

Y-TZP

Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>

MASCHINENBAU UND  
VERFAHRENSTECHNIK

FBK

30 µm

FBK

30 µm

Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

ZTA

INFOBRIEF Ausgabe 62/20

FBK

Lehrstuhl für Fertigungstechnik und  
Betriebsorganisation Kaiserslautern

**In dieser Ausgabe:**

*Aktuelles aus dem Sonderforschungsbereich 926: Assoziiertes Projekt µKerWe*

Entwicklung und Untersuchung vollkeramischer Mikrofräswerkzeuge mit Durchmessern ≤ 50 µm ..... 2

*5G-Forschung am FBK*

Potenziale des neuen Mobilfunkstandards für Maschinensteuerung und Augmented Reality .....2

*Projekt des IRTG2057: Prozess-Maschine-Fabrik-Interaktion bei der Mikrobearbeitung*

Entwicklung eines Simulationsansatzes zur Bestimmung der Prozess-Maschine-Interaktion  
beim Mikrofräsen ..... 3

*Forschungsprojekt innerhalb des IRTG 2057*

Physiksimulation von Materialflüssen .....3

*Spatenstich für die Spitzenforschung*

Baubeginn für das Laboratory for Ultra-Precision and Micro Engineering .....4

*Neues Großgerät am FBK*

Bearbeitungszentrum zur HSC-Fräs- und Schleifbearbeitung .....4

Neue Mitarbeiter .....4

Ausgewählte Veröffentlichungen ..... 4

## Entwicklung und Untersuchung vollkeramischer Mikrofräswerkzeuge mit Durchmessern $\leq 50 \mu\text{m}$

Die Mikrostrukturierung von Bauteilen tritt in vielen Bereichen immer weiter in den Vordergrund. Mikrostrukturierte Oberflächen mit hoher Qualität und Genauigkeit werden z.B. in medizinischen Geräten, Sensoren und Messinstrumenten benötigt. Das Mikrofräsen mit Mikroschaftfräsern eignet sich sehr gut zur Herstellung von kundenspezifischen und individuellen Mikrostrukturen. Es bestehen nur wenige Einschränkungen bezüglich der bearbeitbaren Materialien, bei geringen Investitionen im Vergleich zu anderen Mikroproduktionsprozessen. Die kleinen Werkzeugdurchmesser ( $<100 \mu\text{m}$ ) führen dabei zu hohen mechanischen Belastungen der Mikrofräser, welche üblicherweise aus Hartmetall gefertigt werden. Technische Keramiken bieten dabei ebenfalls sehr gute Materialeigenschaften, werden bislang jedoch nicht zur Herstellung von Mikrofräswerkzeugen eingesetzt. Die Entwicklung, Herstellung und Anwendung von vollkeramischen Mikrofräswerkzeugen werden daher im Rahmen dieses DFG-Projekts untersucht. Dazu wurden bereits geeignete Schneidkeramiken ausgewählt und mittels Schleifen Mikrofräswerkzeuge hergestellt. Verwendet wurden drei Oxidkeramiken (Aluminiumoxid -  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , Zirkonverstärktes Aluminiumoxid - ZTA sowie Zirkonoxid - Y-TZP) und eine Nitridkeramik (Siliziumnitrid -  $\text{Si}_3\text{N}_4$ ). Aus den keramischen Werkzeugrohlingen ( $\varnothing 3 \text{ mm}$  h6 x 39 mm) wurden einschneidige Mikrofräser mit einem Durchmesser von  $100 \mu\text{m}$  geschliffen. Die Werkzeugherstellung wurde auf einer Ultrapräzisionsdrehmaschine LT-Ultra MTC 250, die mit einer speziellen Schleifeinheit ausgestattet ist, am FBK durchgeführt. Die Aufnahmen aus dem Rasterelektronenmikroskop (REM) der verschiedenen Werkzeuge sind auf der Titelseite dargestellt.

Die Schneidkanten des Zirkonwerkzeugs sind dabei sehr scharf, ohne Kornausbrüche oder Defekte über die gesamte dargestellte Spanfläche. Beim  $\text{Si}_3\text{N}_4$ -Werkzeug sind die Schneidkanten noch vergleichsweise scharf, obwohl eine Art Fase entlang der Schneiden zu erkennen ist. Beide Werkzeuge entsprechen der Zielgeometrie. Im Gegensatz dazu lassen sich bei den beiden anderen Werkzeugen ( $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{ZTA}$ ) starke Kornausbrüche und stumpfe Schneidkanten feststellen. Die gewünschte Werkzeuggeometrie konnte nicht erreicht werden und die Schneidkanten sind nur teilweise intakt. Ursache hierfür ist das Herausreißen ganzer

Körner aus dem Substratwerkstoff im Schleifprozess, mitunter aufgrund der geringen Bruchzähigkeiten. Zudem sind die mittleren Korngrößen der Substrate vergleichsweise groß.

Beim Mikrofräsen schlugen sich die abweichende Geometrie und die Kornausbrüche der Aluminiumoxid-basierten Werkzeuge erwartungsgemäß in schlechter Strukturqualität und Werkzeugversagen nieder. Daher sind diese beiden getesteten Substrate nicht als Schneidstoff für Mikrofräswerkzeuge geeignet. Die Werkzeuge aus Zirkonoxid waren die schärfsten der getesteten Substrate und erzielten die besten Fräsergebnisse, auch in schwer zu zerspanenden Materialien wie z.B. Reintitan. Dort zeigte sich bei den  $\text{Si}_3\text{N}_4$ -Werkzeugen, wahrscheinlich aufgrund der faserartigen Ausbrüche an den Schneidkanten, ein sehr schnelles Werkzeugversagen. Da die Schärfe der Schneidkanten bzw. der Schneidkantenradius ein entscheidender Faktor ist, wurde Zirkonoxid als Schneidstoff für die weitere Werkzeugherstellung im Projekt ausgewählt. Damit konnten vollkeramische Mikrofräswerkzeuge zum ersten Mal hergestellt und auch erfolgreich eingesetzt werden.

Bei der Werkzeugherstellung zeigte sich, dass beim Schleifen der Keramiken die Schleifscheiben sehr schnell abstumpfen und so die Qualität der Werkzeuge, insbesondere der Schneidkantenradius, negativ beeinflusst wird. Daher müssen die Schleifscheiben während der Werkzeugherstellung regelmäßig abgerichtet werden, sodass eine konstante Werkzeugqualität, geringe Schneidkantenradien und ein stabiler Prozess erreicht werden. Mit diesem Ziel werden in aktuellen Untersuchungen verschiedene Abrichter und Abrichtstrategien bei der Werkzeugherstellung untersucht. In Kombination mit dieser Abrichteinheit werden Vergleiche von Zirkonoxid-Substraten verschiedener Hersteller und sehr feinkörnigen Aluminiumoxid-Entwicklungs substraten in verschiedenen Werkstoffen durchgeführt.

### Kontakt

Dipl.-Ing. Tobias Mayer

E-Mail: tobias.mayer@mv.uni-kl.de

Telefon: 0631 205 - 3473

## 5G-Forschung am FBK

### Potenziale des neuen Mobilfunkstandards für Maschinensteuerung und Augmented Reality

Der neue Mobilfunkstandard 5G ermöglicht im Vergleich zu heutigen Mobilfunk- oder Drahtlosnetzwerktechnologien deutlich kürzere Latenzen (bis zu 1ms) und höhere Bandbreiten (bis zu mindestens 10 Gbit/s). Weiterhin kann eine deutlich höhere Zahl an Empfängern pro Netzwerkknoten bedient werden und Objekte können bis auf wenige Zentimeter genau lokalisiert werden. Diese Eigenschaften bilden die Grundlage für zahlreiche Anwendungspotenziale in der Produktion, welche der FBK als Teil des Forschungsvorhabens „5G Kaiserslautern“ erforscht.

Das Ziel des vom BMVI geförderten Forschungsprojekts ist die Entwicklung innovativer 5G Anwendungen und die Optimierung von 5G Campusnetzen für den Einsatz in Produktion, Landwirtschaft und Weinbau sowie Smart City und Campusbildbarkeit. Durch das Projekt soll das Thema 5G auch für die Öffentlichkeit erlebbar gemacht werden. Das Forschungsprojekt ist an der TUK angesiedelt und wird von Professor. Hans Schotten (Lehrstuhl für Funkkommunikation und Navigation) geleitet. Außer dem FBK sind auch die Lehrstühle für Robotersysteme, Mechatronik und elektrische Antriebssysteme, Werkzeugmaschinen und Steuerungen sowie für Elektromobilität der TUK am Projekt beteiligt. Assoziierte externe Partner des Projekts sind das Deutsche Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz (DFKI) sowie die Lehr- u. Versuchsanstalt für Viehhaltung Hofgut Neumühle, John Deere GmbH & Co. KG und KL.digital GmbH.

Der FBK erforscht hierbei die zwei produktionsnahen Anwendungsfälle „Maschinensteuerung“ und „Augmented Reality“. Im Anwendungsfall „Maschinensteuerung“ wird erforscht, wie 5G dazu genutzt werden kann, die Steuerung einer Werkzeugmaschine in eine Cloud auszulagern. Zugehörige Maschinendaten, die für die technologische und geometrische Datenverarbeitung der CNC-Steuerung benötigt werden, werden in Echtzeit in die Cloud übertragen. Aufgrund der geringen Latenz von 5G können Steuergrößen rechtzeitig aus der Cloud an Aktoren der Werkzeugmaschine übermittelt und diese so gesteuert werden. 5G bietet hiermit die Möglich-

keit, eine zentrale Maschinensteuerung aus der Cloud zu realisieren und dabei Datenanalyse „in the Loop“ durchzuführen.



### 5G-Kaiserslautern

Im Anwendungsfall „Augmented Worker“ werden eine Überwachung autonomer Transportfahrzeuge und Werkzeugmaschinen im Produktionssystem sowie eine freie Interaktion zwischen Mensch und Maschine über Brain Computer Interface (BCI) und Eye Tracking ermöglicht. Hierfür wird eine semi-transparente, digitale Shopfloor-Tafel aufgebaut, welche durch BCI und Eye-Tracking eine Interaktion mit dem Nutzer gewährleistet. 5G ermöglicht hier eine Überwachung mehrerer Werkzeugmaschinen von einem zentralen Punkt aus. Dabei stellt die echtzeitnahe Übertragung und Auswertung der Daten, basierend auf den Reaktionen des Nutzers, eine Innovation dar, die durch 5G und dessen geringe Latenz möglich wird.

### Kontakt

M.Sc. Li Yi

E-Mail: li.yi@mv.uni-kl.de

Telefon: 0631 205 - 3369

### Entwicklung eines Simulationsansatzes zur Bestimmung der Prozess-Maschine-Interaktion beim Mikrofräsen

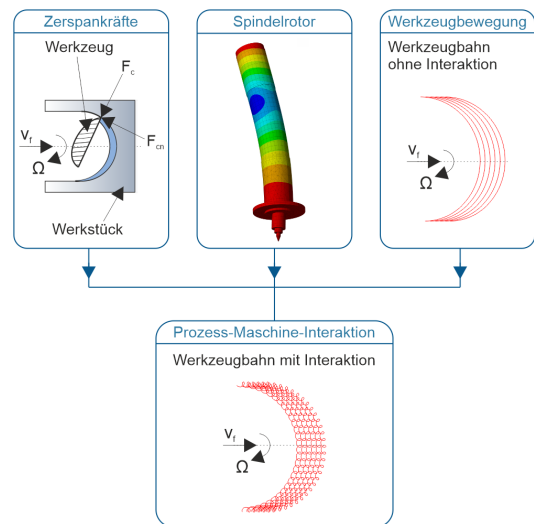
Die steigende Nachfrage nach kompakten Produkten und funktionalen Bauteiloberflächen stellt die Fertigungstechnik vor neue Herausforderungen. Schon geringste Einflüsse auf den Bearbeitungsprozess, ob maschinen- oder prozessbedingt, können die Maßhaltigkeit und Funktionalität beeinträchtigen. Aus diesem Grund rückt die Untersuchung von Prozess-Maschine-Fabrik-Interaktionen bei der Mikrobearbeitung zunehmend in den Fokus der Forschung. Der Begriff Prozess-Maschine-Fabrik-Interaktion bezieht sich auf die gegenseitige Beeinflussung des eingesetzten Fertigungsprozesses, der hierfür verwendeten Werkzeugmaschine sowie der Fabrikumgebung. Anschaulich bedeutet dies beispielsweise, dass Zerspankräfte Schwingungen der Werkzeugmaschine anregen können, welche wiederum den Tool-Center-Point verschieben. Folglich können Prozess-Maschine-Fabrik-Interaktionen den Bearbeitungsprozess und somit das Prozessergebnis negativ beeinflussen.

Das Ziel des Teilprojektes „Prozess-Maschine-Interaktion bei der Mikrobearbeitung“ der International Research Training Group (IRTG) 2057 ist daher die Untersuchung der Prozess-Maschine-Interaktion beim Mikrofräsen mithilfe geeigneter Modellierungsansätze. Hierfür wurde ein Gesamtmodell entwickelt, welches sich aus drei Teilmodellen zusammensetzt (siehe Abbildung): einem Modell zur Bestimmung der Zerspankräfte in Abhängigkeit der aktuellen Lage des Tool-Center-Points, einem Modell zur Bestimmung des dynamischen Verhaltens des Spindelrotors und einem Modell zur Bestimmung der Werkzeugbewegung in Abhängigkeit der Rotations- und Vorschubbewegung. Diese drei Teilmodelle wurden durch Superposition in Abhängigkeit des Rotationswinkels des Werkzeugs miteinander gekoppelt. Da das dynamische Schwingungsverhalten der Werkzeugspindel bei der Mikrozerspannung einen erheblichen Einfluss auf das Prozessergebnis hat, muss dieses möglichst detailreich abgebildet werden. Hierzu zählen insbesondere die Bestimmung der dynamischen Lagerungseigenschaften in Form von Steifigkeit und Dämpfung sowie die Berücksichtigung drehzahlabhängiger Effekte.

Bisher erlangte Projektergebnisse zeigen, dass die Verwendung mehrerer Teilmodelle mit anschließender Superposition eine geeignete Methode zur simulationsgestützten Untersuchung von Prozess-Maschine-Interaktionen darstellt. So ist es mithilfe dieses Ansatzes möglich, den Einfluss einzelner

Komponenten (beispielsweise des Antriebsmotors) und Parameter (beispielsweise verbleibenden Restunwucht) auf die Interaktion und das endgültige Prozessergebnis zu untersuchen.

Im weiteren Projektverlauf werden auf Basis des Simulationsmodells diejenigen Komponenten und Parameter identifiziert, welche die Prozess-Maschine-Interaktion kritisch beeinflussen. Hierdurch lassen sich in Zukunft gezielt Maßnahmen treffen, um die Prozess-Maschine-Interaktion zu minimieren und dadurch das endgültige Prozessergebnis zu verbessern



Simulationsmodell zur Untersuchung der Prozess-Maschine-Interaktion beim Mikrofräsen

#### Kontakt

Dipl.-Ing. Andreas Lange

E-Mail: andreas.lange@mv.uni-kl.de

Telefon: 0631 205 – 3725

## Forschungsprojekt innerhalb des IRTG 2057

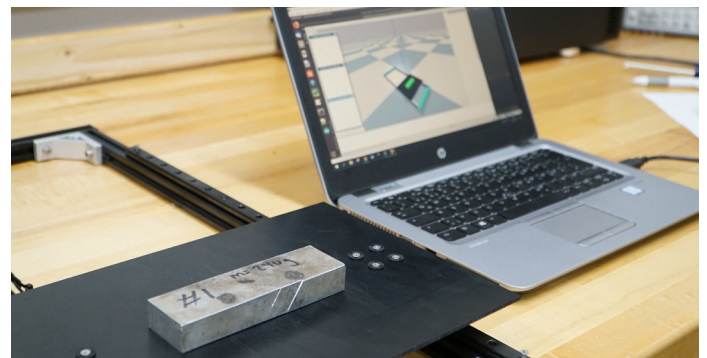
### Physiksimulation von Materialflüssen

Der innerbetriebliche Materialfluss verursacht einen beträchtlichen Teil der Produktionskosten eines Produkts und wird dabei als nicht-wertschöpfender Prozess gesehen. Während Optimierungen der ablauforganisatorischen Parameter des Materialflusses vielfach zur Verringerung der Kosten angewandt werden, werden physikalische Aspekte des Materialflusses bislang vergleichsweise selten adressiert. Dies wird jedoch vor dem Hintergrund zunehmend individualisierter Produkte und angesichts von Produktionssystemen mit hohem Autonomiegrad immer wichtiger: Individualisierte Produkte variieren nicht nur bzgl. ihrer Gestalt, sondern weisen mitunter verschiedene Massenverteilungen und Oberflächenbeschaffenheiten auf. Zudem können verschiedenartige Produkte das Produktionssystem auf unterschiedlichen Wegen durchlaufen. Diese beiden Effekte führen dazu, dass die physikalische Interaktion zwischen den Produkten und den Fördermitteln zahlreichen, schwer vorhersehbaren Einflüssen unterliegt.

Die Nutzung der Physiksimulation auf Basis einer Physik-Engine bietet die Möglichkeit, derartige physikalische Vorgänge zwischen Festkörpern zu simulieren und so das Verhalten von Produkten und Fördermitteln unter verschiedenen Konfigurationen vorherzusagen. Innerhalb des Internationalen Graduiertenkollegs IRTG 2057 wurde erforscht, wie hierfür geeignete Simulationsmodelle aufgebaut und implementiert werden müssen. Zunächst wurden dafür die relevanten Einflussfaktoren identifiziert und auf dieser Basis ein Konzeptmodell des zu simulierenden Systems entwickelt. Anschließend wurde dieses Konzeptmodell mithilfe der Physik-Engine „pyBullet“ in ein ausführbares Simulationsmodell überführt.

Die Echtzeitfähigkeit von Physik-Engines erlaubt die Nutzung zur betriebsbegleitenden Simulation. Dem Konzept des Digitalen Zwillinges folgend wurde daher in Kooperation mit Forschern der University of California (Davis) ein reales Fördermittel und das dazugehörige physikbasierte Simulationsmodell miteinander vernetzt.

Hierbei erfassen Lagesensoren die aktuelle Position des Fördermittels, welche innerhalb der Physiksimulation verarbeitet wird. Auf Basis der



Reales Fördermittel (links) und verknüpftes Simulationsmodell (rechts)

Simulationsergebnisse können anschließend Steuergrößen an das Fördermittel übertragen werden. Dieser Digitale Zwilling ermöglicht eine prädiktive Simulation, bei der vor der realen Durchführung eines Materialflussprozesses zunächst mehrere Simulationsdurchläufe mit verschiedenen Parametern (z.B. Beschleunigung) durchgeführt werden. Anschließend kann derjenige Parametersatz für den realen Prozess ausgewählt werden, der einen sicheren Transport bei größtmöglicher Transportgeschwindigkeit ermöglicht. Weiterhin kann der reale Materialflussprozess durch Nutzung der Simulation überwacht werden.

#### Kontakt

M.Sc. Moritz Glatt

E-Mail: moritz.glatt@mv.uni-kl.de

Telefon: 0631 205 – 4068

## Spatenstich für die Spitzenforschung

### Baubeginn für das Laboratory for Ultra-Precision and Micro Engineering



Prof. Dr.-Ing. Jan C. Aurich, Prof. Dr. Helmut J. Schmidt, Prof. Dr. Arnd Poetzsch-Heffter, Prof. Dr. Konrad Wolf, Holger Basten, Norbert Höbel (v.l.n.r.) beim Spatenstich (Quelle: TUK / Voß)

Der am 30. Juni 2020 feierlich durchgeführte Spatenstich markiert den Baubeginn für das „Laboratory for Ultra-Precision and Micro Engineering“ (LPME) an der TU Kaiserslautern. Der Neubau bietet auf einer Nutzfläche von 6.470m<sup>2</sup> Arbeitsraum für 75 Wissenschaftler\*innen, sowie 10 weitere Mitarbeiter\*innen. In diesem einzigartigen Umfeld sollen ab 2023 Arbeitsgruppen aus Maschinenbau, Verfahrenstechnik, Informatik und Physik die Gesetz-

mäßigkeiten der Nano- und Mikrotechnologie interdisziplinär erforschen und damit Grundlagen für spätere industrielle Anwendungen schaffen. Den zentralen Bestandteil der Forschung bilden die Ultrapräzisions- sowie Mikrofertigung, welche langjährige und international renommierte Themenschwerpunkte am FBK darstellen. Die Gesamtbaukosten

in Höhe von rund 42,8 Mio. Euro werden vom Bund und dem Land Rheinland-Pfalz getragen. Für die Erstausrüstung mit neuen Großgeräten stehen zudem 8,7 Mio. Euro bereit.

#### Kontakt

Dr.-Ing. Marco Zimmermann  
E-Mail: marco.zimmermann@mv.uni-kl.de  
Telefon: 0631 205 – 2872

## Neues Großgerät am FBK

### Bearbeitungszentrum zur HSC-Fräs- und Schleifbearbeitung

Das FBK ist seit Juli dieses Jahres im Besitz eines neuen, von der Deutschen Forschungsge-



Inbetriebnahme des neuen Bearbeitungszentrums

meinschaft (DFG) kofinanzierten 5-Achs-Bearbeitungszentrums der Firma Röders. Eine Besonderheit dieser Anlage ist die integrierte Zweispindleroption. Neben einer kugelgelagerten Spindel (max. Drehzahl 36.000 U/min) ist eine luftgelagerte Spindel verbaut, mit der Drehzahlen bis zu 90.000 U/min ermöglicht

werden. Mit diesen beiden Spindeln und der Möglichkeit zur 5-Achs-Simultanbearbeitung kann mit dieser Anlage ein breites Anwendungsspektrum abgedeckt werden. Ihren ersten Einsatz hat diese Anlage im Projekt OptiAM, gefördert durch die KSB-Stiftung. Hier wird die Hochgeschwindigkeits-(HSC)-Fräsbearbeitung additiv gefertigter Bauteile untersucht. Vorteile der HSC-Bearbeitung sind vor allem kürzere Fertigungszeiten und hohe erreichbare Oberflächengüten.

#### Kontakt

M.Sc. Johanna Steiner-Stark  
E-Mail: johanna.steiner-stark@mv.uni-kl.de  
Telefon: 0631 205 – 5763

## Neue Mitarbeiter



**Patrick Rüdiger** arbeitet seit Juli als wissenschaftlicher Mitarbeiter am FBK. Der Schwerpunkt seiner Tätigkeit liegt im Bereich digitaler Technologien für Produktionssysteme.



**Matthias Klar** arbeitet seit September als wissenschaftlicher Mitarbeiter am FBK. Der Schwerpunkt seiner Tätigkeit liegt im Bereich digitaler Technologien für Produktionssysteme.



**Jonas Pollak** hat im August seine Ausbildung zum Fachinformatiker Fachrichtung Systemintegration am FBK begonnen.



**Max Werrel** arbeitet seit September als wissenschaftlicher Mitarbeiter am FBK. Der Schwerpunkt seiner Tätigkeit liegt im Bereich der Nachhaltigkeit in der Produktion.

## Ausgewählte Veröffentlichungen

**S. Greco, K. Gutzeit, H. Hotz, B. Kirsch, J.C. Aurich:** Selective laser melting (SLM) of AISI 316L – impact of laser power, layer thickness, and hatch spacing on roughness, density, and microhardness at constant input energy density. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 108/5-6 (2020): S. 1551-1562.

**M. Glatt, P. Kölsch, N. Krenkel, P. Langlotz, C. Siedler, L. Yi, J. C. Aurich:** Rahmenwerk zur Einordnung Digitaler Zwillinge in Produktionssystemen. *ZWF – Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb* 115/6 (2020): S. 429-433.

**M. Zimmermann, B. Kirsch, Y. Kang, T. Herrmann, J.C. Aurich:** Influence of the laser parameters on the cutting edge preparation and the performance of cemented carbide indexable inserts. *Journal of Manufacturing Processes* 58 (2020): S. 845-856.

**P. Kölsch, J. Heimicke, A. Albers, J.C. Aurich:** Agile Planung und Entwicklung von Produkt-Service Systemen. *ZWF – Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb* 115/6 (2020): S. 381-386.

**H. Hotz, B. Kirsch, J.C. Aurich:** Impact of the thermomechanical load on subsurface phase transformations during cryogenic turning of metastable austenitic steels. *Journal of Intelligent Manufacturing* (2020): DOI:10.1007/s10845-020-01626-6.

**C. Siedler, P. Langlotz, J.C. Aurich:** Modeling and assessing the effects of digital technologies on KPIs in manufacturing systems. *Procedia CIRP 93 - Proceedings of the 53rd CIRP Conference on Manufacturing Systems* (2020): S. 682-687.

**M. Heintz, T. Mayer, B. Kirsch, J.C. Aurich:** Tool/workpiece contact detection via acoustic emission in micro grinding. *Proceedings of the 20th euspen International Conference* (2020): S. 587-588.

**K. Gutzeit, H. Hotz, B. Kirsch, J.C. Aurich:** Influence of Nozzle Position during Cryogenic Milling of Ti-6Al-4V. *Production at the leading edge of technology – Proceedings of the 10th Congress of the German Academic Association for Production Technology* (2020): S. 284-293.

**C. Siedler, S. Dupont, M. Tafvizi Zavareh, F. Zeihsel, J.C. Aurich:** Reifegradmodell zur Bestimmung des Digitalisierungsgrads. *Bedarfsgerechte Digitalisierung von Produktionsunternehmen - Ein modulares Transformationskonzept als praxisorientierter Ansatz* (2020): S. 21-36.

#### 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