

## Editorial

Sehr geehrte Damen und Herren,

nichts ist so beständig wie der Wandel. Diesem Motto folgen auch wir am wbk Institut für Produktionstechnik. Daher freut es uns sehr, dass Herr Professor Jürgen Fleischer seit dem 01. Oktober 2010 als Mitglied der kollegialen Institutsleitung an das wbk zurückgekehrt ist. Seit 2008 war er beurlaubt, um seine Tätigkeit als Chairman of the Executive Board der internationalen Werkzeugmaschinen-Gruppe MAG Industrial Automation Systems ausüben zu können.

Mit der Rückkehr von Professor Fleischer stellt sich das wbk mit einer kollegialen Institutsleitung zukunfts-fähig auf. Im wissenschaftlichen Bereich können wir so eine klare Fokussierung

erreichen, bei gleichzeitig gemeinsamer Verantwortung für das Gesamtinstitut. Wir sind sicher, dass die großen Herausforderungen, die durch neue Technologien und Produkte, aber auch durch die weltweit vernetzten Wertschöpfungsprozesse auf die Produktionsforschung zukommen, nur in einem starken Team effizient angegangen werden können.

Insofern sehen wir uns gestärkt und freuen uns auf eine weiterhin enge Zusammenarbeit mit Industrie und Wissenschaft. Bei dieser Gelegenheit möchten wir unseren herzlichen Dank auch unserem Kollegen Christian Munzinger aussprechen, der in den letzten Jahren während der Be-

urlaubung von Professor Fleischer unseren Bereich Werkzeugmaschinen und Handhabungstechnologie sehr erfolgreich geleitet hat. Er wird das Institut zum 01. Januar 2011 verlassen, um eine verantwortliche Position in der Industrie zu übernehmen.

Ihnen und Ihren Familien wünschen wir frohe Weihnachten und ein erfolgreiches, gesundes neues Jahr. Wir bedanken uns für das entgegengebrachte Vertrauen und freuen uns, Ihnen auch in 2011 ein verlässlicher Partner zu sein.

Ihr wbk-Team



## Kinematische Simulation fünffachsiger Fräsbearbeitung von Composites

### Bearbeitung von Composites

Bei der Bearbeitung faserverstärkter Kunststoffe verursachen Prozesskräfte Bauteilschädigungen, wenn sie in ungünstige Richtung wirken. Hinzu kommt ein durch die abrasiven Verstärkungsfasern verursachter, starker Werkzeugverschleiß mit der damit verbundenen Änderung der Schneiden(mikro)geometrie.

### Fünffachsige Fräsbearbeitung

Mit Werkzeugen und Prozessstrategien, die die resultierenden Prozesskräfte besonders im Bereich der Decklagen ins Werkstückinnere richten, lassen sich qualitativ hochwertige Bearbeitungsergebnisse erzielen. Schädigungen wie Abplatzungen oder Delamination sind minimal. Ein Beispiel einer solchen Bearbeitungsstrategie zur Bohrlochherstellung stellt das fünffachsige Taumelfräsen dar. Dabei werden die Decklagenbereiche einer Bohrung mit einem geneigten und um einen fixen Punkt rotierenden Werkzeug bearbeitet (siehe Abbildung 1). Schnitt- und Passivkräfte an der Werkzeugschneide sind während des Schnittes stets in Richtung der Werkstückmitte gerichtet, wodurch die Decklagen abgestützt werden.

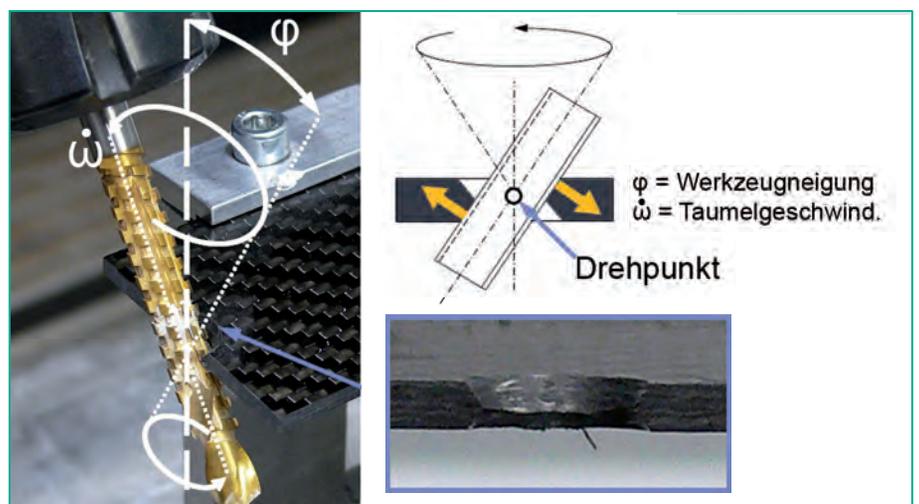


Abbildung 1: Taumelfräsen

### Kinematische Simulation

Die genaue Analyse der während des Schnittes vorliegenden Bedingungen (Spannungsdicke und Prozesskräfte) ist für den Ausbau des Prozessverständnisses unbedingt erforderlich, aufgrund der erhöhten Komplexität jedoch nicht ohne

weiteres durchführbar. Es wurde daher ein Simulationsprogramm erstellt, das es erlaubt, die an einem beliebigen Punkt der Umfangsschneide vorliegenden Schnittbedingungen zu bestimmen. Die Werkzeugbewegung kann dabei in drei translatorischen sowie zwei rotatorischen Freiheitsgraden frei parametrisiert beschrieben werden.

Fortsetzung Seite 2

# Kinematische Simulation fünffachsiger Fräsbearbeitung von Composites

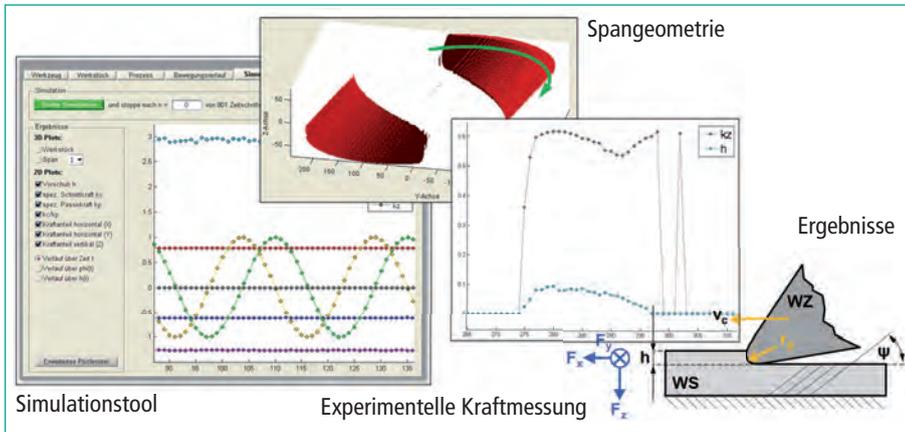


Abbildung 2: Kinematische Simulation

Fortsetzung von Seite 1

In diskreten Zeitschritten wird die an der Schneide anliegende Spanungsdicke berechnet sowie das von der Schneide durchdrungene Materialvolumen als Spanvolumen gespeichert (siehe Abbildung 2).

Zum jetzigen Zeitpunkt erfolgt die Bestimmung der resultierenden Prozesskrafttrichtung lediglich theoretisch auf Basis der Mikrogeometrie der Schneide und der Spanungsdicke. Durch die Implementierung experimentell ermittelter Zusammenhänge zwischen den relevanten Prozess-, Werkzeug- und Materialparametern und den

Schnitt- und Passivkräften wird das Simulationsstool im nächsten Schritt weiter ausgebaut. Ziel ist es, die auf das Material wirkenden Prozesskräfte in Betrag und Richtung zuverlässig abbilden zu können. Dadurch sollen die Belastungen stets unterhalb der Werkstückfestigkeiten gehalten und eine Prozessoptimierung auch bei veränderlicher Werkzeugmikrogeometrie (Verschleiß) ermöglicht werden.

**Fazit**

Durch die Bestimmung der wirksamen Prozesskräfte auch für veränderliche Prozessparameter und Werkzeuggeometrien lassen sich komplexe (fünffachsig) Bearbeitungsstrategien mit vertretbarem Aufwand analysieren. Schädigungsarme Bearbeitungsstrategien unter gezielter Betrachtung der Presskrafttrichtung können somit optimiert werden.

**Ansprechpartner:**

Dipl.-Ing. Chris Becke  
 Telefon: 0721/608-2448  
 E-Mail: becke@wbk.uka.de

# Prozessübergreifende Abtragregelung für die Mikrobahnerosion

**Einleitung**

In der Regel werden Mikrobauteile mittels Replikationsverfahren, wie dem Powder Injection Moulding (PIM), hergestellt, um große Stückzahlen bei niedrigen Kosten zu realisieren. Hierfür werden präzise Formen aus verschleißfesten Materialien benötigt. Die Mikrobahnerosion ist ein geeignetes Verfahren, um diese Kavitäten in den geforderten Materialien und mit hoher Flexibilität darzustellen. Bei dieser Verfahrensvariante der Funkenerosion funktioniert die Verschleißkompensation über eine kontinuierliche Zustellbewegung der Elektrode. Da sich das Verschleißverhalten mit steigender Tiefe einer Kavität ändert und korrekte Daten über das Verschleißverhalten intensive und zeitintensive Voruntersuchungen erfordern, kommt es häufig zu einer ungewollten Geometrieabweichung des Fertigungsergebnisses, die sich in einem Nichterreichen der geforderten Solltiefe und einer konvexen bzw. konkaven Geometrie des Grundes der Kavität äußert.

Innerhalb des Sonderforschungsbereichs 499 TP B4 wurde daher eine prozessübergreifende Abtragregelung für die Mikrobahnerosion entwickelt und softwaretechnisch in einer automatisierten Lösung umgesetzt.

**Messtechnik und -strategie**

Um die Abweichung der Soll- von der Isttiefe nach einer ersten Bearbeitung zu messen, wurde ein konfokaler Weißlichtsensor in die Mikrobahnerosionsmaschine integriert, um in derselben Einspannung ein Bauteil bearbeiten und messen zu können. Gleichzeitig konnte so die Maschinenkinematik und Steuerung für den Messprozess genutzt werden. Um jeden Punkt des Werkstücks zu erfassen, den die Elektrode bearbeitet hat, wurde eine Messstrategie abgeleitet, die auf den Bahnen der Bearbeitungsdatei beruht. So konnte sichergestellt werden, dass in

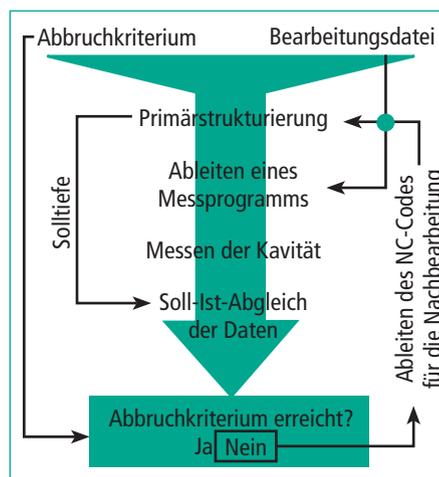
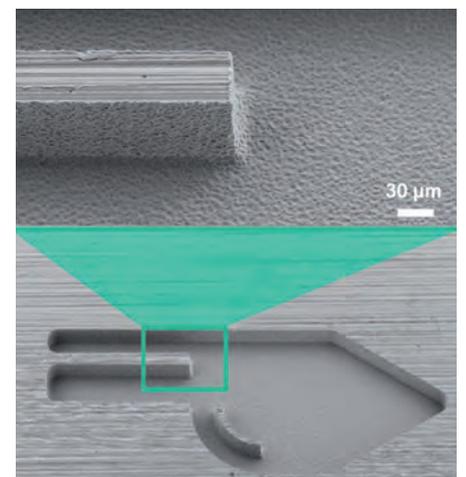


Abbildung 1: Automatisierter Programmablauf der Abtragregelung (links); bearbeitete Teststruktur (rechts)

jedem Fall das Maximum und das Minimum der Abtragtiefe erfasst wurde.

**Programmaufbau und Validierung**

Die komplette Regelungsschleife wurde mit der Programmieroberfläche LabView umgesetzt. Wie in Abbildung 1 (links) dargestellt, findet ausgehend von einer Primärstrukturierung der Kavität das Ableiten des Messprogramms und dessen Ausführung statt. Nach einer Bewertung der Messdaten anhand eines zuvor definierten Abbruchkriteriums wird entschieden, ob eine hinreichende Bauteilqualität erreicht wurde und gegebenenfalls ein Nachbearbeitungsprogramm erstellt und ausgeführt werden muss. Zur Validierung der automatisierten Abtragregelung wurde eine Teststruktur (siehe Abbildung 1, rechts) festgelegt, die aufgrund ihrer Strukturdetails, wie variierendem Bahnüberlapp und unterschiedlichen Elektrodenumkehrpunkten, einige Herausforderungen an den Prozess und die Bearbeitungsstrategie stellt. Bei der Fertigung der Kavi-



tät mit der prozessübergreifenden Abtragregelung wurde nach fünf Bearbeitungsschleifen eine Tiefe von 98,2 µm von geforderten 100 µm erreicht und eine Welligkeit des Grundes der Struktur, die annähernd im Bereich der Oberflächenrauheit lag.

**Fazit**

Bei der Mikrobahnerosion ist die herkömmliche Verschleißkompensation über ein Zustellen der Elektrode während des Prozesses nicht hinreichend genau und erfordert ein umfangreiches Erfahrungswissen. Durch die Integration eines konfokalen Weißlichtsensors und der Entwicklung einer Abtragregelung konnte eine Möglichkeit geschaffen werden, das Fertigungsergebnis nachhaltig zu verbessern und aufwendige Verschleißuntersuchungen zu umgehen.

**Ansprechpartner:**

Dipl.-Ing. Christoph Ruhs  
 Telefon: 0721/608-4015  
 E-Mail: ruhs@wbk.uka.de

# SFB Transregio10 – Demonstration der vollständig automatisierten Prozesskette zur Evaluation

## Einleitung

Leichte Tragwerkstrukturen spielen heutzutage in der industriellen Produktionstechnik eine zunehmend wichtige Rolle. Sowohl im Automobil- als auch im Flugzeugbau finden sogenannte Space-Frame Strukturen eine immer größere Verbreitung. Das gemeinsame Forschungsziel des SFB/TR 10 ist es daher, die wissenschaftlichen Grundlagen und Methoden zur Gestaltung integrierter Prozessketten und deren Technologien zur automatisierten, produktflexiblen Kleinserienfertigung von leichten Tragwerksstrukturen zu erarbeiten. Als übergeordnetes Ziel der zweiten Projektphase stand hierbei die Integration in die Prozesskette im Vordergrund. Im Rahmen der erfolgreichen Begutachtung des SFB/TR10 im Juni

war eine jeweilige Verbesserung von 85 Prozent gegenüber Phase I bedeutet. Durch die vollständige Integration der Inlinekalibrierung ist eine weitere Genauigkeitssteigerung zu erwarten.

Um eine genaue Positionierung in nachfolgenden Prozessen zu ermöglichen, ist in einer flexiblen Kleinserie die prozessübergreifende Qualitätssicherung notwendig. Zum einen werden hier Profildaten ermittelt, die in nachfolgenden Prozessen, wie beispielsweise der spanenden Bearbeitung, nötig sind. Zum anderen ist es gerade bei kleinen Stückzahlen wichtig, Schwankungen im Prozess schnell zu erkennen und gegebenenfalls Gegenmaßnahmen einzuleiten. Ziel des Teilprojektes „Flexible Greif- und Messtechnik“ war

bei der Bearbeitung auf 10 µm genau zu positionieren. Bei einem 1,5 m langen räumlich gekrümmten Profil konnte mit diesem Ansatz die Kontur auf 0,6 mm und die Länge des Bauteils auf 0,1 mm genau bestimmt werden.

Im Bereich der Bearbeitung gerundeter Strangpressprofile in einer Kleinserie steht vor allem die Flexibilität und damit die Möglichkeit im Vordergrund, verschiedene Profilgeometrien ohne aufwändige Vorrichtungen zu bearbeiten. Eine flexible Bearbeitungszelle konnte in Phase I umgesetzt werden. Um industriellen Anforderungen nach einer flexiblen und effizienten Komplettbearbeitung gerecht zu werden, war es neben der kontinuierlichen Steigerung der Bearbeitungsgenauigkeit Ziel des Teilprojektes „Flexible Handhabungs- und Bearbeitungskinematik“ Zusatzprozesse zu integrieren sowie eine Möglichkeit zur einfachen und schnellen Programmierung der komplexen Maschinenteknik zu realisieren. Als repräsentative Zusatzprozesse wurden das Einpressen von Gewindehülsen und die Endenbearbeitung als Vorbereitung für einen Fügeprozess ausgewählt und realisiert. Im Bereich der Programmierung konnte ein CAD-basierter Ansatz umgesetzt werden. Dabei werden die Bewegungsbahn des Roboters sowie der NC-Code der Parallelkinematik in einem CAD-Kinematikmodell anhand der Daten der realen Profilgeometrie erstellt.

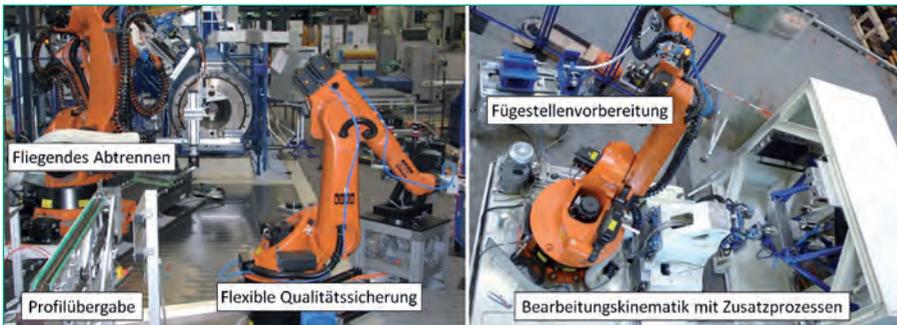


Abbildung 1: Realisierte Prozesskette des Transregio 10 nach Phase II

2010 konnte die automatisierte Prozesskette dargestellt werden (siehe Abbildung 1). Ausgehend von der Herstellung dreidimensionaler Profile und dem fliegenden Trennen der Profile, wurde eine flexible Qualitätssicherung gezeigt, bei welcher die Profile automatisch vermessen werden. Anschließend erfolgte die Bearbeitung der Profile. Hierbei konnte erfolgreich die Integration ausgewählter Zusatzprozesse dargestellt werden.

## Ergebnisse der zweiten Phase

Bei der Herstellung komplexer dreidimensionaler Profilgeometrien ist die Genauigkeit der Profile für alle nachfolgenden Prozesse, bis hin zu einer fertigen Rahmenstruktur, von entscheidender Bedeutung. Zentrale Herausforderung des Teilprojektes „Fliegendes Abtrennen“ war daher, die Profilgenauigkeit hinsichtlich Länge und Kontur weiter zu verbessern, da diese aufgrund des neuen und innovativen Verfahrens „Runden beim Strangpressen“ nach der ersten Phase noch nicht den Anforderungen der Industrie entsprachen. Neben Untersuchungen zeitlich invarianter Einflussparameter, wie z. B. der Synchronisation der Anlagenteile und die Berücksichtigung thermischer Einflüsse (siehe Abbildung 2) bei der Bahnplanung, konnte ein Ansatz zur kontinuierlichen Inlinekalibrierung der Bahndaten zur Profilführung umgesetzt werden. Bei diesem Ansatz werden die bereits hergestellten Profile vermessen. Anhand der Abweichung zur Soll-Kontur werden Kompensationswerte errechnet und für die nachfolgende Bahnplanung berücksichtigt. Mit den bisher umgesetzten Kompensationsmechanismen konnte die Profilgenauigkeit bezüglich Länge und Kontur auf +/- 2,3 mm/m bzw. +/- 1,1 mm bei dreidimensionalen Profilen gesteigert werden,

daher die Erarbeitung und Umsetzung einer prozessübergreifenden Inline-Qualitätssicherung. Hierzu wurde ein Ansatz auf Basis von auf der Bauteiloberfläche aufgetragenen Markierungen erarbeitet. Diese bilden einen bauteilimmanenten Maßstab. Nach einmaliger Vermessung des

Alle prozessrelevanten Größen, wie beispielsweise die geometrischen Abmessungen von Aussparungen, werden automatisiert aus dem Modell ausgelesen und in den Steuerungscode integriert. Gegenüber Phase I, in der die Maschinenteknik zum größten Teil manuell von Hand programmiert

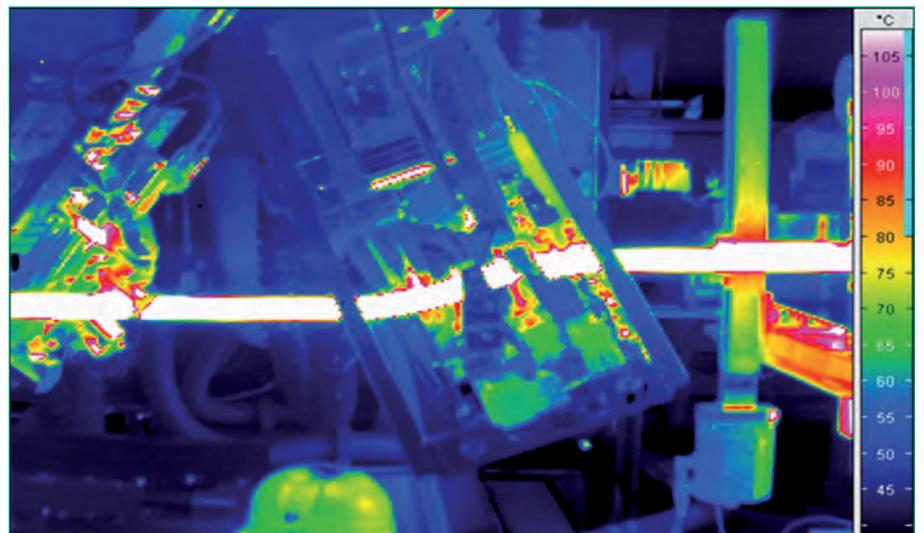


Abbildung 2: Thermografieaufnahme des Strangpressprozesses

Bauteils und Kalibrierung des Maßstabs innerhalb einer Qualitätssicherungsstation, in welcher die Profile automatisch mit Hilfe eines Industrieroboters vermessen werden, kann der Maßstab an jedem Ort der Prozesskette genutzt werden, um die Position des Bauteils zu bestimmen und zu regeln. Eine solche Regelung wurde zum Beispiel in der flexiblen Handhabungs- und Bearbeitungskinematik umgesetzt, um Profile

wurde, konnte eine Verringerung der Komplexität der Programmierung sowie eine Reduzierung des zeitlichen Aufwandes um ca. 85 Prozent erreicht werden.

### Ansprechpartner:

Dipl.-Ing. Martin Otter  
Telefon: 0721/608-4014  
E-Mail: otter@wbk.uka.de

# wbk-Herbsttagung 2010

Die wbk-Herbsttagung hat sich als wichtigste jährliche Veranstaltung am wbk etabliert. Dieses Jahr fand sie am 11. November 2010 zum Thema „Life Cycle Performance produktions-technischer Maschinen und Anlagen“ statt und war mit etwa 70 Teilnehmern sehr gut besucht. Nach 2004, 2006 und 2008 war es die vierte Herbsttagung, welche sich mit dem Themenfeld Life Cycle Performance (LCP) beschäftigte. Seit 2003 arbeiten am wbk im Forschungsschwerpunkt LCP zwischen fünf und zehn wissenschaftliche Mitarbeiter an den Themenfeldern Zuverlässigkeit technischer Systeme, Kosten- und Risikomanagement, Technische Dienstleistungen und Fabrik-Life-Cycle.

Seit der letzten Herbsttagung zum Thema LCP im Jahre 2008 wurden am wbk im Verbund mit der Industrie in den genannten Themenfeldern vielfältige Projekte durchgeführt. Ziel der Veranstaltung war es, aktuelle Entwicklungen und Ergebnisse aus diesen Projekten vorzustellen und auch neue Herausforderungen für die Zukunft zu identifizieren. Im Vordergrund standen aber nicht nur die innovativen Beiträge aus Industrie und Wissenschaft, welche das Themenfeld aus verschiedenen Perspektiven betrachteten, sondern auch der rege Austausch unter den Teilnehmern. Auch hier wurden neue Handlungsfelder und Potenziale erkannt, wie den vielfältigen Herausforderungen auf dem Gebiet LCP begegnet werden kann. Die Besucher der Herbsttagung waren sowohl Vertreter von Betreibern als auch von Herstellern und Komponentenzulieferern produktions-technischer Anlagen sowie Vertreter aus Wissenschaft, Forschung und der Fachpresse.

## Erfahrungsberichte aus der Praxis

Eröffnet wurde die Tagung von Frau Prof. Lanza mit einem Überblick über die bisherigen Aktivitäten und Projekte des wbk im Bereich LCP. Ziel der Forschung im Bereich LCP ist es, den Nutzen einer produktions-technischen Anlage im Verhältnis zu ihren Kosten über den gesamten Lebenszyklus zu steigern. Dabei werden besonders Aspekte wie Ausbringung, Verfügbarkeit, Qualität und Flexibilität betrachtet. Das wbk führte in diesem Bereich bisher 15 öffentlich geförderte Forschungsprojekte und zahlreiche bilaterale Industrieprojekte durch. Die Projektideen folgen dabei zu einem großen Teil aus den bei den zurückliegenden Herbsttagungen identifizierten Handlungsfeldern Zuverlässigkeit technischer Systeme, Kosten- und Risikomanagement, Technische Dienstleistungen und Fabrik-Life-Cycle.

Im Anschluss stellten Projektpartner aus der Industrie Ergebnisse der einzelnen Forschungsprojekte vor. Mit dem Themenbereich Zuverlässigkeit technischer Systeme machte Herr Wieschollek aus dem Bereich Manufacturing Technology der Heidelberger Druckmaschinen AG den Auftakt. In seinem Vortrag zum Thema „Zustands- und belastungsorientierte Ansätze zur Diagnose und Prognose von Werkzeugmaschinen“ stellte er wesentliche Ergebnisse aus dem BMBF-Projekt „Optilast – Steigerung der Verfügbarkeit von



Abbildung 1: Die wbk-Herbsttagung wurde von Vertretern aus Industrie und Wissenschaft besucht.

Werkzeugmaschinen durch prozessparallele Last- und Verschleißüberwachung“ vor.

Den Bereich Kosten- und Risikomanagement begann Herr Dr. Stengele, Leiter Technik der Licon mt GmbH & Co. KG aus Laupheim, mit der Präsentation von Arbeiten, welche im Rahmen des von der Forschungsgemeinschaft Qualität e.V. betreuten Projekts „myLCP – Skalierbare Life-Cycle-Performance-Prognoseverfahren für den Maschinen- und Anlagenbau“ bei Licon durchgeführt wurden, um die Prognose von TCO- und Garantiekosten auf Basis der Zuverlässigkeit der Maschinenkomponenten zu unterstützen. Herr Hummel, Leiter Produktion und Logistik beim Messmaschinenhersteller Hommel-Etamic GmbH, stellte vor, wie im Rahmen desselben Projektes der TCO-Gedanke dazu angewendet wurde, Mehrwert in den verschiedenen Stufen der Wertschöpfungskette im Unternehmen zu generieren.

Den Themenkomplex Kosten- und Risikomanagement rundete Herr Dörr, Geschäftsführer der Trumpf Leasing + Service GmbH + Co. KG, mit Einblicken in die „Erfolgsfaktoren im Hersteller-Leasing und im internationalen Geschäft“ ab.

Nach der Mittagspause begann der Themenbereich Technische Dienstleistungen. Herr Wieser, Leiter Instandhaltung der ZF Friedrichshafen AG, berichtete über die Felddatenerfassung in der Instandhaltung zur Sicherstellung einer nachhaltigen Life Cycle Performance. Im Anschluss folgte ein Vortrag von Herrn Behmann, akademischer Mitarbeiter am wbk, zum Thema „Optimierung des Instandhaltungsservices unter Berücksichtigung der Betriebs- und Belas-

tungseinflüsse“. Dieser Vortrag zeigt aktuelle Forschungsarbeiten im Rahmen des von der Stiftung Baden-Württemberg finanzierten Projekts „WiTal – Wissenstransfer und Grundlagenbereitung technischer Dienstleistungen im Maschinen- und Anlagenbau“.

Im Themenfeld Fabrik-Life-Cycle fokussierte Herr Dr. Mussa, Leiter Fertigungstechnologie- und Fertigungsprozess-Entwicklung DC/MFP bei der Bosch Rexroth AG, das sehr wichtige Feld der Energieeffizienz. Den abschließenden Projektbericht hielt Herr Günther, Leiter Produktion und Logistik der Robert Seuffer GmbH & Co. KG. Er stellte die Praxiserfahrung des Unternehmens mit der im Rahmen des BMBF-Projekts „VireS – Virtuelle Synchronisation von Produktentwicklung und Produktionssystementwicklung“ entwickelten frühzeitigen Kosten- und Leistungsanalyse von Produktionssystemen unter Unsicherheit vor.

Die Vorträge haben gezeigt, dass das wbk mit den breiten Forschungsaktivitäten im Bereich LCP Unternehmen effizient und nachhaltig unterstützen kann, die Wirtschaftlichkeit und Leistungsfähigkeit ihrer Produktion weiter zu steigern. Der Tagungsband kann am wbk bezogen werden.

### **Ansprechpartner:**

Dipl.-Wi.-Ing. Patrick Werner  
Telefon: 0721/608-4153  
e-Mail: werner@wbk.uka.de

Sabine Werner, M.A.  
Telefon: 0721/608-2444  
E-Mail: werners@wbk.uka.de

# Planung und Optimierung wandlungsfähiger globaler Wertschöpfungsnetzwerke (**POWer.net**)

## Motivation

Erfolgreiche deutsche Produktionsunternehmen haben sich in Zusammenhang mit der Konzentration auf Kernkompetenzen und der Nutzung internationaler Standortvorteile in Form globaler Wertschöpfungsnetzwerke aufgestellt. Durch unternehmensinterne Werke sowie externe Partner und Zulieferer entstehen komplexe Wirkmechanismen innerhalb der Netzwerke, die teilweise weder vollständig bekannt sind, noch prognostiziert werden können.

mierung des Zeit- und Kostenaufwandes erstellt. Beispiele sind die Standardisierung des Produktspektrums für einen effizienten Kapazitätsaustausch zwischen den einzelnen Standorten des Netzwerks oder das Aufbauen von Logistikkapazitäten als Ausgleich für Nachfragesteigerungen. Eine neu zu entwickelnde Kosten-Nutzen-Bewertung der einzelnen so genannten Wandlungsbefähigern ermöglicht eine ökonomische Auswahl von Konzepten, um einen wirtschaftlichen Grad an Wandlungsfähigkeit zu erzielen, der den ge-

Zeit, Flexibilität etc.). Werden spezifische Kennwerte über- oder unterschritten, steht eine erneute Anpassung des Netzwerks an.

## Erwartete Ergebnisse

Übergeordnetes Ergebnis von POWer.net bildet eine Gesamtmethodik für die Gestaltung und den Betrieb wandlungsfähiger Wertschöpfungsnetzwerke mit weltweit verteilten Standorten. Neben einem Methodenbaukasten zur Netzwerkanalyse und -bewertung beinhaltet diese Methodik Werkzeuge für eine integrierte Netzwerkmodellierung und ein kontinuierliches Netzwerkmonitoring.

## Projektkonsortium

Das wbk Institut für Produktionstechnik, das Bremer Institut für Produktion und Logistik GmbH (BIBA) und das Institut für Sozialwissenschaftliche Forschung München e.V. (ISF) decken eine ganzheitliche Sichtweise auf Wertschöpfungsnetzwerke hinsichtlich Produktion (wbk), Logistik (BIBA), Organisation (ISF) und deren Wechselwirkungen ab. Mit Projektpartnern aus der Industrie wie die KSB AG, Schott AG und auch die era-contact GmbH werden in Zusammenarbeit produktionstechnische Lösungen erstellt. Konzepte, um den Anforderungen in den Bereichen Logistik und Distribution zu begegnen, werden mit der Norddeutsche Seekabelwerke GmbH sowie der Wespig Textil Logistik GmbH entwickelt. Mit der Dürr Systems GmbH sowie EMC werden aufgrund ihrer Herausforderungen z. B. durch projektgetriebene Auftragsabwicklung auf organisatorischer Seite Lösungen erarbeitet. Die Umsetzung der Gesamtmethodik in eine prototypische Softwarelösung wird mit der Axxom Software AG realisiert.

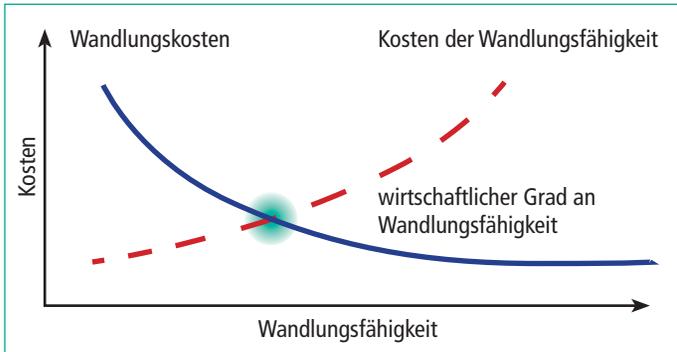


Abbildung 1: Wandlungskosten vs. Kosten der Wandlungsfähigkeit

Will Deutschland auch zukünftig Gewinner der Globalisierung bleiben, müssen deutsche Produktionsunternehmen in der Lage sein, diese Wirkmechanismen zu verstehen und die sich dramatisch ändernden Spielregeln globaler Wertschöpfungsnetzwerke zu beherrschen. Reaktionsschnelle sowie wandlungsfähige Produktionssysteme entlang der Wertschöpfungskette müssen gestaltet und gelebt werden.

Wandlungsfähigkeit werden Investitionen zusammengefasst, die zur Gestaltung eines wandlungsfähigen Netzwerks anfallen, um Lösungskonzepte vorhalten zu können. Die entwickelten Bewertungsmethoden sollen in einem Regelkreis zur Gestaltung und Überwachung wandlungsfähiger globaler Wertschöpfungsnetzwerke verankert werden (siehe Abbildung 2). Bei der Identifikation eines spezifischen Wandlungsbedarfs wird das Netzwerk entsprechend dem vor-

## Projektziel und Vorgehen

Vor diesem Hintergrund startete am wbk im September 2010 das Projekt POWer.net - Planung und Optimierung globaler wandlungsfähiger Wertschöpfungsnetzwerke, gefördert durch das BMBF und betreut durch den Projektträger Karlsruhe (PTKA). Ziel von POWer.net ist es, Zeit- und Kostenpotenziale beim Wandel globaler Wertschöpfungsnetzwerke für deutsche Produktionsunternehmen nutzbar zu machen. Hierfür müssen zunächst die wesentlichen Wandlungstreiber, welche den Wandel von Netzwerken verursachen, identifiziert und zukünftige Wandlungsbedarfe frühzeitig erkannt werden. Diese Bedarfe beziehen sich auf Netzwerkkonfigurationen, die in sehr wahrscheinlichen zukünftigen Szenarien einen ökonomischen Mehrwert gegenüber der gegenwärtigen Netzwerkstruktur bieten. Für den Wandel von einer Alternative auf eine andere werden proaktiv Lösungskonzepte zur Mini-

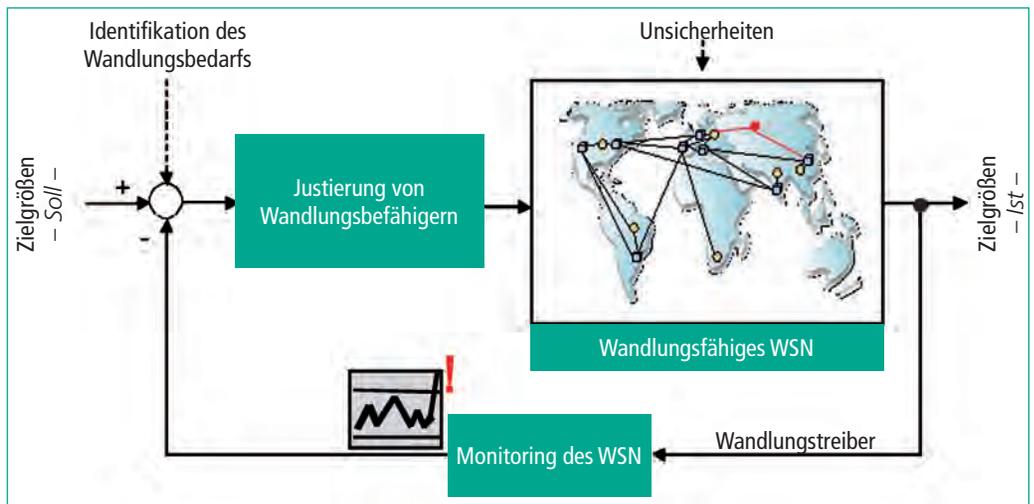


Abbildung 2: Lösungsansatz für den Regelkreis der Wandlungsfähigkeit

gehaltenen Wandlungsbefähigern reaktionsschnell angepasst. Beispielsweise durch die Einbindung eines neuen Lieferanten, wie durch die gestrichelte Linie in der Weltkarte dargestellt. Das kontinuierliche Monitoring ermöglicht dann wiederum die Kontrolle von Wandlungstreibern und der resultierenden Abweichung von Soll-Zielgrößen (Kosten,

## Ansprechpartner:

Dipl.-Wi.-Ing. Raphael Moser  
 Telefon: 0721/608-6939  
 E-Mail: Moser@wbk.uka.de

Dipl.-Wirt.-Ing. Stefan Ruhrmann M.Eng.  
 Telefon: 0721/608-4013  
 E-Mail: Ruhrmann@wbk.uka.de

# Prozessuntersuchung bei der Zerspanung von MMC-Werkstoffen

## Einleitung

Im Zuge der Entwicklung energieeffizienter Bauteile und Systeme kommt dem Leichtbau eine bedeutende Rolle zu. Hierbei werden neben Leichtbaukonzepten neue Werkstoffe wie hochgefüllte Metall-Matrix-Verbundwerkstoffe (MMC) entwickelt. MMCs bestehen aus einer metallischen Matrix und einer keramischen Hartstoffphase, sodass die Vorteile beider Werkstoffe miteinander vereint werden. Dadurch entstehen Werkstoffverbunde, die sich im Besonderen durch eine hohe spezifische Festigkeit und Steifigkeit, eine hohe Dauerfestigkeit, eine bessere Verschleißfestigkeit und eine anpassbare thermische Beständigkeit auszeichnen. Bei der Entwicklung von MMCs können diese Eigenschaften der jeweiligen Bauteilbeanspruchung angepasst werden.

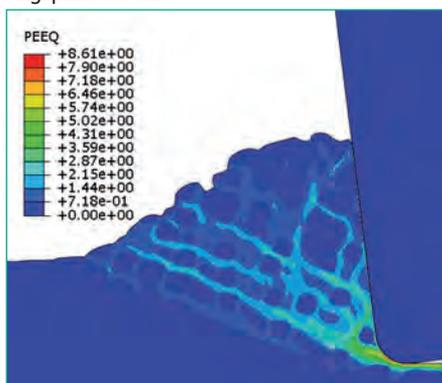


Abbildung 1: Plastische Dehnungen bei der Zerspanung von MMC-Werkstoffen

## MMC-Zerspanung

Metall-Matrix-Verbundwerkstoffe stellen die Zerspanung vor neue Herausforderungen. Die verteilt vorliegenden Phasen führen zu einer Wechselbelastung der Werkzeuge, wobei der hohe Anteil an Siliziumkarbid bzw. Aluminiumoxid eine besonders starke mechanische Belastung hervorruft. Daraus resultieren ein schnell voranschreitender Werkzeugverschleiß und infolgedessen eine kontinuierliche Veränderung der resultierenden Oberflächenzu-

stände, die durch Rauheit, Eigenspannungen und Verfestigungszustand charakterisiert werden können. Hierfür finden am wbk umfangreiche Untersuchungen an unterschiedlichen MMC-Materialien zur Identifizierung idealer Prozessparameter und Werkzeuggeometrien statt, indem sowohl Zerspannungsexperimente als auch FEM-Simulationsrechnungen durchgeführt werden.

## Simulation

Zur Simulation der Spanbildung wurde auf die am wbk existierende Neuvernetzungsroutine zurückgegriffen, da es damit möglich ist, die Belastung der Werkzeugschneide genauer zu untersuchen. Zur Untersuchung verschiedener Füllgrade und Partikeldurchmesser wurde ein Algorithmus integriert, der nach Festlegung des Füllgrades und des Partikeldurchmessers die Partikel in einem ersten

Schritt stochastisch im Werkstück verteilt. Um die unterschiedlichen physikalischen Eigenschaften der beiden Phasen berücksichtigen zu können, wurde eine neue Materialroutine implementiert, die für die Simulation mehrphasiger Werkstoffe geeignet ist. In Abbildung 1 sind die plastischen Dehnungen während der spanenden Bearbeitungen dargestellt. Es ist zu erkennen, dass sich diese entlang des Matrixmaterials um die Hartstoffpartikel herum lokalisieren.

### Ansprechpartner:

Dipl.-Ing. Jürgen Michna  
 Telefon: 0721/608-5906  
 E-Mail: michna@wbk.uka.de  
 Dipl.-Ing.-Päd. Frederik Zanger  
 Telefon: 0721/608-2450  
 E-Mail: zanger@wbk.uka.de

## Professor Weule feierte 70. Geburtstag

Professor Dr.-Ing. Hartmut Weule, ehemaliger Leiter des wbk Instituts für Produktionstechnik am Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Gründungsdirektor des International Department und Träger des Bundesverdienstkreuzes, feierte am 01. Oktober 2010 seinen 70. Geburtstag.

Professor Dr.-Ing. Hartmut Weule ist ein Treiber entscheidender Veränderungen in Universität und Industrie. Unter seiner Leitung entstand unter anderem das erste Produktionstechnische Labor in Hagsfeld, das ein Muster für zahlreiche Labors an anderen Hochschulen war. Des Weiteren trug er entscheidend zum Bau des Institutsneubaus am Fasanengarten bei.

Anlässlich des 70. Geburtstags von Professor Weule veranstaltete das wbk am 15. Oktober ein Festkolloquium mit wissenschaftlichem Programm. Bereits ab 14.00 Uhr konnten die Gäste die Versuchsstände am Campus und am Fasanengarten des wbk besuchen. Um 16.00 Uhr fand das Kolloquium mit dem Titel „Die Krise – wie erlebt, wie überstanden“ im Tulla-Hörsaal des KIT statt. Drei



Professor Hartmut Weule

Referenten gaben den Zuhörern in ihren Vorträgen Einblick in den jeweiligen Umgang mit der Krise und ihren Folgen. Im Anschluss an das Kolloquium fand in der Schlossgartenhalle in Ettlingen eine Festveranstaltung statt. Das Bühnenprogramm wurde von Mitarbeitern und Ehemaligen des wbk sowie der Familie von Professor Weule gestaltet und bot eine bunte Mischung aus Unterhaltung, Information und Musik.

## Neueinstellungen



Dipl.-Wirt.-Ing.  
**Stefan Ruhrmann M.Eng.**  
 Tätigkeitsfeld:  
 Technischer Einkauf, Lieferantenmanagement  
 Eintrittstermin: 15.06.2010



Dipl.-Wi.-Ing.  
**Dominic Appel**  
 Tätigkeitsfeld:  
 Bewertung der Life Cycle Performance produktionstechnischer Maschinen und Anlagen  
 Eintrittstermin: 15.06.2010



Dipl.-Ing.  
**Nikolay Boev**  
 Tätigkeitsfeld:  
 Finite-Elemente-Simulation  
 Eintrittstermin: 01.07.2010

## Promotionen

Dr.-Ing. Carsten Schmidt  
 Entwicklung einer Datenbank zur Berücksichtigung mehrerer Verschleißmechanismen bei der Zerspannsimulation

Dr.-Ing. Stephan Niggeschmidt  
 Ausfallgerechte Ersatzteilbereitstellung im Maschinen- und Anlagenbau mittels lastabhängiger Lebensdauerprognose

Dr.-Ing. Jochen Peters  
 Bewertung des Einflusses von Formabweichungen in der Mikro-Koordinatenmesstechnik

Dr.-Ing. Jörg Ude  
 Entscheidungsunterstützung für die Konfiguration globaler Wertschöpfungsnetzwerke

Dr.-Ing. Stefan Weiler  
 Strategien zur wirtschaftlichen Gestaltung der globalen Beschaffung

## Impressum

wbk  
 Institut für Produktionstechnik  
 Karlsruher Institut für Technologie (KIT)  
 Kaiserstr. 12 | 76131 Karlsruhe  
 www.wbk.kit.edu

Redaktion:  
 Sabine Werner, M.A.

Layout:  
 Atelier Nardo  
 Ersteiner Straße 27 | 68229 Mannheim

Druck:  
 Druckerei Schindler  
 Hertzstraße 10 | 69126 Heidelberg

