

iwb newsletter 2/2016

Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften (*iwb*)



Editorial



Liebe Leserinnen, lieber Leser,

die Arbeitssicherheit ist dem *iwb* seit Jahrzehnten ein wichtiges Anliegen. Schon im Jahre 1993 rief das *iwb* eine Wahlfach-Vorlesung ins Leben, die mit dem Titel „Arbeitsschutz und Betriebssicherheit“ überschrieben ist. Die TUM vergab einen Lehrauftrag an Herrn Dipl.-Ing. Siegfried Petz, der schon damals auf eine fast drei Jahrzehnte währende Tätigkeit in der Gewerbeaufsicht zurückblicken konnte. Im Jahre 2004 wurde sein großes Engagement im Dienste der TUM und der Arbeitssicherheit durch die Verleihung der Würde eines Honorarprofessors belohnt. Mit seinem Übertritt in den Ruhestand war die Vorlesung mit einem neuen Dozenten zu besetzen, und wir haben uns sehr gefreut, Herrn Dr.-Ing. Marco Einhaus, damals Süddeutsche Metall-Berufsgenossenschaft, heute Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft und DGUV, für diese Aufgabe gewinnen zu können. Die Vorlesung stößt auf reges Interesse von Seiten der Studierenden und erfreut sich unverändert hoher Beliebtheit.

Aber nicht nur in der Lehre ist uns die Sicherheit ein Anliegen. Auch in der Forschung haben wir dort, wo sich Anknüpfungspunkte an unsere Inhalte und Kompetenzen ergeben, das Thema aufgegriffen. Seit Mitte der 1980er Jahre beforschen wir den Laser als Werkzeug sowie seine Anwendungen, und so war es nur konsequent, dass wir uns frühzeitig mit der

Sicherheit von laserbasierten Fertigungseinrichtungen zu befassen begannen. Wir freuen uns sehr, dass mit PaLaSi nun ein wichtiges Forschungsvorhaben erfolgreich abgeschlossen werden konnte. Es ging um die passive Sicherheit für Hochleistungslaser, die durch extrem gesteigerte Leistungsdichten und Fokusabstände den Arbeitsschutz vor neue Herausforderungen stellen. Was unsere eigenen Anlagen betrifft, war es uns immer wichtig, bei deren sicherheitstechnischer Gestaltung stets mit positivem Beispiel voranzugehen, denn allzu oft ist uns bei Industriebesuchen aufgefallen, dass das Thema mancherorts nicht ausreichend Aufmerksamkeit erfährt.

Es sind aber nicht nur die Versuchsstände mit Laseranwendungen, die wir diesbezüglich mit größter Sorgfalt gestalten, sondern unsere kompletten Versuchs- und Werkstatteinrichtungen in Garching und Augsburg. Das Tragen von Sicherheitsschuhen an den Versuchsständen ist für uns ebenso selbstverständlich geworden wie die Schutzbrille und die ordnungsgemäße Sicherheitsunterweisung, bevor man überhaupt an einer Maschine zu arbeiten beginnen darf. Unterstützt wird dies durch ein internes Projekt mit der Bezeichnung HOS für Hallenordnung und Sicherheit, denn beides sind Grundvoraussetzungen für einen wirksamen Arbeitsschutz. So wollen wir unserer Überzeugung gerecht werden, dass jeder Arbeitsunfall vermeidbar und damit einer zu viel ist.

Freuen Sie sich nun auf einen wieder einmal reichhaltig gestalteten Newsletter mit vielen Projektbeispielen, darunter auch PaLaSi auf Seite 3.

Ihr Michael Zäh und

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Michael F. Zäh'.

Ihr Gunther Reinhart

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'G. Reinhart'.

PaLaSi – Passive Lasersicherheit im Fokus der Forschung

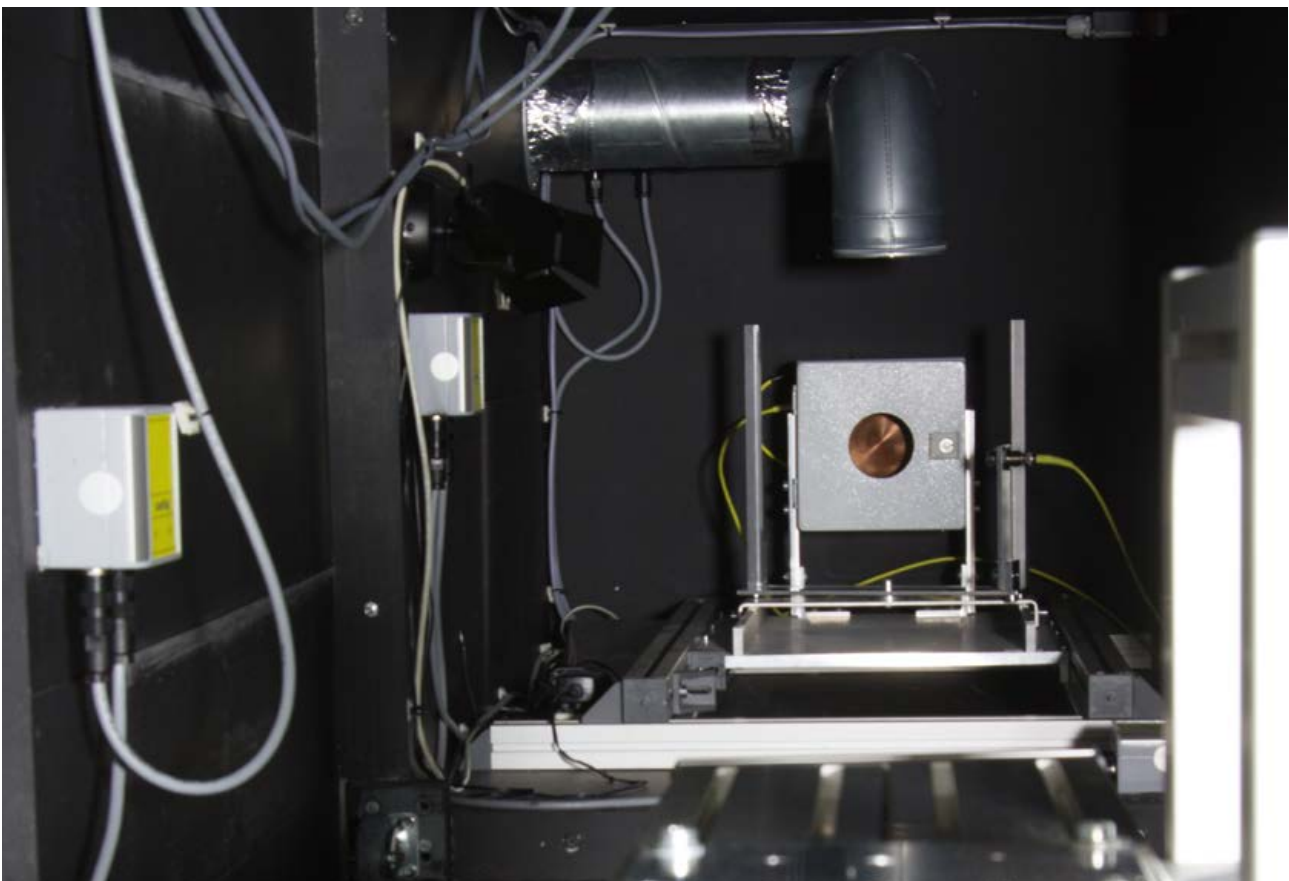
Durch die steigende Verbreitung von Laser-Materialbearbeitungsanlagen, das kontinuierliche Erschließen neuer Anwendungsfelder der Lasertechnologie sowie die rasche Entwicklung von Strahlquellen und Systemkomponenten rückt die Sicherheit in diesem Bereich in den Fokus der Forschung. Im Forschungsvorhaben „PaLaSi – Passive Lasersicherheit für Hochleistungslaser im industriellen Einsatz“ forschten die Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen des *iwb* daher über einen Zeitraum von drei Jahren im Bereich der Sicherheit von Laserschutzwänden.

Das gestiegene Gefährdungspotenzial, welches von Laseranlagen aufgrund neuer Qualitätsmerkmale wie langer Brennweite und schneller Strahlpositionierung ausgeht, verlangt eine

intensive Beschäftigung mit den Eigenschaften von Schutzwänden. Während passive Barrieren bei konventionellen Anlagen durch Überdimensionierung ausreichenden Schutz boten, ist dies bei modernen Anlagen unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten oftmals nicht mehr möglich. Insbesondere die mangelnden Kenntnisse über das Verhalten von Werkstoffen unter Beaufschlagung mit unterschiedlichen Strahlungsintensitäten und über die statistische Verteilung der Standzeiten verschiedener Materialien führen zu Iterationen und damit zu erhöhtem finanziellen und zeitlichen Aufwand bei der Auslegung von Umhausungen.

Zielsetzung

Ziel des Forschungsvorhabens war es deshalb, Richtlinien zur Auslegung passiver



Blick in das Innere des mobilen Prüfstands

Laserschutzkabinen zu erstellen und eine Methode zu entwickeln, welche eine effiziente, wirtschaftliche und sichere Auslegung passiver Schutzwände auf Basis experimenteller Daten erlaubt.

Vorgehen

Zur Erreichung des Ziels wurden zunächst die rechtlichen Rahmenbedingungen der Lasersicherheit in Form von Rechtsquellen und Patenten recherchiert. Des Weiteren wurden die technischen Grundlagen, wie z. B. häufig eingesetzte Strahlquellen, auf Basis statistischer Daten über den internationalen Lasermarkt ermittelt. In der Folge konnte mit Hilfe der daraus gewonnenen Erkenntnisse eine Spezifikation für einen mobilen Prüfstand für Laserschutzwände erstellt werden, welcher im darauf folgenden Schritt konstruiert, gefertigt und montiert wurde. Mit diesem Prüfstand wurden auf Basis von Versuchsplänen umfangreiche Untersuchungen, hauptsächlich an den Werkstoffen Stahl und Aluminium, aber auch an nicht-metallischen Materialien, durchgeführt. Die Ergebnisse dieser Standzeituntersuchungen sind elementarer Bestandteil der anschließend entwickelten Methode zur Auslegung passiver Laserschutzwände.

Ergebnis

Das Ergebnis des Forschungsvorhabens ist ein Ablaufschema, welches der Nutzer entscheidungsbasiert abarbeiten kann, um mit Hilfe der aus den Experimenten resultierenden Standzeitkurven die passende Schutzwandlösung zu ermitteln.

Ausblick

Die entwickelte Methode ist in der vorliegenden Form direkt anwendbar und ermöglicht eine effizientere Dimensionierung von Laserschutzkabinen als das zuvor verbreitete Vorgehen „Versuch und Irrtum“. Durch eine Erweiterung der Datenbasis im Hinblick auf einen größeren Versuchsraum oder auf neue Materialien und durch eine Betrachtung innovativer Systeme,

wie aktiver Schutzfenster oder sicherer Robotersteuerungen, kann die Methode erweitert und so flexibler anwendbar gemacht werden.

Danksagung

Das IGF-Vorhaben 17349 N der Forschungsvereinigung DVS-Deutscher Verband für Schweißen und verwandte Verfahren e.V. wurde über die Allianz industrielle Forschung (AiF) im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert. Für diese Förderung sei an dieser Stelle herzlich gedankt.



**Dipl.-Ing. (FH)
Florian Lugauer, M. Sc.**

Themengruppe Füge- und
Trenntechnik

NEUE MITARBEITER

Garching

Dr. rer. nat. Thomas Bauer

Dipl.-Ing. Felix Jakob Brandl

Dipl.-Ing. Alejandro Erick Magaña Flores

M. Eng. Lukas Richter

M. Sc. Thomas Semm

Michael Wildgruber

Augsburg

keine

AUSGESCHIEDENE MITARBEITER

Garching

Dipl.-Wirt.-Ing. Michael Niehues

Dipl.-Ing. Benedikt Sager

Dipl.-Ing. Franz Spingler

Dipl.-Ing. Sahin Sünger

Dipl.-Ing. Franz Wirth

Augsburg

Keine

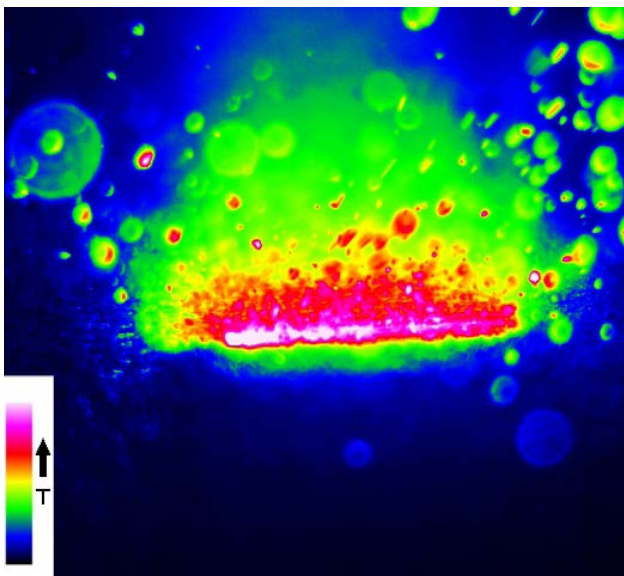
Qualitätssicherung braucht Kommunikation

Die additiven Fertigungsprozesse drängen aus der Prototypenfertigung in den Bereich der Serienproduktion. Der Qualitätssicherung (QS) kommt dabei eine Schlüsselrolle zu. Nur mit Hilfe einer effizienten Kommunikation zwischen QS- und Fertigungssystem wird es möglich, das volle Potenzial der additiven Technologien zu nutzen.

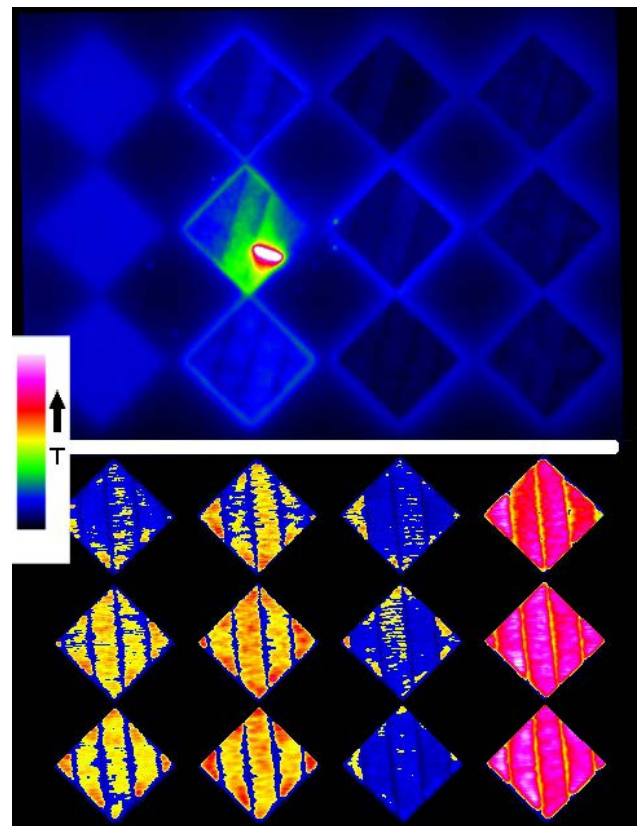
Additive Fertigungsverfahren bieten herausragende Vorteile bei der Produktion komplexer Bauteile. Eines der großen Hemmnisse ist dabei allerdings die Qualitätssicherung der Bauteile, also die Absicherung der geforderten Eigenschaften. Besonders wichtig ist daher die Prozessbefähigung für das Laserstrahlschmelzen (LBM), welches in den Markt der Produktionstechnologien drängt.

Thermographie

Eine vielversprechende Überwachungstechnologie ist die thermographische Beobachtung des Prozesses. Die Abbildung unten zeigt das Bild einer zeitlich und räumlich hochauflösenden Thermographiekamera. Ohne eine intelligente Datenverarbeitung und -auswertung sind die Daten der Kamera allerdings nicht nutzbar,



Thermogramm einer Hochfrequenz-Thermographiekamera im LBM-Prozess



Live-Bild und Summenbild der Maximaltemperatur an jeder Stelle in Verbindung mit Schichtdaten für eine bauteilbezogene Auswertung

selbst wenn Prozessunregelmäßigkeiten zuverlässig entdeckt werden.

Erst durch die Vernetzung mit dem Fertigungssystem können Fragen wie: „In welchem Bauteil ist der Fehler aufgetreten?“ oder „Handelt es sich um einen kritischen Defekt, welcher den gesamten Prozess oder nur das individuelle Bauteil gefährdet?“ und andere beantwortet werden.

Vernetzung als Schlüssel

Durch die Kombination mit den Maschinendaten und Anforderungen, die in der Produktionssteuerung vorliegen, kann dann je nach Situation dynamisch entschieden werden, welche Maßnahmen zu treffen sind. So wird ein kritischer Fehler beispielsweise zum frühzeitigen Abbruch des Prozesses führen. Die Abbildung oben rechts zeigt, wie die originalen

Thermographiedaten im QS-System des *iwb* mit Schichtdaten aus der Fertigung kombiniert werden, um eine bauteilbezogene Auswertung zuzulassen. Das Summenbild zeigt dabei die maximale Temperatur, die am jeweiligen Messpunkt erreicht wurde.



**M. Sc.
Fabian Bayerlein**
iwb Anwenderzentrum Augsburg
(AzA)

TERMINE

Automatica 2016

München, 21. – 24.06.2016

20. Seminar für additive Fertigung

Augsburg, 05.07.2016

CARV 2016

Bath (UK), 04. – 06.09.2016

Tag der offenen Tür 2016

Garching, 22.10.2016

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

IWB FORSCHUNGSBERICHTE

Tobias Maier

Modellierungssystematik zur aufgabenbasierten Beschreibung des thermoelastischen Verhaltens von Werkzeugmaschinen
(Herbert Utz Verlag, Bd. 317)

Stefan Maurer

Frühaufklärung kritischer Situationen in Versorgungsprozessen
(Herbert Utz Verlag, Bd. 316)

Dominik David Simon

Automatisierte flexible Werkzeugsysteme zum Umformen und Spannen von Kunststoffscheiben und -schalen
(Herbert Utz Verlag, Bd. 315)

Markus Pröpster

Methodik zur kurzfristigen Austaktung variantenreicher Montagelinien am Beispiel des Nutzfahrzeugbaus
(Herbert Utz Verlag, Bd. 314)

Stefan Schwarz

Prognosefähigkeit dynamischer Simulationen von Werkzeugmaschinenstrukturen
(Herbert Utz Verlag, Bd. 313)

Peter Schnellbach

Methodik zur Reduzierung von Energieverschwendung unter Berücksichtigung von Zielgrößen Ganzheitlicher Produktionssysteme
(Herbert Utz Verlag, Bd. 312)

Florian Geiger

System zur wissensbasierten Maschinenbelegungsplanung auf Basis produktspezifischer Auftragsdaten
(Herbert Utz Verlag, Bd. 311)

Markus Schweier

Simulative und experimentelle Untersuchungen zum Laserschweißen mit Strahloszillation
(Herbert Utz Verlag, Bd. 310)

Mirko Langhorst

Beherrschung von Schweißverzug und Schweißspannungen
(Herbert Utz Verlag, Bd. 309)

Emin Genc

Frühwarnsystem für ein adaptives Störungsmanagement
(Herbert Utz Verlag, Bd. 308)

Jan Daniel Musiol

Remote-Laserstrahl-Abtragschneiden
(Herbert Utz Verlag, Bd. 307)

Thomas Bonin

Moderne Ordnungsreduktionsverfahren für die Simulation des dynamischen Verhaltens von Werkzeugmaschinen
(Herbert Utz Verlag, Bd. 306)

Yi Shen

System für die Mensch-Roboter-Koexistenz in der Fließmontage
(Herbert Utz Verlag, Bd. 305)

Philipp Alexander Schmidt

Laserstrahlschweißen elektrischer Kontakte von Lithium-Ionen-Batterien in Elektro- und Hybridfahrzeugen
(Herbert Utz Verlag, Bd. 304)

Smart Interface: Gesteuerte Springerunterstützung

Eine steigende Produktvarianz sowie geringere Losgrößen führen zu erhöhten Anforderungen an Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen in der Produktion und somit zu einem zunehmenden Bedarf an flexibler Unterstützung. Diese Unterstützung erfolgt in der Praxis häufig durch den Einsatz von sogenannten Springern. Im Rahmen des von der Bayerischen Forschungsstiftung geförderten Forschungsprojektes „Smart Interfaces“ wird erarbeitet, wie eine effiziente Springereinsatzplanung mittels Smart Devices unter Nutzung von Kompetenzprofilen realisiert werden kann und welche Chancen sich für die Personaleinsatzplanung hinsichtlich einer effizienteren Zusammensetzung von Springerpools ergeben.

Das produktionstechnische Umfeld erfährt enorme Veränderungen, die sich beispielsweise aus kürzeren Produktlebenszyklen sowie einer zunehmenden Marktmacht des Kunden ergeben. Dies erfordert hohe Flexibilität in Bezug auf Varianten sowie Prozessänderungen,



Smart Watch zum Auslösen eines Springerrufs

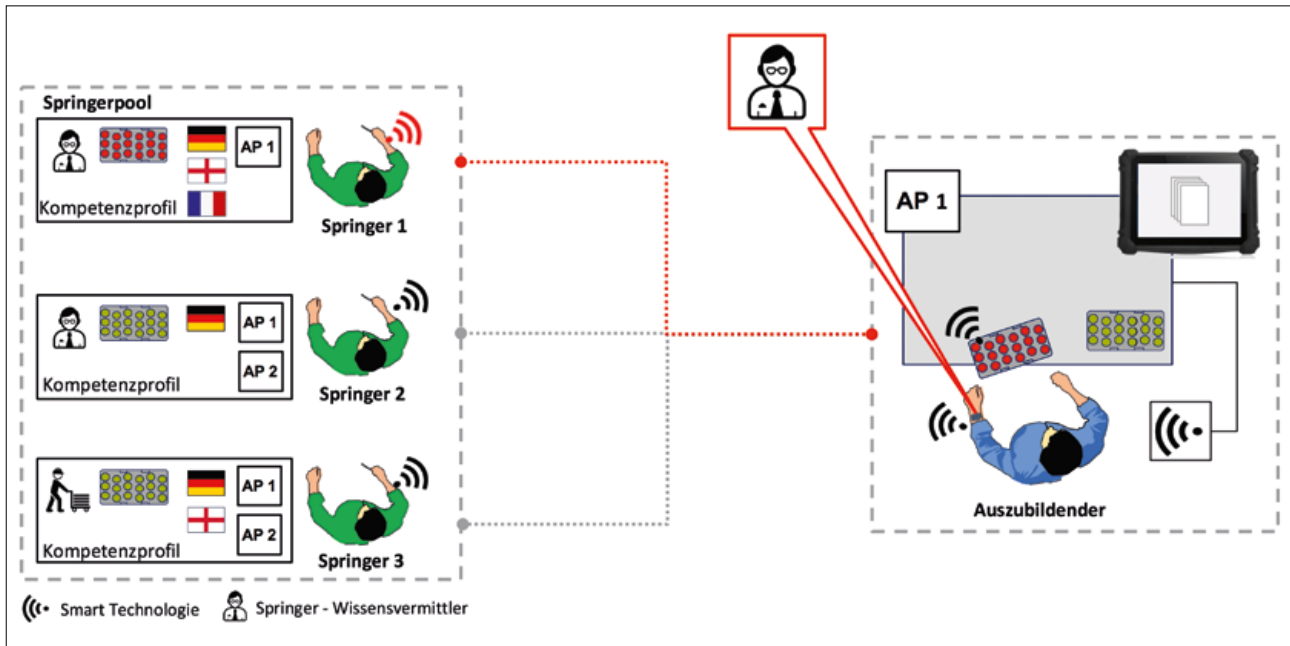
wodurch die Belastung der ausführenden Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen steigt. Hinzu kommt, dass ein steigendes Durchschnittsalter in der Belegschaft sowie eine Veränderung in der Qualifikationsstruktur der Unternehmen zu einem Fachkräftengpass führen.

Für produzierende Unternehmen bedeutet dies, dass Lösungen gefunden werden müssen, welche es ermöglichen, ältere Mitarbeiter zu integrieren, die über viel Erfahrung und Wissen verfügen, aber dafür körperlich nicht mehr voll leistungsfähig sind (sog. leistungsgewandelte Mitarbeiter). Ergänzend werden Lösungen benötigt, die ohne Produktivitätsgefährdung den Einsatz von unerfahrenen, dafür aber körperlich leistungsfähigen Personen ermöglichen.

Springer als Wissensvermittler

Springer werden als zusätzliche Arbeitskräfte gesehen. Sie werden z. B. zum Ausgleich von Kapazitätsspitzen oder im Falle von auftretenden Problemen in der Linie eingesetzt. Bei der Zuweisung von Springern an Stationen wird derzeit davon ausgegangen, dass sie aufgrund ihrer hohen Expertise universell einsetzbar sind. Eine Unterscheidung ihrer Kompetenzen und Erfahrung wird außer Acht gelassen. Daher verfolgt das Forschungsprojekt den Ansatz, eine kompetenzbasierte Zuordnung zu erreichen. Dies hat den Vorteil, dass über einen Kompetenzabgleich die Eignung des Springers zur Aufgabendurchführung an einer Station sichergestellt werden kann.

Der bestehende Springerpool wird um einen neuen Springertyp – den Wissensvermittler – ergänzt. Ausgangsbasis ist die Hypothese, dass Springer einen sehr hohen Wissensstand sowie große Erfahrung haben. Diese Expertise kann zum Anlernen und Unterstützen von weniger erfahrenen Mitarbeitern genutzt werden.



Springeranforderung und vorhandener Springerpool

Einerseits lässt sich so deren Einsatzfähigkeit beschleunigen und andererseits werden Taktzeitverluste oder Nacharbeit reduziert. Zudem werden Integrationsmöglichkeiten von Mitarbeitern und Mitarbeiterinnen mit einer Einschränkung ihrer physischen Leistungsfähigkeit als Wissensvermittler untersucht. Sie können beispielsweise nicht mehr voll produktiv innerhalb einer vorgegebenen Taktzeit arbeiten, besitzen aber hohe Expertise, die sie ihren jüngeren Kollegen und Kolleginnen weitergeben können.

Neue Möglichkeiten der Interaktion

Im Zuge von Industrie 4.0 bieten sich neue technische Möglichkeiten, welche eine Vernetzung und Interaktion zwischen Betriebsmitteln, Produkten und Arbeitsplätzen zulassen. Diese Vernetzung kann mit Hilfe von Smart Interfaces (z. B. Smartphones, Smart Watches) realisiert werden.

Kernelement des hier vorgestellten Forschungsprojekts ist die Entwicklung einer Applikation, welche bei Bedarf nach einem Springer eine effiziente Auswahl des passenden Mitarbeiters aus diesem Springerpool vornimmt. Zudem wird ein Simulationstool

entwickelt, welches eine optimierte Zusammenstellung von Springerpools ermöglicht. Die Auswahl und Zuweisung eines Springers zum rufenden Arbeitsplatz berücksichtigt sowohl die hinterlegten Kompetenzen und Fähigkeiten der als Springer agierenden Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen als auch die Anforderungen der vorhandenen Arbeitsplätze. So wird sichergestellt, dass eine bedarfsgerechte Unterstützung unter Berücksichtigung freier Kapazitäten und kurzer Laufwege erfolgt.

Dank

Das *iwb* dankt der Bayerischen Forschungsförderung für die Förderung dieses Projektes sowie allen beteiligten Industriepartnern für die Zusammenarbeit.



M. Sc.
Christiane Dollinger

Themengruppe Produktionsmanagement und Logistik

Das Versuchs- und Lernlabor des Forschungsfeldes „Mensch in der Fabrik“

Neben allen technologischen Entwicklungen im Kontext von Industrie 4.0 nimmt auch der Mensch eine zentrale Rolle in der Fabrik der Zukunft ein. Um hierbei gesicherte Aussagen über die Potenziale und Gefahren seiner Vernetzung mit dem Produktionssystem treffen zu können, hat das Forschungsfeld „Mensch in der Fabrik“ im vergangenen Jahr ein Versuchs- und Lernlabor aufgebaut und in Betrieb genommen.

Mit dem neuen Versuchs- und Lernlabor werden drei zentrale Ziele verfolgt: Die Durchführung von Experimenten und Studien dient der Absicherung von Hypothesen darüber, wie der Mensch zukünftig in die zunehmend vernetzte Montageumgebung eingebunden und dort unterstützt werden kann. Theoretisch erarbeitete Forschungsinhalte werden in der Laborumgebung prototypisch umgesetzt und evaluiert. Hierbei stehen neben der Bewertung der Umsetzbarkeit auch der Dialog und der Transfer der Erkenntnisse in die praktische Anwendung bei Industriepartnern im Fokus.

Aufbau des Labors

Der Zweck des Lernlabors ist es, eine realitätsnahe Umgebung für unterschiedliche Montageszenarien zu schaffen. Bei der Konzeption wurde deshalb neben der Flexibilität der Elemente vor allem Wert auf eine praxisnahe Gestaltung gelegt. Um unterschiedlichste Montageszenarien umsetzen zu können, stehen mehrere Standardmontagearbeitsplätze zur Verfügung. Diese können je nach Anwendungsfall individuell mit Assistenzsystemen oder Prüfeinrichtungen ausgestattet werden. Auch bei den zu montierenden Produkten gibt es unterschiedliche Varianten. Je nach benötigter Bauteilkomplexität und Varianz kommen verschiedene Produkte zum Einsatz. Das Spektrum reicht hierbei vom technisch anspruchsvollen,



Montageszenario im Lernlabor

jedoch variantenarmen Planetengetriebe bis zum einfach, aber variantenreich zu montierenden Batteriemodul. Durch gezielten Einsatz der Produkte wird sichergestellt, dass es in den Experimenten nicht zu Verzerrungen durch ungeeignete Bauteile kommt.

Erste Erkenntnisse

In ersten empirischen Studien mit Studenten der Fakultät für Maschinenwesen wurden verschiedene Hypothesen zum Verhalten eines Mitarbeiters in der Montage überprüft. Ziel der ersten Untersuchung war es, herauszufinden, welche Art von Unterstützung Montagemitarbeiter und -mitarbeiterinnen bevorzugen, wenn es zu einem Problem in der Montage kommt. Zur Auswahl wurde den Probanden ein

digitales Unterstützungssystem mit einer detaillierten Montageanleitung angeboten sowie die Möglichkeit, persönliche Unterstützung durch einen Springer zu rufen. Kernergebnis dieser Untersuchung in Kombination mit einer Befragung der Teilnehmer war, dass ohne Zeitdruck bei der Montage in ca. 85% aller Fälle das digitale Unterstützungssystem bevorzugt wird. Wird jedoch eine eingeschränkte Montagezeit vorgegeben, steigt die Nachfrage nach persönlicher Unterstützung sprunghaft um 80%. Dies lässt den Schluss zu, dass das Auftreten von Zeitdruck dazu führt, dass persönliche Unterstützung präferiert wird und stellt Projekte, die rein auf den Einsatz von Smart Devices abzielen, in Frage.

Aktuelle Projekte

Neben der Durchführung empirischer Studien wird das Lernlabor in aktuellen Forschungsprojekten für den Test prototypischer Einsatzmöglichkeiten von Assistenzsystemen und die Validierung erster Forschungsansätze genutzt. Insbesondere sind hier das Projekt „Smart Interface“ (mehr dazu auf S. 7) sowie das

MAN-TUM-Projekt „Individuelle, dynamische Werkerassistenz“ zu nennen. Des Weiteren ermöglicht das Versuchs- und Lernlabor stets den anschaulichen Transfer der gewonnenen Erkenntnisse.

Dank

Das Forschungsfeld „Mensch in der Fabrik“ dankt allen beteiligten Industriepartnern und Förderern für die Unterstützung der verschiedenen Forschungsvorhaben.



**M. Sc.
Christiane Dollinger**

Themengruppe Produktionsmanagement und Logistik



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

Themengruppe Produktionsmanagement und Logistik

NEUE FORSCHUNGSPROJEKTE

Bindemechanismen beim Rührreißschweißen von Mischverbindungen

(SPP 1640 – Projektphase 2)

01.03.2015 – 28.02.2017

Förderer: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)

FELIZIA

01.01.2016 – 31.12.2018

Förderer: Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)

Demonstrations- und Trainingszentrum für Cyber-Physische Produktionssysteme

01.07.2015 – 31.12.2018

Förderer: Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft und Medien, Energie und Technologie

Effiziente aufgabenorientierte Programmierung von Verarbeitungsmaschinen mittels durchgängiger digitaler Beschreibungen

01.06.2015 – 31.05.2017

Förderer: Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft und Medien, Energie und Technologie

Phasenübergreifende Entwicklung von Benutzerschnittstellen im Maschinen- und Anlagenbau

01.07.2015 – 30.06.2017

Förderer: Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)

Regelung der Temperatur beim Rührreißschweißen (RegTemp)

01.04.2015 – 31.03.2017

Förderer: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)

Forschungsvorhaben FORobotics: Mehr erreichen im Team

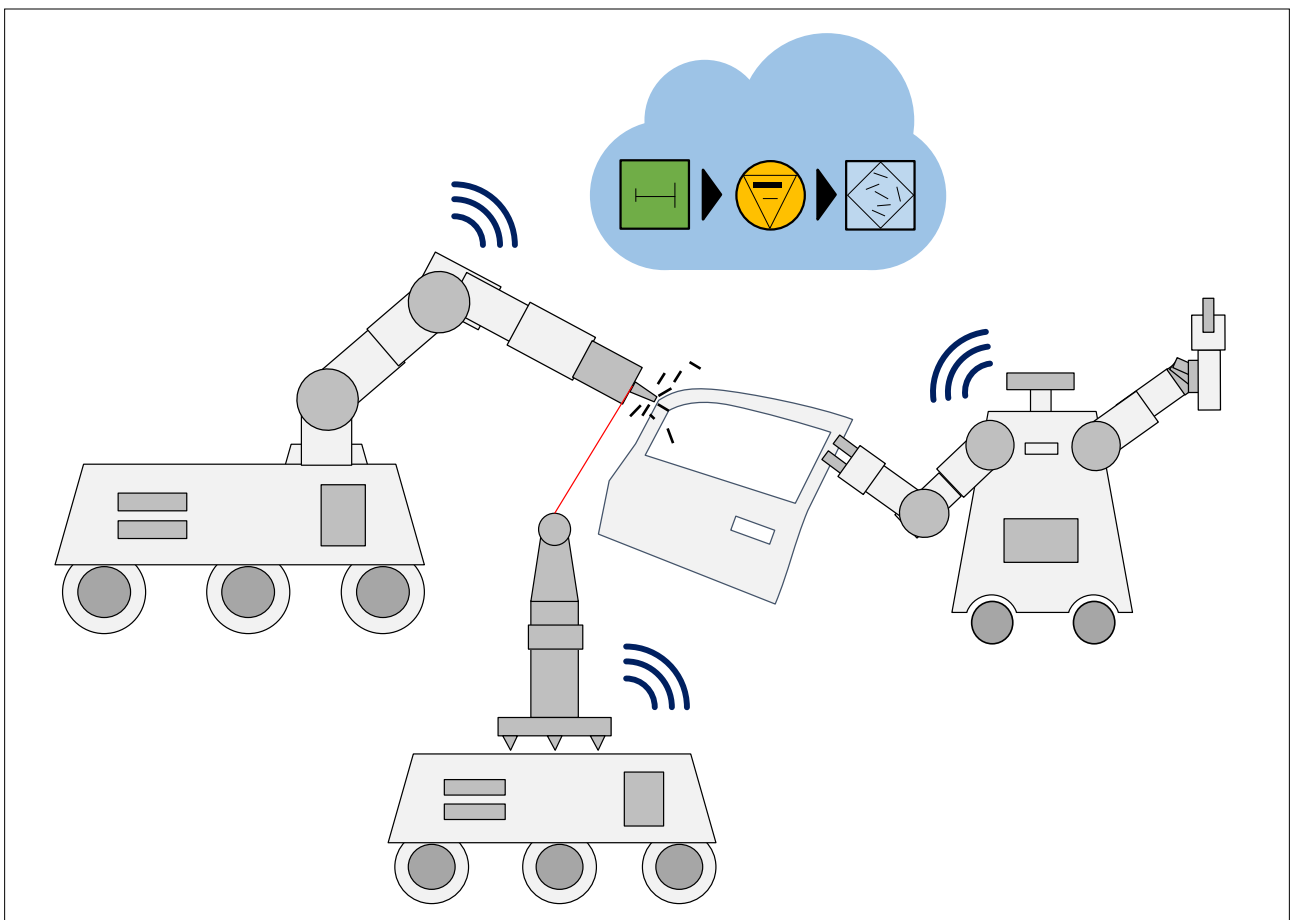
Im Rahmen eines Forschungsverbunds der Bayerischen Forschungstiftung soll ein Forschungsvorhaben mit dem Ziel des flexiblen Einsatzes von funktional kooperierenden und operierenden Roboterteams in der Produktion und Fertigung ins Leben gerufen werden.

Heutige Roboterkonzepte sind meist isoliert und datengetrieben. Solche Systeme werden überwiegend für stationäre und repetitive Aufgaben eingesetzt. Durch zunehmend günstig werdende Sensorik im Bereich der Lokalisierung und Bildverarbeitung sowie die steigende Vernetzung von Produkt und Betriebsmitteln ergeben sich neue Potenziale für die Produktion. Durch Kombination von

Mensch-Roboter-Kooperation und ortsflexiblen Robotersystemen kann eine neue Form des Teams innerhalb der Fabrik definiert werden. Ein solches Team hat das Potenzial zur Flexibilitäts- und Produktivitätssteigerung entlang der Wertschöpfungskette.

Zielsetzung

Im Rahmen des Forschungsvorhabens FORobotics werden Roboterteams fokussiert, welche durch ihre Kooperation Wertschöpfung liefern. Insbesondere soll durch die Teamkonstellation der Wertschöpfungsprozess hinsichtlich der Prozesseigenschaften wie beispielsweise Zeit, Genauigkeit oder Geschwindigkeit beeinflusst werden.



Kooperierendes Roboterteam, bestehend aus Fräsroboter, Messroboter und handhabendem Robotersystem

NEUE UND AUSGESCHIEDENE MITARBEITER PROJEKTGRUPPE „RESSOURCENEFFIZIENTE MECHATRONISCHE VERARBEITUNGSMASCHINEN“ (RMV)

Neue Mitarbeiter

Dipl.-Ing. Georg Schlick

M. Sc. Johannes Atug

Dipl.-Ing. Cedric Schultz

M. Sc. Julia Berg

M. Sc. Lukas Merkel

Ausgeschiedene Mitarbeiter

M. Sc. Juliane Nägele

Team-Gedanke

Wird ein Team als Verbund von sich unterscheidenden Robotersystemen und Menschen verstanden, welche ein gemeinsames Ziel verfolgen, können die Einzelfähigkeiten kombiniert werden. In Anlehnung an Team sportarten kann zwischen Spezialisten und Generalisten unterschieden werden. Im Rahmen des Forschungsvorhabens sollen hierbei besonders die Eigenschaften und resultierenden Fähigkeiten der Teams adressiert werden.

Forschungsinhalte

Die Kerninhalte umfassen die Beschreibung der einzelnen Betriebsmittel, die Vernetzung von Betriebsmitteln, die aufgabenorientierte Planung von Roboterteams sowie die Interaktion zwischen den Teammitgliedern. Basierend auf bisherigen Ansätzen zur aufgabenorientierten Programmierung gilt es, diese hinsichtlich eines Roboterteams zu erweitern. Hierbei ist insbesondere die Ressourcenauswahl auf Teamebene Forschungsgegenstand. Neben der Zusammenstellung müssen Teammitglieder vernetzt sein und miteinander kommunizieren können. Die Herausforderungen bestehen hierbei in einer gemeinsamen Datenrepräsentation und der Datensynchronisation. In diesem Kontext soll eine dynamische Umweltmodellierung in Kombination mit der aufgabenorientierten

Feinplanung der Betriebsmittel umgesetzt werden. Die einzelnen Betriebsmittel selbst sollen ihre Fähigkeiten als Dienste anbieten.

Als übergreifender Forschungsaspekt innerhalb des Gesamtprojektes ist die Interaktion zu sehen. In diesem Zusammenhang steht sowohl die Nutzer-System- als auch die System-System-Interaktion im Fokus der Forschung.

Alle wissenschaftlichen Forschungsinhalte werden explizit für ausgewählte Szenarien in Demonstratoren überführt. Beispielhaft könnten solche Szenarien im Bereich der Fertigung und Montage, der Qualitätssicherung sowie der Wartung und Instandsetzung zu finden sein.

Projektkonsortium

Die Forschungsinhalte dieses Projektes sollen durch ein starkes Konsortium aus Wissenschaft und Industrie bearbeitet werden und bei der Bayerischen Forschungstiftung (BFS) als Forschungsverbund beantragt werden. Die Forschungseinrichtungen sind das *iwb* (Technische Universität München), FAPS und LIKE (Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg), der Bereich Arbeitswissenschaften der Universität der Bundeswehr München, das Zentrum für Telematik e.V. (Würzburg), der Lehrstuhl für Ingenieurinformatik (Universität Augsburg), der Lehrstuhl für Angewandte Informatik (Universität Bayreuth) sowie die Projektgruppe RMV (Fraunhofer IWU). Im Verbund mit mehreren Industriepartnern ergibt sich somit ein sowohl forschungs- als auch anwendungsseitig starkes Team.



**Dipl.-Phys.
Gregor Lux**

Themengruppe Montagetechnik
und Robotik

Formabweichungen bei dünnwandigen Strukturen

Leichtbau genießt eine stetig wachsende Bedeutung in weiten Bereichen des Maschinenbaus. Dies führt zu immer filigraner werdenden Strukturen, die hohe Ansprüche an den Fräsprozess stellen. Ein bei der Bearbeitung häufig auftretendes Problem sind Form-, Maß- und Lageabweichungen aufgrund großer Werkstückverformungen. Im Rahmen des Forschungsprojektes „Cut-Sim“ wird am *iwb* eine Prozesssimulation entwickelt mit dem Ziel, eine Kompensation der Form- und Lageabweichungen zu ermöglichen.

Längst beschränkt sich die Bedeutung des Leichtbaus nicht mehr nur auf die Luft- und Raumfahrtindustrie, sondern er hat Einzug in nahezu alle Bereiche des Maschinenbaus gehalten. Bei der spanenden Fertigung gewichtsoptimierter Bauteile kann der Anteil des abzuspannenden Materials häufig mehr als 90% betragen. Um dennoch eine wirtschaftliche Bearbeitung gewährleisten zu können, sind effiziente Prozesse notwendig. Mit Hilfe der am *iwb* entwickelten Prozesssimulation sollen Formabweichungen prognostiziert und durch eine angepasste Bearbeitungsstrategie kompensiert werden. Dadurch kann die Zerspanungsleistung signifikant erhöht und die Bearbeitungszeit entscheidend reduziert werden.

Entstehung der Formabweichungen

Die geringe Steifigkeit dünnwandiger Strukturen führt zu einer großen werkstückseitigen Abdrängung während des Werkzeugeingriffs. Im Falle einer Trockenbearbeitung treten in der Kontaktzone, bedingt durch Reibungseffekte, zusätzlich hohe lokale Temperaturspitzen auf, die wiederum eine Verformung des Werkstücks hervorrufen. Beide Effekte bewirken eine Veränderung der Eingriffsbedingungen, sodass ein fehlerhafter Materialabhub erfolgt.

Modellbildung

Das tatsächliche Fehlerbild hängt dabei von einer Vielzahl an Einflussfaktoren ab. Dazu zählen unter anderem Werkstückeigenschaften, die Werkzeuggeometrie sowie sämtliche Prozessparameter. Zur Identifikation der kritischen Einflussgrößen führen Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen umfangreiche experimentelle Untersuchungen durch. Neben prozessbegleitenden Temperatur- und Verformungsmessungen werden Fehlerbilder bearbeiteter Bauteile vermessen und ausgewertet. Die Prozesssimulation erfolgt mit Hilfe der Finite-Elemente-Methode (FEM). Die Modellierung der Interaktion von Werkzeug und Werkstück stellt dabei aufgrund des Auftretens hochdynamischer thermomechanischer Effekte eine besondere Herausforderung dar. Diese hochgenau nachzubilden erfordert eine sehr feine Diskretisierung und führt zu extrem hohen Rechenzeiten. Eine breite Datenbasis aus den experimentellen Untersuchungen erlaubt eine zielgerichtete Modellbildung und damit eine verbesserte Recheneffizienz.

Umsetzung der Kompensation

Es ist das Ziel, eine möglichst einfach umsetzbare Kompensationsstrategie zu finden. Durch die Simulation des Verformungs- und Rückfederungsverhaltens des Werkstücks während



Schichtbearbeitung eines dünnwandigen Steges

der Bearbeitung ist es möglich, das zu erwartende Fehlerbild zu prognostizieren. Die Kompensation erfolgt anschließend in zwei Stufen: Zunächst wird eine geeignete Kombination aus Werkzeug und Prozessparametern ermittelt. In vielen Fällen ist es dadurch möglich, ein Fehlerbild zu erzeugen, das ausreichend genau durch eine Linearisierung angenähert werden kann. In einem zweiten Schritt wird die ursprünglich geplante NC-Bahn angepasst. Dabei wird anhand der Linearisierung der prognostizierten Formabweichung eine neue Position der Werkzeugachse berechnet. Dies erfolgt inkrementell für das gesamte Bauteil entlang der Vorschubrichtung.

Ausblick

Die Umsetzung einer angepassten NC-Bahn auf Basis prognostizierter Formabweichungen

erlaubt ein Schlichten mit erhöhter Zerspansungsleistung, ohne Toleranzvorgaben zu verletzen. Im Hinblick auf die hohen Fertigungskosten bei Bauteilen für Leichtbauanwendungen bietet der Ansatz ein großes Einsparungspotenzial.

Danksagung

Unser Dank gilt der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) für die Förderung des Projekts im Rahmen des Schwerpunktprogramms 1480 „CutSim“.



M. Sc.

Sepp Wimmer

Themengruppe Werkzeugmaschinen

ABGESCHLOSSENE FORSCHUNGSPROJEKTE

ExZellTUM – Exzellenz-Zentrum für Batterie-Zellen

01.08.2012 – 31.12.2015

Förderer: Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)

FOREnergy – Energieflexible Fabrik

01.09.2013 – 31.08.2015

Förderer: Bayerische Forschungstiftung (BFS)

Identifikation von Epoxidharz-abbauenden Enzymen (EPEnzym)

01.07.2013 – 30.06.2015

Förderer: Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Infrastruktur, Verkehr und Technologie

Passive Lasersicherheit für Hochleistungslaser im industriellen Einsatz (PaLaSi)

01.09.2012 – 31.05.2015

Förderer: Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen „Otto von Guericke“ e.V. (AiF)

Optimierung von Schweißparametern beim Schwungrad-Reibschweißen

15.10.2012 – 31.05.2015

Förderer: Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen „Otto von Guericke“ e.V. (AiF)

Bindemechanismen beim Rührreibschweißen von Mischverbindungen (SPP 1640 – Projektphase 1)

01.02.2013 – 28.02.2015

Förderer: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)

Transiente räumliche Reflexion der Laserstrahlung beim Laserstrahl-Tiefschweißen (ReLaTiS)

01.08.2013 – 31.12.2015

Förderer: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)

SFB/Transregio 10, Transferprojekt 09:

Laserstrahlschweißen von Karosseriebauteilen in Sichtnahtqualität

01.05.2013 – 31.12.2015

Förderer: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)

eProduction – Teilvorhaben: Fügeverfahren und Analyse der Wertschöpfungstiefe in der Batteriefertigung

01.12.2011 – 28.02.2015

Förderer: Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)

Friction Stir Processing zur gezielten Verbesserung der mechanischen Eigenschaften von Aluminium-Gussbauteilen (FSP-Guss)

01.09.2012 – 31.03.2015

Förderer: Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen „Otto von Guericke“ e.V. (AiF)

Produktionstechnik für neuartige Festkörperzellen

Anfang 2016 startete am *iwb* das vom Bundesministerium für Bildung und Forschung geförderte Verbundprojekt „Festelektrolyte als Enabler für Lithium-Zellen in automobilen Anwendungen“ (FELIZIA).

Die Elektromobilität ist eine Schlüsselkomponente für den Erfolg der Energiewende. Hierbei spielt die Energiespeicherung eine entscheidende Rolle. Bisherige Batteriesysteme erfüllen nicht das gesamte Anforderungsprofil – Reichweite, Sicherheit und auch die Kosten von elektrisch betriebenen Fahrzeugen sind für die Mehrheit der Endnutzer noch nicht zufriedenstellend. Die Möglichkeiten zur Erhöhung der Energiedichte sind bei konventionellen Lithium-Ionen-Batterien jedoch nahezu ausgeschöpft. Neuartige Materialien sollen helfen, diese weiter zu steigern.

Projektziel

Lithium-Feststoffzellen besitzen, anders als herkömmliche Lithium-Ionen-Zellen, keinen flüssigen, sondern einen Festkörper-Elektrolyten. Dieser ist gegenüber hohen

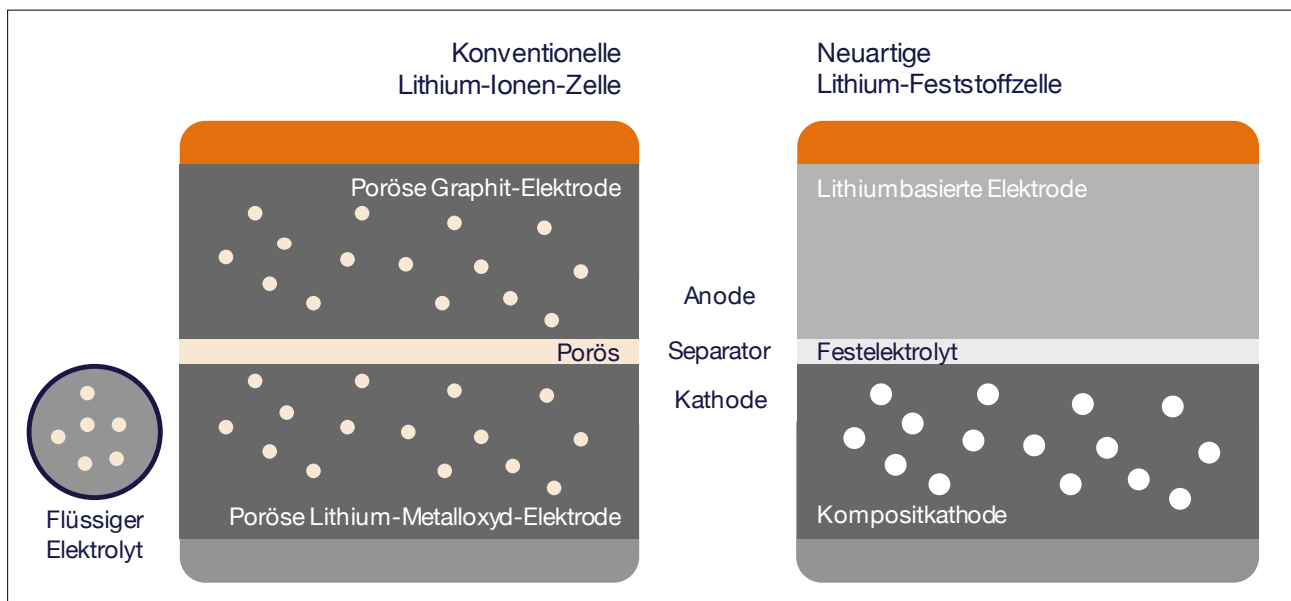
Zellspannungen stabil und ermöglicht somit höhere Leistungen.

Während Verfahren zur Herstellung von Feststoffzellen im Labormaßstab untersucht werden, gibt es nahezu keine Informationen dazu, ob und wie diese Verfahren in einem großtechnischen Maßstab umgesetzt werden können.

Ziel des Projekts FELIZIA ist die Erforschung einer Feststoffbatterie und die Prüfung ihrer Eignung für automobilen Anwendungen. Das *iwb* sichert die spätere Industrialisierung der Zellerstellung durch eine entwicklungsbegleitende Betrachtung der Produktionsschritte ab.

Vorgehensweise

In enger Kooperation mit den Projektpartnern werden die verschiedenen Prozessschritte recherchiert und analysiert. Diese werden anschließend mit Produktionsverfahren zur Herstellung herkömmlicher Zellen verglichen. Nicht übertragbare Prozesse werden am *iwb* detailliert untersucht.



Feststoffzelle im Vergleich zur konventionellen Lithium-Ionen-Zelle

Des Weiteren sollen bei der Entwicklung der Zellen die Methodiken *Design for Manufacturing* bzw. *Design for Assembly* eingesetzt werden, um spätere kostenintensive, produktionsbedingte Änderungen am Produkt zu vermeiden.

Abschließend wird ein Industrialisierungskonzept für die Herstellung von Festelektrolyt-Zellen vorgeschlagen.

Dank

Wir danken dem Bundesministerium für Bildung und Forschung für die Förderung dieses Projekts und freuen uns auf die Zusammenarbeit mit allen beteiligten Projektpartnern.



**M. Eng.
Till Günther**

Themengruppe Montagetechnik
und Robotik

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



Der Produktionskongress 2016 vom 29. bis 30. November 2016 im Leonardo Royal Hotel München.

Jetzt anmelden! www.produktionskongress.de

CARV 2016

Die 6. CARV findet dieses Jahr unter dem Motto „Hyper-connected Production“ in Bath, UK, statt. Vom 4. bis 6. September 2016 wird die International Conference on Changeable, Agile, Reconfigurable and Virtual Production (CARV 2016) dem interessierten Fachpublikum wieder die Möglichkeit geben, sich in persönlichen Gesprächen mit den Referenten und Teilnehmern über den Stand der Wissenschaft und der Technik ausgiebig auszutauschen und individuelle Fragen detailliert zu diskutieren.

Weitere Informationen: www.carv2016.com

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 Umltpapier.

Weitere Informationen erhalten Sie unter:
www.iwb.mw.tum.de/iwbNewsletter