

**INFOBRIEF** Ausgabe 56/18

20 µm

**In dieser Ausgabe:**

*Neues Forschungsgebäude an der TU Kaiserslautern bewilligt*

Interdisziplinäre Forschung zur Ultrapräzisions- und Mikrotechnik im Laboratory for Ultra-Precision and Micro Engineering (LPME) startet 2023 ..... 2

*AiF-Projekt zur Optimierung von Bohrern (OptiBo)*

Analyse der Kühlkanalaustrittsbedingungen bei innengekühlten Bohrern ..... 2

*Entwicklung einer ereignisdiskreten Produktionssteuerung*

Reduzierung des planerischen Arbeits- und Zeitaufwands ..... 3

*Projekt „Additive Manufacturing in der Nutzfahrzeugindustrie“*

Erfolgreiche Veranstaltung zur additiven Fertigung ..... 4

Lernfabrik µ-Span Spanende Mikrobearbeitung ..... 4

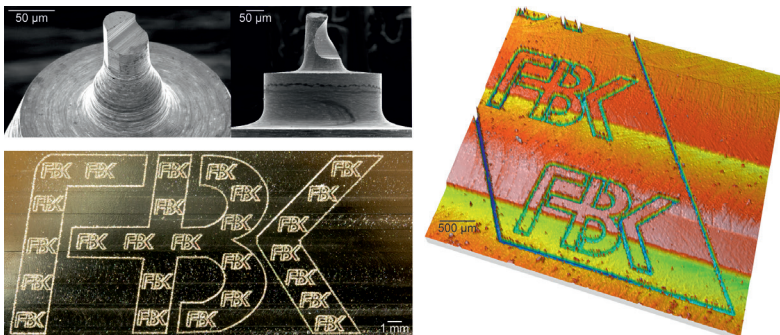
Ausgewählte Veröffentlichungen ..... 4

## Neues Forschungsgebäude an der TU Kaiserslautern bewilligt

### Interdisziplinäre Forschung zur Ultrapräzisions- und Mikrotechnik im Laboratory for Ultra-Precision and Micro Engineering (LPME) startet 2023

Am 27. April 2018 hat der Wissenschaftsrat der Bundesrepublik Deutschland die Förderung des Forschungsbaus „Laboratory for Ultra-Precision and Micro Engineering (LPME)“ an der TU Kaiserslautern empfohlen. Das neue Gebäude, dessen Bau- und Einrichtungskosten in Höhe von 52 Mio. € gemeinsam durch das Land Rheinland-Pfalz und den Bund getragen werden, bietet Platz für zehn Arbeitsgruppen aus Maschinenbau, Verfahrenstechnik und Informatik. Wissenschaftlicher Leiter des Forschungsbaus ist Prof. Aurich. Mit der Ultrapräzisions- und Mikrofertigung bilden langjährige Themenschwerpunkte des FBK einen zentralen Bestandteil der in LPME geplanten Forschungsprogramm. Entscheidend für die Arbeit in LPME wird die enge interdisziplinäre Zusammenarbeit der beteiligten Arbeitsgruppen sein.

Die Forschungsarbeiten werden in den vier Schwerpunkten Herstellung, Charakterisierung, Modellierung und Simulation sowie Anwendung durchgeführt. Im Forschungsschwerpunkt Herstellung werden Verfahren zur Mikrostrukturierung von Oberflächen, zur Beschichtung von Oberflächen mit ultrafeinen Partikeln und zur ultrapräzisen Herstellung von Komponenten aus verschiedenen Werkstoffklassen untersucht. Alle betrachteten Verfahren haben eines gemeinsam: Sie sind im Bereich der Einzelfertigung anwendbar, besonders geeignet aber für die individualisierte Massenfertigung. Im Fokus stehen die spannende Mikro- und Ultrapräzisionsbearbeitung, die Laserbearbeitung, die additive Fertigung und thermische Spritzverfahren.



Mikrofräser unterschiedlicher Geometrie und mikrogefrästes FBK-Logo

Im Schwerpunkt Charakterisierung werden drei grundlegende Forschungsfragen betrachtet: die Korrelation der Herstellprozess-Werkstoffmikrostruktur-Eigenschaften, die modellbasierte Entwicklung von Geometrienormalen für die Kalibrierung und Rückführung optischer und taktile Präzisionsmessenrichtungen und die Charakterisierung tribologischer Vorgänge an hochbelasteten Kontaktstellen von Maschinenelementen.

Neue Fertigungsverfahren der Ultrapräzisions- und Mikrotechnologie erfordern auch neuartige prozessbegleitende Simulationstechniken, um die Prozesse auf Mikroebene zu verstehen und hieraus Verbesserungs- und Optimierungsstrategien abzuleiten. Zentrale Forschungsfrage des Schwerpunkts Modellierung und Simulation ist die Entwicklung solcher prozessbegleitenden Simulationen.

Die interdisziplinäre Forschung in vier Schwerpunkten wird das Verständnis für die zu Grunde liegenden physikalischen Effekte erheblich verbessern, wodurch Herstellprozesse beherrscht und Bauteileigenschaften mit hoher Sicherheit prognostiziert werden können. Zukünftig sind dadurch neue wissenschaftliche und industrielle Anwendungen der Ultrapräzisions- und Mikrotechnologie realisierbar. Solche Anwendungen sind z. B. hochauflösende Optiken, reibungsminimierte Maschinenelemente, Mikrostrukturen für die sichere Produktidentifizierung oder neuartige Mikroaktoren und -sensoren.

Auf einer Hauptnutzfläche von 3.100 m<sup>2</sup> wird das dreistöckige Gebäude Platz für 85 Personen bieten, darunter 75 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler. Den Großteil dieser Fläche nehmen Labore ein, die überwiegend schwingungsstabil sowie feuchte- und temperaturreguliert sind. Für die Forschungsarbeiten werden zudem mehrere neue Großgeräte beschafft. Gemeinsam mit den bereits vorhandenen Geräten bilden sie eine deutschlandweit einmalige und weltweit wettbewerbsfähige Infrastruktur. Das neue Gebäude soll im Jahr 2023 bezugsfertig sein.

#### Kontakt

Prof. Dr.-Ing. Jan C. Aurich  
E-Mail: fbk@mv.uni-kl.de  
Telefon: 0631 205 – 2618

## AiF-Projekt zur Optimierung von Bohrern (OptiBo)

### Analyse der Kühlkanalaustrittsbedingungen bei innengekühlten Bohrern

Innerhalb der spanenden Fertigung dienen Kühlschmierstoffe (KSS) der Reibungsreduzierung zwischen Werkzeug und Span sowie der Wärme- und Spanabfuhr. Der Einsatz von Kühlschmierstoffen stellt allerdings einen wesentlichen Anteil am Gesamtenergieverbrauch einer Werkzeugmaschine dar. Durch eine Reduzierung des Kühlschmierstoffverbrauchs kann folglich sowohl der Energiebedarf der Werkzeugmaschine, als auch die Kosten für Beschaffung, Aufbereitung und Entsorgung des KSS gesenkt werden. Eine Reduzierung des Kühlschmierstoffeinsatzes bei gleichbleibender Effizienz der Kühlschmierung bedarf jedoch einer Optimierung bestehender Werkzeuge.

Während des Bohrprozesses wird der größte Teil der aufgewendeten Energie (ca. 80%) in Wärme umgewandelt, wodurch die Bohrer hohen thermischen Belastungen ausgesetzt sind. Auf Grund der Lage der Zerspanzone im Inneren des Werkstücks erfolgt die Zuführung des KSS über im Bohrer liegende Kühlkanäle. Innerhalb des abgeschlossenen AiF-Projekts „Einfluss der Kühlkanalaustrittsbedingungen auf die Werkzeugstandzeit beim Bohren“ (EKW) konnte am FBK gezeigt werden, dass die Kühlkanalaustrittsposition die Effizienz der Kühlschmierung beeinflusst.

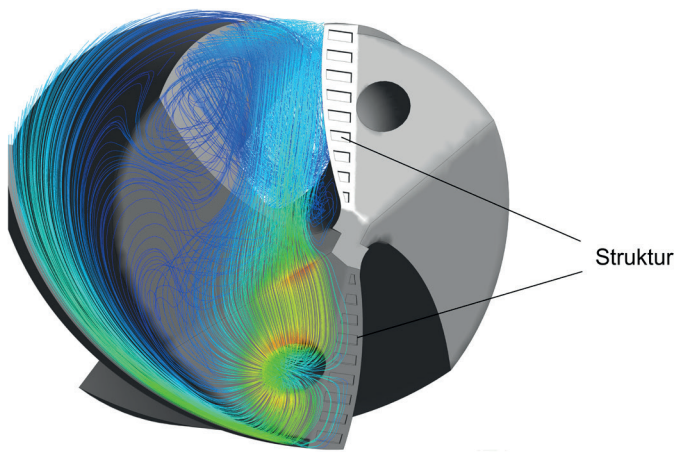
Durch eine effizientere Kühlschmierung infolge verbesserter Kühlkanalaustrittsbedingungen (KKAB) kann die benötigte Menge an KSS gesenkt und somit auch der erforderliche Energiebedarf der Werkzeugmaschine

reduziert werden, bzw. bei gleichbleibendem KSS-Volumenstrom das Zeitspanvolumen erhöht werden. Daher wird im Projekt „Optimierung der Kühlkanalaustrittsbedingungen an Bohrern (OptiBo)“ der Einfluss weiterer Austrittsbedingungen wie z. B. Form, Größe, sowie Anzahl der Kühlkanäle auf die Effizienz der Kühlschmierung untersucht. Zudem werden auch Anschlüsse an den Kühlkanälen, der Winkel der zweiten Freifläche sowie strukturierte Freiflächen betrachtet.

Die Untersuchungen des Projekts gliedern sich hierbei in einen simulativen und einen experimentellen Teil. Zunächst werden die Einflüsse der KKAB auf die Strömungsverhältnisse im Bereich des Schneidkeils anhand von Computational Fluid Dynamics Simulationen (CFD) untersucht. Anhand von Zerspanversuchen wird der Einfluss der KKAB auf die Bohrlochqualität, die thermische Belastung der Bohrer, sowie die Werkzeugstandzeit ermittelt. Als Referenzwerkzeuge dienen Bohrer mit optimierter Kühlkanalaustrittsposition (EKW).

Die Simulationsergebnisse zeigen, dass alle untersuchten Kühlkanalaustrittsbedingungen stehende Strömungsgebiete (Totgebiete) im Bereich der Schneidkante aufweisen. Diese Totgebiete können u.a. durch eine Variation der Kühlkanalform (z.B. elliptische Kanäle) und kleinere zweite Freiwinkel, in Folge erhöhter Strömungsgeschwindigkeiten, verringert werden. Eine Strukturierung der Freifläche bewirkt eine Steigerung der Kühlschmiereffizienz und kann somit die thermische Belastung





Simulation einer Struktur

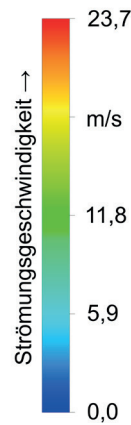
der Bohrer senken. Dies lässt sich sowohl durch verbesserte Strömungsbedingungen in der Nähe der Schneidkante als auch durch eine Vergrößerung des Fluidvolumens (dünner Fluidfilm) sowie der benetzbaren Fläche im Bereich der Schneidkante erklären.

Für die Strukturierung der Werkzeuge wurde zunächst ein 3D-Scan eines Werkzeugs angefertigt und mittels Reverse Engineering ein CAD-Modell des Bohrers konstruiert. In dieses Modell wurden im Bereich der Freiflächen verschiedene Nuten und Vertiefungen eingefügt sowie die Negativformen der Strukturen erstellt. Anhand der Negativformen konnten die Strukturen mittels Laserbearbeitung in die Werkzeuge eingebracht werden.

### Entwicklung einer ereignisdiskreten Produktionssteuerung Reduzierung des planerischen Arbeits- und Zeitaufwands

Die Produktion kundenindividueller Produkte geht mit einem hohen Maß an Planungs- und Steuerungsaufwand einher. Aus diesem Grund wurde im Rahmen des IRTG 2057 eine ereignisdiskrete Produktionssteuerung entwickelt, die den Arbeits- und Zeitaufwand reduziert, der mit der Erstellung eines Produktionsplans einhergeht. Ereignisdiskret bedeutet in diesem Zusammenhang, dass die Produktionssteuerung im Stande ist, eigenständig auf das Eintreffen von Ereignissen zu reagieren. Unter Ereignis ist eine Veränderung im Produktionssystem, welche den geplanten Zustand einer Produktion verändert, zu verstehen. Hierfür wurden zunächst die Informationen analysiert und aufbereitet, die sich aus der Arbeitsplanung ergeben und Einfluss auf die Arbeitssteuerung nehmen. Daraus wurde ersichtlich, dass die Möglichkeit besteht, eine individuelle Strukturstückliste um zusätzliche Informationen zu erweitern und diese dazu zu verwenden, eine Produktion zu steuern.

Aus jedem kundenindividuellen Produkt ergibt sich wiederum auch eine individuelle Strukturstückliste. Im Vorfeld wurde daher jedem Einzelteil die Information zugewiesen, die notwendig ist, um alle notwendigen Produktionsschritte davon abzuleiten. Anhand des Aufbaus der individuellen Strukturstückliste ergibt sich eine Art Vorranggraph. Es ist ersichtlich, dass die Teile, die an den Enden der einzelnen Strukturstücklistenpfade stehen, vor den übergeordneten Teilen gefertigt oder beschafft werden müssen. Die ereignisdiskrete Produktionssteuerung analysiert alle vorhandenen Strukturstücklistenpfade und identifiziert dadurch die entsprechenden Ausgangsteile bzw. Rohteile. Anhand der identifizierten Ausgangsteile wird der Lagerbestand analysiert. Fehlen diese Ausgangsteile, werden sie beim Lieferanten bestellt. Werden diese daraufhin angeliefert oder befinden sie sich während der Bestandsanalyse bereits im Lager, wird ein Fertigungsauftrag generiert, um das Ausgangsteil in das übergeordnete Teil zu transformieren. So müsste beispielsweise zunächst eine Ronde beschafft oder gefertigt werden, woraufhin ein Fertigungsauftrag generiert werden würde, um daraus ein Verdichterrad zu fräsen. Nach Fertigstellung des Verdichterrads wird ein neuer Fertigungsauftrag für den nachfolgenden Bearbeitungsschritt generiert, welcher sich aus dem Strukturstücklistenpfad ergibt.



Aktuell werden mit den Werkzeugen experimentelle Untersuchungen durchgeführt. Im ersten Schritt werden Bohrversuche zur Ermittlung des Einflusses der KKAB auf die Form- und Lagetoleranzen (Durchmesser, Rundheit, Konzentrizität) sowie die Rauheit der Bohrungswand durchgeführt. In weiteren Versuchen wird mittels Thermoelemente der Einfluss der KKAB auf die thermische Belastung des Werkstücks und des Werkzeugs untersucht. Zur Messung der Temperaturen im Bohrer wurde eine Telemetrieinheit, welche auf dem Spannzangenfutter montiert ist, entwickelt. Die Datenübertragung an den Messrechner erfolgt drahtlos. Zur Temperaturmessung im Bereich der stark belasteten Schneidenecke werden Thermoelemente in eine Nut hinter der Führungsphase eingeklebt.

In weiterführenden Untersuchungen wird der Einfluss der KKAB auf die Standzeit der Bohrer untersucht.

Das IGF-Vorhaben 19154 N der Forschungsvereinigung VDW Forschungsinstitut e.V. wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

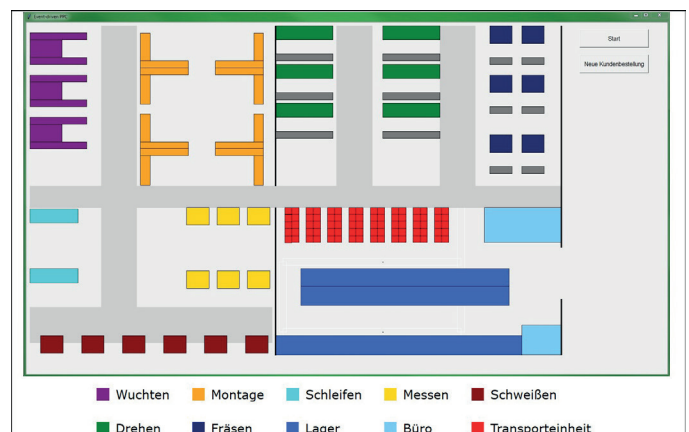
**Kontakt**

Dipl.-Ing. Daniel Müller  
E-Mail: daniel.mueller@mv.uni-kl.de  
Telefon: 0631 205 – 3385

Im Rahmen des IRTG 2057 wurde eine Materialflusssimulation entwickelt, welche das Verhalten der ereignisdiskreten Produktionssteuerung abbildet, um diese validieren zu können. Die Validierung erfolgte anhand eines Anwendungsbeispiels, welches den Prototypenbau eines Turboladerherstellers widerspiegelt. Mit Hilfe der ereignisdiskreten Produktionssteuerung ist es möglich, Abweichungen des Produktionsplans, die durch das Eintreffen von beispielsweise Maschinenausfällen, entstehen, direkt zu erfassen und den Produktionsplan an die neuen Gegebenheiten anzupassen. Der Arbeits- und Zeitaufwand, welcher zur Erfassung von Ereignissen und zur Anpassung des Produktionsplans notwendig war, konnte, durch den Einsatz der ereignisdiskreten Produktionssteuerung deutlich reduziert werden.

**Kontakt**

Dr.-Ing. Georg Kasakow  
E-Mail: georg.kasakow@mv.uni-kl.de  
Telefon: 0631 205 – 3722



Benutzeroberfläche der entwickelten Materialflusssimulation

## Projekt „Additive Manufacturing in der Nutzfahrzeugindustrie“ Erfolgreiche Veranstaltung zur additiven Fertigung

Die dritte Infoveranstaltung im Rahmen des Projekts „Additive Manufacturing in der Nutzfahrzeugproduktion“ am 13.06. war mit über 30 Teilnehmern überaus erfolgreich. Die Veranstaltung wurde vom FBK zusammen mit dem Commercial Vehicle Cluster (CVC) Südwest organisiert und findet zweimal jährlich statt. Ziel der Veranstaltung ist, die Forschungsergebnisse aus dem Projekt der interessierten Öffentlichkeit vorzustellen sowie in die Industrie zu transferieren. Zusätzlich umfasst die Veranstaltung Fachvorträge aus der Industrie und von Forschungsinstituten, um den Teilnehmern weitere Aspekte der additiven Fertigung näherzubringen.

Im ersten Vortrag stellte Christopher Gläßner vom FBK den im Projekt zusammen mit den Partnern entwickelten Ansatz zur Integration der additiven Fertigung in ein bestehendes Produktionssystem anhand eines konkreten Bauteils aus der Nutzfahrzeugindustrie vor. Der zentrale Bestandteil des Ansatzes ist ein strukturiertes und praxisnahes Vorgehen zur Entwicklung einer additiven Prozesskette unter Berücksichtigung der komplexen Wechselwirkungen der verschiedenen Einflussparameter der additiven Fertigung. Bastian Blinn vom Lehrstuhl für Werkstoffkunde der TUK stellte neue Erkenntnisse aus werkstoffkundlichen Untersuchungen additiv gefertigter Strukturen vor. Weiterhin zeigte er, dass die zyklischen Eigenschaften additiv gefertigter Strukturen anhand von Kurzzeitmethoden, welche am Lehrstuhl entwickelt wurden, sehr effizient charakterisiert werden können. Dr. Eric Klemp

vom voestalpine Additive Manufacturing Center in Düsseldorf machte in seinem Vortrag deutlich, dass die Bauteileigenschaften bei der additiven Fertigung im Vergleich zu konventionellen Fertigungsverfahren weitaus stärker von Werkstoff, Prozess, Equipment sowie der Konstruktion abhängig sind. Anhand verschiedener Praxisbeispiele verdeutlichte er sehr anschaulich die Potenziale, welche die additive Fertigung für verschiedene Anwendungen bietet. Im abschließenden Vortrag stellte Yannic Holler vom John Deere European Technology and Innovation Center in Kaiserslautern die Roadmap zur additiven Fertigung von John Deere vor und ging in diesem Zusammenhang auf die Potenziale und gegenwärtigen Herausforderungen aus Sicht von John Deere ein. Er machte weiterhin deutlich, wie wichtig bei der additiven Fertigung der Wissenstransfer im Unternehmen ist und zeigte, wie im eigenen Unternehmen Wissen zur additiven Fertigung generiert und zugänglich gemacht wird.

Die ausgewogene Mischung von theoretischen Erkenntnissen und Entwicklungen in der Praxis sorgte für eine abwechslungsreiche Veranstaltung mit spannenden Diskussionen. Die nächste Infoveranstaltung findet am 11. Dezember statt. Bei Interesse wenden Sie sich bitte an das FBK oder den CVC Südwest.

### Kontakt

M.Sc. Christopher Gläßner  
E-Mail: christopher.glaessner@mv.uni-kl.de  
Telefon: 0631 205 – 4225



EUROPÄISCHE UNION  
Europäischer Fonds für  
Regionale Entwicklung

## Ausgewählte Veröffentlichungen

**H. Hotz, B. Kirsch, S. Becker, E. von Harbou, R. Müller, J.C. Aurich:** Improving the surface morphology of metastable austenitic steel AISI 347 in a two-step turning process. *Procedia CIRP 71 - Proceedings of the 4th CIRP Conference on Surface Integrity (2018):* S. 160-165.

**K. Klauer, M. Eifler, J. Seewig, B. Kirsch, J.C. Aurich:** Application of function-oriented roughness parameters using confocal microscopy. *Engineering Science and Technology 21/3 (2018):* S. 302-313.

**C. Sinnwell, A. Haße, J. Fischer, J.C. Aurich:** Kollaborative Produktionssystemplanung unter Verwendung eines modellbasierten, PLM-gestützten Entwicklungsprozesses. *At - Automatisierungstechnik 66/5 (2018):* S. 406-417.

**B. Kirsch, S. Basten, H. Hasse, J.C. Aurich:** Sub-zero cooling: A novel strategy for high performance cutting. *CIRP Annals - Manufacturing Technology 67/1 (2018):* [DOI:10.1016/j.cirp.2018.04.120]

**M. Bohley, I.G. Reichenbach, S. Kieren-Ehse, L. Heberger, P.A. Arrabiyeh, R. Merz, L. Böhme, J. Hering, B. Kirsch, M. Kopnarski, E. Kersch, G.v. Freymann, J.C. Aurich:** Coating of Ultra-Small Micro End Mills: Analysis of Performance and Suitability of Eight Different Hard-Coatings. *Journal of Manufacturing and Materials Processing 2/2 (2018):* [DOI:10.3390/jmmp2020022]

**I.G. Reichenbach, M. Bohley, F.J.P. Sousa; J.C. Aurich:** Micromachining of PMMA - manufacturing of burr-free structures with single-edge ultra-small micro end mills. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology (2018):* S. 1-13.

**L. Yi, C. Gläßner, J.C. Aurich:** Konzept zur Ermittlung der Einsatzpotenziale der additiven Fertigung in der Nutzfahrzeugproduktion. *Commercial Vehicle Technology 2018: Proceedings of the 5th Commercial Vehicle Technology Symposium (2018):* S. 246-262.

### 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

## Lernfabrik $\mu$ -Span Spanende Mikrobearbeitung

16.-17. Oktober 2018

Technische Universität Kaiserslautern

Teilnahmegebühr 1.000,- € zzgl. MwSt.

Ingenieure, Techniker und Fachkräfte  
im Bereich der Mikrozerspanung

### Ziele der Lernfabrik

- Vermittlung der Unterschiede zwischen konventioneller und Mikrobearbeitung
- Theoretische und praktische Schulung zu Besonderheiten des Mikrofräsens
- Vermittlung notwendiger Fähigkeiten zur Prozessgestaltung

### Themen

- Werkzeugmaschinen zur spanenden Mikrobearbeitung
- Werkzeugauswahl, Prozessauslegung und Umgang mit Mikrofräsern
- Bauteilnachbehandlung und Messtechnik

