produktionsnetzwerk stilllegen. Ähnliche Folgen können z. B. Auswirkungen von veränderten Local Content Bestim-

mungen oder die Einführung einer CO₂-Steuer bewirken. Die Auswirkungen dieser Faktoren auf das Gesamtnetzwerk sowie die Wechselwirkungen im Netzwerk sind teilweise jedoch noch nicht verstanden.

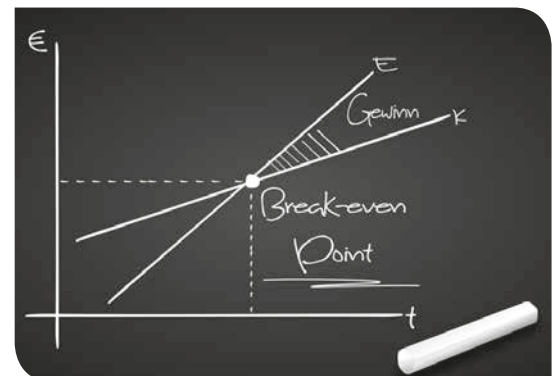
Insgesamt ist festzustellen, dass globale Produktionsnetzwerke in Bedeutung, Umfang und Komplexität weitaus schneller gewachsen sind, als die zu ihrer Beschreibung notwendigen Hypothesen und Erklärungsmodelle.

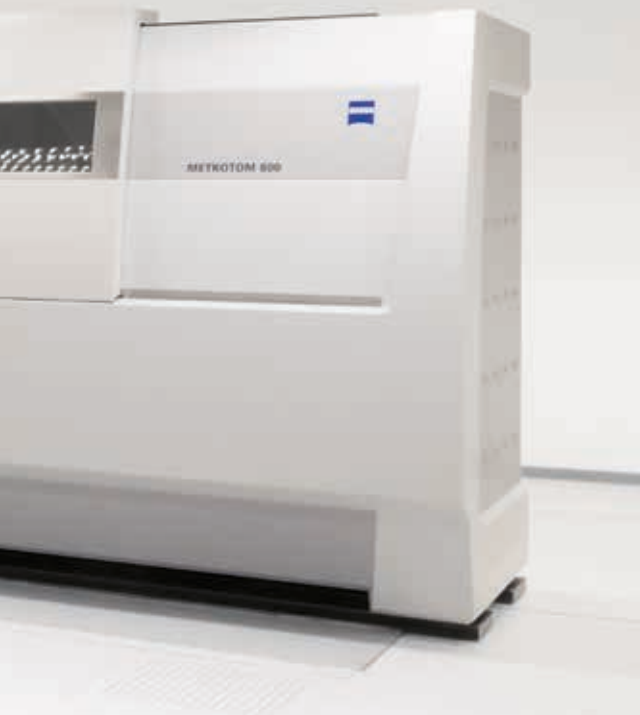
Die Herausforderungen zur Beherrschung globaler Produktion können in die Ebenen Netzwerk, Produktionssystem und Prozess unter-

Moderne Fabriken müssen
schlank aber
gleichzeitig robust sein
(artstudio_pro - Fotolia.com)



Systemisches Verständnis
ermöglicht eine ökonomische
Bewertung von Flexibilität
und Wandlungsfähigkeit
(JiSIGN - Fotolia.com)





Planen, Bewerten, Beherrschen

Planen und Bewerten

- Wandlungsfähigkeit von Wertschöpfungsketten
- Qualitätssicherungsstrategien in Netzwerken
- Simulation und Optimierung von Produktionssystemen
- Bewertung von Lean-Methoden
- Ressourceneffizienz
- Lebenszyklusgerechtes Kosten- und Risikomanagement
- Technische Dienstleistungen

Beherrschen

- Toleranzmanagement in Supply Chains
- Zuverlässigkeit technischer Systeme
- Qualitätssicherung in der Koordinatenmesstechnik, Computertomographie und Inline-Optik
- Experimentelle Messunsicherheitsermittlung



teilt werden. Um Wertschöpfungsnetzwerke und deren Wirkmechanismen zu verstehen, ist die Betrachtung dieser Einzelelemente im System notwendig. Dazu zählen das Produkt, das hergestellt werden soll, die beherrschten Prozesse, die dazu notwendig sind, die Einbettung der Prozesse in das Produktionssystem eines Standorts sowie die Verkettung der Standorte im Produktionsnetzwerk.

Ziel des Bereichs Produktionssysteme ist es daher, Methoden und Werkzeuge zur zielorientierten Gestaltung und Optimierung robuster und effizienter Produktionssysteme zu entwickeln.

Zur **Planung und Gestaltung** globaler Produktionsverbünde werden die Modellierung, Planung und Bewertung der Wertschöpfung in Produktionssystemen, Fabriken und globalen Netzwerken inklusive des Lieferantenmanagements behandelt.

Zur **Bewertung und Optimierung** von Produktionssystemen und -anlagen werden die mathematischen Berechnungs- und Optimierungsmethoden für Kennzahlen wie Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit, Life-Cycle-Cost, Overall-Equipment-Effectiveness entwickelt und angewendet sowie die Einflüsse des Produktionsprozesses und der dabei entstehenden Qualität auf die Zuverlässigkeit verschiedener Produkte ermittelt.

Zur **Beherrschung** höchster Prozessqualität setzt das wbk den Fokus auf die Entwicklung und Anwendung von Methoden der fertigungsnahen Qualitätssicherung inkl. innovativer Messstrategien und komplexer Messdatenauswertung. Ausgehend von der (Mikro)-Koordinatenmesstechnik werden optische Verfahren sowie Computertomographie insbesondere für Enabling Technologies (wie Leichtbau, Elektromobilität) eingesetzt werden. ■



Produktionssysteme (PRO)
Geb. 50.36
Fasanengarten
Tel.: +49 721 608-44011
Gisela.Lanza@kit.edu

Forschungsprojekt RobustPlaNet

Shock-robust Design of Plants and their Supply Chain Networks



Ansprechpartner am wbk:
Dipl.-Wi.-Ing. Nicole Stricker
Telefon: 0721 608-44153
nicole.stricker@kit.edu

Ziel des Vorhabens

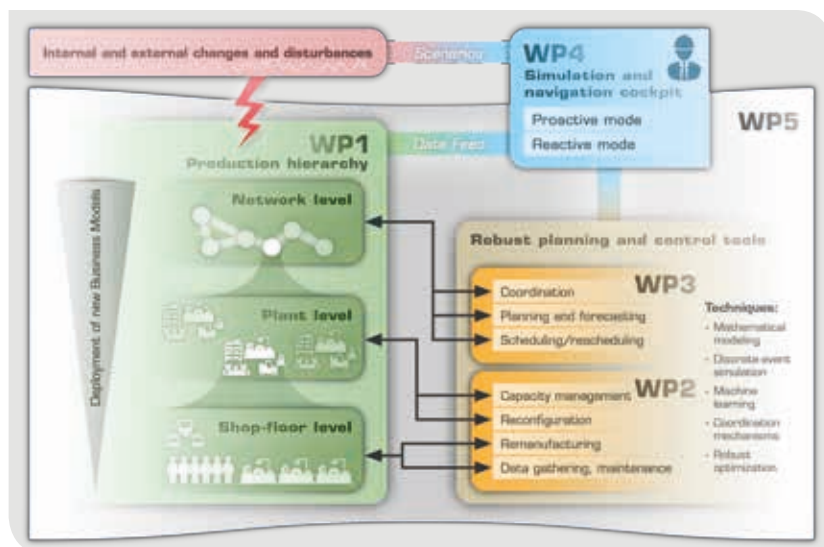
Im Rahmen des von der EU geförderten Projekts „Robust PlaNet“ beschäftigt sich ein internationales Forschungskonsortium aus vier Forschungspartnern und sieben Industrieunternehmen mit der Herausforderung des zunehmend volatilen Unternehmensumfeldes sowie der damit einhergehenden Ausweitung von Risiken und Unsicherheiten. Das Ziel besteht in der Transformation hierarchischer Lieferketten in kooperative, robuste Wertschöpfungsnetzwerke. Diese Transformation basiert auf einer Steigerung der Robustheit der einzelnen Netzwerkpartner sowie der Verbesserung von Kooperationsbeziehungen zwischen diesen durch innovative Produkt-Service-Bündel. Dabei sollen die Beziehungen zwischen OEM, Komponentenhersteller und Produktionsanlagenhersteller in Betracht gezogen werden. Als Ergebniss sollen robuste Wertschöpfungsnetzwerke entwickelt werden, die sich durch flexible und effiziente Anpassungsreaktionen auszeichnen.

- Geschäftsmodelle für die Wertschöpfung in kooperativen Netzwerken.

Innovative (Produkt-)Services schaffen Mechanismen für die Koordinierung von Supply Chains durch produktionsbezogene Informations- und Risikoteilungsverträge, vorausschauende Wartung und Maschinenrekonfigurationsdienstleistungen für zuverlässige Anlagen. Die Durchführbarkeit wird an den Fertigungs- und Montageprozessen in den inter- und intraorganisatorischen Produktionssystemen und Wertschöpfungsnetzwerken demonstriert.

Das Vorgehen hierzu gliedert sich in 5 Arbeitspakete, die in der Abbildung dargestellt sind. Zunächst erfolgt die Gestaltung innovativer (Produkt-) Services zur verbesserten Kooperation in Wertschöpfungsnetzwerken. Dafür werden die gegebenen Charakteristika und Anforderungen der Netzwerke einschließlich ihrer einzelnen Partner analysiert. Anschließend werden technische Lösungen für schockrobuste Produktionsanlagen entwickelt. Die Entwicklung fokussiert unter anderem technische Grundlagen, die die Umsetzung von den innovativen technischen Dienstleistungen und Geschäftsmodellen auf der Ebene der Produktionssysteme und Maschinen ermöglichen.

Parallel werden Methoden zur Entscheidungsunterstützung für rekonfigurierbare und robuste Wertschöpfungsnetzwerke entwickelt. Die betrachteten Produkt-Services, Technologien und Methoden münden schließlich in einem Simulations- und Navigationscockpit. Dieses fügt alle individuellen Komponenten des Systems zu einer Plattform zusammen. Nachdem das Integrationsverfahren abgeschlossen ist, werden Versuchsauswertungen durchgeführt und notwendige Verfeinerungen vorgeschlagen, um den finalen Prototypen des Systems zu schaffen.



Projektübersicht eingeteilt in Arbeitspakete

Vorgehensweise

Der innovative Projektansatz zur Steigerung der Robustheit von Produktionssystemen und Wertschöpfungsnetzwerken fußt auf vier Hauptsäulen:

- (Produkt-) Services von Teile- und Komponentenherstellern
- (Produkt-) Services von Produktionsanlagenherstellern und Anlagenausrüster
- Methoden zur Entscheidungsunterstützung bei den lokalen Partnern und in Wertschöpfungsnetzwerken

Ergebnisse

Die entwickelten Services und Methoden münden in einem Navigation & Simulation Cockpit. Das Cockpit dient der Entscheidungsunterstützung auf verschiedenen Ebenen. Es soll eine flexible und effiziente Reaktion bei Unsicherheiten ermöglichen und die Robustheit des gesamten Wertschöpfungsnetzwerks erhöhen. ■

Forschungsprojekt MigProTech

Entscheidungsunterstützung für die Migration von Produktionssystemen unter Verwendung innovativer Produktionstechnologien

Ziel des Vorhabens

Die Verkürzung konjunktureller Zyklen in den letzten Jahren führt zu erhöhter Marktdynamik und Unsicherheit in allen produzierenden Unternehmen. Zusätzlich steigt die technologische Komplexität und Vielfalt durch neue Produkte, die oft mit innovativen aber noch unreifen Produktionstechnologien hergestellt werden müssen. Als Beispiel sei auf die Herausforderungen der deutlich zu hohen Produktionskosten von batterieelektrischen Autos aufgrund unreifer Prozesse oder auch auf den hybriden Leichtbau hingewiesen. Die Entscheidung, eine neue (noch) unreife Produktionstechnologie zum richtigen Zeitpunkt anzuwenden, ist von existenzieller Relevanz für Unternehmen. Ziel des Vorhabens ist ein Entscheidungsunterstützungssystem, das Unternehmen in die Lage versetzt, methodisch unterstützt den optimalen Zeitpunkt für die Einführung einer neuen, noch unreifen Produktionstechnologie zu finden.

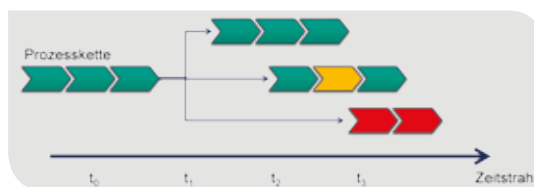
Vorgehensweise

Der Lösungsansatz basiert auf folgenden Kernaufgaben:

- Entwicklung eines analytischen Produktionssystemmodells, das die „internen“ Unsicherheiten durch die Instabilität der unreifen Technologie abbildet und somit die ökonomische Bewertung vornimmt,
- Integration von ökologischen und sozialen Kenngrößen zu einer ganzheitlichen Bewertungsmetrik von Produktionsprozessen (z. B. Carbon Footprint, Lerneffekte einer älterwerdenden Belegschaft,...),
- Modellierung des Entscheidungsprozesses als markoffschen Entscheidungsprozess (MDP) unter einer Gewinnmaximierungsprämisse und
- Lösung des Entscheidungsprozesses mit dynamischer Programmierung.

Im Vorhaben soll folglich ein Entscheidungsunterstützungssystem entwickelt werden, das Produktionsplaner in die Lage versetzt, methodisch unterstützt den optimalen Zeitpunkt für die Einführung einer neuen, noch unreifen Produktionstechnologie zu finden. Hierzu wird ein Produktionssystemmodell auf Basis offener Bediensystemnetzwerke entwickelt, das die „internen“ Unsicherheiten durch die Instabilität der unreifen

Technologie wie stark schwankende Bearbeitungszeiten, hohe Ausschussraten und schlechte technische Verfügbarkeit berücksichtigen kann. Dieses Modell wird in ein Optimierungsmodell auf Basis eines Markoffschen Entscheidungsprozesses integriert und mit backward induction das Optimum der erwarteten Gewinne ermittelt. Zentrales Element in diesem an der Dissertation von Dr. Peters angelehnten Optimierungsmodell ist eine zu erforschende Bewertungsmetrik für unreife Produktionstechnologien. Darin zu berücksichtigen sind, neben klassischen Kosten- und Leistungskennzahlen von Produktionssystemen (wie die OEE), v. a. Auswirkungen auf die Umwelt und den Mitarbeiter in der Produktion beim Einsatz der neuen Technologie. Diese ökologischen und sozialen Elemente werden mit neuesten Methoden des Constructive Technology Assessment (CTA) in Zusammenarbeit mit dem ITAS am KIT ermittelt und sowohl durch die Internalisierung externer Kosten sowie durch eine monetäre Nutzenfunktion in die Zielfunktion des



Entscheidungsprozesses integriert. Der Ansatz wird bei den mittelständischen Firmen des Spitzenclusters Elektromobilität Süd-West erprobt. Letztendlich werden optimale Migrationspfade für bestehende Produktionssysteme auf dem Weg zum Einsatz neuer Technologien entwickelt. Entscheider werden dadurch in die Lage versetzt, bei begrenzten Ressourcen den aus wirtschaftlicher Sicht optimalen Zeitpunkt einer Investition in eine neue, unreife Produktionstechnologie und damit eine veränderte Prozesskette zu finden. Die Abbildung zeigt schematisch eine bestehende, reife Prozesskette zu einem Zeitpunkt. Zum nächsten Zeitpunkt wird entschieden, ob die Prozesskette bestehen bleibt, Prozessschritt 2 innerhalb einer Periode umgebaut wird (siehe gelber Pfeil) oder das System eine weitestgehend neue Struktur bekommt, was zwei Zeiteinheiten in Anspruch nimmt (siehe rote Prozesskette). Somit wird ein Kompromiss aus Innovationsvorsprung und erhöhtem Produktionsaufwand ermittelt. ■



Ansprechpartner am wbk:
Dr.-Ing. Steven Peters
Telefon: 0721 608-42444
steven.peters@kit.edu

Dr. Peters dankt der Baden-Württemberg Stiftung für die finanzielle Unterstützung der Forschungsarbeit im Rahmen des Eliteprogramms für Postdoktorandinnen und Postdoktoranden.

Finden des optimalen Zeitpunkts für die Investition in eine unreife Produktionstechnologie bzw. für den Umbau der Prozesskette

Mikrofräsen von
gehärtetem Stahl



Forschungsschwerpunkt

Mikroproduktion (MP)

Leitung:
Prof. Dr.-Ing. habil.
Volker Schulze

Die Mikrosystemtechnik stellt eine Schlüsseltechnologie des 21. Jahrhunderts dar und ist für eine Vielzahl von Produkten in verschiedenen Branchen unersetzlich geworden, um die Funktionsdichte weiter zu steigern.

Doch nicht nur die Bauteile an sich stehen im Fokus der Mikrotechnik. Auch bei Bauteilen mit makroskopischen Abmessungen können durch eine gezielte Einbringung einer Mikrostruktur herausragende Betriebseigenschaften erzeugt werden.

Ausgehend von einem wachsenden Markt für kostengünstige und zuverlässige mikrostrukturierte Komponenten und Systeme leitet sich die Herausforderung an die moderne Produktionstechnik ab, neue Prozesse zu entwickeln, zu optimieren und diese in konsistente Prozessketten zu integrieren. Den sich hieraus ergebenden Fragestellungen widmet sich der Forschungsschwerpunkt Mikroproduktion des wbk.



MIM-Sintergefügt
Mikrorückschlagventil
aus Carbonsyleisen

Um diesem schnelllebigen Technologiesektor mit neuartigen und ganzheitlichen Lösungen zu begegnen, werden eine prozesssichere Fertigung, Handhabung, Montage und Qualitätssicherung gewährleistet sowie die erarbeiteten

Kompetenzen in interdisziplinäre 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. ■

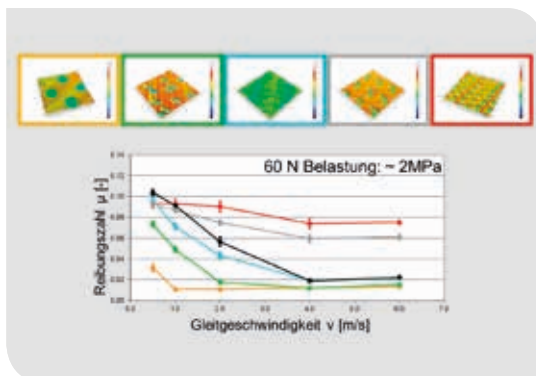
Forschungsprojekt

Mikrostrukturierung großer Bauteile mit Ultrakurzpulslasern

Surface Engineering

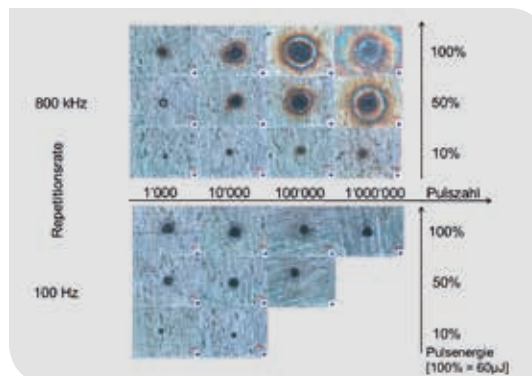
Das Einbringen kleinster Geometrien auf technischen Oberflächen kann bspw. ein tribologisch beanspruchtes Bauteil hinsichtlich des Reibwiderstandes deutlich verbessern. Die Vertiefungen können als Schmierstoff-Reservoir dienen und ermöglichen dadurch bspw. einen früheren Übergang vom Mischreibungsbereich in den Bereich hydrodynamischer Schmierung und somit eine Reduzierung der Reibung. Die Größe der Vertiefungen sowie das Muster und die relative Überdeckung sind Parameter, die das Maß der Reibungsminderung beeinflussen. Dieser Einfluss ist in Abbildung 1 dargestellt. Untersucht wurden hier unterschiedliche Strukturarten und -größen, die farblich jeweils dem entsprechenden Verlauf im Diagramm entsprechen. Mit schwarzer Farbe ist die Referenzstruktur zu erkennen.

Ganz im Sinne des „Surface Engineering“ lassen sich durch die Strukturierung mittels Ultrakurzpulslaser in Kombination mit anderen Verfahren hinsichtlich der Funktion maßgeschneiderte Oberflächen herstellen.



Qualität beim Abtragen mit Ultrakurzpulslasern

Um beim gepulsten Laserabtrag eine ungewünschte Oberflächenschädigung zu verhindern, muss die Pulsdauer kleiner sein als die Zeitdauer, in der sich thermische Einflüsse durch den Bereich der optischen Eindringtiefe im Material fortpflanzen. Dieser Vorgang wird auch als kalte Ablation bezeichnet. Entsprechend fällt ein äußerst geringerer Schmelzanteil an und es entsteht eine deutlich kleinere wärmebeeinflusste Zone als bspw. bei einer Pulsdauer im Nanosekundenbereich, bei der die Oberfläche in erster Linie aufschmilzt und dadurch nur eine sehr ungenaue Ablation möglich ist. Bei gepulstem Laserabtrag mit hohen Repetitionsraten ist die material-spezifische Wärmeleitfähigkeit aber nicht mehr ausreichend, um die bei der Ablation in Wärme umgewandelte und zum Abtrag nicht genutzte Verlustenergie abzuführen, was zu einem Wärmestau und unerwünschter Schmelz- und Gratbildung führt. Dieser Effekt wird in Abbildung 2 dargestellt.



Ansprechpartner am wbk:
Dipl.-Ing. Mateusz Chlipala
Telefon: 0721 608-43044
mateusz.chlipala@kit.edu

Abbildung 1:
Ergebnis der tribologischen
Prüfung mikrostrukturierter
Oberflächen
(Quelle: BMBF FunkProMikro)

Abbildung 2:
Einfluss von Repetitionsrate
auf die Wärmeeinflusszone
bei der UKP-Laserbearbeitung

Auch bei geringen Pulsenergien ist eine deutliche Wärmeeinflusszone (Anlassfarben) zu erkennen. Bei zunehmender Pulszahl verstärkt sich dieser Wärmeakkumulationseffekt, welcher zur Sicherung der Qualität am Institut näher untersucht wird. ■



Forschungsschwerpunkt

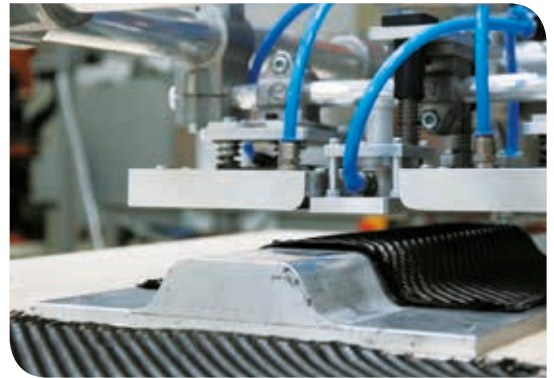
Leichtbaufertigung (LF)

Leitung:
Prof. Dr.-Ing.
Jürgen Fleischer

Überall dort, wo Massen in Bewegung sind, wie z. B. in der Verkehrstechnik oder im Maschinen- und Anlagenbau, werden große Anstrengungen unternommen, um den für den Betrieb notwendigen Energieeinsatz nachhaltig zu reduzieren. Neue Werkstoffentwicklungen und innovative Bauweisen fordern neue Ansätze für zukunftsorientierte Produktionstechnologien im Leichtbau. Speziell diese Herausforderungen werden im Forschungsschwerpunkt Leichtbaufertigung wissenschaftlich untersucht und in Form von angepassten Produktionslösungen der Industrie zur Verfügung gestellt.

Zu den Zielen des Forschungsschwerpunkts gehört die Entwicklung von anforderungsgerechten Produktionstechnologien für neu entwickelte Materialien, Prozesse und Konstruktionsweisen mit einem hohen Leichtbaupotential. 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. Darüber hinaus werden bereits etablierte Fertigungsverfahren dahingehend flexibilisiert und automatisiert, um diese in einer Serienfertigung wirtschaftlich einsetzen zu können. Bei Bedarf werden neue, auf die Anforderungen der Leichtbauproduktion zugeschnittene Maschinenkonzepte entwickelt und erprobt.

Der Bereich Leichtbaufertigung am wbk umfasst aktuell die Bereiche **Metall**, **faserverstärkte Kunststoffe (FVK)** und **hybride Strukturen**. In allen drei Bereichen werden Fragestellungen der Prozessentwicklung, Prozessautomatisierung, Qualitätssicherung und Nachbearbeitung erforscht.



Drapierung von textilen Halbzeugen

Für die Forschung in den genannten Materialkorridoren stehen dem Forschungsschwerpunkt Leichtbaufertigung alle erforderlichen Anlagen zur Verfügung. Damit ist es möglich industrierelevante Herausforderungen anwendungsnah zu erforschen und prototypisch in die vorhandenen automatisierten Prozessketten einzubinden.

Im Bereich des **metallischen Leichtbaus** liegen die Schwerpunkte in der automatisierten Herstellung, Bearbeitung, Kompensation fertigungsbedingter Abweichungen und der weitestgehend vorrichtungsfreien Montage von Aluminium-Space-Frame-Strukturen sowie in der durchgängigen Qualitätssicherung mit optischen Verfahren.

Im Bereich der **FVK** liegt der Fokus auf einer durchgängig automatisierten und wirtschaftlichen Prozesskette. Die Schwerpunkte liegen in der Prozessautomatisierung und Prozessverkettung, in der schädigungsarmen Nachbearbeitung sowie in einer effektiven und zielgerichteten Qualitätssicherung.

Die Erkenntnisse aus dem metallischen und faserverbundbasierten Leichtbau fließen in die Entwicklung angepasster Technologien zur Herstellung **hybrider Strukturen**. Der Fokus liegt dabei auf der intrinsischen Hybridisierung, d. h. der Verbindung unterschiedlicher Materialien im Ur- bzw. Umformprozess einer Materialkomponente. Dies ermöglicht es, unterschiedliche Materialien und Funktionen optimal zu kombinieren. Zur Steigerung der Wirtschaftlichkeit dieser innovativen Produkte werden neue Verbindungstechnologien, Automatisierungslösungen, Bearbeitungsstrategien sowie Qualitätssicherungskonzepte entwickelt. ■

Automatisierung der
Prozesskette für
Aluminium-Space-
Fram-Strukturen



Forschungsprojekt Transregio10 (SFB/TR10)

Integration von Umformen, Trennen und Fügen für die flexible Fertigung von leichten Tragwerkstrukturen

Ziel des Vorhabens

In der Produktion von Personen- und Nutzfahrzeugen sowie in der Luft- und Raumfahrttechnik gewinnen leichte Tragwerkstrukturen immer mehr an Bedeutung. Sie finden vor allem in der Herstellung von leichten, hochbelastbaren und steifen Aufbauten, Kabinen und Fahrgestellen eine stetig wachsende Verwendung. Die Fertigung dieser Strukturen muss besonders kostengünstig und in flexiblen Losgrößen möglich sein. Um die wissenschaftlichen Grundlagen und Methoden zur Gestaltung von integrierten Prozessketten für eine automatisierte und produktflexible Kleinserienfertigung leichter Tragwerksstrukturen zu erarbeiten, wurde ein neuer transregionaler Sonderforschungsbereich ins Leben gerufen. Ziel des Vorhabens ist die Verbindung der Prozessschritte Umformen, Trennen und Fügen zu einer neuartigen, integrierten Prozesskette. Dazu wird anhand ausgewählter Verfahren mit großem Zukunftspotential eine Beispielprozesskette exemplarisch aufgebaut. Im Bereich der umformenden Verfahren wird das Strangpressen gerundeter Profile näher untersucht. Beim Trennen rücken das fliegende Abtrennen unmittelbar nach dem Strangpressvorgang sowie das Einbringen von Bohrungen in den Fokus der Untersuchungen. Das Fügen der Profile zur Gesamtstruktur erfolgt durch Laserstrahlschweißen sowie durch umformtechnisches Fügen mit verschiedenen Wirkmedien und Wirkenergien. Für die Integration innerhalb der Prozesskette wird zum einen die Verkettung der einzelnen Teilprozessschritte durch stückzahl-, varianten- und konfigurationsflexible Greif-, Handhabungs- und Bearbeitungstechniken, zum anderen aber auch die Bereitstellung einer geschlossenen Simulationskette vom Umform- bis zum Fügeprozess erforscht.



Vorrichtungsfreie Anordnung von Fügepartnern in der Montagezelle

Zusammenfassung

Die am wbk geforschten Teilprojekte befassen sich mit dem Trennen (Teilprojekt A4) und Fügen (Teilprojekt C3 und C4) der Profile. Beim Teilprojekt A4 „Fliegendes Abtrennen“ geht es um die Entwicklung einer Strategie zur Kompensation von Konturabweichungen aufgrund von querschnittsvariablen Profilen durch fliegendes Abtrennen. Hier wurden die Einflüsse der Querschnittsänderungen der Strangpressmatrize untersucht und ein System zur Geschwindigkeitserfassung bei querschnittsvariablen Matrize erarbeitet. Dafür wurde ein Modell für die entstehenden Abweichungen generiert und der Ansatz zur Bahngenerierung bei veränderlicher Austrittsgeschwindigkeit entwickelt. Demzufolge wurde die Kompensation der Auswirkungen in der Gesamtanlage umgesetzt und validiert. Das Teilprojekt C3 „Flexible Greif- und Messtechnik“ beschäftigt sich mit dem verrichtungsfreien Ausrichten von Fügepartnern für die automatisierte Montage von Rahmenstrukturen. Zur Bauteilflexibilität wurde ein Bauteil-Systemmaßstab erarbeitet und umgesetzt, indem die Lage und Orientierung mehrerer Profile zueinander flexibel erfasst und eingestellt werden können. Die relative Lage und Orientieren der zu fügenden Profile wurden zueinander über einen entsprechenden Bauteil-Systemmaßstab berechnet und zueinander positioniert. Anschließend wurde der entsprechende Ansatz in der automatisierten Montagezelle validiert. Dazu müssten alle Randbedingungen analysiert und die erforderliche Messtechnik zur Positionierung der zu fügenden Profile konzipiert werden. Das letzte am wbk geführte Teilprojekt C4 handelt von einer „Kombinierten Handhabungs- und Montagekinematik“. Hierzu wurde eine Methode zum Ausgleich der fertigungsbedingten, nicht systematischen und damit nicht vorhersagbaren Abweichungen bei gerundeten Strangpressprofilen bezüglich der Länge und der Kontur der Profile mittels spanender Bearbeitung entwickelt, da die Addition der entsprechenden Abweichungen kein spanungsarmes und automatisiertes Schließen der Rahmenstruktur erlaubt. Dieses Teilprojekt fokussiert sich auf die Optimierung der Abweichung von Soll- und Ist-Kontur der Profile, die mit Hilfe der virtuellen Fehleranalyse den Best-Fit Ansatz durchführt. Zum Schluss wurde die Methode durch die automatisierte Montage und das Schließen der Rahmenstruktur validiert. ■



Ansprechpartner am wbk:
Woramon Pangboonyanon,
M. Sc.
Telefon: 0721-608-42357
woramon.pangboonyanon
@kit.edu



Forschungsschwerpunkt

Elektromobilität (EM)

Leitung:

Prof. Dr.-Ing. Jürgen Fleischer
Prof. Dr.-Ing. Gisela Lanza

Im Anwendungsfeld der Elektromobilität vereint die Produktionstechnik zur Herstellung des vollelektrischen Antriebsstrangs etablierte, serientaugliche Prozesse mit unreifen Technologien. Dies stellt besondere Anforderungen an die Produktionstechnik, die durch die Anwendung im Automobilbereich definiert werden.

der Sprung von einer im Labor entwickelten, neuen Technologie hin zu einer automatisierten und wirtschaftlichen Herstellung des (teil-)elektrifizierten Antriebsstrangs in einer angepassten Serienfertigung erreicht werden.

Darüber hinaus werden bereits etablierte Fertigungsverfahren dahingehend flexibilisiert und



Ein Plug-in HYBRID
an der Ladesäule
(Daimler AG)

Der Forschungsschwerpunkt Elektromobilität hat deshalb das Ziel, fähige Produktionstechnologien für die automatisierte Herstellung des elektrischen Antriebsstrangs mit dem Ziel der wirtschaftlichen Serienfertigung zu entwickeln.

Zu den Zielen des Forschungsschwerpunkts gehört die Entwicklung von anforderungsgerechten Produktionstechnologien für neu entwickelte Materialien, Prozesse und Konstruktionsweisen mit einem hohem Leistungspotential. Dabei soll

automatisiert, um deren Wirtschaftlichkeit in der Serienfertigung zu steigern. Bei Bedarf werden neue, auf die Anforderungen der Produktion zugeschnittene Maschinenkonzepte entwickelt und erprobt.

Am wbk werden Themen wie die Prozessentwicklung zur Herstellung von Strukturierungswerkzeugen, die prozesssichere Handhabung fragiler und biegeschlaffer Bauteile oder die Planung automatisierter, stückzahlflexibler Produktionssysteme für etablierte Prozesse und unreife Technologien bearbeitet.

Hieraus ergeben sich für die Produktionsforschung in der Elektromobilität verschiedene Themenfelder. ■



Kraftgeregelter
Niederdruckflächengreifer
zur Handhabung
keramischer Grünfolien

Forschungsprojekt ProBat

Projektierung qualitätsorientierter, serienflexibler Batterieproduktionssysteme

Ausgangssituation

Die Elektrifizierung des Antriebsstrangs bietet eine vielversprechende Alternative zum konventionellen Verbrennungsmotor. Eine große Herausforderung stellt dabei die kosteneffiziente Herstellung des Batteriesystems dar. Serientaugliche Produktionstechnik für Batteriesysteme existiert bisher allerdings primär im Consumer-Bereich. Lithium-Ionen-Batterien für automobiler Anwendungen müssen hingegen strengen und umfangreichen Anforderungen hinsichtlich Sicherheit, Zuverlässigkeit sowie Leistungs- und Energiedichte genügen. Hieraus ergeben sich große Herausforderungen an die Gestaltung des dazugehörigen Produktionssystems.

Zielsetzung

Der ganzheitliche Ansatz bestehend aus Produkt- und Prozessanalyse, Montageplanung sowie Qualitätssicherung in Kombination mit der Absicherung der Planung durch Simulation ist die Basis für eine serienflexible und qualitätsorientierte Produktion. Dies ermöglicht die kontinuierliche Verbesserung von Batterien und deren Fertigungsprozessen. Die Planungsinstrumente werden Anlagenbauer und Batteriehersteller beim Bau effizienter, skalierbarer Batterieproduktionssysteme unterstützen, um eine wirtschaftliche Batterieproduktion in Deutschland zu ermöglichen.

Vorgehensweise

Zunächst erfolgt die Analyse des Produkts, der einzelnen Prozessschritte sowie eine erste Abschätzung relevanter Qualitätsmerkmale. Ebenso spielen Möglichkeiten in der Ausgestaltung des Batteriedesigns sowie in der Batteriemontage eine wichtige Rolle, um später die Robustheit einzelner Prozesse gegenüber sich ändernden Batterievarianten überprüfen zu können. Um eine automatisierte Planung der Batteriemontage zu ermöglichen, müssen in einem zweiten Schritt Produkt-, Prozess- und Qualitätsparameter definiert werden, welche die automatisierte Verknüpfung von kundenspezifischen Produktmerkmalen mit passenden Produktionsprozessmodulen für deren Fertigung ermöglichen. Sind mehrere Produktionsprozessalternativen gefunden, so werden sie mit den gewünschten Anforderungen, wie beispielsweise den Jahresstückzahlen, verglichen. Die Produktionsprozesse sowie potentielle Mess- und Prüfsysteme für die Batteriemontage dienen als

Eingangswerte für eine Materialflusssimulation, die neben der möglichen Stückzahl, die Verfügbarkeit, die Qualitätsrate sowie die Investitionskosten des gesamten Produktionsprozesses als Ergebnis wiedergibt. Dazu werden Aspekte unterschiedlicher Qualitätssicherungsstrategien in der Planung berücksichtigt. Zusätzlich wird ein Konzept zur Ermittlung der produkt- und prozessbedingt relevanten Qualitätssicherungsdaten bei der Batteriemontage erarbeitet. Es folgt eine Bewertung der Alternativen hinsichtlich der Ergebnisse der Simulation sowie der Bewertung der Wandlungsfähigkeit des Produktionsprozesses und der Wiederverwendbarkeit einzelner Prozessmodule bei Änderung des Produkts oder der Produktionsvolumina. Hierdurch wird sichergestellt, dass vorhandenes Prozesswissen bei einer Veränderung oder Erweiterung der Anlage direkt in die Planung miteinfließen kann.

Umsetzung

Die Inhalte der aufgeführten Schritte werden in Form eines planungsunterstützenden Konfigurators prototypisch umgesetzt, der neben den Montageschritten die benötigten Mess- und Prüfschritte integriert und eine Entscheidungsunterstützung bietet, an welchen Stellen beispielsweise inlinefähige Messverfahren sinnvoll sind. Hierzu werden die wesentlichen Funktionalitäten implementiert sowie die zuvor konzipierten Bewertungs- und Simulationswerkzeuge entwickelt und geeignet eingebunden.



Layout einer Batteriemontage (Dürr)

Förderung

Das Projekt wird im Rahmen des Spitzenclusters „Elektromobilität Süd-West“ gefördert. Ziel des Spitzenclusters ist die Unterstützung der Vision der Bundesregierung, Leitmarkt und Leitanbieter zu werden sowie den Ausbau der Arbeitsplätze in der Clusterregion im Technologiewandel zu fördern. ■



Ansprechpartner am wbk:
Dipl.-Wi.-Ing. Adrian Kölmel
Telefon: 0721 608-46829
adrian.koelmel@kit.edu



Forschungsschwerpunkt

Virtuelle Produktion (VP)

Leitung:
Prof. Dr.-Ing. habil.
Volker Schulze

Innerhalb der Produktionstechnik werden Simulationen von Prozessen, Maschinen, Anlagen bis hin zu komplexen Produktionsnetzwerken zur virtuellen Planung, Automatisierung und Optimierung eingesetzt. Der Forschungsschwerpunkt Virtuelle Produktion widmet sich ausgehend von der Fertigung einzelner Bauteile bis hin zum Fabrikverbund modular aufgebauten Modellierungs-, Simulations- und Visualisierungsmethoden, die den folgenden Produktionsebenen zugeordnet werden können:

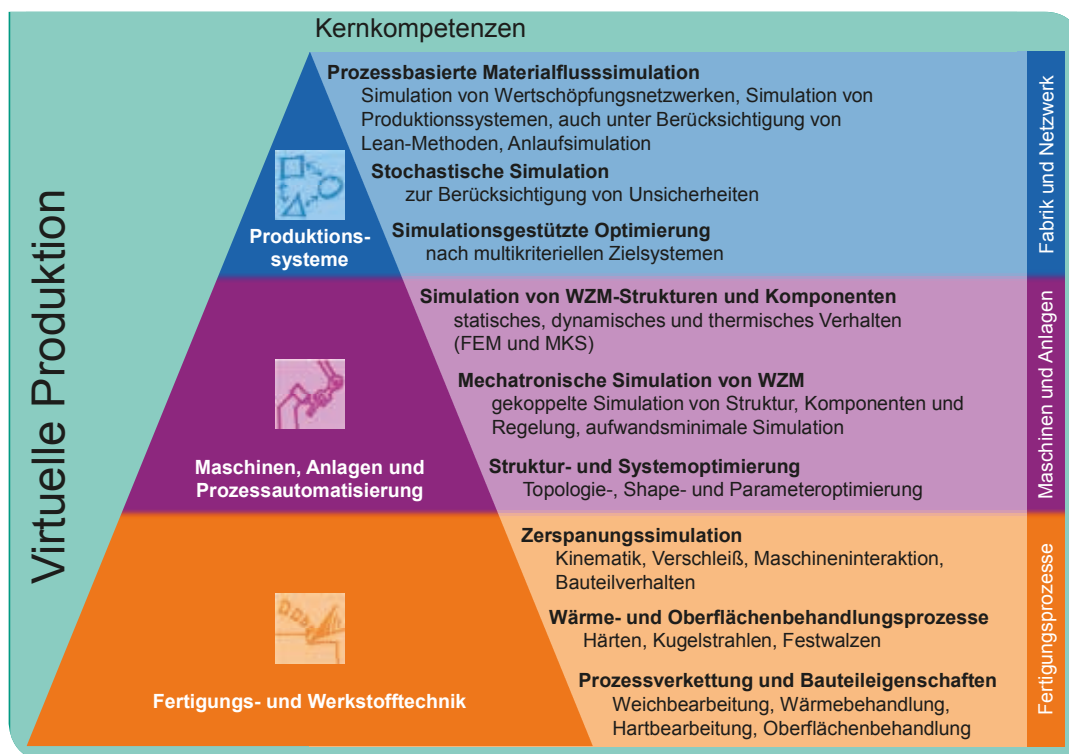
- Fertigungsprozess
- Maschinen und Anlagen
- Fabrik und Netzwerk

verfestigungen, Gefügeumwandlungen) und zur Betrachtung der Wechselwirkung zwischen dem Zerspanungsprozess und der Maschine eingesetzt. Des Weiteren werden in Kooperation mit dem Institut für Angewandte Materialien-Werkstoffkunde (IAM-WK) Wärme- und Oberflächenbehandlungsprozesse sowie die Prozessverkettung und Simulation von prozessbedingten Bauteilzuständen und -eigenschaften in den fertigungstechnologischen Simulationen betrachtet.

Die Simulation und Optimierung von Komponenten- und Maschinenteknik, bestehend aus Regelung, Maschinenstruktur und Bearbeitungs-

prozess mit Hilfe moderner CAE-Entwicklungswerkzeuge, ist Aufgabe innerhalb der Produktionsebene **Maschinen und Anlagen**.

Neben der Betrachtung einzelner Komponenten stellt der ganzheitliche Überblick über den Lebenszyklus eine immer wichtiger werdende Aufgabe dar. Dabei wird das Ziel verfolgt, den Entwicklungsprozess durch gezielten Einsatz von Simulationen zu unterstützen, um damit die Entwicklungszeit durch Reduktion der kosten- und zeitintensiven experimentellen Untersuchungen zu verkürzen.



Kernkompetenzen des
Forschungsschwerpunkts
Virtuelle Produktion auf
drei Produktionsebenen

Die Abbildung von **Fertigungsprozessen** in virtuellen Modellen führt zur Substitution von zeit- und kostenintensiven Versuchen, welche neben dem Einsatz der für den Prozess notwendigen Maschinen häufig eine umfangreiche Messtechnik erfordern. Weiterer Vorteil der virtuellen Abbildung ist die Berechnung von Ergebnissen an Stellen, die messtechnisch nicht oder nur sehr begrenzt erreichbar sind. Die Zerspanungssimulation wird am wbk nicht nur zur Analyse komplexer Spanbildungsvorgänge wie der Scherspannungsbildung sondern auch zur Simulation des Werkzeugverschleißverhaltens, zur Ermittlung fertigungsbedingter Bauteilrandzonen (Eigenspannungen, Randschicht-

Auf der Ebene **Fabrik und Netzwerk** wird die Materialflusssimulation zur Optimierung von Produktionssystemen eingesetzt. Themen sind neben der Bewertung und Optimierung der Effektivität von Lean-Methoden die Ressourcenplanung und das Änderungsmanagement im Produktionsanlauf sowie die Konfiguration und Bewertung von globalen Wertschöpfungsnetzwerken. Im Rahmen der Netzwerkplanung und bei der Lieferantenauswahl werden stochastische Simulationen wie die Monte-Carlo-Simulation zur Analyse historischer Marktdaten und zur Modellierung von Zufallsvariablen eingesetzt. ■

Forschungsprojekt

Prozess-Maschine-Interaktion beim Räumen

Ziel des Vorhabens

Beim Fertigungsverfahren Räumen führen die Schnittkräfte, Passivkräfte und die Antriebselemente zu selbsterregten Schwingungen. Da beim Räumen lange, schlanke Räumnadeln zum Einsatz kommen, wird das Schwingungsverhalten des Gesamtsystems deutlich negativ beeinflusst. Die entstehenden Schwingungen resultieren in Geometrieabweichungen sowie unterschiedlichen Oberflächentopografien am Werkstück und führen damit zu einer schlechteren Bearbeitungsqualität. Ziel dieses Projekts ist die Entwicklung eines Simulationsmodells für die Vorhersage prozess- und maschinenbedingter Oberflächenabweichungen beim Räumen.

Vorgehensweise

Bei einer rein experimentellen Untersuchung dieser Effekte müssen zahlreiche Versuche durchgeführt werden, was dementsprechend langwierig und teuer ist. Für eine schnellere und kostengünstigere Untersuchung dieses Prozesses und der Prozess-Maschine-Interaktion bietet sich deshalb der Einsatz von Simulationen an. Um die einzelnen Teilaspekte des Prozesses untersuchen und beschreiben zu können, ist es notwendig, das Außenräumen im orthogonalen Schnitt zu betrachten. Basierend auf den experimentellen Erkenntnissen wurde ein Berechnungsmodell für die Prognose von Oberflächenabweichungen entwickelt. Das Modell kann mithilfe von analytischen Funktionen, welche die Abhängigkeit von Schnittgeschwindigkeit, Spanungsdicke und Spanwinkel sowie deren Änderungen auf die Prozesskräfte berücksichtigen, die von der Prozess-Maschine-Wechselwirkung verursachten Abweichungen darstellen und auf der Oberfläche abbilden.

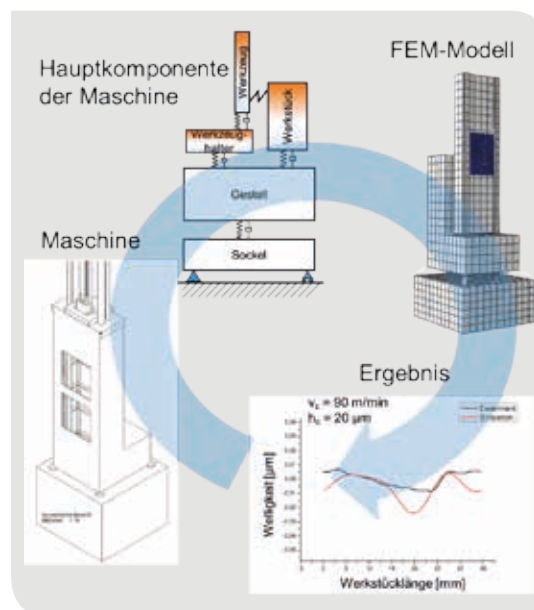
Ergebnisse

Bei der Untersuchung der Prozess-Maschine-Interaktion für das Räumen ist es notwendig, die durch Schwingungen erzwungene Bewegung der Schneiden zu berücksichtigen. Diese Schneidenbewegungen konnten in einem 2D-Spanbildungssimulationsmodell für die detaillierte Modellierung des Schwingungsverhaltens beim Räumen erfolgreich implementiert werden. Der Vergleich der Simulationsergebnisse mit den experimentell ermittelten Daten zeigte bzgl. der spezifischen Prozesskräfte eine gute Übereinstimmung. Die Simulationen lieferten Erkenntnisse über die Spanbildung und die Hauptscherzone in der Spanwurzel.

Basierend auf den Ergebnissen der Spanbildungssimulation wurde zunächst ein analytisches Modell für die Berechnung der Prozesskräfte in Abhängigkeit von der Schnittgeschwindigkeit, der Spanungsdicke und dem Spanwinkel entwickelt. Zudem wurde das 2D-Modell für die Implementierung des analytischen Kraftmodells in der Subroutine dload.f in ABAQUS aufgebaut, was die Rechenzeiten der gekoppelten Simulation auf einem akzeptablen Niveau gehalten hat. Hierfür wurden die mechanischen Eigenschaften der Maschinenstruktur durch Massenpunkte und Feder-Dämpfer-Elemente abgebildet. Das Werkzeug wurde als elastischer Körper realisiert, was eine gewisse Nachgiebigkeit erlaubt. Das entwickelte Simulationsmodell leistet damit einen wesentlichen Beitrag bei der Auslegung und Konzeption von Räummaschinen, indem die Oberflächenqualität des zu bearbeiteten Werkstücks vorhergesagt werden kann (Abbildung). ■



Ansprechpartner am wbk:
Dipl.-Ing. Nikolay Boev
Telefon: 0721 608-46316
nikolay.boev@kit.edu



Im Projekt entwickelte Modelle und deren Ergebnisse

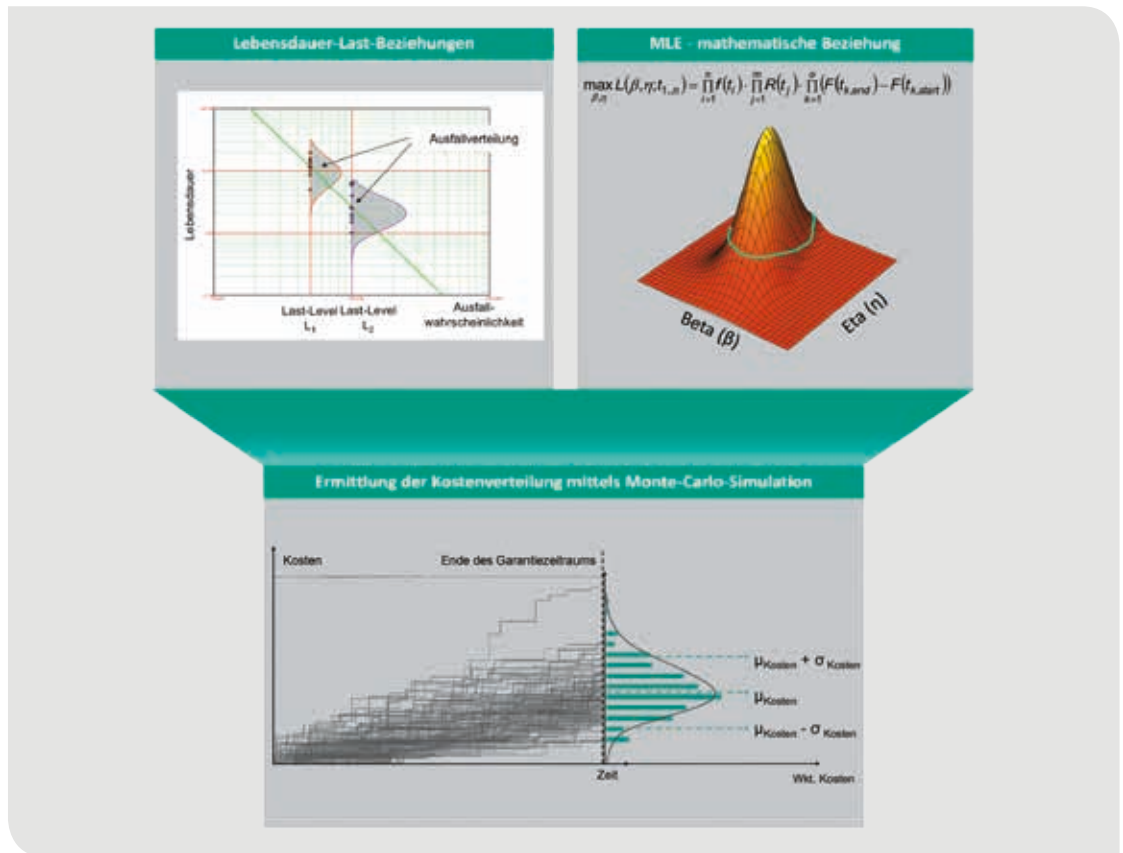


Forschungsschwerpunkt

Life Cycle Performance (LCP)

Leitung:
Prof. Dr.-Ing.
Gisela Lanza

Stochastische
Methoden im
Risikomanagement
von Services und
Geschäftsmodellen



In der Maschinen- und Anlagenbaubranche sind die Kosten der Betriebsphase und der Nutzung der Maschine oder Anlage neben dem Beschaffungspreis zu einem wichtigen Kaufkriterium geworden. Dadurch haben die Hersteller qualitativ hochwertiger Maschinen die Möglichkeit, die höheren Investitionskosten für ihre Produkte betriebswirtschaftlich zu begründen.

Die Anstrengungen zur Reduzierung der Lebenszykluskosten von Maschinen und Anlagen konzentrierten sich bisher stark auf die Minimierung von Instandhaltungs- und Produktionsausfallkosten. Wichtige Kriterien sind dabei die Zuverlässigkeit, Lebensdauer und Betriebskosten einer Maschine, welche durch eine bessere Instandhaltungsplanung, ein optimiertes Ersatzteilmanagement und eine entsprechende Auswahl und Gestaltung des Produktionsmittels verbessert werden können. Mittlerweile werden zunehmend Aspekte der Ressourceneffizienz in die Betrachtung integriert. All diese Themen sind Forschungsgegenstand des Forschungsschwerpunkts Life Cycle Performance (LCP).

Die Life Cycle Performance maschineller Anlagen beschreibt die Leistungsfähigkeit eines Systems bezogen auf die entstehenden Kosten von der Her-

stellung bis zur Entsorgung. Forschungsziele des Schwerpunkts sind die Bewertung, Optimierung und Gestaltung von zuverlässigen und effizienten Systemen über den gesamten Lebenszyklus.

Die beiden Ziele **Zuverlässigkeit** und **Effizienz** des Forschungsschwerpunkts flankiert von dem übergeordneten Ziel der Produktionstechnik, der **Qualität**. Die drei Ziele lassen sich zusammenfassen in der Kennzahl Overall Equipment Effectiveness (OEE). Konkrete Beiträge des Forschungsschwerpunkts zu diesen Zielen sind im Bereich **intelligenter Komponenten und Prozesse** sowie im Bereich **Services und Geschäftsmodelle** angesiedelt.

Last- und zustandsorientierte Prognose und Diagnose von Maschinenkennwerten sind grundlegend für die Aktivitäten der LCP. Für die Arbeiten zu intelligenten Komponenten und Prozessen sei beispielhaft auf die Ausfallanalyse von Kugelgewindetrieben, Condition Monitoring oder die effiziente Inbetriebnahme durch Plug&Work-Ansätze hingewiesen. Im Bereich der Services und Geschäftsmodelle ist die statistische Ausfallanalyse (vgl. Abbildung) von zentraler Bedeutung für Arbeiten zur Abschätzung von Risiken im Maschinenbau z. B. bei Garantieverträgen oder bei der Gestaltung von Servicenetzwerken oder der Ersatzteilbereitstellung. ■

Forschungsprojekt Secure Plug & Work

Intelligente Vernetzung in der Produktion – ein Beitrag zum Zukunftsprojekt Industrie 4.0

Ziel des Vorhabens

Zielstellung des Projekts Secure Plug & Work ist die Erarbeitung von Plug & Work-Mechanismen mit integrierter Sicherheitstechnologie für Maschinenkomponenten und verketteten Anlagen auf Basis marktgängiger Standards. Hiermit können folgende Vorteile bei der Inbetriebnahme erreicht werden:

- Verkürzung der Inbetriebnahme
- Vermeidung von Eingabefehlern
- Unterstützung der Fachkräfte

Vorgehensweise

Im Projekt werden die Entwicklungsarbeiten in zwei Ebenen aufgeteilt. Somit werden aufeinander abgestimmte parallele Lösungen entwickelt, und zwar auf der Ebene der Komponenten, die in Maschinen integriert werden, und auf der Ebene von Maschinen, die zu Anlagen verkettet und an übergeordnete IT-Systeme angeschlossen werden.

Auf Komponentenebene werden eine Analyse der Einflussfaktoren und eine systemtheoretische Beschreibung des Inbetriebnahmeprozesses von Werkzeugmaschinen durchgeführt. Damit werden die relevanten allgemeinen und spezifischen Parameter der Komponenten abgeleitet. Diese Daten für die Inbetriebnahme sollen in Standard-Prüfständen, welche im Projekt erarbeitet werden, aufgenommen werden. Die Versuche dienen der Aufnahme von komponentenspezifischen Parametern zur Inbetriebnahme.

Anschließend wird der Aufbau der Datenstruktur und Schnittstelle basierend auf AutomationML und OPC-UA durchgeführt. Ziel dieses Schrittes ist es, gemeinsam mit den Partnern geeignete standardisierte Datenformate zur Speicherung der Komponentenparameter bereitzustellen und Schnittstellen zu anderen Komponenten sowie zur Steuerung der übergeordneten Werkzeugmaschine zu definieren. Zur Kompensation von Fehlern an Komponenten werden Modelle aufgebaut, die einer maschinenspezifischen Übersetzung der Komponentenparameter dienen.

Abschließend wird eine Validierung in der Werkzeugmaschine durchgeführt. Ziel dieses Schrittes ist die Validierung der zu Anfang proklamierten schnelleren Inbetriebnahme mittels der neu entwickelten Methode. Die Dauer des Einbaus und der Inbetriebnahme muss einer ge-

wöhnlichen Inbetriebnahme gegenübergestellt werden. Mit etablierten Methoden der Statistik wird gezeigt, dass die Inbetriebnahme mittels selbstbeschreibender Komponenten eine geringere Fehlerquote hat.

Ergebnisse

Der Fokus des Verbundprojekts liegt darauf, Plug-and-Work-Fähigkeit in den produktionsnahen Softwarekomponenten durchgängig über die verschiedenen Ebenen der Fertigungshierarchie zu ermöglichen, und zwar unter Nutzung offener Standards, die bereits heute in der Industrie eingesetzt werden. In mehreren konkreten Demonstratoren werden die Projektergebnisse umgesetzt. Die Aufwände zur Inbetriebnahme von Maschinen sollen reduziert werden.

Neben der Anforderung nach Wandlungsfähigkeit steht auch die Forderung nach Sicherheit (Security) komplexer vernetzter Anlagen. Schutz vor Manipulation von Steuerdaten und Reverse-Engineering von einzelnen Komponenten bedeuten gleichzeitig Robustheit gegen mögliche Cyber-Attacken in einer hochvernetzten und daher angreifbareren Automatisierungswelt. Darum werden als weitere Projektergebnisse softwarebasierte und damit automatisierte Authentifizierung von Komponenten des Produktionssystems und Verschlüsselung der Kommunikation zur Verfügung stehen, ebenfalls unter Nutzung offener Standards wie OPC-UA. ■



Ansprechpartner am wbk:
Dipl.-Ing. Steffen Dosch
Telefon: 0721 608-42453
steffen.dosch@kit.edu

Projektkonsortium:





Außenstelle des wbk in China

Global Advanced Manufacturing Institute (GAMI)



Leitung:
Dipl.-Wirt.-Ing./M.Eng.
Stefan Ruhmann

Globale Produktionsnetze beeinflussen die heutige Produktionsplanung und erzeugen Wertschöpfung rund um den Globus. Ein grundlegendes Verständnis von Vorgängen in globalen Netzwerken und in wichtigen Absatzmärkten, wie beispielsweise in China, ist ein unverzichtbarer Wettbewerbsvorteil. Das GAMI in Suzhou leistet als wbk-Außenstelle in China vor Ort angewandte Forschungsarbeiten, Industrieprojekte und Ausbildungskonzepte für seine deutschen Partner und deren chinesische Lieferanten.

Zur Optimierung der Produktionsprozesse entlang der gesamten Wertschöpfungskette bietet das GAMI seinen Kunden mit Programmen wie Productivity Plus (P+) erfolgsorientierte Ansätze zur Produktivitätssteigerung. Basierend auf einer Kostenstrukturanalyse werden Einsparungspotentiale für Produkte aufgezeigt, welche mit Hilfe von Werkzeugen und Methoden vor Ort in den Unternehmen realisiert werden.

Die nachhaltige Realisierung der Umsetzung von effizienteren Prozessen und Methoden kann lediglich mit einem ausgefeilten Trainingskonzept aller hierarchischer Ebenen erreicht werden. GAMI bietet in diesem Zusammenhang anwendungsnahe Trainings in den Bereichen Qualitätsmanagement, Produktionsmanagement und Supply Chain Management an.

Zur stetigen Weiterentwicklung der Trainings-themen und Trainingsmethoden wurde in diesem Jahr ein Forschungsprojekt (Projektname DrAgon) zum Aufbau eines prototypischen Weiterbildungssystems zum Produktionsmanagement und zu produktionstechnischen Themen begonnen. Dieses bietet zertifizierte Abschlüsse auf verschiedenen Niveaustufen für unterschiedliche inhaltliche Zweige. Das für weitere Anbieter von Bildungsdienstleistungen (BDL) offene Weiterbildungssystem richtet sein Angebot zur Kompetenzentwicklung nach der Arbeitspraxis aus. Entsprechend anwendungsnah werden die Themen Produktionsmanagement und -technik aufbereitet und handlungsorientiert vermittelt. Die aus dieser Perspektive erstellten Angebote zum Kompetenzaufbau berücksichtigen die spezifischen Bedarfe der chinesischen Kunden. Vor Ort können die Lernenden die Bildungsdienstleistungen in Präsenzveranstaltungen in Anspruch nehmen oder über eine Internet-Plattform nutzen – ganz flexibel und nach den individuellen Bedürfnissen.

Im Forschungsprojekt ResQ „Increase of resource efficiency in value added networks of German enterprises by sustainable qualification and development of the Chinese supply chain“ erarbeitet GAMI mit den fünf deutschen Projektpartnern (Bosch, Siemens, BSH, Würth und DMG) einen praxisnahen Ansatz mit ganzheitlichem Charakter, der von der Analyse der eingesetzten Ressourcen bis zur Schulung von Maßnahmen eine Verbesserung der Ressourceneffizienz sicherstellt. Aktuell werden insgesamt 40 chinesische Lieferanten bei der Etablierung von effizienten Produktionsprozessen unter Berücksichtigung von Arbeitssicherheit und Umweltschutz unterstützt.

Insbesondere die Mitarbeiter der Produktion werden in praxisnahen Workshops geschult



Schulung des mittleren Managements



Durch den stark wachsenden chinesischen Markt sind Unternehmen in den letzten Jahren rasant gewachsen. Aufgrund der aktuellen Wettbewerbs- und Kostensituation legen Unternehmen verstärkt den Fokus auf die effizientere Ausrichtung der eigenen Organisation. In diesem Zusammenhang unterstützt das GAMI die Partner in zahlreichen Industrieprojekten hinsichtlich:

- Fabrikplanung
- Produktionssystemoptimierung und Layoutgestaltung
- Logistikoftwareentwicklung und Gestaltung der Materialbereitstellungsstrategien
- Lieferantenmanagement im Bereich QM, Lean Management

Kanban & Supermarket Planning Project in Automotive Industry

Increasing production volume, limited space in ware-house and assembly shop floor, low value added ratio through the internal supply chain, this was the situation of one of our project partner in automotive industry. The project was targeted to design a new internal logistics system with integrated supply directly from suppliers, new IQC strategies and standardization of packaging process as well as reduction of warehouse space and stock levels.



One achievement was accomplished by developing the supermarket concept. Scenarios of central supermarket and decentralized supermarket have been designed. Each has been integrated with the individual assembly line; the material flow of internal logistics has been analyzed with the optimized shop floor layout. This supermarket concept fits also well to the Kanban and Milk-run operation.

Internal Logistics Planning Project

GAMI successfully accomplished an internal logistics planning project. Lasting for 8 months, the project mainly focused on the analysis of current status, improvement proposals and support in the implementation phase. Besides, it also involved goods incoming process, IQC strategy, delivery concept strategy (ship-to-line, consignment stock, C parts management), inventory analysis and optimization, optimization of supermarket and milk-run system in the production workshop, optimization of assembly lines fitting to internal logistics. Due to rapid business expansion in China, our customers face more and more challenges, so questions like how to optimize the internal logistics process and reduce spaces in the warehouse are growing critically important. Fortunately, we can help our customers overcome these challenges and achieve success with GAMI's advanced logistic conception and approaches.



Bürodekoration im Eingangsbereich mit historischen Gebäuden des KIT in Karlsruhe

„Lean Conference – Make it Change“

To support the transformation and upgrading of enterprises in Suzhou, Suzhou Productivity Promotion Center cooperates with GAMI to establish “Sino-German (Suzhou) Advanced Manufacturing Technology Promotion Service Union”. Union offers applied research, training and engineering services, develops customer-oriented industrial solutions and supports the whole value adding process of the company.

After the union was founded, on June 6th, 2013, GAMI held “Lean – Make It Change” meeting in Suzhou together with Suzhou Productivity Promotion Center. More than 40 companies joined this meeting and shared their ideas.

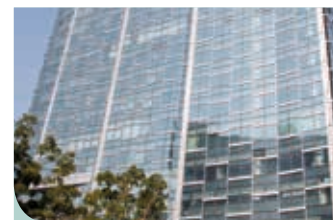
Frau Guan hält einen Vortrag während der Konferenz

GAMI New Office

At the end of 2013, GAMI made a big step of expanding our production management services by relocating the office from Times Square to Higher Education Town. The newly decorated office does not only provide our employees a great chance to work in an innovative and international environment, but also facilitates us in organizing trainings and meeting both internally and externally.

SILU Certified as Advanced Technology Service Company

On November 27th, 2013 SILU Production Engineering Services Co., Ltd. (legal entity of GAMI) was awarded as the Advanced Technology Service Company by people's government of Suzhou municipality. This honor, on the one hand, is an official recognition of our capability and service. On the other hand, it is beneficial to enhance SILU's brand image.



Global Advanced Manufacturing Institute (GAMI)
Tel.: +86 152 50104114
Ruhmann.Stefan@silu.asia
www.silu.asia



Aus- und Weiterbildungszentrum

Advanced Manufacturing Technology Center (AMTC)

Ansicht des Gebäudes
in dem das
AMTC untergebracht ist



Feierliche Eröffnungs-
zeremonie im Rahmen der
Eröffnungsveranstaltung



Präsentation eines gemein-
samen Projekts zwischen
der Fa. A. Raymond, dem
AMTC und dem wbk



Am Jiading Campus der Tongji-Universität in Shanghai entsteht in einem gemeinsamen Vorhaben des Chinesisch-Deutschen-Hochschulkollegs (CDHK) und der School of Mechanical Engineering zusammen mit dem Karlsruher Institut für Technologie (KIT) das Advanced Manufacturing Technology Center (AMTC).

Die Zielsetzung dieses Centers ist zunächst die praxisnahe Aus- und Weiterbildung für in China tätige Ingenieure der Produktionstechnik, jedoch auch die Ausbildung von chinesischen Master-Studenten im Bereich der Produktionstechnik sowie das Angebot eines Doppelmaster-Programms mit dem KIT. Zusätzliches Ziel ist die angewandte Forschung auf dem Gebiet der Produktionstechnik mit einem besonderen Fokus auf die Anforderungen des chinesischen Marktes. Ebenso wird ein PhD-Programm für nicht chinesische Mitarbeiter von in China aktiven Unternehmen angeboten. Dieses Programm führt berufs begleitend auf der Basis von gemeinsam definierten Projekten zum PhD-Grad der Tongji-Universität.

Darüber hinaus wird das Center in China tätigen Unternehmen durch bilaterale Projektarbeit auf den Gebieten Zerspanung und Werkzeugmaschinen, Automation und Robotik sowie industrieller Messtechnik unterstützen. Das AMTC wurde am 18.10.2013 mit der Fachkonferenz „International Advanced Manufacturing Technology Forum 2013“ offiziell eröffnet. An der Eröffnungszeremonie nahmen 200 Vertreter aus Forschung und Industrie teil. Die Ausstattung des AMTC wurde durch Sachspenden der Firmen A. Raymond, ABB, FIVES, MAG, Schunk, Siemens, Walter Tools und Zeiss ermöglicht. Den Spendern gilt unser herzlichster Dank. ■

Technologie- und Wissenstransfer

Partnerschaften aus Forschung und Lehre

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

Partner im Bereich Studium & Lehre

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

Partner aus Industrie & Forschung

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



Austausch mit Industriepartnern bei einer Veranstaltung im Verfügungsgebäude

Auditorium der Hector-School im International Department

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



Simulationsgestützte Optimierung und Wirtschaftlichkeitsbewertung des Lean-Methodeneinsatzes

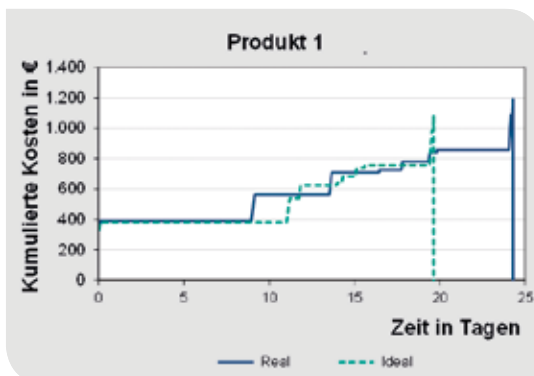


Dr.-Ing. Annabel Jondral

Zusammenfassung

Die fortgeschrittene Anwendung Ganzheitlicher Produktionssysteme verdeutlicht, dass Industrieunternehmen mit dem Lean-Methodeneinsatz verbundene Ziele in Bezug auf Leistungskennzahlen häufig verfehlen. Sie scheitern oftmals an der Einführung weiterführender Lean-Methoden zur Reduzierung von Prozesszeiten und -kostensätzen sowie an fehlenden Prognoseansätzen für deren wirtschaftlichen Erfolg im untersuchten Produktionsbereich und damit an der gewinnorientierten, unternehmensspezifischen und vom Implementierungszustand abhängigen Methodenauswahl. Im Sinne der Etablierung einer kontinuierlichen Verbesserungskultur fehlen Mechanismen zur dynamischen Anpassung der Ganzheitlichen Produktionssysteme bei Veränderungen äußerer Einflussfaktoren.

Cost-Time-Profile ermöglichen eine anschauliche Darstellung der Auswirkungen von Lean-Methoden auf Kosten und Durchlaufzeit



Um den dargestellten Herausforderungen zu begegnen, ist die Zielsetzung der Dissertation, eine Methodik zur simulationsgestützten Optimierung und Wirtschaftlichkeitsbewertung der Effizienzsteigerung einer Produktion mittels Lean-Methoden zu entwickeln. Dabei adressiert der vorgestellte Lösungsansatz wesentliche Fragestellungen in drei Phasen. Die Basis für eine gewinnorientierte, unternehmensspezifische und vom Implementierungszustand abhängige Weiterentwicklung des Ganzheitlichen Produktionssystems wird in Phase 1 im Rahmen einer wahlweise mitarbeiterorientierten bzw. benchmarkorientierten Potenzialermittlung gelegt. An diesen Lean Check und eine zum Aufbau eines Modells des Untersuchungsbereichs zielführende Datenaufnahme schließt sich die zweite Phase an. Durch Umsetzung der Datenbasis in ein integriertes Simulations- und Opti-

mierungsmodell und anschließende Simulationsexperimente werden Ergebnisse generiert, deren Auswertung Aufschluss über die Vorteilhaftigkeit der Anwendung einer optimierten Lean-Methodenkombination gibt. Besonderer Wert wird bei der Entwicklung des Bewertungsrahmens auf eine Ausrichtung am wirtschaftlichen Erfolg des Industrieunternehmens gelegt, ausgedrückt vorrangig in Produktdurchlaufzeiten und laufenden Herstellkosten. Die Anwendung von Cost-Time Profiles (siehe Abbildung) zur Visualisierung des Realzustands gegenüber einem optimierten Idealzustand ermöglicht diesbezüglich die graphische Unterstützung von Unternehmensentscheidungen beim Einsatz von Lean-Methoden. Neben einer monetären Bewertung wird in Phase 3 ein Mechanismus eingeführt, der mittels an Änderungsmustern ausgelegten simulationsgestützten Robustheitsuntersuchungen Antworten auf die Frage des Anpassungszeitpunkts eines Produktionssystems bei schwankenden Stückzahlen bzw. einem veränderten Produktmix gibt. Die entwickelte Methodik zur simulationsgestützten Optimierung und Wirtschaftlichkeitsbewertung des Lean-Methodeneinsatzes wird durch die Anwendung im Bereich der spanenden Fertigung eines Industrieunternehmens aus der Automobilbranche validiert.

In ihrer Gesamtheit ermöglicht die Methodik Industrieunternehmen eine spezifische, am derzeitigen Entwicklungsstand ausgerichtete Weiterentwicklung des Ganzheitlichen Produktionssystems. Die proaktive Bewertung der Vorteilhaftigkeit beim Einsatz einer Kombination von Lean-Methoden mindert das unternehmerische Risiko einer Anpassungsinvestition in die Weiterentwicklung. Mit Hilfe der simulationsgestützten Robustheitsuntersuchung werden Industrieunternehmen in die Lage versetzt, bezogen auf Leistungskennzahlen Stückzahlbereiche zu identifizieren, in denen sich der untersuchte optimierte Produktionsbereich robust verhält, bzw. Schwellwerte zu bestimmen, an denen eine Anpassung des Systems zweckmäßig erscheint. ■

Automatisierte Prozessabfolge zur qualitätssicheren Herstellung von Kavitäten mittels Mikrobahnerosion

Zusammenfassung

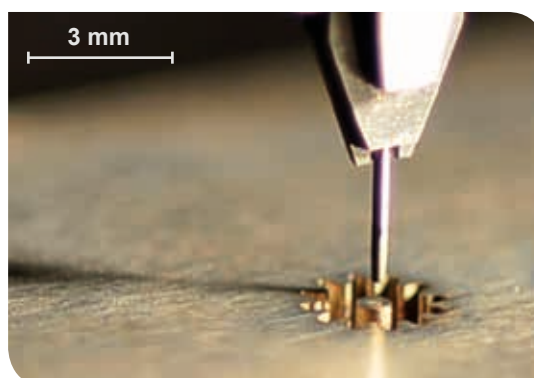
In den letzten Jahrzehnten hat sich die Mikrosystemtechnik als eine branchenübergreifende Technologie etabliert. Bedingt durch die Weiterentwicklung von Produkten aus unterschiedlichsten Bereichen und die kontinuierliche Erhöhung ihrer Leistungsdichte steigt der Bedarf an masentauglichen Produktionstechnologien für die Herstellung von kleinsten mechanischen Bauteilen. Um diesem Trend gerecht zu werden, bieten sich vorwiegend urformende Verfahren an, mit denen eine hohe Ausbringung bei geringen Stückkosten erreicht werden kann. Für diese Technologien, wie das Pulverspritzgießen oder der Mikroguss, ist es erforderlich, Mikroformwerkzeuge in hoher Güte und aus verschleißfesten Materialien herzustellen. Die Mikrofunkenerosion ist dafür ein etabliertes Verfahren, da hier, bedingt durch den thermischen Abtragsprozess, Kavitäten mit kleinen Toleranzen in harte Materialien eingebracht werden können. Die flexibelste Prozessvariante ist die Mikrobahnerosion, da hier die Geometrie mittels eines NC-Codes erzeugt wird und damit keine Formelektrodenherstellung erforderlich ist.

Die Effizienz einer Formeinsatzfertigung mittels Mikrobahnerosion ist maßgeblich durch den Umfang arbeitsvorbereitender Maßnahmen und die Sicherstellung der Qualität bestimmt. Die Zielsetzung dabei ist, bei dem ersten Fertigungsanlauf ein Gutteil im geforderten Toleranzbereich und mit hinreichender Oberflächengüte zu erzeugen.

Bei dem gesamten Prozess der Formerstellung sind die größten Herausforderungen die meist aufwändige Erarbeitung der Erosionsparameter und der kinematischen Größen sowie die korrekte Kompensation des Elektrodenverschleißes. Für letztere Aufgabe wurden bereits verschiedene Reglerkonzepte entwickelt und im mikrobahnerosiven Prozess eingesetzt, jedoch ist durch keinen eine nachweislich prozesssichere Fertigung möglich und damit eine anschließende Qualitätssicherung erforderlich.

Aufbauend auf den beschriebenen Herausforderungen wurde innerhalb dieser Arbeit eine automatisierte Prozessabfolge zur qualitätssicheren Herstellung von Kavitäten mittels Mikrobahnerosion entwickelt. Ausgehend von einer automatisiert ablaufenden Parameter-

suche geeigneter Prozessgrößen basierend auf DOE-Methoden und einer nichtlinearen Regression wurden optimierte kinematische Parameter für die Fertigung von schrägen Wänden in 2,5D-Kavitäten erarbeitet, um eine hohe und homogene Oberflächengüte an den Wänden einer Kavität zu erzeugen. Der letzte Schritt der entwickelten Vorgehensweise stellt eine prozessübergreifende Abtragsregelung dar. Bei diesem abschließenden Schritt wird das Fertigungsergebnis direkt an der Mikrofunkenerosionsmaschine mit einem nach dem konfokalen Prinzip arbeitenden Sensor gemessen und automatisiert eine Nachbearbeitung bei derselben Einspannung des Werkstücks eingeleitet. Durch diese iterativ stattfindende Qualitätskontrolle direkt an der Werkzeugmaschine kann das Einhalten engster Toleranzfelder und damit eine prozesssichere Herstellung von Kavitäten gewährleistet werden. ■



Detailansicht einer Zahnradkavität mit Werkzeugelektrode



Dr.-Ing. Christoph Ruhs



Markoffsche Entscheidungsprozesse zur Kapazitäts- und Investitionsplanung von Produktionssystemen



Dr.-Ing. Steven Peters

Die Methodik wurde prototypisch implementiert und konnte in zwei Praxisbeispielen bei Automobilzulieferern erfolgreich getestet werden.

Zusammenfassung

Die Finanz- und Staatsschuldenkrise der letzten Jahre zeigt, wie empfindlich die Wirtschaft auf Unsicherheiten und „Shock“-Ereignisse reagiert. Fest steht, dass von einer anhaltenden Dynamik und Unsicherheit des wirtschaftlichen Handelns auszugehen ist. Flexibilität und Wandlungsfähigkeit von Produktionssystemen werden zu entscheidenden Aspekten der Wettbewerbsfähigkeit.

Es ergeben sich daraus die folgenden Forschungsfragen:

- Wie wird ein neues Produktionssystem so gestaltet, dass es die zukünftigen Anforderungen des Marktes, die unsicherer und stärker schwankend als bisher sein werden, wettbewerbsfähig befriedigen kann?
- Wie wird bei einem vorhandenen System optimal auf Veränderungen der Nachfragen und auf Produkteinführungen und Verschiebungen im Produktportfolio reagiert?

Da Produktionssysteme bzw. Fabriken aufgrund vor- und nachgelagerter aber auch zwischengeschalteter Prozessschritte als Teile eines Netzwerkverbunds zu betrachten sind, muss eine solche Methode auch Handlungsmöglichkeiten beinhalten, die sich aus der Anpassung dieses Netzwerks erschließen. Dabei gilt es Kosten- und Leistungscharakteristika der Anlagen sowie Materialflusseigenschaften, d. h. Aussagen über entstehende Bestände und Durchlaufzeiten des Produktionssystems auf einem geeigneten Abstraktionsgrad in das Entscheidungsunterstützungssystem zu integrieren.

Übergeordnetes Ziel des Systems ist die Ermittlung einer optimalen Strategie, d. h. eine Folge von Handlungen, die die erwarteten Gesamtausgaben über einen Planungshorizont minimiert. Diese Gesamtkosten bestehen aus Produktionskosten und Handlungskosten. Die Produktionskosten einer Periode sind die Kosten für die Produktion einer gegebenen Nachfragemenge im Betrachtungszeitraum mit gegebenen Ausprägungen alternativer Produktionsprozesse. Sie werden in einem Bewertungsmodell abhängig von Kosten- und Leistungskennzahlen ermittelt. Unter anderem wird hierzu das Produktionssystem als bedientheoretisches Modell eines offenen Warteschlangennetzwerks modelliert und Maschinen- und Anlagenverhalten im betrachteten Produktionssystem detailliert modelliert.

Die berechneten Periodenkosten sind Grundlage für den stochastischen, dynamischen Optimierungsansatz, in den sie als Teil der Zielfunktion eingehen. Das Optimierungsproblem selbst wird als Markoffscher Entscheidungsprozess modelliert und aufgrund der Endlichkeit des Planungshorizonts mit Rückwärtsrechnung berechnet. Hierzu werden Szenarien für Marktnachfragen für jeden zukünftigen Entscheidungszeitpunkt antizipiert und mit Eintrittswahrscheinlichkeiten versehen. Ergebnis ist eine optimale Ausgangskonfiguration des Produktionssystems sowie eine Folge von Handlungsempfehlungen (Strategie, siehe Abbildung 2) für jeden spezifizierten, zukünftigen Zustand. Sieht eine Handlungsempfehlung eine Änderung von Prozessausprägungen in einzelnen Produktionsprozessschritten (z. B. durch den Kauf einer neuen Maschine oder einer Verlagerung an andere Standorte) vor, so fallen Handlungskosten an, die im Optimierungsmodell berücksichtigt werden. ■

Abbildung 1:
Produktionszahlen
der PKW-Produktion
in Deutschland
(Quelle: VDA)

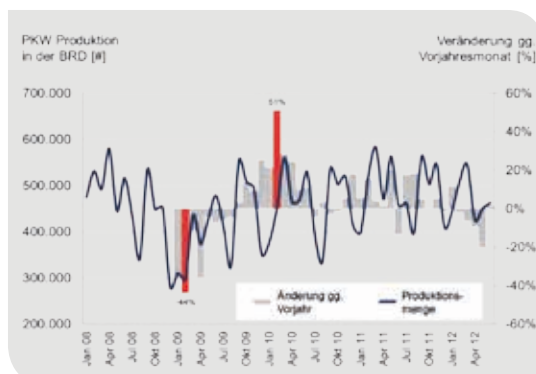
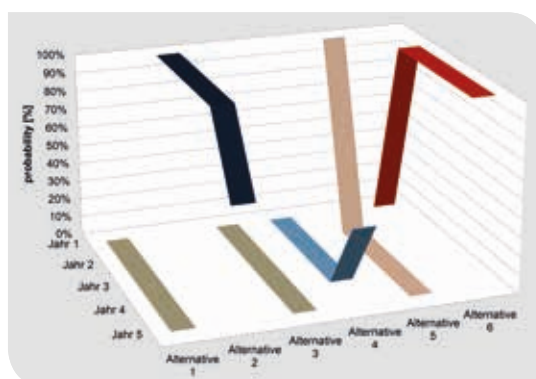


Abbildung 2:
Exemplarische Auswertung
der optimalen Strategie



Hierzu war ein neuer Ansatz eines Entscheidungsunterstützungssystems mit breiter Anwendbarkeit in der Serienproduktion nötig. Wichtig war dabei die Berücksichtigung von Dynamik und Unsicherheiten vor allem von Seiten des Marktes.

3D-FEM Kinematik- und Spanbildungssimulation

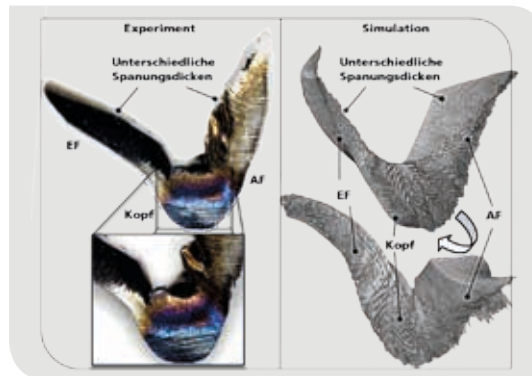
Untersuchung und Optimierung des Wälzschälverfahrens mit Hilfe von 3D-FEM-Simulation

Zusammenfassung

Das Wälzschälverfahren stellt eine leistungsfähige Alternative zu den etablierten Verfahren zur Herstellung von Verzahnungen dar und bietet zusätzlich noch großes Potential in Bezug auf die Flexibilität sowie die Verfahrensintegration. In Anbetracht der Tatsache, dass das Wälzschälverfahren bereits vor über 100 Jahren erdacht und patentiert wurde, entwickelte es sich jüngst innerhalb kurzer Zeit zu einem vielbeachteten und stark nachgefragten Verfahren. Die Untersuchungen nach aktuellem Stand der Technik zeigten aber auch Defizite insbesondere beim Prozessverständnis sowie hinsichtlich Prozessinstabilitäten auf. Zur nachhaltigen Etablierung am Markt und zur Beherrschung der verfahrensspezifischen Instabilitäten ist das vollständige Prozessverständnis gefordert.

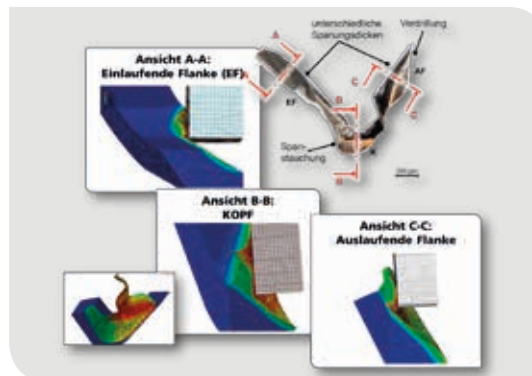
Im Rahmen dieser Dissertation wird das Wälzschälen hinsichtlich der kinematischen Verhältnisse und der Mechanismen der Bildung des verfahrensspezifischen Dreiflankenspanns grundlegend wissenschaftlich mit Hilfe von FE-Methoden untersucht. Hierzu wurden 3D-FEM Simulationsmodelle der Kinematik und der Spanbildung mit der Software ABAQUS/Explicit entwickelt. Damit werden Einblicke in den Prozess ermöglicht, die mit herkömmlichen Methoden nicht oder nur stark eingeschränkt möglich sind. Die Modellierung und Analyse der reinen Schneidenbewegungsbahn beim Eingriff in das Werkstückmaterial und dabei die systematische Erweiterung der Erkenntnisse über die Einflüsse und Wechselwirkung der Prozessparameter, beispielsweise auf die Werkzeugzahnbelastung, dienen als wichtige Unterstützung zum Verständnis und Beherrschung des Prozesses sowie bei der Werkzeug- und Prozessauslegung. Die Erkenntnisse zu den tatsächlichen Belastungszuständen an der Schneide mit hoher zeitlicher und lokaler Auflösung stellen eine wertvolle Unterstützung bei der Auswahl oder Entwicklung geeigneter Schneidstoff-Beschichtungskombinationen dar. Als Basis für den Aufbau der Simulationsmodelle und zur Validierung wurden umfangreiche experimentelle Arbeiten in der Weichbearbeitung durchgeführt. Durch die gewonnenen Erkenntnisse zu den kinematischen Verhältnissen und der Bildung des Dreiflankenspanns bei Variation der Prozessparameter wurde eine breite

Wissensbasis zum grundlegenden Prozessverständnis generiert, welche die Optimierung der Prozesssicherheit beim Wälzschälen ermöglichen, indem beispielsweise die Entstehung von kritischen Spanbildungszuständen verstanden und damit die gezielte Vermeidung ermöglicht werden kann.



Dr.-Ing.
Christoph Kühlewein

Vergleich Realspan mit Simulation



Verschiedene Spanbildungszustände an der Schneide mit der FEM sichtbar gemacht



Auslegung und Fertigungsprozessgestaltung sintergefügter Verbindungen für μ MIM-Bauteile



Dr.-Ing.
Adam-Mwanga Dieckmann

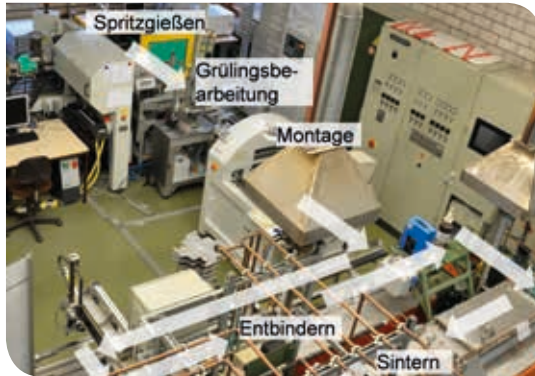
Zusammenfassung

Für die Mikrosystemtechnik sind Fügeverfahren ein Schlüssel für die technologische Weiterentwicklung. Für die Herstellung von mikromechanischen Bauteilen und Baugruppen mit 2,5D-Strukturen ist das Mikrometallpulverspritzgießen (μ MIM) ein etabliertes Verfahren und kommt daher für die Entwicklung eines geeigneten Fügeverfahrens in Frage. Zielsetzung der Dissertation war die Auslegung und Fertigungsprozessgestaltung sintergefügter Verbindungen für μ MIM-Bauteile. Entsprechend wurden sintergefügte Verbindungen für metallische mikropulverspritzgegossene (μ MIM) Bauteile ausgelegt, umgesetzt und untersucht.

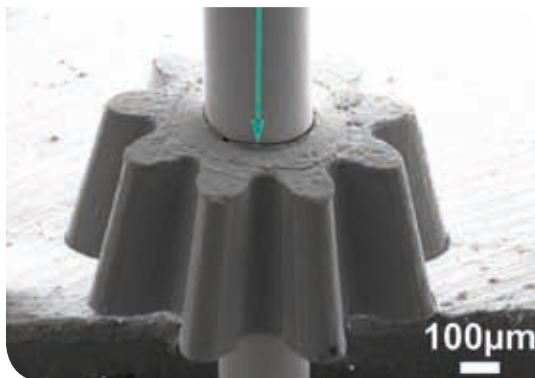
Durchmesser der Welle gezielt variiert. Die Ergebnisse der Auspressversuche nach dem Sintern, bei denen die Welle vom Zahnrad durch Auspressen gelöst wurde, zeigen eine Zunahme der Auspresskraft im Zusammenhang mit der Zunahme des Wellendurchmessers. Aufbauend auf diesen Versuchen wurden sowohl die eingesetzte Ofentechnologie als auch die verwendeten Bauteile und Materialien gezielt variiert. Ausgehend von einem kontinuierlich arbeitenden Entbinder- und Sinterofen und der oben beschriebenen Welle aus Wolframcarbid-6-Cobalt mit Kegelrad konnten die Randbedingungen zur Erzeugung der sintergefügten Verbindungen festgelegt werden.

Die Qualität der hergestellten Baugruppen wurde mit Hilfe geeigneter Verfahren und Methoden analysiert und bewertet. Anschließend wurde das Verfahren übertragen, indem sowohl der Durchmesser, die Geometrie und das Material der Welle sowie auch der Durchmesser des Zahnrades gemeinsam mit dessen Höhe variiert wurden. Die für das Sinterfügen von μ MIM-Baugruppen notwendigen einzelnen Verfahrensschritte wurden in einer entsprechend konzipierten automatisierten Prozesskette umgesetzt und optimiert, um die prozesssichere Herstellung der μ MIM Baugruppen zu gewährleisten. ■

Automatisierte Herstellung
sintergefügter Bauteile
am wbk



Sintergefügte Wellen-
Nabe-Verbindung



Zusätzlich wurde ein geeigneter Fertigungsprozess für die automatisierte Herstellung sintergefügter Verbindungen von μ MIM-Bauteilen konzipiert und aufgebaut. Anhand einer Welle-Nabe-Verbindung wurde im ersten Schritt die Festigkeit der Verbindung zwischen einer gesinterten Welle aus Wolframcarbid-6-Cobalt und einem im Grünzustand mit der Welle zusammengesetzten Kegelrad aus Carbonyleisen untersucht.

Dabei wurde der Durchmesser des Kegelrades im Grünzustand konstant gehalten und der

Kugelgewindetriebe

Aufbau eines kombinierten belastungs- und zustandsorientierten Diagnose- und Prognosesystems

Zusammenfassung

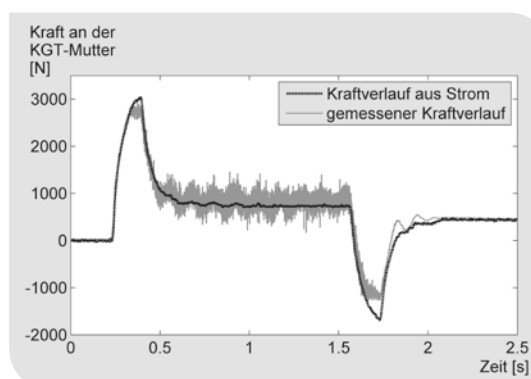
Die Anforderungen an moderne Produktionsanlagen bezüglich ihrer Verfügbarkeit stiegen in den vergangenen Jahren stark an. Zielsetzung dieser Dissertation ist die Ausarbeitung eines Diagnose- und Prognosesystems zur Ausfallfrüherkennung von Kugelgewindetrieben (KGT). Durch diese Ausfallfrüherkennung wird eine Steigerung der technischen Verfügbarkeit erzielt. Dieses Diagnose- und Prognosesystem kombiniert hierzu eine aufwandsärmere, belastungsbasierte Methode mit einer genaueren, zustandsorientierten Methode. Zustandsorientierte Methoden schließen von gemessenen Merkmalen auf den aktuellen Zustand einer spezifischen Komponente. Belastungsbasierte Methoden hingegen schätzen die Restlebensdauer einer Komponente aus der Belastung, welche auf die Komponente wirkt.

Zunächst wurde die zustandsorientierte Methode ausgewählt, analysiert und konfiguriert. Die Schwingungsmessung wurde hierbei als zielführendste Methode identifiziert. Diese Methode wurde dann konfiguriert, indem mögliche Einflussfaktoren auf das Ergebnis der Methode analysiert wurden. Diese Einflussfaktoren sind beispielsweise die Parameter Temperatur, Belastung und Drehzahl des Kugelgewindetriebes während der Ausführung der Methode.

Das Ergebnis dieser Analyse sind Empfehlungen, wie die Parameter der Einflussfaktoren konfiguriert werden sollten, um ein möglichst gutes Ergebnis bei der Durchführung der Methode zu erzielen. Im nächsten Schritt wurde die belastungsbasierte Methode ausgewählt. Nach eingehenden Untersuchungen wurde die Methode der Belastungsermittlung aus dem Motorstrom als geeignet bewertet.

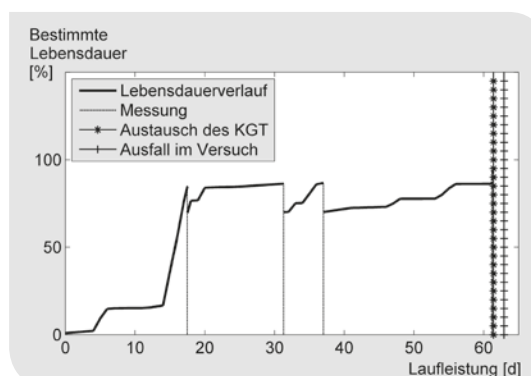
Basierend auf diesen Ergebnissen wurde dann ein Diagnose- und Prognosesystem ausgearbeitet. Abschließend wurde das vorgeschlagene System bezüglich seiner technischen und wirtschaftlichen Wirkung validiert. Von den untersuchten 14 KGT kann bei 13 KGT der Austausch des KGT rechtzeitig empfohlen werden. Da innerhalb des Systems ein Ausfallrisiko von 10 % vorgesehen ist, entspricht dies dem erwarteten Ergebnis. Im Mittel kann der KGT bei 93,0 % der realen Lebensdauer getauscht werden und die Methode benötigt im Mittel 4,7 Messungen dazu.

Im Folgenden wurden diese technischen Ergebnisse auch wirtschaftlich validiert. Dazu wurde zunächst die Berechnung der Kosten eines geplanten Austauschs und eines ungeplanten Ausfalls eingeführt. Anschließend wurde das Diagnose- und Prognosesystem auf der Basis von zwei beispielhaften Business Cases validiert. ■



Dr.-Ing.
Heiko Hennrich

Belastungsermittlung
aus dem Motorstrom



Diagnose- und
Prognosesystem

RTM-Bauteilen



Ultraschall-Strömungsgreifer für die Handhabung textiler Halbzeuge bei der automatisierten Fertigung



Dr.-Ing. Alexander Ochs

Motivation

Aufgrund hervorragender spezifischer Eigenschaften gelten endlosfaserverstärkte Kunststoffbauteile (EFVK-Bauteile) als eine vielversprechende Alternative zu den bisher im Fahrzeugbau dominierenden metallischen Tragstrukturen. Eines der wichtigsten Herstellverfahren für EFVK-Bauteile in der Automobilindustrie ist das Resin Transfer Moulding Verfahren (RTM-Verfahren). Aufgrund fehlender Automatisierungsansätze beruht dieses Verfahren vorwiegend auf manuellen Arbeitsschritten, was eine wirtschaftliche Herstellung der Bauteile erschwert. Als Ausgangsbasis der EFVK-Bauteile dienen textile Halbzeuge, welche aufgrund ihrer Eigenschaften eine große Herausforderung für die in einer automatisierten Produktion benötigten Greifsysteme darstellen.

gen des Bauteils verwendet. Zur Überwindung der wirkenden Adhäsionskräfte wird der Effekt der Massenträgheit des anhaftenden Bauteils ausgenutzt. Das Lösen eines adhäsiven Kontaktes auf diese Weise stellt einen neuen Ansatz dar, weshalb zunächst ein grundlegendes Prozessverständnis des schwingungsunterstützten Lösens bezüglich erzielbarer Kräfte mittels Analogiebildung zur Schwingungstechnik erarbeitet wird. Das Potential, das sich aus der Kombination der zuvor genannten Wirkprinzipien in einem Greifer ergibt, ist vor allem in dem prozesssicheren Umgang mit adhäsiven Hilfsstoffen, im Absortieren einzelner Textillagen sowie in der Beeinflussung der übertragbaren Querkraft durch eine Überlagerung des Strömungsgreifens mit einer Ultraschallschwingung zu sehen.



Ultraschall-Strömungsgreifer

Vorgehensweise und Ergebnisse

Der Nachweis der Funktionsfähigkeit des Greifers sowie der erarbeiteten theoretischen Grundlagen erfolgt am Beispiel des prototypisch umgesetzten Greifelements. Anschließend wird ein Vergleich des realisierten Greifers mit dem Stand der Technik durchgeführt, bevor abschließend eine Einordnung in die RTM-Prozesskette vorgenommen wird. ■

Zielsetzung und Ansatz

Ziel der Dissertation ist die Entwicklung eines Greifers, welcher die Automatisierbarkeit der manuell geprägten Handhabungsschritte bei der Herstellung von EFVK-Bauteilen im RTM-Verfahren ermöglicht. Dazu werden zunächst die Anforderungen an ein solches Produkt ermittelt, bevor der Stand der Technik dahingehend analysiert und daraus das Defizit bestehender Technologien abgeleitet wird. Bei der Umsetzung werden die Vorteile adhäsiver Systeme mit denen der Vakuumtechnik zu einem neuen Greifelement kombiniert. Basis dieser Technologie bildet die Kombination aus adhäsivem Greifen und schwingungsunterstütztem Lösen, welche in Verbindung mit dem klassischen Strömungsgreifen zu einem neuen Greifer weiterentwickelt wird. Beim schwingungsunterstützten Lösen werden gezielt eingebrachte piezoelektrisch erzeugte Ultraschallschwingungen zum Lösen des adhäsiven Kontaktes beim Able-

Adaptronischen Kugelgewindetriebe

Piezelektrischer Self-Sensing-Aktor zur Vorspannungsregelung

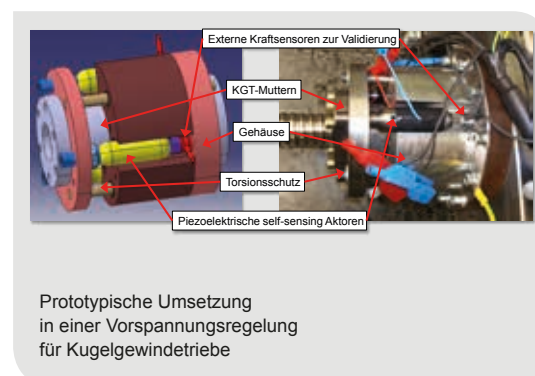
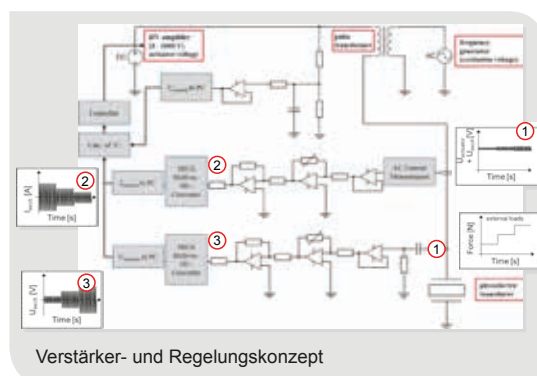
Zusammenfassung

Ziel der Dissertation ist die Konzeption eines bauraumeffizienten piezelektrischen Self-Sensing-Aktors, der in einer aktiven Vorspannungsregelung in einem adaptronischen Kugelgewindetrieb (KGT) als zeitsimultanes Mess- und Stellglied zum Einsatz kommt. Da der zu detektierende Verschleiß in KGTs langsam vorangeht, sind auch langsam veränderliche bzw. statische Größen, die normalerweise mit piezelektrischen Wandlern nicht erfasst werden können, mit dem Self-Sensing-Aktor ohne zusätzliche, meist kostenintensive Sensorik zu messen. Die Basis für die Realisierung dieser Messbereichserweiterung bildet in der Dissertation die Ausnutzung von Admittanzänderungen resonant erregter piezelektrischer Wandler.

getestet und stellt einen weiteren Schwerpunkt der Forschungsarbeiten zum Self-Sensing-Aktor dar. Nach der Konzeption des Self-Sensing-Aktors inklusive des Hybridverstärkers und den erforderlichen Prüfstandsuntersuchungen wird das mechanische Konzept für den adaptronischen Kugelgewindetrieb aufgestellt. Der mechanische Aufbau des adaptronischen KGTs wird anschließend in einen Vorschubachsen-Prüfstand integriert. Zur Validierung des gesamten Systems werden umfangreiche Messungen durchgeführt, die neben dem leistungselektronischen Teil auch die Vorspannungsregelung bei laufender Achse des Vorschubachsen-Prüfstands umfassen. Zum Abschluss der Arbeiten werden weitere Einsatzmöglichkeiten der entwickelten Technologie aufgezeigt und diskutiert.



Dr.-Ing. Stefan Herder



Für den Self-Sensing-Aktor werden die mathematischen Zusammenhänge und grundsätzlichen Mechanismen bei resonanter Anregung untersucht und daraus Konzepte für den Systemaufbau abgeleitet. Zur weiteren Untersuchung der Self-Sensing-Technologie wird ein Prüfstand aufgebaut, mit dem die notwendigen Parameterstudien durchgeführt werden. Die Erkenntnisse aus den Prüfstandsuntersuchungen zum Admittanz-Frequenzverhalten und der Einfluss weiterer Parameter münden in eine Methode zur Auffindung der optimalen Anregungsfrequenz des Self-Sensing-Aktors.

Weiterhin werden das Hysterese-, Kriech- und Steifigkeitsverhalten des Self-Sensing-Wandlers sowie das Temperaturverhalten unter resonanter Anregung analysiert. Das entwickelte Konzept des Self-Sensing-Aktors erfordert eine Leistungselektronik in Form eines Hybridverstärkers. Dieser Hybridverstärker wird prototypisch umgesetzt und



Zeitschriften

Ayhan, S.; Bauer, J.; Gerdes, A.; Grimske, S.; Heinze, T.; Kern, D.; Müller, C.; Pollmann, J.:

Effektiv auf kleinstem Raum

in: *maschine+werkzeug*, (2013), Heft/Band 02, Carl-Hanser Verlag, München, S. 76-77.

Bauer, J.; Kern, D.; Ayhan, S.; Scherr, S.; Fleischer, J.; Seemann, W.; Zwick, T.:

Planar positioning stage for micro machining

in: *Production Engineering*, Jahrgang 2013, Special Issue, Springer Verlag, ISBN/ISSN DOI: 10.1007/s11740-013-0474-2.

Diaz-Elsayed, N.; Jondral, A.; Greinacher, S.; Dornfeld, D.; Lanza, G.:

Assessment of lean and green strategies by simulation of manufacturing systems in discrete production environments

in: *CIRP Annals - Manufacturing Technology*, Jahrgang 2013, Heft/Band 62, ISBN/ISSN 0007-8506, pp. 475-478.

Fleischer, J.; Dosch, S.:

Roboterassistiertes Führen von Strangpressprofilen

in: *wt Werkstattstechnik online*, Jahrgang 2013, Heft/Band 09, Springer, Düsseldorf, S. 74.

Fleischer, J.; Leberle, U.:

Intelligenter piezoelektrischer phasenflexibler Schwingförderer Intelligent piezoelectric decoupled vibratory feeder

in: *Konstruktion*, Jahrgang 2013, Heft/Band 10, Springer VDI Verlag, Düsseldorf, S. 91-95.

Fleischer, J.; Ruprecht, E.; Haag, S.:

Handhaben von Batteriezellen

in: *wt Werkstattstechnik online*, Jahrgang 103 (2013), Heft/Band 9-2013, Springer-VDI-Verlag, Düsseldorf, S. 644-648.

Fleischer, J.; Otter, M.; Beuke, F.:

Method to compensate production related deviations for the assembly of space-frame structures

Production Engineering, (2013), Research and Development, ISSN 0944-6524, Prod. Eng. Res. Devel., DOI 10.1007/s11740-013-0501-3.

Fleischer, J.; Bauer, J.; Koch, S.-F.; Wagner, H.:

CFK als Enabler im Werkzeugmaschinenbau

in: *VDI-Z, Integrierte Produktion*, Jahrgang 155, (2013), Heft/Band 7/8, Springer VDI Verlag, Düsseldorf, S. 74-76.

Fleischer, J.; Schädel, J.:

Joining automotive space frame structures by filament winding

in: *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology*, (2013), Heft/Band Nr.6, <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1755581713000059>, Verlag Elsevier, München, S. 98-101.

Fleischer, J.; Lanza, G.; Otter, M.; Elser, J.:

Flexible Montage leichter Rahmenstrukturen

in: *VDI-Z Integrierte Produktion*, Jahrgang 2013, Heft/Band 6, Springer Verlag, S. 28 - 30.

Fleischer, J.; Gebhardt, J.:

Lokale Verstärkungen schnell erzielen

in: *Maschinen Markt Composites World*, (2013), Heft/Band 4, Verlag Vogel Business Media GmbH & Co. KG, Würzburg, S. 15-17.

Fleischer, J.; Lanza, G.; Appel, D.; Stricker, N.; Hennrich, H.; Herder, S.:

Life Cycle Performance 4.0 – Strategische und technische Lösungen für den intelligenten Betrieb von Maschinen und Anlagen

in: *wt Werkstattstechnik online*, Jahrgang 103 (2013), Heft/Band 2, Verlag Springer-VDI-Verlag, Düsseldorf, S. 124-129.

Fleischer, J.; Wagner, H.:

Technologieplanung zur automatisierten Fertigung von Preforms für CFK-Halbzeuge

in: *Lightweightdesign*, Jahrgang 6 (2013), Heft/Band 1, Verlag Springer Vieweg, Wiesbaden, ISBN/ISSN 1865-4819, S. 30-33.

Gerstenmeyer, M.; Klotz, S.; Zanger, F.; Schulze, V.:

Untersuchungen zum Einspannen von FVK

in: *MM Maschinenmarkt Composites World*, Jahrgang 2013, Heft/Band Oktober 2013, Vogel Business Media, Würzburg, S. 14-17.

Koch, S.-F.; Bauer, J.; Horsch, J.; Wagner, H.; Fleischer, J.:

Maschinenkomponenten mit adaptierbarer Eigenfrequenz

in: *ZWF Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb*, Jahrgang 2013, Heft/Band 7-8, Carl-Hanser Verlag, München, S. 487-491.

Kümmel, J.; Poser, K.; Zanger, F.; Michna, J.; Schulze, V.:

Surface layer states of worn uncoated and TiN-coated WC/Co-cemented carbide cutting tools after dry plain turning of carbon steel

in: *Advances in Tribology*, Heft/Band 2, Volume 2013, Article ID 519686, Verlag Hindawi, pp. 1-10.

Lanza, G.; Sauer, A.; Kölmel, A.:

Planung einer wandlungsfähigen Batteriemontage

in: *wt Werkstattstechnik online*, Jahrgang 103 (2013), Heft 4, Springer-VDI-Verlag GmbH & Co. KG, Düsseldorf, S. 281-284.

Lanza, G.; Arndt, T.; Häfner, B.:

Über alle Grenzen hinweg – Qualitätssicherung in globalen Wertschöpfungsnetzwerken

in: *QZ Qualität und Zuverlässigkeit*, Jahrgang 2013, Heft/Band 12, Carl Hanser, München, S. 26-29.

Lanza, G.; Brabandt, D.; Kölmel, A.; Häfner, B.:

Trends in der Fertigungsmesstechnik – Im Wechselspiel mit den Anforderungen

in: *QZ Qualität und Zuverlässigkeit*, Jahrgang 2013, Heft/Band 11, Carl Hanser Verlag, München, S. 44-47.

Lanza, G.; Häfner, B.:

Datenfusion bei der Messung von Mikrozahnradern

in: *wt Werkstattstechnik online*, Jahrgang 2013, Heft/Band 11/12, Springer VDI-Verlag, Düsseldorf, S. 841-846.

Lanza, G.; Appel, D.; Stricker, N.:

TCO 2.0 – Ein Weg zu mehr Transparenz und Kommunikation

in: *wt Werkstattstechnik online*, Jahrgang 2013, Heft/Band 7/8, Springer-VDI-Verlag, Düsseldorf, S. 605-609.

Peter, M.; Sell-Le Blanc, F.; Fleischer, J.:

Trends im Elektromaschinenbau: Herausforderungen und aktuelle Entwicklungen der Produktionstechnik

in: *Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb*, Jahrgang 108 (2013), Heft/Band 06, Hanser Verlag, München, S. 435-439.

Ruprecht, E.; Kaiser, J.:

Kostenoptimierte Batterie-Zellfertigung
in: ATZ elektronik, Jahrgang 2013, Heft/Band 3,
Springer-Verlag, Heidelberg, ISBN/ISSN ISSN 1862-
1791, S. 180-185.

Schädel, J.:

Verbinden durch Umwickeln
– Flexibles Fügeverfahren am wbk Institut
für Produktionstechnik
in: Carbon Composites Magazin, Jahrgang 2013, Heft/
Band 2, S. 31.

Schulze, V.; Zanger, F.; Ambrosy, F.:

**Investigation of the Impact of Orthogonal
Cutting Processes on Nanocrystalline Surface
Layer Generation**
in: Key Engineering Materials, (2013), Vols. 554-557,
Verlag Trans Tech Publications, Switzerland, pp. 2009-
2020.

*Schulze, V.; Michna, J.; Zanger, F.; Faltin, C.; Maas, U.;
Schneider, J.:*

**Influence of cutting parameters, tool coatings
and friction on the process heat in cutting
processes and phase transformations in
workpiece surface layers**
in: HTM Journal of Heat Treatment and Materials,
Jahrgang 68 (2013), Heft/Band 1, Carl Hanser Verlag,
München, pp. 22-31.

Wagner, H.; Brabandt, D.; Lanza, G.; Fleischer, J.:

**Preforming von CFK-Halbzeugen im
Spannungsfeld der Stückzahl**
– Effiziente Herstellung von Preforms
mit endkonturnaher Geometrie
in: VDI-Z Integrierte Produktion, Jahrgang 2013, Heft/
Band 6 (2013), Springer-VDI-Verlag GmbH & Co. KG,
Düsseldorf, ISBN/ISSN 0042-1766, S. 64-66.

Bücher

Lanza, G.; Ruhrmann, S.:

**Leitfaden zur Planung und Durchführung von
Sourcingprojekten**
in: FQS-DGQ-Schriftenreihe, Frankfurt am Main, Auflage 1.

Dissertationen

Jondral, A.:

**Simulationsgestützte Optimierung
und Wirtschaftlichkeitsbewertung
des Lean-Methodeneinsatzes**
in: Shaker Verlag, Aachen, Reihe wbk 171, 2013.

Ruhs, C.:

**Automatisierte Prozessabfolge
zur qualitätssicheren Herstellung
von Kavitäten mittels Mikrobahnerosion**
in: Shaker Verlag, Aachen, Reihe wbk 172, 2013.

Peters, S.:

**Markoffsche Entscheidungsprozesse
zur Kapazitäts- und Investitionsplanung
von Produktionssystemen**
in: Shaker Verlag, Aachen, Reihe wbk 173, 2013.

Kühlewein, C.:

**Untersuchung und Optimierung
des Wälzsälverfahrens
mit Hilfe von 3D-FEM-Simulation**
in: Shaker Verlag, Aachen, Reihe wbk 174, 2013.

Dieckmann, A.-M.:

**Auslegung und Fertigungsprozessgestaltung
sintergefügter Verbindungen für μ -MIM-Bauteile**
in: Shaker Verlag, Aachen, Reihe wbk 175, 2013.

Hennrich, H.:

**Aufbau eines kombinierten belastungs-
und zustandsorientierten Diagnose- und
Prognosesystems für Kugelgewindetriebe**
in: Shaker Verlag, Aachen, Reihe wbk 176, 2013.

Herder, S.:

**Piezoelektrischer Self-Sensing-Aktor
zur Vorspannungsregelung
in adaptronischen Kugelgewindetrieben**
in: Shaker Verlag, Aachen, Reihe wbk 177, 2013.

Ochs, A.:

**Ultraschall-Strömungsgreifer für die
Handhabung textiler Halbzeuge bei der
automatisierten Fertigung von RTM-Bauteilen**
in: Shaker Verlag, Aachen, Reihe wbk 178, 2013.

Buchbeiträge

Fleischer, J.; Schöning, S.; Gebhardt, J.; Hennrich, H.:

Montage von Werkzeugmaschinen
in: Carl Hanser Verlag, München, Spur, s, Handbuch
Fügen, Handhaben, Montieren, Auflage 2, ISBN 978-3-
446-42827-0, S. 734-750.

Lanza, G.; Brabandt, D.:

**Design of a measurement machine
for quality assurance of preforms
in the CFRP process chain**
in: Apprimus Verlag, Aachen, Robert Schmitt, Harald
Bosse, ISMTII 2013: Metrology - Master Global Challen-
ges, Auflage 1, ISBN 978-3-863-59138-0, pp. 255-256.

Otter, M.:

**Prozesskette zur flexiblen Herstellung leichter
Aluminium-Tragwerksstrukturen**
in: Shaker Verlag, Aachen, Fleischer, J.; Lanza, G.;
Schulze, V., Hybrider Leichtbau - Metall trifft Faserver-
bund, ISBN 978-3-8440-2208-7, (2013), Reihe Tagungs-
band zur wbk-Herbs, S. 39-53.

Zwirello, L.; Dosch, S.; Fleischer, J.; Zwick, T.:

**Mobile Arbeitsmaschinen simultan orten
und ansteuern**
in: publish-industry Verlag GmbH, München, publish-in-
dustry Verlag GmbH, E&E Compendium 2013, S. 267-270.

Konferenzbeiträge

Bauer, J.; Fleischer, J.:

Design approach for an adaptable highly integrated hydraulic feed axis

23rd CIRP Design Conference, 11.3.2013 - 13.3.2013, Bochum, Deutschland, Verlag Springer, Herausgeber/Veranstalter Michael Abramovici, Rainer Stark, Band, Smart Production Engineering - Proceedings of the 23rd CIRP Design Conference, Heidelberg, New York, Dordrecht, London, ISBN 978-3-642-30817-8, pp. 593-602.

Ehrmann, C.; Herder, S.:

Integrated Diagnostic and Preload Control for Ball Screw Drives by Means of Self-Sensing Actuators

WGP Congress 2013, 22.07.2013 - 23.07.2013, Erlangen, Deutschland, Trans Tech Publications, Herausgeber/Veranstalter M. Merklein, J. Franke, H. Hagenah, Progress in Production Engineering, Switzerland, ISBN 978-3-03785-791-5, pp. 271-277.

Fleischer, J.; Gebhardt, J.:

Experimental Investigation of Metal Inserts Embedded in Composite Parts Manufactured by the RTM Process

13th Japan International SAMPE Symposium and Exhibition, 11.11.-13.11.2013, Nagoya, Japan, A Great Bridge from Practice and High Volume to Science and High Performance, pp. 1-6.

Fleischer, J.; Krauß, M.:

Physically consistent parameter optimization for the generation of pose independent simulation models using the example of a 6-axis articulated robot

8th CIRP Conference on Intelligent Computation in Manufacturing Engineering, 18.07.2012 - 20.07.2012, Neapel, Italien, Elsevier, Band 12 (2013), Procedia CIRP, pp. 217 - 221.

Fleischer, J.; Wagner, H.:

Automatische Herstellung von Preforms für schalenförmige CFK-Bauteile durch Anwendung einer featurebasierten Technologieplanung

19. Symposium Verbundwerkstoffe und Werkstoffverbunde, 03.07.2013 - 05.07.2013, Karlsruhe, Deutschland, Herausgeber/Veranstalter Prof. A. Wanner, Dr. K. Weidenmann, Verbundwerkstoffe, ISBN 978-3-00-042309-3, S. 944-959.

Fleischer, J.; Ochs, A.; Förster, F.:

Gripping Technology for Carbon Fibre Material

CIRP International conference on competitive manufacturing, 30.01.2013, Stellenbosch, Südafrika, Herausgeber/Veranstalter Department of Industrial Engineering Stellenbosch University, Green manufacturing for a blue planet, ISBN 978-0-7972-1405-7, pp. 65-71.

Gebhardt, J.; Schädel, J.:

Kontinuierliche Fasern zur lokalen Verstärkung und zum automatisierten Fügen

KITe hyLITE Jubiläums - Workshop 5 Jahre innovationscluster, 19.06.2013 - 20.06.2013, Pfinztal, Deutschland, Join the best, S. 01-24.

Gueltig, M.; Yin, R.; Haefner, B.; Kohl, M.:

Applications of Ferromagnetic Shape Memory Alloy (FSMA) Films and Foils

3rd International Conference on Materials and Applications for Sensors and Transducers, 13.-17.09.2013, Prag, Tschechien, Proceedings of the 3rd International Conference on Materials and Applications for Sensors and Transducers, pp. 1-25.

Gueltig, M.; Haefner, B.; Ohtsuka, M.; Kohl, M.:

Thermal energy harvesting based on ferromagnetic shape memory alloy microactuation

17th International Conference on Solid-State Sensors, Actuators and Microsystems, 16.06.2013 - 20.06.2013, Barcelona, Spanien, Proceedings 17th International Conference on Solid-State Sensors, Actuators and Microsystems, pp. 1-4.

Häfner, M.; Häfner, B.:

Automatisierte Kalibrierung von Gewichtstücken und Massenormalen

6. Fachtagung Messunsicherheit praxisgerecht bestimmen, 5.-6.11.2013, Braunschweig, Deutschland, VDI Verlag, Herausgeber/Veranstalter VDI Wissensforum, VDI-Berichte 2216, Düsseldorf, ISBN 978-3-18-092216-4, S. 67-78.

Hennrich, H.; Fleischer, J.:

Increase of maintenance efficiency by a hybrid diagnosis and prognosis approach

Lamdamap 10th International Conference, 20.03. - 21.03.2013, Buckinghamshire, UK, Laser Metrology and Performance X, pp. 7-17.

Klimscha, K.; Fleischer, J.:

Analysis of the influence of assembly force on joint strength during MIM sinter joining

EURO PM2013 congress & exhibition, 15.-18.09.2013, Gothenburg, Sweden, European Powder Metallurgy Association, Herausgeber/Veranstalter European Powder Metallurgy Association, Band Vol 1, Vol 1, Strewsbury, ISBN 978-1-899072-40-8, pp. 311-316.

Klimscha, K.; Fleischer, J.:

Automatisiertes MIM-Sinterfügen – Potentiale in der Mikroproduktion

6. Kolloquium Mikroproduktion, 08.10.2013, Braunschweig, Deutschland, Shaker Verlag, Herausgeber/Veranstalter Tutsch, R., Band 10, 6. Kolloquium Mikroproduktion, Aachen, ISBN 978-3-8440-2243-8, S. 33.

Koch, S-F.:

Hybrider Leichtbau:

Herausforderung für die Produktionstechnik

IHK-Technologie-Akademie Mittelstand, 20.11.2013, Pfinztal, Deutschland, Tagungsbroschüre, S. 1-26.

Lanza, G.; Stricker, N.; Moser, R.:

Concept of an intelligent Production Control for Global Manufacturing in dynamic Environments based on Rescheduling

IEEE Industrial Conference on Industrial Engineering and Engineering Management, 10.12.2013 - 13.12.2013, Bangkok, Thailand, Herausgeber/Veranstalter IEEE, Band CFP13IEI-USB, Proceedings of the 2013 IEEE IEEM, ISBN 978-1-4799-0985-8, pp. 1-5.

Lanza, G.; Haefner, B.:

Flächenhafte Messung von Mikrozahnrädern mittels Computertomographie und Koordinatenmesstechnik

6. Kolloquium Mikroproduktion, 8.10.2013, Braunschweig, Deutschland, Tagungsband 6. Kolloquium Mikroproduktion, S. 1-6.

Lanza, G.; Haefner, B.; Gibmeier, J.:

Methodology for the lifetime prediction of micro gears dependent on present shape deviations and the material structure

22nd European Safety and Reliability Conference (ESREL), 30.09.2013 - 02.10.2013, Amsterdam, Niederlande, Proceedings of the 22nd European Safety and Reliability Conference, pp. 1-7.

Lanza, G.; Sauer, A.; Kölmel, A.:

Configuration of a multi-use battery production
CIRP 5th International Conference on Changeable, Agile, Reconfigurable and Virtual Production, 06.10.2013 - 09.10.2013, München, Deutschland, Enabling Manufacturing Competitiveness and Economic Sustainability, pp. 473-478.

Lanza, G.; Stoll, J.; Krämer, A.:

Assessment of Lamination Stack Production
2013 3rd International Electric Drives Production Conference (EJDPC), 29.-30.10.2013, Nuremberg, Germany, Proceedings, ISBN 978-1-4799-1102-8, pp. 52-59.

Lanza, G.; Ruhmann, S.; Moser, E.:

Planning Approach for Designing and Evaluating Product and Production Adaptations to Local Market Conditions
CARV 2013 – 5th International Conference on Changeable, Agile, Reconfigurable and Virtual Production, 06.10.2013 - 9.10.2013, München, Deutschland, Springer, Herausgeber/Veranstalter Michael F. Zaeh, Enabling Manufacturing Competitiveness and Economic Sustainability, ISBN 978-3-319-02054-9, pp. 297-302.

Lanza, G.; Stricker, N.; Stoll, J.:

Innovative product-services for robust global supply chains – a viewpoint
17th Cambridge International Manufacturing Symposium, 19.09.2013 - 20.09.2013, Cambridge, United Kingdom, Disruptive supply network models in future industrial systems: configuring for resilience and sustainability, pp. 1-12.

Lanza, G.; Greinacher, S.; Jondral, A.; Moser, R.:

Monetary Assessment of an Integrated Lean-/Green-Concept
11th Global Conference on Sustainable Manufacturing, 23.09.2013 - 25.09.2013, Berlin, Germany, Universitätsverlag der TU Berlin, Herausgeber/Veranstalter Günther Seliger, Innovative Solutions, Berlin, ISBN 978-3-7983-2608-8, pp. 548-553.

Lanza, G.; Haefner, B.:

Areal Characterization of Micro Gears by means of Computed Tomography
11th International Symposium on Measurement and Quality Control (ISMQC), 11.09.2013 - 13.09.2013, Krakau, Polen, Herausgeber/Veranstalter International Measurement Confederation (IMEKO), Proceedings of the 11th International Symposium on Measurement and Quality Control, pp. 1-4.

Lanza, G.; Moser, R.; Jondral, A.:

Method for the identification of point in time for changes in production networks
6th International Conference on Management and Control of Production and Logistics, 11.09.2013 - 13.09.2013, Fortaleza, Brasilien.

Lanza, G.; Brabandt, D.; Bingemann, P.:

Timesaving quality assurance for preforming in the automotive serial production of CFRP
19th International Conference on Composite Materials, 28.07.2013 - 02.08.2013, Montreal, Kanada, eProceedings by: Electronic Publishing BytePress.com, Herausgeber/Veranstalter Suong Van Hoa; Pascal Hubert, Composite Materials: The Great Advance, pp. 8309-8317.

Lanza, G.; Koelmel, A.; Peters, S.; Sauer, A.; Stockey, S.:

Automated Optical Detection of Particles and Defects on a Li-Ion-Cell Surface Using a Single-Point Analysis
IEEE International Conference on Automation Science and Engineering (CASE), 17.8.2013 - 21.8.2013, Madison, Wisconsin, USA, Proceedings of the 2013 IEEE International Conference on Automation Science and Engineering, pp. 687 - 692.

Lanza, G.; Ruhmann, S.; Stricker, N.; Kohl, M.:

OPTIMIZATION MODEL FOR VALUE-ADDED NETWORKS OF GLOBALLY OPERATING COMPANIES
22nd International Conference on Production Research, 28.07.2013 - 01.08.2013, Iguassu Falls, Brasilien, CHALLENGES FOR SUSTAINABLE OPERATIONS, S. 1-7.

Lanza, G.; Stoll, J.; Gerbe, S.:

Technology selection for electric drive production with a game theoretic approach
WGP Congress 2013, 23.07.2013, Nuremberg, Germany, Trans Tech Publications, Advanced Materials Research Vol. 769, WGP Congress 2013 - Progress in Production Engineering, pp. 303-310.

Lanza, G.; Book, J.; Kippenbrock, K.; Saxena, A.:

Innovative Quality Strategies for Global Value-Added-Networks
Robust Manufacturing Control, 18.06.2012 - 20.06.2012, Bremen, Germany, Springer-Verlag, Herausgeber/Veranstalter Katja Windt, Lecture Notes in Production Engineering, Berlin, ISBN 978-3-643-30748-5, pp. 271-286.

Lanza, G.; Haefner, B.:

Measurement Setup for the Experimental Evaluation of Micro Gears
13th International Conference of the European Society for Precision Engineering & Nanotechnology, 27.05.2013 - 31.05.2013, Berlin, Germany, Sieca Repro, Herausgeber/Veranstalter European Society for Precision Engineering & Nanotechnology, Conference Proceedings Volume I, Delft, Netherlands, ISBN 978-0-9566790-2-4, pp. 128-131.

Lanza, G.; Stricker, N.; Peters, S.:

Ad-hoc Rescheduling and Innovative Business Models for Shock-robust Production Systems
Forty Sixth CIRP Conference on Manufacturing Systems 2013, 29.05.2013 - 31.05.2013, Setubal, Portugal, Band Volume 7, Procedia CIRP, pp. 121-126.

Lanza, G.; Stoll, J.; Stricker, N.; Peters, S.; Lorenz, C.:

Measuring Global Production Effectiveness
Forty Sixth CIRP Conference on Manufacturing Systems 2013, 28.05.2013 - 31.05.2013, Sesimbra Portugal, Elsevier, Band 7, Procedia CIRP, pp. 31-36.

Lanza, G.; Stricker, N.:

Reliability 2.0 - Challenges in Reliability of Future Production Systems
International Applied Reliability Symposium, 17.04.2013 - 19.04.2013, Berlin, Deutschland, Herausgeber/Veranstalter ReliaSoft Corporation, Symposium Proceedings International Applied Reliability Symposium Europe 2013, Tucson, Arizona, USA, pp. 441-453.

Lanza, G.; Blank, T.; Haefner, B.:

Design for Testability for Micro-Mechatronic Systems
23rd CIRP Design Conference, 11.03.2013 - 13.03.2013, Bochum, Deutschland, Proceedings 23rd CIRP Design Conference, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg.

Lanza, G.; Stricker, N.; Appel, D.:

Calculation of Maintenance Costs on Poor Data Basis and Implementation in Industrial Practice
5th CIRP International Conference on Industrial Product-Service Systems, 14.03.2013 - 15.03.2013, Bochum, Germany, Verlag Springer, Herausgeber/Veranstalter Horst Meier, Product-Service Integration for Sustainable Solutions, Heidelberg, ISBN 978-3-642-30819-2, pp. 597-608.

Lanza, G.; Sauer, A.:

Quality-Oriented Production Planning of Battery Assembly for Automotive Application
CIRP Production Systems and Organization Scientific Technical Committee, 24.01.2013, Paris, Frankreich.

Leberle, U.; Fleischer, J.:

Automated Modular Part-flexible Feeding System for Micro Parts

Proceedings of the 13th euspen International Conference, 27.05.2013 - 31.05.2013, Berlin, Deutschland, Band 2, conference proceedings volume 2, ISBN 978-0-9566790-2-4, pp. 27-29.

Leberle, U.; Fleischer, J.:

Active piezoelectric 2D-fiber-reinforced plastic spring for the actuation of a vibratory feeder

ASPE 2013 Spring Topical Meeting MIT Laboratory for Manufacturing and Productivity Annual Summit, 21.04.2013 - 23.04.2013, Boston, USA, Herausgeber/Veranstalter American Society for Precision Engineering, Proceedings, ISBN 978-1-887706-62-9, pp. 131-135.

Nguyen, T.; Ambrosy, F.:

Optimierung von Tribosystemen durch gezielte Vorwegnahme des Einlaufs in der spanenden Endbearbeitung am Beispiel von Gleitlagerungen

Gleit- und Wälzlagerungen: Gestaltung, Berechnung, Einsatz, 23.04.2013 - 24.04.2013, Schweinfurt, Deutschland, VDI Verlag GmbH, Band 2202, VDI-Tagungsband, Düsseldorf, ISBN 978-3-18-092202-7, S. 177-188.

Peter, M.; Fleischer, J.; Sell-Le Blanc, F.;

Jastrzembski, J-P.:

New conceptual lightweight design approaches for integrated manufacturing processes – Influence of alternative materials on the process chain of electric motor manufacturing

3rd International Electric Drives Production Conference (E|DPC), 29.-30.10.2013, Nürnberg, Deutschland, IEEE, Herausgeber/Veranstalter FAPS, Friedrich-Alexander Universität Erlangen-Nürnberg, Band 3, Conference Proceedings, ISBN 978-1-4799-1102-8, pp. 206-211.

Peters, S.; Lanza, G.:

Production Technology Management

CIRP General Assembly, STC O, Technical Presentation, 19.08.2013 - 24.08.2013, Copenhagen, Denmark.

Peters, S.; Lanza, G.:

Markovian Decision Processes and Queueing Theory for Investment Planning of Production Systems

Stochastic Models of Manufacturing and Service Operations, SMMSO 2013, 25.05.2013 - 30.05.2013, Seeon, Deutschland, pp. 1-8.

Schneider, S.; Krämer, A.; Eppler, F.; Alemye, H.; Hübner, C.; Mikonsaari, I.; Leuthold, J.; Freude, W.; Koos, C.:

Polarization-Sensitive Optical Coherence Tomography for Characterization of Size and Shape of Nano-Particles

Conference on Lasers and Electro-Optics (CLEO): Applications and Technology, 09.06.2013 - 14.06.2013, San Jose, California, USA, Herausgeber/Veranstalter Optical Society of America, CLEO: 2013, pp.1-2.

Schulze, V.; Zanger, F.; Klotz, S.:

Verschleißbedingte Parameteranpassung bei der Bohrungsherstellung in faserverstärkten Kunststoffen

19. Symposium Verbundwerkstoffe und Werkstoffverbunde, 03.07.2013 - 05.07.2013, Karlsruhe, Deutschland, Verbundwerkstoffe, ISBN 978-3-00-042309-3, S. 961-970.

Schulze, V.; Zanger, F.; Ambrosy, F.:

Quantitative microstructural analysis of nanocrystalline surface layer induced by a modified cutting process

WGP Congress 2013, 22.07.2013 - 23.07.2013, Erlangen, Deutschland, Trans Tech Publications, Herausgeber/Veranstalter M. Merklein, J. Franke, H. Hagenah, Progress in Production Engineering, Switzerland, ISBN 978-3-03785-791-5, pp. 109-115.

Schulze, V.; Zanger, F.; Krauß, M.; Boev, N.:

Simulation Approach for the Prediction of Surface Deviations Caused by Process-Machine-Interaction during Broaching

14th CIRP Conference on Modeling of Machining Operations (CIRP CMMO), 13.06.2013 - 14.06.2013, Turin, Italy, Procedia CIRP 8, pp. 251-256.

Schulze, V.; Zanger, F.; Michna, J.; Lang, F.:

3D-FE-Modelling of the Drilling Process – Prediction of Phase Transformations at the Surface Layer

14th CIRP Conference on Modeling of Machining Operations (CIRP CMMO), 13.06.2013 - 14.06.2013, Turin, Italy, Procedia CIRP 8, pp. 33-38.

Schulze, V.; Zanger, F.; Boev, N.:

Numerical Investigations on Changes of the Main Shear Plane while Broaching

14th CIRP Conference on Modeling of Machining Operations (CIRP CMMO), 13.06.2013 - 14.06.2013, Turin, Italy, Procedia CIRP 8, pp. 245-250.

Schulze, V.; Arrazola, P.; Zanger, F.; Osterried, J.:

Simulation of Distortion due to Machining of Thin-walled Components

14th CIRP Conference on Modeling of Machining Operations (CIRP CMMO), 13.06.2013 - 14.06.2013, Turin, Italy, Procedia CIRP 8, pp. 45-50.

Schulze, V.; Zanger, F.; Ambrosy, F.:

Investigation of the Impact of Orthogonal Cutting Processes on Nanocrystalline Surface Layer Generation

16th annual ESAFORM Conference on Material Forming, 22.04.2013 - 24.04.2013, Aveiro, Portugal, Proceedings of the 16th ESAFORM Conference on Material Forming, Switzerland, pp. 2009-2020.

Sell-Le Blanc, F.; Ruprecht, E.; Doppelbauer, M.; Fleischer, J.:

Roadmap zur Standardisierung von Produkt- und Produktionsmerkmalen des elektrischen Antriebsstranges

FVA-Informationstagung, 26-27.11.2013, Würzburg, Deutschland, FVA-Forschungsreport 2013, NN.

Sell-Le Blanc, F.; Ruprecht, E.; Fleischer, J.; Doppelbauer, M.:

Potential for Standardization and Guidelines of Product and Production Features of Electric Drives – Aggregation of survey results for possible electric drive standardization features

3rd International Electric Drives Production Conference (E|DPC), 29.-30.10.2013, Nürnberg, Deutschland, IEEE, Herausgeber/Veranstalter FAPS, Friedrich-Alexander Universität Erlangen-Nürnberg, Band 3, Conference Proceedings, ISBN 978-1-4799-1102-8, pp. 492-497.

Sell-Le Blanc, F.; Ruprecht, E.; Fleischer, J.:

Material based Process Model for Linear Noncircular Coil Winding Processes with large Wire Gauge – Investigation of wire material influences on the winding process and compensation approaches

3rd International Electric Drives Production Conference (E|DPC), 29.-30.10.2013, Nürnberg, Deutschland, IEEE, Herausgeber/Veranstalter FAPS, Friedrich-Alexander Universität Erlangen-Nürnberg, Band 3, Conference Proceedings, ISBN 978-1-4799-1102-8, pp. 128-132.

Stoll, J.; Lanza, G.; Peters, S.:

Flexible series production of lamination stacks

13th Stuttgart International Symposium, 26.02.2013 - 27.02.2013, Stuttgart, Deutschland, Verlag Springer Vieweg, Herausgeber/Veranstalter ATZlive, FKFS, Band 1, Documentation, Wiesbaden, pp. 553-564.

Thoma, B.; Wagner, H.; Ochs, A.:

Produktionstechnische Herausforderungen und Entwicklungen entlang der Prozesskette des Resin Transfer Moulding (RTM)

KITe hylITE Jubiläums - Workshop 5 Jahre innovations-cluster, 19.06.2013 - 20.06.2013, Pfinztal, Deutschland, Join the best, S. 01-22.

Wagner, H.; Brabandt, D.; Förster, F.; Klotz, S.:

Herstellung von hochbelastbaren Bauteilen im Resin-Transfer-Molding Verfahren

wbk Herbsttagung 2013, 24.09.2013, Karlsruhe, Deutschland, Shaker Verlag, Herausgeber/Veranstalter Prof. Dr.-Ing. Jürgen Fleischer, Prof. Dr.-Ing. Gisela Lanza, Prof. Dr.-Ing. habil. Volker Schulze, Hybrider Leichtbau - Metall trifft Faserverbund, Aachen, ISBN 978-3-8440-2208-7, S. 53-68.

Zanger, F.; Schulze, V.:

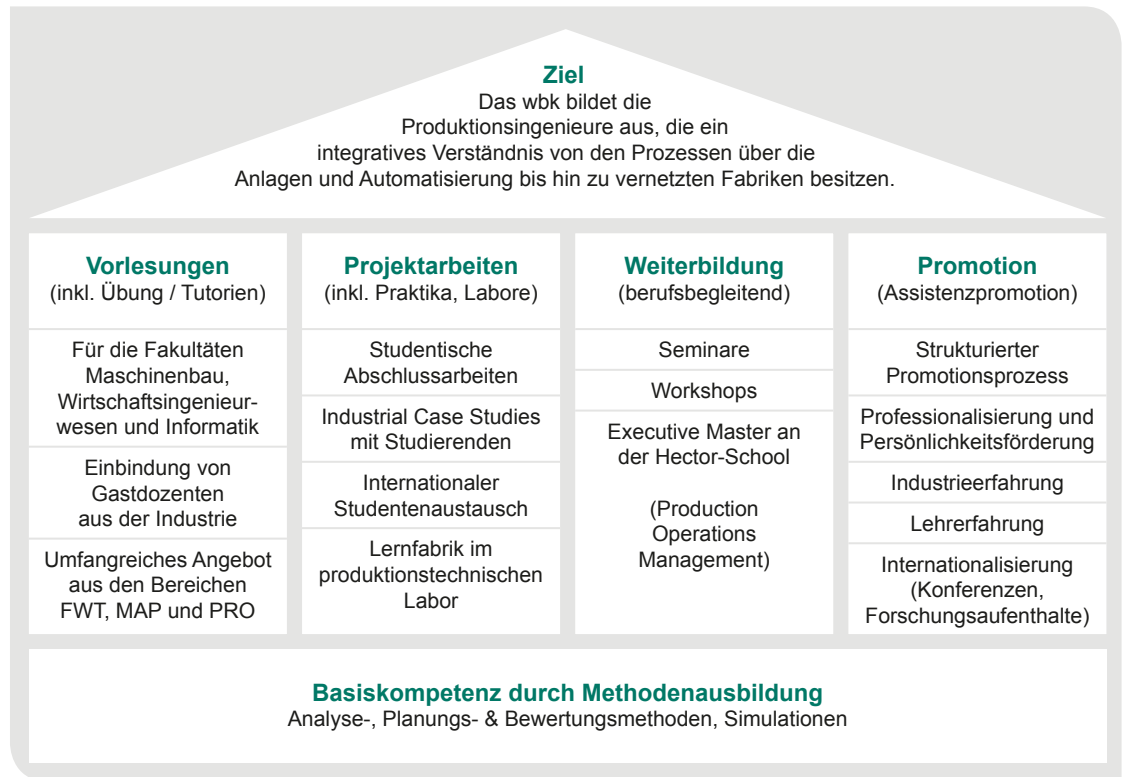
Investigations on Mechanisms of Tool Wear in Machining of Ti-6Al-4V using FEM Simulation

14th CIRP Conference on Modeling of Machining Operations (CIRP CMMO), 13.06.2013 - 14.06.2013, Turin, Italy, Procedia CIRP 8, pp. 157-162.



Leitbild und Zahlen

Die vier Säulen
des Leitbilds des wbk
in der Lehre



Studentenzahlen
WS 2013/2014
im Vergleich zu
den Vorjahren

Anzahl Studienanfänger	2013	2012	2011
Maschinenbau			
■ Bachelor	612	654	624
■ Master	495	373	65
■ Aufbaustudium	5	8	1
Wirtschaftsingenieurwesen			
■ Bachelor	574	541	619
■ Master	407	333	371
Gesamt	2093	1909	1680



Vorlesungsangebot

Wintersemester 2013/2014						
Veranstaltung	Beschreibung	Dozent	WING LP		MACH LP	
			B.Sc.	M.Sc.	B.Sc.	M.Sc.
Fertigungstechnik	Prozesswissen der gängigen Verfahren der Fertigungstechnik, Prozessketten	Schulze	9	9	8	8
Globale Produktion und Logistik - Teil 1: Globale Produktion	Globaler Vertrieb, standortgerechte Produktions- und Produktpassung, Beschaffungsstrategien, Produktionsnetzwerke	Lanza	-	4	4	4
Projekt Mikrofertigung: Entwicklung und Fertigung eines Mikrosystems	Entwicklung und Fertigung von Mikrosystemen im Team anhand eines konkreten Entwicklungsprojekts mit einem Projektpartner aus der Industrie	Schulze Hoppen	-	-	-	6
Produktionstechnologien und Managementansätze im Automobilbau (PMA)	Technische und organisatorische Aspekte der Aggregateherstellung: Produktionsplanung, Qualitätsmanagement, Logistik und Elektromobilität am Beispiel der Daimler AG	Stauch Peters	-	4	4	4
Materialien und Prozesse für den Karosserieleichtbau in der Automobilindustrie	Konzepte zur Reduktion des Fahrzeuggewichts, Werkstoffleichtbau (Metall, Kunststoffe), innovative Fertigungsverfahren	Steggmüller Kienzle	4	4	4	4
Qualitätsmanagement	Qualitätsmanagementmethoden, Fertigungsmesstechnik, statistische Methoden, Service, Zertifizierungsmöglichkeiten, rechtliche Aspekte	Lanza	4	4	4	4
Simulation von Produktionssystemen und -prozessen	Simulation von Prozessen, Anlagen und Fabriken, Versuchsplanung, Validierung, Ablauf einer Simulationsstudie	Schulze Furmans Stock	-	-	5	5
Verzahntechnik	Anwendungsbeispiele, Verzahnungsgeometrie, Weich- und Hartbearbeitung, Herstellung von Kegelrädern, Messen und Prüfen	Klaiber	4	4	4	4
Werkzeugmaschinen und Handhabungstechnik	Aufbau und Einsatz/Verwendung von Werkzeugmaschinen und Handhabungstechnik, Auswahl, Auslegung und Beurteilung von Werkzeugmaschinen	Fleischer	9	9	8	8
Entwicklungsprojekt zu Werkzeugmaschinen und Handhabungstechnik	Selbstständig im Team zu lösende Aufgabe in industrienaher Umgebung: Konstruktion, Konzeption und Auslegung von Werkzeugmaschinen, Abschlusspräsentation	Fleischer	-	-	4	4
Seminararbeit Produktionstechnik	Projekt mit schriftlicher Ausarbeitung zu aktuellen Forschungsthemen - alleine oder im Team	Fleischer Lanza Schulze	3	3	-	-

Vorlesungsangebot
Wintersemester 2013/2014

Sommersemester 2013						
Veranstaltung	Beschreibung	Dozent	WING LP		MACH LP	
			B.Sc.	M.Sc.	B.Sc.	M.Sc.
Automatisierte Produktionsanlagen	Werkstücke, Werkzeuge, Materialfluss, Roboter, Steuerungstechnik, Qualitätssicherung, Montage	Fleischer	-	9	8	8
Betriebliche Produktionswirtschaft	Produktionstechnik (Fertigungsverfahren, Fertigungs- und Montagesysteme), Arbeitsplanung, -steuerung, -gestaltung, Materialfluss, betriebswirtschaftliche Grundlagen	Deml Lanza Furmans Schultmann	-	-	5	-
Integrierte Produktionsplanung	Produktionsnetzwerke und -systeme, Fabrik- und Montageplanung, Materialfluss, Produktionsplanung- und steuerung, Life Cycle Performance	Lanza	9	9	8	8
Introduction to Production Operations Management	Organisationsstrukturen in Produktionsunternehmen, Auftragsverarbeitung, Prozessplanung	Deml Lanza Furmans Schultmann	-	-	4	4
Produktentstehung Fertigungs- und Werkstofftechnik	Bauteildimensionierung, Werkstoffauswahl, Fertigungsverfahren, Prozessauswahl	Schulze	-	-	-	9
Produktionstechnisches Labor	Praktische Umsetzung der Kenntnisse über die Komponenten einer modernen Fabrik	Deml Furmans Ovtcharova Schulze	-	-	4	4
Selected Topics in Manufacturing Technologies	Überblick über die Verfahren der Fertigungstechnik	Schulze	-	-	4	4
Steuerungstechnik	Signalverarbeitung, Detektion und Beeinflussung von Prozesszuständen, elektrische Steuerungen, Bussysteme	Gönnheimer	4	4	4	4
Umformtechnik	Massiv- und Blechumformung, Werkzeugmaschinen, Tribologie, Werkstoffkunde, Fertigungsplanung, Plastizitätstheorie	Herlan	4	4	-	4
Arbeitstechniken im Maschinenbau	Prinzipien des wissenschaftlichen Arbeitens, Informationskompetenz, Präsentieren, Teamarbeit	Fleischer Lanza Schulze	-	-	2	-
Seminararbeit Produktionstechnik	Projekt mit schriftlicher Ausarbeitung zu aktuellen Forschungsthemen - alleine oder im Team	Fleischer Lanza Schulze	3	3	-	-

Vorlesungsangebot
Sommersemester 2013





Abschluss- und Studienarbeiten

Bachelorarbeiten

Albrecht, Fabian

Untersuchung von Oberflächenbehandlungen von eingebetteten Krafterleitungselementen für faserverstärkte Kunststoffe

Bachmeier, Christopher

FE-Simulation von fertigungsbedingten Gefügewandlungen bei der Zerspanung

Baltes, Philipp

Entwicklung einer Methodik zur Gestaltung von Baukastensystemen für die Batterieproduktion der Elektromobilität

Barothi, Emil

Berechnung der mechanischen und thermischen Spannungen bei einem segmentierten Gießwerkzeug und Bewertung deren Einflusses

Barthold, Philipp

Inbetriebnahme und Evaluation eines Laserlichtschnittsystems

Beisecker, Julian

Durchführung einer Marktstudie zur Ermittlung der Einsatzmöglichkeiten einer Polymerfeder

Berndt, Christian

Materialflussoptimierung in einer variantenreichen Montagelinie mittels Wertstromdesign und weiteren Lean Methoden

Böhm, Katrin

Stand der Technik der generativen Verfahren im Bereich Medizintechnik

Bönsch, Gereon Christof

Isolierte Prozesskraftbetrachtung bei der Bearbeitung faserverstärkter Kunststoffe

Brandmeyr, Tamara

Bewertung der Wandlungsfähigkeit von Batterieproduktionsprozessen

Braun, Yannik

Entwicklung eines Ansatzes für ein Lebensdauerprognose-Modell für Mikrozahnräder

Breunig, David Albert

Entwicklung und hardwaretechnische Umsetzung eines Reglers für eine hydraulische Vorschubachse

Brossardt, Cathérine-Sophie

Bewertung von Methoden der Ressourceneffizienz mittels Entwicklung von Reifegradmodellen

Bui, Viet Duc

Umgestaltung einer Bremsenproduktion nach Lean Prinzipien durch Rüstzeitoptimierung

Chu, Hengyi

Entwicklung und Implementierung eines Reglers für einen intelligenten Niederdruckflächensauger zur Handhabung biegeschlaffer Kohlenstofffaserhalbzeuge

Dittus, Jörg

Konstruktion und Inbetriebnahme einer flexiblen Stempelvorrichtung für das Drapieren von textilen Halbzeugen

Doll, Markus

Technisch und wirtschaftlich optimale Ableitung von Baukästen bei Werkzeugmaschinen

Dreßler, Thomas Alfred

Untersuchung von Fertigungstrends im Bereich Bahnsysteme

Eckel, Sebastian

Periphere Energie- und Ressourcenanalyse von Prozessketten

Erfort, Katharina

Entwicklung eines Konzeptes für die Bewertung von Einkaufsorganisation und Einkaufsstruktur von Lieferanten in China mit Industriefokus „Weiße Ware“

Esser, Simon

Konzeption und Implementierung eines agentenbasierten Simulationsmodells zur Analyse von Qualitätsmanagementmaßnahmen in Supply Chains

Fehrenbach, Daniel

Grundlagen des Technologiemonitorings und der Einsatz in der Automobilbranche

Fernandes Riccardi, Guido Gabriel

Green Logistics Planning with the Example of a German Automotive Supplier in China

Fluhrer, Max

Optimierung einer Montagelinie unter Lean Production-Gesichtspunkten

Freund, Waldemar

Bewertung der Wandlungsfähigkeit eines Produktionsprozesses für unreife Technologien am Beispiel der Batteriemontage für elektrifizierte Fahrzeuge

Fuchs, Sebastian

Untersuchung des magnetischen Spannungsabfalls von elektrischen Antrieben mittels Analyse von ausgewählten Einflüssen auf die Schnittkantengüte von Elektroblechlamellen beim konventionellen Stanzen

Gantenbein, Felix

Entwicklung und Integration einer induktiven Aufheiz-einheit in ein Führungswerkzeug für Strangpressprofile

Gerbe, Sven Alexander

Spieltheoretische Ansätze zur Konfiguration und Planung von Wertschöpfungsnetzwerken

Grybkowski, Marius

Bewertung der Rekonfigurierbarkeit von Produktionsprozessen unreifer Technologien am Beispiel der Batteriemontage für Elektrofahrzeuge

Hagemann, Patrick

Anforderungen und technologisches Potential des Innenraumprozesses im Hinblick auf geometrische und physikalische Bauteileigenschaften

Haible, Florian

Topologieoptimierung einer intrinsisch gefügten, hybriden Antriebswelle

Hald, Kathrin

Aufnahme des Ist-Zustandes anhand einer Wertstromanalyse in der Fertigung eines Industrieunternehmens als Grundlage zur Fabrikplanung

Hammermüller, Andreas

Entwicklung einer Methodik zur Analyse und Strukturierung einer Kleinserienmontage in kleinen und mittleren Unternehmen

Harake, Marsel

Prozessgrößen und deren Einflussnahme auf die Bauteileigenschaften von innengeräumten Bauteilen

Hartung, Bastian Thorben

Recherche zur Laser- und Wasserstrahlbearbeitung von Composites

Haug, Christian

Entwicklung eines quantitativen Modells zur systematischen Auswahl und Bewertung von Pilotkunden in B2B-Software-Märkten

Herberger, David

Umgestaltung einer Bremsenproduktion nach Lean-Prinzipien mit Fokus auf Variantenanalyse und Layoutgestaltung

Hoffmann, Jonas

Konzeptionierung, Konstruktion und Berechnungen einer Aluminium-CFK Hybridfelge für ein Formula Student Rennfahrzeug

Hofmann, Constantin Carl

Entwicklung eines Modells zur Berechnung einer kostenminimalen Inspektionsstrategie in Abhängigkeit von Standortfaktoren

Jacob, Alexander

Der Preismanagementprozess: Konzeptionierung und Implementierung in einem mittelständischen Unternehmen

Jung, Natasha

Modellierung eines sensorintegrierten Coanda-Saugers

Karnani, Raghav Priy

Evaluation of the changeability of a production process for immature technologies focusing on the example of the battery assembly for electrified vehicles

Kellner, Dominic

FEM-Simulation eines aktiven piezoelektrischen 2D-Faserverbundkunststoff-Federelements

Klingen, David

Entwicklung eines Versuchsstandes zur optischen Lageerkennung von Batteriezellen

Kodomskey, Alexander

Prädiktive Instandhaltung

Kohler, Timo

Methodik zur Erhöhung der Produktivität und Stabilisierung der Ausbringung einer Montagelinie mit automatisierten und manuellen Arbeitsplätzen durch Anwendung der Prozessanalyse

Kreuzer, Marius

Untersuchung der Genauigkeitseinflüsse bei der Laserbearbeitung

Kukla, Felix Oliver

Entwicklung eines Prüfstandes zur Charakterisierung verschiedener Greifer

Laux, Marcel

Untersuchungen zur Herstellung von faserverstärkten Profilbauteilen mit nicht-konstantem Querschnitt

Lehmann, Florent

Wissenschaftliche Untersuchung zum Abtragverhalten von Mehrschichtsystemen mittels Laser

Lipinski, Sven

Technologische und betriebswirtschaftliche Bewertung von Superfinishverfahren zur Optimierung der Zahnflankenoberfläche

Loeper, Oliver

Bewertungskriterien für Reschedulingproduktionspläne

Marchthaler, Steffen Christian

Modellierung und Optimierung der Fertigungsreihenfolge von Strangpressprofilen

Martin, Patrick

Einfluss der Zerspanung auf die Bauteilrandschicht

Maul, Johannes

Konzeption einer digitalen Qualitätsmanagementdokumentation für die Batterieproduktion unter der Berücksichtigung von unreifen Produktionsprozessen in der Elektromobilität

Mayer, Fabian

Entwicklung und Integration einer Abschreckeinheit in ein Führungswerkzeug für Strangpressprofile

McDaniel, Malte

Finite Elemente Simulation des mechanischen Drahtverhaltens beim Linearspulenwickelprozess

Mogel, Florian

Entwicklung einer Methodik zur Verbesserung der Zusammenarbeit des Daimler Truck Powertrain Lieferantenmanagements und seinen Lieferanten

Müller, Dominik

Experimentelle Untersuchungen zur Förderung kleiner Bauteile auf piezoelektrischen Schwingförderern

Peglow, Natalie Marion Elisabeth

Konzept zur Optimierung des Simultaneous Engineering am Beispiel der Lithium-Ionen-Batteriepack Produktion

Peitz, Christoph Alexander

Grundlagen der treiberbaumbasierten Grenzkostenbetrachtung zur Bewertung einer Massenproduktion

Pfirmsmann, Philipp Florian

Integrative Methode zur Gestaltung eines Produktbaukastens als Baustein eines flexiblen Produktionssystems

Prahl, Rodrigo

Realisierung eines Steuerungskonzepts für einen automatisierten Fiber Placement Legekopf

Rander, Ankit

Design of a Sensor System for Quality Control in SMC Production

Rau, Marius

Entwicklung eines piezoelektrischen phasenflexiblen Schwingförderers

Sachsenberg, Dominik

Schneidkantenpräparation von Außenräumwerkzeugen mittels eines Strahlprozesses

Samland, Jens

3D Strukturierung von metallischen Werkstoffen mittels Ultrakurzpulslaser

Schäfer, Markus

Entwicklung einer Vorrichtung für die integrierte Herstellung von Preforms mit einem lokal sequenziellen Ansatz

Scheu, Simon

Umgestaltung einer Bremsenproduktion nach Lean-Prinzipien mit Fokus auf kritische Arbeitsplätze

Schlöder, Francisco

Seiteneffekte von Reschedulingverfahren in Produktionssystemen

Schmitt, Anna

Verwendung optischer Messtechnik für den Nachweis einer quasi-isotropen Faserverteilung in der Fertigung von SMC-Halbzeugen

Schneider, Robert

Wirtschaftliche Bewertung von alternativen Fertigungsprozessen für elektrische Traktionsmotoren

Scholl, Johann

Reifegradentwicklung von Green-Methoden

Schönle, Andreas

Erfolgsfaktoren zukunftsfähiger Produktionssysteme im Rahmen des Zukunftsprojekts „Industrie 4.0“

Schulz, Julian

Inbetriebnahme eines Legekopfes zur automatisierten Ablage von Kohlenstoffaserverovings

Schürmann, Henrik Martin

Prozesseinflüsse beim Laserbearbeiten von FVK (Grundlegende Phänomene & praktische Beobachtungen am Beispiel eines Epoxidharz-Kohlenstoffaserverbundes)

Seifert, Daniela

Technisches Potential, Randbedingungen und Konzeptionierung gebauter Harträumwerkzeuge für den Innenräumprozess

Seitz, Isabel

Konstruktion und Erprobung eines Werkzeugkonzepts für das Wälzschälen

Seth, Marisa Lena

Erarbeitung eines modernen B2B-Marketingkonzeptes für die Einführung innovativer Produkte in der Softwareindustrie

Simonsmeier, Patrick

Werksübergreifender Rollout eines Shopfloor-Management Konzepts im Spannungsfeld zwischen Standardisierung und Individualisierung

Singh, Johannes

Methodik zur Gestaltung von Prozessmodulen in der Massenproduktion

Stampfer, Benedict

Zerspanungssimulation mittels der Smoothed-Particle-Hydrodynamics-Methode

Staudter, Kristina

Konzept für die Beschichtung von Original Teilen der AUDI AG am Standort San José Chiapa, Mexiko

Steinhauser, Jan

Konzeption eines Montageplatzes sowie einer montagintegrierten Prüfeinrichtung für ein neuartiges System zur Kondensatableitung innerhalb eines Sterilcontainers

Storz, Tobias

Entwicklung eines Versuchsstandes zur Bestimmung des Verformungsverhaltens von Lithium-Ionen Batterien

Tan, Fang Yee

Comparison of different wire brake mechanisms for application in linear coil winding machines

Thönes, Fabian

Baukastensysteme in der Automobilindustrie - Stand von Forschung und Technik sowie Entwicklungsmethoden

Timm, Martin Emanuel

Entwicklung von Ideen und Konzepten für neue HNO-Operationswerkzeuge

Vitt, Lorenz

Experimentelle Parametervariation zur Ermittlung von Schädigungseinflüssen bei der Fräsbearbeitung von faserverstärkten Kunststoffen

Vollmer, Raphael

Integration der Faserwickeltechnik auf Drehmaschinen

Wang, Lishu

Parameters of Punching and Laser Cutting and their effect on manufacturing losses of electrical steel

Weiß, Anja

Optimierung der Technologieauswahl für den Drapierprozess auf Basis einer Geometrieanalyse

Weller, David

Konzeption eines beschädigungsfreien, prozesssicheren Greifers für Batteriezellen

Wetzel, Christopher

Schneidkantenpräparation von Räumwerkzeugen mittels Bürsten

Xistras, Lampros

Untersuchung des Einflusses der Winkelgenauigkeit und Rundheit der konischen Fügeflächen auf die Zugfestigkeit sintergefüger MIM-Bauteile

Zaghoud, Rachid

Systematische Untersuchung von eingebetteten Krafteinleitungselementen für faserverstärkte Kunststoffe

Masterarbeiten

Ahmed, Ari

Analytische Modellierung von Produktionssystemen mittels Bedientheorie

Benz, Dominik

Messung der Flexibilität von Produktionsnetzwerken am Beispiel eines deutschen Automobilherstellers

Böckmann, Rebekka

Berücksichtigung von möglichen zukünftigen technologischen Entwicklungen bei der Technologieauswahl

Buder, Marcel

Optimal Selection of Quality Control Measures in Generic Production Lanes by Simulation

Bui Minh, Alexander

Strategische Planung und Gestaltung des Produktionsnetzwerkes eines Automobilherstellers

Drees, Tabea Gesine

Konzept zur Beurteilung von standortspezifischen Produktionsfähigkeiten

Ebel, Tamara Judith

Prozessketten in der Fertigung – Ein Überblick über Forschungsaktivitäten

Eckey, Maria

Entwicklung eines Ansatzes zur Evaluation und Verbesserung der Energieeffizienz von Produktionsunternehmen in China

Fischer, Fabian

Methode zur quantitativen Potenzialbestimmung betriebsorganisatorischer Maßnahmen in der technischen Auftragsabwicklung kundenindividueller Produkte am Beispiel eines Herstellers von Präzisionswerkzeugen

Fries, Henrik

Erarbeiten von Modellen für die Prozessbewertung bei der Bearbeitung von Composites

Ge, Theo Tianyu

Business development in China: A structured approach to increase market shares for small and medium enterprises from Germany

Gerlach, Niels

Spieltheoretische Ansätze in der strategischen Planung von Wertschöpfungsnetzwerken

Grau, Heiko

Entwicklung einer Bewertungsmethodik zur Identifikation des Einflusses einzelner Produktionselemente auf die Stabilität des Gesamtsystems

Heck, Alexander

Konzeption einer softwaregestützten Zuordnung von Bauteilen zu Montageprozessschritten von Batterien für Elektrofahrzeuge

Heil, Julia Elisabeth

Quantitative, modellbasierte Analyse der Wirkungen generativer Fertigungsverfahren auf die Wertschöpfung des deutschen Maschinen- und Anlagenbaus

Heuser, Anne Kathrin

Partizipative Produktionslayoutplanung in KMUs

Hofmann, Andrea

Ersatzteilversorgung als kritischer Erfolgsfaktor im Servicegeschäft der Windenergiebranche
– Analyse ausgewählter Methoden zur Bedarfsprognose von Ersatzteilen und Untersuchung der Möglichkeit einer IT unterstützten Bedarfsplanung

Jäger, Klaus

Bewertung der Integrationsfähigkeit und des Synergiepotentials der Brennstoffzellen- und Lithium-Ionen-Batteriefertigung

Jautelat, Sören Gerrit

Entwicklung und Durchführung eines Softwareentwicklungsprozesses für webbasierte Qualitätsmanagement-Applikationen

Jin, Baofeng

Inbetriebnahme eines Versuchsstands zur dynamischen Belastung von Kugelgewindetrieben

Johne, Dennis

Modellierung eines Standortoptimierungsproblems zur Planung von Instandhaltungslägern unter Berücksichtigung stochastischer Nachfragen, Lagerhaltungs- und Transportkosten

Kimmerle, Richard

Development of a method for variant and complexity management in special purpose machinery manufacture with consideration of framework conditions in China

Klein, Marian Jonas

Erstellung eines Ideallayouts für die mittleren kubischen Bauteile der MTU Friedrichshafen GmbH unter Berücksichtigung von Lean-Aspekten

Knell, Christoph

Entwicklung eines Strategieansatzes für die materialflussgerechte Anordnung von Funktionsbereichen in einem Produktionsgebäude sowie die methodische Umstrukturierung von Teilbereichen innerhalb eines LKW-Montagewerks

Koch, Christian

Konzept zur Erweiterung der dynamischen Lieferantenbewertung mittels Sensitivitätsanalyse

Kopf, Robin

Entscheidungsunterstützung für das Rescheduling von Produktionssystemen: Eine Methode zur Beurteilung störungsbedingter korrigierender Ablaufplanung

Kräher, Christian

Effiziente Abtragsstrategien bei der Mikrostrukturierung mittels Ultrakurzpulslaser auf großen Flächen

Kretzschmar, Rainald

Total Cost of Ownership im globalen Beschaffungsprozess – Entwicklung eines einkaufsspezifischen TCO-Modells für Spritzguss-, Aluminiumguss- und Stanzwerkzeuge

Landgraf, Juliane

Entwicklung eines geeigneten Logistik-Outsourcing-Konzepts zur langfristigen Zusammenarbeit zwischen Dienstleister und OEM

Li, Li

Aufbau und Validierung eines Mehrkörpermodells für den Linearspulenwickelprozess

Matheis, Mathias

Techno-Ökonomische Bewertung der Integration eines Produktionskonzepts zum sprühbaren Auftrag einer Kondenswasserisolation

Mayer, Peter

Planung eines Materialversorgungskonzeptes zwischen der Kommissionierung und Rumpfmotormontage des Motorenwerks Zuffenhausen der Dr. Ing. h.c. F. Porsche AG

Moser, Emanuel

Konzeptionierung von Produkt- und Produktionsalternativen für standortspezifische Gegebenheiten

Müller, Erik

Entwicklung einer Methode zur Bewertung und Optimierung von Lieferketten unter Kosten- und Qualitätskriterien in China

Münig, Michael

Konzeption einer Methodik für eine Neuausrichtung der Belieferungsstrategie im Rahmen einer globalen Produktion

Nowak, Andreas

Einführung eines Kanban-Produktionssteuerungsverfahrens am Beispiel eines Pilotprojekts im Sonderanlagenbau

Opitz, Saskia

Leitfaden der Fabrikplanung: Einsatz quantitativer und qualitativer Methoden in den Fabrikplanungsphasen

Ott, Ekaterina

Gestaltung eines effizienten Materialflusses zur Produktionsversorgung einer Serienfertigung am Beispiel der Montage von Schreibgeräten der C. Josef Lamy GmbH

Pangboonyanon, Woramon

Aufbau eines Messsystems zur Erfassung der Stoßbelastung bei Zerspanungsprozessen

Posner, Bibiana

Konzeption einer Methode für die Montagesystemplanung auf Basis eines Produktmodells am Beispiel von Batterien für Elektrofahrzeuge

Reuhl, Michael

Grüne Logistik in China Maßnahmen und Best Practices zu nachhaltiger Logistik in China

Rönnbeck, Alexander

Neugestaltung einer Produktionsinsel anhand eines Lean- und Green-Ansatzes

Rupp, Cathy

Quantitative Analyse und Bewertung der Reaktionsfähigkeit von störungsbehafteten Produktionssystemen

Schillinger, Thomas Werner

Schnittstellendefinition für modulare Fertigungszellen

Schlipf, Matthias

Innovative Modelle und Strategien im Kapazitätsmanagement

Schmiege, Markus

Ausarbeitung einer Datenbankstruktur zur Verknüpfung von Produktionsprozessen, Fertigungsverfahren und Produktmerkmalen von Batterien für Elektrofahrzeuge

Schmitz, Michael

Neukonzeptionierung von Produktionsprozessen und -strukturen im Zuge einer Standortvereinigung unter Berücksichtigung der Prinzipien des Lean-Production

Schmollinger, Susanne

Bewertung innovativer Produktionstechnologien in der Automobilindustrie in der Phase der Technologiefrüherkennung

Schreiber, Georg

Konzepterstellung zur Integration von Kleinteilen in ein schlankes Logistiksystem der Motorenmontage unter Berücksichtigung von Wirtschaftlichkeitsaspekten

Schütz, Sarah

Entwicklung eines Effizienzkennzeichnungssystems für schwere LKW

Shavinskaya, Maria

Erstellung eines Handlingkonzeptes unter der Berücksichtigung vorhandener Fertigungseinrichtungen in Abhängigkeit von Stückzahl und Investitionskosten am Beispiel einer Komponente für Common-Rail Hochdruckpumpen

Sigasa, Mlungisi

Entwicklung und Implementierung eines Steuerungskonzepts für eine Preforminganlage für FVK-Bauteile

Spähn, Katharina Anni Maria

Wirtschaftlichkeitsbetrachtung eines Lasermarkiersystems

Speth, Steffen

Durchführung einer Anforderungsanalyse und Entwicklung einer generellen Vorgehensweise zur Validierung von Cold-Chain-Shippingsystemen in der Pharma-Industrie

Spitz, Birgit

Konzeptionierung eines Standortaufbaus für ein mittelständisches Unternehmen in China: Von der Strukturplanung bis zur Layoutplanung

Stauß, Torsten

Qualitätswertstrommethode

Svoboda, Josef

Multikriterielle dynamische Optimierung globaler Produktionsnetzwerke unter Berücksichtigung eines turbulenten Unternehmensumfelds

Thiebach, Thorsten

Entwicklung einer Heuristik zur Gestaltung und Planung der Transportlogistik unter Berücksichtigung von spezifischen Restriktionen in chinesischen Supply Chains

Ulmer, Maximilian

Erstellung eines Leitfadens für die Planung ressourceneffizienter Fabriken

Walter, Eva

Variantenmanagement der Schutzkästen an Transfersystemen sowie Ableitung einer Empfehlung hinsichtlich Fremdbezug, Eigenfertigung oder interner Kooperation

Weinmann, Christoph

Identifikation und monetäre Potentialbewertung von Handlungsfeldern zur Reduzierung der Durchlaufzeit in der variantenreichen Einzelfertigung: Dargestellt am Beispiel der LIEBHERR-Verzahntechnik GmbH

Weise, Richard

Vergleichsbasierte Evaluation von Rescheduling-Lösungen im Störfall unter ökonomischen Aspekten

Wissing, Carsten

Analyse der Produktionsabläufe zur Prozessstreuungsquantifizierung

Wünsche, Marc

Bewertung der Wandlungsfähigkeit von Produktionsprozessen im turbulenten Umfeld unreifer Technologien

Yan, Mingda

Development of an integrated procedure to analyze and optimize the inventory in a highly flexible factory environment

Zapp, Marc

Entwicklung einer Methode zur Prognose und präventiven Vermeidung von Nacharbeit in einer frühen Phase der Produktionsplanung

Zhang, Xuan

Globale Synchronisation der virtuellen Analyse

Zinser, Nathalie Sarah

Vorgehensweise zur Auswahl und Implementierung eines Produktionssteuerungssystems

Studienarbeiten*Beydoun, Ahmad Hassan*

Literaturrecherche zur Mikrostrukturierung von Zerspanwerkzeugen

Binnerger, Steffen

Entwicklung einer Bevorratungseinheit und Abwicklungseinheit von vorimprägnierten faserverstärkten Kunststoffen aus SMC-Material

Chen, Defang

Recherche des Verhaltens von Synchronmotoren und Berechnung der mechanischen Belastung

Deynet, Fabian

Recherche zur Bearbeitung von hybriden Leichtbaustrukturen

Domont, Bruno

Entwicklung eines empirischen Prozessmodells für die Mikrobearbeitung von Ultrafeinkorn-Hartmetall mit Ultrakurzpulslasern

Essaidi, Jawad

Optimierung eines Schleppschleifprozesses zur gezielten Modifizierung der Mikrogeometrie von Zerspanwerkzeugen

Fjeldstad, Paul

Wandlungsfähige Produktionssysteme zur Herstellung von Batterien

Frank, Manuel

Konstruktion und Aufbau eines Versuchsstands zur Anordnung von Fügepartnern

Fuchs, Immanuel

Erfassung und Auswertung von Messdaten zur aufwandsminimalen Lebensdauerprognose von Kugelgewindetrieben

Huller, Matthias

Konstruktion einer Werkstück- und Werkzeugspannung für das Wälzschälens

Jaimez Schroeter, Patrick

Untersuchung der Randzonenbeeinflussung beim Bohren von 42CrMo4 am Analogieprozess des Drehens

Jebari, Mohamed Achraf

Entwicklung eines empirischen Abtragsmodells bei der Bearbeitung von 100Cr6 mittels Mikrolaserablation

Kaufmann, Benjamin

Automatisierung der Übergabe von Zuschnitten technischer Textilien an einen nachgelagerten Prozess

Kohler, Fabian

Konstruktion einer membranbasierten Vorrichtung für die endkonturnahe Drapierung von textilen Halbzeugen im RTM-Prozess

Lägler, Matthias

Literaturrecherche zur Fertigung nanokristalliner Materialien

Langsdorf, Christopher

Analyse der Bewegungsgleichungen eines 6-Achs-Knickarmroboters im Zeit- und Frequenzbereich

Mark, Adrian

Recherche von hybriden Fertigungsverfahren für die Antriebstechnik

Özer, Ugur

Recherche zu Bearbeitungsverfahren von faserverstärkten Kunststoffen

Özipek, Narin Berk

Untersuchung der Verfahrensgrundlagen beim Wälzschälverfahren

Reisinger, Johannes

Konstruktion und Inbetriebnahme einer Preforminglösung für textile Halbzeuge auf Basis eines Rolle-Stempel-Prinzips

Salmane, Zakariae

Modellierung des Strahlengangs eines Lasers

Scherzinger, Stefan

Konzeptionierung und Weiterentwicklung eines Sonderwerkzeugs für die kryogene Zerspanung

Simone, Octavio

Modellierung des Wärmeeintrags beim Fräsen und Erstellung eines Programms zur Berechnung der Wärmestromdichte in Abhängigkeit variabler Prozessparameter

Steeg, Claus Christian

Aufbau und Simulation der Prozesskette zur Herstellung von Elektromotoren für die Elektromobilität

Tokaschewski, Jürgen

Entwicklung eines Messelementes für eine kardanische Profilführung

Wong, Anson Santoso

Mehrkörpersimulation zur Werkstückgleitförderung

Zerouali, Abdelouahd

Einfluss der Pulsanzahl auf die Herstellung von Näpfchenstrukturen bei der Bearbeitung mit einem Ultrakurzpulslaser

Diplomarbeiten*Abend, Matthias*

Regressionsanalyse und Versuchsplanung zur Ermittlung des Zusammenhangs von Steuergrößen und ihren Effekten beim Wälzschälen bezogen auf das Verschleißverhalten des Wälzschälwerkzeugs

Acar, Mustafa

Entwicklung eines Prüfstandes zur Verifikation eines Messkonzeptes für die Inline-Spannungsmessung von SMC Trägerfolien

Adam, Sebastian

Entwicklung eines Verfahrens zur Identifizierung von Maschinen-Bauteilen mit Qualitätsproblemen auf Basis von Auffälligkeiten in der Ersatzteilmachfrage

Aschenberg, Martin

Massenproduktionsgerechte Prozessmodule

Biggel, David

Bewertung der Wandlungsfähigkeit von Produktionsprozessen für unreife Technologien

Blus, Thomas Philipp

Strategisches Management global verteilter Fertigungsstandorte in der Robert Bosch GmbH

Bollig, Patrick

Modellreduktion für Laserschweißsimulationen hochfester Stahlwerkstoffe unter der Berücksichtigung der Kaltrissanfälligkeit von Schweißnähten

Braun, Dominik

Analyse und konstruktive Erweiterung eines Modulbaukastens für Superfinishmaschinen

Buschle, Benedikt

Untersuchungen zur Materialbeeinflussung der Werkstückkanten durch das Laserschneiden

Cakmak, Erkan

Entwicklung einer Methode zur Durchlaufzeitoptimierung in der Brillenglaserherstellung für den indischen Markt

Caliebe, Anya Letitia

Neuronale Netze in der Qualitätssicherung unreifer Technologien – Entwicklung eines Ansatzes zur Erfassung von Wechselwirkungen im Produktionsprozess von Lithium-Ionen-Zellen für die Elektromobilität

Du, Xinjie

Current status and challenges of Chinese small and medium-sized enterprises in Lean transformation

Dursun, Yigit

Bewertung und Optimierung der Messsysteme eines Komponentenprüfstands

Eppinger, Michael

Entwicklung eines Implementierungsleitfadens zur Einführung eines ganzheitlichen Produktionssystems

Ernst, Karl-Heinz

Bewertung einer P2-Hybridstrangtopologie bezüglich der Anforderungen von Nutzergruppen

Faber, Pia

Entwicklung eines Konzepts zur Bewertung der Risiken manueller Montageprozesse hinsichtlich menschenbedingter Fehlhandlungen

Forté, Romain

Feasibility analysis of dedicated aircraft final assembly lines regarding product configuration

Fritz, Tobias

Bewertung des Reifegrades von Qualitätsmanagementsystemen globaler Produktionsstandorte unter Berücksichtigung spezifischer Standortfaktoren

Gerstenmeyer, Michael

Untersuchung der Einflussgrößen der Werkstückspannung bei der Bohrbearbeitung von faserverstärkten Kunststoffen

Gnida, Philipp

Bewertung der Wandlungsfähigkeit von unreifen Technologien

Hablitzel, Sebastian

Entwicklung eines Festigkeitskonzeptes geschweißter dünner Elektrobleche

Haj Hassan, Hamza

Einsatz von Prüfmethoden und -strategien im automatisierten Produktionsprozess von Lithium-Ionen-Batteriesystemen

Handtmann, Markus

Entwicklung einer Methodik zur Layoutplanung in KMUs mit hoher Variantenvielfalt

Hauer, Manuel

Konstruktion und Inbetriebnahme einer stempelbasierten Vorrichtung für die endkonturnahe Drapierung von textilen Halbzeugen

Heinzler, Pascal

Monetäre Bewertung einer realen Blechpaketfertigung hinsichtlich Stückzahl- und Variantenflexibilität

Hemmerlein, Tobias

Analyse von Qualitätssicherungsstrategien in Supply Chains unter besonderer Berücksichtigung qualitätsbezogener Kosten

Hess, Marcus

Entwicklung und konstruktive Auslegung eines Umformverfahrens zur spanlosen Herstellung des Innenprofils der Blechnabe L-03139-0G45-00 auf dem Stanzautomaten 630to

Hofer, Aileen

Auswirkungen einer innovativen Produktionsstrategie im Rohbau auf die Kernprozesse, Kennzahlen und resultierende Potentiale

Horsch, Johannes

Simulation eines Werkzeugmaschinen Schlittens aus kohlenstofffaserverstärktem Kunststoff mit adaptierbaren Eigenfrequenzen

Hoss, Nicolas

Modellierung und Herstellung mehrteiliger, komplexer Preforms

Klucha, Adrian

Qualitätssicherung von textilen Halbzeugen für die FVK-Fertigung mittels optischer 3D Messtechnik

Kluckas, Vlad

Optimierung der 3D-Toleranzsimulation und -analyse im Hinblick auf biegeschlaffe Bauteile am Fallbeispiel Porsche Interieur

Krätschmer, Sebastian Wilhelm

Entwicklung einer formschlüssigen Verbindung zwischen FVK Wellen und Metallelementen

Krause, Martin

Simulation ausgewählter Prozessfehlermechanismen durch Verwendung eines Mehrkörpermodells für den Linearspulenwickelprozess

Kronen, Kornelius Karlheinz

Bewertung dynamischer Umwelteinflüsse auf globale Produktionsnetzwerke

Lai, Chenkai

Ökologische Nachhaltigkeit im Lieferantennetzwerk auf der Bauteilebene am Beispiel von Fahrwerkskomponenten

Lang, Fabian

Erstellung eines Ersatzmodells zur Abbildung der thermischen und mechanischen Werkstückbelastung beim Bohren und Umsetzung mit dem FEM-Programm ABAQUS

Li, Xiangnan

Simulation der Zerspanung im Räumprozess

Lonchamp, Cédric

Entwicklung und Inbetriebnahme einer Preforminglösung für textile Halbzeuge auf Basis eines rollenbasierten Endeffektors

Mack, Daniel

Erarbeitung eines Messkonzeptes und Charakterisierung einer hochintegrierten hydraulischen Vorschubachse

Maier, Jürgen

Dynamische Simulation des Reibdrehmoments in einem Kugelgewindtrieb

Meiling, Johannes

Konzepte für einen flexiblen Bohrer im HNO-Bereich

Meister, Marino

Dynamische Nachgiebigkeitsanalyse des Kreuzschlittens eines G515 Bearbeitungszentrums der Fa. Grob

Neugart, Armin Lothar

Vergleich und Auswahl von Kostenanalyse-Methoden vor dem Hintergrund unterschiedlicher Fertigungsverfahren im Automotive-Einkauf

Niedermaier, Daniel

Qualitätsmanagement in der Produktion von Lithium-Ionen-Pouchzellen – Fehleranalyse und Definition eines Fehlerabstellprozesses am Beispiel der Li-Tec Battery GmbH

Oehler, Timo

Konzipierung einer mit der Möglichkeit zur Komplettbearbeitung versehenen Wellenbearbeitungsmaschine – insbesondere für Wellen von Elektromotoren

Oexner, Daniel

Analyse und Bewertung von Reparaturmethoden für Faserverbundkunststoffe in der Automobilindustrie

Profir, Viorica

Konzeption und Einführung eines standortübergreifenden Systems zur Unterstützung des Fehlerabstellprozesses am Beispiel eines Automobilherstellers

Püschner, Pia-Marlen

Entwicklung eines Konzepts für die erfolgreiche Veränderung eines Shopfloor-Management-Systems am Beispiel der Mars GmbH am Standort Viersen

Raichle, Florian

Optimierung des Prozessablaufs Einstechen und Anfahren für das Laserbrennschneiden

Rommel, Wladimir

Software zur Ermittlung dreidimensionaler Kennwerte von Mikrozahnradern basierend auf Messungen mittels Computertomographie und Koordinatenmessgeräten

Renkert, Matthias

Entwicklung einer aktiven Drossel und bauraumoptimale Integration in eine kompakte hydraulische Vorschubachse

Rizov, Boris

Metallisierungsprozesse für hochbelastbare, funktionsintegrierte, keramische Komponenten

Schäfers, Philipp

Entwicklung einer Methode zur Bewertung der Rekonfigurierbarkeit einer Produktionslinie und der Wiederverwendbarkeit von Produktionsmodulen

Schlupf, Mathias

Schneidkantenpräparation von Räumwerkzeugen mittels Bürsten

Schmid, Patrick

FEM-Simulation der Belastungsbedingungen eines Kugelgewindetriebs

Schmidt, Katharina

Untersuchung von Kompensationsbewegungen im Herstellungsprozess armierter Schaumstoffe

Schröder, Jan

Konzeption und Umsetzung einer datenbankbasierten Applikation zur dynamischen Prüfplanung bei der Daimler AG

Schupp, Axel

Analyse von Qualitätssicherungsstrategien in globalen Wertschöpfungsnetzwerken unter besonderer Berücksichtigung der Durchlaufzeiten mit Hilfe eines agentenbasierten Simulationsmodells

Schuppel, Christian

Schneidkantenpräparation von Räumwerkzeugen
mittels Strahlen

Schwerin, Ines

Entwicklung einer globalen Produktionsstrategie für
eine neue Produktlinie am Beispiel der Firma Liebherr

Seebach, Johannes

Abstandsstabile Laserschneiddüsen
für die 3D-Lasermaterialbearbeitung

Sellami, Yassine

Konfiguration modularer Montagestationen

Siewert, Jules

Konzeptionierung eines datenbankbasierten
Kalkulationstools zur Berechnung
der Herstellkosten von Automotive-Bauteilen

Spoherer, Andreas

Analyse und Steigerungsansätze der Energieeffizienz
von Werkzeugmaschinen

Stephan, Philip

Analyse der Auswirkungen von Trends
der mittelfristigen Zukunft auf Montagetechnologien

Thieme, Johannes Michael

Entwicklung eines Verfahrens zur Analyse von Condition
Monitoring Daten zur Prognose des Ausfallverhaltens
am Beispiel eines Kugelgewindetriebs

Weh, Wiebke Margret

Bewertung der Wandlungsfähigkeit von Produktionspro-
zessen für unreife Technologien am Beispiel der Batterien
in elektrifizierten Fahrzeugen

Weikermann, Alessandro

Entwicklung von zerstörenden und zerstörungsfreien
Qualitätssicherungsmethoden beim Hochgeschwindig-
keitsfügeverfahren Bolzensetzen zur Realisierung
moderner Leichtbaukonzepte im Automobilbau

Wurm, Cornelius

Eine Methode zum Management technischer Komplexi-
tät in Schwellenländern am Beispiel komplexer Produkte
kleiner Stückzahl in China

Zietkowski, Steffen

Entwicklung eines Referenzmodells für die
optimale Anordnung der Funktionsbereiche
in einem Produktionsgebäude sowie Bewertung
der Auswirkung gegenüber der Ausgangsstruktur
innerhalb der Standortentwicklungsplanung
eines Produktionsstandortes

Zlatanov, Miroslav

Datenfusion bei der Messung von Mikrozahnrädern

Zwickbauer, Andreas Markus

Entwicklung eines Konstruktionsleitfadens
für die Strukturierung des Kabelsatzes
als biegeschlaffes Bauteil



Exkursionen

Firmenbesuche der Vorlesungsveranstaltungen

Maschinen, Anlagen und
Prozessautomatisierung (MAP)

Karosserieleichtbau in der Automobilindustrie Daimler AG

Im Rahmen der Exkursion konnten 30 Studierende einen Einblick in die Produktion des Werks Sindelfingen und das Forschungszentrum Ulm der Daimler AG gewinnen. In Sindelfingen lag der Fokus auf dem wärmeunterstützten Umformen, neuen Fügeverfahren wie z. B. fließlochformendem Schrauben und der Montage von Kleinteilen durch Leichtbauroboter. Als Höhepunkt wurden die gesamte Prozesskette der SMC-Fertigung und die Montage der Carbon-Heckdeckelinnenteile besichtigt. Bei einem gemeinsamen Mittagessen mit Gruppenleitern und Angestellten wurden den Studenten weitere Einblicke gegeben. Im Forschungszentrum Ulm gab es einen Überblick über die Fügeverfahren der Zukunft sowie die FVK-Prototypenherstellung und Prüftechnik. In einer Abschlussdiskussion wurden noch diverse Fragen gestellt und beantwortet sowie weitere interessante Themen erörtert. ■

Automatisierte Produktionsanlagen Mercedes-Benz Werk Wörth

Im Rahmen der Vorlesung wurde das Mercedes-Benz Werk in Wörth besucht. Hier verlassen jeden Tag bis zu 470 Lkw die Montagehallen des Werkes. Alle drei Minuten rollt somit ein Fahrzeug vom Band.

Nach einer kurzen Begrüßung erfolgte die Vorstellung der Mercedes-Benz Produktpalette im Lastkraftwagenbereich. Im Anschluss daran wurden den Studenten interessante Einblicke entlang der Montagelinie gegeben. Hier konnte die gesamte Entstehung eines LKWs mit allen erforderlichen Montageschritten nachvollzogen werden. Zum Abschluss der Exkursion wurden die 45 Studierenden zu einem kleinen Abendimbiss im Kunden Center eingeladen. ■

Werkzeugmaschinen und Handhabungstechnik MAG IAS GmbH

Im Rahmen der diesjährigen Exkursion konnte der Werkzeugmaschinenhersteller MAG IAS in Eislingen/Fils besichtigt werden. Dabei nahmen 26 Studenten der Vorlesung Werkzeugmaschinen und Handhabungstechnik die Gelegenheit

Maschinen, Anlagen und
Prozessautomatisierung

Steuerungstechnik Siemens AG

Traditionsgemäß fand am 23. Mai 2013 die Exkursion im Rahmen der Steuerungstechnikvorlesung bei der Siemens AG in Karlsruhe statt, an der in diesem Jahr 11 Studenten teilnahmen. Nach einer Einführung und Vorstellung der Firma Siemens durch Herrn Keith wurde den Teilnehmern das umfangreiche „Industrial-Automation“-Produktprogramm vorgestellt, das beispielsweise aus speicherprogrammierbaren Steuerungen, Industrie-PCs, Kamera-Überwachungstechnik und einigen Sensoren besteht. Bei einem anschließenden Werksrundgang konnte die Flachbaugruppenfertigung der Steuerung S7-400 inklusive der zugehörigen Leiterplattenbestückung betrachtet werden sowie die mechani-



wahr, einen Einblick in diese hoch interessante Industriesparte zu erhalten. Nach der Vorstellung des Unternehmens durch den Geschäftsführer wurden das Produktportfolio und die Marktsituation national sowie international dargelegt. Daran knüpfte sich ein Vortrag über den Produktentwicklungsprozess und dessen zugrundeliegende Strategie. Des Weiteren sind die umfangreichen Aufgaben eines Projektmanagers ausführlich erörtert worden. Nach dem Mittagessen hatten die Exkursionsteilnehmer noch die Gelegenheit, eine Führung durch die Montagehallen des Unternehmens zu machen. Sie konnten hierbei einen detailreichen Einblick in die komplexen Montage- und Inbetriebnahmeabläufe erhalten. Die Exkursion wurde mit einer Diskussionsrunde abgeschlossen. ■

Umformtechnik BLANCO Professional / alutec metal innovations

Im Rahmen der letztjährigen Exkursion konnten insgesamt 16 Studenten auf dem Gebiet der Umformtechnik renommierte Unternehmen besichtigen.



Siemens
Industriepark
Karlsruhe

sche Fertigung und Montage von Industrie-PCs. Durch die insgesamt gut organisierte Führung von Herrn Keith hatten die teilnehmenden Studenten die Gelegenheit, ihr bislang theoretisches Wissen in der Steuerungstechnik durch die gewährten Einblicke in die Produktion von Steuerungskomponenten um praktische Anteile zu erweitern. Den Abschluss der Veranstaltung bildete ein gemeinsames Mittagessen, zu dem die Firma Siemens alle Exkursionsteilnehmer in die werkseigene Kantine einlud. ■

Bei der Firma BLANCO Professional hatten die Studenten die Gelegenheit, den gesamten Blechumformungsprozess anhand vieler Praxisbeispiele zu besichtigen. Die große Baustelle für eine komplett neue Pressenstraße zeigt dabei eindrücklich, dass die Umformtechnik bei BLANCO weiter auf dem Vormarsch ist. Bei der Vorstellung des BLANCO Produktionssystems bekamen die Studenten darüber hinaus einen Einblick in Aspekte der Fertigungstechnik, die weit über das reine umformtechnische Fachwissen hinausgehen.

Bei der Firma alutec metal innovations konnten die Exkursionsteilnehmer neben der reinen Massivumformung viel über die ebenfalls in großem Umfang eingesetzte Zerspanung und Werkzeugprüfung erfahren. Anhand der vielen innovativen Anwendungsbeispiele wurde dabei deutlich, dass die Firma alutec mit dem Aluminiumfließpressen und der zugehörigen Bearbeitung in naher Zukunft noch weiter expandieren kann und wird. Sehr beeindruckend war es auch zu erfahren, dass, ausgehend von der Vision des Firmengründers, sich heute bereits die dritte Generation der Eigentümerfamilie mit dem Thema Fließpressen beschäftigt. ■

Produktionssysteme (PRO)

Integrierte Produktionsplanung TRUMPF GmbH + Co. KG

Die Exkursion zu TRUMPF ermöglichte den Studierenden spannende Einblicke in die praktische Umsetzung von Inhalten und Prinzipien der integrierten Produktionsplanung bei der getakteten Fließmontage von großen Werkzeugmaschinen. Kennenlernen und Erleben des Lean Management Systems SYNCHRO zur Vermeidung von Verschwendung standen im Mittelpunkt der Veranstaltung. Durch die Vorstellung des Unternehmens und der Einführung des Managementsystems SYNCHRO Plus wurden den Studierenden Herausforderungen und Potenziale bei der Implementierung eines Managementsystems im gesamten Unternehmen veranschaulicht. ■

PMA Daimler AG

Im Rahmen der Vorlesung von Prof. Volker Stauch findet eine Exkursion ins Stammwerk der Daimler AG in Untertürkheim statt. Die Besichtigung der modernen Produktionsstraßen zur Motorenfertigung und Motorenmontage ermöglicht den Studierenden eine optimale Ergänzung der Theorie der Vorlesung. ■

Globale Produktion Daimler AG

Die Exkursion verdeutlichte die Herausforderungen beim Aufbau neuer Produktionsstandorte und der nötigen Produktionsanpassung. So konnten die Studenten zunächst die hochautomatisierte Rohbaufertigung sowie die Endmontage der A-Klasse im Werk Rastatt kennenlernen. Anschließend wurde in einem Fachvortrag der Aufbau des neuen Werkes in Kecskemét (Ungarn) vorgestellt, das als Schwesterwerk eine ähnliche Produktpalette fertigt. Hierbei wurde vor allem auf die Unterschiede im Produktionssystem bedingt durch die geringeren Lohnkosten aber auch aufgrund der Berücksichtigung der kulturellen Besonderheiten eingegangen. In einer abschließenden Diskussion wurden dann die Chancen und Herausforderungen beim Aufbau eines neuen Produktionsstandortes kontrovers diskutiert. ■



Produktionssysteme (PRO)

QM-Exkursion
bei Carl Zeiss

Qualitätsmanagement Carl Zeiss Industrielle Messtechnik GmbH

Die Exkursion, bei welcher wir schon traditionell bei der Firma Carl Zeiss IMT GmbH in Oberkochen zu Gast sein durften, zeigte die vielfältigen Herausforderungen eines führenden Messtechnikherstellers. Neben interessanten Fachvorträgen, u. a. zum Thema industrielle Computertomographie, hatten die Studenten die Möglichkeit, im Anwendungszentrum den Einsatz von Koordinatenmessgeräten mitzerleben. Eine abschließende Führung durch die Montage verdeutlichte die hohen Anforderungen an die Fertigung von Messmaschinen. ■

Fertigungs- und Werkstofftechnik (FWT)

Fertigungstechnik Daimler AG, Werk Untertürkheim

Regelmäßig zum Semesterende wird im Rahmen der Vorlesung Fertigungstechnik eine Exkursion zu einem produzierenden Unternehmen durchgeführt. Mit insgesamt 38 Studierenden wurde dieses Mal das Daimler Werk in Untertürkheim besucht. Auf dem Besichtigungsprogramm standen unter anderem die Motorfertigung und deren halbautomatisierten Montagelinien sowie das Schmiedewerk, in dem Daimler noch heute eine Vielzahl von Fahrzeugkomponenten in Eigenproduktion fertigt. Die Besichtigung wurde mit einem beeindruckenden Vortrag zur Werksgeschichte der Daimler AG umrahmt. Die Veranstaltung wurde mit einer intensiven Diskussionsrunde der Studierenden mit Vertretern aus dem Personalwesen abgeschlossen. Dabei konnten detaillierte Informationen zu Themen wie Einstiegschancen, Praktika im In- und Ausland oder die von der Industrie erwünschten Soft Skills weitergegeben werden. ■

Produktentstehung – Fertigungs- und Werkstofftechnik Index Werke GmbH & Co. KG

Im Rahmen der diesjährigen Exkursion konnten insgesamt 14 Studenten der Vorlesung Produktentstehung einen Einblick in die Fertigungshallen eines Werkzeugmaschinenherstellers bekommen. Die Firma Index stellt in Esslingen und Deizisau hochtechnologische Ein- und Mehrspindel-Dreh-

maschinen her. Nach einer kurzen Einführung durch die Historie des Unternehmens wurde das umfangreiche Produktportfolio vorgestellt. Nach dem Mittagessen in der Kantine fand eine Führung durch die Fertigung und Montage im Stammwerk Esslingen statt. Hier konnten die Studierenden einen Einblick in die Herausforderungen bei der Montage und Inbetriebnahme von Einspindeldrehmaschinen erhalten. Anschließend ging die Fahrt weiter in das 8 km entfernte Werk in Deizisau. Sehr beeindruckend waren hier die Komplexität der Mehrspindel-Drehmaschinen und die Führung durch die Abteilung für Schwerzerspannung. Eine abschließende Diskussion sowie die Vorstellung von Einstiegsmöglichkeiten bei der Firma Index rundeten die Exkursion ab. ■

Projekt Mikrofertigung: Entwicklung und Fertigung eines Mikrosystems Freudenberg DS Tooling Center GmbH & Co. KG

Wie auch im Vorjahr ging die Exkursion zum Projektpartner der Lehrveranstaltung. In deren Rahmen konnten dieses Jahr die Studenten die Fertigungsprozesse bei der Herstellung von Abformwerkzeugen bei Freudenberg kennenlernen. Passend zur semesterbegleitenden Projektarbeit sahen die Studenten, wie die Prozesse und Abläufe in der Fertigung in der industriellen Praxis ablaufen. Nach einer umfangreichen Führung durch die Fertigung und der Veranschaulichung verschiedener Prozessketten wurde intensiv über den aktuellen Stand der Projektarbeit diskutiert. Die Ideen und Vorschläge der Studenten wurden hierbei kritisch und konstruktiv mit den Fertigungsmöglichkeiten bei Freudenberg abgeglichen. Nach der Besprechung des weiteren Vorgehens endete die für die Studenten sehr interessante und intensive Exkursion. ■

Verzahntechnik ZF Friedrichshafen AG, Werk Saarbrücken

Zum Abschluss der Vorlesungseinheit Verzahntechnik wurde mit den Studenten eine Exkursion zum größten PKW-Getriebewerk Europas unternommen. Nach einer allgemeinen Vorstellung des Unternehmens gab es eine Führung entlang der Fertigungskette für 8-Gang-Automatikgetriebe. Dabei bekamen die Studenten einen imposanten Eindruck über die Größe des Werkes, in dem täglich nahezu 10.000 Fahrzeuggetriebe gefertigt werden. Nach dem Mittagessen in der Kantine ging es dann in die Zahnradfertigung, bei der die Studenten die in der Vorlesung vorgestellten Fertigungsverfahren wiederfinden konnten. Abgeschlossen wurde der interessante Besuch mit einer Abschlussdiskussion, in der die Studenten unter anderem ihre durchweg positiven Eindrücke berichteten. ■

Assistentenexkursion 2013



Die Assistenten-Gruppe vor der Herrenknecht AG, dem Marktführer in der Herstellung von Tunnelbohrsystemen

Am wbk Institut für Produktionstechnik ist es eine lange Tradition, einmal im Jahr gemeinsam mit allen akademischen Mitarbeitern ausgewählte Unternehmen aus dem produktionstechnischen Umfeld zu besuchen, um hier vertiefende Einblicke in industrielle und wirtschaftliche Vorgehensweisen zu erhalten. Die diesjährige Assistenten-Exkursion führte die Doktoranden und die Institutsleitung in die Freiburger Region. Hierbei wurden einerseits große Unternehmen, wie die Herrenknecht AG als Weltmarktführer in der maschinellen Tunnelvortriebstechnik und Kern-Liebers als wichtiger Zulieferer der Automobilindustrie, andererseits Familienunternehmen, wie die Firma Frammelsberger R. Ingenieur-Holzbau GmbH in Oberkirch (Schwarzwald), die modulare Holzhauslösungen anbietet, besichtigt. Auch bei marktführenden Unternehmen der Medizintechnik, wie Stryker Leibinger GmbH & Co. KG und Aesculap - B. Braun Melsungen AG, wurden den akademischen Mitarbeitern des wbk tiefe Einblicke in die Fertigung und Entwicklung gewährt. Abgerundet wurde die Exkursion mit einem Besuch im Automuseum „Cité de l'Automobile“ in Mulhouse. ■

IMPRESSUM

Herausgeber:
Karlsruher Institut für Technologie (KIT)
wbk Institut für Produktionstechnik
 Kaiserstraße 12
 76131 Karlsruhe

Layout & Produktion:
 Thomas Huschle (wbk)

Druck:
 Druckerei Schindler
 Hertzstraße 10
 69126 Heidelberg

Für den Inhalt der Beiträge sind die Autoren verantwortlich.

Karlsruher Institut für Technologie (KIT)
wbk Institut für Produktionstechnik

Kaiserstraße 12
76131 Karlsruhe

Kontaktdaten

wbk am Fasanengarten

Gebäude 50.36
Gotthard-Franz-Straße 5
Tel.: +49 721 608-44011
Fax: +49 721 608-45005

wbk am Ehrenhof

Gebäude 10.91
Engelbert-Arnold-Straße 8
Tel.: +49 721 608-42455
Fax: +49 721 608-45004

Global Advanced Manufacturing Institute (GAMI)

Room 501
Building 24A, Wangdun Road
Yuanrong Times Square
Suzhou Industry Park 215028
P.R. China
Tel.: +89 512 629-67398
Fax: +89 512 629-67389

Advanced Manufacturing Technology Center (AMTC)

JiRen building
Tongji-University Jiading campus
CAO AN GONGLU 4800
Shanghai 201804
P.R. China

www.wbk.kit.edu