

Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften

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

Industrie 4.0 am iwb und RMV

Industrie 4.0 stellt sowohl in der Wissenschaft als auch in der industriellen Praxis ein stark polarisierendes Schlagwort dar. Vor allem Kritiker formulieren immer wieder die Frage nach der tatsächlichen Neuheit und dem Mehrwert der sogenannten vierten industriellen Revolution.

Wird Industrie 4.0 weniger als Revolution, sondern vielmehr als eine bestimmte Denkweise oder Strömung verstanden, offenbaren sich aber Potenziale. Diese liegen nicht zuletzt in der seit einigen Jahren sehr intensiven Abstimmung zwischen Industrieunternehmen und der Forschung auf diesem Gebiet.

Am iwb und bei der Fraunhofer Projektgruppe RMV wird die intelligente Vernetzung und Nutzung von Daten deshalb nicht als eigenständiges Forschungsvorhaben, sondern vielmehr als integrale Fragestellung aller For-

schungsaktivitäten verstanden. Hierbei bilden die beiden Institutionen im Verbund die gesamte Bandbreite der produktionstechnischen Anwendung ab. Bei der Projektgruppe RMV steht vornehmlich die technische Vernetzung auf Gesamtfabrikebene sowie der Fertigung im Fokus. Am iwb werden dazu komplementär die Aspekte der Montage, von manuellen bis hochautomatisierten Systemen, erforscht und der Mensch konsequent in den Fokus der Betrachtung gerückt. Wie in der Realität, lassen sich auch hier Fertigung und Montage nicht trennscharf abgrenzen,



Der Mensch im Fokus von Industrie 4.0

sodass die Forschungsarbeiten eng verzahnt erfolgen.

Neben der grundlegenden Forschung steht vor allem eine Frage im Vordergrund: „Was bedeutet das in der produktionstechnischen Wirklichkeit?“ Um dies zu beantworten, machen an bei-

EDITORIAL

Liebe Leserinnen und Leser,

ist *Industrie 4.0* nur eine inflationär gebrauchte Worthülle oder verbirgt sich dahinter tatsächlich etwas Wegweisendes zur Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit unserer Industrie und zur Generierung neuer Produkte und Dienstleistungen?

Industrie 4.0, die vierte industrielle Revolution. Nach der Einführung mechanischer Produktionsanlagen mit Hilfe von Wasser- und Dampfkraft Ende des 18. Jh., nach der Erfindung der arbeitsteiligen Massenproduktion mit Hilfe elektrischer Energie in der zweiten Hälfte des 19. Jh., sowie nach dem Einsatz von Elektronik und der Automatisierungstechnik zur umfassenderen rechnerintegrierten Produktion (CIM) zu Beginn der 1970er Jahre steht die Industrie nun vor dem nächsten Schritt. Doch was genau ist Industrie 4.0? Können wir heute von einer Revolution sprechen, wenn sie vielleicht erst morgen stattfindet? Haben sich Thomas Newcomen und James Watt in ihr Labor gesetzt, um mit der Entwicklung der Dampfmaschine die erste industrielle Revolution einzuläuten? Sicherlich nicht. Sie waren innovativ und visionär. Sie haben es mit viel Phantasie und Anstrengung geschafft, dass dampfgetriebene Kraftmaschinen die menschliche Muskelarbeit in der Pro-



duktion einerseits substituiert und andererseits um ein Vielfaches verstärkt haben. Dies hat eine Serie weiterer Innovationen ausgelöst.

Analog kann Industrie 4.0 auch nur als Aufforderung unserer Gesellschaft und Politik verstanden werden, durch die Verbindung der Errungenschaften moderner Informations-Technologie mit der Produktionstechnik systematisch neue Produkte, Produktionsmethoden und Geschäftsmodelle zu erfinden. Vor allem die im Bürosektor längst etablierte Informations- und Kommunikationstechnik ist der Einstieg. Aus dem Internet wird das Internet der Dinge, aus dem iPad das iProductionPad und aus dem Laserdrucker der 3D-Drucker. Neben den technischen Lösungen sind auch neue Geschäftsmodelle gefragt. Ob es tatsächlich zu einer Revolution in der Industrie kommen wird, entscheiden dann in 20 bis 30 Jahren unsere Kinder.

Dies alles ist kein Selbstzweck: Infolge zunehmend individueller Kundenwünsche und kürzerer Produktlebenszyklen steigen die Komplexität der Produktion und damit einhergehend auch der Anspruch an die Steuerung von Produktionssystemen deutlich. Heutige Systeme genügen Anforderungen an schnelle Wandelbarkeit und hohe Dynamik nicht; Anforderungen an die Kommunikationsfähigkeit über Unternehmensgrenzen hinweg erfüllen sie allenfalls teilweise. In genau diese Lücke stößt Industrie 4.0.

Am iwb in Garching und bei der Fraunhofer Projektgruppe RMV in Augsburg werden gerade Forschungs- und Demonstrationsfabriken geschaffen, in welchen Sie die Vorteile von intelligenter Vernetzung der Produktion sehen und erfahren können. In Garching konzentrieren wir uns stärker auf die Einbindung des Menschen in Industrie 4.0-Szenarien, in Augsburg geht es mehr um die horizontale und vertikale Vernetzung von Produkten und Betriebsmitteln.

Wir wünschen Ihnen viel Spaß beim Lesen des Newsletters und eine erfolgreiche Frühlingszeit.

Herzlichst Ihre


Gunther Reinhart und Michael Zäh

MITARBEITER PROJEKTGRUPPE RMV DES FRAUNHOFER IWU

Neue Mitarbeiter

M. Sc. Benny Drescher
B. A. Christina Kavak
Dipl.-Ing. Thorsten Klein
M. Sc. Thiemo Müller
M. Sc. Juliane Nägele
Dipl.- Ing. Christoph Richter
M. Sc. Peter Simon

Ausgeschiedene Mitarbeiter

Ines Egger
Dipl.-Wirtsch.-Ing.
Emin Genc
Dipl.-Ing. Markus Graßl

den Standorten Demonstrationsumgebungen den Themenkomplex Industrie 4.0 erlebbar. Außerdem werden strukturierte Vorgehensweisen zum Selbstaudit sowie zur Ableitung von Nutzenpotenzialen angeboten.

Für die Forschungsarbeit bei *iwb* und RMV sowie bei der Zusammenarbeit mit der Industrie gilt dabei die Maßgabe: Wir wollen etwas nicht tun, nur weil es Industrie 4.0 ist. Wir wollen durch unsere Inhalte überzeugen – gerne auch unter dem Label Industrie 4.0.



Autoren

Dipl.-Ing. Jakob Kurfer

Mitglied der
Institutsleitung



Dipl.-Ing. Jan-Fabian Meis

Mitglied der
Institutsleitung

Technologiemanagement in der Nutzfahrzeugindustrie

In Branchen mit einer hohen Variantenvielfalt, langen Produktlebenszyklen sowie zyklisch schwankenden Produktionsvolumina werden neue Herausforderungen an die Bewertung und Planung von Produktionstechnologien gestellt. Die „zyklenorientierte Bewertung und Planung von Technologieketten und Betriebsmitteln“ stellt hierzu geeignete Methoden bereit.

Die Realisierung kundenspezifischer Anforderungen im Rahmen der Güterbeförderung lässt die Hersteller von Nutzfahrzeugen mit einer Vielzahl an Baumustern, Komponenten und Aggregaten aufwarten – ein LKW hat durchschnittlich den dreifachen Teileumfang eines PKW. Weiterhin ist in diesem Zusammenhang der Produktlebenszyklus eines Nutzfahrzeugs zu betrachten. Während bei einem PKW durchschnittlich alle vier Jahre

ein Modellwechsel vollzogen wird, erfährt das Fahrzeugkonzept LKW über mehr als ein Jahrzehnt kaum eine Änderung. Darüber hinaus zählt die Branche zu den „konjunkturellen Frühzyklern“ und ist von der Wirtschaftsentwicklung früher als andere Branchen betroffen. Ebenfalls wirken saisonale Einflüsse auf die Absatzzahlen. Dies resultiert in stark und kurzfristig schwankenden Nachfrage- bzw. Produktionsmengen.

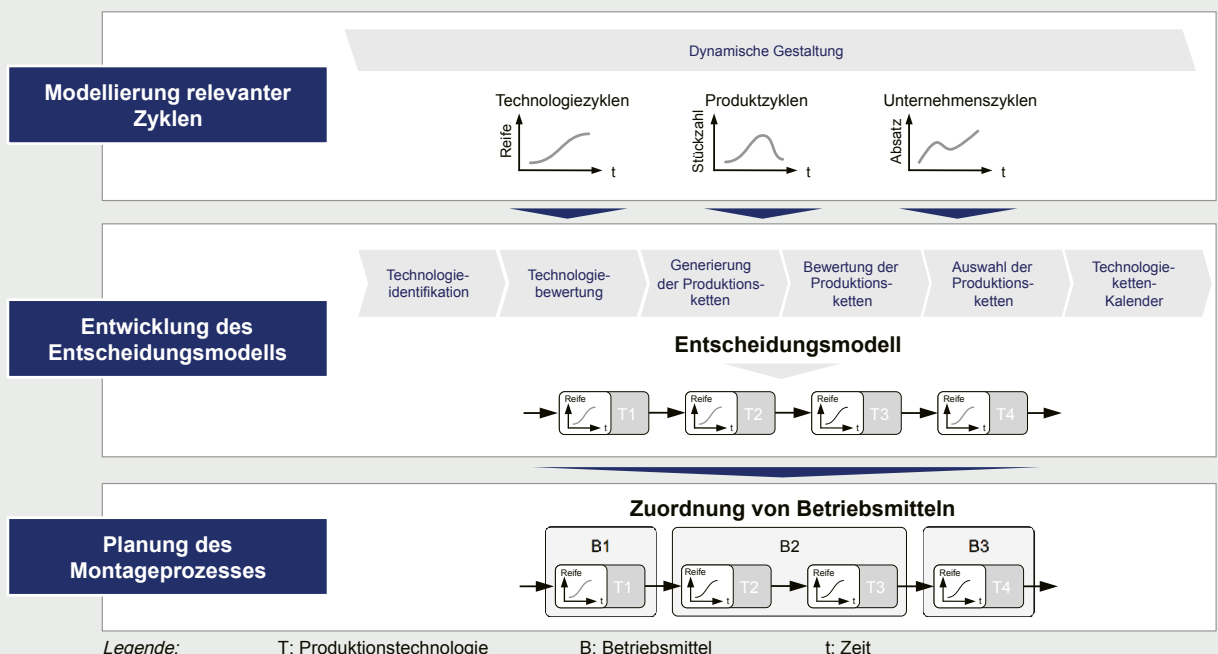
Herausforderungen

Zyklisch schwankende Nachfrage- bzw. Absatzmengen stellen neue Anforderungen an die langfristige Bewertung und Planung der wirtschaftlichen oder strategischen Differenzierungspotenziale von Produktionstechnologien. Beispielsweise sind bei der Rentabilitätsbetrachtung von Investitionen deutlich geringere Stückzahlen und längere Produktlebenszyklen als im Automobilbau zu berücksichtigen.

Lösungsansätze

Die Zielsetzung des Transferprojekts T2 im Sonderforschungsbereich 786 besteht in der Planung des Einsatzes alternativer Produktionstechnologien unter Berücksichtigung zyklischer Einflussfaktoren. Hierzu werden die im Rahmen des Sonderforschungsbereichs (SFB) 768 – „Zyklusmanagement von Innovationsprozessen“ entwickelten Methoden der

Schwerpunkte des Transferprojekt T2



Technologieidentifikation, -bewertung und -planung in die Nutzfahrzeugindustrie transferiert.

Den Betrachtungsumfang stellen sogenannte „Technologieketten“ dar. Hierunter ist die Verknüpfung der zur Herstellung eines Produktes eingesetzten Produktionstechnologien zu verstehen.

Im Rahmen der Industriekooperation mit der MAN Truck & Bus AG werden u.a. die Anwendungspotenziale von Lasertechnologien in der Produktion von Nutzfahrzeugen sowie alternative spanende Fertigungsverfahren in der Oberflächenbearbeitung bewertet. Für die Planung zukünftiger Produktionstechnologien wird zudem der Aufbau eines Technologiekalenders methodisch unterstützt.

AG für die Unterstützung unserer Forschungsaktivitäten.

AG für die Unterstützung unserer Forschungsaktivitäten.

Weitere Informationen

www.sfb768.de.



Autor

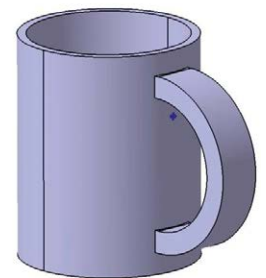
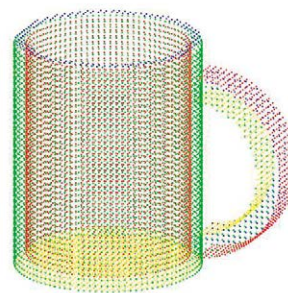
M. Sc. Alexander Schoenmann
Themengruppe
Produktionsmanagement
und Logistik

Dank

Der Sonderforschungsbereich (SFB) 768 wird von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) gefördert. Wir danken der DFG und der MAN Truck & Bus

Greifersysteme: Systematische Auswahl und Auslegung

Die Auswahl und Auslegung von Greifern erfolgt bis heute weitestgehend basierend auf Erfahrungswissen. Aufgrund der großen Anzahl an Arten und Ausführungen von Greifern darf bezweifelt werden, ob dieses Vorgehen immer zu einer optimalen Erledigung der Greifaufgabe führt. Am iwib werden aktuell Lösungen erforscht, durch deren Nutzung die Auswahl und Auslegung automatisiert und somit systematisch erfolgen kann.



Greifer sind in der automatisierten Produktion nicht mehr wegzudenken. Es wird davon ausgegangen, dass 15–70 Prozent der Kosten eines automatisiert hergestellten Produktes auf Handhabungsvorgänge zurückgeführt werden können. Entsprechend wichtig ist eine möglichst genaue Auswahl und Anpassung der zu verwendenden Greifer an das Produktionssystem.

- Engere Verknüpfung von Auswahl und Auslegung
- Systematische Steigerung der Flexibilität von Greifersystemen

Im Mittelpunkt der Methode steht dabei die automatisierte Bestimmung von Griffpunkten aus den CAD-Daten der zu greifenden Teile. Dabei wird im ersten Schritt nicht nach einem spezifischen Griffpunkt gesucht, sondern alle theoretisch möglichen Punkte werden analysiert und bewertet. Dies erlaubt es auch bei einer größeren Anzahl an Greifobjekten ähnliche Griffpunkte zu identifizieren, diese zu vergleichen und schlussendlich zielgerichtet einen Greifer für mehrere Objekte auszuwählen und auszulegen. Dies spart Zeit, Kosten und Platz, da die Zahl der sonst üblichen Greiferwechselsysteme reduziert oder sogar gänzlich auf solche verzichtet werden kann.

Ausblick

Die entwickelte Systematik ist nicht nur für die reine Auswahl und Auslegung interessant. Vielmehr wird aktuell untersucht, inwieweit dieser Ansatz in die vollautomatisierte Konfiguration ganzer Produktionsanlagen integriert werden kann. Konkret geht es dabei darum, wie ein Roboter oder Handhabungsgerät in Zukunft autonom entscheiden kann, welchen Greifer es für eine spezifische Greifaufgabe wählt.

Abstrahierte Beschreibung von Objekten anhand möglicher Kontaktstellen

Ansatz

Im Unterschied zu schon existierenden Verfahren in Industrie und Forschung zeichnet sich der am iwib entwickelte Ansatz insbesondere durch folgende Alleinstellungsmerkmale aus:

- Abdeckung von mehreren Greifprinzipien in einem Tool
- Vollautomatisierte Nutzung von CAD-Daten der zu greifenden Bauteile



Autor

Dipl.-Ing. Johannes Schmalz
Themengruppe
Montagetechnik
und Robotik

140 Jahre Ideen, Entwicklung und Innovation für die Produktion...

Mit der Gründung im Jahr 1875 feiert das iwib dieses Jahr ein besonderes Jubiläum. Erfahren Sie mehr über einzelne Jahre und besondere Erlebnisse der bisherigen 140 Jahre:

www.iwb.tum.de/140Jahre.

Die Arbeitsgenauigkeit von Fräsrobotern steigern

Industrieroboter werden zunehmend für die Fräsbearbeitung eingesetzt und zeichnen sich gegenüber herkömmlichen Bearbeitungszentren durch geringe Investitionskosten, einen großen Arbeitsraum und hohe Flexibilität aus. Durch neuartige Methoden zur Modellierung der prozessbedingten Abdrängung wird die Arbeitsgenauigkeit von Fräsrobotern bei der Bearbeitung von metallischen Werkstoffen gesteigert und deren Einsatzspektrum stark erweitert.

Zielsetzung

Sowohl in der Einzelteilfertigung als auch in der Serienfertigung werden 5-Achs-Bearbeitungszentren für die spanende Bearbeitung eingesetzt. Insbesondere bei der Bearbeitung von großen Werkstücken steigen bedingt durch den klassischen Maschinenaufbau die Investitions-, Betriebs- und Instandhaltungskosten der Werkzeugmaschine. Deshalb werden vermehrt Industrieroboter für die spanende Bearbeitung von großen Werkstücken eingesetzt. Neben den geringen Investitionskosten zeichnen sich Industrieroboter besonders durch die hohe Anzahl der Freiheitsgrade, den geringen Platzbedarf und den großen Arbeitsraum aus. Derzeit beschränkt sich das Einsatzgebiet jedoch auf Anwen-

dungen mit niedrigen Genauigkeitsanforderungen und geringen Zerspanungskräften.

Vorgehen

Um die Vorteile von Fräsrobotern für die spanende Fertigung optimal nutzen zu können, muss deren strukturelle Nachgiebigkeit berücksichtigt werden. Insbesondere die auftretenden Prozesskräfte bei der Fräsbearbeitung metallischer Werkstoffe führen zu einer statischen Verlagerung des sogenannten „Tool Center Points“ und damit zu Abweichungen in der Werkstückgeometrie.

Im ersten Schritt zur Steigerung der Arbeitsgenauigkeit von Fräsrobotern wird die Abweichung des Werkzeugs von der Sollbahn durch ein adaptives Steifigkeitsmodell des Roboters sowie ein Prozessmodell der Fräsbearbeitung abgebildet. Im zweiten Schritt werden die Trajektorienfehler durch eine modellbasierte Bahnplanung kompensiert, um eine

größtmögliche Fertigungsgenauigkeit zu erzielen. Die Modellparameter werden dabei stetig an veränderliche System- und Prozesseigenschaften angepasst.

Das *iwb* arbeitet gemeinsam mit der Siemens AG an der Steigerung der Arbeitsgenauigkeit von Fräsrobotern, um deren Einsatzspektrum zu erweitern.

Dank

Wir bedanken uns bei der Siemens AG für die Zusammenarbeit und Unterstützung im Rahmen des Projekts „Simulation-Driven Virtual Engineering“.



Autor

M. Sc. Florian Schnös

Themengruppe
Werkzeugmaschinen



Roboter zur Fräsbearbeitung

TERMINE 2015

Seminar Energie & Produktion
Augsburg, 23.07.2015

Seminar Vernetzte Produktionssysteme
Augsburg, 26.11.2015

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

Dauerhafter Laserschutz durch mehrschichtigen Wandaufbau

Die Erforschung innovativer Fertigungsverfahren zählt zu den Kernkompetenzen des *iwb*s. Dies gilt insbesondere für die Laserfertigungstechnologien, durch welche sich immer weitere Anwendungsfelder, z. B. im Bereich CFK-Bearbeitung und Batteriezellfertigung, erschließen lassen. Der hierbei entstehenden Nachfrage nach moderner Sicherheitstechnik begegnet das *iwb* unter anderem durch Neuentwicklungen auf diesem Gebiet.

Die Entwicklungen im Bereich der Laserfertigungstechnik im Hinblick auf die Ausgangsleistung, die Strahlqualität und die Flexibilität führen nicht nur zur Erschließung neuer Anwendungsfelder, sondern auch zu einer erhöhten Gefährdung des Personals und der Umwelt. Herkömmliche passive Umhausungen aus Stahl- oder Aluminiumblech können der intensiven Strahlung nur kurze Zeit stand halten. Daher suchten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des *iwb*s nach einer Lösung, welche auch bei intensiver Bestrahlung einen dauerhaften Schutz bietet.

Sicherheit durch mehrschichtigen Aufbau

Das entstandene Konzept basiert auf einem mehrschichtigen Aufbau: Die Transmissionsschicht absorbiert nur einen geringen Teil der Energie und leitet den Laserstrahl direkt in die flüssige Absorptionsschicht. Hier wird ein Großteil der Energie aufgenommen und durch erzwungene Konvektion abtransportiert. Die Reststrahlung trifft auf eine Reflexionsschicht, welche dafür sorgt, dass die verbleibende Strahlung zurück in die Absorptionsschicht gelangt, wo sie dann vollständig aufgenommen wird.

NEUE FORSCHUNGSPROJEKTE

Temperaturregelung beim Rührreißschweißen (RegTemp)
01.02.2015 – 31.01.2017
Förderer: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)

ABGESCHLOSSENE FORSCHUNGSPROJEKTE

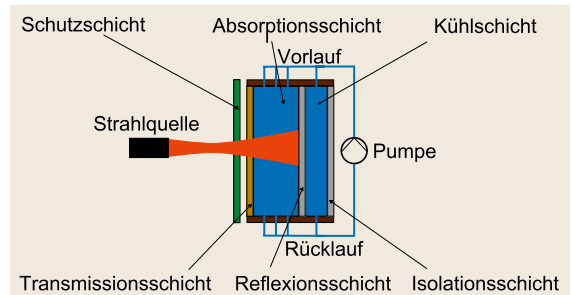
Sonderforschungsbereich Transregio 10 (Integration von Umformen, Trennen und Fügen für die flexible Fertigung leichter Tragwerkstrukturen)
01.01.2011 – 31.12.2014
Förderer: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)

eProduction
01.12.2012 – 28.02.2015
Förderer: Bayerisches Ministerium für Bildung und Forschung (BMBF)

Die Reflexionsschicht wird von einer flüssigen Kühlschicht hinterspült und die aufgenommene Energie wird auf diese Weise abtransportiert. Eine Isolationsschicht sorgt dafür, dass sich die Wand an der Außenseite nicht unzulässig erwärmt. Vor der Transmissionschicht ist zudem eine Schutzschicht angebracht, welche die Transmissionschicht vor Verschmutzung schützt. Die Dicke der Schichten kann an die Anforderungen des zu umhausenden Systems angepasst werden.

Machbarkeitsnachweis und weiteres Vorgehen

Die Funktionsfähigkeit des Entwurfs konnte bereits in Standzeitversuchen mit einem Funktionsmuster nachgewiesen werden. Das Konzept wurde nach einer positiven Analyse des Marktpotenzials durch die TUM zum europäischen Patent angemeldet. Außerdem erfolgte auf Einladung des bayme (Bayerischer Unternehmensverband Metall und Elektro e. V.) und des vbm (Verband der Bayerischen Metall- und Elektro-Industrie e. V.) eine Vorstellung vor potenziellen Industriepartnern auf dem Bayerischen Patentkongress 2014. Als weiterer Schritt stand die Erstellung eines Funktionsmusters in Originalgröße an, welches auf der LASER World of PHOTONICS 2015 vom 22. bis 25. Juni in München auf der Sonderschau Photons in Pro-



duction am Stand des iwbs und der Bayerischen Laserzentrum GmbH präsentiert wurde.

Aufbau des mehrschichtigen Schutzwandkonzeptes

IWB e.V. TERMINE

Dialogforum „Industrie 4.0“
09.07.2015
2. Beiratssitzung 2015
20.07.2015



Autor

**Dipl.-Ing. (FH)
Florian Lugauer, M. Sc.**
Themengruppe Füge- und Trenntechnik

Messung von Eigenspannungen in additiv gefertigten Bauteilen durch Neutronendiffraktometrie

Bei dem additiven Fertigungsverfahren Laserstrahlschmelzen treten während der Fertigung prozessbedingt hohe Temperaturgradienten auf. Dies kann sich negativ auf die geforderte Bauteilqualität auswirken, da durch die Temperaturunterschiede im Werkstück Verformungen und Eigenspannungen vorkommen können. Für die Prozessbeherrschung und Bauteilauslegung ist das Wissen über beide Effekte entscheidend.

Während Verformungen durch optische oder taktile Verfahren von außen gut messbar sind, sind Eigenspannungen im Inneren des Bauteils für die meisten Messverfahren nicht zugänglich. Diese Eigenspannungen können jedoch mit der Neutronendiffraktometrie ermittelt werden. Neutronen weisen eine ausreichend große Eindringtiefe in die metallischen Proben auf und können daher

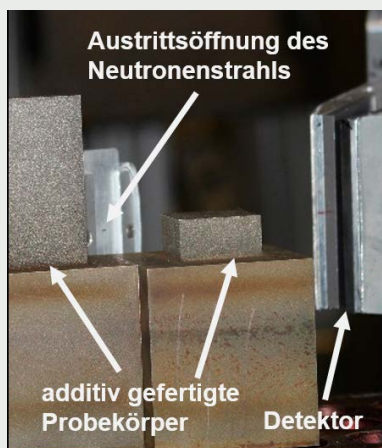
zur Bestimmung von Spannungszuständen weit im Inneren der Bauteile verwendet werden.

Neutronendiffraktometrie – ein zerstörungsfreies Mess- und Prüfverfahren

Mit anderen Verfahren zur Messung von Eigenspannungen können entweder nur oberflächennahe Punkte betrachtet werden oder die Probe muss für die Messung zerstört werden (wie es z. B. bei der Bohrlochmethode der Fall ist). Die Neutronendiffraktometrie hingegen bietet den Vorteil, dass das Bauteil nicht zerstört werden muss und trotzdem weit im Bauteilinneren liegende Bereiche vermessen werden können. Bei der Diffraktometrie wird zunächst der Neutronenstrahl auf die Probe gerichtet. Im untersuchten Messvolumen tritt Interferenz der Neutronenstrahlung am Kristallgitter auf. Aus der Wellenlänge der Strahlung und dem detektierten Interferenzmuster wird dann der Gitterabstand errechnet. Durch den Abgleich des Gitterabstandes mit einer spannungsfreien Referenzprobe kann dann der Eigenspannungszustand im Probe-körper bestimmt werden.

Ergebnisse und Vergleich mit der Simulation

Um ein grundlegendes Verständnis für den Prozess des Laserstrahlschmelzens zu generieren, wurden bewusst einfache, quaderförmige Geometrien für die



Versuchsanordnung zur Bestimmung von Eigenspannungen mit Neutronendiffraktometrie am Messinstrument STRESS-SPEC

IWB FORSCHUNGSBERICHTE

Florian Karl

Bedarfsermittlung und Planung von Rekonfigurationen an Betriebsmitteln (Herbert Utz Verlag, Bd. 298)

Daniel Schmid

Rührreißschweißen von Aluminiumlegierungen mit Stählen für die Automobilindustrie (Herbert Utz Verlag, Bd. 297)

Rüdiger Spillner

Einsatz und Planung von Roboterassistenz zur Berücksichtigung von Leistungswandlungen in der Produktion (Herbert Utz Verlag, Bd. 296)

Tobias Föckerer

Methode zur rechnergestützten Prozessgestaltung des Schleifhärstens (Herbert Utz Verlag, Bd. 295)

Sebastian Schindler

Strategische Planung von Technologieketten für die Produktion (Herbert Utz Verlag, Bd. 294)

Markus Kahnert

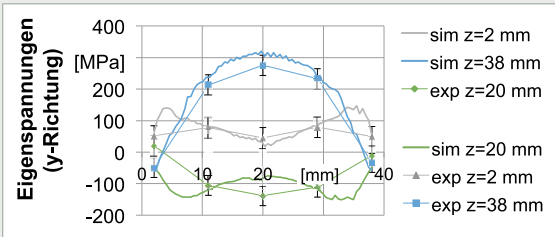
Scanstrategien zur verbesserten Prozessführung beim Elektronenstrahlschmelzen (EBM) (Herbert Utz Verlag, Bd. 293)

Matthias Glonegger

Berücksichtigung menschlicher Leistungsschwankungen bei der Planung von Variantenfließmontagesystemen (Herbert Utz Verlag, Bd. 292)

Alexander Schober

Eine Methode zur Wärmequellenkalibrierung in der Schweißstruktursimulation (Herbert Utz Verlag, Bd. 291)



Vergleich von experimentell bestimmten und mit der Fertigungssimulation berechneten Eigenstressen in longitudinaler Richtung einer quaderförmigen Probe auf drei verschiedenen Höhenniveaus oberhalb der Bauplattform

Messungen gewählt. Als Werkstoff kam die Nickelbasislegierung Inconel718 zum Einsatz, die in der Praxis vor allem für thermisch hochbelastete Bauteile wie beispielsweise Gasturbinen verwendet wird.

Die erhaltenen Messergebnisse beruhen auf Experimenten am STRESS-SPEC-Instrument, betrieben vom Helmholtz-Zentrum Geesthacht (HZG) am Heinz Maier-Leibnitz-Zentrum in Garching. Neben der Erhöhung des Prozessverständnisses dienen die Messungen zur Validierung von am *iwb* entwickelten, thermomechanischen Simulationsmodellen zur Vorhersage von Eigenstressen und Verformungen in laserstrahlgeschmolzenen Bauteilen. Das verwendete Simulationstool entstand im Rahmen des vom EU-Forschungsprogramm „CleanSky“ geförderten Projektes „AeroSim“.

Es wurden drei Messpfade mit jeweils fünf Messpunkten in verschiedenen Höhen oberhalb der Bauplattform in einer stehend aufgebauten, quaderförmigen Probe vermessen und mit den berechneten Resultaten des Simulationsmodells verglichen. Wie links unten zu sehen ist, weisen die Messergebnisse eine gute Übereinstimmung mit den simulierten Eigenstressverläufen auf.

Die Ergebnisse schaffen ein Grundverständnis für die Vorgänge beim Laserstrahlschmelzen. Darüber hinaus geht daraus hervor, dass die getroffenen Modellierungsannahmen und Vereinfachungen, um den Prozess numerisch berechenbar zu machen, zulässig sind.

Dank

Für die Förderung des Forschungsprojektes „AeroSim“ geht ein besonderer Dank an das Forschungsprogramm „CleanSky“ der Europäischen Union. Die Autoren danken für die finanzielle Unterstützung durch das HZG, das es ermöglichte, die Neutronenstreuexperimente am Heinz Maier-Leibnitz Zentrum in Garching durchzuführen. Ein weiterer Dank gebührt der MTU Aero Engines AG für den Aufbau und die Be-

reitstellung der Proben, im Besonderen Herrn Dr. Hessert für die Unterstützung in der Versuchsplanung. Herr Dr. Hofmann, Leiter des Instruments STRESS-SPEC, gilt ein spezieller Dank für die angenehme und konstruktive Atmosphäre während des Experimentes sowie in der Vorbereitung.

Autoren



M. Sc. Fabian Bayerlein

Themengruppe Fertigungstechnik des Anwenderzentrum Augsburg



Dipl.-Phys. Johannes Weirather

Themengruppe Fertigungstechnik des Anwenderzentrum Augsburg



M. Sc. Christian Zeller

Themengruppe Fertigungstechnik des Anwenderzentrum Augsburg

PROJEKTGRUPPE RESSOURCENEFFIZIENTE MECHATRONISCHE VERARBEITUNGSMASCHINEN RMV

- ▶ **GRÜNDUNG**
01.01.2009 in Augsburg
- ▶ **FORSCHUNGSINTENTION**
Nachhaltige Senkung des Ressourcenverbrauchs und Schaffung eines Technologievorsprungs in produzierenden Unternehmen durch exzellente Forschungs- und Entwicklungsarbeit
- ▶ **ENTWICKLUNGSZIEL 2017**
Organisches Wachstum zu einem Fraunhofer-Institut für ressourceneffiziente Verarbeitung am Standort Augsburg



- ▶ **KOOPERATIONEN**
Neben einer administrativen Betreuung und Unterstützung durch das Fraunhofer IWU in Chemnitz wird auch fachlich mit dem Mutterinstitut kooperiert

Eine enge Forschungszusammenarbeit erfolgt mit dem *iwb* der TUM sowie unserem Partner am Standort, dem *iwb* Anwenderzentrum Augsburg

Der geplante Einzug in das Technologiezentrum „Augsburg Innovationspark“ sichert eine gute Vernetzung mit der regionalen Industrie und Hochschullandschaft

Fehlerdetektion beim Elektronenstrahlschmelzen

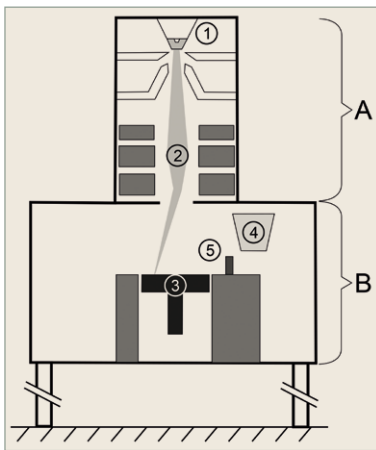
Durch den Wandel der additiven Fertigung von einer Technologie der Prototypenfertigung hin zu einem industriell einsetzbaren Fertigungsverfahren wachsen die Anforderungen hinsichtlich der Prozessbeherrschung. Daher forschen im Rahmen einer europaweiten Kollaboration Mitarbeiter des *iwb* Anwenderzentrum Augsburg an der Prozessüberwachung des Elektronenstrahlschmelzens (EBM).

Im Projekt „Zero Defect Additive Manufacturing – ZeDAM“ arbeitet das *iwb* mit internationalen Partnern an der Umsetzung einer Null-Fehler-Strategie für verschiedene additive Fertigungsverfahren. Die Forschung konzentriert sich dabei auf das EBM-Verfahren, dessen Anlagenaufbau schematisch unten links dargestellt wird.

Prozessüberwachung

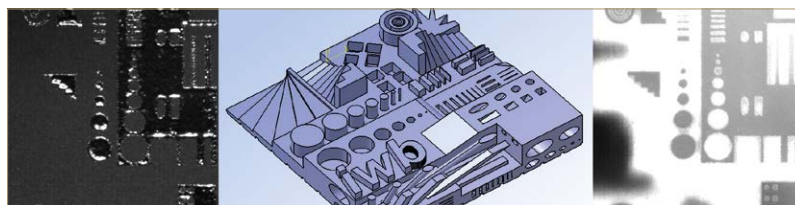
Die Herausforderungen an die Überwachungstechnik sind hoch, da während des Prozesses besondere Rahmenbedingungen herrschen. Für einen fokussierten Strahl ist ein Hochvakuum notwendig, denn die Temperatur der Baukammer erreicht im Verlauf des Prozesses mehrere hundert Grad Celsius. Außerdem entsteht durch die Kollision der Elektronen mit dem Material Röntgenstrahlung. Die Auswahl technisch möglicher Überwachungssysteme ist deshalb eingeschränkt. Durch Expertenumfragen und eine entsprechende Marktrecherche sind die vielversprechendsten Konzepte identifiziert worden. Dabei sind neben funktionalen Kriterien (z. B. Messunsicherheit und Dauer der Messung) auch operative (z. B. Integrationsaufwand und Wartungsmöglichkeit) berücksichtigt worden. Nach der Gewichtung der einzelnen Messprinzipien mithilfe der Ergebnisse der Expertenbefragung erreichte die Prozessbeobachtung mittels Kamera im sichtbaren und im Nah-Infrarot(NIR)-Bereich die höchste Punktzahl. Die Abbildung oben zeigt beispielhafte Aufnahmen einer solchen Kamera nach der Belichtung einer Schicht. Es ist deutlich zu erkennen, dass im NIR-Bild auch bereits von der nächsten Pulverschicht verdeckte Bauteilbereiche de-

her Überwachungssysteme ist deshalb eingeschränkt. Durch Expertenumfragen und eine entsprechende Marktrecherche sind die vielversprechendsten Konzepte identifiziert worden. Dabei sind neben funktionalen Kriterien (z. B. Messunsicherheit und Dauer der Messung) auch operative (z. B. Integrationsaufwand und Wartungsmöglichkeit) berücksichtigt worden. Nach der Gewichtung der einzelnen Messprinzipien mithilfe der Ergebnisse der Expertenbefragung erreichte die Prozessbeobachtung mittels Kamera im sichtbaren und im Nah-Infrarot(NIR)-Bereich die höchste Punktzahl. Die Abbildung oben zeigt beispielhafte Aufnahmen einer solchen Kamera nach der Belichtung einer Schicht. Es ist deutlich zu erkennen, dass im NIR-Bild auch bereits von der nächsten Pulverschicht verdeckte Bauteilbereiche de-



Schematische Ansicht des EBM-Prozesses: Strahlerzeuger (A) mit Kathode (1) und Strahlführung (2) sowie Baukammer (B) mit Bauplattform (3), Pulvervorrat (4) und Beschichter (5) (in Anlehnung an Lutzmann 2006)

tektierbar sind. Die Bild-Erzeugung durch Rückstreuelektronen stellt eine Alternative dar, die ähnlich hoch bewertet wurde. Das zugrundeliegende Prinzip entspricht dem der Rasterelektronenmikroskopie,



Schichtaufnahme im sichtbaren Bereich (links) und im NIR-Bereich (rechts) der iwB-Testplatte (Mitte). Im oberen Bildbereich ist eine auf 50 mm, im unteren eine auf 30 mm Kantenlänge skalierte Platte zu sehen. Die Versuche wurden auf einer Arcam Q10 EBM-Anlage durchgeführt.

jedoch mit geringerer Auflösung. Durch ein Fehlen von Lichtreflexen und einen hohen Kontrast hat sich diese Technik bereits im Bereich des Elektronenstrahlschweißens bewährt.

Ausblick

In naher Zukunft wird die Integration dieses elektronenoptischen Systems in der Versuchsanlage des iwBs durchgeführt. Die anlagentechnischen Voraussetzungen dafür sind gegeben.

Dank

Das IGF-Vorhaben Nr. 86 EBG der Forschungsvereinigung Schweißen und verwandte Verfahren e.V. (DVS) wird über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemein-

schaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.



Autoren

M. Sc. Fabian Bayerlein

Themengruppe Fertigungstechnik des Anwenderzentrum Augsburg



M. Sc. Stephan Janson

Themengruppe Fertigungstechnik des Anwenderzentrum Augsburg

Neue Verfahren für Faserverbundwerkstoffe

Vom 10. bis zum 12. März präsentierte das iwB die neuesten Entwicklungen im Bereich des Fügens und Trennens von Faserverbundwerkstoffen auf der Messe JEC in Paris. Mit über 36.000 Besuchern aus 88 Nationen ist die JEC die internationale Leitmesse im Bereich der Composites.

Der richtige Prozess für jeden Werkstoff

Effizienter Leichtbau lässt sich nicht ausschließlich mit der Substitution durch einen leichteren Werkstoff erreichen. Angepasste Bauweisen im Multi-Material-Mix sind der Schlüssel für die Leichtbaustrukturen der Zukunft. Das iwB hat diesen Trend bereits vor einiger Zeit erkannt und im Bereich der Füge- und Trenntechnik auf breiter Front Kompetenz für die Bearbeitung von Faserverbundwerkstoffen in Mischbauweise aufgebaut. Die Forschungsthemen sowie die entsprechenden Kompetenzen wurden dieses Jahr erstmalig auf der Messe JEC Europe in Paris am Gemeinschaftstand von Bayern Innovativ vorgestellt. Im Bereich des Fügens standen insbesondere Verfahren zur laserbasierten Oberflächenvorbehandlung und zum thermischen Fügen von Faserverbundwerkstoffen mit Leichtbaumetallen im Vordergrund. Im Bereich des Trennens stellten die Forscher neue Ergebnisse und Entwicklungen zum Laserstrahlschneiden von CFK vor.

Erfolgreicher Messeauftritt

Die Messebesucher interessierten sich insbesondere für die anschauliche Demon-

stration der Prozesse anhand von Prozessvideos und Animationsfilmen. Im vertiefenden Gespräch konnten die Forschungsergebnisse am Beispiel der ausgestellten Exponate beeindrucken. Durch den Messeauftritt wurden zahlreiche neue Kontakte im Bereich der Produktionstechnik der Faserverbundwerkstoffe geschlossen und bestehende Kontakte intensiviert.

Künftige Forschungsarbeiten zum Strukturleichtbau

Zudem konnte durch den Auftritt des iwBs auf der JEC das Koordinationsprojekt „FOREL“ erfolgreich präsentiert werden. Das Ziel von „FOREL“ ist die Initiierung und systematische Koordination von Verbundinitiativen, um ressourceneffiziente Leichtbaustrukturen der Elektromobilität und zugehörige Prozessketten im Rahmen eines anwendungsnahen Forschungs- und Technologiezentrums zu entwickeln und zu validieren. Das iwB nimmt im Rahmen dieses Vorhabens die Rolle eines von vier koordinierenden Forschungspartnern ein.

Dank

Dieser Messeauftritt wurde durch eine Kooperation des Messebeauftragten für



Faserverbundwerkstoffe zum Anfassen – der Messestand des iwBs

die Bayerischen Hochschulen (mit Sitz an der TUM) und der Bayern Innovativ GmbH ermöglicht. Das Forschungs- und Entwicklungsprojekt „FOREL“ wird mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) im Rahmenkonzept „Forschung für die Produktion von morgen“ (Förderkennzeichen 02PJ2760 – 02PJ2763) gefördert und vom Projektträger Karlsruhe (PTKA) betreut.

Weitere Informationen

www.iwb.tum.de/JEC2015



Autoren

Dipl.-Ing. Alexander Fuchs

Mitglied der Institutsleitung

19. Augsburger Seminar für additive Fertigung

Am 16. Juni 2015 fand zum 19. Mal das Seminar für additive Fertigung in Augsburg statt, welches seit 1997 den Wissenstransfer zwischen Industrie und Forschung sicherstellt. In den Sessions für metallische und nicht-metallische Werkstoffe wurden in diesem Jahr aktuelle Ergebnisse aus den Themengebieten Prozessketten und digitale Werkzeuge vorgestellt.

Keynote-Vortrag von Prof. Michael Zäh beim letztjährigen Seminar für additive Fertigung



Auch beim diesjährigen Seminar für additive Fertigung wurden im Anschluss an die Key-Note-Vorträge zwei parallele Sessions angeboten, welche metallische sowie nicht-metallische Werkstoffe behandelten, um die Interessen der Teilnehmerinnen und Teilnehmer bestmöglich zu berücksichtigen. Die inhaltlichen Schwerpunkte des 19. Seminars für additive Fertigung bildeten Prozessketten und digitale Werkzeuge.

Prozessketten und digitale Werkzeuge im Fokus

Die additive Fertigung ermöglicht zwar die Herstellung komplexer Geometrien. Damit einher geht jedoch auch eine Steigerung der zu verarbeitenden Datenmengen, woraus sich gesteigerte Anforderungen an die Leistungsfähigkeit der eingesetzten digitalen Werkzeuge ergeben. Die Simulation der additiven Fertigungsprozesse fördert das Prozessverständnis und bildet ein wesentliches Hilfsmittel zur Prozessqualifizierung. Für eine gesamtheitliche Gestaltung der Prozesskette sind vor- und nachgelagerte Schritte ebenfalls zu berücksichtigen. So stellen beispielsweise die bereits genannte Datenvorbereitung und die Bauteilnachbearbeitung grundlegende Bestandteile dar. Eine zentrale Bedeutung für die Bauteilqualität und die Wirtschaftlichkeit kommt darüber hinaus dem Materialkreislauf zu, der die Herstellung, Aufbereitung und Wiederverwertung der Ausgangswerkstoffe umfasst. Das 19. Augsburger Seminar für additive Fertigung mit dem Titel „Prozessketten und digitale Werkzeuge“ adressierte diese Handlungs-

felder. Ferner wurden Möglichkeiten aufgezeigt, wie sich die additiven Fertigungsverfahren in die Produktion integrieren lassen und wie Softwarelösungen die Wirtschaftlichkeit der Technologien steigern können.

Referenten aus Forschung und Industrie

Neben Herrn Dr. Dieter Schwarze von SLM Solutions erwartete die Gäste ein interessantes und abwechslungsreiches Programm, unter anderem mit Vorträgen der Firmen RUAG, Materialise und ExOne sowie des Fraunhofer-Instituts für Zerstörungsfreie Prüfverfahren (IZFP).

Ausstellerforum und abendliches Get-together im „AMLab“

Im begleitenden Ausstellerforum bot sich zudem die Gelegenheit, innovative Anwendungsbeispiele und aktuelle Forschungsergebnisse in der additiven Fertigung kennenzulernen und sich mit den Experten der Branche auszutauschen. Im Anschluss an die Veranstal-

tung fanden am *iwb* Anwenderzentrum Augsburg geführte Rundgänge mit Live-Demos durch das „AMLab“ (Labor für additive Fertigung) statt. Im Rahmen des Get-togethers klang der Seminartag dann gemütlich aus.



Autoren

Dipl.-Phys. Johannes Weirather

Themengruppe Fertigungstechnik des Anwenderzentrum Augsburg



M. Sc. Max Lutter-Günther

Projektgruppe RMV des Fraunhofer IWU



M. Sc. Sandra Schreiber

Themengruppe Fertigungstechnik des Anwenderzentrum Augsburg

NEUE MITARBEITER

Garching

M. Sc. Andreas Bachmann
Fabio Ciuffreda
M. Sc. Jan Bernd Habedank
M. Sc. Severin Kreuels
M. Sc. Joscha Schnell
M. Sc. Florian Schnös
M. Sc. Sepp Wimmer

AUSGESCHIEDENE MITARBEITER

Garching

M. Sc. Benny Drescher
M. Sc. Christian Gebbe
Dr.-Ing. Daniel Hofmann
Dipl.-Ing. Thorsten Klein
Dipl.-Ing. Klemens Niehues
Dipl.-Ing. Markus Pröpster
Dipl.-Ing. Christoph Richter
Dr.-Ing. Oliver Rösch
Dipl.-Ing. Stefan Schwarz
Kurt Wagner

Augsburg

Dipl.-Ing. Florian Hefner
Dipl.-Phys. Harald Krauss
M. Sc. Kerstin Wagner

IMPRESSUM

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

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

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

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

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

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