

# ***iwb* newsletter 4/2017**

Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften (*iwb*)



Fräsbearbeitung eines dünnwandigen Aluminiumbauteils (siehe Seite 6)

# Editorial



Liebe Leserinnen und Leser,

„Der Strom kommt aus der Steckdose!“. Ja, so einfach wie früher mal ganz salopp kann man das heute nicht mehr sagen. Strom ist nämlich nicht gleich Strom. Die jeweilige Quelle ist wichtiger denn je.

Der im Jahr 2000 durch den damaligen Bundeskanzler Gerhard Schröder sowie dessen Stellvertreter Joschka Fischer initiierte Atomausstieg bis zum Jahr 2042 gab dem Forschungs- und Wirtschaftsstandort Deutschland eine entscheidende Richtung vor. Wenige Tage nachdem die Bundesregierung unter Kanzlerin Angela Merkel die Laufzeit für Kernkraftwerke noch einmal verlängerte, musste sie im Jahr 2011 unter dem Eindruck der Fukushima-Katastrophe umdenken und den Zeitraum bis zum Ausstieg massiv verkürzen. Nun ist es an uns, die daraus resultierenden Herausforderungen bis 2022 erfolgreich zu meistern. Als Konsequenz setzte ein enormer Ausbau regenerativer Energien ein, die Deutschland helfen, seine Wettbewerbsfähigkeit – auch im Bereich der Elektromobilität – gegenüber dem Rest der Welt zu erhalten bzw. auszubauen. Wir sind überzeugt, dass sich der Standort Deutschland im Zuge dessen einen Exportschlager erschließt: Das Know-how für ein modernes Wirtschaften mit Energie.

Können wir auf die Innovationskraft des Standortes Deutschland vertrauen? Die deutsche Energiepolitik legt bereits seit gut 30 Jahren ihr Hauptaugenmerk auf den Auf- und Ausbau erneuerbarer Energiequellen. Damit wird sie auch

in Zukunft weitsichtiger und weniger aus reinem Eigeninteresse handeln – anders als es derzeit jenseits des Atlantiks der Fall zu sein scheint.

Passende Alternativen zur konventionellen Energieerzeugung liegen unter anderem in der Nutzung der Wind- oder Solarenergie. Diese Energieformen sind allerdings nicht jederzeit verfügbar, und so muss unter dem Stichwort „Flexibilisierung“ auch die produzierende Industrie umdenken.

Die Herausforderung ist nun, die Stromerzeugung und den -verbrauch zeitlich miteinander in Einklang zu bringen. Hierzu können zum einen Speichersysteme beitragen, zum anderen aber auch die Flexibilisierung des Verbrauchs selbst. Energieintensive Industrieprozesse, die an das zukünftige Energiesystem optimal angeglichen sind, müssen somit anders konzipiert werden als bisher. Dafür sind speziell angepasste Energienutzungskonzepte für die industriellen Schlüsselprozesse wichtig.

Mit dem neuen Projekt „SynErgie“, das durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) gefördert wird, rücken nun Forschungsfragen in den Vordergrund, die sich unter anderem mit der intelligenten Steuerung von Prozessen in Abhängigkeit vom Stromangebot beschäftigen. Über 50 Partner haben sich in diesem Projekt zum Ziel gesetzt, innerhalb der nächsten zehn Jahre den Energiebedarf der deutschen Industrie effektiv mit dem volatilen Energieangebot zu synchronisieren. Mehr zur Frage „Wie energieflexibel ist die Produktion?“ lesen Sie dazu auf Seite 3 unseres aktuellen *iwb*-Newsletters.

Man kann nur sagen: „Deutschland, weiter so!“. Mit SynErgie tragen die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des *iwb* zusammen mit dem Fraunhofer IGCV in Augsburg zur Realisierung der Energiewende bei.

Ihr Gunther Reinhart

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

und Ihr Michael Zäh

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "M. Zäh".

# Wie energieflexibel ist die Produktion?

**Bis zum Jahr 2025 soll mehr als 40% des elektrischen Energiebedarfs in Deutschland aus regenerativen Quellen gedeckt werden. Die Stromversorgung wird sich aufgrund der erhöhten Volatilität erneuerbarer Energien deutlich ändern. Um einen Nutzen aus dieser Situation zu ziehen, sollten sich produzierende Unternehmen auf ein schwankendes Energieangebot einstellen und ihre Potenziale zur Erzielung eines Gewinns durch Energieflexibilität genau analysieren.**

In dem vom BMBF geförderten Kopernikus-Projekt *SynErgie* wird die synchronisierte und energieadaptive Produktionstechnik zur flexiblen Ausrichtung von Industrieprozessen auf eine fluktuiierende Energieversorgung erforscht. Am Anfang jeder Energieflexibilitätsbefähigung steht die Transparenzschaffung zur Identifikation von Energieflexibilitätspotenzialen in der Produktion. Das *iwb* hat zu diesem Thema in Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer IGCV einen Leitfaden erarbeitet, der den Energieverantwortlichen produzierender Unternehmen durch die relevanten Schritte in der Erfassung von Energieflexibilitätspotenzialen führt. Mit Hilfe eines Maßnahmenkataloges für Energieflexibilität können reale Potenziale aufgedeckt und Maßnahmen zu deren Erschließung abgeleitet werden.

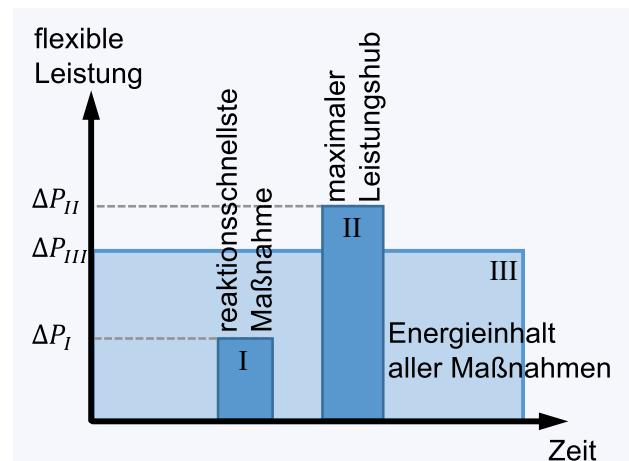
## Nutzen in der Industrie

Der Leitfaden wird frei zugänglich auf der Internetseite des Projektes *SynErgie* (Synchronisierte und energieadaptive Produktionstechnik zur flexiblen Ausrichtung von Industrieprozessen auf eine fluktuiierende Energieversorgung) zur Verfügung gestellt. Er enthält sämtliche Kopiervorlagen und Anleitungen für die erleichterte Transparenzschaffung zur Identifikation von Energieflexibilitätspotenzialen in der Produktion. Chancen der Energieflexibilität, wie beispielsweise die Stromvermarktung oder die Energiekostensenkung, können mit Hilfe

der vorgestellten Methoden optimal genutzt werden.

## Aggregation von Energieflexibilität

Ein besonderes Augenmerk wird in dem Leitfaden auf die Aggregation mehrerer Potenziale gelegt. Da viele Abhängigkeiten zwischen den Flexibilitätspotenzialen selbst sowie zum Prozess bestehen, erfordert dies einige Expertise. In der Abbildung sind daher drei verschiedene Möglichkeiten (I-III) anschaulich aufgezeigt, um das Energieflexibilitätspotenzial zu beschreiben und zu aggregieren.



Drei Ansätze aggregierter Energieflexibilitätspotenziale

## Dank

Wir bedanken uns herzlich beim Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) für die finanzielle Unterstützung und beim Projektträger Jülich (PtJ) für die Betreuung des Kopernikus-Projektes „*SynErgie*“ (Förderkennzeichen: 03SFK3E1).

## Weitere Informationen

[www.kopernikus-projekte.de](http://www.kopernikus-projekte.de)



**Valerie Scharmer, M. Sc.**

Themengruppe  
Werkzeugmaschinen



# Predictive Maintenance meets Production Planning

**Maschinenausfälle verursachen in der Produktion hohe Kosten. Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des iwb erforschen im Rahmen des EU Horizon 2020-Projekts „PreCoM“ (Predictive Cognitive Maintenance Support System), wie sich mit der Verknüpfung von prädiktiver Instandhaltung und Produktionsplanung die Anlagenverfügbarkeit weiter steigern lässt.**

Im Zeitalter von Industrie 4.0 müssen auch Instandhaltungsstrategien neu ausgerichtet werden. Bereits heute stellen viele Unternehmen

ihre Strategie von einer vorbeugenden Instandhaltung auf eine zustandsorientierte Instandhaltung um. Letztere entscheidet auf Basis von Sensorsignalen oder Inspektionen, ob eine Wartungsmaßnahme erforderlich ist oder nicht. Häufig wird hierbei eine einfache Grenzwertüberwachung eingesetzt. Eine Prognose über die Restlebensdauer einer Komponente oder aber eine frühzeitige Schadenserkennung sind bisher nicht möglich und stellen die Produktionsplanung immer wieder vor Herausforderungen.



Verschleißmodelle prognostizieren den Ausfall einer Komponente (Quelle: Tanja Mayer, iwb)

## **Prädiktive Instandhaltung ermöglicht**

### **Planung der Wartung**

Einen neuen Ansatz, der von Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des *iwb* erforscht wird, stellt die prädiktive Instandhaltung dar. Die Kombination von Sensordaten mit Informationen aus der Maschinensteuerung ermöglicht über eine Grenzwertüberwachung hinaus die Belastungshistorie einer Komponente aufzuzeichnen. Verschleißmodelle bilden dann wiederum die fortschreitende Abnutzung ab und erlauben es, einen möglichen Ausfall der Komponente vorherzusagen.

## **Produktionsplanung mit integrierter**

### **Instandhaltung**

Die generierten Informationen ermöglichen es, die Wartung gezielt zu planen. Die Produktionssteuerung kann so situationsgerecht reagieren. Ist zum Beispiel absehbar, dass eine Maschinenkomponente in naher Zukunft

versagt, können vermehrt Produkte auf dieser gefertigt werden, welche die besagte Komponente geringer belasten. Umgekehrt kann es auch sinnvoll sein, die Belastung jener gefährdeten Komponente willentlich zu erhöhen und so den erforderlichen Komponentenaustausch auf einen früheren Zeitpunkt zu verlegen. Bei Vorhandensein von gleichartigen Komponenten in mehreren Maschinen können auf diese Weise Synergieeffekte in der Wartung erzielt werden. Die gezielte Steuerung des Wartungszeitpunktes ermöglicht somit eine signifikante Steigerung der Anlagenverfügbarkeit. Des Weiteren wird durch das präzise Wissen über die Restlebensdauer eine zu frühe Wartung vermieden, was wiederum zu Energie- und Materialeinsparung führt.

## **Dank**

Im Namen aller beteiligten Projektpartner bedanken wir uns bei der Europäischen Kommission für die Förderung des Projektes unter der Grant Agreement No. 768575.

## **IWB TERMINE**

### **Kompetenzcluster Additive Fertigung**

#### **„2. Seminar für WissenschaftlerInnen und TechnikerInnen“**

Garching, 26.01.2018

### **Forschung zum Frühstück**

Garching, 11.04.2018

### ***iwb*-Fachseminar**

#### **„Seminar Lithium-Ion Batteries –**

#### **Expertise for the Future of Production“**

Garching, 04.07.2018

### **Tag der offenen Tür 2018**

Garching, Oktober 2018

### **Münchener Wissenschaftstage 2018:**

#### **„Arbeitswelten“**

München, 10. bis 13.11.2018

Terminänderungen sowie weitere Termine erhalten Sie auf unserer Homepage  
[www.iwb.mw.tum.de/veranstaltungen](http://www.iwb.mw.tum.de/veranstaltungen).



### **Weitere Informationen**

[www.precom-project.eu](http://www.precom-project.eu)



### **Robin Kleinwort, M. Sc.**

Themengruppe  
Werkzeugmaschinen



### **Simon Zhai, M. Sc.**

Themengruppe  
Produktionsmanagement und Logistik





Fräsbearbeitung eines dünnwandigen Aluminiumbauteils

## Simulation komplexer Fräsvorgänge

**Im Rahmen des abgeschlossenen Forschungsprojektes „Kopplung von analytischen und numerischen Modellen zur Simulation thermomechanischer Wechselwirkungen während der Fräsbearbeitung komplexer Werkstücke“ entwickelten Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des iwb eine Prozesssimulation, mit deren Hilfe prozessbedingte Verformungen exakt vorhergesagt werden können. Darauf aufbauend können Prozessanpassungen abgeleitet werden, die es erlauben, Formabweichungen zu reduzieren. Dadurch kann die Zerspanungsleistung signifikant erhöht und die Bearbeitungszeit entscheidend reduziert werden.**

Längst beschränkt sich die Bedeutung des Leichtbaus nicht mehr auf die Luft- und

Raumfahrtindustrie, sondern hat Einzug in nahezu alle Bereiche des Maschinenbaus gehalten. Bei der spanenden Fertigung gewichtsoptimierter Bauteile kann der Anteil des abzutragenden Werkstoffs häufig mehr als 90 % betragen. Um dennoch eine wirtschaftliche Bearbeitung zu gewährleisten, sind effiziente Zerspanungsstrategien notwendig.

### Herausforderungen

Eine besondere Herausforderung stellt das komplexe Zusammenspiel zwischen dem Wärmeeintrag infolge von Reibung, der Materialabscherung sowie dem Einfluss der Zerspankräfte dar. Hierfür wurde ein spezielles, auf der Laservibrometrie basierendes Messverfahren eingesetzt, das eine Messung der Bauteilverformung während der Bearbeitung erlaubt.

Insbesondere lässt die Methode eine Aufteilung der gemessenen Verformung in einen thermisch sowie einen mechanisch bedingten Anteil zu, wodurch eine präzise Parametrierung des Simulationsmodells möglich ist.

## Erzielte Ergebnisse

Kerninhalt dieses sechsjährigen Projekts war die Entwicklung einer geeigneten Methode zur Simulation des lokalen Bauteilverhaltens aufgrund von Wärmeeintrag und Prozesskräften in der Kontaktzone von Werkzeug und Werkstück.

## NEUE MITARBEITER

### Garching

Lisa Heuss, M. Sc.

Christian Robl, M. Sc.

Julia Schulz, M. Sc.

Jiang Zhu, Doctor of Eng., Assistant Professor

## AUSGESCHIEDENE MITARBEITER

### Garching

Dipl.-Ing. Joachim Michniewicz

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

Dipl.-Ing. Richard Popp

### Augsburg

Stephan Janson, M. Sc.

Die Methode basiert auf der Kopplung eines Finite-Elemente-Modells mit analytischen Ansätzen, um die Temperaturverteilung im Bauteil und dessen Verformung während des Prozesses möglichst recheneffizient zu simulieren. Dies erlaubt wiederum die Prognose der nach der Bearbeitung zu erwartenden Formabweichungen. Die Simulationsergebnisse können abschließend zur Ableitung von Kompensationsmaßnahmen eingesetzt werden. Zur Validierung des Ansatzes wurde die NC-Bahn eines Referenzprozesses auf Basis der Simulationsergebnisse angepasst. Dadurch konnte die resultierende Formabweichung im Vergleich zum Ausgangsprozess um etwa 75 % reduziert werden.

## Dank

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



**Sepp Wimmer, M. Sc.**

Themengruppe  
Werkzeugmaschinen

## IWB SEMINARBERICHTE

Michael Zäh, Gunther Reinhart (Hrsg.)

„Rührreibschweißen: Anwendungen und

Trends für die Zukunft“

(UTZ Verlag, Bd. 114)

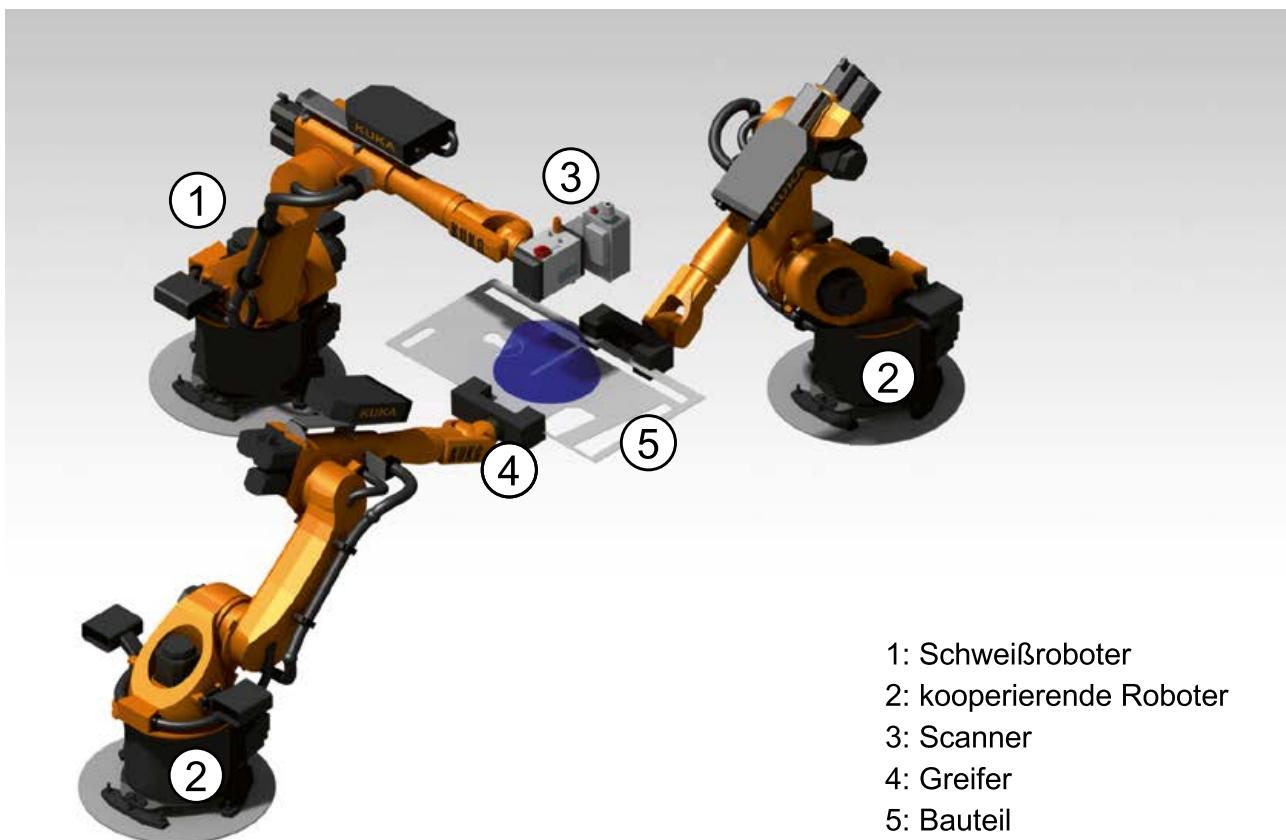
# Flexibles Remote-Laserstrahlschweißen für den Karosseriebau

Anhand eines neuartigen Sensorikkonzepts soll das Remote-Laserstrahlschweißen zum großflächigen Einsatz im Automobilbau befähigt werden. Hierzu wird im Rahmen des Verbundprojekts RoKtoLas die hochflexible Produktion von Rohkarosserien erforscht.

Um die steigende Variantenvielfalt aufgrund der zunehmenden Elektrifizierung sowie die immer schneller werdenden Innovations- und Produktlebenszyklen beherrschen zu können, wird im Rahmen von RoKtoLas ein Innovationssprung im automobilen Karosseriebau angestrebt. Dieser soll durch eine

Technologiesubstitution im Bereich der Fügetechnik realisiert werden, wobei das konventionelle Widerstandspunktschweißen durch das Remote-Laserstrahlschweißen ersetzt werden soll.

Im Mittelpunkt des Vorhabens steht eine optische Sensoreinheit, die erstmals eine ganzheitliche und universelle Prozessbeobachtung in Echtzeit ermöglichen wird. Daneben bilden eine angepasste Bauteilkonstruktion sowie eine roboterbasierte Spanntechnologie die Kernbestandteile für den Aufbau hochflexibler Produktionsanlagen im Karosseriebau.



- 1: Schweißroboter
- 2: kooperierende Roboter
- 3: Scanner
- 4: Greifer
- 5: Bauteil

Geplanter Funktionsdemonstrator im Rahmen von RoKtoLas

## **Universelles Sensorikkonzept**

Das Sensorsystem auf Basis der optischen Kohärenztomographie (OCT) bildet den Kern des Lösungsansatzes zur Flexibilisierung des automobilen Karosseriebaus. Das OCT-System erlaubt eine umfangreiche Generierung von Prozessdaten im Bereich der Fügezone. Aufgrund des Messprinzips, das auf einem Interferometer-Aufbau basiert, können weitgehend unabhängig von Prozessemisionen die Nahtlage, die Einschweißtiefe sowie die Nahttopographie bestimmt werden. Damit können eine dynamische Nahtverfolgung, eine Echtzeit-Prozessregelung sowie eine umfangreiche Qualitätssicherung in einem System vereint werden.

## **Roboterbasierte Spanntechnologie**

Konventionelle Fügeverfahren im Karosseriebau schränken die Bauteilkonstruktion aufgrund der starren Geometrie der verwendeten Spannvorrichtungen stark ein. Das Remote-Laserstrahlschweißen hingegen stellt sehr viel geringere Anforderungen an die Zugänglichkeit der Fügestelle und erlaubt damit eine belastungsgerechtere Bauteilauslegung. Durch eine angepasste Bauteilkonstruktion kann zudem ein vorrichtungloses Fügen ermöglicht werden. Dazu wird eine roboterbasierte Spanntechnologie konzipiert und entwickelt. Die Spannsituation kann auf Grundlage der Daten des optischen Sensors beurteilt und mittels aktiver Greifer angepasst werden. Zur Beherrschung von Toleranzen und einer effizienten

Nutzung der Vielzahl an Freiheitsgraden der neuartigen Spanntechnologie wird eine intelligente Bauteilpositionierung durch Methoden des maschinellen Lernens erarbeitet.

Zusammenfassend ermöglicht das neue optische Sensorikkonzept eine umfangreiche Prozessdatengenerierung im Sinne der vernetzten Produktion und stellt damit die Voraussetzung für eine hochflexible Fertigung dar. Die gewonnenen Erkenntnisse werden zum Ende des Projekts durch einen Funktionsdemonstrator einer flexiblen Fertigungszelle zusammengeführt.

## **Dank**

Das vorgestellte Vorhaben wird mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) unter dem Förderkennzeichen 13N14555 gefördert und vom VDI Technologiezentrum (VDI TZ) betreut. Wir danken dem BMBF sowie dem VDI TZ für die gute und vertrauensvolle Zusammenarbeit.

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung

**Christian Stadter, M. Sc.**

Themengruppe  
Werkzeugmaschinen



## **IWB FORSCHUNGSBERICHTE**

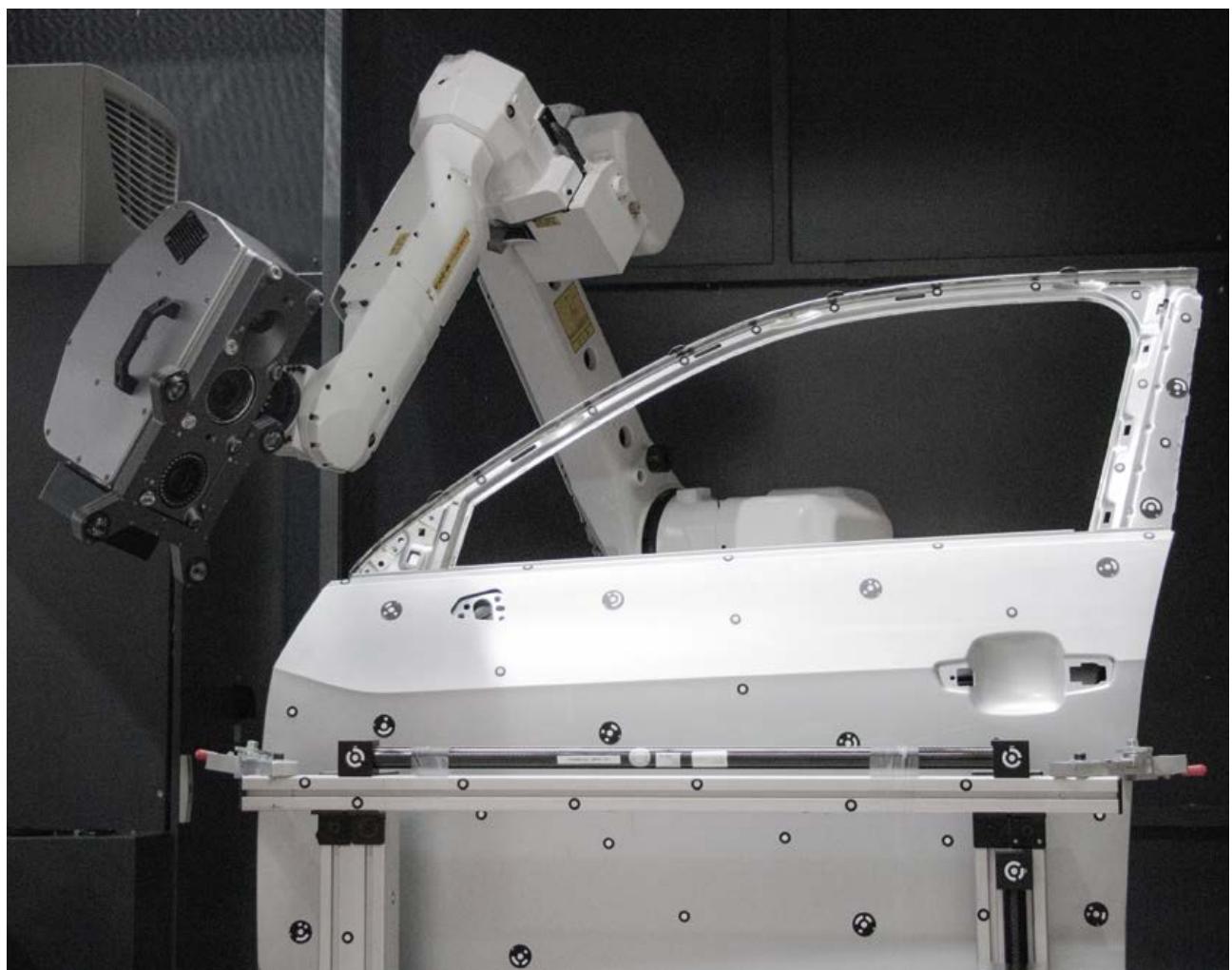
**Michael Richard Niehues**

Adaptive Produktionssteuerung für Werkstattfertigungssysteme durch fertigungsbegleitende Reihenfolgebildung  
(Utz Verlag, Bd. 329)

# 3D-Image-Stitching – Von der Einzelaufnahme zur geometrischen Bauteilprüfung

**Der anhaltende Trend zu kürzeren Produktlebenszyklen und erhöhter Variantenvielfalt erreicht inzwischen auch die Qualitäts sicherung. Die Forderungen nach hoher Wandelbarkeit und Genauigkeit sowie Geschwindigkeit bringen dabei herkömmliche Messtechniken an ihre Grenzen. Roboterbasierte Inspektionssysteme mit optischen 3D-Sensoren gelten hier als besonders aussichtsreich, neue Möglichkeiten im Bereich der geometrischen Bauteilvermessung aufzuzeigen.**

Insbesondere die Entwicklung in Richtung individualisierter Massenproduktion veranlasst betroffene Unternehmen zu reagieren. In hohem Maße ist hiervon die Automobilbranche betroffen, in der eine hohe Erwartungshaltung bezüglich Qualität und Individualisierbarkeit von Produkten vorherrscht. Daher versucht auch die Qualitätssicherung derzeit neue Wege zu gehen, um eine deutliche Effizienz steigerung in der Fertigungsmesstechnik zu erreichen.



Roboterbasiertes Inspektionssystem zur Überprüfung geometrischer Merkmale. Ein konventioneller Industrieroboter bewegt die Sensoreinheit zu entsprechenden Aufnahmeposen.

Aktuelle Systeme, wie Koordinatenmessgeräte (KMG) oder optische Ansätze (z. B. Photogrammetrie) benötigen viel Zeit, ein hohes Maß an Expertenwissen und sind entweder taktil oder benötigen physische Referenzmarken.

### Zielsetzung

Unter Verwendung eines konventionellen Industrieroboters in Kombination mit einem optischen Messmittel soll ein vollständig automatisierbares Messverfahren entwickelt werden, das ein einfaches Messen ohne jegliche Marken ermöglicht. Das Prinzip beruht auf der Verkettung von 3D-Aufnahmen – eine paarweise Verknüpfung von Punktwolken.

Zwei Aspekte stehen hierbei im Fokus: Zunächst erfolgt die Untersuchung des Messansatzes, deren Ergebnisse in einer geeigneten Messstrategie zusammengeführt werden sollen. Darauf aufbauend besteht das Ziel, ein autonom agierendes Inspektionssystem zu entwickeln.

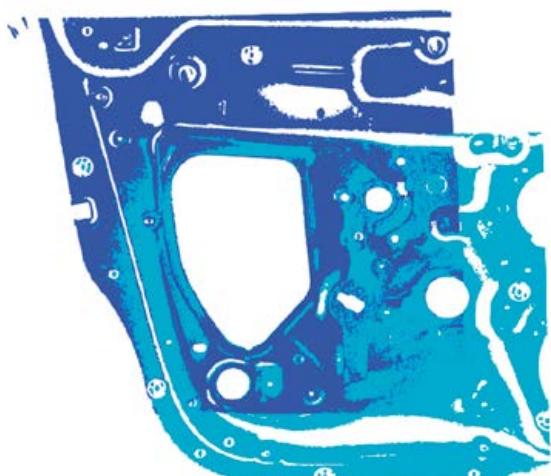
### 3D-Matching

Das Erfassen von Prüfmerkmalen, die in ihrer Ausprägung das Messvolumen des Sensors übersteigen, macht eine Verkettung mehrerer 3D-Aufnahmen notwendig. Mit Hilfe von

3D-Matching-Algorithmen findet eine paarweise Verknüpfung der Punktwolken statt. Auf diese Weise erfolgt eine sequenzielle Verkettung von Einzelaufnahmen zu einer Gesamtaufnahme. Als äußerst schwierig erweisen sich hierbei homogene Oberflächen. Ein Lösungsansatz besteht hier in der künstlichen Anreicherung der Bauteilgeometrie anhand von Projektionen. Hierbei werden Projektionsmuster auf der Oberfläche vom Sensor erkannt und in geometrische Informationen umgewandelt. Physische Markierungen auf Bauteilen werden dann für den Messvorgang nicht mehr gebraucht.

### Automatisierung

In der Praxis sind Prüfaufgaben derzeit mit einem hohen manuellen Aufwand sowie mit viel Expertenwissen über Prüfprozesse und Roboterbedienung verbunden. Im Rahmen dieses Forschungsprojektes werden Ansätze zu einer vollständigen Automatisierung des Messablaufs angestrebt. Herausforderungen bestehen vor allem in der Generierung von kollisionsfreien und zeitoptimierten Trajektorien für Industrierobotersysteme. Eine vollumfängliche Automatisierung der Messaufgabe soll der Qualitätssicherung ihren Platz in der



Verknüpfen von 3D-Aufnahmen eines Karosserieanbauteils. Der rot eingefärbte Bereich markiert die Überlappung zweier Punktwolken, der für das 3D-Matching herangezogen wird. Anhand eines Abgleichs mit Soll-Daten kann eine geometrische Bauteilprüfung erfolgen.

wandelfähigen und intelligenten Produktion der Zukunft verschaffen.

## Dank

Ein großer Dank gilt dem Bayerischen Staatsministerium für Wirtschaft und Medien, Energie und Technologie (StMWi) für die Förderung des Forschungsprojekt „CyMePro“, welches vom Projektträger VDI/VDE Innovation + Technik GmbH betreut wird. Ebenfalls gebührt ein besonderer Dank den Projektpartnern AUDI AG und Carl Zeiss Optotechnik GmbH für die konstruktive Zusammenarbeit.



**Philipp Bauer, M. Sc.**

Themengruppe  
Montagetechnik und Robotik



**Dipl.-Ing. Alejandro Magaña**

Themengruppe  
Montagetechnik und Robotik

## 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](http://www.iwb.mw.tum.de)

ISSN 1434-324X (Druck-Ausgabe)

ISSN 1614-3442 (Online-Ausgabe)

Redaktion:

Tanja Mayer, Fkffr. Marketing

Herstellung:

dm druckmedien gmbh  
Paul-Heyse-Straße 28  
80336 München

Verlag:

Herbert UTZ Verlag GmbH  
Adalbertstraße 57, 80799 München

Natürlich gedruckt auf chlorfrei  
gebleichtem Umweltpapier.



Weitere Informationen erhalten  
Sie unter: [www.iwb.mw.tum.de/  
iwbnewsletter](http://www.iwb.mw.tum.de/iwbnewsletter)