

iwb newsletter ¹

Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften

Prof. Dr.-Ing. Michael Zäh | Prof. Dr.-Ing. Gunther Reinhart | Technische Universität München | www.iwb.tum.de

Ein Rückblick auf das vergangene Jahr

Auch dieses Mal möchten wir Ihnen mit unserem ersten Newsletter im Jahr 2016 einen kompakten Rückblick auf das erfolgreich abgeschlossene letzte Jahr geben.

Wir berichten zum Beispiel über unsere Forschungsprojekte, unsere Kompetenzen für Industrieunternehmen sowie über die innovativen Forschungskonzepte unserer Themengruppen und Forschungsfelder.

Auf den folgenden Seiten erwartet Sie wieder ein „Rundgang“ durch das *iwb*, auf dem Sie unter anderem einen Überblick über die fortschrittliche technische Ausstattung unserer Labore, über Personalia sowie eine Vorschau auf das Jahr 2016 erhalten.

Wir wünschen Ihnen viel Spaß beim Lesen von „Rückblick“ und „News“.

Das Team des *iwb* newsletter

EDITORIAL

Liebe Leserinnen und Leser,

in unseren Fabriken hat ein neues Zeitalter begonnen: Objekte, Maschinen und Geräte werden intelligent, nutzen das Internet der Dinge und kommunizieren mit den Menschen auf natürliche Weise per Sprache und Gestik. Potenzial genug, die Automatisierung der Produktion neu zu definieren. Sie wird sich nicht nur weiter beschleunigen sondern auch mächtiger und intelligenter werden. Gerne bezeichnen wir die Transformation unserer Fabriken in dieses neue Zeitalter mit der Metapher einer vierten industriellen Revolution: Industrie 4.0. Diese Revolution wird in den nächsten Jahren die Art, in der Produkte entwickelt, gefertigt und vertrieben werden, vollständig verändern.

Sicherlich erhoffen sich viele Menschen eher eine kontrollierte Evolution als eine Revolution. Das ist angesichts der großen Verantwortung für Fabriken und Arbeitsplätze, ja für den Wohlstand unserer Volkswirtschaft, vernünftig. Dennoch fordert uns Industrie 4.0 schon auf, nicht nur kontinuierlich

kleine Verbesserungen anzugehen, sondern sprunghaft innovativ zu sein und dabei besonders die Errungenschaften der Informations- und Kommunikationstechnologien einzubeziehen. Insbesondere neue Geschäftsmodelle auf dieser Basis sind gefragt. Disruptive Innovationen sind gefragt, alte Prozesse und Verfahren werden durch neuartige ersetzt, so wie die gute alte Schallplatte und auch die Musik-CD durch den mp3-Download. Der Harvard-Professor Clayton M. Christensen prägte den Begriff *disrupt* 1952 als wissenschaftlichen Fachausdruck der Innovationstheorie. Die disruptive Innovation bricht mit alten Geschäftsmodellen. Ja, sie zerstört sie. Im Gegenzug steht die erhaltende Innovation, die in unserer Zeit aber oftmals nicht mehr genügt, um sich am Weltmarkt zu behaupten. Sie wirkt lahm und wenig visionär. Christensen bezeichnet diese Dichotomie als *Innovator's Dilemma*. Denn die Profiteure der aktuellen Technologie sind die Antagonisten jeglicher Neuerung. Viele Unternehmen halten an ihrer lieb gewonnenen und beherrschten Technologie fest,



bis sie Opfer erfindungsreicher Neulinge werden. Industrie 4.0 ist der Appell, die Disruption selbst in die Hand zu nehmen.

Somit erweist sich der Begriff Industrie 4.0 nicht nur als konkrete Vision, sondern als gemeinsamer Fokus für zukunftsorientierte disruptive Innovationen im Produktionssektor. Die Forschungspolitik der Bundesregierung wurde am Zukunftsprojekt Industrie 4.0 ausgerichtet. Industriekonsortien bildeten sich und Industrieverbände schlossen sich auf einer Plattform zusammen. Zwischenzeitlich sind die ersten Verbundprojekte zu Industrie 4.0, nämlich CyProS (www.projekt-cypros.de, s. Seite 8 in diesem Newsletter), ProSense (www.fir.rwth-aachen.de) und KapaflexCy (www.kapaflexcy.de) mit hervorragenden Ergebnissen abgeschlossen worden. Diese warten auf die Umsetzung in der industriellen Praxis – in Ihrem Unternehmen!

Durch die digitale Vernetzung der Kunden, Produzenten und Lieferanten werden sich völlig neue

Prozesse etablieren. Es werden sich die Unternehmen mit Hilfe überall verfügbarer Rechnerleistung (Cloud) und sinnvoll genutzter Datenbankkapazitäten nebst Auswertalgorithmen (Big Data) neue Geschäftsfelder erschließen. Das *iwb* der Technischen Universität München und das RMV der Fraunhofer Gesellschaft arbeiten mitten in diesem Geschehen. In Augsburg entstand ein Demonstrations- und Trainingszentrum für Cyber-Physische Produktionssysteme.

Wir wünschen Ihnen viele intelligent vernetzte Ideen bei der Lektüre dieses Newsletters. Inwiefern Sie persönlich und Ihr Unternehmen von diesem Zeitalter profitieren können, erfahren Sie neben weiteren Trends der Produktionsforschung in diesem Newsletter. Viel Spaß beim Lesen!

Ihr Gunther Reinhart

GR
Michael F. Zäh
und Ihr Michael Zäh

Das Design verändert sich – weiterhin „Perspektiven für die Produktion“!

Ab März 2016 wird auf unserem Newsletter, auf unseren Briefköpfen und auf vielen anderen Medien das *iwb*-Logo langsam verschwinden.

Die (inzwischen von der Hochschulleitung ausnahmslos angeordnete) Umstellung findet im Rahmen der Modernisierung des Markenauftritts der TUM statt – auch unser Newsletter wird sich verändern.

Ab der nächsten Ausgabe (2/2016) werden wir Ihnen Neuigkeiten des *iwb* unter dem markanten Schriftzug und Design der TUM vorstellen.

Als Teil der Technischen Universität München (TUM) ist das Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften (iwb) an insgesamt zwei Standorten vertreten – mit dem Hauptsitz in der Fakultät für Maschinenwesen in Garching bei München und mit dem produktionstechnischen Anwenderzentrum in Augsburg.

Die Forschungsaktivitäten des iwb werden in Themengruppen und Forschungsfelder eingeteilt. Die Themengruppen repräsentieren die am iwb vorhandene Fachkompetenz und spiegeln die langfristige Ausrichtung des Instituts wider. Die Forschungsfelder stellen die fachliche Vertiefung der Themengruppen auf spezielle, innovative Inhalte dar und können dynamisch auf aktuelle Bedürfnisse und Marktbedingungen abgestimmt werden.

Weitere Informationen:
www.iwb.tum.de/Organisation



Prof. Dr.-Ing.
Michael Zäh



Prof. Dr.-Ing.
Gunther Reinhart

Institutsleitungskreis



Dipl.-Ing.
Markus Westermeier

Themengruppe
Werkzeugmaschinen

Werkzeugmaschinen
@iwb.tum.de

- Strukturverhalten
- Zerspanungsprozesse
- Energieeffizienz und Leichtbau



Dipl.-Ing.
Alexander Fuchs

Themengruppe
Füge- und Trenntechnik

Fuegetechnik-Trenntechnik
@iwb.tum.de

- Laserfertigungstechnik
- Reibschweißen
- Fügen und Trennen von CFK



Dipl.-Ing. Dipl.-Kfm.
Jan-Fabian Meis

Themengruppe
Produktionsmanagement und Logistik

Produktionsmanagement-Logistik@iwb.tum.de

- Technologiemanagement in der Produktion
- Mensch in der Fabrik
- Bionik in der Produktionsorganisation



Dipl.-Ing.
Fabian Distel

Themengruppe
Montagetechnik und Robotik

Montagetechnik-Robotik
@iwb.tum.de

- Batterieproduktion
- Cyber-Physische Montageprozesse
- Industrielle Robotik



Dipl.-Phys.
Johannes Weirather

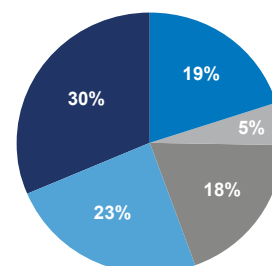
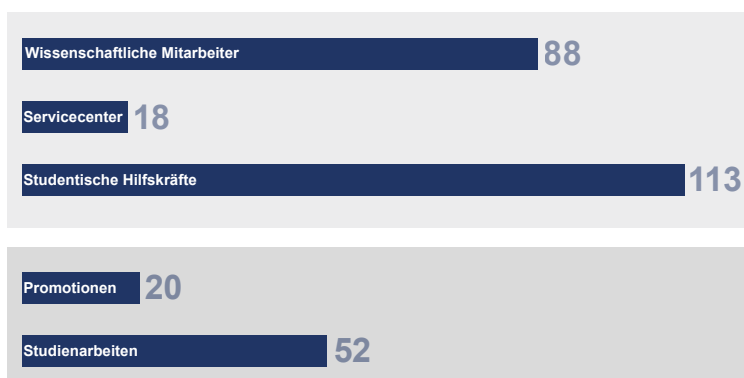
Themengruppe
Additive Fertigung

Fertigungstechnik
@iwb.tum.de

- Additive Fertigung

iwb-Personalstruktur und Finanzen 2015

Stand: Dezember 2015



Haushaltsmittel

- Technische Universität

Industriell geförderte Projekte

- langfristig (> 12 Monate)
- kurzfristig (≤ 12 Monate)

Öffentlich geförderte Projekte

- Grundlagenforschung
- Anwendungsforschung

Die produktionstechnische Forschungs- und Entwicklungsarbeit der Projektgruppe für ressourceneffiziente mechatronische Verarbeitungsmaschinen (RMV) des Fraunhofer IWU konzentriert sich auf die Belange der ressourceneffizienten Produktion. Als zukünftiges Fraunhofer-Institut spielt der direkte Anwendungsbezug eine wichtige Rolle. Kreative Ansätze und begeisternde Lösungen werden gemeinsam mit Partnern aus Industrieunternehmen umgesetzt und bewirken eine Anpassung an den fortdauernden Wandel in der industriellen Praxis.

Durch die ganzheitliche Betrachtung der produktionsrelevanten Ressourcen Energie, Material und Mensch kann eine Optimierung unternehmensweiter Prozessketten sichergestellt werden. Unter der Prämisse „Ressourceneffizienz in Produktion und Verarbeitung“ wird dazu auf allen Fertigungsebenen in den Kompetenzbereichen „Ressourceneffizienz in Prozessen“, „Intelligente Vernetzung der Produktion“, „Flexibilisierung der Produktion“, „Modellbildung und Simulation“ und „Additive Fertigung“ geforscht.

Weitere Informationen:
www.iwu.fraunhofer.de/rmv



Fraunhofer
 IWU
 Projektgruppe RMV

PROJEKTGRUPPENLEITUNG



**Prof. Dr.-Ing.
 Gunther Reinhart**

ABTEILUNGSLEITUNG



**Dipl.-Ing.
 Christian Seidel**
christian.seidel@iwu.fraunhofer.de



**Dipl.-Ing.
 Johannes Glasschröder**
johannes.glasschroeder@iwu.fraunhofer.de



**Dr.-Ing.
 Stefan Braunreuther**
stefan.braunreuther@iwu.fraunhofer.de



**Dipl.-Ing.
 Christoph Richter**
christoph.richter@iwu.fraunhofer.de

Additive Fertigung



Ressourceneffizienz in Prozessen



Intelligent vernetzte Produktion



Vernetzte Modellbildung und Simulation



Flexibilisierung der Produktion



RMV Personalstruktur und Finanzen 2015

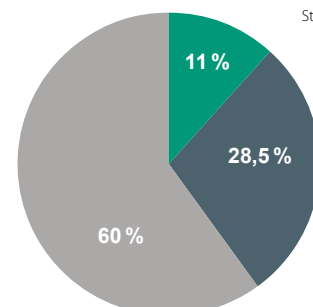
Wissenschaftliche Mitarbeiter **36**

Verwaltung, Dienste **10**

Studentische Hilfskräfte **83**

Promotionen **5**

Studienarbeiten **44**



Stand: Dezember 2015

- Grundfinanzierung durch die Fraunhofer-Gesellschaft
- Öffentlicher Ertrag
 (Grundlagen- & Anwendungsforschung)
- Wirtschaftsertrag
 (Bilaterale Industrieprojekte & Verbundprojekte)



Dr.-Ing. Thomas Bonin
Moderne Ordnungsreduktionsverfahren für die Simulation des dynamischen Verhaltens von Werkzeugmaschinen (UTZ Verlag Bd. 306)



Dr.-Ing. Philipp Engelhardt
System für die RFID-gestützte situationsbasierte Produktionssteuerung in der auftragsbezogenen Fertigung und Montage (UTZ Verlag Bd. 299)



Dr.-Ing. Florian Geiger
System zur wissensbasierten Maschinenbelegungsplanung auf Basis produktspezifischer Auftragsdaten (UTZ Verlag Bd. 311)



Dr.-Ing. Emin Genc
Frühwarnsystem für ein adaptives Störungsmanagement (UTZ Verlag Bd. 308)



Dr.-Ing. Markus Graßl
Bewertung der Energieflexibilität in der Produktion (UTZ Verlag Bd. 300)



Dr.-Ing. Mirko Langhorst
Beherrschung von Schweißverzug und Schweiß-eigenstressungen (UTZ Verlag Bd. 309)



Dr.-Ing. Tobias Maier
Modellierungssystematik zur aufgabenbasierten Beschreibung des thermoelastischen Verhaltens von Werkzeugmaschinen (UTZ Verlag Bd. n.n.)



Dr.-Ing. Stefan Maurer
Frühaufklärung kritischer Situationen in Versorgungsprozessen (UTZ Verlag Bd. n.n.)



Dr.-Ing. Jan Musiol
Remote-Laserstrahl-Abtragschneiden (UTZ Verlag Bd. 307)



Dr.-Ing. Klemens Niehues
Identifikation linearer Dämpfungsmodelle für Werkzeugmaschinenstrukturen (UTZ Verlag Bd. n.n.)



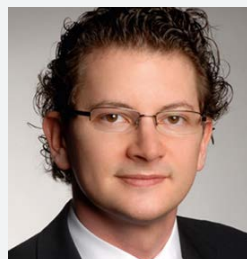
Dr.-Ing. Markus Pröpster
Methodik zur kurzfristigen Austaktung variantenreicher Montagelinien am Beispiel des Nutzfahrzeugbaus (UTZ Verlag Bd. 314)



Dr.-Ing. Kirsten Reisen
Adaptiertes, aufgabenorientiertes Programmiersystem für Montagesysteme (UTZ Verlag Bd. n.n.)



Dr.-Ing. Philipp Schmidt
Laserstrahlschweißen elektrischer Kontakte von Lithium-Ionen-Batterien in Elektro- und Hybridfahrzeugen (UTZ Verlag Bd. 304)



Dr.-Ing. Peter Schnellbach
Methodik zur Reduzierung von Energieverschwendung unter Berücksichtigung von Zielgrößen ganzheitlicher Produktionssysteme (UTZ Verlag Bd. 312)



Dr.-Ing. Stefan Schwarz
Prognosefähigkeit dynamischer Simulationen von Werkzeugmaschinenstrukturen (UTZ Verlag Bd. 313)



Dr.-Ing. Markus Schweier
Simulative und experimentelle Untersuchungen zum Laserschweißen mit Strahloszillation (UTZ Verlag Bd. 310)



Dr.-Ing. Yi Shen
System für die Mensch-Roboter-Koexistenz in der Fließmontage (UTZ Verlag Bd. 305)



Dr.-Ing. Christoph Sieben
Entwicklung eines Prognosemodells zur prozessbegleitenden Beurteilung der Montagequalität von Kolbendichtungen (UTZ Verlag Bd. 303)



Dr.-Ing. Dominik Simon
Automatisierte flexible Werkzeugsysteme zum Umformen und Spannen von Kunststoffscheiben (UTZ Verlag Bd. n.n.)



Dr.-Ing. Christian Thiemann
Methode zur Konfiguration automatisierter thermografischer Prüfsysteme (UTZ Verlag Bd. n.n.)

Ehrungen und Auszeichnungen 2015

Auch im Jahr 2015 erhielten wieder viele Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter Preise und Ehrungen für besondere Arbeiten und hervorragende Ergebnisse aus der Forschung und Entwicklung:

Dr.-Ing. Philipp Engelhardt
Wittenstein-Preis, für eine exzellente Dissertation auf dem Gebiet der Mechatronik

Dipl.-Ing. Johannes Glasschröder
Best Academic R&D Award auf der Printed Electronics Europe

Dipl.-Ing. Thilo Martens
2. Platz beim Posteraward des Forschungskolloquiums Bioenergie

Dipl.-Ing. Johannes Schmalz
„Lawrence Berkeley National Laboratory Student Fellowship“, Stipendium

Die übergreifende Forschungsstruktur am Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften (iwb) wird durch die einzelnen Themengruppen repräsentiert.

Diese Themengruppen sind weiter in Forschungsfelder untergliedert, in welchen jeweils drei bis sieben wissenschaftliche Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter Forschungsfragen in thematisch ähnlichen Bereichen intensiv diskutieren. Aus aktuellen Fragestellungen in den Forschungsgebieten sowie früheren Forschungsschwerpunkten ergeben sich vielfältige Kompetenzen in der Forschung.

Weitere Informationen:
www.iwb.tum.de/Forschung



Produktionsforschung zu Hochvoltspeichersystemen für die Elektromobilität

Das unter dem Leuchtturm der Elektromobilität eingeordnete BMBF-Verbundprojekt „eProduction“ widmete sich der ganzheitlichen Forschung rund um die Fertigung von Hochvoltspeichersystemen für den Einsatz in Elektro- und Hybridfahrzeugen.

Für die Umsetzung einer emissionsfreien Mobilität liegt der Forschungsfokus auf der Elektrifizierung des Antriebstranges von Kraftfahrzeugen. Die Schlüsselkomponente bildet hierbei der Energiespeicher in Form einer Traktionsbatterie, auf die der größte Teil der Wertschöpfung entfällt. Zurzeit zählen die Lithium-Ionen-Batterien wegen ihrer hohen Energiedichte zur favorisierten Speichertechnologie. Im Rahmen des Verbundprojektes „eProduction“ widmete sich das iwb unterschiedlichen produktionstechnischen Fragestellungen im Kontext der Herstellung von Hochvoltspeichersystemen.

Analyse der Wertschöpfungstiefe

Zu jeder Wertschöpfungsstufe eines Produktes muss eine Entscheidung zwischen den Bereitstellungsalternativen „Eigenfertigung“ (Make) und „Fremdbezug“ (Buy) nach strategischen, wirtschaftlichen und technischen Kriterien getroffen werden. Bei dieser Entscheidungsfindung sind aktuelle Rahmenbedingungen sowie zukünftige Entwicklungen der betroffenen Unternehmensbereiche einzubeziehen. In „eProduction“ bestand das Ziel, eine Methode zu entwickeln, um den „Make-or-Buy“-Entscheidungsprozess für die Herstellung eines Hochvoltspeichers durch die

Schaffung einer Datentransparenz zu unterstützen. Hierfür wurde ein vierstufiges Vorgehen erarbeitet, mit dem die einzelnen Teilprozesse der Zellfertigung bewertet werden können. In der ersten Stufe dieses Vorgehens wird der betreffende Teilprozess analysiert und modelliert, um in der zweiten Stufe einen Kriterienkatalog zu erarbeiten, der sowohl quantitative als auch qualitative Kriterien umfasst. In der dritten und vierten Stufe erfolgt eine Bewertung dieser Kriterien hinsichtlich unterschiedlicher Fertigungsszenarien. Mit der Anwendung des entwickelten Modells stehen für festgelegte Entscheidungskategorien, wie zum Beispiel Know-how-Management oder Wirtschaftlichkeit, jeweils Aussagen für die empfohlene Bezugsart zur Verfügung.

Kontaktierung der Zellterminals

Aufgrund der Vielzahl an Lithium-Ionen-Batteriezellen in einer Traktionsbatterie spielt die Verbindungstechnik eine zentrale Rolle. Zum Fügen der Zellterminals der Batteriezellen untersuchte das iwb die Eignung des Remote-Laserstrahlschweißens sowie des Lötens mittels reaktiver Nanofolien. Hierbei wurden die mechanischen und elektrischen Eigenschaften der Probekörper untersucht, die aus den Materialkombinationen Aluminium und Kupfer hergestellt wurden. Zur Untersuchung der elektrischen Eigenschaften der Probekörper wurde ein Prüfstand auf Basis der Vier-Leiter-Messmethode gebaut, mit dem der elektrische Verbindungswiderstand mit einer hohen Genauigkeit gemessen werden kann.

Zusätzlich wurde für das Remote-Laserstrahlschweißen ein thermo-elektrisches Simulationsmodell erarbeitet, das mithilfe eines genetischen Algorithmus die Schweißnahtgeometrie mit

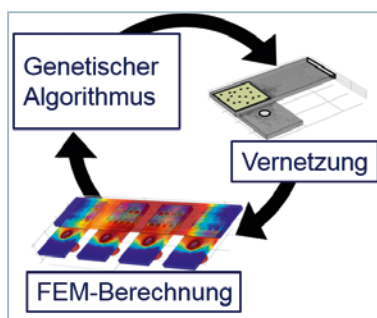


Prüfstand zur Messung des elektrischen Verbindungswiderstandes

dem geringsten elektrischen Verbindungswiderstand in der Fügestelle berechnet.

Flüssigkeitsdichtes Kühlsystem

Die in einer Traktionsbatterie erzeugte thermische Energie muss durch ein geeignetes Kühlsystem abgeführt werden. Zum Fügen der Kühlsystemkomponenten überprüfte das iwb die Eignung des Rührreißschweißens (engl. Friction Stir Welding (FSW)). Dabei bestand das Ziel in der Herstellung von flüssigkeitsdichten Kühlplatten. Zusätzlich lag das Augenmerk auf der Quantifizierung des durch den Fügeprozess bedingten Bauteilverzugs und der Erarbeitung von Kompensationsstrategien zur Verzugsreduktion. Es lässt sich zusammenfassend festhalten, dass FSW geeignet ist, um flüssigkeitsdichte Schweißungen zu erzielen. Jedoch stellt das prozessbedingte Endloch eine potenzielle Leckagestelle dar. Dieses sollte folglich derart platziert werden, dass es mit den flüssigkeitsführenden Kühlkanälen nicht unmittelbar in Kon-



Methode zur Optimierung der Schweißnahtgeometrie

takt steht. Des Weiteren sind die Kühlplatten aufgrund der geringen Eigensteifigkeit nicht völlig verzugsfrei zu fügen. Zur Kompensation dessen wurden prozessabhängige sowie -unabhängige Maßnahmen untersucht. Hierbei erwies sich das nachgelagerte Richten der Kühlplatten als am besten geeignete Maßnahme, um den Schweißverzug maximal zu reduzieren.

Dank

Das Teilvorhaben „Fügeverfahren und Analyse der Wertschöpfungstiefe“ im Verbundprojekt „eProduction“ wurde vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) im Rahmen des Leuchtturmes der Elektromobilität „Energiesysteme und Energiespeicherung“ gefördert (Fördernummer: 16N12033) und vom Projektträger

VDI/VDE Innovation + Technik betreut.



Autor

Dipl.-Ing. Georgios Theodossiadis

Themengruppe Füge- und Trenntechnik

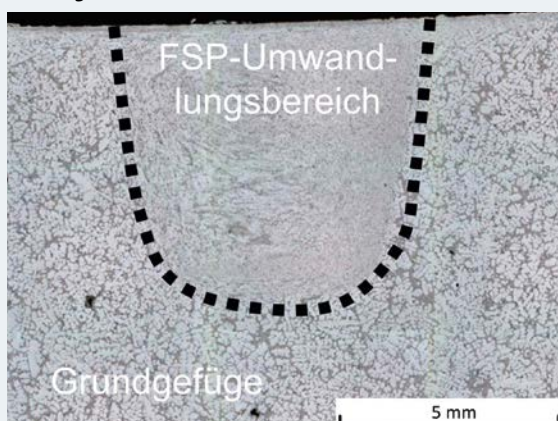
Verbesserung der mechanischen Eigenschaften von Aluminium-Gussbauteilen

Leichtbau, Materialeffizienz sowie stetige Kosteneinsparungen stellen Herausforderungen bei der Verwendung von Aluminium-Gusskomponenten dar. Deshalb sind sowohl Gießereien als auch Gussanwender bestrebt, mögliche Maßnahmen zur Steigerung der statischen und dynamischen Festigkeitseigenschaften kontinuierlich weiterzuentwickeln. Das Friction Stir Processing (FSP) bietet dafür als innovatives Verfahren die Möglichkeit, die mechanischen Eigenschaften von Gussbauteilen gezielt lokal zu verbessern.

In der Gießereipraxis überwiegt zur Steigerung der mechanischen Eigenschaften die Optimierung des gesamten Gussteils. D. h. obwohl nur einzelne Bereiche im praktischen Einsatz erhöhten mechanischen Belastungen ausgesetzt sind, werden die kompletten Gussteile erwärmt. Dies verursacht erhöhte Produktionskosten und einen erheblichen Mehraufwand an Energie. Ein neuer Ansatz zur Verbesserung der mechanischen Eigenschaften besteht in der gezielten, lokalen Eigenschaftsveränderung zur signifikanten Steigerung der mechanischen Belastbarkeit.

Hierbei werden Bereiche partiell mithilfe des FSP bei der Rohteilbearbeitung in der Gießerei positiv beeinflusst. Durch die thermomechanische Bearbeitung des Werkstoffs wird dieser plastifiziert und verrührt, wobei das Grundgefüge in ein feinkörniges und nahezu porenfreies Gefüge übergeht.

Querschliff einer FSP-behandelten Probe (AlSi7Mg0,3)



Projektziel

Ziel dieses Forschungsvorhabens war es, die Qualifizierung des FSP und die Ermittlung verfahrenstechnischer Einsatzmöglichkeiten und -grenzen zu analysieren. Im Betrachtungsfokus stand dabei insbesondere die Übertragung der Ergebnisse aus Grundlagenuntersuchungen auf reale Anwendungsfälle der Projektpartner.

Aufgrund der komplexen Wechselwirkungen zwischen dem Gieß- und FSP-Prozess war eine gesamtheitliche Betrachtung der Fertigungskette unumgänglich.

Ergebnisse

Im Rahmen des Forschungsvorhabens konnten Prozessparameterfenster für verschiedene FSP-Werkzeuge, Gussteildicken und Gießverfahren sowohl für die Legierungen AlSi7Mg0,3 als auch für den Gusswerkstoff AlSi8Cu3 ermittelt und die mechanischen Eigenschaften der Gussprobekörper gesteigert werden. Für die Zugfestigkeit und die Streckgrenze fielen die Zunahmen in einem Bereich von 10–20 % moderat aus, jedoch konnte für die maximal erreichbare Dehnung eine Verdoppelung im Vergleich zum unbehandelten Ausgangsgusswerkstoff erreicht werden. Ferner konnte nachgewiesen werden, dass der FSP-Prozess zu einem porenfreien, homogenen sowie verfeinerten Grundgefüge des Aluminiums führt. Dieses Erscheinungsbild ist dadurch geprägt, dass die Dendriten und Silizium-Partikel infolge des Prozesses aufbre-

chen und in feiner Form innerhalb der Matrix verteilt werden.

Durch die Gefügeumwandlung konnte mittels FSP an realen Gussbauteilen der industrielle Einsatz erfolgreich nachgewiesen werden. Dazu wurden verschiedene Aluminium-Gussbauteile von Mitgliedern des projektbegleitenden Ausschusses einer FSP-Behandlung unterzogen. Basierend auf den gewonnenen Erkenntnissen wurden Anwendungsempfehlungen erarbeitet, welche vor allem kleinen und mittelständischen Unternehmen den Einstieg in die FSP-Technologie erleichtern sollen.

Dank

Das IGF-Vorhaben 16516 N der Forschungsvereinigung Gießereitechnik e.V. (FVG) wurde über die Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen „Otto von Guericke“ e.V. (AiF) im Rahmen des Programms zur Förderung der industriellen Gemeinschaftsforschung und -entwicklung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert. Für diese Förderung sei an dieser Stelle herzlich gedankt.

Außerdem bedanken wir uns beim Institut für Gießereitechnik gGmbH (IfG) in Düsseldorf für die hervorragende Projektzusammenarbeit sowie bei den Unternehmen des projektbegleitenden Ausschusses (PbA) für ihre Unterstützung über die gesamte Projektlaufzeit.



Autor

Dipl.-Ing. Franz Wirth

Themengruppe Füge- und Trenntechnik

Regelung der Temperatur beim Rührreibschweißen

Im Rahmen des DFG-Forschungsprojekts „Regelung der Temperatur beim Rührreibschweißen“ (RegTemp) werden am *iwb* Methoden zur gezielten Regelung der Prozesstemperatur beim Rührreibschweißen entwickelt. Dadurch soll der Einfluss der thermischen Randbedingungen auf den Verlauf der Prozesstemperatur kompensiert werden und somit eine gleichbleibende, optimale Nahtqualität im Hinblick auf die mechanischen Nahteigenschaften gewährleistet werden.



Untersuchungen zu Wärmestaus in der Nähe des Bauteilrands

Zielsetzung und Motivation

Das Rührreibschweißen ist ein Fügeverfahren, welches ein breites Spektrum an Vorteilen bietet. Diese Vorteile ergeben sich hauptsächlich daraus, dass kein Aufschmelzen der Fügepartner stattfindet, sondern stattdessen ein „Verrühren“ des entfestigten Werkstoffs erfolgt. Dadurch besteht die Möglichkeit, Legierungen, welche nur als bedingt schweißbar gelten, sowie artverschiedene Werkstoffe zu fügen. Die vorteilhaften mechanischen Nahteigenschaften resultieren aus den metallurgischen Effekten Kaltverfestigung, Ausscheidungshärtung und Rekristallisation. Da es sich bei den letzten beiden Effekten um diffusionsgesteuerte Prozesse handelt, spielt der zeitliche und örtliche Temperaturverlauf während des Prozesses eine wichtige Rolle. Der Temperaturverlauf hängt hauptsächlich von den Schweißparametern ab, wird jedoch signifikant von den thermischen Randbedingungen beeinflusst. Wenn sich diese während des Prozesses ändern, wirkt sich das unweigerlich auch auf die Prozesstemperatur aus. Beispielsweise kann es beim Schweißen in der Nähe des Bauteilrands zu Wärmestaus kommen und daher zu einem unerwünschten Anstieg der Schweißtemperatur. Die zu hohe Temperatur verursacht eine thermische Schädigung der Naht.

Das übergeordnete Ziel des Vorhabens besteht daher darin, durch die Entwick-

lung einer Temperaturregelung eine gleichbleibende und hohe Nahtqualität hinsichtlich mechanischer Eigenschaften zu gewährleisten. Insbesondere sind dabei die Allgemeingültigkeit und die Robustheit des Regelgesetzes sicherzustellen.

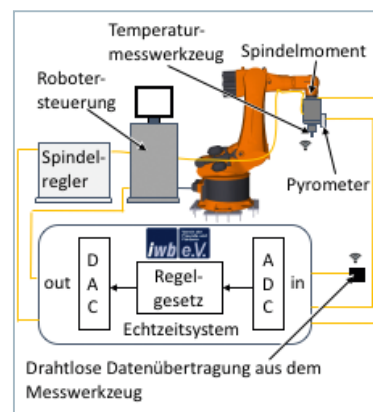
Lösungsansatz

Zunächst werden geeignete Messverfahren für die Applikation einer Temperaturregelung identifiziert. Dazu werden zum einen Messungen mit einem Einkanal-Pyrometer durchgeführt. Dieses bietet die Möglichkeit der berührungslosen Bestimmung der Oberflächentemperatur. Zum anderen wird ein neues FSW-Werkzeug zur Temperaturmessung entwickelt, welches mit Thermoelementen bestückt wird. Zusätzlich wird die Korrelation zwischen dem anliegenden Spindelmoment und der Prozesstemperatur untersucht, sodass eine fundierte Aussage über die Tauglichkeit des Spindelmoments als Regelgröße getroffen werden kann.

Nachdem ein geeignetes Messsystem gefunden und aufgebaut wurde, werden die grundlegenden Effekte des Wärmeeintrags und der Wärmeleitung während des Rührreibschweißens untersucht.

Die aus der Modellierung gewonnen Erkenntnisse werden anschließend dazu verwendet, eine geeignete Regelstrategie abzuleiten. Diese wird in einem eigens dafür angeschafften echtzeitfähigen System im-

plementiert. Nach der Implementierung wird eine Analyse und Bewertung der neuen Systemtechnik und der damit erzielten Schweißergebnisse durchgeführt. Dabei wird besonderes Augenmerk auf die Effektivität und somit auf die technologische und wirtschaftliche Sinnhaftigkeit gelegt.



Schematischer Aufbau der Systemtechnik

Dank

Das Projekt „Regelung der Temperatur beim Rührreibschweißen“ wird von der DFG gefördert. Besonderer Dank gilt außerdem dem *iwb* e.V. für die finanzielle Unterstützung bei der Anschaffung des benötigten Echtzeitsystems.



Autor

**M. Sc.
Andreas Bachmann**
Themengruppe Füge- und Trenntechnik

Exzellente Forschung für die Energiewende

Der dreijährige bayerische Forschungsverbund FOREnergy wurde mit Bestnote abgeschlossen.

Im Zuge der Energiewende und des Ausbaus erneuerbarer Energien wird die produzierende Industrie in Deutschland zukünftig mit einem volatilen Energieangebot konfrontiert sein. Eine mögliche Reaktion darauf ist, den eigenen Energiebedarf flexibel dem Angebot anzupassen und durch das Nutzen

niedriger Strompreise Wettbewerbsvorteile zu erzielen. Im Zuge des Forschungsverbundes FOREnergy wurden innerhalb der letzten drei Jahre Konzepte und Lösungen erforscht, welche eine energieflexible Fabrik ermöglichen. Der Gesamtverbund bestand aus acht Teilprojekten unter der Beteiligung von

fünf wissenschaftlichen Instituten und 28 Industriepartnern.

Teilprojekt 1 – Transparenz

Das zentrale Ziel dieses Teilprojektes war die Befähigung der Kooperationspartner zur Nutzung von Energie als planbare Ressource. In der gesamten



Projektlaufzeit galt es daher, allgemeingültige Vorgehensweisen zur Transparenzschaffung bezüglich des energetischen Lastverhaltens einer Produktion zu erstellen und die gesammelten Erfahrungen dem gesamten Forschungsverbund durch Best-Practice-Lösungen zur Verfügung zu stellen. Darauf folgte die detaillierte Erfassung und Analyse der Energiebedarfe in den relevanten Bereichen. Diese umfasste sowohl die Aufnahme der Einflussmöglichkeiten einzelner Anlagen und Prozesse auf ihren energetischen Zustand als auch die Erfassung der Wechselwirkungen zwischen den einzelnen Systemen. Daher wurden neben den einzelnen Prozessen auch die organisatorischen Handlungsmöglichkeiten untersucht.

Im Anschluss stand die Entwicklung eines empirischen Energiebedarfsmodells im Vordergrund. Dieses erlaubt auf Basis der erhobenen Energie- und Produktionsdaten mittels statistischer Verfahren sowie dem Einsatz von Mustererkennungsalgorithmen die Prognose des Energiebedarfs in Abhängigkeit vom Produktionsablauf. Diese Informationen befähigen die Steuerungs- und Planungssysteme, zielgerichtet energetische Optimierungen durchzuführen.

Teilprojekt 2 – Anlagenbau

Im Zuge des zweiten Teilprojektes von FOREnergy rückte gezielt die Energieflexibilität einzelner Anlagen in den Mit-

telpunkt der Untersuchungen. Während der Projektlaufzeit wurden diejenigen Komponenten eines Fräsbearbeitungszentrums identifiziert, welche es ermöglichen, energetische Lasten innerhalb der Maschine zeitlich zu verschieben. Durch die gezielte Untersuchung der Funktionsweise der Komponenten in Kombination mit ihrer Leistungsaufnahme konnte der Flexibilisierungsgrad der jeweiligen Komponente bestimmt und auf die Energieflexibilität der Gesamtanlage aggregiert werden. Auf dieser Basis wurde untersucht, in welchem Maße ein Lastmanagement auf Maschinenebene unter Sicherstellung der Produktivität umsetzbar ist. Neben der Ausarbeitung eines entsprechenden Konzepts zum Lastmanagement auf Maschinenebene wurden Alternativkonzepte für Maschinenkomponenten untersucht, um den Anteil an flexibler Energie zu erhöhen. Hieraus wurden Anforderungen an die Entwicklung von Maschinenkomponenten definiert, damit diese in besonderem Maße für Lastmanagementstrategien geeignet sind. Die Beschreibung der Potenziale unterschiedlicher Aggregate und Maschinen mithilfe eines standardisierten Vorgehens ermöglicht die Vergleichbarkeit untereinander und gegenüber weiteren Disziplinen der Energieflexiblen Fabrik. Abschließend wurde aufgezeigt, wie seitens einer Steuerung Einfluss auf die einzelnen Aggregate genommen werden kann.

Zusammenfassung und Ausblick

Im Rahmen des Forschungsverbundes FOREnergy wurden am iwB die Transparenzschaffung sowie die technische Umsetzbarkeit von Flexibilisierungsmöglichkeiten des Energiebedarfs von Produktionsanlagen untersucht. Bei der Abschlussbegutachtung am 29.10.2015 an der Technischen Universität München konnte für das Gesamtprojekt sowie für die Teilprojekte 1 und 2 jeweils die Bestnote erreicht werden. Diese Erfahrungen sollen nun in kommenden Projekten beispielsweise zur systematischen Energiedatenerfassung und zur Untersuchung der Energieflexibilität von vernetzten Anlagen genutzt werden.

Dank

Besonderer Dank gilt der Bayerischen Forschungsförderung und den Kooperationspartnern, die diese Forschungstätigkeiten ermöglicht haben.

Weitere Informationen

www.forenergy.de



Autoren

**M. Sc.
Corinna Liebl**

Themengruppe
Werkzeugmaschinen

Cyber-Physische Produktionssysteme finden den Weg auf den Hallenboden

Im September 2015 endete das Forschungsprojekt „Cyber-Physische Produktionssysteme – Produktivitäts- und Flexibilitätssteigerung durch die Vernetzung intelligenter Systeme in der Fabrik“ (CyProS). Zum krönenden Abschluss des Projektes wurden die aus einem Konsortium von über 20 Partnern aus Wissenschaft und Wirtschaft in drei Jahren erarbeiteten vielseitigen Ergebnisse im Rahmen einer zweitägigen Abschlussveranstaltung einem breiten Publikum vorgestellt. Die Ergebnisse wurden zudem im Rahmen einer umfangreichen Buchveröffentlichung mit dem Titel „Intelligente Vernetzung in der Fabrik“ der Öffentlichkeit zugänglich gemacht.

Die Zielsetzung des Projekts „CyProS“ bestand aus drei Teilen. Zunächst wurde ein repräsentatives Spektrum Cyber-Physischer Systemmodule für Produktions- und Logistiksysteme entwickelt. Des Weiteren wurde die technische und methodische Basis zum wirtschaftlichen Betrieb Cyber-Physischer Systeme (CPS) in realen Produktionsumgebungen geschaffen. Zusätzlich wurden universelle Vorgehensweisen, Hilfsmittel und Plattformen, die der

Einführung von CPS dienen, ausgearbeitet.

Von der Theorie in die Praxis

Zur Evaluierung wurden im gesamten Konsortium über ein Dutzend Demonstratoren und Umsetzungsbeispiele im realen industriellen Umfeld entwickelt und ausgearbeitet. Eine detaillierte Beschreibung der Projektergebnisse findet sich im Buch „Intelligente Vernetzung in der Fabrik“ des Fraunhofer-Verlags. Die



Multimodales Werkerassistenzsystem

folgenden zwei Umsetzungsbeispiele zeigen einen ausgewählten Teil der Ergebnisse aus der Montage, die am iwB und an der Projektgruppe RMV des IWUs erarbeitet wurden.

CPS in der manuellen Montage

Bei der Montage variantenreicher Produkte führt die Erstellung und Verwal-



Cyber-Physische Roboterzelle am iw b

tung von Montageanweisungen sowie die Mitarbeiterschulung zu signifikanten Aufwänden in der Organisation. Ein daraus folgendes Handlungsfeld bildet daher die Entwicklung eines neuartigen manuellen Arbeitsplatzes mit einer digitalen Werkerunterstützung. Das umgesetzte Assistenzsystem zeichnet sich durch eine situationsabhängige Aufbereitung und anforderungsbezogene Darstellung von Informationen aus. Das multimodale Werkerassistenzsystem unterstützt diverse Ein- und Ausga-

bemodalitäten wie beispielsweise Sprache und Gestik. Dies befähigt zu einem digitalen Workflow und sorgt für eine breite Akzeptanz bei den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern.

CPS in der roboterbasierten Montage

Am iw b wurde eine Methode entwickelt, um eine automatische Montageplanung sowie aufgabenorientierte Programmierung von Robotersystemen, basierend auf CAD-Daten von zu montierenden Produkten, durchzuführen. Die wirtschaftliche automatische Montage in Losgröße eins wird durch die lösungsneutrale Kommunikation zwischen CPS-Produkt und CPS-Produktionssystem möglich. Die Methode wurde am Beispiel der roboterbasierten Montage von Lego-Modellen an einer realen Roboterzelle am iw b umgesetzt und erfolgreich validiert.

Dank

Das Forschungsprojekt „CyProS“ wurde durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) gefördert und vom Projektträger Karlsruhe (PTKA)

betreut. Wir bedanken uns für das entgegengebrachte Vertrauen und die sehr gute Zusammenarbeit.

Weitere Informationen:

www.projekt-cypros.de



Autoren

M. Sc. Christoph Berger

Projektgruppe RMV
des Fraunhofer IWU



Dr.-Ing. Stefan Braunreuther

Projektgruppe RMV
des Fraunhofer IWU



Dipl.-Ing. Joachim Michniewicz

Themengruppe
Montagetechnik und
Robotik

Demonstrations- und Trainingszentrum für Cyber-Physische Produktionssysteme

Das Thema Industrie 4.0 ist momentan in aller Munde, dennoch sind die Hürden zur Umsetzung gerade für kleine und mittlere Unternehmen hoch. Um Verständnis zu schaffen sowie Möglichkeiten und Potenziale praxistgerecht aufzuzeigen, baut die Projektgruppe RMV im Rahmen des Förderprogramms Bayern Digital ein Demonstrations- und Trainingszentrum für Cyber-Physische Produktionssysteme auf.

Das übergeordnete Ziel des Demonstrations- und Trainingszentrums ist es, den Einsatz von Cyber-Physischen Systemen (CPS) in Produktionsprozessen aufzuzeigen und auf diese Weise für potenzielle industrielle Anwender greifbar zu machen. Langfristig soll somit die Integration von CPS in reale Industrieumgebungen gefördert und die Unternehmen sollen dazu befähigt werden, CPS erfolgreich in ihren Betrieben einzusetzen.

Als produktionstechnische Grundlage des Demonstrationszentrums wird mit dem Anwendungsfall „iGetPro“ – intelligente Getriebeproduktion die mehrstufige Produktion eines Zahnradgetriebes umgesetzt. „iGetPro“ bildet die gesamte Auftragsabwicklung einer Getriebeproduktion in einem Cyber-Physischen Produktionssystem ab.

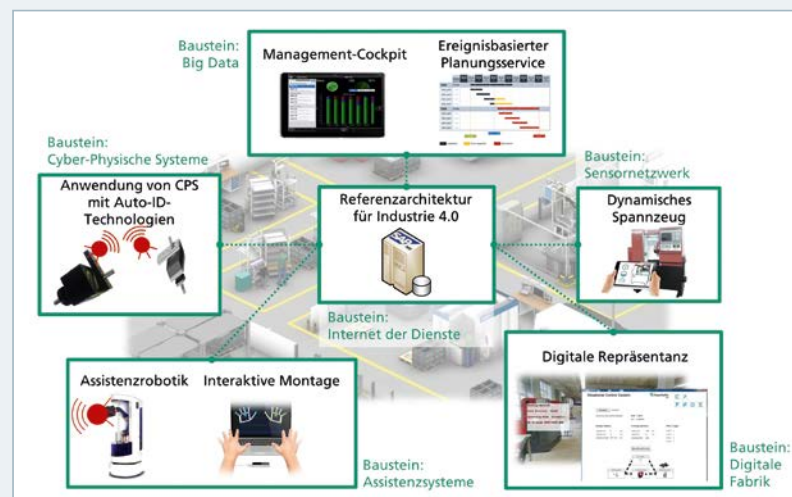
Die Anwender des Demonstrationszentrums können in unterschiedlichen Rollen, wie z. B. der des Produktionsplaners, des Instandhalters oder des Werkers

den Produktionsprozess vom Auftrags- eingang bis zur Auslieferung erleben. Der Kunde kann über die Homepage aus insgesamt 162 Getriebevarianten wählen und diese noch um kunden- individuelle Anbauteile ergänzen. Anschließend durchlaufen die bestellten Komponenten als intelligente Produk-

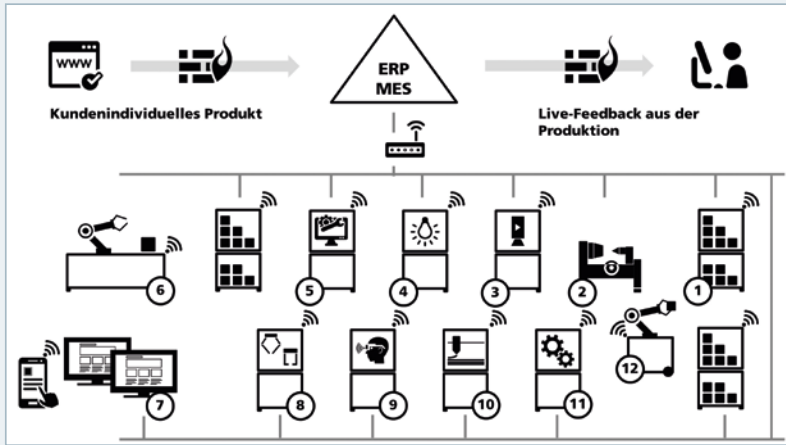
te die Fertigung, die Qualitätssicherung sowie die abschließende Montage.

Die Plattform

Der Fokus der Plattform ist der Umgang mit hohen Variantenzahlen, kundenindividuellen Produkten und kleinen Losgrößen. Daher werden sämtliche Arbeits-



Bausteine der Digitalisierung von iGetPro



schritte durch Assistenzsysteme, wie z. B. Auto-ID-Systeme, Pick-by-Light, eine multimodale Montageanleitung oder Augmented-reality-Applikationen, unterstützt. Die Fertigung erfolgt auf Cyber-Physischen konventionellen und additiven Bearbeitungsstationen. Der Materialfluss innerhalb der Plattform wird von einem selbstfahrenden Leichtbau-roboter realisiert und kann situationsabhängig flexibel angepasst werden. Zur zusätzlichen Flexibilitätssteigerung kann der Roboter selbstständig seine Greifwerkzeuge wechseln und sich somit für eine anstehende Transportaufgabe rüsten. Alle Bestandteile des Produktions-

systems sind über eine zentrale IT-Plattform, insbesondere ein Manufacturing Execution System, miteinander vernetzt. Dies ermöglicht unter Anderem umfassende Datenanalysen über einen zentralen oder mobilen Leitstand und ereignisbasierte Planungsservices.

Transfer in die Industrie

Die Kombination aus der umfassenden Vernetzung, dem Einsatz von Auto-ID-Technologien und Assistenzsystemen sowie den flexiblen Arbeitsstationen ermöglichen den effizienten Umgang mit hohen Variantenzahlen und kleinsten Losgrößen. Diese Lösungen und Inhal-

te bringen wir den Besuchern des Zentrums in Form von Vorführungen, Schulungen und ergänzenden Online-Schulungsinhalten näher.

Interessierten industriellen Anwendern bietet sich darüber hinaus die Möglichkeit das Demonstrations- und Trainingszentrum gemeinsam mit uns weiterzuentwickeln. Zu diesem Zweck wird eine Open-Innovation-Plattform in das Konzept integriert, die es potenziellen Partnern erlaubt, aufbauend auf dem bestehenden Cyber-Physischen Produktionssystem eigene Anwendungsfälle in das Zentrum einzubringen.

Dank

Unser Dank gilt dem Bayerischen Staatsministerium für Wirtschaft und Medien, Energie und Technologie für die Förderung im Rahmen des Programms Bayern Digital.



Autor

**Dipl.-Ing.
Cedric Schultz**

Projektgruppe RMV des
Fraunhofer IWU

Automatisierte Programmierung von Verarbeitungsmaschinen

An der Fraunhofer IWU Projektgruppe RMV werden im Rahmen des Forschungsprojektes „PROVED“ (Effiziente aufgabenorientierte Programmierung von Verarbeitungsmaschinen mittels durchgängiger digitaler Beschreibungen) neue Konzepte entwickelt, um die Programmierung von Verarbeitungsmaschinen zu vereinfachen und zu automatisieren.

Die Kunden automatisierter Verarbeitungsmaschinen, wie z. B. im Bereich der Verpackungstechnik, stellen zum einen die Forderung nach einer immer flexibleren Anlage und zum anderen nach möglichst kurzen Entwicklungszyklen. Die Hersteller dieser Maschinen stehen damit vor der Herausforderung, diesen Zielkonflikt zu lösen. Das Steuerungsprogramm der Anlage muss dabei für jede Änderung angepasst werden. Betrachtet man die Programmierung von Verarbeitungsmaschinen und insbesondere der darin enthaltenen Roboter und Speicherpro-

grammierbaren Steuerungen, fällt auf, dass sich diese in den letzten Jahren wenig geändert hat und umfangreiches Expertenwissen notwendig ist.

Lösungsansatz

Angestrebt wird eine möglichst automatisierte Programmierung, bei der die Spezifika der jeweiligen Komponenten wie Lichtschranken oder Handhabungssysteme vor dem Benutzer abstrahiert werden. Somit greift der Ansatz das Konzept der aufgabenorientierten Programmierung auf, bei dem der Nutzer nur beschreibt WAS (z. B. Bewegen einer Flasche) durch das Automatisierungssystem durchgeführt werden soll und nicht WIE (z. B. wo die Flasche gegriffen wird und auf welcher Bahn sie bewegt wird).

Zielsetzung

Das übergreifende Ziel ist die Entwicklung eines adaptierbaren aufgabenorien-

tierten Programmiersystems. Dabei werden folgende Schwerpunkte betrachtet:

- Analyse und Weiterentwicklung bestehender Ansätze zur digitalen Prozess- sowie Produktbeschreibung.
- Konzepte zur effizienten und automatisierten Generierung der digitalen Beschreibung einer Verarbeitungsmaschine.
- Konzeption eines adaptierbaren Planungsmoduls als Kern des Programmiersystems, welches die Aufgabenstellung in ausführbare Codes bzw. in ein Steuerungsprojekt umsetzt.

Dank

Das Projekt wird im Rahmen des Förderprogramms „Informations- und Kommunikationstechnik“ des Bayerischen Staatsministeriums für Wirtschaft und Medien, Energie und Technologie gefördert und vom VDI/VDE-IT betreut.



Autor

**Dipl.-Ing.
Julian Backhaus**

Projektgruppe RMV
des Fraunhofer IWU

Programmierung mit Prozessbausteinen



Entwicklung innovativer Bedienkonzepte für den Maschinen- und Anlagenbau

Im Rahmen des Forschungsprojektes „PEBeMA“ (Phasenübergreifende Entwicklung von Benutzerschnittstellen im Maschinen- und Anlagenbau) werden in der Fraunhofer Projektgruppe RMV aktuell innovative Konzepte erarbeitet, um eine intuitive und effiziente Bedienung von produktionstechnischen Systemen zu ermöglichen. Neben der Anwendung neuester Bedientechnologien aus dem Konsumgüterbereich fokussiert das Projekt auch die methodische Integration der Umsetzung von Benutzerschnittstellen in den übergeordneten mechatronischen Entwicklungsprozess.

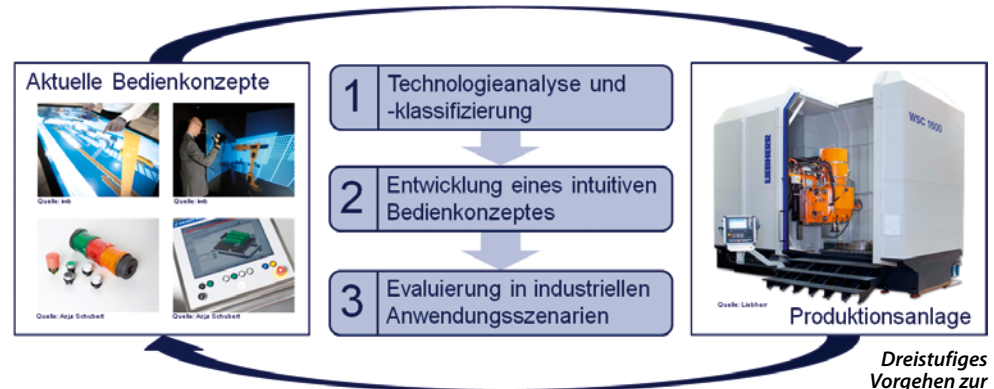
Bedingt durch die derzeitigen Megatrends im Maschinen- und Anlagenbau, wie z. B. eine steigende Kundenindividualität in den Produkten, wird von Unternehmen mittlerweile auch eine Innovationsfähigkeit in Bereichen erwartet, die sich nicht der unmittelbaren Kernkompetenz der Hersteller zuordnen lassen. Ein Beispiel mit erheblichem Innovationspotenzial bilden die Benutzerschnittstellen von Maschinen und Anlagen.

Vor diesem Hintergrund wurde vor kurzem das Forschungsprojekt „PEBeMA“ gestartet. Das Projekt fokussiert zwei übergeordnete Zielstellungen, die gleichermaßen zur Umsetzung innovativer und intuitiver Bedienkonzepte im Maschinen- und Anlagenbau beitragen. Einerseits sollen Bedientechnologien, die bislang vor allem im Bereich der Konsumgüter eingesetzt werden, für eine industrielle Anwendung befähigt und dadurch langfristig im Maschinen- und Anlagenbau etabliert werden. Andererseits soll ein Vorgehensmodell für die zielgerichtete Umsetzung von Benutzerschnittstellen im Rahmen eines übergeordneten mechatronischen Entwicklungsprozesses definiert werden.

Innovative Bedientechnologien

Aufgrund der zunehmenden Bedeutung von Benutzerschnittstellen im Maschinen- und Anlagenbau wird aktuell bereits an ersten innovativen Bedienkonzepten gearbeitet, deren Einsetzbarkeit sich allerdings noch auf spezielle Anwendungsfälle beschränkt. Im Forschungsprojekt „PEBeMA“ wird demgegenüber mittels eines dreistufigen Vorgehens das Ziel verfolgt, ein zukunftsorientiertes Bedienkonzept zu entwickeln, das für eine Vielzahl von Anwendungsszenarien eine intuitive Benutzerinteraktion ermöglicht.

In einem ersten Schritt werden dabei verfügbare Bedientechnologien in prototypischen Anwendungen getestet und auf ihre Anwendbarkeit im produktionstechnischen Umfeld hin analysiert und klassifiziert. Auf der Ba-

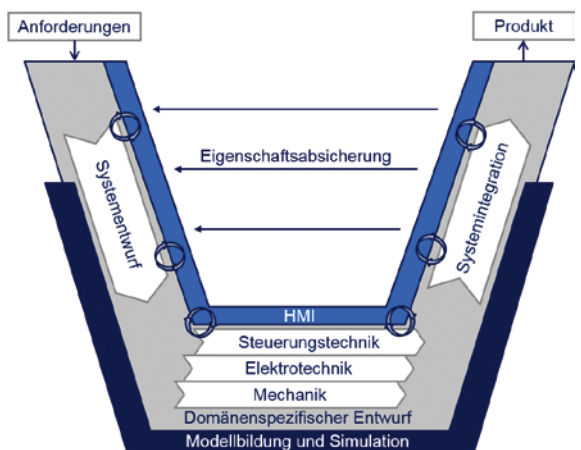


sis identifizierter Potenziale und möglicher Schwachstellen werden innovative Bedienkonzepte erarbeitet. In diesem Zuge werden insbesondere die analysierten Bedientechnologien angepasst und erweitert, um sie für eine Anwendung im industriellen Umfeld zu befähigen. Im letzten Schritt des skizzierten Vorgehens werden die entwickelten Bedienkonzepte mit industriellen Anwendern aus der Werkzeugmaschinen- und Verpackungsbranche in unterschiedlichen Szenarien erprobt und evaluiert.

Effiziente Entwicklung

Neben dem Einsatz zukunftsorientierter Bedientechnologien bilden die Entwicklungsprozesse von Benutzerschnittstellen einen wichtigen Faktor, um eine intuitive Maschinenbedienung realisieren zu können. In vielen Unternehmen werden Benutzerschnittstellen erst am Ende des gesamten Entwicklungsprozesses realisiert, wo aufgrund des vorherrschenden Zeit- und Kostendrucks meist nur die notwendigsten Arbeiten durchgeführt werden können. Vor diesem Hintergrund soll im Rahmen des Forschungsprojektes „PEBeMA“ ein Vorgehensmodell erarbeitet werden, das es ermöglicht, Benutzerschnittstellen parallel zur Anlagenentwicklung konzipieren und realisieren zu können. Das zu entwickelnde Vorgehensmodell soll sich in das etablierte Vorgehen zur Entwicklung mechatronischer Systeme gemäß der VDI-Richtlinie 2206 einbetten. Neben einem kontinuierlichen Austausch von gegenseitig relevanten

Entwicklungsinhalten soll das erweiterte V-Modell insbesondere einzelne Aktivitäten bzw. Ergebnisse definieren, die hinsichtlich der zu realisierenden Benutzerschnittstelle durchzuführen bzw. zu erarbeiten sind.



Dank

Das Projekt „PEBeMA“ wird vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) im Rahmen des Förderprogramms „KMU-innovativ“ gefördert und vom Projektträger DLR betreut.

Erweitertes V-Modell zur Entwicklung von Benutzerschnittstellen



Autor

Dipl.-Ing. Christoph Richter

Projektgruppe RMV
des Fraunhofer IWU

Zyklusmanagement von Innovationsprozessen

Ende 2015 wurde für den Sonderforschungsbereich (SFB) 768 „Zyklusmanagement von Innovationsprozessen“ die erneute Verlängerung der Förderung für vier Jahre bewilligt. Der SFB startet somit 2016 in das erste Jahr der dritten und damit abschließenden Förderperiode.

Innovationen sind ein wesentliches Element für den Erhalt und den Ausbau der Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen. Die Planung und Koordination von Innovationsprozessen ist heute jedoch aufgrund der zunehmenden Komplexität und Dynamik unternehmensinterner sowie -externer Einflüsse wesentlich erschwert. Diese Einflüsse, aber auch der Innovationsprozess sowie enthaltene Teilprozesse selbst treten sehr häufig in Form von Zyklen auf. Ziel des SFB 768 ist die Erforschung und Entwicklung von Modellen, Methoden und Werkzeugen zur erfolgreichen Gestaltung des Zyklusmanagements von Innovationsprozessen. Hierzu arbeiten im SFB 768 unterschiedlichste Disziplinen aus den Bereichen der Ingenieur-

Geistes- und Sozialwissenschaften in enger Kooperation zusammen.

Nach der Bewilligung im Jahre 2007 lag der Fokus in der ersten Förderperiode auf dem „Verstehen von Zyklen“, also der Identifikation relevanter Zyklen im Innovationsprozess sowie der Schaffung eines transdisziplinären Verständnisses dieser Phänomene. In der zweiten Förderperiode wurden darauf aufbauend Modelle und Methoden für das Zyklusmanagement entwickelt, die in ersten Anwendungsfällen erprobt werden konnten. Darüber hinaus wurde in Kooperation mit einem Industrieunternehmen ein Transferprojekt gestartet, um die Forschungsergebnisse aus den Teilprojekten gezielt in die Praxis zu übertragen. In der dritten Förderperiode liegt der Schwerpunkt nun auf der Gestaltung des Zyklusmanagements, also der anwendungsorientierten Weiterentwicklung der Methoden und Modelle. Diese Themen werden am iwB mit zwei Teilprojekten und einem Transferprojekt bearbeitet.

Ziele

Ziel des ersten Teilprojekts ist die Gestaltung eines systemischen Änderungsmanagements für die Produktion. Hierzu werden auf Basis des in der Praxis bereits häufig etablierten Engineering Change Managements (ECM) sowie des zur Zeit noch wenig erforschten Manufacturing Change Managements (MCM) Methoden und Prozesse für ein einheitliches, Entwicklung und Produktion umfassendes Änderungsmanagement entwickelt. Hierzu ist eine enge Kooperation mit einem weiteren Teilprojekt des SFB 768 am Lehrstuhl für Produktentwicklung geplant, um die Entwicklung und Erforschung dieses disziplinübergreifenden Vorgehens für eine effiziente und effektive Planung von Produkt- und Produktionsänderungen gleichermaßen zu ermöglichen.

Ziel des zweiten Teilprojekts ist die modellbasierte Prognose und Bewertung von Änderungsauswirkungen in der Produktion, um die in der Praxis häufig nur schwierig bzw. nicht abschätzbaren Auswirkungen auch scheinbar einfacher Änderungen in der Produktion schneller identifizieren, analysieren und bewerten zu können. Die Ergebnisse

des Teilprojekts werden schließlich als Teil des systemischen Änderungsmanagements in das zu entwickelnde Vorgehen eingebettet.

Darüber hinaus wird im Rahmen des Transferprojekts in enger Kooperation mit einem Industrieunternehmen an der zyklusorientierten Bewertung und Planung von Technologieketten und Betriebsmitteln für Montageprozesse gearbeitet.

Nach Abschluss der dritten und letzten Förderperiode des SFB 768 stehen schließlich umfassende Modelle, Methoden und Werkzeuge zur Gestaltung des Zyklusmanagements von Innovationsprozessen zur Verfügung.

Dank

Wir danken der Deutschen Forschungsgemeinschaft für die Förderung unserer Forschungsaktivitäten im Rahmen des SFB 768. Interessierte Partner aus der Industrie sind herzlich eingeladen, die Forschung inhaltlich zu begleiten.

Weitere Informationen

www.sfb768.de



Autor

**Dipl.-Ing.
Jonas Koch**

Themengruppe
Produktionsmanagement und Logistik

EINSTELLUNGEN 2015

Garching

Dr. Thomas Bauer
M. Sc. Andreas Bachmann
Fabio Ciuffreda
M. Sc. Jan Bernd Habedank
Brigitte Hadler
M. Sc. Dino Knoll
M. Sc. Severin Kreuels
M. Sc. Florian Schnös
M. Sc. Thomas Semm
Dipl.-Ing. Franz Benjamin Spingler
Ing. Jan Vlacil
M. Sc. Sepp Wimmer

Augsburg

M. Sc. Julia Berg

iwB-VERÖFFENTLICHUNGEN 2015

Unsere iwB-Publikationsdatenbank auf unserer Homepage gibt Ihnen die Möglichkeit, gezielt nach Publikationen ab dem Jahr 1997 zu suchen. In dieser Rubrik finden Sie auch eine Übersicht aller iwB Forschungs- und Seminarberichte des Jahres 2015.



Weitere Informationen:
www.iwb.tum.de/Institut/Publikationen

TERMINVORSCHAU 2016

**Geschickt verbunden:
Funktionsintegration und Fügetechnik
im Strukturleichtbau**

Garching, 8. April 2016

Lernfabrik Schlanke Produktion

Garching, 12.–13. April 2016

Hannovermesse 2016

Hannover, 25.–29. April 2016

Girls Day 2016

Garching, 28. April 2016

27. Deutscher Montagekongress

München, 08.–09. Juni 2016

automatica 2016

München, 21.–24. Juni 2016

CARV 2016

Bath (UK), 04.–06. September 2016

Tag der offenen Tür

Garching, 22. Oktober 2016

münchener kolloquium – Produktionskongress 2016

München, 29.–30. November 2016

Terminänderungen sowie weitere Termine erhalten Sie auf unserer Homepage www.iwb.tum.de/veranstaltungen.





Angepasste Informationsmenge und Schriftgröße als individuelle Werkerinformation

Individuelle und dynamische Werkerinformation

Mitarbeiter begegnen täglich der Herausforderung, hohe Qualitätsstandards bei der Produktion kundenindividueller Güter zu erfüllen. Vor dem Hintergrund des demographischen Wandels, des Einsatzes von Zeitarbeitskräften sowie einer steigenden Variantenvielfalt stellt diese Herausforderung eine erhebliche Belastung für die Mitarbeiterschaft und somit das Unternehmen dar. Abhilfe kann hier ein individuelles und dynamisches Werkerinformationssystem schaffen.

können. Darauf aufbauend wird ein Prozess konzipiert, der die Dynamisierung von Informationen ermöglicht. Hierfür ist auszuarbeiten, welche Rahmenbedingungen der Produktion, wie beispielsweise Fehlerrate oder Produktionshäufigkeit, zu einer auffälligen oder dezenten Informationsdarstellung führen sollen.

Gleichzeitig werden die entwickelten wissenschaftlichen Methoden und Konzepte sowohl beim Anwendungspartner als auch im Lernlabor des *iwb* prototypisch umgesetzt und validiert. Eine durchgängig begleitende Herausforderung ist dabei der Umgang mit sensiblen Mitarbeiterdaten sowie die Schaffung von Akzeptanz für die die Mitarbeiter involvierenden Assistenzsysteme.

Im turbulenten Marktumfeld sind produzierende Unternehmen heute einem starken globalen Wettbewerb ausgesetzt, dem viele mit einer kundenindividuellen Serienproduktion entgegentreten. Insbesondere in der Nutzfahrzeugbranche werden zahlreiche Produktvarianten angeboten. Charakteristisch für diese Branche ist eine besonders volatile Nachfrage, nicht nur bezogen auf die zu produzierende Stückzahl, sondern auch auf die nachgefragten Produktvarianten. Problematisch sind an dieser Stelle die unterschiedlichen Montageumfänge, die beispielsweise Baustellen- und Fernverkehrsfahrzeuge oder Zwei- und Vierachser nach sich ziehen. Erschwerend kommt hinzu, dass die Produktvarianten von Nutzfahrzeugen meist eine Montagevarianz verursachen und damit unterschiedliche Produktionsschritte zur Folge haben. Weiterhin führen sich überlagernde Produktlebenszyklen effektiv zu einer weiteren Erhöhung der Variantenvielfalt.

Bei der Realisierung eines für die Nutzfahrzeugproduktion notwendigen wandlungsfähigen Fabriksystems spielen die Mitarbeiter eine zentrale Rolle. Sie bieten im Vergleich mit Automatisierungslösungen vor allem eine hohe Mobilität und Flexibilität bei der Ausführung von Produktionsschritten und zeichnen sich durch die Fähigkeit zur Anpassung an neue Aufgaben und Situationen aus.

Für die Produktion verschiedener Varianten sind jedoch Systeme erforderlich, die den Werker über die von ihm verlangten Tätigkeiten informieren.

Bereits implementierte Systeme sind häufig zu monoton und finden keine Beachtung. Sie berücksichtigen den individuellen, von den Fertig- und Fähigkeiten des Mitarbeiters abhängigen Informationsbedarf nicht. Darüber hinaus ist die Informationsbereitstellung selten dynamisch gestaltet und bezieht das aktuelle Geschehen in der Produktion, wie beispielsweise Qualitätsprobleme, nicht mit ein.

Ziel

Zusammen mit der MAN Truck & Bus AG wurde daher ein Forschungsprojekt mit dem Ziel initiiert, ein individuelles und dynamisches Werkerinformationssystem zu entwickeln. Dieses Informationssystem soll Fehler aus Unwissenheit und Unachtsamkeit vermeiden sowie die psychische Belastung aus wechselnden Produktionsaufgaben vermindern. Beides verspricht eine Reduktion der Fehler und eine Steigerung der Produktivität, um die Wettbewerbsfähigkeit bei der Produktion kundenindividueller Güter sicherzustellen oder sogar Wettbewerbsvorteile zu erlangen.

Vorgehen

Nachdem im ersten Schritt technische Umsetzungsmöglichkeiten für den Informationstransport analysiert werden, stehen im Verlauf des Forschungsvorhabens insbesondere die Aspekte einer mitarbeiterindividuellen und dynamischen Information im Fokus. Es werden Kriterien wie Mitarbeiterqualifikation und -erfahrung erarbeitet, aus denen der individuelle Informationsbedarf sowie die passende Form der Informationsbereitstellung abgeleitet werden



Lernlabor „Mensch in der Industrie 4.0“ am iwb

Dank

Das *iwb* bedankt sich bei der MAN Truck & Bus AG für die Förderung dieses Projekts und freut sich auf eine gute Zusammenarbeit.



Autor

M. Sc. Severin Teubner

Themengruppe Produktionsmanagement und Logistik

Die wissenschaftlichen Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des Instituts für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften (*iwb*) entwickeln Lösungsstrategien für die effiziente Produktion.

Im Team untersuchen sie dafür gemeinsam mit Unternehmen aktuelle Fragestellungen wissenschaftlich und problemorientiert. Die Arbeiten werden dabei in den Forschungsfeldern des Instituts oder bei den Unternehmen vor Ort durchgeführt.

Weitere Informationen:
www.iwb.tum.de/Industrie



Umzug der Lernfabrik für Energieproduktivität

Da das Thema Energieeffizienz inzwischen primär von Mitarbeitern der Fraunhofer Projektgruppe RMV in Augsburg bearbeitet wird, ist die Lernfabrik für Energieproduktivität im Herbst 2015 umgezogen. Schulungen zu diesen Themen werden daher ab sofort in Augsburg im Rahmen des Projektes Green Factory Bavaria angeboten.

Die Lernfabrik für Energieproduktivität (LEP) wurde im Jahre 2009 als Schulungsplattform gemeinsam mit McKinsey & Company Inc. errichtet. Im Rahmen der Schulungen konnten Teilnehmer aktiv lernen, wie Energieverschwendungen systematisch identifiziert und geeignete Verbesserungsmaßnahmen entwickelt werden können. Es wurden sowohl Werkzeugmaschinen als auch Wärme-, Transport- und Montageprozesse energetisch optimiert, einschließlich der vorgelagerten Energiewandlungssysteme zur Erzeugung von Druckluft und Dampf. Seit der Eröffnung wurden Hunderte von Industriekunden und Studierende der Technischen Universität München mit Hilfe der speziell dafür konzipierten Prozesskette trainiert.

Beweggründe

Hintergrund für den Umzug ist, dass das Thema Energie inzwischen nicht mehr primär von Mitarbeitern aus Garching, sondern von Mitarbeitern aus Augsburg bearbeitet wird. Ein Umzug nach Augsburg lag daher nahe, auch um dringend

benötigten Platz in der Halle des *iwb* für neue Forschungsprojekte zu schaffen. Da jedoch in Augsburg bereits Pläne für eine neu konzeptionierte Schulungsplattform im Rahmen des Green Factory Bavaria Projektes vorlagen, wurde die Infrastruktur stattdessen an das PTW der TU Darmstadt verliehen, mit dem eine enge Kooperation durch das Projekt „Netzwerk innovativer Lernfabriken“ besteht.

Green Factory Bavaria

Schulungen rund um das Thema Energie werden ab 2016 am Standort Augsburg angeboten. Neben den bisherigen Energieeffizienzthemen umfasst das dortige modulare Schulungsangebot auch die Themen Ökobilanzierung und Life Cycle Costing.

Die vorrangige Zielgruppe sind Arbeitnehmer mit einem technischen Hintergrund, welche seit Kurzem das Energiemanagement einer produzierenden Firma unterstützen. Um diesem Personenkreis einen schnellen praktischen Einstieg in das Energiemanagement zu

ermöglichen, werden die benötigten Vorgehensweisen und Kenntnisse aktiv im Rahmen von eigenständig durchzuführenden Übungen vermittelt.

Dank

Wir bedanken uns bei allen Partnern der LEP für die Unterstützung und bei McKinsey & Company für die jahrelange erfolgreiche Zusammenarbeit.

Weitere Informationen

www.greenfactorybavaria.net



Autor

M. Sc.
Christian Gebbe

Projektgruppe RMV
des Fraunhofer IWU

Übersicht über
die Lernfabrik für
Energieproduktivität



IMPRESSUM

Der *iwb* newsletter erscheint vierteljährlich und wird herausgegeben vom Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften (*iwb*) Technische Universität München Boltzmannstraße 15, 85748 Garching Tel. 089/289-15500, Fax 089/289-15555

ISSN 1434-324X (Druck-Ausgabe)
ISSN 1614-3442 (Online-Ausgabe)

Redaktion: Tanja Mayer (verantwort.)
Tel. 089/289-155 51
E-Mail: tanja.mayer@iwb.tum.de
Web: www.iwb.tum.de

Herstellung:
dm druckmedien gmbh
Paul-Heyse-Straße 28, 80336 München

Verlag:
Herbert Utz Verlag GmbH
Adalbertstraße 57, 80799 München
Tel. 089-277791-00, Fax 089/277791-01
E-Mail: info@utzverlag.com
Web: www.utzverlag.com
Natürlich gedruckt auf chlorfrei gebleichtem Umweltpapier.

Adressverteiler:
Möchten Sie in den Verteiler aufgenommen werden oder hat sich Ihre Adresse geändert? Dann schicken Sie bitte eine E-Mail an info@iwb.tum.de



Vorbereitung einer Hardcase-Zelle für das Fügen von Deckel und Gehäuse mittels Remote-Laserstrahlschweißen.
(A.Heddergott/TUM)

Produktionstechnik für Lithium-Ionen-Zellen

Das Forschungsprojekt „ProLIZ“ ermöglichte den Aufbau der teilautomatisierten Montagelinie für Lithium-Ionen-Zellen am iwb und ist somit der Befähiger der Produktionsforschung für Batterien an der TUM. Ende Juni 2015 konnte das Projekt nun erfolgreich abgeschlossen werden.

Die Rufe nach einer Massenfertigung großformatiger Lithium-Ionen-Zellen für automobile und stationäre Anwendungen in Deutschland werden immer lauter. Voraussetzung für eine erfolgreiche Herstellung dieser Kernelemente der Energiewende ist exzellentes Prozesswissen über die Fertigungsschritte. An diesem Punkt setzt das Projekt „ProLIZ“ an.

Einmaliger Anlagenpark

Um das von der Industrie dringend benötigte Prozesswissen schnell in die Anwendung übertragen zu können, wurde am iwb eine industriennahe, teilautomatisierte Laboranlage zur Herstellung von prismatischen Lithium-Ionen-Zellen für die automobilen Anwendung in Betrieb genommen. Bei der Definition der Anlagentechnik stand die Forderung nach einem hohen Automatisierungsgrad bei gleichzeitig hoher Prozessflexibilität im Vordergrund. Der entstandene Anlagenpark bietet die in Deutschland einmalige Möglichkeit, die Montagepro-

zesse sowohl für Hardcase- als auch Pouchzellen detailliert zu erforschen. Die Anlagen zur Fertigung der Zellen werden ergänzt durch umfangreiche Mess- und Prüfeinrichtungen. Um unerwünschte Nebenreaktionen der Zellchemie mit der Luftfeuchtigkeit zu verhindern, wurde der Anlagenpark in einem Trockenraum errichtet. Im Rahmen einer Pressekonferenz am 7. Juli 2014 wurde die gesamte Zellproduktionslinie feierlich eingeweiht.

Das Projektkonsortium, das diesen Meilenstein der Produktionsforschung für Batterien ermöglichte, bestand neben dem iwb aus den Unternehmen BMW, edevis, ElringKlinger, Manz und Trumpf. Die Fraunhofer Projektgruppe RMV unterstützt das Projekt im Bereich der thermografischen Partikeldetektion auf Elektrodenoberflächen.

Eigens entwickelte Batteriezellen

Eine der größten Herausforderung des Projektes war die Konstruktion und

elektrochemische Auslegung der Batteriezelle. Alle Komponenten des Gehäuses und der Zellaufbau wurden innerhalb des Konsortiums entwickelt, um die nationale Wertschöpfung zu stärken. Die ProLIZ-Batterie entspricht einer HEV1-Zelle nach DIN SPEC 91252 mit einer Kapazität von bis zu 8 Ah. Mithilfe dieses Versuchsträgers konnte nach erfolgreicher Inbetriebnahme der Fertigungsline erarbeitet werden, welche Prozessparameter einen dominanten Einfluss auf die diversen Leistungskennwerte der Batterie haben. Hierfür ist es nötig, alle Produktionsparameter und Zwischenproduktmerkmale rückverfolgen zu können. Dies gewährleistet eine zentrale Prozessdatenbank, in welcher die Maschinen- und Messdaten größtenteils automatisiert abgelegt und der jeweiligen Zelle zugeordnet werden.

Im Laufe des Projektes wurden mehrere Hundert Batteriezellen gefertigt und ausgewertet. Doch der Erfolg des Projektes begründet sich nicht ausschließlich durch die auf diese Art erarbeiteten Ergebnisse. Darüber hinaus ist „ProLIZ“ die Grundlage für alle weiteren Projekte im Bereich der Batterieforschung am iwb. Die Anlagentechnik wurde so flexibel ausgelegt, dass die weitere Nutzung im Rahmen paralleler und folgender Projekte sichergestellt ist. Das neu gewonnene Prozesswissen kommt schon jetzt in weiteren Forschungsprojekten

sowie in mehreren Industrieprojekten erfolgreich zum Einsatz. Die erarbeiteten Fertigungstechnologien konnten von den beteiligten Unternehmen bereits mehrfach in Kundenprojekten umgesetzt werden.

Verwertbarkeit der Projektergebnisse

Im Rahmen des Projektes wurde eine Vielzahl Studierender betreut, die sich Kompetenzen in der Batterietechnik aneignen und somit zu begehrten Fach-

kräften für Industrie und Forschung entwickeln konnten. Für den Erfolg des Projektes spricht auch, dass das gesamte Konsortium geschlossen ein Folgeprojekt anstrebt.

Dank

Dem Bundesministerium für Bildung und Forschung sowie dem Projektträger Karlsruhe, Außenstelle Dresden, sei für die wohlwollende Förderung (FKZ 02PJ2213) sehr herzlich gedankt.

Ausschnitt des Trockenraums mit Anlagentechnik zur Fertigung von Lithium-Ionen-Zellen.
(J.-F. Meis/iwb)



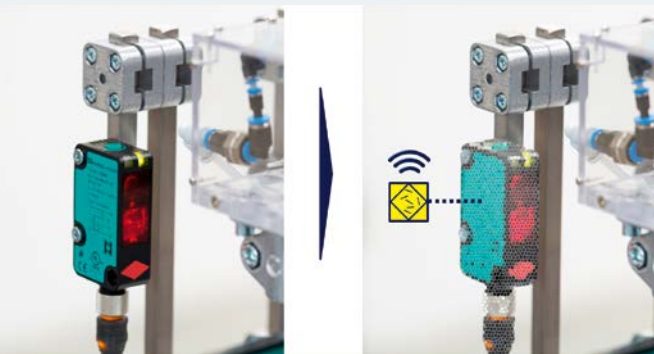
Autor

Dipl.-Ing. Thomas Knoche

Themengruppe Montagetechnik und Robotik

Technische Voraussetzungen und Nutzen Cyber-Physischer Anlagen

Im Forschungsprojekt „AKOMI“ wurde untersucht, wie sich mit etablierten Industriekomponenten bereits heute Cyber-Physische Anlagen realisieren lassen und welcher Nutzen sich dabei für den Anwender generieren lässt.



Demonstrator einer Cyber-Physischen Montageanlage am iwb

In technischen Anlagen stellt die Inbetriebnahme heute eine zeitaufwendige und kostenintensive Phase dar. Die hohen Aufwände entstehen hauptsächlich bei der informationstechnischen Konfiguration der Anlagenkomponenten. Im Projekt „AKOMI“ wurden deshalb Ansätze entwickelt, um die Konfiguration, Programmierung und Parametrierung von Feldgeräten zu automatisieren.

1. Schritt: Ad-hoc-Vernetzung

In der ersten Projektphase wurde ein Plug&Produce-Konzept entwickelt, mit dem sich Aktoren und Sensoren automatisiert in ein übergeordnetes Steuerungssystem integrieren lassen. Die Basis

hierfür stellen virtuelle Gerätebeschreibungen dar, welche mittels der Architektur mit realen Feldgeräten verknüpft werden. Hierbei kann auf Knopfdruck ein herstellerunabhängiges, aktuelles Abbild aller Komponenten innerhalb der Anlage generiert werden. Unterlagerte Technologie dieses Anlagenabbaus ist hierbei der etablierte Standard OPC UA. Hierfür wurden Informationsmodelle entwickelt, welche die notwendigen Geräteinformationen semantisch strukturieren. Die Spezifikation dieser Modelle stellte einen weiteren Schwerpunkt des ersten Teilprojektes dar. Neben Informationen zur automatisierten Konfiguration der Betriebsmittel steht die Beschreibung von deren Fähigkeiten (Dienste) im Fokus.

2. Schritt: Aufgabenorientierte Programmierung

Ein Produktionsprozess lässt sich durch lösungsneutrale Funktionsbausteine beschreiben. Im zweiten Teilprojekt wurde ein Konzept entwickelt und umgesetzt, welches diese Prozessbausteine automatisiert mit den aus Schritt 1 angebotenen Fähigkeiten der Betriebsmittel abgleicht. Somit lassen sich au-

tomatisiert geeignete Betriebsmittel für die jeweiligen Aufgaben finden und zuweisen. Hierbei kann der bisherige Aufwand zur Programmierung der Betriebsmittel an vielen Stellen entfallen, da mittels einer Wissensbasis die Aufgabe in gerätespezifische Kommandos übersetzt wird.

Nutzen

Durch die Automatisierung des Konfigurationsprozesses sowie der Planungs- und Programmierfähigkeiten kann der Anwender die Anlagenstruktur wesentlich effizienter an neue Produktanforderungen oder Produktionsprozesse adaptieren. Demnach erhöhen die Konzepte die Wandlungsfähigkeit von Fertigungsanlagen, wodurch die Inbetriebnahmekosten sinken und eine Produktion kleinerer Losgrößen wirtschaftlich wird.

Dank

Für die finanzielle Unterstützung danken wir dem Bayerischen Staatsministerium für Wirtschaft und Medien, Energie und Technologie. Ein Dank geht zudem an die Projektpartner ITQ GmbH, OSRAM AG sowie precon Robotics.



Autor

Dipl.-Ing. Veit Hammerstingl

Themengruppe Montagetechnik und Robotik

Belastungsorientierter Rotationsplan

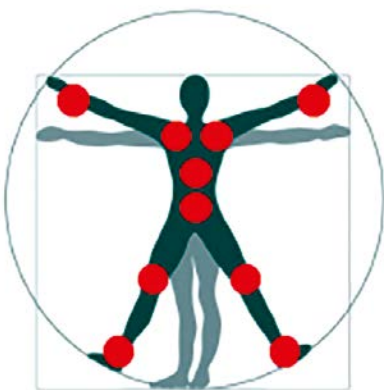
Im Rahmen eines Industrieprojektes wurde eine Methode zur Erstellung belastungsorientierter Rotationspläne entwickelt. Die Methode optimiert die Rotationsreihenfolge und minimiert dadurch die Mitarbeiterbeanspruchung an besonders belastenden Arbeitsplätzen.

In vielen produzierenden Unternehmen ist die Rotation zwischen verschiedenen Arbeitsplätzen (APs) ein gängiges Mittel, um die Belastung des Mitarbeiters zu minimieren. Häufig erfolgt die Festlegung der Rotationsreihenfolge zufällig oder aufgrund von Erfahrungswerten, was eine bestmögliche Entlastung des Mitarbeiters nicht gewährleisten kann.

Produktionsergonomie

Um eine Aussage hinsichtlich der physischen Belastung der Mitarbeiter an den einzelnen Arbeitsplätzen zu treffen, wird typischerweise die Leitmerkmal-methode (LMM) angewendet.

Als Haupteinflussfaktor wird Wiederholhäufigkeit von Tätigkeiten während einer Schicht bzw. während der Dauer des Aufenthalts am Arbeitsplatz betrachtet und daraus eine sogenannte Zeitwichtung ermittelt. Diese wird mit weiteren, den AP charakterisierenden Faktoren multipliziert. Als Ergebnis steht am Ende ein Punktwert, dessen Höhe den Bedarf an entlastenden Gestaltungsmaßnahmen verdeutlicht.



Körperregionen zur Ermittlung der Belastungscharakteristik

Neben technischen Arbeitsplatzverbesserungen ist vor allem die Zeitwichtung ein großer Hebel zur Verbesserung des LMM-Wertes, da dieser multiplikativ in die Bewertung einfließt. Üblicherweise werden deshalb Rotationspläne zur Belastungsreduktion entworfen.

Die Auswahl der Rotationsreihenfolge erfolgt meist wenig methodisch, z. B. nur innerhalb einer Linie. So kann es vorkommen, dass zwar innerhalb der Schicht rotiert wird, jedoch ohne die Mitarbeiter nennenswert zu entlasten, weil der Arbeitsplatz, an den gewechselt wird, dieselbe Körperregion beansprucht.

Die Ermittlung der optimalen Rotationsreihenfolge ist für Arbeitsplaner eine große Herausforderung, da schon bei wenigen Arbeitsplätzen eine Vielzahl an Reihenfolgen möglich ist. Bereits bei sechs Arbeitsplätzen gibt es 720 Möglichkeiten, diese zu durchlaufen.

Vorgehen

Um hier Abhilfe zu schaffen, wurde am iwB eine Methode und Software namens „BelaRot“ entwickelt, die unter gegebenen Randbedingungen auf Basis des LMM-Wertes die optimale Rotationsreihenfolge ermittelt.

Hierfür müssen Arbeitsplätze hinsichtlich ihrer Belastungscharakteristik analysiert werden. Diese beschreibt, welche Körperregionen der AP in welchem Maße beansprucht. Sie wird zusammen mit weiteren Angaben aus der LMM, z. B. Wiederholhäufigkeit, in einer Datenbank hinterlegt.

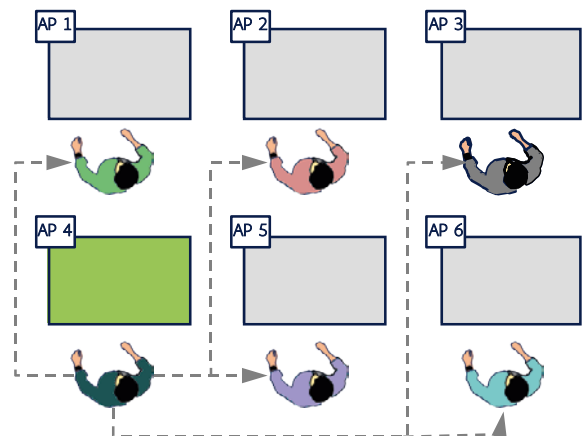
Im nächsten Schritt können APs anhand eines Fertigungsbereiches oder einer Abteilung gruppiert werden, innerhalb welcher rotiert werden soll. Mit Hilfe des entwickelten Algorithmus wird ermittelt, welche Arbeitsplatzgruppierungen innerhalb eines Bereichs zu einer Minimierung seines LMM-Wertes führen. Anschließend wird diejenige Reihenfolge ausgewählt, die zur höchsten Belastungsabwechslung zwischen den beanspruchten Körperregionen am jeweiligen AP führt.

Anwendung beim Industriepartner

Entwickelt wurde „BelaRot“ während eines Einsatzes bei einem Industriepartner aus der Lebensmittelbranche. Obwohl bereits an fast allen Arbeitsplätzen rotiert wurde, klagten die Mitarbeiter

über körperliche Beschwerden vor allem im Bereich der Schultern und des Rückens.

Bei der Bewertung der Arbeitsplätze mittels LMM zeigte sich eine sehr große Belastung durch hohe Gewichte und häufige Wiederholungen. Knapp 50% aller bewerteten Arbeitsplätze musste trotz Rotation mit rot, also deutlich belastend, gekennzeichnet werden.



Rotationsmöglichkeiten des Mitarbeiters an Station 4

Da nicht an allen Arbeitsplätzen technische Verbesserungsmaßnahmen durchgeführt werden können oder diese mit sehr hohem finanziellem Aufwand verbunden sind, wurde nach einer Möglichkeit gesucht, die Rotation zielgerichteter durchzuführen und so die Beanspruchungen zu minimieren.

Am Ende des Projektes konnte allein durch den Einsatz von „BelaRot“ im betrachteten Fertigungsbereich eine Verbesserung der LMM-Werte von 17% erzielt werden.

Fazit und Ausblick

Der gewählte Ansatz erweist sich durch die deutliche Verbesserung der LMM-Werte als erfolgreich und bietet daher großes Verbesserungspotenzial bei geringem Kostenaufwand. Damit wird er für Unternehmen zu einer interessanten Alternative im Rahmen von Arbeitsplatzverbesserungsmaßnahmen.



Autorin

Dipl.-Wirtsch.-Ing. Susanne Vernim

Themengruppe Produktionsmanagement und Logistik

Rattermarken den Kampf ansagen – Lernfabrik für Optimale Zerspanung

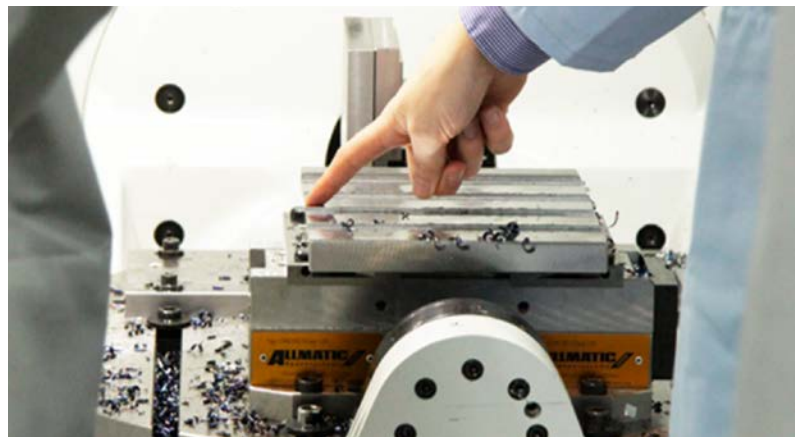
Die neue Lernfabrik für Optimale Zerspanung am iwb nimmt sich der Schwingungsproblematik an, mit der sich die Industrie in der spannenden Fertigung immer wieder auseinander setzen muss. Bei einer eintägigen Schulung lernen die Teilnehmer Schwingungsprobleme zu klassifizieren sowie geeignete Maßnahmen abzuleiten, um das Zeitspannvolumen zu erhöhen.

te Maßnahmen zur Lösung des Schwingungsproblems auszuwählen und zu implementieren. Mithilfe dieses Werkzeugkastens an Lösungsbausteinen ist es möglich, das Zeitspannvolumen signifikant zu steigern und dabei die Ober-

Häufig wird bei Werkzeugmaschinen auf Kosten der Produktivität die maximal zur Verfügung stehende Spindel-leistung nicht ausgereizt, um Schwin-gungsprobleme zu vermeiden. In der Lernfabrik für Optimale Zerspanung (LOZ) werden den Teilnehmern ver-schiedene Methoden vorgestellt, mit denen das Zeitspannvolumen bis zur Spindelleistungsgrenze hin erhöht wer-den kann, ohne dass schädliche Ratter-schwingungen auftreten. Die Schulung wendet sich an Teilnehmer aus den Be-reichen Maschinenbedienung, NC-Pla-nung und Werkzeugverwaltung bis hin zur Fertigungsleitung.

Probleme mit Schwingungen

Einblicke in eine Vielzahl spanender Fer-tigungen in Deutschland zeigen, dass Schwingungen überall ein Problem sind. Häufig wird vom Maschinenbedie-ner nicht erkannt, dass Rattern vorliegt, beispielsweise weil nach dem darauffol-genden Schlichtprozess die Rattermar-ken nicht mehr sichtbar sind. Die Folge sind ein hoher Werkzeugverschleiß und eine deutlich stärkere Beanspruchung der Führungen und Lager der Maschine. Dies führt auch dazu, dass Spindellager früher ausgetauscht werden müssen. Kosten lassen sich aber auch bei allen Prozessen sparen, bei denen die instal-lierte Spindelleistung noch eine Steige-rung des Zeitspannvolumens zulässt.



Vorgestellte Maßnahmen werden von Teilnehmern direkt umgesetzt

Was bedeutet Optimale Zerspanung?

Das maximale Zeitspannvolumen wird häufig nicht durch den Werkzeugverschleiß oder die Spindelleistung be-grenzt, sondern durch auftretende Schwingungsprobleme. Eine Steige-rung über das maximale stabile Zeit-spannungsvolumen hinaus führt zu Rattern, welches sich in einem schlag-artigen Anstieg der Schwingungsam-plituden äußert. Starke Schwingungen führen wiederum zu einer ständigen Änderung der Spanungsdicke und wei-ter zu einer hohen Belastung der Werk-zeugschneiden und der Spindellager. Die Schulungsteilnehmer lernen ver-schiedene Ursachen von Schwingungs-problemen zu erkennen und geeigne-

flächenqualität gegebenenfalls noch zu verbessern.

Über 90% der Maßnahmen können direkt vom Maschinenbediener um-gesetzt werden. Darüber hinaus wer-den auch Maßnahmen vorgestellt, die zusätzliche Hardware oder Experten-wissen erfordern. Auch aus dem aktu-ellen Stand der Forschung werden in-teressante Aspekte zur Rattervermeidung vorgestellt.

Maßnahmen direkt umsetzen

Den Schulungsteilnehmern werden au-ßerdem die Möglichkeiten vorgestellt, die sich mit dem neuesten Messequip-ment und modernster Auswertesoftware in dem Bereich Schwingungsana-lyse ergeben.

Interesse geweckt?

Schulungen werden am iwb in Gar-ching abgehalten und können auf An-frage individuell gebucht werden. In Zukunft sind zudem feste Schulungs-terme einmal pro Quartal geplant.

Weitere Informationen

www.optimale-zerspanung.de



Vorstellung von Maßnahmen zur Vermeidung von Ratterschwingungen



Autor

**M. Sc.
Robin Kleinwort**

Themengruppe
Werkzeugmaschinen

Bionik in der Praxis – mit Ameisen Routen finden

Um die interne Logistik zu optimieren, wurden im Rahmen eines Industrieprojekts die Forschungsergebnisse aus dem Forschungsfeld Bionik in der Produktionsorganisation in die Praxis gebracht. Mithilfe der Selbststeuerung der Ameisen konnte hier für die operative Organisation der Routenzüge ein neues Konzept zur Steigerung der Effizienz getestet werden.

Die fabrikinterne Materialbereitstellung mit Hilfe von Routenzügen ist eine etablierte Möglichkeit zur effizienten internen Versorgung von Produktionsbetrieben, wird allerdings in der Regel nur bei konstanten Lieferabrufen eingesetzt. Bei unregelmäßigen Abrufen führt die Zuteilung auf starre Routen in der Praxis häufig zu erheblichen Problemen in der Auslastung.

men Forschungsprojekt ein Optimierungsverfahren entwickelt, mit welchem unregelmäßige Lieferabrufe dynamisch auf Routen eingeteilt werden können und somit die mangelnde Effizienz bewältigt werden kann.

Zusätzliche Herausforderung war die Tatsache, dass Restteile im alten Behälter in den neuen umgeladen werden müssen. Dadurch ergibt sich eine erhöhte Umladezeit, wenn Behälter deutlich vor dem vereinbarten Zeitpunkt angeliefert werden, was über den gesamten Umlauf zu höheren Zeiten führt.

Logische Grundlage für die Optimierung war das Verhalten von Ameisen auf Futtersuche, welche mit einfachen Kommunikationsmöglichkeiten ein komplexes Problem lösen können. Diese Algorithmik wurde für die Problemstellung erweitert, sodass ausgehend von den kurzfristig eingehenden Materialbestellungen zum einen immer die optimalen Routen ermittelt werden können, zum anderen auch der optimale Startzeitpunkt für die Route errechnet wird.

Testphase

Abschließend wurde in einer Pilotierungsphase die praktische Einsetzbarkeit getestet. Einerseits wurde mit Vergangenheitsdaten simuliert und so Erfahrung

gen zur Auslastung über längere Zeiträume gesammelt, andererseits konnte ein Teilbereich des Werks im Produktionsbetrieb direkt über die neue Steuerung beliefert werden.

Dank

Wir danken der BMW Group sowie Herrn Dr. Sebastian Schindler und Tobias Müller für die gute Zusammenarbeit innerhalb dieses Industrieprojektes.



Autor

Dipl.-Ing. Ulrich Teschemacher

Themengruppe Produktionsmanagement und Logistik



Pilotierung im Werk

Projekthinhalte

Zusammen mit dem BMW Werk Regensburg wurde in einem gemeinsa-

HERBSTUNIVERSITÄT 2015: IN DEN FERIE UNILUFT SCHNUPPERN



Die Schülerinnen konzentriert bei der Programmierung

etwas kleinere Exemplare und ließen die Roboter die von ihnen designten Bilder nachzeichnen.

Auch nächstes Jahr wird das *iwb* wieder zusammen mit vielen weiteren Lehrstühlen der TU München an der Herbstuniversität teilnehmen und einen ganz besonderen Einblick in den Alltag des Wissenschaftlers geben.

Roboter sind heutzutage aus einer Produktion nicht mehr wegzudenken. Autos, Kaffeemaschinen und vieles mehr werden durch „Roboterhand“ hergestellt. Aber: wie funktionieren Roboter eigentlich und wie wissen sie, was sie tun sollen? Diese Fragen stellten sich Schülerinnen ab der 10. Klasse am 2. November 2015 im Rahmen der Herbstuniversität 2015 am *iwb* in Garching. Unter dem Motto „Lass Roboter für Dich malen!“ programmierten sie

RÜCKBLICK AUF SEMINARE UND KONGRESSE 2015

Schülertag der Fakultät Maschinenwesen
Garching, 29.01.2014

8. Fachkonferenz „Energieeffizienz in der Automobilproduktion“
München, 24. – 25.02.2015

JEC 2015
Paris, 10. – 12.03.2015

Hannovermesse 2015
Hannover, 13. – 17.03.2015

Forschungsfahrt 2015
Garching, 17. – 19.03.2015

Girls Day 2015
Garching, 23.04.2015

LabTour Industrie 4.0 (VDMA)
Garching, 12.05.2015

26. Deutscher Montagekongress
München, 09. – 10.06.2015

LASER World of Photonics 2015
München, 22. – 25.06.2015

Lange Nacht der Wissenschaften 2015
Hannover, 27.06.2015

Zukunftskongress bayerischer Wirtschaften 2015
München, 08.07.2015

Batterieworkshop 2015
Garching, 16. – 17.07.2015

Herbstuniversität 2015
Garching, 02.11.2015

Forschung zum Frühstück „Industrie 4.0“
Garching, 10.11.2015

Jahresabschlusskolloquium 2015
Garching, 11.12.2015

... sowie viele weitere nationale und internationale Besuchergruppen am *iwb*.

Die Themengruppe Werkzeugmaschinen befasst sich mit der Analyse und Optimierung spanabhebender Produktionssysteme. Die Schwerpunkte liegen dabei auf der Betrachtung des dynamischen Maschinen- und Werkstückverhaltens, des spanabhebenden Prozesses sowie der thermischen Einflussgrößen. Durch die Berücksichtigung von Aspekten der Steuerungs- und Regelungstechnik wird der Betrachtungshorizont von rein mechanischen Strukturen auf das komplexe mechatronische Gesamtsystem erweitert. Für diese Untersuchungen kommen moderne Simulationsmethoden, wie die Finite-Elemente-Methode und die Mehrkörpersimulation, zum Einsatz, um die Maschineneigenschaften detailliert abbilden zu können.

Durch die Kopplung mit weiter- oder neuentwickelten Zerspankraftmodellen können die auftretenden Wechselwirkungen zwischen Struktur und Prozess aufgezeigt werden. Darüber hinaus stehen energiebezogene Aspekte, die ebenfalls mit den Maschineneigenschaften in Wechselbeziehung stehen, im Fokus der Untersuchungen.

Von dem umfangreichen Wissen über das Verhalten von spanabhebenden Werkzeugmaschinen und über die zugrundeliegenden Zerspanungsprozesse können sowohl Maschinenentwickler als auch Anwender bei der Konstruktion bzw. Auswahl von Produktionssystemen profitieren.

Strukturverhalten

Das Forschungsfeld Strukturverhalten beinhaltet die Identifikation und Kompensation strukturseitiger Schwachstellen, welche zu Einbußen in der Produktivität bzw. der Bearbeitungsqualität führen. Durch unsere Erfahrungen im Bereich der Messung und Analyse, der Modellbildung und Simulation sowie der Systemoptimierung sind wir in der Lage, Werkstücke und Produktionssysteme beliebiger Art hinsichtlich ihrer dynamischen und statischen Eigenschaften zu charakterisieren, zu beurteilen sowie zu optimieren.

Energieeffizienz und Leichtbau

Der Leichtbau ist ein wichtiger Schlüssel für zukünftige Technologieentwicklungen, da er einerseits Ressourcen

schont und andererseits die Leistung von Produkten steigern kann. Mit Hilfe des Leichtbaus können Produktionssysteme an Dynamik gewinnen und gleichzeitig Ressourcen einsparen. Mit individuellen Nutzen- und Kostenabschätzungen auf Grundlage von Simulationsmodellen kann identifiziert werden, an welchen Komponenten und in welchem Umfang der Leichtbau Wettbewerbsvorteile für Produktionsanlagen erzielt.

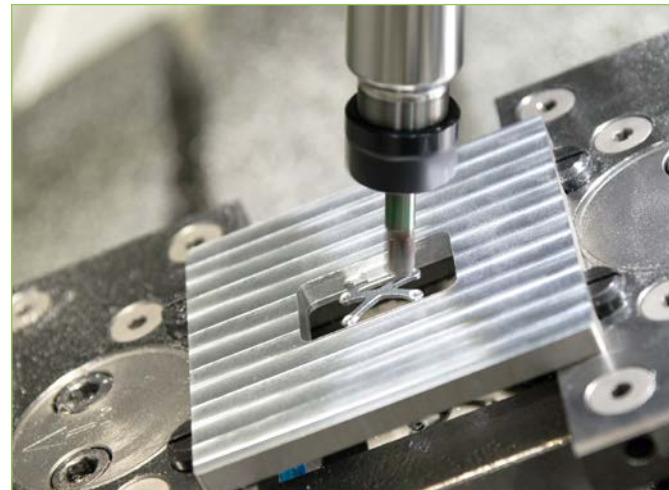
Darüber hinaus wird der energiekostenoptimierte Betrieb von Produktionsanlagen betrachtet. Hierbei liegt der Schwerpunkt neben der Erfassung und Analyse von Energiedaten auf der technischen Umsetzung von Energieeffizienz- und Energieflexibilitätsstrategien. Ein hohes Know-how im Bereich der Werkzeugmaschine bildet hierfür die notwendige Grundlage zur Identifikation zielgerichteter Maßnahmen.

Zerspanungsprozesse

Das Forschungsfeld Zerspanungsprozesse beinhaltet die Analyse instabiler Zerspanungsprozesse, welche zu Einbußen in der Produktivität und der Bearbeitungsqualität sowie einem hohen Verschleiß von Werkzeug und Maschine führen. Anhand einer zielgerichteten Vorgehensweise können nach der Prozessanalyse verschiedene Optimierungsstrategien abgeleitet werden.

Aktuelle Projekte

- TOPOS: Entwicklung, Herstellung und Prüfung topologieoptimierter Osteosynthesen
- FOR 1097 II – TP 3: Simulation von Dämpfungseffekten in Werkzeugmaschinen
- SPP 1480/3: Kopplung von analytischen und numerischen Modellen zur Simulation thermo-mechanischer Wechselwirkungen während der Fräsbearbeitung komplexer Werkstücke
- BaZMod: Bauteilgerechte Maschinenkonfiguration in der Fertigung durch Cyber-Physische Zusatzmodule
- E2D: Erhöhung der Energieeffizienz durch Dämpfung von Maschinenstrukturen
- Online-Kompensation der statischen Verlagerung bei der spanenden Bearbeitung mit Industrierobotern



5-Achs-Simultanbearbeitung einer Implantationsgeometrie

Abgeschlossene Projekte

- Systemsimulation und Reifebewertung von Faser-Kunststoff-Verbunden im Maschinen- und Anlagenbau
- Erzeugung von Transparenz über das energetische Verhalten und die Energieflexibilität von Fabrikanlagen
- Erweiterung der Anlagenflexibilität um die Steuerbarkeit des Energiebedarfs und das Management von energetischen Lastspitzen
- Prozessbegleitendes dynamisches Spannen zur Reduktion von Verzügen und Eigenspannungen beim Schweißen von Bauteilen
- Moderne Ordnungsreduktionsverfahren für die Simulation des dynamischen Verhaltens von Werkzeugmaschinen
- Verbesserung der Prognosefähigkeit dynamischer Simulationen von Werkzeugmaschinenstrukturen
- Modellierungssystematik für die thermische Simulation von Werkzeugmaschinen
- DynaMoRe: Dynamiksteigerung von Galvanometer-Laserscannern durch modellbasierte Regelung



Autor

**Dipl.-Ing.
Markus Westermeier**

Mitglied der Institutsleitung – Themengruppe Werkzeugmaschinen



Lernlabor „Mensch in der Industrie 4.0“

Die Themengruppe Produktionsmanagement und Logistik bearbeitet Projekte mit dem Ziel der Erhöhung von Effektivität und Effizienz in der Produktion. Forschungsschwerpunkte sind dabei die Erforschung und Gestaltung eines systemischen Änderungsmanagements in der Produktion sowie die Identifizierung, Früherkennung und Bewertung von Produktionstechnologien. Darüber hinaus forscht die Themengruppe an der effizienten Integration von Mitarbeitern in eine zunehmend digitalisierte und vernetzte Produktionsumgebung.

Ein weiterer Schwerpunkt der Forschungstätigkeiten ist das Thema Bionik in der Produktionsorganisation. Dies adressiert die Beantwortung produktions technischer Fragestellungen (z. B. Layout- oder Routenplanung) durch die Übertragung von in der Natur bereits existierenden Lösungsprinzipien.

Darüber hinaus arbeitet die Themengruppe seit vielen Jahren an weiteren anwendungsnahen Themen wie Lean Management und Fabrikplanung. Hierzu steht am *iwb* mit der „Lernfabrik für Schlanke Produktion“ (LSP) eine reale Produktionsumgebung zur Verfügung, die im Rahmen von Forschung, Lehre und Schulungen zu Lean Management eingesetzt wird.

Zudem befindet sich ein Lernlabor vom Forschungsfeld „Mensch in der Fabrik“ im Aufbau, in dem Forschungsinhalte

prototypisch implementiert und Studien durchgeführt werden können.

In Summe bildet die Themengruppe auf diese Weise die vielfältigen Fragestellungen und Herausforderungen im Bereich Produktionsmanagement und Logistik mit umfassenden wissenschaftlichen wie anwendungsnahen Kompetenzen ab.

Innovationsmanagement in der Produktion

Als Grundlage innovativer Produktion werden in diesem Forschungsfeld Theorien und Methoden des Änderungs- und Technologiemanagements, Änderungsauswirkungen in der Produktion sowie der Fabrikplanung und -analyse systemorientiert erforscht und entwickelt.

Mensch in der Fabrik

Dieses Forschungsfeld befasst sich mit Potenzialen und Gefahren, die sich aus der Vernetzung des Menschen mit dem Produktionssystem ergeben. Hierbei werden die Aspekte Kompetenzentwicklung und alternsgerechter Mitarbeiter Einsatz in der Produktion sowie die Prozessgestaltung in indirekten Bereichen betrachtet.

Bionik in der Produktionsorganisation

Das Forschungsfeld Bionik erarbeitet Vorgehensweisen zum Transfer ablauf- und entscheidungsbezogener Lösun-

gen der Natur auf produktionstechnische Fragestellungen der Organisation und bringt sie zur industriellen Anwendung. Darüber hinaus werden Methoden für komplexe Optimierungsprobleme entwickelt.

Aktuelle Projekte

- SFB 768 – Zyklusmanagement von Innovationsprozessen (drei Teilprojekte): „Modellbasierte Prognose und Bewertung von Änderungsauswirkungen in der Produktion“; „Systemisches Änderungsmanagement zur Gestaltung von Änderungszyklen in der Produktion“; „Zyklusorientierte Bewertung und Planung von Technologieketten und Betriebsmitteln für Montageprozesse“
- DFG – Gestaltung flexibler Fabriklayouts auf Basis unscharfer Planungsdaten
- MAN.TUM – Effiziente Serienreife-machung hochvarianter Kleinserien
- MAN.TUM – Individuelle und dynamische Werkerinformation
- BMW.TUM – Konfiguration und Dimensionierung von Produktionsnetzwerken auf Basis bionischer Prinzipien
- BMW.TUM – Intelligente Logistikplanung auf Basis von Big Data
- InnoCyFer – Integrierte Gestaltung und Herstellung kundeninnovierter Produkte in Cyber-Physischen Fertigungssystemen

Abgeschlossene Projekte

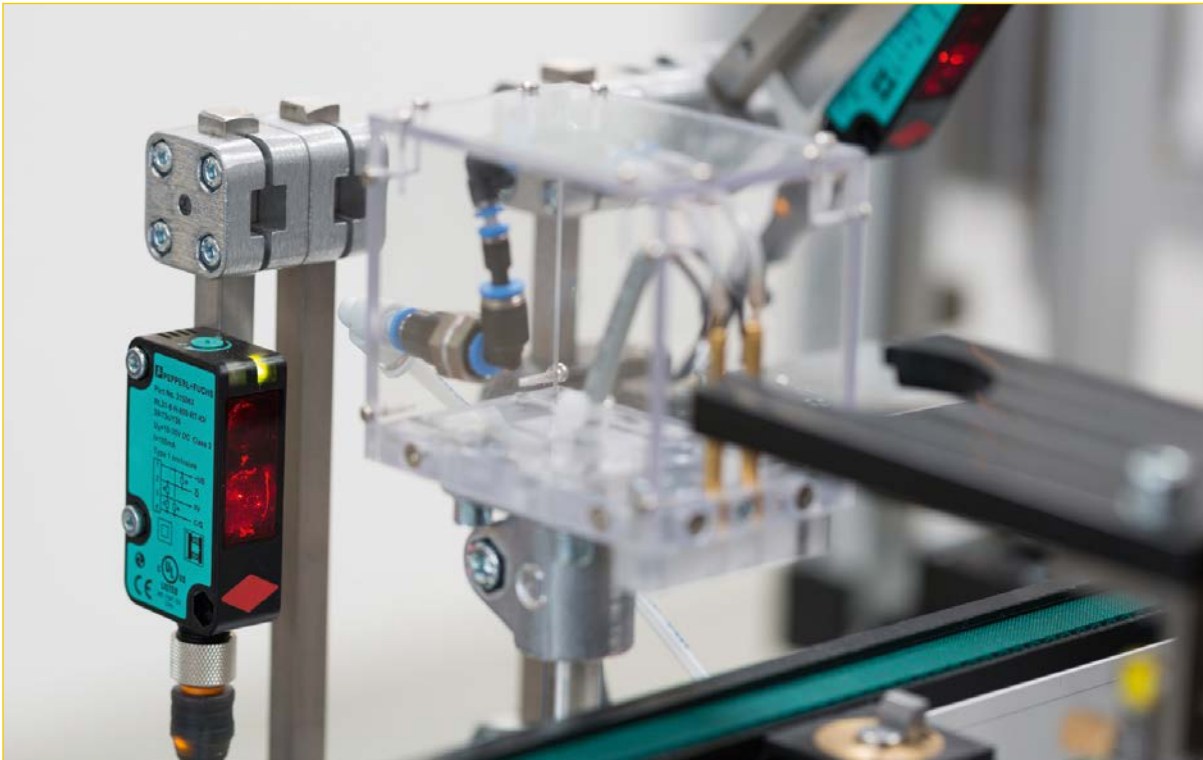
- SFB 768 (Teilprojekt) – „Dynamische Produktionstechnologieplanung“
- VisioM – Fahrzeugkonzept für die urbane Elektromobilität: AP3 „Bewertung der Produktion“
- FLEXS – Flexibel-integrierbare wertschöpfungsorientierte Collaboration im Servicebereich auf Basis von eBusiness-Standards



Autor

**Dipl.-Ing.
Jan-Fabian Meis**

Mitglied der Institutsleitung – Themengruppe Produktionsmanagement und Logistik



Ausschnitt einer Montageanlage zur LED-Lampen Produktion

Als letztes Element in der Wertschöpfungskette besitzt die Montage ein heterogenes Aufgabenfeld: Neben Füge- und Handhabungsoperationen gehören Aspekte der Zuführung, Mess- und Prüfaufgaben sowie Sonderoperationen zu diesem Bereich. Die Themengruppe Montagetechnik und Robotik adressiert diese Aufgabengebiete anhand dreier aktueller Themen im Bereich der Produktion.

Cyber-Physische Montagesysteme (CPMS)

Um der steigenden Erhebung, Verknüpfung und Auswertung von digitalen Informationen Rechnung zu tragen, wurde 2015 ein neues Forschungsfeld gegründet. Das Forschungsfeld „Cyber-Physische Montagesysteme“ befasst sich mit der digitalen Modellierung von Produkten, Prozessen und Betriebsmitteln. Ziel ist die Automatisierung von Tätigkeiten in der Planung, Einrichtung und Programmierung von Anlagen, um so die wirtschaftliche Wandlungsfähigkeit in Montagesystemen erhöhen zu können.

Batterieproduktion

Das Forschungsfeld „Batterieproduktion“ bündelt Themengruppen-übergreifend alle Forschungsaspekte in den Bereichen der Zellproduktion und Batteriemodulmontage. Untersucht wer-

den verschiedenste Aspekte im Herstellungsprozess, angefangen von der Modellierung qualitätsrelevanter Prozesszusammenhänge bis hin zu Untersuchungen der automatisierten Montierbarkeit von Zellelementen. Die gewonnenen Erkenntnisse liefern einen Beitrag, um stationäre und mobile Energiespeicher wirtschaftlicher produzieren zu können.

Industrielle Robotik

Im Fokus steht die Befähigung, durch Robotersysteme neue Anwendungsgebiete in der Montage zu erschließen. Aktuelle Forschungsaspekte befassen sich mit der Genauigkeitssteigerung von Industrierobotern in unterschiedlichen Applikationen – von der optischen Qualitätssicherung bis hin zur Verdrängungskompensation bei roboterbasierten Fräsprozessen. Hierbei werden neben grundlagenlastigen Ansätzen (z. B. Verschleißauswirkungen auf die Bahntrue) auch anwendungsnahe Aspekte untersucht, wie etwa die dynamische Bahnplanung bei vorgegebenen Prüfplänen.

Aktuelle Projekte

- EEBatt – Dezentrale stationäre Energiespeicher
- RoHoQ – Hochgenaue, Roboterbasierte Qualitätssicherungssysteme

- Spicy – Silicon and polyanionic chemistries and architectures of Li-ion cell for high energy battery

Abgeschlossene Projekte

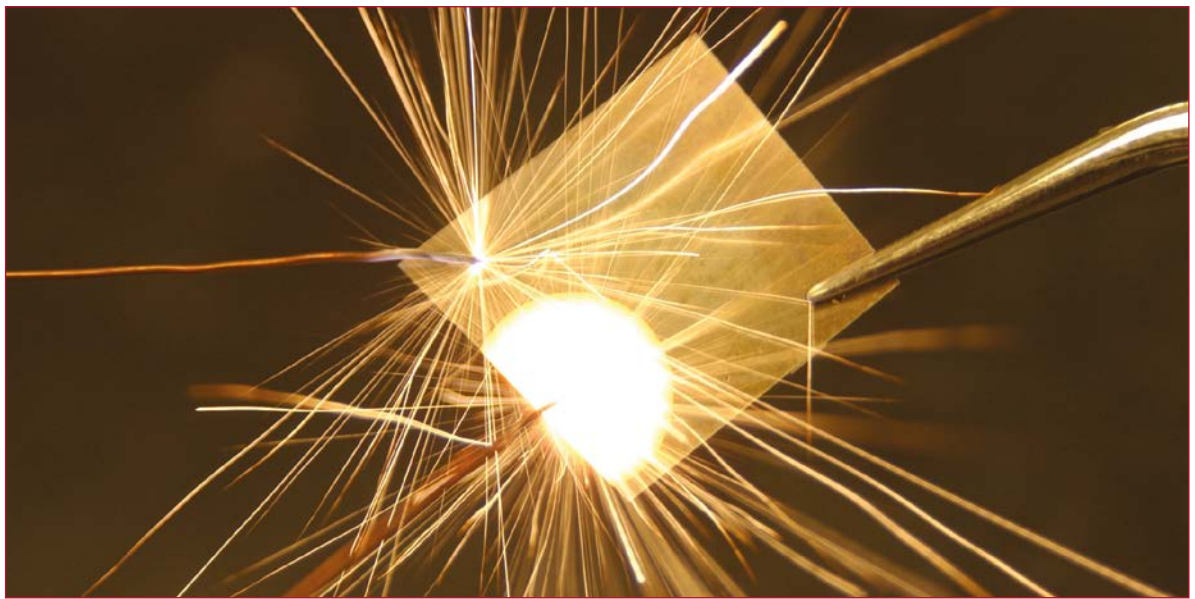
- AKOMI – Automatisierte Vernetzung von Montagesystemen
- CyProS – Cyber-Physische Produktionssysteme
- eProduction – Kompetenz in der Produktion von Hochenergiespeichersystemen für die Elektromobilität
- ExZellTUM – Exzellenz-Zentrum für Batterie-Zellen an der Technischen Universität München
- FOREL – Forschungs- und Technologiezentrum für ressourceneffiziente Leichtbaustrukturen der Elektromobilität
- ProLIZ – Produktionstechnik für Lithium-Ionen-Zellen



Autor

**Dipl.-Ing.
Fabian Distel**

Mitglied der Institutsleitung – Themengruppe Montagetechnik und Robotik



Zünden einer reaktiven Nanofolie

Auf dem Weg vom Halbzeug zum fertigen Produkt durchlaufen technische Erzeugnisse in der Regel mehrere Füge- und Trennoperationen, welche eine besondere Relevanz für die qualitativ hochwertige und wirtschaftlich erfolgreiche Produktion besitzen. Die Themengruppe Füge- und Trenntechnik widmet sich diesem Schwerpunkt und beschäftigt sich mit innovativen Produktionsverfahren.

Ziel der Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten sind hinsichtlich Qualität und Produktivität optimierte sowie wissenschaftlich durchdrungene Fertigungsprozesse. Dazu steht der Themengruppe ein Maschinenpark mit modernen Laserstrahlquellen, Reibschweißanlagen und umfangreichen Mess- und Analysewerkzeugen zur Verfügung.

Die Kompetenzen der Themengruppe für thermische Füge- und Trennprozesse erstrecken sich über die Bereiche Prozessuntersuchung, Systemtechnik, Technologieberatung und Simulation. Diese übergreifenden Kompetenzen finden in drei Forschungsfeldern ihre Anwendung.

Laserfertigungstechnik

Das Forschungsfeld Laserfertigungstechnik erforscht laserbasierte Schweiß- und Schneidprozesse, Verfahren zur Oberflächenvorbehandlung mittels Laserstrukturierung und neue Konzepte für die Lasersicherheit. Im Fokus aktueller Arbeiten steht vor allem die Lasermaterialbearbeitung von Kupfer für die Elektromobilität sowie von Aluminiumlegierungen für Leichtbauanwendungen.

gen. Immer mehr in den Vordergrund rückt dabei der Einsatz von Simulationstools zur Prozessmodellierung.

Reibschweißen

Das Forschungsfeld Reibschweißen widmet sich der Qualifizierung der Verfahren für schwer schweißbare Werkstoffe bzw. für die Kombination verschiedenartiger Werkstoffe. Beispiele für aktuelle Forschungsarbeiten sind das Rührreibschweißen von Aluminium mit Titan, das Rotationsreibschweißen von Inconel oder das Reibpressfügen von Aluminium mit thermoplastischem Kunststoff.

Fügen und Trennen von CFK

Das Forschungsfeld CFK stellt sich der Herausforderung des Fügens und Trennens von (kohlenstoff-)faserverstärkten Kunststoffen. Die Schwerpunktthemen liegen hier auf der laserbasierten Oberflächenvorbehandlung, dem Wärmeleitungsfügen von CFK mit Metall, dem Laserstrahl-Abtragschneiden und dem Fügen mit reaktiven Nanofolien.

Aktuelle Projekte

- RegTemp – Regelung der Temperatur beim Rührreibschweißen
- SPP 1640 (2. Förderphase) – Bindemechanismen beim Rührreibschweißen von Mischverbindungen
- EEBatt – Dezentrale stationäre Batteriespeicher zur effizienten Nutzung erneuerbarer Energien und Unterstützung der Netzstabilität
- FOREL – Forschungs- und Technologiezentrum für

ressourceneffiziente Leichtbaustrukturen der Elektromobilität

- ZaktiSiLa – Zentrale aktive Lasersicherheit

Abgeschlossene Projekte

- PaLaSi – Passive Lasersicherheit für Hochleistungslaser im industriellen Einsatz
- Optimierung von Parametern beim Schwungradreibschweißen
- SPP 1640 (1. Förderphase) – Bindemechanismen beim Rührreibschweißen von Mischverbindungen
- ReLaTiS – Transiente räumliche Reflexion der Laserstrahlung beim Laserstrahl-Tiefschweißen
- SFB TR10-T9 – Laserstrahlschweißen von Karosseriebauteilen in Sichtnahtqualität
- eProduction – Teilvorhaben: Fügeverfahren und Analyse der Wertschöpfungstiefe in der Batterieherstellung
- ExZellTUM – Exzellenz-Zentrum für Batterie-Zellen an der Technischen Universität München
- FSP-Guss – Friction Press Joining zur gezielten Verbesserung der mechanischen Eigenschaften von Aluminium-Gussbauteilen



Autor

**Dipl.-Ing.
Alexander Fuchs**

Mitglied der Institutsleitung – Themengruppe Füge- und Trenntechnik

Additive Fertigungsverfahren ermöglichen eine hohe Designfreiheit, die Variation und die Individualisierung von Produkten sowie die direkte und schnelle Umsetzung digitaler CAD-Daten. Die Kombination dieser Vorteile kann einen Mehrwert gegenüber konventionellen Fertigungsverfahren bieten. Aktuell investieren zahlreiche Unternehmen in die additive Fertigungstechnik, um eine Alternative zu bekannten konventionellen Verfahren aufzubauen und die Vorzüge der Schichtbauverfahren für sich zu erschließen.

Wirtschaftlicher Praxiseinsatz

Die Herausforderung zur Fertigung von Serienbauteilen liegt in der wirtschaftlichen Nutzung der Technologie. Hierzu ist ein Paradigmenwechsel in der Konstruktion von der abtragenden hin zur additiven Fertigungsweise notwendig. So kann beispielsweise durch die Berücksichtigung der geometrischen Freiheiten in der Konstruktionsphase eine Masseinsparung in zweistelligen Prozentbereichen realisiert werden, die im späteren Betrieb zu signifikanten Kosteneinsparungen, z. B. in Folge geringerer bewegter Massen oder beim Materialeinsatz, führen kann. Um das daraus resultierende Potenzial in der industriellen Praxis umsetzen zu können, bedarf es sowohl einer geeigneten Prozesskette als auch leistungsfähiger digitaler Werkzeuge.

Neben dem schichtweisen Aufbauprozess, der häufig den Schwerpunkt der Betrachtungen bildet, gilt es für eine gesamtheitliche Gestaltung der Prozesskette vor- und nachgelagerte Schritte zu berücksichtigen. So stellen beispielsweise die Datenvorbereitung und die Bauteilnachbearbeitung grundlegende Bestandteile dar. Eine zentrale Bedeutung für die Bauteilqualität und die Wirtschaftlichkeit des Verfahrens kommt dem Pulverkreislauf zu, der die Herstellung, Aufbereitung und Wiederverwertung der Ausgangsmaterialien umfasst. Digitale Werkzeuge sind unverzichtbar für die Unterstützung der Bauteilgestaltung und -auslegung sowie für die Vorbereitung des additiven Bauprozesses. Letzterer ermöglicht zwar die Herstellung komplexer Geometrien, erhöht jedoch auch die zu verarbeitenden Datenmengen. Daraus ergeben sich, speziell hinsichtlich einer effizienten Handhabung, gesteigerte Anforderun-



Elektronenstrahlschmelzanlage

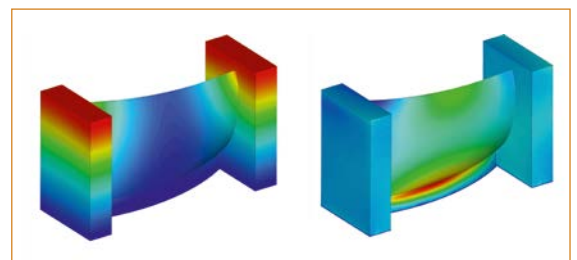
gen an die Leistungsfähigkeit der eingesetzten Werkzeuge. Die Simulation von physikalischen Aufbauprozessen fördert das Prozessverständnis und bildet ein wesentliches Hilfsmittel zur Prozessqualifizierung.

AMLab Augsburg

Das 2012 am *iwb* Anwenderzentrum Augsburg eröffnete „Additive Manufacturing Laboratory“ (AMLab) mit einer Fläche von über 200 m² bietet optimale Voraussetzungen zur Weiterentwicklung und Verbesserung unterschiedlicher additiver Fertigungsverfahren sowie deren Prozessketten. Neben verschiedensten Anlagentechnologien stehen ebenfalls unterschiedliche Prüfverfahren (Metallografie, mechanische Materialprüfung, mechanische Bauteilprüfung, etc.) zur Verfügung, mit denen die additiv erzeugten Prüfkörper hinsichtlich ihrer Eigenschaften untersucht werden können. Durch eine enge Kooperation mit der Industrie können die Ergebnisse aus der Forschung direkt transferiert werden, um einen Beitrag zur Entwicklung dieser noch jungen Technologie zu leisten.

Aktuelle Projekte

- AMMag – Laserstrahlschmelzen von Magnesiumlegierungen
- IDE3D – Intelligente Deformationskompensation im 3D-Druck



Visualisierung von Simulationen der additiven Fertigung

- AMThermoQS – Thermografische Schichtüberwachung beim Laserstrahlschmelzen
- KonRAT – Komponenten von Raketentriebwerken für Anwendungen in Transportsystemen der Luft- und Raumfahrt

Abgeschlossene Projekte

- ZeDAM – Zero Defect Additive Manufacturing
- AeroSim – Development of a Selective Laser Melting (SLM) Simulationtool for Aero Engine applications



Autor

Dipl.-Phys. Johannes Weirather

Mitglied der Institutsleitung – Themengruppe Additive Fertigung

Seit sieben Jahren stehen die Belange und Herausforderungen einer ressourceneffizienten Produktion im Mittelpunkt der Forschungsarbeit der Projektgruppe RMV. Als zukünftiges Fraunhofer-Institut spielt der direkte Anwendungsbezug dabei eine wichtige Rolle.



Ressourceneffizienz in Produktion und Verarbeitung

Um den Herausforderungen der heutigen Produktionsumgebungen gerecht zu werden, steht die interdisziplinäre Zusammenarbeit im Vordergrund. Die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter aus den Fachdisziplinen Maschinenbau, Elektrotechnik, Mechatronik, Informatik, Biotechnologie und Wirtschaftsingenieurwesen arbeiten Hand in Hand zusammen. Unter der Prämisse „Ressourceneffizienz in Produktion und Verarbeitung“ wird dazu auf allen Fertigungsebenen geforscht. Die Ergebnisse reichen von zielgerichteten Lösungen für Prozesse, Komponenten, Baugruppen und komplexen Anlagen über eine durchgängige Prozessverkettung bis hin zu innovativen Ansätzen zur Planung, Bewertung und Steuerung der Produktion.

Die Forschungsarbeit bewegt sich dabei in folgenden Kompetenzbereichen:

- Ressourceneffizienz in Prozessen
- Intelligente Vernetzung der Produktion
- Flexibilisierung der Produktion
- Modellbildung und Simulation
- Additive Fertigung

Ressourceneffizienz in Prozessen

Motiviert durch Ressourcenknappheit, steigende Energiepreise und die Volatilität in der Energiebereitstellung aufgrund des Ausbaus erneuerbarer Energien sind produzierende Unternehmen bereit zu handeln. In erster Linie unterstützt sie die Projektgruppe dabei in der Planung, Bewertung und Gestaltung ihres Ressourcenverbrauchs auf Fabrik- und Prozessebene. Ziel ist es, eine nachhaltige Ressourcenausschöpfung in der Produktion zu fördern.

Planung, Bewertung und Steigerung der Ressourceneffizienz

Die Planung, Bewertung und Steigerung der Ressourceneffizienz wird unter anderem im Rahmen von betriebsorganisatorischen Fragestellungen betrachtet. Bestehende Bewertungs- und Planungsmethoden der Fabrikplanung werden untersucht und es werden auch neue entwickelt. Zur Sensibilisierung sowie zum Erlernen eines methodischen Vorgehens zur Erhöhung der Ressourcen- und der Energieeffizienz in der Produk-

tion werden Industriepartner in einer praxisnahen Produktionsumgebung geschult. Das Thema Ressourceneffizienz wird in Abläufen und Organisationen verankert. Dabei wird durch die Integration von Messsystemen sowie durch die Definition von Messabläufen Transparenz über die Verbräuche von Anlagen geschaffen. Es werden Messungen und Auswertungen von Ressourcenströmen in der Produktion sowie Energiewertstromanalysen und Ökobilanzierungen zur Bewertung der Ressourceneffizienz durchgeführt. Verarbeitungsmaschinen und Produktionsanlagen werden dabei auch in ihren Wechselwirkungen mit dem gesamten Produktionssystem, der Gebäudehülle sowie der technischen Gebäudeausrüstung analysiert. Ferner stellt die Verhaltensbeeinflussung von



Green Factory Bavaria: Planung, Bewertung und Steigerung der Ressourceneffizienz

Mitarbeitern durch die Entwicklung von angepassten Visualisierungssystemen für die Energie- und Medienverbräuche sowie durch Anreizsysteme zur Ressourceneinsparung einen wichtigen Bestandteil dar.

Technische Sauberkeit

Einen weiteren Schwerpunkt im Forschungsbereich Ressourceneffizienz in Prozessen stellt die Thematik der technischen Sauberkeit dar. In der Produktion weisen Reinigungsprozesse einen hohen Ressourcenverbrauch (z.B. Energie, Material) auf. Daher wird die Minimierung von Kosten, Ressourcen und Ausschuss in Produktionsabläufen durch den Einsatz innovativer Reinigungsprozesse und Qualitätsüberwachungssysteme angestrebt. Hierbei kommen thermografische wie auch optische Messverfahren zum Einsatz, welche zur Detektion und Sicherstellung der technischen Sauberkeit als Teil eines Qualitätssicherungskonzepts eingebunden werden. Darüber hinaus steht die Laserfluoreszenz als Inspektionsmethode für vorrangig filmische Verschmutzungen zur Verfügung. Weiterhin werden Möglichkeiten einer Substitution bestehender etablierter Reinigungsprinzipien durch alternative, energie- und ressourcensparende Verfahren untersucht. Ein besonderer Fokus wird hierbei auf die Reinigung 3-D-gedruckter Bauteile aus Kunststoff oder Metall gelegt. Auch der Einsatz biotechnologischer Prozesse, die oftmals umweltbelastende und ressourcenzehrende Verfahren ersetzen können, wird erforscht.

Intelligent vernetzte Produktion

Heutige Produktions- und Logistikabläufe bringen zahlreiche Herausforderungen mit sich: der Wunsch nach Individualisierung von Produkten, ein ständig wachsender Wettbewerb bei steigender Variantenvielfalt, eine kontinuierliche Verringerung von Zeit- und Bestandsreserven und wachsende Anforderungen an die Produktqualität sowie Lieferzeit und Liefertreue. Diese Bedingungen erhöhen die Komplexität im Bereich der Gestaltung, Planung und Steuerung unternehmensinterner und -übergreifender Produktions- und Logistikabläufe.

Digitalisierung der Produktion

Dem allgemeinen Trend der Digitalisierung in der Produktion, auch Industrie 4.0 genannt, folgend ist es Ziel der Projektgruppe, eine intelligente Vernetzung der Produktion zu ermöglichen. Mit ihrer Forschungsarbeit zur Produktionsorgani-

sation und -planung begegnet die Projektgruppe nicht nur den Anforderungen der Zukunft, sondern ermöglicht es Unternehmen, ganz neue Wege zu gehen.



Industrie 4.0-Anwendungsfall „iGetPro“: Auftragsabwicklung einer Getriebeproduktion in einem Cyber-Physischen Produktionssystem, hier: Dynamisches Spannzeug.

Potenzialanalysen, die Gestaltung von schlanken Fertigungsabläufen, die Auswahl und der Einsatz von produktionsnahen IT-Systemen (ERP/MES) sowie die technische Qualifikation von Produkten und Produktionssystemen hinsichtlich neuer Potenziale von Kommunikationssystemen stehen im Vordergrund der Zusammenarbeit mit der Industrie. Cyber-Physische Systeme (CPS) ermöglichen als nächste Evolutionsstufe eingebetteter Systeme neuartige Funktionalitäten im Bereich der intelligenten Auftragsabwicklung. Damit stellen sie einen vielversprechenden Ansatz dar, die Komplexität der Material- und Informationsflüsse in Produktion und Logistik zu beherrschen. Durch die Verwendung dieser CPS als Produkte und Betriebsmittel entstehen sogenannte Cyber-Physische Produktionssysteme (CPPS). Ad-hoc-Vernetzung, Selbstkonfiguration und dezentrale Datenverarbeitung sind hier wichtige Bausteine zum Gelingen dieses neuen Ansatzes. Durch die Nutzung von AutoID-Technologien, wie z.B. RFID (Radio Frequency Identification), welche eine intelligente Ad-hoc-Vernetzung von Produktionsmitteln, Produkten sowie IT-Systemen der industriellen Fertigung ermöglichen, können dezentrale Steuerungsentscheidungen getroffen werden. Big Data und Vernetzung, auch über die Fabrikgrenzen hinweg, liefern neue Potenziale, z.B. die Nutzung von Daten und digitalen Informationen als Teil der Wertschöpfung. Je nach Zielsetzung können Maßnahmen zur Kostenreduktion, Qualitätssteigerung und Termintreue abgeleitet werden. Die Bereitstellung von Methoden zum Einsatz der künstlichen Intelligenz im Auftragsabwicklungsprozess soll es ermöglichen, implizites Wissen zu identifizieren und dieses für Optimierungsmaßnahmen hinsichtlich der Produktions- und Logistikabläufe zu verwenden. Durch die Realisierung einer ausreichend hohen

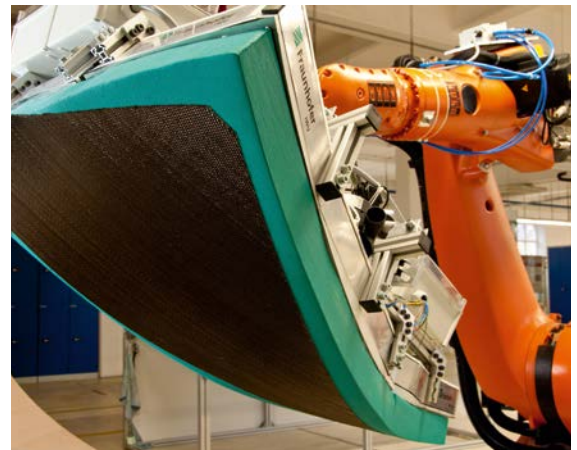
Transparenz im Wertschöpfungsnetzwerk lassen sich Abläufe derart planen und steuern, dass der Einsatz von Produktions- und Logistikressourcen optimal gestaltet werden kann.

Flexibilisierung der Produktion

Immer kürzer werdende Produktlebenszyklen sowie der Wunsch nach Produktindividualisierung und gleichzeitiger Variantenvielfalt stellen auch die Produktionssysteme vor neue Anforderungen. Lösungen zur Flexibilitätssteigerung von Produktionssystemen sowie zur Verbesserung des Engineering-Prozesses werden in diesem Zusammenhang gerade für Anlagenhersteller immer bedeutsamer. Ziel der Projektgruppe ist es, Flexibilität zu schaffen und damit die kundenindividuelle Produktivität zu erhöhen.

Flexible Anlagen und Maschinen

Die Konzeption und Umsetzung von flexiblen Anlagen und Maschinen stellt einen wichtigen Forschungsfokus dar. Lösungen können beispielsweise flexible mechatronische Systeme sein, die je nach Anwendungsfall eine optimale Kombination aus mechanischen, elektrischen und informationstechnischen Komponenten darstellen. Adressiert werden vor allem Handhabungs- und Verarbeitungsprozesse. Aktuelle Projekte beschäftigen sich z. B. mit der Flexibili-

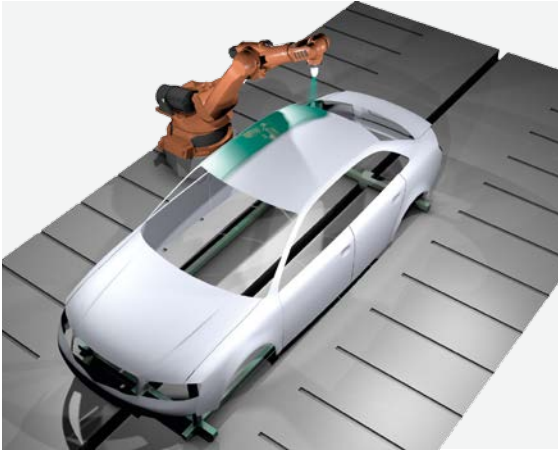


CFK-Greifer: Greifsystem zum automatisierten Handhaben formlabiler Textilien nach dem Prinzip des Niederdruck-flächensaugens

sierung von Verpackungsmaschinen sowie Handhabungslösungen für flächige, formlabile CFK-Textilien, der Mensch-Roboter-Kooperation und der Telemanipulation. Einen weiteren Schwerpunkt stellen flexible Werkzeugsysteme im Bereich des Umformens und des Spannsens von Werkstücken mit komplexen dreidimensionalen Oberflächenkonturen dar.

Flexibler Energieeinsatz

Weitere Forschungsvorhaben zur Flexibilisierung der Produktion betreffen



**Partikelbasierte
Fluidsimulation
am Beispiel eines
Lackierprozesses**

die Flexibilisierung des Energieeinsatzes in der Produktion. Energieflexibilität ist die Fähigkeit einer Fabrik, ihren Energiebedarf schnell und einfach an die Änderungen des Energiemarktes anzupassen. Unternehmen werden bei der wirtschaftlichen Nutzung ihrer Energieflexibilitätpotenziale unterstützt, indem die Energieflexibilität einer Fabrik zunächst identifiziert und bewertet wird. Ferner erfolgt die Beschreibung des energieflexiblen Verhaltens sowie die Auswahl geeigneter Energie-, d. h. in der Regel geeigneter Strombezugsstrategien. Diese können eine Eigenenergieerzeugung, eine Energiespeicherung oder auch last- und zeitvariable Tarife, insbesondere nach wirtschaftlichen Gesichtspunkten, sein.

Modellbildung und Simulation – Digitales Engineering

Um ein fundiertes Verständnis der produktionstechnischen Anforderungen zu ermöglichen, befasst sich die Projektgruppe über alle Ebenen hinweg

mit dem Thema der vernetzten Modellbildung und Simulation.

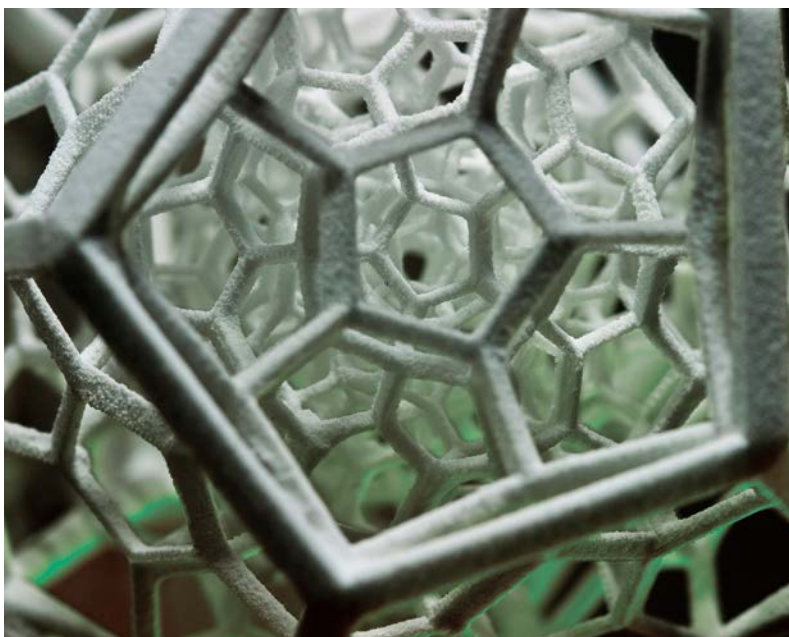
Hiermit lassen sich neben der Optimierung von Maschinensicherheit und Softwarequalität zudem eine frühzeitige Fehlererkennung in der Elektrik und Mechanik ermöglichen. Durch eine Vernetzung unterschiedlicher Simulationsmethoden von der Anlagen- zur Prozessebene können Produktionsszenarien simulativ bewertet und optimiert werden. Vom Anforderungsmanagement bis zur Inbetriebnahme einer Produktionsanlage wird die gesamte mechatronische Entwicklung modelliert und simulativ abgesichert. Neben der Erstellung von Machbarkeitsstudien und digitalen Prototypen werden innovative Ansätze zur Materialflusssimulation und zur Geometrieabsicherung der Produkte und Produktionsprozesse auf Fabrik- und Anlagenebene neu- bzw. weiterentwickelt. Im Bereich automatisierter Anlagen kommt der physikbasierten mechatronischen Simulation dabei eine Schlüsselrolle zu. Diese Technologie wird u. a. im Bereich der Virtuellen Inbetriebnahme (VIBN) eingesetzt und hilft, noch in der Konstruktionsphase Fehler in der Anlage und dem Steuerungsprogramm zu erkennen und so frühzeitig zu minimieren. Zusätzlich ermöglichen eigens entwickelte Steuerungsarchitekturen eine automatische Anlagen-Konfiguration (Plug&Produce) basierend auf Modellen der Anlage. In engem Zusammenhang mit Modellbildung und Simulation stehen die eingesetzten mechatronischen Entwicklungsprozesse. Basierend auf dem mechatronischen Reifegrad einer Organisation werden spezifische Vorgehensmodelle

und zugehörige Methoden, Werkzeuge und Beschreibungssprachen analysiert und gezielt weiterentwickelt. Neuartige Ansätze des agilen Engineerings sowie der effizienten Entwicklung von Bedienoberflächen basierend auf durchgängigen Modellen werden generiert und über Einführungs- und Schulungskonzepte in die industrielle Praxis transferiert. Die entwickelten Ansätze unterstützen Ingenieure bei der Konzeption, Entwicklung und beim Test zukünftiger produktionstechnischer Lösungen.

Additive Fertigung

Ziel ist es, eine optimale Verzahnung von konventioneller Fertigung und Themen im Bereich der schichtweisen Fertigung voranzutreiben. Die Forschungsanstrebungen im Bereich der additiven Fertigung liegen einerseits auf den Prozessen, andererseits werden einzelne mechanische Komponenten hinsichtlich ihrer Funktion optimiert. Die Forschungs- und Entwicklungsleistungen beziehen sich auf verschiedene Themenschwerpunkte, wie z. B. die Gestaltung und Optimierung funktionsintegrierter Leichtbauteile.

Bei der Optimierung von Bauteilen ist es häufig das Ziel, die Masse zu minimieren. Mittels gängiger Fertigungstechnologien sind optimale Leichtbaukonstruktionen aufgrund verfahrensspezifischer Randbedingungen schwer umsetzbar. Abhilfe können hier die additiven Fertigungsverfahren, wie das Laserstrahlschmelzen, schaffen. Der schichtweise generierende Prozessablauf ermöglicht die Fertigung geometrisch komplexer Bauteile in kleinen Stückzahlen bei hoher Wirtschaftlichkeit. Weiterhin leistet die Projektgruppe kundenindividuelle Potenzialanalysen und Bewertungen von technologischen Trends, die Prozessqualifizierung zur Verarbeitung von Sonderlegierungen und Multimaterialverarbeitung. Auch die kundenspezifische Prozessoptimierung sowie eine ganzheitliche organisatorische Implementierung additiver Fertigungsverfahren und die Qualitätssicherung von der Pulverherstellung bis zur Bauteilzulieferung sind ein Teil der Tätigkeitsbereiche der Projektgruppe.



**SLS-Struktur
(Laser-Sintern)**



Autorin

**M.A.
Lena Sophie Frank**
Projektgruppe RMV
des Fraunhofer IWU

Leitprojekte 2015 der Projektgruppe RMV

Auch 2015 wurden zahlreiche repräsentative Forschungsprojekte bearbeitet und abgeschlossen. Diese erstrecken sich entlang des Kompetenzportfolios der Projektgruppe. Im Bereich Ressourceneffizienz in Prozessen sind besonders die Projekte Green Factory Bavaria sowie „WAPnaRa“ hervorzuheben. Projekte, die eine intelligent vernetzte Produktion fokussieren, subsumieren sich im Rahmen des Kompetenz- und Transferzentrums Industrie 4.0.

Green Factory Bavaria – Standort Augsburg

Aggregiert werden die Forschungsthemen der Bereiche Ressourceneffizienz und Flexibilisierung im Projekt „Green Factory Bavaria“. Dabei wird am Standort Augsburg eine Prozesskette der additiven Fertigung errichtet unter Einbeziehung der Nachbearbeitung, Reinigung sowie der Verpackung kundenspezifischer Produkte. Ferner wird betrachtet, wie erneuerbare Energiequellen effizient in Fabriken eingebunden werden können.

Die additive Fertigung kann auf Grund des hohen Materialnutzungsgrades und der Fähigkeit, Produkte mit Leichtbaustrukturen zu erzeugen, einen großen Beitrag zur Ressourceneffizienz leisten. Um dieses Potenzial zu erhöhen, werden diese Technologie und die damit verbundenen nachgelagerten Prozesse im Rahmen des Forschungsprojektes weiter entwickelt. Ziel der Green Factory Augsburg ist es, die wirtschaftliche und ressourceneffiziente Herstellung von Bauteilen mithilfe der additiven Fertigung aufzuzeigen. Dabei wird der gesamte Produktlebenszyklus betrachtet, also von der Gewinnung des Ausgangsmaterials bis hin zum Recycling. In jedem Bereich der Prozesskette wurden Forschungsthemen platziert, um hier über den Stand der Technik hinaus neue Erkenntnisse hinsichtlich der Reduzierung des Ressourcenverbrauchs zu erlangen. Im Forschungsbereich der Reinigung werden z. B. verschiedene Reinigungsverfahren für Bauteile in Bezug auf ihren Ressourcenbedarf evaluiert. Ziel des Vorhabens ist es, diese nach dem Baukastenprinzip je nach Anforderung anzuwenden. So soll abhängig von Werkstückgeometrie, Werkstoff, Art, Menge und Lokalität der Verschmutzung und den Reinheitsanforderungen eine Reinigungsstrategie für das Bauteil gefunden werden,

die von ökonomischen und ökologischen Gesichtspunkten her betrachtet optimal geeignet ist. Zusätzlich zu konventionellen chemischen und mechanischen Reinigungsverfahren werden biologische Reinigungsmittel basierend auf Enzymen oder Mikroorganismen untersucht, welche die vorhandenen Verschmutzungen auf natürliche Weise abbauen. Verortet wird die Green Factory Augsburg mit ihrer Schulungs- und Demonstrationsplattform im Technikum des geplanten Gebäudes der Projektgruppe im Innovationspark Augsburg (wie auch auf S. 14 zu lesen). 2016 wird Baubeginn sein.

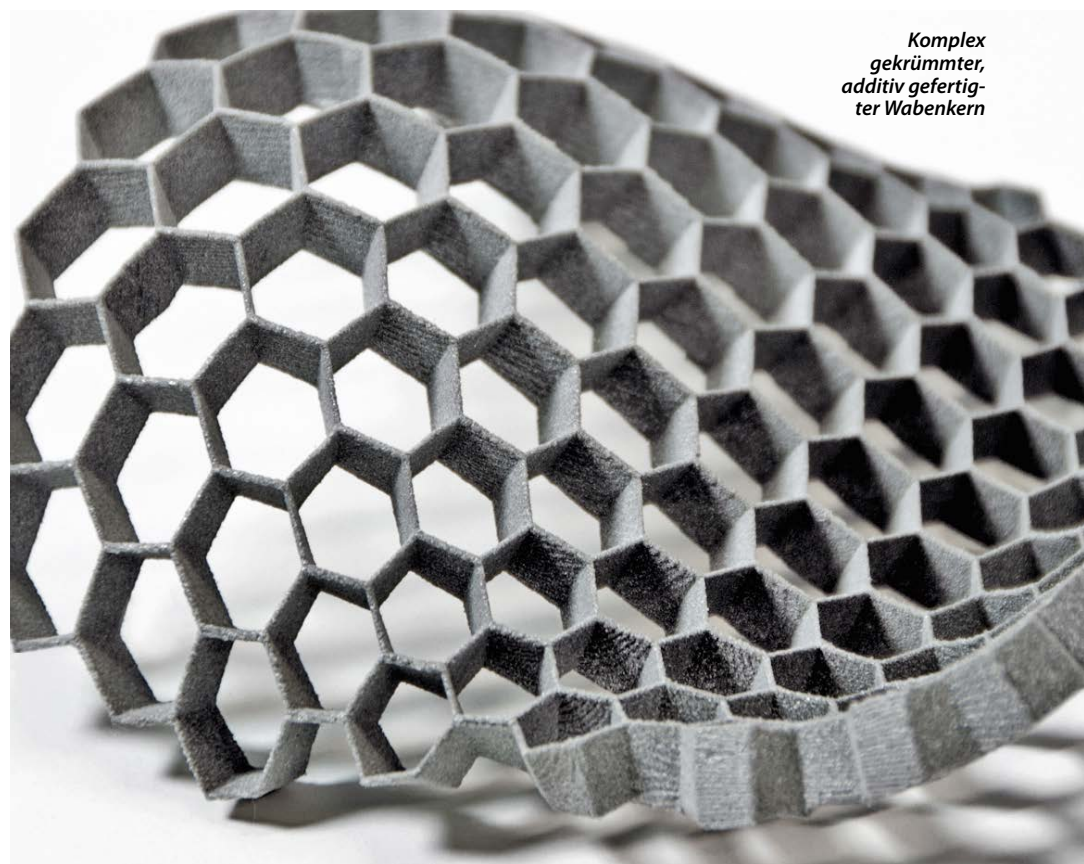
Aufgrund geringer geometrischer Einschränkungen ermöglicht es die additive Fertigung, z. B. bionische Leichtbauansätze beinahe uneingeschränkt umzusetzen und in ihrem vollen Potenzial auszuschöpfen. Vor diesem Hintergrund hat die Projektgruppe Leichtbauansätze für die additive Fertigung entwickelt und optimiert, welche sich Waben- und Gitterstrukturen aus der Natur zunutze machen und diese in die technische Anwendung übertragen. Obige Abbildung zeigt eine kraftflussoptimierte Freiform-Wabenstruktur, die hierbei zum Einsatz kommen kann. Dabei können signifikante Masseinsparungen bei gleichen Formeigenschaften eines Bauteils erreicht werden.

WAPnaRa

Das Projekt „Wissensbasierte Auslegung und Prozessführung nasschemischer Reinigungsanlagen WAPnaRa“ adressiert das Thema der wissensbasierten Erzielung von technischer Sauberkeit. Inhaltliche Schwerpunkte zur Zielerreichung bilden die Analyse der Waschmechanik sowie die Erarbeitung verfahrenstechnischer Grundlagen hinsichtlich einer wissensbasierten Auslegung und Prozessführung der nasschemischen Reinigungsverfahrensprinzipien Ultraschall und Umfluten. Dies dient als Basis zur innovativen Weiterentwicklung bestehender Anlagentechnik und zur Definition einer idealen Prozessgestaltung.

Kompetenz- und Transferzentrum Industrie 4.0

Im Rahmen des Kompetenz- und Transferzentrums Industrie 4.0 bündelt die Projektgruppe RMV in Augsburg ihre Forschung im Bereich der neuen Produktions- und Arbeitswelten. Das Schlagwort Industrie 4.0 wird immer häufiger auch in öffentlichen Medien thematisiert, dennoch sind die Hürden zur Umsetzung derartiger Anwendungen für Unternehmen hoch. Das Kompetenz- und Transferzentrum schafft Verständnis für Cyber-Physische Produktionssysteme (CPS) und stellt die Potenziale in einer praxisnahen Anwendung dar. Aufbauend auf den Er-



*Komplex
gekrümmter,
additiv gefertigter
Wabenkern*

gebnissen des Projekts „Cyber-Physische Produktionssysteme CyProS“, bei dem eine konzeptionelle und methodische Basis für den Betrieb von Cyber-Physischen Produktionssystemen (CPS) in realen Produktionsumgebungen geschaffen wurde, wird ab April 2016 eine Lern- und Demonstrationsplattform zur Abbildung einer Getriebeproduktion in einem Cyber-Physischen Produktionssystem zur Verfügung stehen. Im Rahmen von Besichtigungen, Schulungen und Trainings wird der Einsatz von CPS in Montagesystemen oder Fertigungsprozessen erlebbar und greifbar gemacht. Hierzu werden verschiedene manuelle und automatisierte Arbeitssysteme zu einem Cyber-Physischen Produktionssystem integriert und mit einem übergeordneten Planungs- und Steuerungssystem ausgestattet. Durch den Einsatz intelligenter Systemkomponenten und ihrer Vernetzung kann die Transparenz im Produktionssystem erheblich gesteigert werden. Die Vernetzung von Anlagen zur Prozessanpassung und die Transparenz in der Fertigung bieten zudem neue Möglichkeiten bei Assistenzsystemen. Der Werker wird vom Assistenzsystem mit animierten Grafiken und Sprachausgaben geführt und hat die Möglichkeit, selbst sprachliche Eingaben zu tätigen. Weiterhin kann auf Basis der Vernetzung eine flexible und papierlose Fertigung resultieren. Ein Beispiel für maximale Flexibilität in der Produktion ist der SCOUT®active. Der Assistenzroboter des Unternehmens ORTNER wird von der Projektgruppe weiterentwickelt. Ziel ist eine optimale Potenzialerschöpfung der Automatisierungstechnik, um die tägliche Arbeit effizient zu unterstützen. Durch ein Kamerasystem erkennt der SCOUT®active Objekte, die er über einen sensitiven Greifer dem Werker zuführt. Die stetige Kommunikation über QR-Codes an Arbeitsplätzen oder Lagerstätten sowie die Möglichkeiten der individuellen und lokalen Bedienung garantieren eine sichere Steuerung und Planung. Übergeordnetes Ziel ist es, CPS in reale Industrieumgebungen bei Industriepartnern zu integrieren und Unternehmen zu befähigen, CPS erfolgreich in ihren Betrieben einzusetzen. Somit werden signifikante Produktivitäts- und Flexibilitätssteigerungen durch die Vernetzung intelligenter Systeme ermöglicht.

Auch die Projekte „BaZMod“, „InnoCyFer“ und „CogSys“ leisten im Bereich der intelligenten Vernetzung einen wichtigen Beitrag. Das Forschungsvorhaben „InnoCyFer“ widmet sich dem

Thema der Produktindividualisierung. Hier wird die integrierte Gestaltung und Herstellung kundeninnovierter Produkte realisiert. Eine Open Innovation Plattform ermöglicht es den Kunden ohne Vorkenntnisse, Kreativitäts- und Innovationspotenziale in den Entwicklungsprozess miteinzubringen. Auf Anlagenebene ermöglicht das Projekt „CogSys“ mittels des Einsatzes kognitiver, d. h. lernfähiger Systeme zur Optimierung der Maschinenvoreinstellung eine Lösung zur Ausschussreduzierung. Konkret wurde im Projekt eine Druckmaschine betrachtet, wobei die entwickelte Methodik sehr breit adaptiert werden kann. Genauer wurde ein kognitives System entwickelt, welches die Produktionsanlage zu einem optimalen Betriebszustand befähigt, die Anlaufmakulatur auf ein Minimum reduziert und die Rüstzeiten für neue Druckaufträge minimiert, sodass Verbrauchsmaterialien wie Papier, Farbe etc. eingespart werden können. Eine effiziente Nutzung der Potenziale intelligenter Werkzeuge (CPS) in der Zerspanung wurde mit einer Entwicklung im Projekt „BaZMod“ ermöglicht. Genauer wurden bauteilgerechte Maschinenkonfigurationen in der Fertigung durch Cyber-Physische Zusatzmodule geschaffen und eine Hersteller-übergreifende Energie- und Datenschnittstelle im Zerspanungsprozess entwickelt.

FOREnergy

Einen umfassenden Einblick in die Forschung im Bereich der Flexibilisierung des Energieeinsatzes in der Produktion bieten die Tätigkeiten im Rahmen des Forschungsverbundes „FOREnergy – Energieflexible Fabrik“ unter Leitung der Projektgruppe RMV. Energieflexibilität – die Fähigkeit eines Produktionssystems, sich schnell und ohne besonderen finanziellen Aufwand an Änderungen des Energiemarktes anzupassen – bildete die Forschungsgrundlage von acht Teilprojekten. Innovative technische und organisatorische Lösungen und Methoden zur bewussten flexiblen Steuerung des Energiebedarfs in der Fabrik und damit einer Anpassung der Energienachfrage an das Energieangebot wurden nicht nur erarbeitet, sondern auch direkt umgesetzt. Mit der Erstellung von Energieprofilen wurde eine Transparenz über den Energieverbrauch auf allen Ebenen der Fabrik geschaffen, die als Entscheidungsgrundlage diente, inwieweit Energieflexibilität bei begrenzter Ressourcenverfügbarkeit in der Produktion möglich ist. Weiterhin wurden

Anlagen und Speichermedien für den energieflexiblen Einsatz erforscht und Konzepte zur Integration von Energie als zu planender Ressource erarbeitet. Darüber hinaus wurden Methoden zur Bewertung der energieflexiblen Produktion entwickelt.

Mit der Forschungsausrichtung auf die Gestaltung formatflexibler Verpackungsmaschinen greift die Projektgruppe die Forderung nach Flexibilität hinsichtlich zu verpackender Produkte sowie ihrer Formate und Mengen auf. Als Flexibilitätsförderer wurden vor allem Aspekte der Maschinengestaltung wie schnellwechselnde Systeme und automatisierte Greifsysteme sowie unterstützende Technologien wie eine berührungslose Bildverarbeitung und Robotik identifiziert. Um die Flexibilität der Anlagentechnik zu gewährleisten bzw. zu steigern, steht in der Regel eine Erhöhung des Automatisierungsgrads im Vordergrund. Im Forschungsprojekt FORFood wurde ein Toploader-Kartonnier durch Automatisierungsansätze auf eine Formatwechselzeit von nahezu Null reduziert. Das Projekt „3-D-Former“ hatte die Entwicklung einer speziellen Aktormatrix zum Ziel, die nun als innovatives Werkzeugsystem für eine flexible Formgebung in einer Tiefziehverpackungsmaschine genutzt wird. Aktuell wird in Zusammenarbeit mit mehreren Herstellern der Verpackungsindustrie ein innovatives Konzept zur geometriebasierten, intuitiven Motion Programmierung von Verpackungsanlagen erforscht. Eingebettet in ein Framework werden durch den Ansatz Teach-in Funktionen für die Programmierung von komplexen Verpackungsanlagen ermöglicht.

AZURO

Die Automatisierung spielt auch im Projekt „AZURO“ eine zentrale Rolle. Durch eine automatische Zerlegung von Druckbehältereinbauten in Reaktoren mit Hilfe von Unterwasser-Robotertechnik erarbeitet das Projektteam ein Konzept zum Rückbau von Kernkraftwerken. Dadurch werden sowohl die Kosten und der Zeitaufwand als auch die Dosisbelastung für die Mitarbeiter signifikant reduziert.



Autorin

**M.A.
Lena Sophie Frank**
Projektgruppe RMV
des Fraunhofer IWU

Die Forschungs- und Entwicklungsarbeiten des Instituts für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften (*iwb*) werden in regelmäßigen Abständen auf Veranstaltungen wie Kongressen oder Messen veröffentlicht. In Fachseminaren erhalten Interessierte aus der Industrie und der Wissenschaft die Möglichkeit, sich in besonders aktuellen und innovativen Themenbereichen weiterzubilden.

Weitere Informationen:
www.iwb.tum.de/Veranstaltungen



InnoCyFer auf der Hannover Messe 2015

Im April 2015 stellte das *iwb* gemeinsam mit den Projektpartnern aus dem Verbundprojekt „InnoCyFer“ auf der Hannover Messe 2015 in der Halle 2 – Research & Technology aus. Der Stand war Teil des Gemeinschaftsstands vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie mit dem Titel „AUTONOMIK in Industrie 4.0“.

Die Hannover Messe gilt als die weltweit bedeutendste Industriemesse und findet jedes Jahr im Frühjahr auf dem Messegelände in Hannover statt.

InnoCyFer-Stand

Auf dem Stand des Forschungsprojektes InnoCyFer konnten sich die Messebesucher über die aktuellen Fortschritte und Ergebnisse des Projektes informieren.

In InnoCyFer werden die vollständige Prozesskette zur Gestaltung und Herstellung kundeninnovierter Produkte sowie die dafür notwendigen Methoden entwickelt. Neben Konzepten aus dem Bereich Produktaufbereitung zur kundenindividuellen Gestaltung, wurden auch erste Ergebnisse eines Ideenwettbewerbs zur Gestaltung eines Kaffeevollautomaten gezeigt, welcher vom Lehrstuhl für Produktentwicklung, der Hyve Innovation GmbH und der Bosch Hausgeräte GmbH durchgeführt wurde. Hierfür wurde der Prototyp eines in der Funktion individualisierten Kaffeevollautomaten vorgestellt, welcher neben der Kaffeefunktion auch ein Eiscrusher-Modul enthält, mit welchem Eiskaffee hergestellt werden kann.

Für die Herstellung kundeninnovierter Produkte zeigte das *iwb* gemeinsam mit der Fraunhofer Projektgruppe RMV und der Festo Didactic SE einen Demonstrator, mit dem ein Kunde online das Gehäuse eines Mikrocontrollers gestalten kann – die Fertigung eines Kaffeevollautomaten wäre zu groß und komplex. Live am Messestand auf einer Drehmaschine wurde das Gehäuse gefertigt und automatisiert am Mikrocontroller montiert. Zudem wurde das Konzept einer neuartigen Produktionssteuerung, basierend auf einem bionischen Algorithmus, erlebbar vorgestellt.

Somit konnten die Standgäste alle Elemente einer Wertschöpfungskette für kundeninnovierte Produkte erleben.

Ausblick auf das Projektjahr 2016

Im kommenden Jahr werden aktuelle Ergebnisse auf der Messe Automatica in München vorgestellt. Das Projektteam lädt alle Interessierten ein, sich auf dem *iwb*-Gemeinschaftsstand live einen Einblick in die Gestaltung und Herstellung kundeninnovierter Produkte zu verschaffen.



Impressionen
des InnoCyFer-
Stands

Dank

Das Projekt „InnoCyFer“ wird im Rahmen des Technologieprogramms „AUTONOMIK für Industrie 4.0“ durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) gefördert. Das *iwb* bedankt sich bei allen Projektpartnern für die erfolgreiche Zusammenarbeit.



Autorin

**Dipl.-Wirtsch.-Ing.
Susanne Vernim**

Themengruppe Produktionsmanagement und Logistik

Institutstage 2015 in Bad Aibling

Lange Zeit schon sind die Institutstage im Jahreskalender von *iwb* und RMV verwurzelt und bieten eine Plattform zur Diskussion vergangener, aktueller und zukünftiger Entwicklungen sowie zum besseren Kennenlernen und zum gemeinsamen Feiern. 2015 lud das Team der Organisatoren die Professoren und Mitarbeiter vom 21.–22. Juli nach Bad Aibling ein.

Hier erwartete die ca. 140 Teilnehmer das Team des Kurhotels Sankt Georg. Auf der Agenda der zwei Tage standen am ersten Tag der alljährliche Geschäftsbericht der Leitungskreise, die Vorstellung der Ergebnisse des Strategieprozesses von *iwb* und RMV sowie verschiedene Möglichkeiten zur Gestaltung des Nachmittags. Der zweite Tag stand ganz im Zeichen der Forschungsfelder bzw. Gruppen, die sich auf einfallsreiche

Weise den übrigen Mitarbeitern präsentierten.

Geschäftsbericht und Strategie

Traditionell berichtet an den Institutstagen die Institutsleitung über das letzte Jahr. Insgesamt zeigte sich an beiden Standorten Garching und Augsburg ein positives Gesamtbild. Ein wichtiges Fazit war jedoch, dass die Akquisition von Fördergeldern im öffentlichen Bereich

herausfordernd bleibt. Dagegen konnte die Zahl der bilateralen Industrieprojekte an beiden Standorten gesteigert werden. Dies zeigt die Bedeutung von *iwb* und RMV als Partner der Industrie. Neben einer beachtlichen Zahl an Veranstaltungen, Veröffentlichungen und Auszeichnungen war besonders interessant, dass die Verbindung zwischen den aktiven Instituten und dem Ehemaligennetzwerk *iwb* e.V. intensiviert wird.



Die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des iwb und der Projektgruppe RMV beim Kennenlernen der anderen Themenbereiche

Der nächste Punkt der Agenda war die Vorstellung der Ergebnisse des Strategieprozesses, der von April 2014 bis Mai 2015 durch den Institutsleitungskreis und die Verantwortlichen für das Marketing durchgeführt wurde. Ein Novum ist dabei, dass für iwb und RMV getrennte Strategien erarbeitet wurden. Dies ist – bei allen Gemeinsamkeiten – den durchaus unterschiedlichen Rahmenbedingungen geschuldet, in denen sich iwb und RMV befinden. Prof. Michael Zäh stellte die überarbeitete Vision, die Leitsätze und Handlungsmaximen für das iwb vor. Anhand ei-

ner Animation wurde verdeutlicht, wie sich aktuelle Entscheidungen der Institutsleitung in die iwb-Strategie einfügen. Prof. Gunther Reinhart übernahm die Vorstellung der RMV-Strategie. Dabei wurde vor allem das Streben nach Selbstständigkeit in konkrete Ziele für das Jahr 2020 formuliert. Um diese zu erreichen bedarf es zielorientierten Handelns innerhalb der gesamten Projektgruppe. Hierfür wurden Handlungsanweisungen definiert. Nach einer Rede von Prof. Zäh zu den Themen respektvoller Umgang und Sprache als Kulturgut konnten alle Inhalte in Kleingruppen diskutiert werden.

Freizeitgestaltung und 2. Tag

Der Nachmittag des ersten Tages konnte durch die Teilnehmer ganz unterschiedlich verbracht werden. Während die einen die Firma Hamberger in Rosenheim besuchten und dort Interessantes über die Produktion von Holzböden erfuhren, erkundeten die anderen die schöne Bergwelt oder nutzten die Sportanlagen des Hotels. Am Abend fanden sich alle Teilnehmer zur gemeinsamen Abendveranstaltung auf

dem Gelände der ehemaligen Baumwollspinnerei in Kolbermoor ein. Obwohl das Ambiente einen intensiven und langen Austausch unterstützte, fanden sich dennoch alle am nächsten Morgen pünktlich zum Beginn der Forschungsfeld- bzw. Gruppenpräsentationen ein. Den ganzen Tag über konnten sich die Teilnehmer über das informieren, was derzeit Forschung an iwb und RMV bedeutet.

Zum Abschluss bedankten sich die Professoren beim Organisationsteam Peter Stich, Cedric Schultz und Edgars Locmelis. Der Institutstag 2016 findet am 27. Juli statt.



Autor

**Dipl.-Ing.
Jakob Kurfer**

Themengruppe Montage-
technik und Robotik

Vorschau auf die AUTOMATICA 2016

Im Juni 2016 wird das iwb auf der AUTOMATICA, der führenden Messe für Automatisierung und Mechatronik, aktuelle Themen aus Produktion und Forschung präsentieren.

Vom 21. bis 25. Juni findet auf der Messe München die AUTOMATICA 2016 statt. Auf 55.000 qm Ausstellungsfläche werden über 34.000 Besucher und über 700 Aussteller aus 40 Ländern erwartet. Im kommenden Jahr wird das iwb wieder mit den langjährigen Partnern RMV und Cluster Mechatronik & Automation

auf einem Gemeinschaftsstand vertreten sein.

Mit einer Fläche von 30m² wird der Demonstrator des Forschungsprojekts InnoCyFer das größte Exponat des iwb darstellen, welches die komplette Prozesskette für eine kundenindividuelle Produktion abbildet. Durch eine vereinfachte Schnittstelle wird beim Demonstrator zum Thema „Plug-and-Produce“ die Kommunikation von Cyber-Physischen Montagesystemen erleichtert. Die Anwendung der Physiks simulation in der Zuführtechnik wird anhand eines Vibrationswendelförderers mit Lego-Zuführstrecke veranschaulicht. Beim „Image Stitching“ wird eine präzise Vermessung von Werkstücken mithilfe intelligenter Bildverarbeitung bei der robotergestützten Qualitätssicherung ermöglicht.

Ein weiterer Forschungsbereich des iwb sind die Themen Energiespeicher und Elektromobilität. Hier wird unter anderem die automatisierte Montage von Lithium-Ionen-Zellen zu Batteriemodu-



© Messe München GmbH

len mithilfe eines Leichtbau-Roboters gezeigt.

Mensch und Automatisierung

Natürlich darf auch die Rolle des Menschen in der Industrie 4.0 nicht vernachlässigt werden. Anhand von intelligenten Montagearbeitsplätzen und des Werkerassistenzsystems „Schlauer Klaus“ wird die Integration des Menschen in eine vernetzte Produktion dargelegt. Dass auch im Zeitalter des 3D-Drucks noch Späne fliegen, zeigt die Werkzeugmaschine hoch innovativ (WZM¹).

Wir freuen uns, Sie im kommenden Jahr auf unserem Gemeinschaftsstand in der Halle A5 auf der AUTOMATICA 2016 begrüßen zu dürfen!



Autor

**M. Sc.
Joscha Schnell**

Themengruppe Montage-
technik und Robotik

WETTBEWERBSFÄHIGKEIT SICHERN IM TRUBEL VON INDUSTRIE 4.0 – WIE GEHT DAS?

Sind es nicht virtuelle Fabriken, produktionsbegleitende Echtzeit-Simulationen, vernetzte Produkte und Betriebsmittel, die es Unternehmen zukünftig ermöglichen, wettbewerbsfähig zu produzieren? Oder sollten besser die traditionellen produktionstechnischen Erfolgsrezepte wie das Cardboard Engineering, die Standardisierung durch Baukästen oder erfahrungsbasierte Methoden wieder in den Fokus gestellt werden?

Diskutieren Sie mit uns über dies und vieles mehr mit Experten aus Industrie und Wissenschaft zum Produktionskongress 2016 vom 29. bis 30. November 2016 im Leonardo Royal Hotel München.

Weitere Informationen: www-produktionskongress.de