

## INFOBRIEF *Ausgabe 58/19*

### In dieser Ausgabe:

<i>Projekt im Schwerpunktprogramm Oberflächenkonditionierung in Zerspanungsprozessen (SPP 2086)</i>	
Robuste Herstellung vorteilhafter Bauteiloberflächen beim kryogenen Hartdrehen von 100Cr6 .....	2
<i>Erfolgreiche InnoServPro-Abschlussveranstaltungen beenden Projektförderphase</i>	
FBK vertritt das BMBF-Verbundforschungsprojekt auf der Hannover Messe und der Dienstleistungstagung 2019.....	2
<i>Arbeitskreis „Sub-zero KSS in der Zerspanung“ erfolgreich gestartet</i>	
Erkenntnistransfer mit 11 Unternehmen aus der Zerspanungs- und Kühlschmierstoffindustrie .....	3
<i>Cross Reality in Produktion, Qualitätsmanagement und Logistik</i>	
FBK leitet Workshop zur Anwendung von Cross Reality in der Praxis .....	4
<i>Einblick in die Produktion der Fahrzeugindustrie</i>	
Exkursionen zu John Deere und BorgWarner Turbo Systems .....	4
Ausgewählte Veröffentlichungen .....	4

## Projekt im Schwerpunktprogramm Oberflächenkonditionierung in Zerspanungsprozessen (SPP 2086) Robuste Herstellung vorteilhafter Bauteiloberflächen beim kryogenen Hartdrehen von 100Cr6

Die DFG hat im Rahmen des SPP 2086 das Projekt „Gezielte Oberflächenkonditionierung von 100Cr6 beim kryogenen Hartdrehen durch modellbasierte Prozessvorsteuerung und Prozessregelung“ bewilligt. Ein wesentliches Ziel eines jeden Fertigungsprozesses ist die Erzeugung vorteilhafter Randschichtzustände im Werkstück, da diese das Bauteilverhalten im Produktlebenszyklus positiv beeinflussen. Die Einstellung des Randschichtzustands kann über eine Anpassung des Zerspanwerkzeugs, des verwendeten Kühlkonzepts sowie der Schnittparameter vorgenommen werden. Da die gewählten Stellgrößen jedoch während des Zerspanprozesses konstant sind, führen auftretende Störgrößen (z. B. Werkzeugverschleiß) zu Abweichungen bezüglich des angestrebten Zustands der Randschicht. Demzufolge ist eine gezielte Konditionierung der Randschicht in industriellen Fertigungsprozessen mit einem hohen Aufwand verbunden. Um dem zu begegnen, wird in einem neuen Forschungsansatz eine In-Prozess-Vorhersage des Randschichtzustands angestrebt. In Kooperation mit den Lehrstühlen Werkstoffkunde sowie Messtechnik und Sensorik der TU Kaiserslautern wird dazu ein modellbasierter Ansatz zur gezielten Oberflächenkonditionierung erarbeitet. Mit Hilfe einer modellbasierten Prozessregelung werden auftretende Störgrößen durch die Verwendung dynamischer Stellgrößen kompensiert, um somit einen konstanten Randschichtzustand zu erreichen. Die größte Herausforderung besteht diesbezüglich in der quantitativen Erfassung des Randschichtzustands während der Zerspanung. Derzeit ist lediglich eine aufwändige Bestimmung des Randschichtzustands nach der Fertigung möglich. Eine Neuentwicklung physikalischer Messprinzipien ist dazu jedoch nicht zielführend, da generell bereits gute Messverfahren zur quantitativen Randzonenbestimmung vorhanden sind. Ein Transfer dieser Messverfahren vom Laborumfeld in industrielle Prozesse ist allerdings aufgrund des geringen Bauraums von Werkzeugmaschinen mit hohen Kosten verbunden. Dagegen ist eine In-Prozess-Messung indirekter Messgrößen der Randzone, wie beispielsweise Prozesskräfte oder Temperaturen, vergleichsweise einfach und zuverlässig. Um mithilfe der In-Prozess-Messgrößen auf den Randschichtzustand zurückschließen zu können, sind Korrelationen zwischen den direkten bzw. indirekten In-Prozess-Messgrößen und dem Randschichtzustand notwendig. Aus diesen Korrelationen wird ein empirisches Modell erarbeitet, das für eine Berechnung des Randschichtzustands anhand einfach zu messender indirekter In-Prozess-Messgrößen eingesetzt wird. Die dazu benötigte Einheit, bestehend aus In-Prozess-Hardware-Sensoren und des mittels Korrelationen erzeugten empirischen Modells zur Berechnung der Zielgrößen, wird als Softsensor bezeichnet und im Rahmen des Projekts zur gezielten Oberflächenkonditionierung eingesetzt. Das Ziel sind robuste Randschichtzustände durch die Implementierung eines Regelkreises, welcher als Führungsgröße den gewünschten Soll-Randzonenzustand verwendet, der stetig In-Prozess

durch den Softsensor beobachtet wird. Entsprechend werden bei Abweichungen vom Soll-Zustand die Stellgrößen angepasst.

Damit eine für das empirische Modell notwendige Beschreibung der Wirkzusammenhänge zwischen Stellgrößen, Störgrößen, Prozesskräften und -temperaturen möglich ist, werden umfangreiche experimentelle Untersuchungen durchgeführt. Zur Definition des Einflusses der Stellgrößen auf den Randschichtzustand werden mittels Außen-Längs-Runddrehen Zerspanversuche durchgeführt, bei denen der Einfluss von Störgrößen weitestgehend eliminiert ist. Dazu werden Werkstücke aus 100Cr6 mit definiertem Wärmebehandlungszustand und Wendeschneidplatten mit konstanter Schneidenmakro- und Schneidenmikrogeometrie eingesetzt. Zusätzlich wird nur ein marginaler Werkzeugverschleiß zugelassen. Neben der Ermittlung der Prozesskräfte und der Temperaturen im Inneren und auf der Oberfläche des Werkstücks können mithilfe eines neuartigen opto-pneumatischen Sensors, der vom Lehrstuhl für Messtechnik und Sensorik erarbeitet wird, Rückschlüsse auf die Oberflächenform und die Mikrotopographie gezogen werden. Der Lehrstuhl für Werkstoffkunde führt anschließend eine experimentelle Analyse durch und erstellt Korrelationen zwischen den variierten Stellgrößen und dem daraus resultierenden Zustand in der Randschicht. Weiterhin werden experimentelle Untersuchungen mit systematisch variierten Störgrößen (z. B. Werkzeugverschleiß, Wärmebehandlungszustand) durchgeführt, damit deren Einfluss auf den Randschichtzustand quantifiziert werden kann.

Alle erhobenen Daten aus den experimentellen Untersuchungen dienen zur Definition empirischer Modelle, welche die Basis einer Prozessvorsteuerung darstellen. Diese ist in der Lage, berechenbare Störgrößen, wie z. B. den sukzessiven Werkzeugverschleiß, durch eine geeignete Variation der Stellgrößen während des Fertigungsprozesses zu kompensieren. Zufällig auftretende Störereignisse, beispielsweise ein Schneidkantenausbruch, sind aufgrund des nicht definierbaren Zeitpunkts der Störung nicht kompensierbar. Diesbezüglich ist eine Implementierung eines softsensorgestützten Regelkreises zur Detektion dieser Ereignisse in Planung.

Das erarbeitete Konzept zur gezielten Oberflächenkonditionierung im kryogenen Hartdrehprozess ermöglicht die Ermittlung des Randschichtzustands bereits während der Bearbeitung. Mögliche Abweichungen werden durch die entwickelte Vorsteuerung erkannt und dementsprechend die Prozessparameter optimal angepasst. Dadurch ist es möglich, die definierten Randschichtzustände, trotz der unweigerlich auftretenden Störgrößen im Drehprozess, zuverlässig zu erzeugen.

### Kontakt

Dipl.-Ing. (FH) Stephan Basten  
E-Mail: stephan.basten@mv.uni-kl.de  
Telefon: 0631 205 – 3721

## Erfolgreiche InnoServPro-Abschlussveranstaltungen beenden Projektförderphase

### FBK vertritt das BMBF-Verbundforschungsprojekt auf der Hannover Messe und der Dienstleistungstagung 2019

Vom 1.-5. April fand die diesjährige Hannover Messe unter dem Titel „Integrated Industry - Industrial Intelligence“ statt. Die TU Kaiserslautern war mit einer eigenen Ausstellungsfläche am Messestand des Landes Rheinland-Pfalz vertreten. Das FBK präsentierte zusammen mit dem Lehrstuhl für Messtechnik und Sensorik (MTS) sowie dem Lehrstuhl für Virtuelle Produktentwicklung (VPE) das vom Bundesministerium für Bildung und Forschung geförderte Verbundforschungsprojekt „Innovative Serviceprodukte für individualisierte, verfügbarkeitsorientierte Geschäftsmodelle für Investitionsgüter – InnoServPro“. Bei verfügbarkeitsorientierten Geschäftsmodellen in der Investitionsgüterindustrie garantiert der Anbieter seinen Kunden eine definierte Verfügbarkeit des jeweiligen Investitionsguts. Aufgrund von hoher Kosten und Risiken stehen die Anbieter von Investitionsgütern diesen Garantien jedoch nach wie vor zurückhaltend gegenüber. Die Gründe hierfür sind unzureichende Informationen während der Nutzungsphase wie Betriebsdaten und Kundenverhalten, ein fehlendes Datenmanagement und nicht zuletzt auch das Fehlen eines passenden Geschäftsmodells.

Im Rahmen von InnoServPro wurden intelligente Komponenten entwickelt, die in der Lage sind, ihre Zustandsdaten in Echtzeit cloudbasiert an den Hersteller zu senden. Dort werden die Daten mit eigens entwickelten Big-Data-Analysenmethoden aufbereitet. Basierend auf den Komponenten und deren Zustandsdaten werden verfügbarkeitsorientierte Geschäftsmodelle entwickelt, die dem Kunden als Full-Service Konzept angeboten werden können. Auf der Hannover-Messe wurden dabei verschiedene Projektergebnisse und der aus dem Projekt entstandene Demonstrator des Projektpartners GRIMME Landmaschinenfabrik GmbH & Co. KG gezeigt. Gegenstand des Demonstrators war dabei eine Lösung zur vorausschauenden Instandhaltung zur Erhöhung der Verfügbarkeit in der Landmaschinenindustrie. Zudem wurde das Projekt und einzelne Ergebnisse in zwei verschiedenen Präsentationen von FBK und MTS auf dem Science Square des Rheinland-Pfalz-Standes vorgestellt. Am zweiten Messetag fand der Clusterempfang des Landes Rheinland-Pfalz statt, wo sich die Staatssekretärin für Wirtschaft, Verkehr, Landwirtschaft und Weinbau, Daniela Schmitt, unter anderem bei den InnoServPro-Lehrstühlen über das Projekt informierte.



*InnoServPro-Ausstellungsfläche auf der Hannover Messe*

Am 4. April fand die Ergebniskonferenz zu InnoServPro auf der Hannover Messe statt. Die Projektpartner nutzten die Gelegenheit, um die Ergebnisse zahlreichen externen Vertretern aus Wirtschaft und Wissenschaft zu präsentieren. Nach den Übersichtsvorträgen zum Thema, „InnoServPro – Innovative Produkt-Service Systeme durch Industrie 4.0“ (Prof. Dr.-Ing. Jan C. Aurich, FBK) sowie „Innovation Selling – erfolgreich von der Idee zum Markterfolg“ (Prof. Dr. Hans Jung, MBS/UNITY AG), folgten die inhaltlichen Präsentationen zu verfügbarkeitsorientierten Geschäftsmodellen sowie zu den Demonstratoren der Hersteller GRIMME Landmaschinenfabrik GmbH & Co. KG, John Deere GmbH & Co. KG und Lenze SE. Umrahmt wurde die Veranstaltung von einer Poster-Ausstellung zu projektbezogenen und projektübergreifenden Themen.

## Arbeitskreis „Sub-zero KSS in der Zerspanung“ erfolgreich gestartet Erkenntnisstransfer mit 11 Unternehmen aus der Zerspanungs- und Kühlschmierstoffindustrie

Für eine effiziente Zerspanung von Hochleistungswerkstoffen sind optimierte Bearbeitungsstrategien notwendig. Im Rahmen eines Transferprojekts des Sonderforschungsbereichs 926 sind die Vorteile von Hochdruck-Kühlkonzepten und der kryogenen Zerspanung in einem neuartigen sub-zero KSS vereint worden, siehe FBK Infobrief 57. Flüssigkeitsmischungen werden dazu auf bis zu -80 °C temperiert und unter hohem Druck und damit hohen Düsenaustrittsgeschwindigkeiten in die Kontaktzone zugeführt. In der Folge werden höhere Werkzeugstandzeiten, ein verbesserter Spanbruch und bessere Werkstückrandschichten erreicht sowie neuartige hybride Prozesse, bei denen niedrige Prozesstemperaturen erforderlich sind, ermöglicht. Der zu diesem Forschungsschwerpunkt neu eingerichtete Arbeitskreis am Lehrstuhl für Fertigungstechnik und Betriebsorganisation ist am 10. April 2019 mit 11 beteiligten Unternehmen aus der Zerspanungs- und Kühlschmierstoffindustrie erfolgreich gestartet.



*Impulsvorträge und Diskussionsrunde während des Arbeitskreises*

Im Rahmen der ersten Arbeitskreissitzung wurden verschiedene Aspekte hinsichtlich der Einsatzmöglichkeiten des neuartigen sub-zero KSS und die dazu notwendige Maschinenperipherie für die Integration in Werkzeugmaschinen aufgezeigt. So führt der Einsatz des sub-zero KSS zu veränderten Anforderungen an KSS-Anlagen, insbesondere hinsichtlich der Sensorik und der erforderlichen Kälteanlagen zur Kühlung des sub-zero KSS. Weiterhin wurden die Auswirkungen auf den Zerspanprozess bei der Verwendung des sub-zero KSS diskutiert und Verbesserungsmöglichkeiten bei der Gestaltung von Zerspanwerkzeugen abgeleitet.

Wie verändert die Digitalisierung unsere Dienstleistungen? Welche neuen Möglichkeiten entstehen hierdurch für Wirtschaft und Bevölkerung? Im Zeichen dieser Fragen stand am 8. und 9. April die Dienstleistungstagung 2019 im Heinz Nixdorf MuseumsForum in Paderborn mit dem Titel „Service Systems Innovation – Impulse für Dienstleistungen von morgen“. Das FBK war hierbei mit einem InnoServPro-Ausstellungsstand im Industrie-4.0-Forum präsent und stellte interessierten Messebesuchern den Demonstrator des Projektpartners John Deere vor. Inhalt war dabei eine durch Augmented Reality unterstützte reactive maintenance Lösung zur Erhöhung der Verfügbarkeit in der Landmaschinenbranche. Die Projektergebnisse werden zudem im Laufe des Jahres in einem Herausgeberband mit dem Titel „Entwicklung datenbasierte Produkt-Service Systeme – Ein Ansatz zur Realisierung verfügbarkeitsorientierter Geschäftsmodelle“ (ISBN 978-3-662-59643-2) beim Springer-Verlag veröffentlicht.

Das Verbundforschungsprojekt wurde vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) gefördert (Förderkennzeichen: 02K14A001) und vom Projektträger Karlsruhe (PTKA) betreut.

### Kontakt

Patrick Kölsch, M. Sc.  
E-Mail: [patrick.koelsch@mv.uni-kl.de](mailto:patrick.koelsch@mv.uni-kl.de)  
Telefon: 0631 205 – 3224

GEFÖRDERT VOM



**Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung**

Beispielsweise führt die bessere Kühlung beim Einsatz des sub-zero KSS zu reduzierten Kontaktlängen des Spans mit dem Zerspanwerkzeug. In der Folge kommt es während der Zerspanung von Titanlegierungen zu geringerem thermo-chemischen Werkzeugverschleiß sowie zu einem günstigen Spanbruchverhalten.



*Vorstellung der Versuchsanlage zum Einsatz von sub-zero KSS in der Zerspanung*

Im Rahmen einer Versuchsfeldbesichtigung wurde die Versuchsanlage für den Einsatz des sub-zero-Kühlkonzepts in Zerspanprozessen vorgestellt. Anhand von Zerspanversuchen wurden die Problemstellungen bei der Hochleistungszerspannung von Titanlegierungen aufgezeigt und die durch den neuartigen sub-zero Ansatz erreichten Vorteile vorgeführt. Neben einem ersten ganzheitlichen Überblick bezüglich sub-zero KSS wurden Möglichkeiten der Zusammenarbeit aufgezeigt. Neben dem Erkenntnisstransfer der vorwettbewerblichen Grundlagenforschung zwischen den beteiligten Unternehmen und der TU Kaiserslautern im Rahmen des gemeinsamen Arbeitskreises, sind exklusive prozessspezifische Untersuchungen in Form von Parameterstudien außerhalb des Arbeitskreises möglich. Die Treffen des Arbeitskreises finden zukünftig im halbjährigen Turnus an der TU Kaiserslautern statt.

### Kontakt

Dipl.-Ing. (FH) Stephan Basten  
E-Mail: [stephan.basten@mv.uni-kl.de](mailto:stephan.basten@mv.uni-kl.de)  
Telefon: 0631 205 – 3721

## Cross Reality in Produktion, Qualitätsmanagement und Logistik FBK leitet Workshop zur Anwendung von Cross Reality in der Praxis

Am 11. April fand im Business + Innovation Center Kaiserslautern (BIC) der Workshop „Möglichkeiten und Potenziale der Nutzung von XR-Technologien in Produktion, Qualitätsmanagement und Logistik“ statt, der vom FBK in Kooperation mit der AG Computergrafik und HCI aus dem Fachbereich Informatik geleitet wurde. Die Veranstaltung ist Bestandteil des Innovationsforums „Industrial XR“, das die industrielle Anwendung von Cross Reality (XR), also beispielsweise von Virtual oder Augmented Reality, adressiert. Ziel des vom BMBF geförderten Innovationsforums ist der Aufbau eines Netzwerkes aus Instituten und Firmen, dem auch die TU Kaiserslautern angehört.



Vortrag über Anwendungsbeispiele von XR

Zunächst referierten Moritz Glatt (FBK) und Vera Memmesheimer (AG Computergrafik und HCI) über den Stand der Forschung und Anwendungsbeispiele von XR. Hierbei wurde zudem die Wichtigkeit einer integrierten Betrachtung von Anwendungskontext, Visualisierung und Arbeitssystem im Hinblick auf die erfolgreiche Einführung von XR hervorgehoben. Der Vortrag bildete die theoretische Grundlage für den anschließenden Workshop, der mit den anwesenden Unternehmensvertretern durchgeführt wurde. In Gruppenarbeit wurden Ziele, Hemmnisse und Chancen der Unternehmen erörtert, die von Zukunftsvisionen über die konkrete Planung bis hin zur bereits erfolgten Umsetzung von XR-Technologien reichten.

Die Erkenntnisse des Workshops sind in eine vom FBK und der AG Computergrafik und HCI entwickelten Studie eingeflossen. Ebenfalls Teil dieser Studie sind Ergebnisse einer Umfrage zum Thema XR, die im Netzwerk des Innovationsforums durchgeführt wurde. Die Ergebnisse der Studie wurden im Rahmen des Innovationsforums am 21. Mai 2019 im BIC präsentiert.

### Kontakt

Moritz Friedrich Glatt, M.Sc.  
E-Mail: moritz.glatt@mv.uni-kl.de  
Telefon: 0631 205 – 3722

## Einblick in die Produktion der Fahrzeugindustrie Exkursionen zu John Deere und BorgWarner Turbo Systems

Im Rahmen der vom FBK angebotenen Vorlesung „Automotive Production“ fanden auch in diesem Jahr zwei Exkursionen zu Unternehmen der Fahrzeugindustrie statt, um den Teilnehmenden einen Einblick in verschiedene Aspekte der Fahrzeugproduktion zu bieten. Die erste Exkursion führte zu John Deere nach Mannheim. Als eines der weltweit führenden Unternehmen der Landmaschinenbranche produziert John Deere an diesem Standort hauptsächlich Traktoren für den europäischen Markt. Nach einer Begrüßung

trienstrangs bis zur Funktionsprüfung des fertigen Traktors nachverfolgen. Abgeschlossen wurde die Exkursion mit einem Rundgang durch das John Deere Forum, in dem aktuelle Produkte des Unternehmens ausgestellt sind.

Mit der zweiten Exkursion zu BorgWarner Turbo Systems nach Kirchheimbolden wurde die Zuliefererseite der Fahrzeugindustrie adressiert. Nach einer Begrüßung startete die Führung in der Komponentenfertigung für Turbolader. Dort wurden die Schritte zur Fertigung der verschiedenen



Gruppenbild der Exkursion zu BorgWarner Turbo Systems

und einer kurzen Einführung in das Thema Nutzfahrzeugproduktion startete die Führung durch die Produktionshallen. In der Getriebefertigung wurde anschaulich erläutert, wie die einzelnen Komponenten eines Traktorengetriebes gefertigt und zu einem Getriebe montiert werden. In der Endmontage konnten die Teilnehmenden die einzelnen Schritte von der Montage des An-

komponenten vorgestellt und die verwendeten Fertigungsverfahren erläutert. Anschließend wurde die Montage besichtigt, wo die verschiedenen Varianten der Turbolader montiert werden.

Damit ergänzen die Exkursionen das theoretisch vermittelte Wissen aus der Vorlesung um praktische Einblicke in die Fahrzeugproduktion.

## Ausgewählte Veröffentlichungen

**M.F. Glatt, L. Yi, G. Mert, B.S. Linke, J.C. Aurich:** *Technical Product-Service Systems: Analysis and reduction of the Cumulative Energy Demand.* *Journal of Cleaner Production* 206 (2019): S. 727-740.

**D. Müller, B. Kirsch, J.C. Aurich:** *Kühlkanalaustrittsbedingungen bei Bohrern.* *wt Werkstattstechnik online* 109/1-2 (2019): S. 30-34.

**B. Kirsch, H. Hotz, R. Müller, S. Becker, A. Boemke, M. Smaga, T. Beck, J.C. Aurich:** *Generation of deformation-induced martensite when cryogenic turning various batches of the metastable austenitic steel AISI 347.* *Production Engineering - Research and Development* 13 (2019): S. 343-350.

**I.G. Reichenbach, M. Bohley, F.J.P. Sousa, J.C. Aurich:** *Tool-life criteria and wear behavior of single-edge ultra-small micro end mills.* *Precision Engineering* 55 (2019): S. 48-58.

**C. Siedler, S. Sadaune, M. Tafvizi Zavareh, M. Eigner, K.J. Zink, J.C. Aurich:** *Categorizing and selecting digitization technologies for their implementation within different product life-cycle phases.* *Procedia CIRP* 79 - Proceedings of the 12th CIRP Conference on Intelligent Computation in Manufacturing Engineering (2019): S. 274-279.

**D. Cichos, H. Hotz, L. Yi, S. Basten, J.C. Aurich:** *Quality protection based on elemental composition - Influencing factors and integration into life-cycle.* *Procedia CIRP* 79 - Proceedings of the 12th CIRP Conference on Intelligent Computation in Manufacturing Engineering (2019): S. 263-267.

**C. Sinnwell, C. Siedler, J.C. Aurich:** *Maturity model for product development information.* *Procedia CIRP* 79 - Proceedings of the 12th CIRP Conference on Intelligent Computation in Manufacturing Engineering (2019): S. 557-562.

**M. Glatt, J.C. Aurich:** *Physical modeling of material flows in cyber-physical production systems.* *Procedia Manufacturing* 28 - 7th International conference on Changeable, Agile, Reconfigurable and Virtual Production (2019): S. 10-17.

### Herausgeber

Lehrstuhl für Fertigungstechnik  
und Betriebsorganisation  
Prof. Dr.-Ing. Jan C. Aurich

### Kontakt

Lehrstuhl für Fertigungstechnik  
und Betriebsorganisation  
Technische Universität Kaiserslautern  
Postfach 3049  
67653 Kaiserslautern

E-Mail: fbk@mv.uni-kl.de Tel.: 0631 205 - 2618  
Internet: www.fbk-kl.de Fax: 0631 205 - 3238

Zu allen Veranstaltungen, Veröffentlichungen und Projekten erhalten Sie neben den angegebenen Quellen Informationen beim Herausgeber.

Der Infobrief ist auch in elektronischer Form als PDF-Datei über die Internet-Seiten des FBK erhältlich. Dort kann der Infobrief ebenfalls abonniert werden.

ISSN 1615-2492