



**BMBF-Projekt im Bereich verfügbarkeitsorientierte Geschäftsmodelle erfolgreich gestartet**  
**Innovative Serviceprodukte für individualisierte, verfügbarkeitsorientierte Geschäftsmodelle für Investitionsgüter – InnoServPro**

Kunden im Investitionsgüterbereich stellen hohe Anforderungen an die Verfügbarkeit und Produktivität ihrer Maschinen. Zur Erfüllung dieser Anforderungen bieten Investitionsgüterhersteller ihren Kunden längst nicht nur hochwertige technische Produkte, sondern ganzheitliche Lösungskonzepte an. Der Kunde erwirbt hierbei nicht mehr ausschließlich das eigentliche technische Produkt, sondern zusätzliche Serviceleistungen, z. B. Maßnahmen wie vorbeugende Wartung oder Instandsetzung bei Ausfällen, die den Kunden über die gesamte Lebensdauer unterstützen. Diese Kombination aus Sach- und Serviceprodukten wird als Produkt-Service System (PSS) bezeichnet. Generell werden PSS durch die sinnstiftende Kombination eines zentralen Investitionsgutes und nutzwertsteigernden Serviceprodukten realisiert. Diese Geschäftsmodelle sind jedoch nur bedingt anpassungsfähig an die dynamischen Entwicklungen am Markt und Veränderungen des Kundenbedarfs.

Bei verfügbarkeitsorientierten Geschäftsmodellen (vGM) hingegen garantiert der Anbieter dem Kunden die Einsatzfähigkeit des Investitionsgutes und wird dementsprechend entlohnt. Er stellt die Verfügbarkeit des Investitionsgutes durch eine Kombination von verschiedenen produktbegleitenden Serviceprodukten sicher. Charakteristisch dafür ist u. a., dass die Serviceprozesse vom Investitionsgüterhersteller bzw. Serviceanbieter initiiert werden und nicht einzeln vom Kunden beauftragt werden müssen.

Trotz der vorhandenen und steigenden Nachfrage nach garantierten Verfügbarkeiten für Investitionsgüter scheuen sich zahlreiche Unternehmen solche Garantien auszusprechen. Durch ein hohes Risiko für den Serviceanbieter entstehen hohe Kosten, die der Kunde oft nicht bereit ist zu zahlen. Dies führt dazu, dass eine garantierte Verfügbarkeit weder für Kunde noch für Serviceanbieter wirtschaftlich sinnvoll wäre. Das Risiko resultiert aus fehlenden Betriebsdaten und einer mangelnden Transparenz über den Zustand der Maschinen während der Nutzungsphase. Es fehlen Kenntnisse über das Kundenverhalten während des Betriebs, ein notwendiges Datenmanagement im Service und ein passendes Geschäftsmodell. Die rasante Zunahme der Vernetzung im industriellen Bereich bietet allerdings vielversprechende Lösungsansätze, um dieses Risiko bestimmen und Innovationen vorantreiben zu können.

Im Projekt "InnoServPro – Innovative Serviceprodukte für individualisierte, verfügbarkeitsorientierte Geschäftsmodelle für Investitionsgüter" werden intelligente, kommunikationsfähige Komponenten entwickelt, die den Zustand eines Investitionsgutes überwachen und dessen Feld- bzw. Betriebsdaten über eine Cloud-basierte Kommunikationsplattform

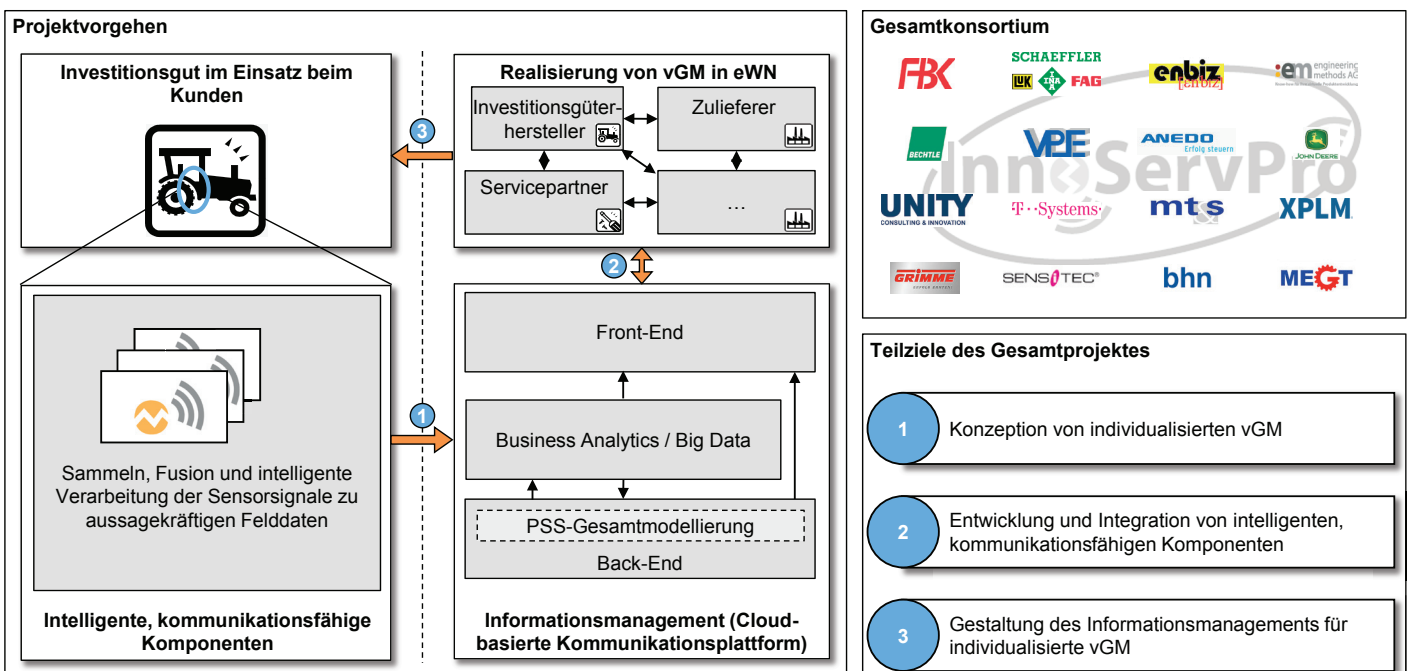
an einen Serviceanbieter übermitteln. Durch geeignete Methoden und Logiken (Business Analytics) erfolgt dann die Auswertung der Daten. Auf dieser Grundlage wird der Lehrstuhl FBK innovative Serviceprodukte für das gesamte erweiterte Wertschöpfungsnetzwerk entwickeln, um daraus individualisierte, verfügbarkeitsorientierte Geschäftsmodelle zu realisieren. Dazu wird im ersten Schritt ein Konzept entwickelt, um Serviceprodukte, die sich zur Realisierung von vGM eignen, zu identifizieren, analysieren und zu bewerten. Im Anschluss wird ein integriertes Gesamtkonzept zur Beschreibung von vGM aufgebaut, welches es ermöglicht, dem Kunden Verfügbarkeitsgarantien anzubieten. Zur Sicherstellung der Richtigkeit und Breitenwirksamkeit werden die Konzepte an geeigneten Beispielen aus unterschiedlichen Branchen, wie Landmaschinen oder Werkzeugmaschinen, validiert.

Das Projekt adressiert die Betreiber von Investitionsgütern und deren Bedürfnis nach hoher Verfügbarkeit mit wenigen Stillständen ihrer Maschinen und Anlagen. In erweiterten Wertschöpfungsnetzwerken (eWN) werden Investitionsgüterhersteller zusammen mit Komponentenherstellern sowie Sensorik- und IT-Spezialisten geeignete Produkt-Service Systeme anbieten. Im Projektkonsortium sind vier Lehrstühle der TU Kaiserslautern aus dem Fachbereich Maschinenbau und Verfahrenstechnik beteiligt: der Lehrstuhl für Fertigungstechnik und Betriebsorganisation (FBK), der Lehrstuhl für virtuelle Produktentwicklung (VPE), der Lehrstuhl für Messtechnik und Sensorik (MTS) sowie der Lehrstuhl für Maschinenelemente und Getriebetechnik (MEGT). Das Konsortium besteht zudem aus zwölf geförderten Unternehmen, darunter Schaeffler Technologies AG & Co. KG, Grimme Landmaschinenfabrik GmbH & Co. KG, John Deere GmbH & Co. KG, BHN Dienstleistungen GmbH & Co. KG, Sensitec GmbH, ANEDO Ltd., T-Systems International GmbH, Bechtle GmbH & Co. KG, em engineering methods AG, XPLM Solution GmbH, UNITY AG sowie enbiz engineering and business solutions GmbH.

Das Verbundprojekt wurde vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) bewilligt und ist Teil der Bekanntmachung „Dienstleistungsinnovation durch Digitalisierung“ im Forschungsprogramm „Innovationen für die Arbeit von morgen – Forschung für Produktion und Dienstleistung der Zukunft“. Das Projekt hat eine Laufzeit von drei Jahren.

**Kontakt**

Dipl.-Ing. Christoph Felix Herder  
 E-Mail: christoph.herder@mv.uni-kl.de  
 Telefon: 0631 205-4210



## Spanende Bearbeitung von faserverstärkten Kunststoffen

### Smart RivetHole – intelligentes Crashmanagement mit Bolzenverbindungen in FKV unter Verwendung spanender Bearbeitungsmethoden

Der Lehrstuhl für Fertigungstechnik und Betriebsorganisation (FBK) untersuchte in Kooperation mit dem Institut für Verbundwerkstoffe (IVW) die Einsetzbarkeit von Bohr- und Fräsworkzeugen hinsichtlich der Bearbeitung von kohlefaserverstärkten Kunststoffen (CFK).

Im Automobil- oder Luftfahrtbereich angewendete CFK Strukturen werden bevorzugt durch Niet- bzw. Bolzenverbindungen miteinander verbunden. Bei Versagen dieser Verbindungen im Crashfall können bei Druckbeanspruchung hohe Energien absorbiert werden. Bei Zugbeanspruchung hingegen beendet das Herausreißen der Verbindung augenblicklich die Energieaufnahme. Im Versagensfall werden Niet- und Bolzenverbindungen oft einer Zugbeanspruchung ausgesetzt. Eine Erhöhung der Energieaufnahme bis zum Versagen (Triggerkraft) bei dieser Beanspruchungsart kann durch eine hohe Nietlochqualität erreicht werden. Durch ein fortschreitendes Lochleibungsversagen soll bei Überschreiten der Triggerkraft ein quasiduktiles Versagen mit einhergehender hoher Energieaufnahme erreicht werden. Sogenannte Schwächungsgeometrien, die in die CFK Struktur implementiert werden, sollen ein mögliches Versagen gezielt steuern. Damit entsteht eine gesteuerte und somit intelligente Nietverbindung, das sogenannte Smart RivetHole.

Zur Steuerung der Triggerkraft (und damit der Festigkeit der Nietverbindung) durch die Nietlochqualität ist die Beherrschung der spanenden Bearbeitung zur Lochherstellung erforderlich. Unterschiedliche Einflussfaktoren bezüglich der Bohrlochqualität wurden untersucht, wie z. B. das Verfahren (Bohren, Fräsen), die Einstellparameter der Werkzeuge und auch die Einspanngeometrie. Die Qualität konnte durch die Entwicklung eines neuartigen Fräsverfahrens (siehe Abbildung unten – Verfahren zur Lochherstellung) unter Beachtung der Einstellparameter und der Einspanngeometrie bedeutend gesteigert werden. Das Fräsverfahren erlaubt eine gleichbleibende und beherrschbare Qualität. So konnte ein gesteuertes Versagensverhalten bei Überschreitung der Triggerkraft eingeleitet werden (siehe Abbildung oben – Einfluss der Lochqualität auf Kraft-Weg-Verlauf Zugversuch). Das darauf folgende fortschreitende Versagensverhalten wurde durch zusätzlich gezielt eingebrachte Schwächungsgeometrien mit möglichst geringer Beeinträchtigung des Energieabsorptionsvermögens der Nietverbindung erzielt. Zur Qualifizierung

dieser Schwächungsgeometrien und deren Einflussparameter sowie des damit einhergehenden Verhaltens des Bolzens nach Überschreiten der Triggerkraft-, wurde eine Parameterstudie mittels numerischer Simulationen durchgeführt und experimentell verifiziert.

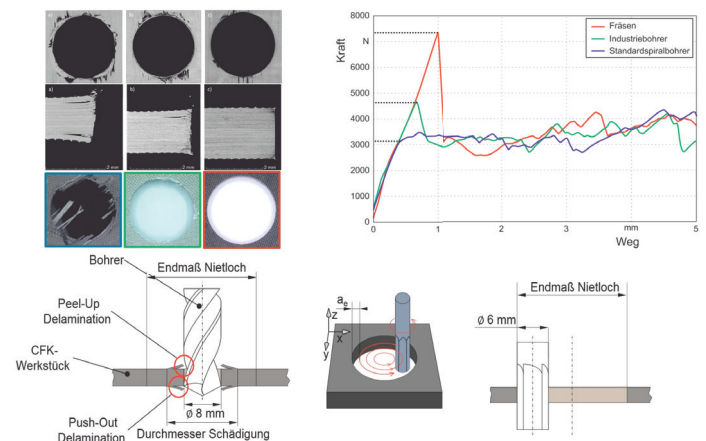
Mit Abschluss des Projekts ist es möglich, prozessicher intelligente Niet- bzw. Bolzenverbindungen von CFK Strukturen herzustellen wodurch die Sicherheit und das Einsatzspektrum von FKV weiter erhöht wird.

#### Kontakt

Dipl.-Ing. Lukas Heberger

E-Mail: lukas.heberger@mv.uni-kl.de

Telefon: 0631 205-5482



Einfluss der Lochqualität auf Kraft-Weg-Verlauf (Zugversuch); Unten - Verfahren zur Lochherstellung

## SFB 926 – Teilprojekt B02: Erfolgreicher Start in die zweite Förderperiode

### Plastische Verformung beim Drehen gezielt nutzen

Die Anforderungen an die Morphologie von Bauteiloberflächen und an die oberflächennahe Randzone nehmen aufgrund stetig höher belasteter Systeme für viele Bereiche der technischen Anwendung kontinuierlich zu. Oftmals wird eine Steigerung der Bauteilfestigkeit durch angepasste Wärmebehandlungen erreicht. Dadurch kann sowohl die Verschleiß- als auch die Ermüdungsfestigkeit deutlich erhöht werden. Insbesondere für metastabile austenitische Stähle ist auch eine verformungsinduzierte Martensitbildung durch geeignete Randschichtverfestigungsverfahren möglich. Eine gezielte Erzeugung von verformungsinduziertem Martensit bereits während der spanenden Bearbeitung wurde bisher nicht realisiert. Durch die Kombination aus spanender Werkstoffbearbeitung und gleichzeitiger Steigerung der Bauteilfestigkeit können energieaufwendige, eigenständige Prozesse zur Randschichthärtung eingespart werden. Ziel dieses Teilprojektes des SFB 926 in Zusammenarbeit mit den Lehrstühlen LTD (Lehrstuhl für Thermodynamik) und LTM (Lehrstuhl für Technische Mechanik) ist die Fertigung von Bauteilen mit spezifischen Eigenschaften durch eine verformungsinduzierte Phasenumwandlung von metastabilem Austenit in Martensit in der oberflächennahen Randzone.

Damit eine Phasenumwandlung ablaufen kann, sind hohe Passivkräfte notwendig, um ausreichend plastische Verformung in die Werkstückrandzone einzubringen. Zudem dürfen die Temperaturen in der Werkstückrandzone einen werkstoffabhängigen kritischen Wert nicht überschreiten. Zur Identifizierung der Ursache-Wirkzusammenhänge ist dabei die Kenntnis mechanischer und thermischer Belastungen obligatorisch. Je höher die plastische Verformung und je niedriger die dabei vorliegenden Temperaturen in der Werkstückrandzone sind, desto umfangreicher ist die Phasentransformation. Die Erzeugung von Martensit in der Werkstückrandzone, zusammen mit weiteren mechanischen Verfestigungsmechanismen, führt zu einer Verbesserung des Verschleiß- und Ermüdungsverhaltens.

Zur Erreichung dieses Ziels wird ein leistungsstarkes CO<sub>2</sub>-Kühlsystem eingesetzt. Um die bei der Zerspanung auftretenden Temperaturen ermitteln zu können, werden die transienten Temperaturfelder im Werkstück modelliert. Die für die Verformung benötigten hohen Passivkräfte werden durch die Geometrie der Werkzeuge und die Schnittparameter herbeigeführt. Um eine Optimierung der Oberflächenqualität bei gleichbleibender martensitischer Umwandlung zu erreichen, werden die Schneidengeometrie und die Beschichtungsarchitektur der Werkzeuge entsprechend den Anforderungen an den Prozess (thermische und mechanische Belastung) ausgelegt.

#### Kontakt

Dipl.-Ing. Patrick Mayer

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

Telefon: 0631 205-3385



Kryogener Drehprozess

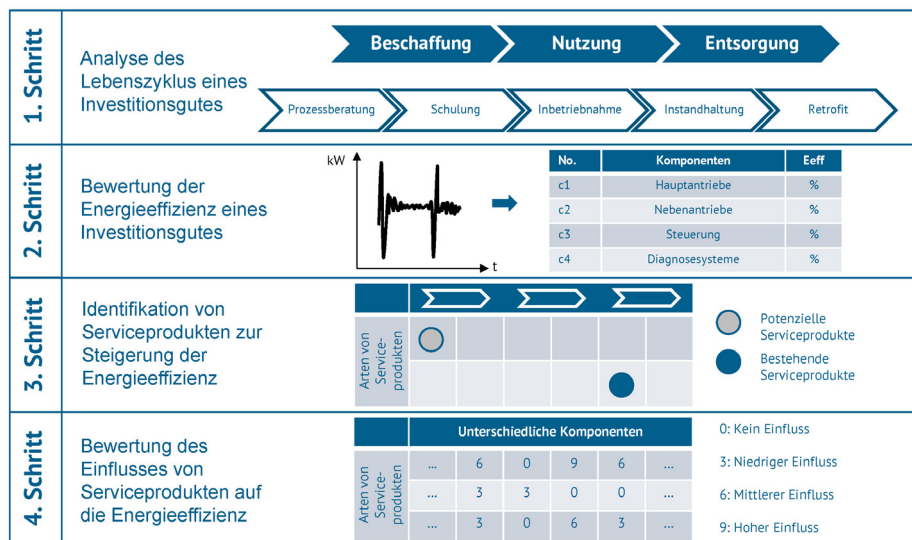
## Einfluss von Serviceprodukten auf die Energieeffizienz bei Werkzeugmaschinen

Im Rahmen des internationalen Graduiertenkollegs IRTG 2057 ist das Projekt „Einfluss von Serviceprodukten auf die Energieeffizienz von Werkzeugmaschinen“ gestartet. Das Projekt ist im Bereich Life Cycle Engineering und Produkt-Service Systeme (PSS) einzuordnen. PSS werden als eine Kombination aus einem technischen Produkt und technischen Dienstleistungen, die das Produkt über den Lebenszyklus unterstützen und erweitern, definiert. Es wurden bislang viele technologische und organisatorische Maßnahmen zum Thema nachhaltige Produktion erforscht. Allerdings fehlen Kenntnisse, ob und wie stark PSS die Nachhaltigkeit der Produktion beeinflussen können. Im Rahmen des Projekts wird untersucht, inwieweit Serviceprodukte (Dienstleistungen) für Werkzeugmaschinen, wie z. B. Instandhaltung, Retrofit oder Ersatzteilmanagement, einen Einfluss auf den Energieverbrauch der Werkzeugmaschine und somit auf die Produktion haben. Die Vorgehensweise beinhaltet vier Schritte und beginnt mit der Analyse des Lebenszyklus einer Werkzeugmaschine. Hierbei werden die Dienstleistungen zu den Lebenszyklusphasen der Werkzeugmaschine eingeordnet. Im zweiten Schritt gilt es, die Energieeffizienz der Maschine in Bezug auf

die einzelnen Komponenten zu bewerten, um besonders energieintensive Funktionsmodule zu bestimmen. Zudem werden Einflussfaktoren bestimmt, die für den Energieverbrauch der Maschine relevant sind. Grundsätzlich gibt es hier drei Kategorien für die Einflussfaktoren: die Umwelt, die Maschine und der Prozess. Diese sollen durch die Kategorie „Mensch“ im Projekt erweitert und näher untersucht werden. Im nächsten Schritt werden existierende und potenzielle Serviceprodukte identifiziert und untersucht, inwiefern diese in Wechselwirkung mit den energieintensiven Funktionsmodulen stehen. Hierzu wäre die Fragestellung, auf welche Komponenten das Verhalten des Maschinenbedieners einen Einfluss hat und wie hoch dieser ist. Im letzten Schritt wird der Einfluss von Serviceprodukten hinsichtlich der Stärke des Einflusses analysiert und bewertet. Abschließend wird ein Leitfaden erstellt, welcher Herstellern für den Serviceeinsatz und Kunden bei der Auswahl von Serviceprodukten zur Energieeinsparung in der Produktion hilft.

### Kontakt

M.Sc. Gülsüm Mert  
E-Mail: guelsuem.mert@mv.uni-kl.de  
Telefon: 0631 205-4225



Vorgehensweise zur Untersuchung des Einflusses von Serviceprodukten auf die Energieeffizienz von Investitionsgütern

## Neue Mitarbeiter



**M.Sc. Vandeet Raval** arbeitet seit Oktober 2015 als wissenschaftlicher Mitarbeiter am FBK. Der Schwerpunkt seiner Tätigkeit liegt im Bereich Mikroschleifen.



**M.Sc. Dinesh Setti** arbeitet seit Februar 2016 als wissenschaftlicher Mitarbeiter am FBK. Der Schwerpunkt seiner Tätigkeit liegt im Bereich Mikroschleifen.



**M.Sc. Patrick Kölsch** arbeitet seit November 2015 als wissenschaftlicher Mitarbeiter am FBK. Der Schwerpunkt seiner Tätigkeit liegt im Bereich Geschäftsmodellentwicklung für Produkt-Service Systeme.



**Oliver Benz** arbeitet seit Februar 2016 als Techniker am FBK. Der Schwerpunkt seiner Tätigkeit liegt in der Betreuung des fertigungstechnischen Versuchsfelds des FBK.

## Ausgewählte Veröffentlichungen

**A.C. Bottene, E.J. Silva, A. Simon, B. Kirsch, J.C. Aurich:** *New Advances in Texturing by Grinding. Proceedings of COBEM 2015 - 23rd ABCM International Congress of Mechanical Engineering (2015)*

**M. Burkhart, J.C. Aurich:** *Wissensmanagement in der additiven Fertigung - Ein praxisorientierter Ansatz zum Umgang mit Wissen über additive Fertigungsverfahren in Großunternehmen. ZWF - Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb 110/6 (2015): S.327-330.*

**D. Cichos, J.C. Aurich:** *Planning and controlling of multiple, parallel engineering changes in manufacturing systems. Procedia CIRP 33 - Proceedings of the 9th CIRP Conference on Intelligent Computation in Manufacturing (2015): S. 81-86.*

**C. Kuhn, R. Lohkamp, F. Schneider, J.C. Aurich, R. Müller:** *Finite element computation of discrete configurational forces in crystal plasticity. International Journal of Solids and Structures 56-57 (2015): S. 62-77.*

**G. Mert, S. Waltemode, J.C. Aurich:** *How Services Influence the Energy Efficiency of Machine Tools: A Case Study of a Machine Tool Manufacturer. Procedia CIRP 29 - Proceedings of the 22nd CIRP Conference on Life Cycle Engineering (2015): S. 287-292.*

**S. Schindler, M. Zimmermann, J.C. Aurich, P. Steinmann:** *Identification of thermal effects on the diameter deviation of inhomogeneous aluminum metal matrix composite workpieces when dry turning. Production Engineering - Research and Development 9/4 (2015): S. 473-485.*

**F. Schneider, M. Eifler, B. Kirsch, J. Seewig, J.C. Aurich:** *Entwicklung und Fertigung von Geometrienormalen auf Basis realer Bauteiloberflächen. Unter Span 2 (2015): S. 23-24.*

**C. Weidig, J.C. Aurich:** *VR als Kommunikationsmittel der Fabrikplanung. Tagungsband zur 3. Fachkonferenz zu VR/AR-Technologien in Anwendung und Forschung an der Professur für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik: VAR<sup>2</sup> 2015 - Realität erweitern (2015): S. 62-72.*

### 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