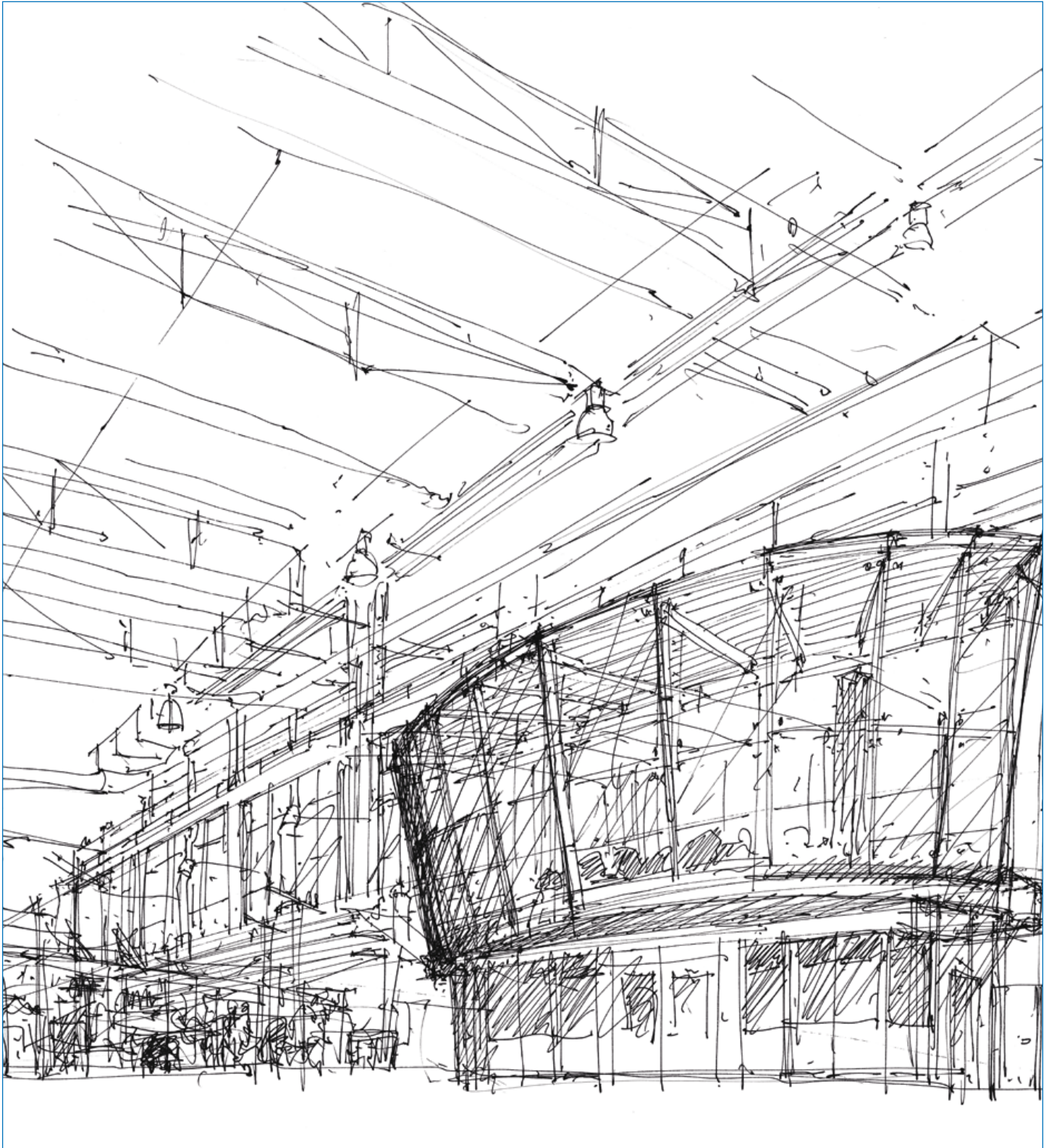


iwb Jahresbericht 1 / 2018

Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften (iwb)



Editorial



24 Jahre *iwb* Anwenderzentrum Augsburg

Bayerischer Pionier übergibt Kompetenzen an die Nachfolger TUM Garching und Fraunhofer Gesellschaft Augsburg

Liebe Leserinnen und Leser,

Sie haben richtig gelesen. Das 1994 gegründete *iwb* Anwenderzentrum Augsburg (AzA) ist nun bereit, neue Wege einzuschlagen. Als Technologietransferstelle des *iwb* unterstützte das AzA vor allem die mittelständische Wirtschaft auf dem Gebiet der Produktionstechnik. Nun gehen die Kompetenzen auf die beiden Nachfolger TUM Garching und Fraunhofer Gesellschaft Augsburg über.

Angefangen hat alles vor 24 Jahren mit einer kleinen Mannschaft von nur drei Personen. Die Geburtsstunde des AzA fand in den provisorisch genutzten Räumen, die von der Industrie und Handelskammer (IHK) Augsburg zur Verfügung gestellt wurden, statt. Unter der Leitung des ersten Geschäftsführers, Dr. Helmut Naber, wurde damals als erster Kauf überhaupt eine Stereolithografie-Anlage beschafft. Dies sollte den Grundstein der Additiven Fertigung markieren.

Die Additive Fertigung war während der letzten 25 Jahre also ein Leitpfad für die Entwicklung des AzA, und so wurden die erworbenen Kompetenzen über Jahre hinweg weiterentwickelt. Parallel entstanden natürlich noch weitere Geschäftsfelder. So fiel die Additive Fertigung unter das Geschäftsfeld Fertigungsprozesse, um die Technologieführerschaft durch innovative Fertigung zu sichern. Aber auch die Geschäftsfelder Betriebsorganisation, Montagetechnik und Digitale Fabrik zeigten auf, wie das AzA perfekte Voraussetzungen für eine intensive Zusammenarbeit von Forschung und Industrie geschaffen hat. Durch anwendernahe Forschung und Entwicklung wurde so am AzA modernstes produktionstechnisches Wissen erarbeitet und insbesondere an die mittelständische Wirtschaft Bayerns transferiert. Ab dem 1.1.2018 wird diese Forschungs- und Transferleistung vom Mitte 2016 neu gegründeten Fraunhofer IGCV quasi als Nachfolgeorganisation des AzA übernommen.

Mit dem genannten Wissen wurde vor inzwischen fünf Jahren das AMLab – ein Cluster für Kompetenzen in der Additiven Fertigung – gegründet, das binnen kurzer Zeit bereits jetzt

den Ruf einer der weltweit bekannten Forschungseinrichtungen im Bereich der Additiven Fertigung genießt.

Mit dem Bild des Prozesses der Zellteilung vor Augen hat sich das Augsburger AMLab nun verdoppelt. Mit dem Ende 2017 neu gegründeten TUM-Kompetenzcluster für Additive Fertigung in Garching und dem neuen IGCV-Multimaterial-Zentrum in Augsburg wird die in den letzten Jahren erarbeitete Kompetenz aus dem AzA im Bereich der Additiven Fertigung weiterentwickelt. Mit dem Abschluss der Förderphase für das AzA wurden nun die Themengruppe „Additive Fertigung“ sowie alle zugehörigen Versuchsstände und Fertigungsanlagen nach Garching verlagert. Mehr zum Umzug der Anlage und Labore lesen Sie ab Seite 28.

Ihr Gunther Reinhart



und Ihr Michael F. Zäh



iwb-Organisation 2017



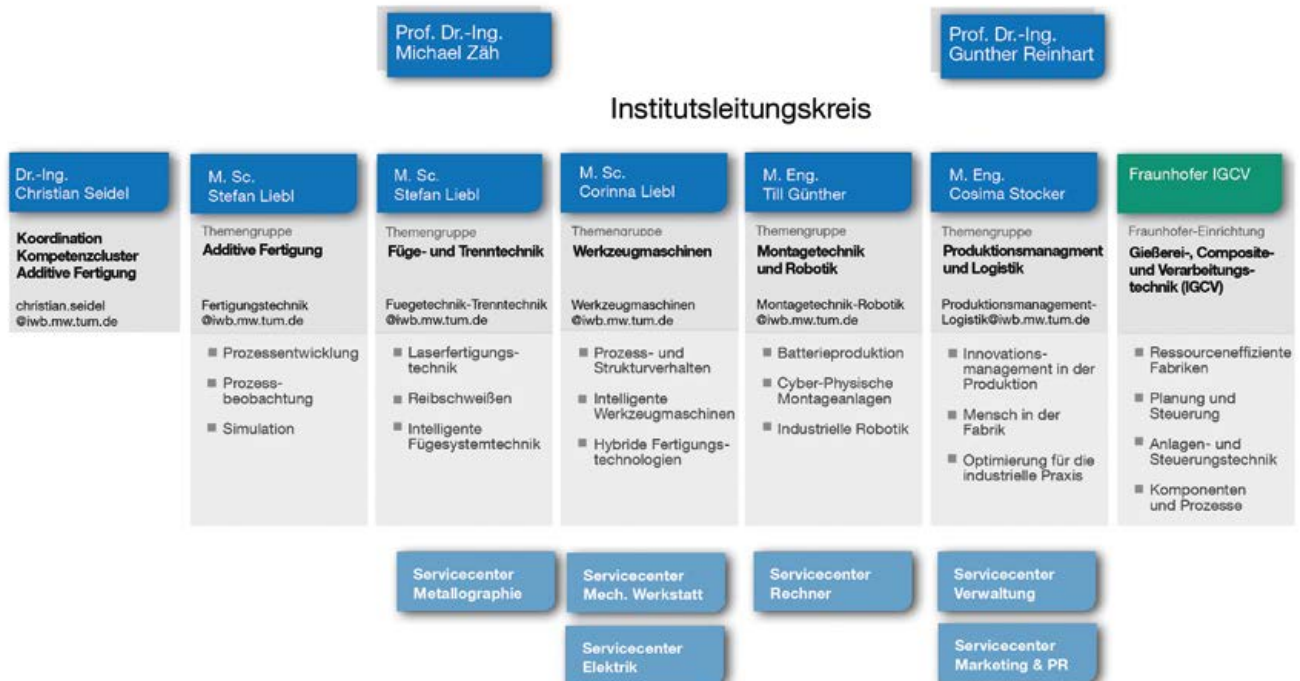
Als Teil der Technischen Universität München (TUM) ist das Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften (*iwb*) eine der großen produktionstechnischen Forschungseinrichtungen in Deutschland und umfasst zwei Lehrstühle der Fakultät für Maschinenwesen in Garching bei München sowie ein produktionstechnisches 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 darunter angelegten Forschungsfelder stellen die fachliche Vertiefung der Themengruppen auf spezielle, innovative Inhalte dar und werden dynamisch auf aktuelle Bedürfnisse und Marktbedingungen ausgerichtet.

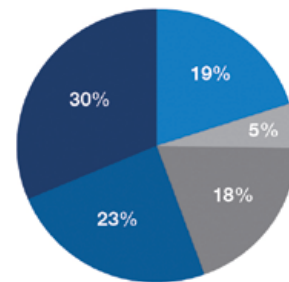
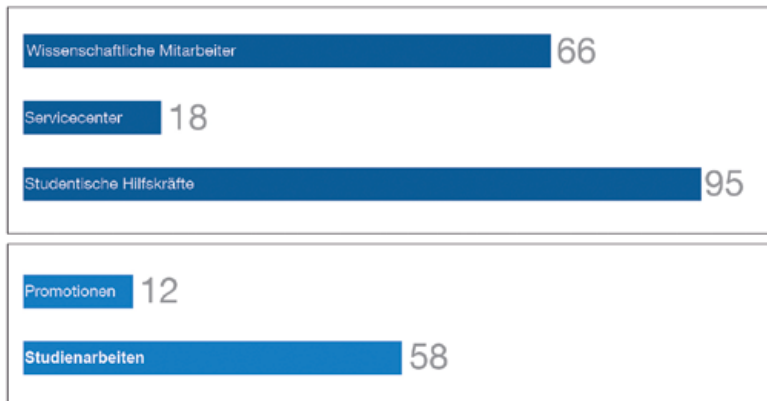
Unter der Leitung von Prof. Gunther Reinhart und Prof. Michael F. Zäh finden Forschung, Lehre und Industrietransfer in den Bereichen Additive Fertigung, Werkzeugmaschinen, Montagetechnik und Robotik, Füge- und Trenntechnik sowie auf dem Gebiet Produktionsmanagement und Logistik statt. Das *iwb* arbeitet hierbei eng mit der Fraunhofer-Einrichtung für Gießerei-, Composite- und Verarbeitungstechnik IGCV in Augsburg zusammen.

Weitere Informationen

www.iwb.mw.tum.de/institut/



iwb-Personalstruktur und Finanzen 2017

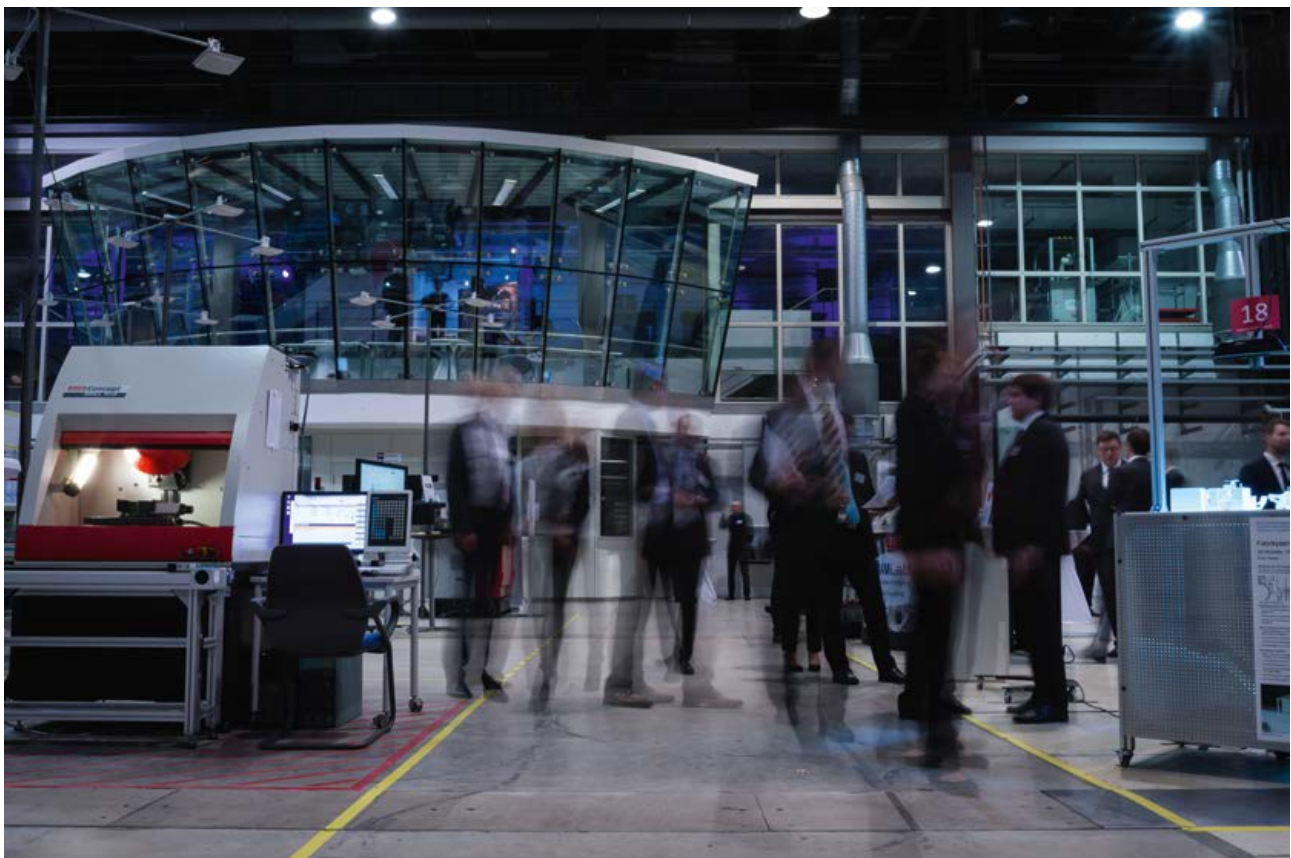


Haushaltsmittel
 ■ Technische Universität

Industriell geförderte Projekte
 ■ langfristig (> 12 Monate)
 ■ kurzfristig (≤ 12 Monate)

Öffentlich geförderte Projekte
 ■ Grundlagenforschung
 ■ Anwendungsforschung

Stand: 01/2018



Themengruppe Werkzeugmaschinen

Die Hauptaufgabe der Themengruppe ist die interdisziplinäre Entwicklung, Konstruktion und Optimierung von Werkzeugmaschinen sowie die Umsetzung einer dafür geeigneten methodischen Vorgehensweise. Ein Schwerpunkt liegt dabei in der Untersuchung und Optimierung des dynamischen Verhaltens von Maschinenstrukturen. Hierzu werden Verfahren zur Simulation und zur experimentellen Analyse des Strukturverhaltens, der Regelung und der Zerspanprozesse von Werkzeugmaschinen eingesetzt.

Des Weiteren werden Werkzeuge und Vorgehensweisen zur Entwicklung von Steuerungsoftware erarbeitet. Der Regelungsentwurf komplexer Systeme bildet eine wichtige Grundlage für die Entwicklung und Umsetzung von integrierten adaptiven Strukturen und Regelungsverfahren zur Verbesserung der dynamischen Maschineneigenschaften.

Energiebezogene Aspekte, die sich ebenfalls mit den Maschineneigenschaften in Wechselbeziehung befinden, stehen im Fokus der Untersuchungen. Insbesondere in Bezug auf den Ausbau regenerativer Energien werden Energieeffizienz sowie -flexibilität von Werkzeugmaschinen immer mehr zu Wettbewerbsfaktoren.

Prozess- und Strukturverhalten

Unausgeglichene dynamische Eigenschaften von Werkzeugmaschinen können in Wechselwirkung mit dem Bearbeitungsprozess zu ungewollten Schwingungen und schlechten Oberflächenqualitäten bis hin zur Beschädigung von Werkzeug und Maschine führen. Um den wachsenden Anforderungen an die Leistungsfähigkeit von Werkzeugmaschinen gerecht zu werden, sind Methoden zur Analyse und Optimierung des Bearbeitungsprozesses sowie des statischen, dynamischen und thermischen Verhaltens von Werkzeugmaschinen



Automatisiertes Fünf-Achs-Simultanfräsen eines topologieoptimierten, patientenindividuellen Implantats

erforderlich. Diese zu entwickeln und Verständnis für das Prozess- und Strukturverhalten zu generieren, ist das Ziel des Forschungsfeldes „Prozess- und Strukturverhalten“. Dabei wird auf leistungsstarke Mess- und Rechensysteme zurückgegriffen. Durch die Simulation von Bearbeitungsprozessen bis hin zu komplexen mechatronischen Systemen, in denen neben der mechanischen Struktur die Steuerung, die Regelung und der Prozess abgebildet werden, lassen sich Verbesserungspotenziale identifizieren, welche die Leistungsfähigkeit steigern und die Bearbeitungsgenauigkeit erhöhen.

Hybride Fertigungstechnologien

Die zunehmende Individualisierung von Produkten und der steigende Kostendruck führen zu wachsender Komplexität von Fertigungsprozessen. Oftmals müssen verschiedene Verfahren wie Fertigungs- oder Fügeprozesse zeitgleich durchgeführt werden, um sowohl spezifischen Anforderungen der Verfahren oder des Produktes gerecht zu werden als auch Hauptzeiten kostenminimierend parallelisieren zu können. Um diese Ziele zu erreichen, müssen verschiedenartige Prozesse in eine gemeinsame Anlage integriert oder aber die Kooperation verschiedener Anlagen ermöglicht werden. Unter dem Oberbegriff der hybriden

Fertigungstechnologien werden beide Ausrichtungen zusammengefasst. Dabei werden bisher ungenutzte Synergiepotenziale aus dem Zusammenspiel bewährter und innovativer Verfahren auf gemeinsamen oder individuellen Plattformen entdeckt und zur Steigerung von Produktivität und Produktqualität eingesetzt.

Intelligente Werkzeugmaschinen

Vor dem Hintergrund der Digitalisierung sollen Werkzeugmaschinen in Zukunft mittels intelligenter Algorithmen optimale Prozessparameter finden und den Ausfall von einzelnen Komponenten vorhersagen können. Ziel ist es dabei auch, Expertenwissen des Maschinenbedieners automatisch zu erfassen und für zukünftige Anwendungen nutzbar zu machen. Die Werkzeugmaschine muss hierbei als Teil der CAX-Kette verstanden werden. Betrachtet wird in diesem Forschungsfeld neben Methoden zur Erfassung und Auswertung großer Datenmengen auch die Rückführung von Erkenntnissen in die CAX-Kette zur Teilautomatisierung der Prozessparameterauswahl. Des Weiteren stehen moderne Regelungskonzepte zur Erhöhung der Prozessstabilität im Fokus.

Aktuelle Projekte

- SynErgie – Synchronisierte und energieadaptive Produktionstechnik zur flexiblen Ausrichtung von Industrieprozessen auf eine fluktuierende Energieversorgung
- HyPoGal – Hochdynamische nicht-lineare Positionsregelung von Galvanometer-Laserscannern
- PreCoM – Predictive Cognitive Maintenance Decision Support System
- Lokale Dämpfungsmodellierung zur Simulation und Optimierung des dynamischen Verhaltens von Werkzeugmaschinen

- FORobotics – Mobile, ad-hoc kooperierende Roboterteams
- Production as a Service – Assistenzsystem zur Bereitstellung von Diensten zur verteilten Produktion
- MeDiC4HyD – Methode zur Datenartauswahl im Condition Monitoring zur Steigerung der Ressourceneffizienz von Hydraulikaggregaten
- Regulus – Ressourceneffiziente Fertigung von großvolumigen Luftfahrt-Strukturkomponenten

Abgeschlossene Projekte

- Steigerung der Arbeitsgenauigkeit von Fräsrobotern
- E2D – Erhöhung der Energieeffizienz durch Dämpfung von Maschinenstrukturen
- BaZMod – Bauteilgerechte Maschinenkonfiguration in der Fertigung durch Cyber-Physische Zusatzmodule
- SPP 1480/3 – CutSim: Kopplung von analytischen und numerischen Modellen zur Simulation thermo-mechanischer Wechselwirkungen während der Fräsbearbeitung komplexer Werkstücke
- TOPOS – Entwicklung, Herstellung und Prüfung topologieoptimierter Osteosynthesen



Corinna Liebl, M. Sc.

Mitglied der Institutsleitung
Themengruppe Werkzeugmaschinen

Themengruppe Produktionsmanagement und Logistik

Die Themengruppe Produktionsmanagement und Logistik bearbeitet Projekte mit dem Ziel der Erhöhung von Effektivität und Effizienz in der Produktion. Forschungsschwerpunkte sind dabei neben der Erforschung und Gestaltung eines systemischen Änderungsmanagements in der Produktion auch die Identifizierung, Früherkennung und Bewertung von Produktionstechnologien.

Außerdem forscht die Themengruppe an der effizienten Integration von Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern in einer zunehmend digitalisierten und vernetzten Produktionsumgebung. Ein weiterer Schwerpunkt der Forschungstätigkeiten ist das Thema Optimierung für die industrielle Praxis. Dies adressiert die Beantwortung produktionsplanerischer Fragestellungen (z. B. Logistik,- Produktions- oder Netzwerkplanung)

durch den Einsatz mathematischer Optimierungsmethoden oder Data Analytics.

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 zur Schulung von Studierenden und Vertretern aus der Industrie zum Thema Lean Management eingesetzt wird und dabei auch beleuchtet, welche wichtige Rolle die „Schlanke Produktion“ in Zeiten von Industrie 4.0 und Digitalisierung einnimmt. Zudem wird ein Lernlabor des Forschungsfeldes „Mensch in der Fabrik“ zur prototypischen Implementierung von Forschungsinhalten und zur Durchführung von Probandenstudien genutzt.



Digitales Werker-Assistenzsystem © Uli Benz, TUM

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 sowie der Fabrikplanung und -analyse 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 insbesondere die Themen der kompetenzorientierten und bedarfsgerechten Arbeitssystemgestaltung sowie der flexiblen Personaleinsatzplanung adressiert.

Optimierung für die industrielle Praxis

Das Forschungsfeld „Optimierung für die industrielle Praxis“ nutzt mathematische Optimierungsmethoden sowie Data-Analytics-Ansätze zur Verbesserung der Lösungsqualität industrieller Problemstellungen im Kontext der Produktionsplanung und -organisation.

Aktuelle Projekte

- BFS – Smart Interfaces
- DFG – SFB 768 – Teilprojekt B4: Modellbasierte Prognose und Bewertung von Änderungsauswirkungen in der Produktion
- DFG – SFB 768 – Teilprojekt B5: Systemisches Änderungsmanagement zur Gestaltung von Änderungszyklen in der Produktion

- DFG – SFB 768 – Teilprojekt D1: Unterstützung der Gestaltung des Zyklusmanagements von PPS-Innovationsprozessen durch Diagnose und Auflösung von Inkonsistenzen zwischen Modellen verschiedener Domänen
- MAN.TUM – Effiziente Serienreifmachung hochvarianter Kleinserien
- MAN.TUM – Individuelle und dynamische Werkerinformation
- BMW.TUM – Intelligente Logistikplanung auf Basis von Big Data
- BMW.TUM – Effizientes Datenmanagement für den Einsatz mathematischer Optimierungsmodelle in der Produktionsstrategie
- BMWi – Mittelstand 4.0 – Transferzentrum Augsburg (Teilprojekt)
- EU – PreCoM: Condition Monitoring und prädiktive instandhaltungsintegrierte Produktionsplanung

Abgeschlossene Projekte

- MAN.TUM – Effiziente Serienreifmachung hochvarianter Kleinserien
- SFB768 – Teilprojekt T2: Zyklusorientierte Bewertung und Planung von Technologieketten und Betriebsmitteln für Montageprozesse



**Dipl.-Ing.
Christopher Lock**

Mitglied der Institutsleitung
Themengruppe Produktionsmanagement und Logistik

Themengruppe Montagetechnik und Robotik

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.

Batterieproduktion

Das Forschungsfeld „Batterieproduktion“ bündelt themengruppenübergreifend alle Forschungsaspekte in den Bereichen der

Zellproduktion und Batteriemodulmontage. Untersucht werden verschiedenste Aspekte im Herstellungsprozess, angefangen bei der Verarbeitung von neuen Materialien, über die Modellierung qualitätsrelevanter Prozesszusammenhänge bis hin zu Untersuchungen der automatisierten Montierbarkeit von Zellelementen und der Integration von neuen Technologien zur Herstellung von Festkörperbatterien. Die gewonnenen Erkenntnisse liefern einen Beitrag, um stationäre und mobile Energiespeicher leistungsfähiger zu machen und wirtschaftlicher produzieren zu können.



Cyber-Physische Montagesysteme (CPMS)

Das Forschungsfeld „Cyber-Physische Montagesysteme“ befasst sich mit der digitalen Modellierung von Produkten, Prozessen und Betriebsmitteln. Ziel ist dabei die Automatisierung von Tätigkeiten in der Planung, Einrichtung und Programmierung von Anlagen, um so die wirtschaftliche Wandlungsfähigkeit von Montagesystemen zu erhöhen. Schwerpunktmäßig betrachtet werden automatisierte Montagelinien, mobile Robotik und Zuführsysteme.

Industrielle Robotik

Im Fokus dieses Forschungsfeldes steht die Befähigung von Robotersystemen zur Erschließung neuer Anwendungsgebiete in der Montage. 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 (beispielsweise Verschleißauswirkungen auf die Genauigkeit des Roboters) auch anwendungsnahe Aspekte untersucht, wie etwa die Bahnplanung von diversen Fertigungsprozessen.

Aktuelle Projekte

- Cell-Fi – Beschleunigung der Elektrolytaufnahme durch optimierte Befüllungs- und Wettingprozesse
- CyMePro – Cyber-Physische Messtechnik zur 3-D-Digitalisierung in der vernetzten Produktion Abgeschlossene Projekte
- ExZellTUM II – Exzellenzzentrum für Batteriezellen an der Technischen Universität München
- FELIZIA – Festelektrolyte als Enabler für Lithium-Zellen in automobilen Anwendungen

- FORobotics – Mobile, ad-hoc kooperierende Roboterteams
- ProKal – Prozessmodellierung der Kalandrierung energiereicher Elektroden
- ProMoA – Produktbasierte automatische modellbasierte Anlagenentwicklung
- Spicy – Silicon and polyanionic chemistries and architectures of Li-ion cell for high energy battery
- SurfaLib – Oberflächenvorbehandlung von Batterie-Materialien



Till Günther, M. Eng.

Mitglied der Institutsleitung

Themengruppe Montagetechnik und Robotik

TERMINVORSCHAU 2018

29. Deutscher Montagekongress

München, 12. – 13. Juni 2018

Seminar „Lithium-Ion Batteries – Expertise for the Production of the Future“

Garching, 04. Juli 2018

Tag der offenen Tür

Garching, Oktober 2018

Terminänderungen sowie weitere Termine finden Sie unter

www.iwb.tum.de/veranstaltungen.



Themengruppe Füge- und Trenntechnik

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 stehen vor allem die Lasermaterialbearbeitung von Komponenten für die Elektromobilität sowie das Fügen von Aluminiumlegierungen für Leichtbauanwendungen. Immer mehr an Bedeutung gewinnt dabei der Einsatz von Simulationstools zur Prozessmodellierung.

Reibschweißen

Das Forschungsfeld Reibschweißen widmet sich der Qualifizierung der Verfahren für schwer

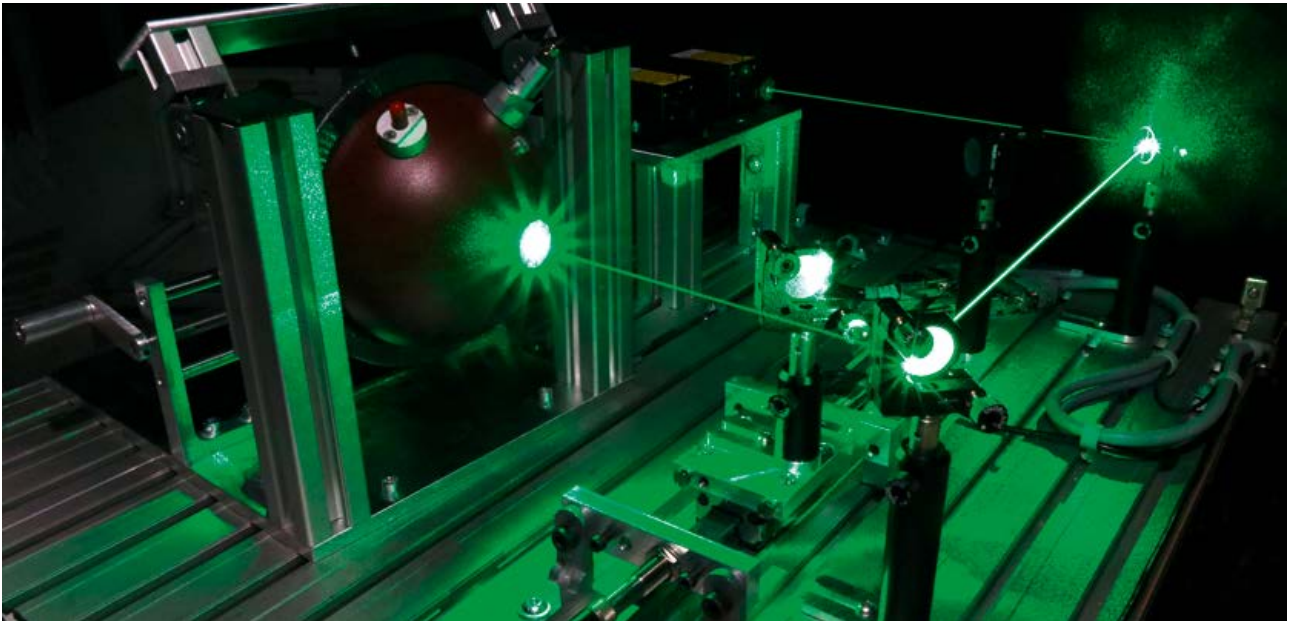
schweißbare Werkstoffe bzw. für die Kombination verschiedenartiger Werkstoffe. Beispiele für aktuelle Forschungsarbeiten sind das Rührreibschweißen von Aluminium mit Temperaturregelung, das Fügen von Mischverbindungen oder die Herstellung von Nicht-Gleichgewichts-Legierungen mittel Friction Stir Processing.

Intelligente Fügesystemtechnik

Das Forschungsfeld Intelligente Fügesystemtechnik wurde neu gegründet und beschäftigt sich mit der Nutzbarmachung von Daten aus dem Fügeprozess. Gegenstand der Untersuchungen sind dabei Digitalisierungsansätze zur Gewinnung, Verarbeitung und Auswertung von Prozessdaten. Im Vordergrund stehen dabei moderne Prozesssensoren und -regelungen, selbstlernende Auswertgorithmen sowie prädiktive Systeme zur Prozessoptimierung.

Aktuelle Projekte

- Click & Weld – Steigerung der industriellen Anwendbarkeit des Rührreibschweißens durch ein wissensbasiertes und anwenderfreundliches Bedienkonzept
- ExZellTUM II – Exzellenz-Zentrum für Batterie-Zellen an der Technischen Universität München II
- FOREL 2 – Forschungs- und Technologiezentrum für ressourceneffiziente Leichtbaustrukturen der Elektromobilität 2
- FSW-Leg – Synthese von Nicht-Gleichgewichts-Legierungen durch Rührreibschweißen
- MobaReg – Entwicklung einer prozessmomentbasierten Temperaturregelung für das Rührreibschweißen
- ProLasKu – Steigerung der Prozesseffizienz und der Schweißqualität beim



Versuchsaufbau zur Messung des Einkoppelgrades mithilfe einer Ulbrichtkugel

Laserstrahlschweißen von Kupferwerkstoffen durch innovative Systemtechnik

- PROLEI – Prozesskette für das Fügen endlosfaserverstärkter Kunststoffe mit Metallen in Leichtbaustrukturen
- ReVeBa – Rechnergestützte Verzugsminimierung beim Laserstrahlschweißen komplexer Bauteilstrukturen
- SPP 1640 (3. Förderphase) – Bindemechanismen beim Rührreibschweißen von Mischverbindungen
- SurfaLib – Oberflächenvorbehandlung von Batterie-Materialien
- RoKtoLas – Robotergeführte, scannerbasierte optische Kohärenztomografie für das Remote-Laserstrahlschweißen zur Flexibilisierung von Prozessketten im Karosseriebau
- RevisedBatt – Resonances, vibrations, shocks, external mechanical forces and detection methods for Lithium-Ion-Batteries

Abgeschlossene Projekte

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



Stefan Liebl, M. Sc.

Mitglied der Institutsleitung
Themengruppe Füge- und Trenntechnik

Themengruppe Additive Fertigung

Die Themengruppe Additive Fertigung des Instituts für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften der Technischen Universität München besteht derzeit aus fünf wissenschaftlichen Mitarbeitern. Nach dem erfolgreichen Umzug der Additivanlagen von Augsburg nach Garching startete der Betrieb der neuen Labore zeitnah zum Jahresbeginn 2018.

Die Themengruppe „Additive Fertigung“ legt ihre Schwerpunkte aktuell auf die Bereiche Prozessentwicklung, Prozessüberwachung und Simulation. Im Vordergrund der Forschungsarbeiten stehen hierbei die pulverbettbasierten

Technologien wie das Laserstrahlschmelzen (LBM), das Elektronenstrahlschmelzen (EBM) und der industrielle 3-D-Druck (3DP).

Prozessentwicklung

Im Themenfeld der Prozessentwicklung werden beispielsweise Ansätze zur Verarbeitung von Hartmetallpulvern mit dem 3-D-Druck-Prozess (3DP) erarbeitet. Um Bauteile mit einer möglichst geringen Restporosität zu erhalten, sind hier auch nachgelagerte Prozessschritte wie das heiß-isostatische Pressen erforderlich. Ziel des Vorhabens ist die additive Fertigung von Werkzeugen. Beim Elektronenstrahlschmelzen



Metall-Schutzgasschweißverfahren

(EBM) liegt der Fokus der Forschung auf der Verbesserung der Prozessstabilität. Dies kann zum Beispiel eine Reduzierung des Pulververblasens durch eine geeignete Erhöhung der Leitfähigkeit des Pulverbetts sein. Da auch die Eigenschaften des pulverförmigen Ausgangswerkstoffes einen immer wichtigeren Stellenwert einnehmen, werden Konzepte zur Herstellung individuell angepasster Pulverwerkstoffe für die additive Fertigung erforscht.

Des Weiteren wird durch einen neuen Versuchsstand die Forschung im Bereich der lichtbogenbasierten additiven Fertigung ermöglicht. Die Anlagentechnik wird in Kombination mit einem Industrieroboter zur Fertigung großräumiger Strukturen aus Titanlegierungen eingesetzt. Mit diesem Verfahren können die sonst notwendigen hohen Zerspanvolumina vermieden werden, wodurch eine wirtschaftlichere Herstellung möglich wird.

Prozessüberwachung

Im Bereich der Prozessüberwachung werden thermographische Aufnahmen des Prozesses genutzt, um aus dem Abkühlverhalten jeder Schicht Kennwerte zu ermitteln, die Rückschlüsse auf die im Prozess auftretenden Fehler – wie zum Beispiel eine unzureichende Schichtanbindung – zulassen. Darüber hinaus wird die Prozesszone mittels Hochgeschwindigkeitsaufnahmen untersucht, um den Einfluss verschiedener Faktoren auf die Prozessdynamik zu analysieren und damit einen Beitrag zur Steigerung des Verständnisses zu leisten.

Simulation

Die Arbeiten zur Simulation lassen sich unterteilen in Struktur- und Schmelzbadsimulation. Die Struktursimulation dient hierbei der Berechnung der prozessbedingt auftretenden Verformungen in additiv gefertigten Bauteilen. Neben der Entwicklung von Modellen, die eine effiziente Vorhersage prozessinhärenter Dehnungen und Spannungen ermöglichen,

wird ein robustes Vorgehen zur Maßhaltigkeitssteigerung mittels Vorderformation entwickelt. Dadurch wird die Kompensation der im Bauteil auftretenden Verformungen bereits vor der eigentlichen Fertigung möglich. Die Schmelzbadsimulation dient der Berechnung von fluiddynamischen Vorgängen in der Prozesszone beim Laserstrahlschmelzen (LBM). Damit ergeben sich beispielsweise wichtige Erkenntnisse über den Einfluss der Oberflächenspannung auf Vorgänge im Schmelzbad.



Stefan Liebl, M. Sc.

Mitglied der Institutsleitung

Themengruppe Additive Fertigung

IWB-VERÖFFENTLICHUNGEN 2017

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 2017.

Außerdem freuen wir uns, dass auch im Jahr 2017 zwei Fachbücher veröffentlicht werden konnten. Das „Handbuch Industrie 4.0“ (Hrsg. Prof. G. Reinhart) sowie das Fachbuch „Arbeitsschutz und Sicherheitstechnik“ (Hrsg. Prof. M. Einhaus, Dr. F. Lugauer, C. Häußinger) sind ab sofort über den Carl Hanser Verlag zu erhalten.

Weitere Informationen:

www.iwb.mw.tum.de/publikationen/



Promotionen 2017



Dr.-Ing. Johannes Stock

Remote-Laserstrahltrennen von kohlenstofffaserverstärktem Kunststoff
(UTZ Verlag Bd. 330)



Dr.-Ing. Peter Stich

Interaktiver simulationsgestützter Entwurf mechatronischer Verarbeitungssysteme



Dr.-Ing. Alexander Belitzki

Rechnergestützte Minimierung des Verzugs laserstrahlgeschweißter Bauteile



Dr.-Ing. Fabian Distel

Methodische Auslegung ultraschallbasierter berührungsloser Handhabungssysteme



Dr.-Ing. Jan-Fabian Meis

Produktionsseitiges Anforderungsmanagement



Dr.-Ing. Josef Huber

Verfahren zur Klassifikation von Ungängen bei der optischen Prüfung von Batterieseparatoren



Dr.-Ing. Andreas Hees

System zur Produktionsplanung für rekonfigurierbare Produktionssysteme
(UTZ Verlag Bd. 331)



Dr.-Ing. Jonas Koch

Manufacturing Change Management – a Process-Based Approach for the Management of Manufacturing Changes



Dr.-Ing. Christian Plehn

A Method for Analyzing the Impact of Changes and their Propagation in Manufacturing Systems



Dr.-Ing. Martin Schmid

Kognitive Prozesssteuerung zur Steigerung der Ressourceneffizienz in der Druckindustrie



Dr.-Ing. Jörg Pause

Bewertung der Wissensqualität von Kostenelementen für Kalkulationen am Beispiel der Automobilproduktion



Dr.-Ing. Georg Götz

Methode zur Steigerung der Formatflexibilität von Verpackungsmaschinen

Ehrungen und Auszeichnungen 2017

Auch im vergangenen Jahr erhielten wieder viele unserer Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter sowie unsere Studierende Preise und Ehrungen für besondere Arbeiten und exzellente Ergebnisse:

Giacomo Costanzi

Preisträger des DVS-Nachwuchswards 2017 im Rahmen des DVS-Studentenkongresses

Jonathan Köthe

Förderpreis des Präsidenten für Auszubildende 2017 für herausragende Leistungen während der Ausbildung

Dr.-Ing. Stefan Krug

Otto-Kienzle-Gedenkmünze durch die Wissenschaftliche Gesellschaft der Produktionstechnik (WGP)



Célestine Singer

DRIVE-E-Studienpreis 2017

iwb-Semesterarbeit „Analyse der Herstellungsverfahren oxidkeramischer Energiesysteme bezüglich ihrer Anwendbarkeit in der Produktion von Festkörperbatterien“

Cosima Stocker, M. Eng. und Dipl.-Wirtsch.-Ing. Susanne Vernim

Silberne Ehrennadel der TUM für die Betreuung von zwei Schülerinnen des TUM-Studienkollegs

IN SACHEN BRANDSCHUTZ GANZ VORNE DABEI!



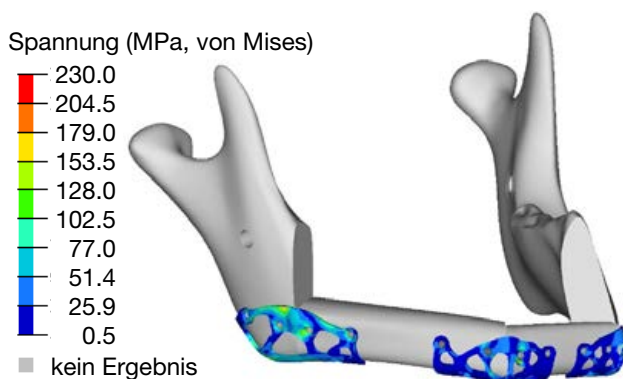
Es trafen sich Prof. Michael F. Zäh, Sandra Schreiber (Sicherheitsbeauftragte des *iwb*) und Claudius Hammann (Leiter des vorbeugenden Brandschutzes an der TUM) (v.l.n.r.)

Das *iwb* gilt für 2018 als bestes Institut in Bezug auf das Brandschutzkonzept. Unter der Sicherheitsbeauftragten Sandra Schreiber erhielt das *iwb* als erstes Institut bzw. als erster Lehrstuhl der TUM in Anerkennung der Verdienste um den Brandschutz eine Auszeichnung.

Abschluss des Forschungsprojekts TOPOS – Topologieoptimierte Osteosynthesen

Das von März 2014 bis August 2017 von der Bayerischen Forschungsförderung geförderte Projekt „TOPOS – Entwicklung, Herstellung und Prüfung topologieoptimierter Osteosynthesen“ zeigt, wie durch interdisziplinäre Forschung mittels innovativer Designmethoden und flexibler Fertigungsverfahren neuartige Implantate entwickelt werden können.

Krebserkrankungen des Unterkiefers erfordern häufig eine operative Resektion des betroffenen Gewebes. Bei der Versorgung des dadurch entstehenden Defekts am Unterkieferknochen hat sich die Transplantation von autogenem (körpereigenem) Knochenmaterial, beispielsweise der Fibula (Wadenbein), als Standard etablieren können. Um die einzelnen Knochen zu verbinden, werden aktuell Standard-Osteosyntheseplatten verwendet, welche während der Operation vom Arzt an die individuelle Form des Patienten anzupassen sind.



Finite-Elemente-Analyse eines mit topologieoptimierten, patientenindividuellen Osteosyntheseplatten versorgten Unterkiefers (Seebach et al. 2017)

Zielsetzung

Das Forschungsprojekt TOPOS hat eine Automatisierung des gesamten Entstehungs- und Herstellungsprozesses von topologieoptimierten, patientenindividuellen Osteosyntheseplatten zum Ziel. Dabei soll dem behandelnden Arzt eine Software zur Verfügung gestellt

werden, die auf der Basis von Bilddaten eines Knochendefekts die Vorausplanung der Operation ermöglicht und ein an den Patienten angepasstes Implantat erstellt.

Vorgehensweise

Zuerst wird der automatisierte Designprozess der topologieoptimierten, patientenindividuellen Osteosyntheseplatten den medizinischen Vorgaben entsprechend realisiert. Für die Herstellung der Implantate werden das Fünf-Achs-Simultanfräsen sowie die additiven Fertigungsverfahren Elektronenstrahlschmelzen (EBM) und Laserstrahlschmelzen (LBM) bewertet und hinsichtlich der Produktqualität und Wirtschaftlichkeit ausgewählt. Eine anschließende biomechanische Prüfung der Implantate unter physiologischen Belastungen erlaubt eine Evaluierung und Verbesserung des Design- und Herstellungsprozesses.

Ergebnisse

Die Ergebnisse des Forschungsprojekts zeigen, dass die Verwendung topologieoptimierter, patientenindividueller Osteosyntheseplatten, u. a. durch das verringerte Implantatvolumen bei einer gleichzeitig hohen Stabilität, wesentliche Vorteile gegenüber konventionellen Operationsverfahren bietet.

Dank

Der Bayerischen Forschungsförderung (BFS) gilt für die umfangreiche Förderung des Forschungsprojekts TOPOS ein ganz besonderer Dank.



Dipl.-Ing.
Michael Seebach

Themengruppe
Werkzeugmaschinen

Erfolgreicher Projektabschluss im Verbundvorhaben KonRAT

Das Verbundvorhaben KonRAT (Komponenten von Raketentriebwerken für Anwendungen in Transportsystemen der Luft- und Raumfahrt) wurde nach dreijähriger Projektlaufzeit erfolgreich abgeschlossen.

Durch das Vorhaben wurden die bei den Projektpartnern vorhandenen Kompetenzen auf dem Gebiet der Turbomaschinen und der laserbasierten additiven Fertigungsverfahren gebündelt und für spezielle Fragestellungen von kryogenen Raketenantrieben weiterentwickelt. Die Projektpartner sind dadurch auf eine zukünftige Übernahme von Entwicklungs- und Produktionsverantwortung für weitere

Kernkomponenten des Gesamtsystems Raketenantrieb vorbereitet.

Aluminiumpulverherstellung

Zur Überprüfung der wirtschaftlichen Herstellbarkeit von geringeren Mengen Aluminiumpulver für die additive Fertigung wurde eine Verdünsungsanlage auf Grundlage des thermischen Spritzens entwickelt und aufgebaut. In mehreren Versuchsreihen wurde der Einfluss der Prozessparameter Stromstärke, Spannung, Druck an der Pistole und Durchfluss des Gegenstroms auf die Ausbeute und die Prozessstabilität untersucht. Im Nachgang wurden Probekörper aus dem hergestellten Pulver gefertigt



Additiv gefertigte Turbopumpenvolute

und hinsichtlich der Werkstoffeigenschaften untersucht. Dabei wurde die grundsätzliche Eignung des Pulvers für die Fertigung mittels Laserstrahlschmelzen festgestellt.

Laserstrahlschmelzanlage

Im Projektzeitraum wurde über einen DFG-Großgeräteantrag eine Laserstrahlschmelzanlage EOS M400 beschafft und dafür ein vollständiges Labor mit Einhausung am Standort Taufkirchen/Ottobrunn geplant und errichtet. Mit dieser Anlage sind Bauteile mit den maximalen Abmaßen von 400 x 400 x 400 mm³ herstellbar.

Fertigung Demonstratorbauteil

Von dem Projektkonsortium wurde eine Turbopumpenvolute als Demonstratorbauteil ausgewählt. Ausgehend von einem initialen Design der ArianeGroup erfolgte eine Anpassung des Bauteils für eine Fertigung durch

pulverbettbasiertes Laserstrahlschmelzen. Das angepasste Bauteil wurde anschließend erfolgreich auf der EOS M400 gefertigt.

Dank

Wir danken dem Bayerischen Staatsministerium für Wirtschaft und Medien, Energie und Technologie sowie Munich Aerospace für die Förderung des Forschungsprojekts. Weiterhin danken wir dem Projektträger Luftfahrtforschung Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. sowie allen Projektpartnern für die gute Zusammenarbeit.



Christian Robl, M. Sc.

Themengruppe Additive Fertigung

Aktive Schwingungsdämpfung findet den Weg in den industriellen Einsatz

Im Dezember 2017 endete das vierjährige Forschungsprojekt „E²D – Erhöhung der Energieeffizienz durch Dämpfung von Maschinenstrukturen“. Die erarbeiteten Ergebnisse mündeten in ein aktives Schwingungsdämpfungssystem, das nun beim Automobilzulieferer Schaeffler in der Produktion dauerhaft im Einsatz ist.

Der Einsatz aktiver Komponenten zur Reduktion unerwünschter Schwingungen an spanenden Werkzeugmaschinen bietet enormes Potenzial zur Steigerung der Bearbeitungsgeschwindigkeit und -präzision. Trotz der hervorragenden Perspektiven, welche die aktive Schwingungsdämpfung von Werkzeugmaschinen bietet, findet eine industrielle Anwendung noch kaum

statt. Zwei wesentliche Gründe hierfür sind der hohe Aufwand der Inbetriebnahme und das Fehlen einer industriellen Erprobung des Systems. Das Projekt E²D nahm sich dieser Missstände an, mit dem Ziel, ein System zur aktiven Schwingungsdämpfung in die industrielle Anwendung zu bringen. Das Projekt gliederte sich deshalb in die drei Teile: Auswahl industrietauglicher Komponenten, automatische Konfiguration und industrielle Erprobung.

Auswahl industrietauglicher Komponenten

Zunächst galt es, industrietaugliche Komponenten für das aktive Schwingungsdämpfungssystem auszuwählen. Nach einer umfangreichen Marktanalyse und Erprobungen an einem Spinner Fünf-Achs-Fräsbearbeitungszentrum in der

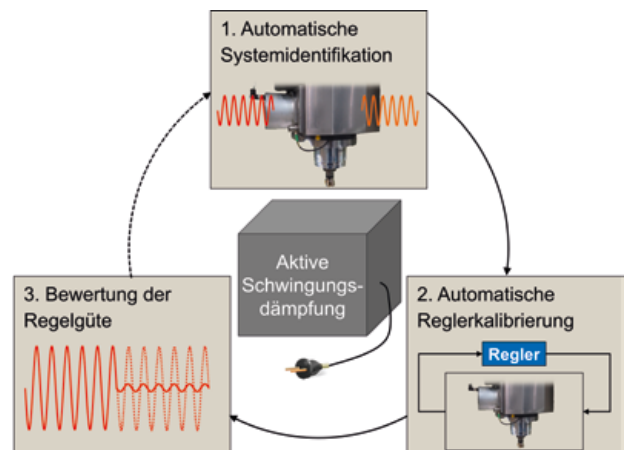
iwb-Versuchshalle fiel die Wahl auf einen kostengünstigen Industrie-Beschleunigungssensor von MMF, einen innovativen und robusten Aktor von Cedrat sowie eine leistungsstarke SPS von B&R. Für die korrekte Positionierung des Sensors und des Aktors an der Maschinenstruktur wurde eine softwaregestützte Vorgehensweise entwickelt. Darüber hinaus hilft ein Simulationstool, die für eine Maschine optimale Aktorleistung zu bestimmen.

Automatische Konfiguration

Das implementierte System konfiguriert sich komplett automatisch, erlaubt jedoch auch Benutzereingriffe, wenn diese gewünscht sind. In einem ersten Schritt wird ein definiertes Anregungssignal erzeugt, das die Maschinenstruktur über den Aktor in Schwingungen versetzt. Das aufgezeichnete Sensorsignal erlaubt dann eine Identifikation des Maschinenschwingungsverhaltens. Diese Systemidentifikation wird in einem zweiten Schritt für die automatische Reglersynthese verwendet. In Abhängigkeit vom Maschinentyp kann hierbei zwischen vier verschiedenen Regelungsstrategien gewählt werden. In einem letzten Schritt erfolgt eine Performanceanalyse, die überprüft, ob die simulierten Regelungsziele auch in der Realität erreicht werden. Hierzu wird die Maschinenstruktur mit einer gestuften Sinusanregung erneut in Schwingung versetzt, aber gleichzeitig auch die aktive Schwingungsdämpfung aktiviert.

Industrielle Erprobung

Seit März 2016 war ein prototypisches System für Langzeituntersuchungen im industriellen Umfeld bei Schaeffler an einem Drehbearbeitungszentrum im Einsatz. Dieses System wurde nun zum Projektende durch das finale industrietaugliche aktive Schwingungsdämpfungssystem ersetzt. Neben einer Untersuchung der Robustheit und Lebensdauer der Systemkomponenten wurde auch die Energie- und Ressourceneffizienzsteigerung beispielsweise durch höhere Werkzeugstandzeiten bewertet.



Die automatische Konfiguration erfolgt in drei Schritten

Dank

Für die Förderung des Forschungsprojekts E²D im Rahmen des Verbundprojekts Green Factory Bavaria geht ein besonderer Dank an das bayerische Staatsministerium für Bildung und Kultus, Wissenschaft und Kunst (StMWFK). Ein weiterer Dank gilt zudem den Projektpartnern Spinner Werkzeugmaschinenfabrik GmbH und Schaeffler Technologies AG & Co. KG.



Weitere Informationen

www.greenfactorybavaria.de



Robin Kleinwort, M. Sc.

Themengruppe Werkzeugmaschinen

Innovative Fügetechnologien: Reaktive metallische Mikropartikel als maßgeschneiderte Wärmequelle

Forderungen nach einer gesteigerten Ressourceneffizienz in der Produktionstechnik und die daraus resultierende zunehmende Realisierung von Leichtbaustrukturen durch Mischverbindungen erfordern anpassbare Fügetechnologien. Reaktive Mikropartikel aus Nickel und Aluminium stellen als maßgeschneiderte Wärmequelle für das Fügen eine vielversprechende Möglichkeit dar und werden daher in einem ganzheitlichen Forschungsansatz am *iwb* erforscht.

Reaktive Systeme, die aus mindestens zwei reaktionsfähigen Edukten bestehen, besitzen die einzigartige Eigenschaft, dass sie nach einem externen Energieeintrag in einer stark exothermen, sich selbst aufrecht erhaltenden Reaktion miteinander reagieren können. Die entstehende Reaktionswärme kann zwischen artgleichen oder -fremden Werkstoffen mit uneben oder eben geformten Oberflächen gezielt genutzt werden, um eine stoffschlüssige Fügeverbindung zu erzeugen.

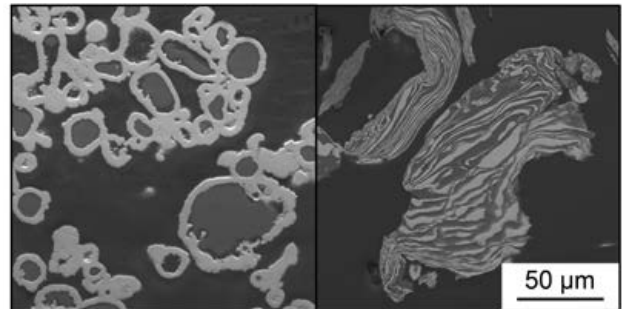
Zielsetzung des Vorhabens

Von besonderem Interesse für Fügeanwendungen sind reaktive Mikropartikel, die in jedem Partikel ein spezifisches stöchiometrisches Verhältnis von Nickel zu Aluminium vereinen und somit reaktionsfähig sind. Das Ziel des Forschungsvorhabens ist es daher, den prozesssicheren Einsatz reaktiver Mikropartikel aus Nickel und Aluminium als innovative Verbindungstechnologie zu ermöglichen.

Forschungsansatz

Da sich der intrinsische Partikelbau maßgeblich auf das Aktivierungs- und Reaktionsverhalten auswirkt, werden zunächst verschiedene Herstellungsverfahren untersucht. Partikel mit einer Kern-Hülle-Struktur entstehen durch

nasschemische Beschichtungsverfahren, wohingegen lamellare Partikel durch Mahlprozesse gewonnen werden.



Reaktive Mikropartikel aus Al (dunkel) und Ni (hell) mit einer Kern-Hülle-Struktur (links) und einem lamellaren Aufbau (rechts)

Im Anschluss wird das Aktivierungs- und Reaktionsverhalten der synthetisierten Partikel verglichen. Um eine gleichmäßige Wärmeverteilung zu erhalten und die in nur wenigen Sekunden ablaufende Reaktion beeinflussen zu können, erfolgt die Reaktionsaktivierung mittels Mikrowellenstrahlung. Zur Bestimmung der thermischen, energetischen und kinetischen Eigenschaften wird hierfür ein spezieller Versuchsstand aufgebaut.

Abschließend werden die gewonnenen Erkenntnisse auf das Fügen mit reaktiven Mikropartikeln übertragen und für das Schweißen, Löten und Kleben genutzt.

Dank

Gefördert durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) – 376550608.



Sandra Schreiber, M. Sc.

Themengruppe Füge- und Trenntechnik

Studie – Mobilität im Wandel



FOREL ist eine nationale, offene Plattform zur Entwicklung von Hightech-Leichtbausystemlösungen in Multi-Material-Design für die E-Fahrzeuge der Zukunft. Im Rahmen von FOREL2 wurde eine Studie durchgeführt, welche insbesondere den bevorstehenden Technologiewandel und -transfer, die notwendige Prognosefähigkeit sowie das übergreifende Thema der ökologischen Nachhaltigkeit beleuchtet.

Die FOREL2-Studie baut auf den im ersten Projektabschnitt identifizierten Defiziten im Strukturleichtbau für die Elektromobilität auf. Mit 226 Teilnehmern repräsentiert die webbasierte Studie einen Querschnitt der deutschen Automobilindustrie und zeigt den Status quo im Wandel zur Elektromobilität.

Wandel von Mobilitätskonzepten

Die Studienergebnisse zeigen eine signifikante Veränderung der Mobilitätskonzepte. Demnach findet ein Wandel weg von konventionellen Benzin- bzw. Dieselantrieben hin zu alternativen bzw. elektrifizierten Antrieben statt. Eine verstärkte Nutzung von Car-Sharing-Angeboten wird zudem den Anteil an Fahrzeugen in Privatbesitz verringern. Zudem wird eine sukzessive Automatisierung von Fahrzeugen prognostiziert. Diese Veränderungen implizieren neue Anforderungen an Fahrzeuge und deren Architektur. Leichtbau und ökologische Nachhaltigkeit spielen dabei eine Schlüsselrolle zur Realisierung von Reichweitezielen und umweltschonender Mobilität.

Wandel in der Produktion

Die zentralen Aspekte des beschriebenen Wandels spiegeln sich in der Produktion besonders durch eine stärkere Fokussierung auf Ressourceneffizienz, Fertigungsflexibilität und Qualitätsüberwachung wider. Die Mensch-Roboter-Interaktion wird entsprechend ansteigen und eine Reduktion der verwendeten Füge-technologien wird angestrebt. Um den Technologietransfer erfolgreich zu bewältigen, werden Methoden und Werkzeuge zum strategischen Technologiemanagement benötigt, welche insbesondere die Technologieidentifikation, -reifegradbewertung und -potenzialbewertung umfassen. In diesem Bereich besteht großer Bedarf an industriell einsetzbaren Methoden, um die Innovation in der Produktion systematisch zu unterstützen und zu beschleunigen. Bisherige Vorgehensweisen basieren meist auf einfachen Checklisten und wenig wissenschaftlichen Modellen.

Dank

Das *iwb* dankt dem Bundesministerium für Bildung und Forschung für die Förderung und dem Projektträger Karlsruhe (PTKA) für die Betreuung von FOREL und FOREL2.



Weitere Informationen

Die Gesamtversion der Studie steht zum kostenfreien Download unter www.plattform-forel.de/studie zur Verfügung.



Andreas Hofer, M. Sc.

Themengruppe
Produktionsmanagement und
Logistik

Ressourceneffiziente Fertigung von großvolumigen Luftfahrt-Strukturkomponenten

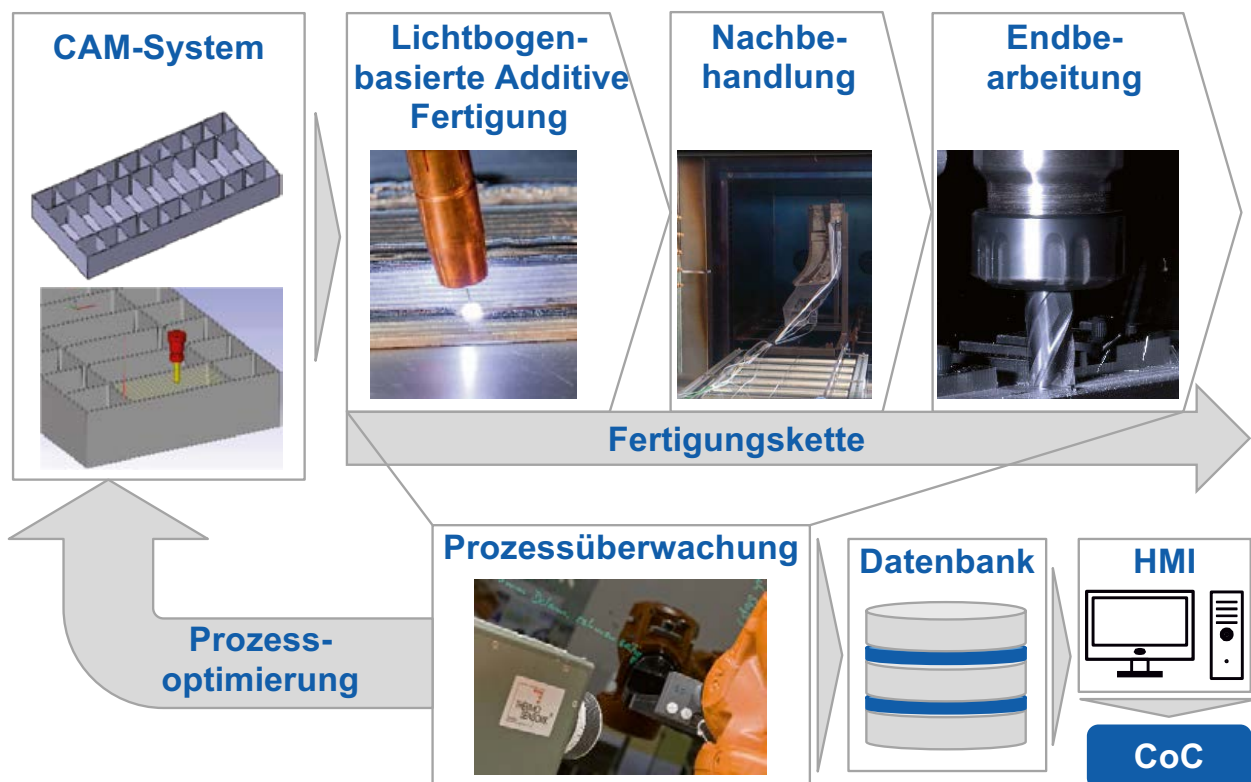
Die Luftfahrtindustrie ist als Schlüsselbranche gefordert, innovative Fertigungsprozesse einzusetzen, um die Konkurrenzfähigkeit des Produktionsstandorts Deutschland langfristig zu sichern. Im Verbundprojekt **REGULUS** des fünften Luftfahrtforschungsprogramms (LuFo V-3) entwickelt das **iwb** zusammen mit vier Projektpartnern eine **Prozesskette zur ressourceneffizienten Fertigung von großvolumigen Luftfahrt-Strukturkomponenten aus Titanlegierungen**.

Aktuell stellt der steigende Einsatz von schwer zerspanbaren Werkstoffen in der Luftfahrt (bspw. hochfeste Titanlegierungen mit einem Branchenwachstum von 15 % p. a.) eine besondere Herausforderung bei der Herstellung von großvolumigen Strukturbauteilen dar. Die bisherige Fertigung der Bauteile durch

Zerspanung aus dem Vollmaterial führt bei einem Zerspanungsgrad von über 85 % zu einer immensen Werkstoffverschwendung. Hinzu kommen hohe Werkzeugkosten aufgrund des starken Verschleißes bei der Zerspanung von hochfesten Werkstoffen.

Zielsetzung und Ansatz

Das Forschungsprojekt **REGULUS** zielt auf die Entwicklung und Umsetzung einer Prozesskette zur ressourcenschonenden Fertigung von Großstrukturen aus Titanwerkstoffen ab. Das zentrale Element des Lösungsansatzes bildet die lichtbogenbasierte additive Fertigung von Rohkonturen, um den Zerspanungsgrad zu verringern. Dadurch soll eine Reduzierung des derzeitigen Werkstoffeinsatzes um 90 % umgesetzt werden.



Schematische Darstellung der Prozesskette, die in REGULUS entwickelt werden soll

Vorgehen

Im Projekt wird eine ortsübergreifende und überbetriebliche Fertigungskette bei zwei kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) aufgebaut. Die Prozesskette besteht aus der additiven Fertigung von endkonturnahen Rohlingen, aus einem geeigneten Nachbehandlungsprozess und der spanenden Nachbearbeitung auf Endkontur. Eine digitale Vernetzung der Prozesskette ist notwendig, um den nahtlosen Übergang zwischen den einzelnen Fertigungsschritten zu gewährleisten. Zudem gilt es, eine durchgängige Inline-Prozessüberwachung mit einer revisionssicheren Bauteilrückverfolgung umzusetzen, um die Einhaltung der luftfahrtgerechten Bauteilqualität sicherzustellen.

Die Entwicklung eines speziell angepassten Systems zur rechnergestützten Fertigung (engl.: Computer Aided Manufacturing, kurz: CAM) soll für eine Effizienzsteigerung bei der Planung und Durchführung der Werkstückfertigung sorgen. Des Weiteren bietet eine Schnittstelle zwischen CAM-System und Prozessüberwachung die Möglichkeit der Prozessoptimierung unter Zuhilfenahme von Ansätzen aus dem Bereich des maschinellen Lernens.

Konsortium

Das Konsortium wird von der Aircraft Philipp Übersee GmbH & Co. KG geführt. Aus der

Industrie sind zudem die Heggemann AG und die Software Factory Gesellschaft für Unternehmensberatung und Software-Engineering mbH beteiligt. Von universitärer Seite wird das Konsortium durch das *iwb* und den Lehrstuhl für Allgemeine Werkstoffeigenschaften der FAU Erlangen-Nürnberg komplettiert.



Dank

Das Forschungsprojekt REGULUS wird vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) gefördert (Förderkennzeichen 20W1709D) und vom Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V. betreut. Hierfür sei herzlich gedankt.



Andreas Bachmann, M. Sc.

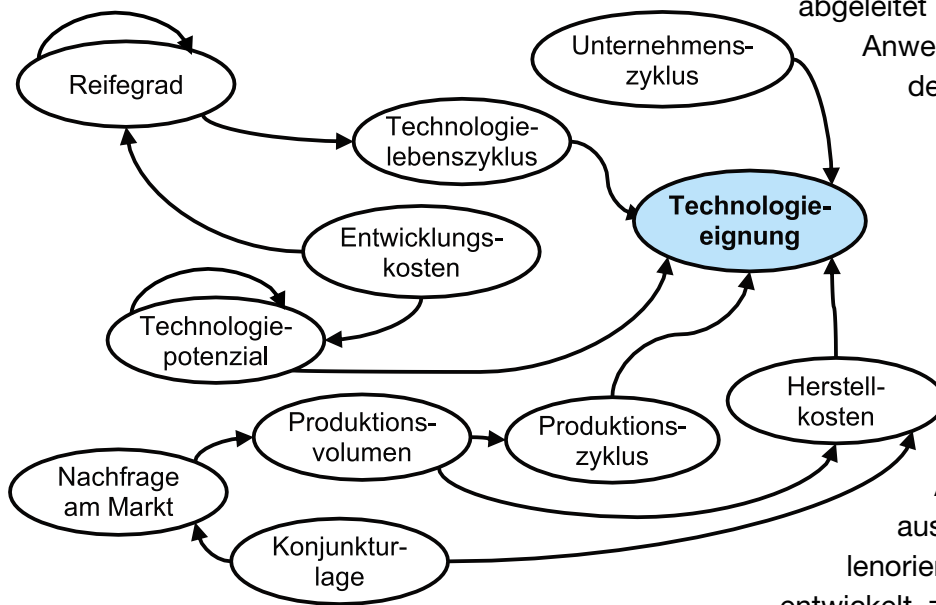
Themengruppe Füge- und Trenntechnik

Zyklusorientierte Planung und Bewertung von Produktionstechnologien und Betriebsmitteln

Im Sinne des Leitmotivs der dritten Förderperiode, dem „Gestalten“, wurden in dem Industrietransferprojekt T02 des SFB 768 die entwickelten Methoden und Modelle für ein effizientes und effektives Technologiemanagement in der Produktion bei der MAN Truck & Bus erprobt und validiert.

In den vergangenen vier Jahren wurden die im Rahmen des Sonderforschungsbereichs (SFB) 768 entwickelten wissenschaftlichen Methoden und Modelle des Technologiemanagements in der Produktion in die Praxis transferiert und dort erprobt. Der Erkenntnisgewinn diente den Forschern zur Validierung ihrer Ansätze

und zum Aufzeigen des Adaptionsbedarfs. Die Nutzfahrzeugbranche stellte hierfür ein besonders interessantes und anspruchsvolles Anwendungsgebiet dar.



Dynamisches Spannungsfeld

Herausforderungen

Die Zyklen für Modellwechsel bei einem Nutzfahrzeug sind mit teils über zehn Jahren im Vergleich zu einem PKW (rd. vier Jahre) deutlich länger und die Realisierung kundenspezifischer Anforderungen an Investitionsgüter lässt die Hersteller mit einer Vielzahl an Baumustern, Komponenten und Aggregaten aufwarten. Zudem zählt die Branche zu den sog. „konjunkturellen Frühzyklern“ und ist von der Wirtschaftsentwicklung deutlich früher betroffen als andere Branchen. Zusätzlich zu diesen Herausforderungen führen saisonal wirkende Einflüsse zu stark und kurzfristig schwankenden Nachfrage- bzw. Produktionsmengen. Alle diese Rahmenbedingungen gilt es bei der Planung und Bewertung von Produktionstechnologien adäquat zu berücksichtigen. Die Methoden des SFB 768 bieten in solch einem turbulenten Umfeld die Vorteile des antizipativen Agierens statt Reagierens.

Ergebnisse

Zunächst wurde das dynamische Marktumfeld strukturiert und relevante Einflussfaktoren sowie adäquate Zyklusmodelle (u. a. der Produkt-, Produktions- und Technologiezyklus) abgeleitet und modelliert. Konkrete Anwendungsfälle für den Einsatz der entwickelten Modelle und Methoden ergaben sich u. a. bei der Bewertung des Reifegrads, des Potenzials und der Wirtschaftlichkeit von Lasertechnologien sowie alternativer Fertigungsverfahren in der Oberflächenbearbeitung von Komponenten des Antriebsstrangs. Darüber hinaus wurde ein dynamischer (zyklenorientierter) Technologiekalender entwickelt, zur Anwendung gebracht und in ein Entscheidungsmodell für die Auswahl der optimalen Prozesskette überführt.

Erkenntnistransfer

Die im Rahmen des Transferprojekts gesammelten Erfahrungen sowie die daraus resultierende ganzheitliche Methodik werden in einem praxisorientierten Leitfaden zusammengefasst und zeitnah zur Verfügung gestellt.

Dank

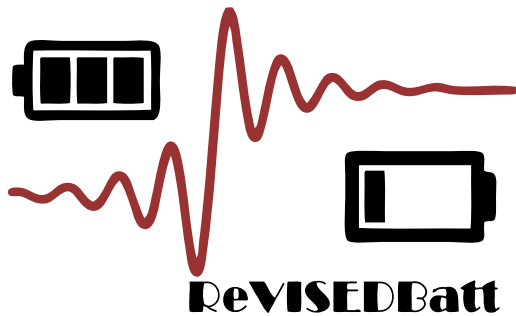
Wir danken der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) für die hervorragende Förderung und Unterstützung dieses Projekts.



**Alexander Schönmann,
M. Sc.**

Themengruppe
Produktionsmanagement und
Logistik

Resonanzen, Vibrationen, Schocks und externe mechanische Kräfte an Lithium-Ionen-Batterien



Mechanische Belastungsfaktoren wie Vibrationen, Schocks und Kräfte durch externe Zellverspannungen sind ein bis jetzt wenig betrachtetes Feld in der Batterieforschung. Aufgrund des Auftretens dieser Belastungen sowohl in Alltags- als auch in Ausnahmesituationen müssen die daraus resultierenden schädlichen Einflüsse auf die Alterung und die Sicherheit untersucht, verstanden und durch technische Maßnahmen minimiert werden. Das Ziel des Projekts ReViSEDBatt ist es, anhand realitätsnaher Szenarien fundierte Aussagen über den Einfluss von mechanischen Betriebslasten auf die Zellalterung und -sicherheit aller gängigen Zellformate der Lithium-Ionen-Technologie zu treffen.

Eine zu hohe Verspannung des Akkus kann zu zeitverzögerten Schadensfällen führen, sodass bereits in der Fertigungstechnik der Zellen mechanische Effekte beachtet werden müssen. Neben den Auswirkungen auf die Zellkomponenten durch dynamische und mechanische Einflüsse muss auch eine Schädigung der Fügeverbindungen zwischen den Zellen untersucht werden, welche im Versagensfall ebenfalls ein beträchtliches Schadenspotenzial aufweisen. Die bisher in der Wissenschaft betrachtete Kopplung elektrochemischer und thermischer Effekte bei Batterien muss somit um das Feld der mechanischen Effekte erweitert werden, welche wiederum mit den

thermischen bzw. elektrochemischen Parametern in Verbindung stehen. Dies erfordert aufgrund der Komplexität synergetische Expertisen und ein gemeinsames Arbeiten der Bereiche Chemie, Physik, Elektrotechnik und dem Maschinenbau bzw. der Produktionsforschung. Aus diesem Grund werden die interdisziplinären Kompetenzen innerhalb des Konsortiums durch die Projektpartner Fraunhofer-Institut für Silicatforschung ISC, Lehrstuhl für elektrische Energiespeichertechnik EES, *iwb*, Hochschule München, Hilti, Hoppecke, Infineon, thyssenkrupp und TÜV Süd abgebildet.

Um die Praxisrelevanz zu gewährleisten, werden alle gängigen Zellformate (Rundzellen, Pouchzellen und Hardcasezellen) untersucht. Besonders auf dem Feld der Batterieüberwachung mittels Batteriemanagementsystem sollen innovative Detektions- und Lokalisationsmethoden entwickelt werden. Im Bereich der Produktionstechnik wird der Stand der Technik im Bereich Fügeverbindungen im Hinblick auf mechanische Stabilität geprüft und sowohl Fügeparameter als auch Fertigungsstrategien optimiert bzw. neu definiert.

Dank

Dieses Forschungsprojekt wird mit Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi) im Rahmen des 6. Energieforschungsprogramms (Förderkennzeichen 03ETE004B) gefördert und vom Projektträger Jülich betreut.



Patrick Schmitz, M. Sc.

Themengruppe
Füge- und Trenntechnik

AMMove – Verlagerung der Additiven Fertigung von Augsburg nach Garching

Das *iwb* blickt auf über 20 Jahre erfolgreiche Forschung in der additiven Fertigung am Standort Augsburg zurück. Mit dem Abschluss der Förderphase für das *iwb* Anwenderzentrum Augsburg zum Jahresende 2017 wurde die Themengruppe „Additive Fertigung“ sowie alle zugehörigen Versuchsstände und Fertigungsanlagen nach Garching verlagert. Zwei den aktuellsten Sicherheitsstandards entsprechende Laborbereiche werden den Forschungsarbeiten in der Halle des *iwb* eine neue Heimat bieten.

Mit den in der Additiven Fertigung eingesetzten (teils reaktiven und/oder gesundheitsgefährdenden) Pulverwerkstoffen gehen hohe

Anforderungen an die Arbeitssicherheit einher. Daher wurden isolierte Laborbereiche mit geeigneter Lüftungstechnik geschaffen, die eine Gefährdung von Personen im Inneren und eine Kontamination der Umgebung verhindern. Die Labore sind für mehrere additive Fertigungsanlagen der Technologien Laserstrahlschmelzen (LBM), Elektronenstrahlschmelzen (EBM) und pulver-binder-basierter 3-D-Druck (3DP) ausgelegt. Zusätzlich findet die notwendige Ausstattung zur Durchführung von vor- und nachgelagerten Prozessschritten Platz.

Die Baumaßnahmen wurden im Februar 2018 abgeschlossen. Die Verlagerung der additiven Fertigungsanlagen und Versuchsstände von



Ein Blick auf die neuen Labore für Additive Fertigung in der *iwb*-Versuchshalle.

Augsburg nach Garching ist bereits erfolgt und die Wiederinbetriebnahme ist geplant.

Durch den neuen Standort werden sich auf Grund der räumlichen Nähe neue Synergien mit den bereits in Garching beheimateten Themengruppen des *iwb* sowie weiteren Lehrstühlen der TUM ergeben. Darüber hinaus soll auch die in den letzten Jahren aufgebaute enge Partnerschaft mit dem Fraunhofer IGCV in Augsburg bestehen bleiben und die sehr erfolgreiche und fruchtbare Kooperation fortgeführt werden.



Fabian Bayerlein, M. Sc.
Themengruppe Additive Fertigung



Stefan Liebl, M. Sc.
Mitglied der Institutsleitung
Themengruppe Additive Fertigung

iwb initiiert das „TUM-Maschinenwesen-Cluster für Additive Fertigung“

Die additive Fertigung bietet vielfältige Potenziale für das Maschinenwesen. Unter der Leitung des *iwb* wurde daher im September 2017 das „TUM-Maschinenwesen-Cluster für Additive Fertigung“ ins Leben gerufen. Damit ist nun eine Austauschplattform verfügbar, die es ermöglicht, Wissen und Ausstattung zu bündeln und zu teilen.

Die additive Fertigung ist in aller Munde. Nahezu täglich erscheinen Berichte zu Prozessinnovationen oder neu erschlossenen Anwendungen. Das *iwb* hat in der Erforschung additiver Fertigungsverfahren zur Verarbeitung von Metallen und Polymeren eine über 20-jährige Historie. Damit haben wir sozusagen „live miterlebt“, wie sich die Branchengröße in wenigen Jahren vervielfachte und wie sich zahlreiche Innovationen im Markt etabliert haben.

Gemeinsam mehr erreichen!

Die Vielfalt an Verfahren zur additiven Fertigung kann nicht von einem Lehrstuhl beherrscht werden. Aus diesem Grund hat das *iwb* im Herbst 2017 zu einem Seminar für WissenschaftlerInnen und TechnikerInnen geladen. Diese Plattform ermöglichte es, Erfahrungen, Ideen und

Projektergebnisse zu teilen. Die Resonanz war überwältigend. Am 22. September 2017 sind 31 Mitglieder der Fakultät am *iwb* zusammengekommen, um 15 Lehrstuhlpräsentationen zu hören und angeregt über die Zukunft der additiven Fertigung zu diskutieren. Das Interesse an diesem Format war auch beim zweiten Durchlauf des Seminars am 26. Januar 2018 ungebrochen.

Kompetenzfelder: Life Science, Luft- und Raumfahrt, Fertigungsprozesse

Die thematische Breite und Tiefe der bereits in der Fakultät vorliegenden Erfahrungen war für alle Teilnehmer faszinierend. Es konnten drei Kompetenzfelder der Fakultät für Maschinenwesen im Bereich der additiven Fertigung identifiziert werden: Life Science, Luft- und Raumfahrt sowie Fertigungsprozesse. So hat beispielsweise der Lehrstuhl für Raumfahrtstechnik eigens eine Universal-3-D-Druck-Plattform entwickelt, die drei additive Fertigungsverfahren beherrscht, um seinen Bedarf an Raketenkomponenten decken zu können. Der Lehrstuhl für Medizintechnik befasst sich mit der Herstellung und additiven Verarbeitung von „Medical grade“-Polymerwerkstoffen und



Impression vom zweiten Seminar für WissenschaftlerInnen und TechnikerInnen

hat in diesem Umfeld bereits eine Ausgründung realisiert. Am *iwb* steht die Erforschung der Fertigungsprozesse im Vordergrund. Dabei hat das *iwb* seine Kompetenzen seit 2017 noch in den Bereich der Directed-Energy-Deposition-Verfahren erweitert und erforscht nun neben den Pulverbett-basierten Verfahren auch das draht- und lichtbogenbasierte additive Fertigen, das sich besonders durch seine hohen Aufbau-raten auszeichnet.

Gute Voraussetzungen

Zukünftig soll das Cluster besonders thematisch innovative Anträge katalysieren, die durch die Zusammenarbeit von zwei oder mehr Lehrstühlen entstehen können. Es wurde zudem beschlossen, jeweils am Jahresanfang ein Industriekolloquium anzubieten, um die Arbeiten zur additiven Fertigung innerhalb der Fakultät für Maschinenwesen publik zu machen.

Das *iwb* baut mit der federführenden Teilnahme am TUM-Maschinenwesen-Cluster zur additiven Fertigung sein Netzwerk aus und schafft damit eine weitere starke Säule neben der Partnerschaft mit dem Fraunhofer IGCV.



Weitere Informationen

In Kürze erhalten Sie weitere Informationen unter www.kompetenzcluster-additiv.de



Dr.-Ing. Christian Seidel

Mitglied der Institutsleitung
Koordination Kompetenzcluster
Additive Fertigung

Innovative Materialien und Produktionstechnik für die nächste Generation Lithium-Ionen-Zellen

Der Energiespeicher ist die teuerste Komponente eines Elektrofahrzeugs, und das wird wohl auch noch Jahre so bleiben. Energiedichte, Schnellladefähigkeit und Wirtschaftlichkeit aktuell genutzter Batteriezellen müssen verbessert werden, um Reichweiten von mehr als 500 Kilometern für massenmarkttaugliche Fahrzeuge zu ermöglichen. Das Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften (*iwb*) forscht daher zusammen mit anderen Lehrstühlen der Technischen Universität München (TUM) an neuartigen Anoden- und Kathodenmaterialien sowie an einer Optimierung der Produktion der Batteriezellen, damit der Einzug der Elektromobilität beschleunigt wird.

An insgesamt vier Forschungseinrichtungen wird die komplette Prozesskette von der Material- und Elektrodenentwicklung über das Zelldesign bis zur Produktion großformatiger Zellen untersucht. Der Lehrstuhl für Technische Elektrochemie (TEC), die Forschungs-Neutronenquelle Heinz Maier-Leibnitz (FRM II), der Lehrstuhl für Elektrische Energiespeichertechnik (EES) und das Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften (*iwb*) bündeln ihre Kompetenzen in der Batterieforschung, um neue Materialien und Konzepte von den Grundlagen bis zur Anwendung zu untersuchen.

Die interdisziplinäre Vernetzung ermöglicht es beispielsweise, die Auswirkungen von Produktionsprozessen auf die Lebensdauer der Zellen zu untersuchen – und das unter industrienahen Bedingungen. So können dann wiederum Prozesse, Werkzeuge und Umgebungsbedingungen in der Produktion optimiert werden. Dazu stehen am *iwb* 100 m² Trockenraum- und 100 m² Reinraumfläche (ISO 6) mit höchsten

Qualitätsstandards für die Produktion von innovativen Lithium-Ionen-Zellen im Hardcase- und Pouchformat zur Verfügung. Dabei sollen alle Prozessschritte vom Mischen und Beschichten der Ausgangsmaterialien über die Zellmontage bis hin zum Zelltest mit einem hohen Automatisierungsgrad bei gleichzeitiger Prozess- und Formatflexibilität erforscht werden. Dies ermöglicht die individuelle Auslegung des Elektroden- und Zelldesigns für High-Power- und High-Energy-Zellen. Prozessübergreifende Analysen, Big Data und Industrie 4.0-Tools ermöglichen eine Beurteilung der Auswirkungen von Fertigungsparametern auf nachfolgende Prozesse und die Zellqualität. Ein weiterer Forschungsschwerpunkt liegt in der Substitution konventioneller Verfahren durch laserbasierte Prozesse und berührungslose Handhabungstechnik für maximale Flexibilität und minimalen Werkzeugverschleiß.



Batteriezellen hergestellt in der Produktionslinie des *iwb*

Neues Mischlabor für erweiterte Materialforschung

Auch die Untersuchung von neuen Zellchemien sowie neuen Materialkombinationen für die nachfolgenden Generationen von Batteriezellen stellen Kernaspekte der Forschung an der TUM

dar. Um dies abbilden zu können, wird am *iwb* ein Mischlabor aufgebaut. Als erster Schritt der Prozesskette innerhalb der Batterieproduktion wird die Qualität der Zelle maßgeblich durch diesen Prozessschritt mitbestimmt.

Um ein möglichst umfassendes Wissen aufbauen zu können, wird dieses Labor mit zwei verschiedenartigen Mischern ausgestattet sein, welche die Hochskalierung von NMP-basierten sowie wasserbasierten Leitpasten ermöglichen. Erweitert wird der Arbeitsplatz um umfangreiche Messtechnik zur Charakterisierung, damit beispielsweise die rheologischen Eigenschaften der Substanzen bestimmen werden können.

Verbesserte Zellchemien für die nächste Generation

Die derzeit in elektrischen Fahrzeugen eingesetzten Batteriezellen bestehen aus einer NMC-Kathode sowie einer Graphit-Anode. Diese Kombination verspricht eine hohe Energiedichte bei gleichzeitig langer Lebensdauer. Nachteilig wirkt sich allerdings die Sicherheit dieser Zellen aus. Innerhalb des EU-Forschungsprojekts SPICY wurden am *iwb* im letzten Jahr erste Prototypenzellen einer neuen weiterentwickelten Zellgeneration gebaut und getestet. Die Kathode wurde mit LFP versetzt, anodenseitig eine siliziumhaltige Graphitbeschichtung eingesetzt. Für diese besondere Materialkombination



Beschichtungsanlage zur Herstellung von Batterieelektroden (Quelle: Andreas Heddergott, TUM)

wurden innerhalb des Projekts spezielle Hochspannungs-Elektrolyte entwickelt. Die Zellen der nächsten Generation zeigen demnach verbesserte Sicherheitseigenschaften bei gleichzeitig erhöhter Energiedichte.



Der Prozess des Z-Faltens

Verarbeitung von Lithium-Metallfolien für die Batterie-Revolution

Am *iwb* werden aktuell die Weichen für die nächste Batterie-Revolution gestellt. Die Verwendung von Lithium-Metall als Anode in Kombination mit einem Festelektrolyten könnte eine weitere Steigerung der Energiedichte um bis zu 70 % im Vergleich zu aktuellen Akkus bedeuten und außerdem die Sicherheit der Batterien erheblich verbessern. Da Lithium-Metall aber ein sehr reaktives und adhäsives Material ist, stellt die Verarbeitung von ultradünnen Lithium-Folien die Produktionstechnik vor neue Herausforderungen. Auch die Herstellung und Verarbeitung von Festelektrolyten erfordert innovative Technologien. Derzeit werden am *iwb* Versuchsanlagen aufgebaut, um die Verarbeitbarkeit dieser neuen Komponenten zu untersuchen und die industrielle Herstellung von Festkörperbatterien zu ermöglichen. Somit wird schon heute der Grundstein für die elektrische Mobilität von morgen gelegt.

Unter dem Motto Lithium-Ionen Batterien – Erfahrungen für die Produktion der Zukunft veranstaltet das *iwb* am 4. Juli 2018 ein Fachseminar mit anwendungsbezogenen Vorträgen aus führender Forschung und Industrie. Schwerpunkte werden gesammelte Erfahrungen aus der Produktion aktueller Zellgenerationen, innovative Verfahren zur Verbesserung der Zelleigenschaften sowie zukünftige Zellgenerationen sein. Damit adressiert das Seminar eine Thematik, die für ein Publikum industrieller Entscheidungsträger und Experten von höchster Relevanz ist.



Jan Bernd Habedank, M. Sc.

Themengruppe Füge- und Trenntechnik



Ajinkya Metkar, M. Sc.

Themengruppe Montagetechnik und Robotik



Patrick Schmitz, M. Sc.

Themengruppe Füge- und Trenntechnik



Joscha Schnell, M. Sc.

Themengruppe Montagetechnik und Robotik

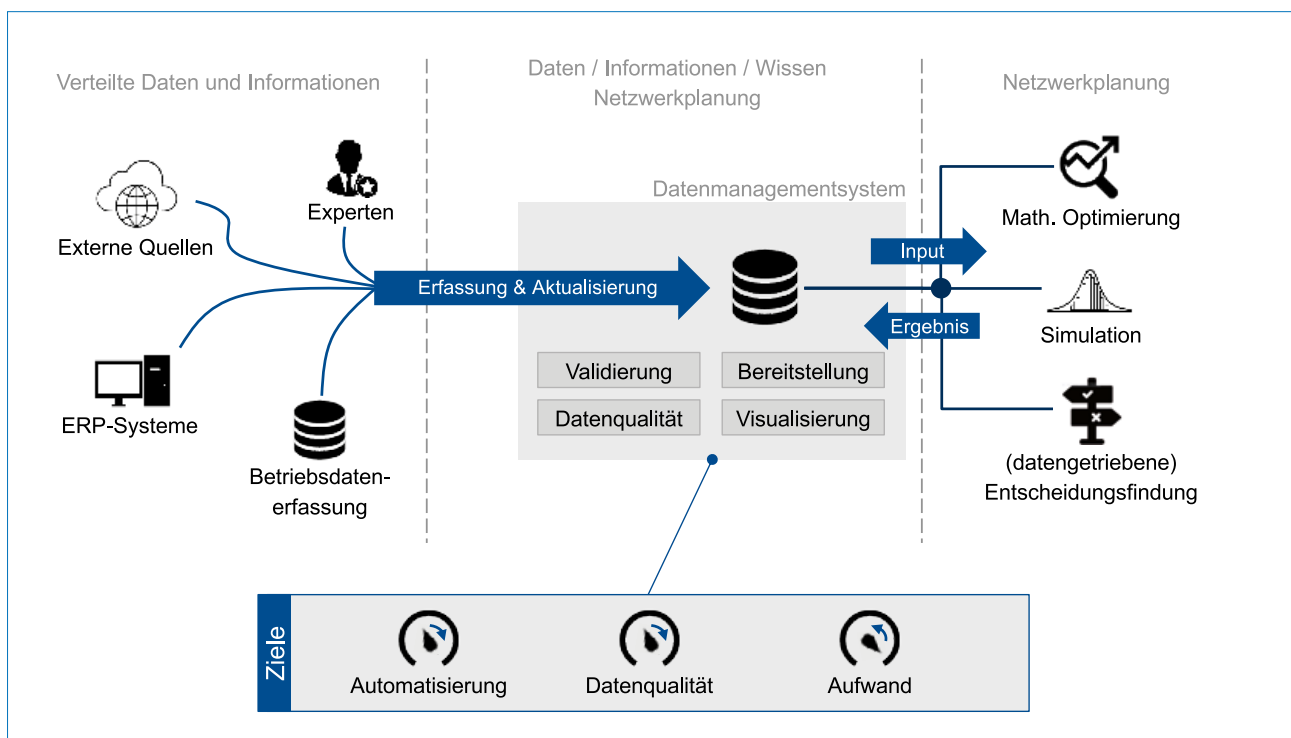
Datenmanagement für globale Produktionsnetzwerke

Globale Produktionsnetzwerke ermöglichen es produzierenden Unternehmen in einem globalen Marktumfeld erfolgreich zu sein. Für die Gestaltung und Koordination dieser Netzwerke steht eine Vielzahl an Methoden zur Verfügung. Die Herausforderung bei der Anwendung dieser Methoden in der industriellen Praxis ist die Bereitstellung aktueller und hoch qualitativer Eingangsdaten. Mit einem effizienten Datenmanagement und der Verwendung von Data Analytics soll dieser Herausforderung begegnet werden.

Produzierende Unternehmen sehen sich heute einem globalen und volatilen Markt gegenüber. Um sich auf diese Marktvorgaben einzustellen, auf regionale Kundenwünsche einzugehen und Transportkosten zu reduzieren, verlagern immer mehr Unternehmen ihre ursprünglich zentralisierte Produktion in dezentrale globale Produktionsnetzwerke. Die Ausschöpfung derer

Potenziale geht mit einer erhöhten Komplexität in der Planung und Steuerung einher.

Die Wissenschaft konnte hierfür in den letzten Jahren eine Vielzahl an Methoden entwickeln, die Unternehmen dabei unterstützen, diese Komplexität zu bewältigen. Auch das *iwb* trägt mit der Entwicklung von mathematischen Optimierungsmodellen für dieses Einsatzgebiet einen Anteil an der wissenschaftlichen Entwicklung. Alle diese Methoden erfordern zu ihrer Ausführung jedoch eine große Menge an Eingangsinformationen und -daten. Diese Daten müssen nicht nur einmalig beschafft, sondern auch regelmäßig aktualisiert werden. Zusätzlich hat die Qualität der Daten einen maßgeblichen Einfluss auf die Ergebnisse der angewandten Methoden zur Netzwerkplanung. Derzeit erfordert das Erfassen, Aktualisieren und Validieren der Daten einen hohen manuellen Aufwand und basiert überwiegend auf der mit Unsicherheit



Grafische Darstellung des Datenflusses für die Netzwerkplanung und der Projektziele.

behafteten Einschätzung von Experten. Diese Umstände stellen eine große Herausforderung für eine nachhaltige und effiziente Netzwerkplanung dar.

Zielsetzung

Ziel des Forschungsprojekts ist daher die Entwicklung eines effizienten Datenmanagements für die Planung von globalen Produktionsnetzwerken. Hierbei soll zum einen die Qualität der Daten gesichert und erhöht sowie zum anderen die manuellen Aufwände zur Beschaffung, Aktualisierung und Validierung der Daten reduziert werden.

Lösungsansatz

Im ersten Schritt Richtung eines effizienten Datenmanagements steht die Erfassung des Datenbedarfs sowie die Klassifizierung der benötigten Daten. Mit dem Wissen um den Datenbedarf können im zweiten Schritt Strategien und Methoden entwickelt werden, das Datenmanagement effizienter zu gestalten. Eine Möglichkeit hierfür ist die Nutzung von Daten aus verschiedensten IT-Systemen der Unternehmen. Daten zu aktuellen Produktionskapazitäten, Linienbefähigungen etc. können beispielsweise aus der Betriebsdatenerfassung abgeleitet werden, wobei dieser Vorgang vollautomatisiert ablaufen kann.

Zur Strukturierung und Analyse von teils unstrukturiert aufgezeichneten Vergangenheitsdaten können Methoden aus dem Bereich der Data Analytics zum Einsatz kommen. Zusätzlich kann mit Hilfe von aufgezeichneten Vergangenheitsdaten die Validierung von Expertenaussagen erleichtert werden. Beispielsweise können die Hochläufe einzelner Linien nach Umbau in der Vergangenheit betrachtet und mit den Prognosen für den nächsten Umbau abgeglichen werden. Auch Datenquellen außerhalb des Unternehmens können zur Informationsgenerierung genutzt werden. Für die Prognose

von Kostensätzen für Transport können Daten zur prognostizierten Entwicklung des Ölpreises mit berücksichtigt werden. Im abschließenden Schritt sollen alle Methoden zusammengeführt und prototypisch implementiert werden. Zusätzlich wird untersucht, inwiefern manuelle Aufwände im Datenmanagement verringert und die Datenqualität erhöht werden konnten.

Dank

Der Dank gilt der BMW AG für die Förderung dieses Projekts.



Michael Milde, M. Sc.

Themengruppe
Produktionsmanagement und
Logistik

EINSTELLUNGEN 2017

Philipp Bauer, M. Sc.
Michael Breuer
Ursula Fourier-Kamp
Verena Hammerschmidt
Roman Hartl, M. Sc.
Lisa Heuss, M. Sc.
Andras Hofer, M. Sc.
Anna Kollenda, M. Sc.
Stefan Meyer, M. Sc.
Michael Milde, M. Sc.
Christian Robl, M. Sc.
Valerie Scharmer, M. Sc.
David Schreiner, M. Sc.
Julia Schulz, M. Sc.
Christian Stadter, M. Sc.
Christoph Wunderling, M. Sc.
Simon Zhai, M. Sc.

Engineer your career – Trainee am *iwb*

„Engineer your career“ – Unter diesem Motto ist das Traineeprogramm des *iwb* bekannt. Seit drei Jahren gibt es das einzigartige Programm. Die Trainees sind seither fester Bestandteil der alltäglichen Institutsarbeit geworden und bestens am Institut integriert.

Auswahltag auf der Zugspitze

Mit einem zweitägigen Auswahlverfahren im Schneefernerhaus auf der Zugspitze beginnt der Weg der Trainees. Während dieser zwei Tage werden die Bewerber mit verschiedenen Aufgaben konfrontiert, anhand derer sie ihre Fähigkeiten unter Beweis stellen müssen. Die



Der Traineejahrgang 2017

Resonanz zu diesem Verfahren ist von Studen-
tenseite groß, da sie einerseits eine Chance
bekommen, ein intensives Bewerbungsverfah-
ren zu durchlaufen und andererseits Kontakte
zum *iwb* knüpfen können.

Das Traineeprogramm und Firmenbesuche

Der Kick-off zum Traineeprogramm ermöglicht
es den Trainees, Mentorinnen und Mentoren
sowie den älteren Trainees, sich kennenzuler-
nen und Erfahrungen auszutauschen. Er fand
im Jahr 2017 im Rahmen des Besuchs einer
Kartrennbahn mit anschließendem Abendessen
statt.

Der Besuch einer Firma mit anschließendem
Kaminabend ist fester Bestandteil des Trainee-
programms. Die diesjährige Exkursion führte zu
ID-Consult im Münchner Süden. Dort verbrach-
ten die Trainees einen Tag mit Einblicken in den
Alltag eines Consultants. Ein Kaminabend mit
den Mentorinnen und Mentoren sowie den Mit-
arbeiterinnen und Mitarbeitern der ID-Counsult
rundete den gelungenen Tag ab.

Teamprojekt 2017

Als Teambuildingmaßnahme entwickelt und
baut der Traineejahrgang 2017 eine mobile
Bar für das Institut. Die Arbeiten dazu sind in
vollem Gange, ein erstes Grundgerüst steht
bereits. Die einsatzfähige Bar wird demnächst
bei Institutsfeiern präsentiert.

Aufgaben im Traineeprogramm

Durch feste Arbeitsplätze im Büro der Mento-
rinnen und Mentoren gelingt es, die Trainees
in den Institutsalltag zu integrieren. Sie über-
nehmen Aufgaben wie die Repräsentation des
iwb bei Veranstaltungen (Tag der offenen Tür
am Campus Garching oder der expoAIR), die
Unterstützung in der Lehre und beim Erarbeiten
von Fachartikeln sowie bei Aufgabenpaketen
von Industrieprojekten. So lernen die Trainees
schon vor ihrem Start als wissenschaftliche
Mitarbeiter die Aufgaben und Abläufe des

Instituts kennen. Kombiniert mit dem Besuch
von *iwb*-Lehrveranstaltungen erhalten sie
eine optimale Vorbereitung auf das Leben als
wissenschaftliche/r Mitarbeiter/in und ihren
Forschungsbereich.

Die Trainees des Jahrgangs 2017 sind sich
einig: Durch die starke Einbindung in die The-
mengruppen und die gute Betreuung steht dem
gelungenen Start in eine Promotion nichts mehr
im Wege.



Valerie Scharmer, M. Sc.

Themengruppe Werkzeugmaschinen



Hanna Braun

Trainee

Themengruppe Produktions-
management und Logistik



Sophie Grabmann

Trainee

Themengruppe Füge- und
Trenntechnik



Christina Häußinger

Trainee

Themengruppe Werkzeugmaschinen



Corbinian Nentwich

Trainee

Themengruppe Montagetechnik und
Robotik

Allez, les bleus von der Maschine München!

12. Platz von 14 in 2016, 3. Platz von 17 und Sieger der Herzen 2017 in Braunschweig!
Wie bereitet sich die Maschine vor, um das nächste WGP-Turnier zu gewinnen?

Schritt 1: Wintertraining zum Aufwachen

Das Wetter ist schlecht, es ist kalt. Gibt es da etwas Besseres als am wöchentlichen Wintertraining der Maschine teilzunehmen, um aus dem Winterschlaf zu kommen? Nein! Deswegen trainieren die Spieler der Maschine München einmal die Woche in der Halle, um Pass- und Schussgenauigkeit auf kleinen Feldern zu üben. Durch den überaus engagierten Einsatz aller Spieler wird dieses Training für die Maschine München zum mentalen und physischen Abhärtungsprogramm (gebrochener Finger bei Günther, angebrochener Fuß bei Billot).

Schritt 2: ZHS-Spiele zur Taktikumsetzung

Der zweite Schritt wird im April am zentralen Hochschulsport-Gelände mit den ersten Spielen der Saison auf Großfeld stattfinden. Die angemessene Taktik wird erprobt. Verschiedene Aufstellungen werden je nach Spiel und verfügbaren Spielern untersucht, um den Gegner zu besiegen. Eine eng verbundene Mannschaft wird in diesem Zeitraum und während der dritten Halbzeit zusammengeschweißt.



Die Mannschaft der Maschine München in Braunschweig



Sieger der Herzen 2017

Schritt 3: Fakultäts-Turnier zur letzten Abstimmung

Das Fakultäts-Turnier betrifft alle Mannschaften der Fakultät Maschinenwesen und findet im Sommer (Juni–Juli) statt. Fußballtechnisch begabte Studenten dürfen auch an dem Turnier teilnehmen und es dient als Feinschliff zur Vorbereitung auf das wichtigste Turnier des Jahres: das WGP-Turnier in Braunschweig. 2017 wurde die Maschine als Sieger der Herzen und starker Dritter ausgezeichnet. Nächstes Jahr wird der Doppelsieg angestrebt: Sieger der Herzen und des Feldes.



Nicolas Billot, M. Eng.

Themengruppe
Montagetechnik und Robotik

„Nein, Mann, ich will noch nicht geh’n, lass mich noch’n bisschen tanzen...“

Diesen Eindruck vermittelte der jüngste Auftritt der *iwb*band auf dem Jahresabschlusskolloquium 2017: die Tanzfläche voller begeisterter Zuhörer und ein brandneues Programm, das für die meisten sogar zu kurz war.

1. Dezember 2017, Hof 3 im Maschinenwesen, Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, Ehemalige und Freunde des *iwb* versammelt. Gegen Ende des offiziellen Teils des Jahresabschlusskolloquiums 2017 kann die *iwb*band das Publikum gleich zu Beginn ihres zweiten Auftritts in der aktuellen Besetzung auf die Tanzfläche holen.

Das fast einstündige Programm mit Hits wie *Don't Stop Me Now*, *Walking on Sunshine* und *Locked out of Heaven* reißt die meisten mit, Höhepunkt des Spektakels ist der Gastauftritt von Professor Zäh, der die Menge mit *Highway to Hell* zum Kochen bringt.

Die aktuelle Besetzung besteht aus aktiven sowie ehemaligen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des *iwb*. Die Rhythmusgruppe bilden an Schlagzeug, Bass und Percussions Till Günther, Joscha Schnell und Ajinkya Metkar, die Keyboards liegen unter den Händen von Uli Teschemacher. Die richtigen Akzente setzt



Die *iwb*Band beim Jahresabschluss-Kolloquium 2017 in der Magistrale der Fakultät für Maschinenwesen

Jan-Bernd Habedank mit der Trompete. In vorderster Front stehen am Mikrofon Cosima Stocker und François Neveu, der zudem mit der Gitarre Santana, Brian May oder Malcom Young zum Gastauftritt holt.



Till Günther, M. Eng.

Schlagzeug

Um das Publikum auch weiterhin zu begeistern, sind natürlich neue Songs in Arbeit; zudem sind neue Bandmitglieder laufend erwünscht. Neue, aktive sowie ehemalige Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter sind herzlich eingeladen, sich zum Casting zu melden, auch für Gastauftritte mit der *iwb*band. Als nächste Termine sollte sich jeder schon einmal das Sommerfest und das Jahresabschlusskolloquium 2018 vormerken, wo es dann heißt: „Everybody rock your body right!“



Cosima Stocker, M. Eng.

Sängerin



Fachseminar Rührreibschweißen: Anwendungen und Trends für die Zukunft



Impression des Vortrags von Prof. Zäh

Am 22. November 2017 wurde am *iwb* das Fachseminar „Rührreibschweißen: Anwendungen und Trends für die Zukunft“ abgehalten. Referenten aus Forschung und Industrie gaben in acht Vorträgen spannende Einblicke in die neuesten Erkenntnisse auf dem Gebiet des Rührreibschweißens.

Seit der ersten Patentierung im Jahr 1991 hat das Rührreibschweißen eine bemerkenswerte Entwicklung genommen und den Weg in die Anwendung gefunden. Eine hervorzuhebende Kehrtwende stellt der Auslauf des Patents Ende 2015 dar, womit die wirtschaftliche Attraktivität des Verfahrens erheblich zugenommen hat. Infolgedessen haben sich sowohl das Interesse vonseiten der industriellen Anwender verstärkt als auch neue Anwendungsfelder entwickelt. Das Fachseminar „Rührreibschweißen: Anwendungen und Trends für die Zukunft“ zielte daher darauf ab, eine Austauschplattform für Experten aus Forschung und Industrie sowie potenziellen neuen Anwendern zu schaffen. Dieses

Ziel konnte mit 25 Teilnehmern, denen in acht Vorträgen Einblicke in innovative Anwendungen und zukunftsweisende Trends gewährt wurden, erreicht werden. Begleitet wurde die Veranstaltung von einem Anwenderworkshop, der am Vortag des Seminars stattfand. Dabei wurden interessierten und potenziellen neuen Anwendern die Verfahrensgrundlagen des Rührreibschweißens an den institutseigenen Anlagen vermittelt.

Dank

Wir bedanken uns bei den Referenten für die spannenden Beiträge und bei allen Teilnehmern für die anregenden Diskussionen.



Andreas Bachmann, M. Sc.

Themengruppe Füge- und Trenntechnik

Das *iwb* auf der expoAIR 2017 – ein Rückblick



Ein am *iwb* gefertigtes Demobauteil aus dem Bereich der lichtbogenbasierten additiven Fertigung

Vom 20. bis 22. November 2017 präsentierten Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des *iwb* aktuelle Forschungsthemen zur Luft- und Raumfahrt auf der expoAIR 2017 in München.

Wie kann die Zulieferindustrie der Luft- und Raumfahrt die speziellen Anforderungen der großen Hersteller zukunftsicher erfüllen? Um diese Frage drehte sich die neue und zum ersten Mal stattfindende Fachmesse expoAIR in München. Drei Tage lang tauschten sich mehr als 1.000 Fachbesucher aus dem In- und Ausland mit 70 Ausstellern und 45 Referenten aus, um sich über neue Trends, Fertigungstechniken und Informationstechnologien in der Luft- und Raumfahrt zu informieren.

Aktuelle Forschungsthemen aus dem *iwb*

Mit Demobauteilen aus der additiven Fertigung und dem Rührreibschweißen präsentierten die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des *iwb* einige der vielen Kompetenzbereiche für die Luft- und Raumfahrtindustrie. Einen weiteren vielversprechenden Ansatz zur Verarbeitung von großen Aluminium- und Titanstrukturen ist die lichtbogenbasierte additive Fertigung, welche auf der expoAIR großen Anklang fand.



Tanja Mayer
Marketing & PR

Ein Rückblick auf das 21. Augsburger Seminar für additive Fertigung

Am 20. Juli 2017 fand zum 21. Mal das Seminar für additive Fertigung in Augsburg statt, diesmal im renommierten Steigenberger Hotel „Drei Mohren“. Im Mittelpunkt der diesjährigen Veranstaltung stand die industrielle Anwendung der Technologie. Aufgrund der großen Resonanz aus dem Vorjahr wurde das Seminar auch dieses Jahr wieder am Vortag durch einen Einführungskurs in die Thematik und eine Abendveranstaltung ergänzt.

Die rasante Entwicklung additiver Fertigungsverfahren führt zu einer stetig wachsenden Anzahl an Einsatzmöglichkeiten. Dabei wird die Technologie zunehmend auch für die Produktion von hochwertigen Endprodukten eingesetzt. In den letzten Jahren sind additive Fertigungsverfahren daher bei vielen produzierenden Unternehmen in den Fokus gerückt. Mit zunehmender Verbreitung in der Fertigung stellen sich aber auch neue Herausforderungen für Anwender und Forschung. Dazu zählen beispielsweise kontinuierliche Prozessverbesserungen, neue Design- und Softwareansätze, die Standardisierung der Verfahren oder die Qualitätssicherung.



Keynote von Herrn Professor Zäh in der „Teehalle“

Eine Technologie zwischen Grundlagenforschung und industrieller Fertigung

Das „21. Augsburger Seminar für additive Fertigung“ stellte deshalb die industrielle Anwendung additiver Verfahren in den Mittelpunkt. Neben mehreren Vorträgen erfahrener Anwender, die bereits die additive Serienfertigung realisiert haben, wurden auch aktuelle Themenstellungen der Forschung in zwei parallelen Sessions vorgestellt und diskutiert. Zwischen den einzelnen Vorträgen einer Session bestand die Möglichkeit zum Wechsel des Vortragsraums, sodass eine individuelle Programmzusammenstellung realisiert werden konnte. Im Rahmen einer abschließenden Podiumsdiskussion wurden Fragestellungen durch Experten aus Industrie und Forschung aus unterschiedlichen Blickrichtungen beleuchtet. Die Teilnehmer des Seminars hatten dabei die Möglichkeit, sich mit Fragen zu aktuellen Themenstellungen der Technologie in die Diskussion einzubringen.

Einführungskurs und Abendveranstaltung

Wie bereits im letzten Jahr wurde für Einsteiger in die Technologie ein Einführungskurs angeboten, in dem die Grundlagen zu metallbasierten additiven Fertigungsverfahren und sich daraus ergebende Potenziale und Limitationen behandelt wurden. Dieser fand unter der Kursleitung von Herrn Dr. Schlick (Gruppenleiter Additive Fertigung, Fraunhofer IGCV) in Kooperation mit dem Cluster Mechatronik & Automation statt.



Christian Zeller, M. Sc.

iwb Anwenderzentrum Augsburg

150 Jahre culture of excellence



150 Jahre TUM – 143 Jahre *iwb*

Eine Eventreihe zur Produktionstechnik an der TUM

Seit 1868 gestaltet die Technische Universität München die Zukunft. Von König Ludwig II. gegründet sollte sie einst Industrie und Wirtschaft den „zündenden Funken der Wissenschaft bringen“. Die Produktionstechnik ist seit fast 150 Jahren ebenfalls ein wichtiger Part der Forschung.

Unter dem Motto „Produktionstechnik an der TUM“ wird im Laufe des Jahres 2018 an insgesamt fünf Terminen die Produktionstechnik von damals und heute beleuchtet. Kurz und knapp und für jeden verständlich präsentieren Expertinnen und Experten aus der Industrie in Workshops und Vorträgen jeweils ein für die Industrie relevantes Thema von allen Seiten.

Im Laufe eines Jahres die Produktionstechnik auf einen Blick

Zusammen mit Partnern aus der Industrie sowie aus Wissenschaft und Forschung erhalten Interessierte die Möglichkeit, sich zu informieren und mit Expertinnen und Experten auszutauschen. Fünf Termine und Themen begleiten Sie durch das Jahr 2018 – von den Chancen, welche die Additive Fertigung mit sich bringt, über den digitalen Zwilling in der Produktion bis zu den technologischen Innovationen in der Produktion der Zukunft.

Weitere Informationen

Im Laufe der nächsten Wochen erhalten Sie weitere Informationen unter www.iwb.mw.tum.de/veranstaltungen



Vernetzte Maschinen und digitale Arbeitsplätze – Presseworkshop zu Industrie 4.0

Industrie 4.0 wird die Kommunikation zwischen Maschinen, die Abläufe der Produktion und auch die Kooperation zwischen Unternehmen grundlegend verändern. Am 31. März 2017 informierten sich ca. 30 Journalistinnen und Journalisten in einem Presseworkshop zu den aktuellen Veränderungen und Effekten von Industrie 4.0.

Fünf Professorinnen und Professoren der TUM berichteten im Presseworkshop zum Thema Industrie 4.0 über den Stand der Entwicklungen und diskutierten mit Medienvertreterinnen und Medienvertretern, wie Industrie 4.0 die Arbeitswelt und die Gesellschaft verändern wird. Welche technologischen Voraussetzungen müssen dafür geschaffen werden? Diese und weitere Fragestellungen standen im Fokus des Presseworkshops im März 2017.

Das iw b als Experte für Industrie 4.0

Mit einem Vortrag zum „Mensch im Mittelpunkt von Industrie 4.0“ zeigte Prof. Gunther Reinhart auf, wie wichtig es ist, auch die Kommunikation zwischen dem Menschen und der Fabrik von morgen auf den Prüfstand zu stellen. Besonders wenn es darum geht, wie die Arbeitsplätze der Zukunft aussehen können oder inwieweit neue Technologien Mitarbeiter in der Fertigung unterstützen können.

Abgerundet wurde die Theorie durch einen Rundgang durch die Versuchshalle des iw b. Hier präsentierten die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler innovative



Montagearbeitsplatz mit integrierten Smart Devices
© Uli Benz, TUM

Arbeitsumgebungen, in denen der Mensch durch digitale Techniken unterstützt wird.

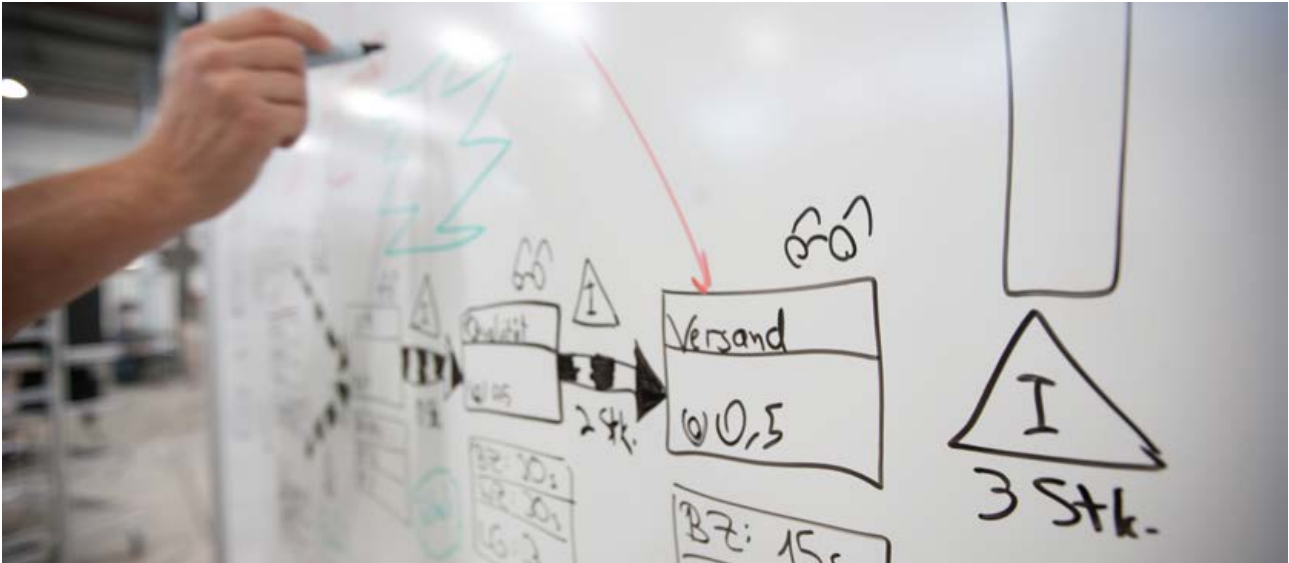


Tanja Mayer
Marketing & PR

Neue Schulungen in der LSP im Jahr 2018

Auch in diesem Jahr freuen wir uns wieder auf spannende Schulungen in der Lernfabrik für schlanke Produktion. Dabei stehen die Philosophie und Grundlagen der schlanken Produktion sowie deren Bedeutung im heutigen Produktionsumfeld im Vordergrund.

Zuletzt im Jahr 2016 angeboten, freuen wir uns darauf, 2018 wieder zur Produktionsakademie der WGP beizutragen. In der zweitägigen Schulung kann insbesondere der Praxisanteil im Gegensatz zur Eintages Schulung verstärkt werden.



Während einer Schulung in der Lernfabrik für Schlanke Produktion (LSP)

Wie im letzten Jahr wird am 21. Juni 2018 wieder unsere eintägige Lean-Schulung in Kooperation mit dem Cluster Mechatronik und Automation stattfinden. Mit zwölf Teilnehmern aus unterschiedlichen Industrien und Unternehmensbereichen konnte 2017 ein zielführender Erfahrungsaustausch über die behandelten Themenbereiche erreicht werden.

Gemeinsam mit dem Cluster Mechatronik und Automation wurde im letzten Jahr des Weiteren eine internationale Schulung im Rahmen der Summer School des Clusters durchgeführt. Interkulturelle Diskussionen mit 16 Teilnehmern aus Japan, Italien und Deutschland bereicherten den Schulungstag. Auch für dieses Jahr sind gemeinsame internationale Schulungen mit dem Cluster geplant.

Im Zuge der Digitalisierung rückt das Thema Lean wieder verstärkt in den Fokus produzierender Unternehmen. In diesem Kontext soll im Jahr 2018 gemeinsam mit der Firma Plasser & Theurer ein Innovation Lab konzipiert werden. Als Grundlage wird das dortige Team eine zweitägige Schulung in der LSP absolvieren.



Harald Bauer, M. Eng.

Themengruppe
Produktionsmanagement und
Logistik



Dipl.-Ing. Felix Jakob Brandl

Themengruppe
Produktionsmanagement und
Logistik

SEMINAR LITHIUM-ION BATTERIES – EXPERTISE FOR THE PRODUCTION OF THE FUTURE

Wir laden Sie herzlich dazu ein, an unserem Seminar „Lithium-Ionen-Batterien – Erfahrungen für die Produktion der Zukunft“ am 4. Juli 2018 in Garching bei München teilzunehmen.

Spannende Vorträge in englischer Sprache

Das Seminar umfasst sieben spannende Vorträge in englischer Sprache von Wissenschaftlern sowie Experten aus Produktion und Anwendung der Lithium-Ionen-Batterien. Die Vorträge befassen sich mit gesammelten Erfahrungen aus der Produktion, innovativen Fertigungsverfahren, den Anforderungen an zukünftige Zellgenerationen sowie möglichen Materialien und den damit zusammenhängenden Auswirkungen auf die zukünftige Produktion. Diskussionen und ein intensiver Austausch mit den Referenten und Kollegen im Anschluss an die Vorträge runden das Seminar ab.



Kosten

220,00 € (zuzüglich 80 € gastronomische Leistung*);

Frühbucher (bis 30. April 2018): 170,00 €

(zuzüglich 80 € gastronomische Leistung*)

* Gastronomische Leistung inkl. 19% MwSt.

Weitere Informationen

www.iwb.mw.tum.de/veranstaltungen/seminar-batteries-2018



RÜCKBLICK AUF SEMINARE UND KONGRESSE 2017

Schülertag zum 3-D-Druck

Garching, Februar 2017

Presseworkshop „Industrie 4.0“

Garching, März 2017

Girls' Day – Mädchen-Zukunftstag 2017

Garching, April 2017

LASER World of Photonics 2017

München, Juni 2017

LOIFT 2017

Garching, Juni 2017

RFID-Netzwerkabend

Garching, Juli 2017

EMO Hannover 2017

Hannover, September 2017

SFB-Industriekolloquium: 4. Forum für Industrie und Wissenschaft 2017

Garching, Oktober 2017

Tag der offenen Tür 2017

Garching, Oktober 2017

FSW-Seminar

Garching, November 2017

... sowie viele Schülergruppen, nationale und internationale Besuchergruppen, welche das *iwb* im Jahr 2017 besucht haben.

Impressum

Der *iwb* newsletter erscheint vierteljährlich und wird herausgegeben vom

**Institut für Werkzeugmaschinen
und Betriebswissenschaften (*iwb*)**

Fakultät für Maschinenwesen

Technische Universität München

Boltzmannstraße 15

85748 Garching bei München

www.iwb.mw.tum.de

ISSN 1434-324X (Druck-Ausgabe)

ISSN 1614-3442 (Online-Ausgabe)

Redaktion:

Tanja Mayer, Fkfr. Marketing

Herstellung:

dm druckmedien gmbh

Paul-Heyse-Straße 28, 80336 München

Verlag:

Herbert UTZ Verlag GmbH

Adalbertstraße 57, 80799 München

Natürlich gedruckt auf chlorfrei
gebleichtem Umweltpapier.

Weitere Informationen erhalten Sie unter:

www.iwb.mw.tum.de