

INFOBRIEF *Ausgabe 60/20*



Lehrstuhl für Fertigungstechnik und Betriebsorganisation Kaiserslautern

In dieser Ausgabe:

KSB Stiftung fördert Projekt zur additiven Fertigung

OptiAM - Gestaltung additiv-subtraktiver Prozessketten der Fertigung 2

DFG-finanziertes Projekt erfolgreich abgeschlossen

Randzoneigenschaften laserpräparierter Schneidkanten 2

AiF Projekt erfolgreich abgeschlossen – Optimierung der Kühlkanalaustrittsbedingungen an Bohrern3

Projekt zur Digitalisierung in Unternehmen erfolgreich beendet

Integrierte Arbeitssystemgestaltung in digitalisierten Produktionsunternehmen (InAsPro)3

50. Promotion am FBK – Verbesserte Planung und Steuerung für Industrie 4.03

Laboratory for Ultra-Precision and Micro Engineering (LPME) – Baubeginn des neuen Forschungsgebäudes ...4

Virtuelle Realität am FBK – Neue Powerwall ermöglicht verbesserte Planung von Produktionssystemen ...4

Literaturempfehlung4

Neue Mitarbeiter4

Ausgewählte Veröffentlichungen 4

OptiAM - Gestaltung additiv-subtraktiver Prozessketten der Fertigung

Additive Fertigungsverfahren ermöglichen eine große geometrische Gestaltungsfreiheit und eine, durch schichtweises Auftragen von Material, endkonturnahe Fertigung ohne produktspezifisches Werkzeug. Damit können eine flexiblere Produktgestaltung, kürzere Prozessketten im Vergleich zur konventionellen Fertigung und ein hoher Individualisierungsgrad erreicht werden. Additive Fertigungsverfahren bieten damit ein großes Potential individuelle Kundenwünsche zu erfüllen. Ein Hindernis zur weiteren Verbreitung der additiven Fertigung ist unter anderem die nicht ausreichende Oberflächenqualität für Funktionsbauteile. Um Anforderungen an Geometrie und Oberflächengüte zu erfüllen, wird der additiven Fertigung oft eine spanende Bearbeitung nachgelagert. Spanende Fertigungsverfahren sind grundsätzlich flexibel einsetzbar und gut beherrscht. Bauteile, die additiv gefertigt wurden, unterscheiden sich allerdings in ihrer Zerspanbarkeit von konventionellen Bauteilen. Ein Grund dafür ist das prozessbedingt anisotrope Gefüge. Infolgedessen hängen Prozesskräfte und Werkzeugverschleiß von der Aufbaurichtung des additiven Bauteils ab. Ein Problem der additiven Fertigung mit anschließender spanender Nachbearbeitung ist daher aktuell das mangelnde Verständnis der Wechselwirkungen zwischen den einzelnen Prozessen. Deshalb können Einzelprozesse nicht genau aufeinander abgestimmt werden und die Bauteilbearbeitung führt oft zu nicht reproduzierbaren Ergebnissen. Mit der erforderlichen Nachbearbeitung erhöht sich außerdem der Zeitbedarf und die Kosten zur Herstellung von Funktionsbauteilen. Damit werden die Vorteile der additiven Fertigung teilweise relativiert.

Um einen wirtschaftlichen Einsatz der additiven Fertigung zu ermöglichen, sollen im Projekt „OptiAM“ additiv-subtraktive Prozessketten untersucht und hinsichtlich technologischer und wirtschaftlicher Gesichtspunkte optimiert werden. Zunächst werden die Einflüsse verschiedener Prozessparameter des selektiven Laserschmelzens untersucht. Das selektive Laserschmelzen ist ein pulverbasiertes additives Fertigungsverfahren, das sich aufgrund der großen verfügbaren Materialpalette und den hohen erreichbaren Festigkeiten in den letzten Jahren etabliert hat. Durch Variation der Prozessparameter wie z.B. Laser-

leistung und Schichtdicke können Bauteile mit verschiedenen Eigenschaften gefertigt werden. Besonders die Randzoneneigenschaften, die Porosität und die Oberfläche sind für den technischen Einsatz von Bedeutung. Diese Eigenschaften werden vor der Nachbearbeitung auf einer HSC (High Speed Cutting) Fräsmaschine charakterisiert. Vorteile der HSC Bearbeitung sind sowohl die schnelle Bearbeitung als auch die geringen Zerspankräfte und eine hohe erzielbare Oberflächengüte. Besonders für additiv gefertigte Bauteile, die aufgrund von Leichtbauoptimierungen oft dünnwandig konstruiert werden, ist die HSC Bearbeitung mit ihren geringen Prozesskräften geeignet. Bei der Fräsbearbeitung wird der Einfluss verschiedener Fräsparameter sowohl auf die Bauteileigenschaften als auch auf die Zerspanbarkeit untersucht. Als Referenz sollen die Bearbeitung und resultierenden Eigenschaften eines konventionell hergestellten Bauteils dienen. Neben den technologischen Aspekten der additiv-subtraktiven Bearbeitung werden auch wirtschaftliche Einflüsse untersucht. Dazu zählen neben Anschaffungs- und Lohnkosten auch die Energiekosten. Mit den Ergebnissen dieser Untersuchungen kann ein umfangreiches Modell zur Prozesskettengestaltung und -optimierung erstellt werden. Am Ende wird eine unter wirtschaftlichen und technischen Gesichtspunkten multikriteriell optimierte Prozesskette aus additiver Fertigung und nachgelagerter subtraktiver Fertigung zur Verfügung stehen. Weiterhin tragen die Untersuchungen zum umfassenden Verständnis der Interaktionen zwischen additiver und subtraktiver Fertigung und deren Auswirkungen auf die Bauteileigenschaften bei. Im letzten Projektabschnitt wird das Modell der Prozesskette um einen weiteren Anwendungsfall, das Laserauftragsschweißen, erweitert. Damit soll ein Vergleich der Prozessketten verschiedener pulverbasierter additiver Fertigungsverfahren ermöglicht werden.

Kontakt

M.Sc. Johanna Steiner-Stark

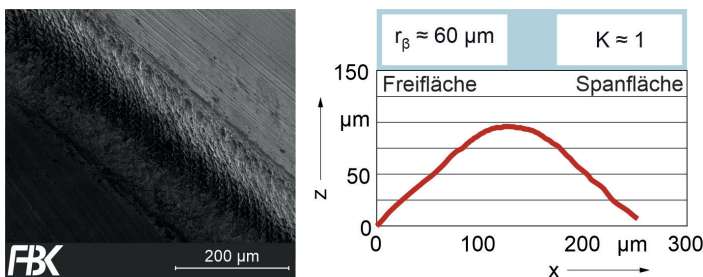
E-Mail: johanna.steiner.stark@mv.uni-kl.de

Telefon: 0631 205 – 5763

DFG-finanziertes Projekt erfolgreich abgeschlossen

Randzoneneigenschaften laserpräparierter Schneidkanten

Die Schneidkantenpräparation steigert die Leistungsfähigkeit von Zerspanwerkzeugen. Aus diesem Grund werden heute nahezu alle Werkzeuge während des Herstellungsprozesses einer Schneidkantenpräparation unterzogen. Neben mechanischen Verfahren steht die Schneidkantenpräparation mittels Lasertechnologie zunehmend im Fokus der Forschung. Im Unterschied zu vielen mechanischen Verfahren ermöglicht die Lasertechnologie die präzise, prozesssichere und hinsichtlich der Mikrogeometrie hochflexible Präparation der Schneide. Allerdings beeinflusst die Temperatureinwirkung durch den Laserstrahl die Oberfläche und Randzone des Hartmetalls oft unerwünscht. Zur Reduzierung dieser Beeinflussung bedarf es geeigneter Laser- und Prozessparameter.



Lasergestützt hergestellte Schneidengeometrie

Um solche Parameter zu ermitteln, wurden die Auswirkungen des thermisch-basierten Materialabtrags auf die Oberfläche, die Randzone und das Einsatzverhalten lasergestützt präparierter Hartmetall-Werkzeuge gemeinsam mit Wissenschaftlern des Photonik-Zentrums Kaiserslau-

tern e.V. untersucht. Die Ergebnisse zeigten, dass geeignete Laser- und Prozessparameter die Oberflächenrauheit reduzieren und zu geringeren unerwünschten Beeinflussungen der Randzoneneigenschaften führen. Maßgeblich für die aus der Laserbearbeitung resultierende Oberfläche und Randzone ist die nach der Absorption der Laserpulse im Hartmetall verbleibende, akkumulierte Wärme. Je geringer diese Wärmemenge ist, desto weniger Schmelze und Oberflächendefekte (Risse und Poren) entstehen und desto besser ist die Rauheit. Zudem wird die Randzone weniger stark unerwünscht beeinflusst. Entscheidend für die Eigenschaften der Randzone ist die Dauer eines Laserpulses. Während bei Pikosekunden-Pulsen mit Ausnahme der Eigenspannungen an der Oberfläche keine Beeinflussung der Randzoneneigenschaften festgestellt wurde, führte die Laserbearbeitung mit Nanosekunden-Pulsen zu erheblichen Beeinflussungen der in der Randzone vorliegenden Phasen, der Elementkonzentration, der Härte und der Eigenspannungen. Diese Unterschiede spiegeln sich im Einsatzverhalten der Werkzeuge wider. Laser- und Prozessparameter, die das Hartmetall nur geringfügig beeinflussen, resultieren während der Zerspannung in erheblich geringeren Werkzeugverschleiß als solche Parameter, die zu einer stärker ausgeprägten Oberflächen- und Randzonenbeeinflussung führen. Schneidkanten können somit durch geeignete Laser- und Prozessparameter verbessert lasergestützt präpariert werden.

Kontakt

Dr.-Ing. Marco Zimmermann

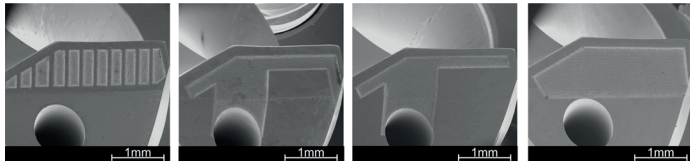
E-Mail: marco.zimmermann@mv.uni-kl.de

Telefon: 0631 205 – 2872

AiF Projekt erfolgreich abgeschlossen

Optimierung der Kühlkanalaustrittsbedingungen an Bohrern

Beim Bohren wird annähernd die gesamte aufgewendete Energie in Wärme umgewandelt, was zu einer hohen thermischen Belastung und dadurch insbesondere bei schwer zerspanbaren Materialien zu kurzen Standzeiten der Werkzeuge führt. Um diese thermische Belastung zu reduzieren, sowie den Spanabtransport zu verbessern werden bei industriellen Bohroperationen Kühlschmierstoffe (KSS) eingesetzt. Dabei wird der KSS über im Bohrer liegende Kühlkanäle (interne Kühlschmierung) der Zerspanzzone zugeführt. Da diese Zuführung über eine Pumpe jedoch einen erheblichen Anteil am Gesamtenergieverbrauch von Werkzeugmaschinen darstellt, wird versucht, möglichst geringe Mengen an



Strukturierte Freiflächen

KSS zuzuführen. Eine Reduzierung der KSS-Zuführung bedarf jedoch bei gleichbleibender Kühlschmiereffizienz einer Optimierung der Werkzeuge. Das AiF-Projekt „Optimierung der Kühlkanalaustrittsbedingungen an Bohrern“ hatte das Ziel, die Werkzeugstandzeit beim Bohren durch eine effizientere Kühlschmierung infolge optimierter Kühlkanalaustrittsbedingungen (KKAB) zu steigern. Dazu wurde der Einfluss von Kühlkanalgröße, -form, -anzahl sowie des zweiten Freiwinkels und von Kühlkanalanschliffen auf die thermische Belastung der Werkzeuge un-

tersucht. Neben den KKAB wurden auch Strukturierungen der Freifläche betrachtet. Das Projekt umfasste einen simulativen und einen experimentellen Teil: Ziel der Strömungssimulationen war es, den Einfluss der KKAB und der Strukturierungen auf die Strömungsbedingungen und somit die Kühlung des Werkzeugs zu analysieren. In Kooperation mit den Projektpartnern wurden Werkzeuge mit unterschiedlichen KKAB und Strukturierungen gefertigt. Dies ermöglichte nicht nur die experimentelle Untersuchung des Einflusses der KKAB auf die thermische Belastung des Bohrprozesses, sondern auch auf die Prozesskräfte, die Bohrlochqualität und die Standzeit der Werkzeuge. Dabei zeigte sich ein Zusammenhang zwischen thermischer Belastung der Werkzeuge und erzieltm Standweg. Insbesondere eine Vergrößerung des Kühlkanaldurchmessers führte zu einer signifikanten Senkung der thermischen Belastung des Werkzeugs und infolgedessen auch zu einer deutlichen Steigerung des Standwegs (23%). Gleichzeitig konnte der Leistungsbedarf der Pumpe gesenkt werden. Eine Verringerung des zweiten Freiwinkels führte bei gleicher Pumpenleistung zu einer Steigerung des Standwegs von ca. 11%. Die Strukturierung der Freifläche bewirkte abhängig von der Strukturform Standwegverlängerungen von bis zu 21%. Durch die Forschungsergebnisse des Projekts können zukünftig Produktivität und Ressourceneffizienz von Bohroperationen gesteigert werden.

Kontakt

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

Projekt zur Digitalisierung in Unternehmen erfolgreich beendet

Integrierte Arbeitssystemgestaltung in digitalisierten Produktionsunternehmen (InAsPro)

Eine erfolgreiche Durchführung von Digitalisierungsvorhaben erfordert ein Umdenken vor allem in abteilungsübergreifenden Geschäftsprozessen, da sich die Digitalisierung auf alle Abteilungen im Unternehmen auswirkt und zu vielfältigen Wechselwirkungen zwischen Methoden, Werkzeugen und Prozessen führt. Diese Aufgabe stellt für Produktionsunternehmen und vor allem für kleine und mittlere Unternehmen (KMU) eine Herausforderung dar. Am Markt ist eine große Vielfalt an häufig investitionsintensiven Digitalisierungstechnologien verfügbar. Die Herausforderung hierbei ist die gezielte Auswahl der Technologien, welche für die individuellen Bedürfnisse eines Unternehmens einen Mehrwert liefern können. Es ist entscheidend, diese Herausforderungen zu bewältigen, um so als Unternehmen langfristig die Wettbewerbsfähigkeit zu sichern. Dies muss von einer Transformation der Organisationsstrukturen und Unternehmensprozesse begleitet werden, in die alle Mitarbeiter eingebunden sind.

Im Forschungsvorhaben InAsPro wurde ein modulares Transformationskonzept entwickelt, welches die bedarfsgerechte Implementierung von Digitalisierungstechnologien in produzierenden Unternehmen mit Hilfe eines partizipativen Ansatzes unterstützt. Um eine ganzheitliche Digitalisierung zu ermöglichen, werden dabei technische sowie mitarbeiter- und organisationsbezogene Aspekte betrachtet. Das Transformationskonzept ist auf die Produktlebenszyklusphasen Entwicklung, Fertigung, Montage und Aftersales anwendbar und ermöglicht somit einen ganzheitlichen

Ansatz zur Implementierung von Digitalisierungslösungen. Da Digitalisierungsvorhaben auf den vorhandenen Gegebenheiten im Unternehmen aufbauen, wird in einem ersten Schritt der Digitalisierungsgrad des betrachteten produzierenden Unternehmens mithilfe des InAsPro-Reifegradmodells bestimmt. Basierend darauf werden die langfristigen Digitalisierungsziele des Unternehmens in Digitalisierungsstrategien überführt. Weiterhin wird der Anwender bei der Auswahl einer geeigneten Digitalisierungstechnologie mithilfe des Technologieatlas unterstützt. Zur konkreten Digitalisierung eines Arbeitssystems liefert das Transformationskonzept operative Umsetzungsempfehlungen. Eine standardisierte Beschreibungsform ermöglicht dabei eine unternehmensindividuelle Auswahl und Anwendung der Umsetzungsempfehlungen und unterstützt dadurch die gezielte Implementierung einer Digitalisierungstechnologie im Arbeitssystem.

Die Projektergebnisse wurden in einem Herausgeberband mit dem Titel „Bedarfsgerechte Digitalisierung von Produktionsunternehmen – Ein modulares Transformationskonzept als praxisorientierter Ansatz“ beim Synovating-Verlag veröffentlicht.

Kontakt

M.Sc. Carina Siedler | E-Mail: carina.siedler@mv.uni-kl.de
Telefon: 0631 205 – 5975

50. Promotion am FBK

Verbesserte Planung und Steuerung für Industrie 4.0



Prof. Dr.-Ing. Jan C. Aurich, Prof. Dr.-Ing. Jens C. Göbel, Dr.-Ing. Hermann Meissner, Prof. Dr.-Ing Roman Teutsch (v.l.n.r.)

Der Lehrstuhl für Fertigungstechnik und Betriebsorganisation feierte am 11. Dezember 2019 die 50. Promotion unter Prof. Dr.-Ing Jan C. Aurich. Herrn Dr.-Ing. Hermann Meissner wurde an diesem Tag die Doktorwürde für seine

Dissertation zum Thema „Integrierte Arbeitsplanung und Produktionssteuerung cyber-physischer Produktionssysteme“ verliehen. Hierin entwickelte Herr Meissner eine Methodik, mit deren Hilfe Planungs- und Steuerungsprozesse an die Charakteristiken und Anforderungen cyber-physischer Produktionssysteme im Kontext von Industrie 4.0 angepasst werden können.

Kontakt

Rosemarie Schleret
E-Mail: fbk@mv.uni-kl.de
Telefon: 0631 205 – 2618

Laboratory for Ultra-Precision and Micro Engineering (LPME) Baubeginn des neuen Forschungsgebäudes



Konzeptbild LPME: Laboratory for Ultra-Precision and Micro Engineering

Nach einer mehrjährigen Planungsphase wurde im Januar 2020 mit dem Bau des Forschungsgebäudes LPME begonnen. Mit der Ultrapräzisions- und Mikrofertigung bilden langjährige

Themenschwerpunkte des FBK einen zentralen Bestandteil der in LPME geplanten Forschung. Gemeinsames Ziel der Arbeitsgruppen aus Maschinenbau, Verfahrenstechnik, Informatik und Physik ist es die der Ultrapräzisions- und Mikrotechnologie zu Grunde liegenden physikalischen Effekte zu verstehen. Um die notwendige Infrastruktur für die Nutzung modernster experimenteller und simulativer Methoden zu schaffen, entstehen bis 2023 auf einer Fläche von 3.100 m² hochinstallierte Labore und Büros.

Kontakt

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

Virtuelle Realität am FBK

Neue Powerwall ermöglicht verbesserte Planung von Produktionssystemen

Die Virtuelle Realität (VR) ist eine Computertechnologie zur Erzeugung und Darstellung von dreidimensionalen virtuellen Umgebungen und ihrer zeitlichen Dynamik. Diese Eigenschaft ermöglicht vielfältige Anwendungen der VR in der Planung von Produktionssystemen. Im Vergleich zur Planung an einem Computermonitor vermittelt VR durch den immersiven Charakter dem Nutzer einen deutlich stärkeren

Erlebnis, das die frühzeitige Erkennung und Vermeidung von Fehlern während des Planungsprozesses ermöglicht. Derartige Einsatzszenarien bildeten den Fokus zahlreicher Forschungsprojekte am FBK.

Um auch zukünftig eine leistungsfähige Umgebung für VR-Forschung bereitzustellen, wurde am FBK ein neues VR-Labor in Betrieb genommen. Die hier installierte Powerwall verfügt über hochmoderne Visualisierungs-, Projektions- und Trackingtechnik. Hierdurch kann auch in aufwändigen Produktionssystemen latenzarm interagiert werden. Parallel zur Powerwall am FBK wurde in den Räumlichkeiten der Informatik eine baugleiche Anlage installiert. So können kollaborative VR-Anwendungen erforscht werden. Daneben werden zukünftige Vorhaben auch die Nutzung von Methoden der künstlichen Intelligenz für VR-Anwendungen in der Produktion, sowie die Kopplung mit Augmented Reality (AR) thematisieren.



Links: Powerwall auf Betrachtungsseite; Rechts: Zugehörige Projektionstechnik

Eindruck, ein Teil der virtuellen Umgebung zu sein. Die projektionsbasierte VR ermöglicht es zudem, dass mehrere Teilnehmer gemeinsam in der virtuellen Umgebung zusammenarbeiten können. So können neben dem Planer weitere Mitarbeiter unterschiedlicher Abtei-

Kontakt

M.Sc. Moritz Friedrich Glatt
E-Mail: moritz.glatt@mv.uni-kl.de
Telefon: 0631 205 – 4068

Literaturempfehlung

Erschienen im März 2020



Die Digitalisierung gezielt und bedarfsorientiert zu planen und durchzuführen ist eine wichtige Fähigkeit für Produktionsunternehmen unterschiedlicher Branchen.

Sichern Sie sich jetzt Ihr Exemplar und gewinnen Sie Einblicke in die erfolgreiche Durchführung von Digitalisierungsvorhaben!

Sie erhalten einen vollständigen Leitfaden zur Digitalisierung Ihres Produktionsunternehmens als Ergebnis des Forschungsprojekts InAsPro. Die hohe Praxistauglichkeit der Inhalte wird dabei an Anwendungsfällen aus der Landtechnik, Straßenbau und Kunststofftechnik demonstriert.



Neuer Mitarbeiter



Svenja Ehmsen arbeitet seit Dezember als wissenschaftliche Mitarbeiterin am FBK. Der Schwerpunkt ihrer Tätigkeit liegt im Bereich Nachhaltigkeit der Produktion.



Johanna Steiner-Stark arbeitet seit Februar als wissenschaftliche Mitarbeiterin am FBK. Der Schwerpunkt ihrer Tätigkeit liegt im Bereich der Additiven Fertigung.

Ausgewählte Veröffentlichungen

D. Setti, P.A. Arrabiyeh, B. Kirsch, M. Heintz, J.C. Aurich: Analytical and experimental investigations on the mechanisms of surface generation in micro grinding. *International Journal of Machine Tools and Manufacture* 149 (2019).

C. Sinnwell, N. Krenkel, J.C. Aurich: Conceptual manufacturing system design based on early product information. *CIRP Annals - Manufacturing Technology* 68/1 (2019): S. 121-124.

K. Klauer, M. Eifler, B. Kirsch, J. Seewig, J.C. Aurich: Correlation between different cutting conditions, surface roughness and dimensional accuracy when ball end micro milling material measures with freeform surfaces. *Machining Science and Technology* (2019)

C. Gläßner, L. Yi, J.C. Aurich: Bewertung additiver Fertigungsverfahren* wt Werkstatttechnik online 109/6 (2019): S. 411-414.

H. Hotz, B. Kirsch, S. Becker, R. Müller, J.C. Aurich: Combination of cold drawing and cryogenic turning for modifying surface morphology of metastable austenitic AISI 347 steel. *Journal of Iron and Steel Research International* 26/11 (2019): S. 1188-1198.

F. Schneider, C. Effen, B. Kirsch, J.C. Aurich: Manufacturing and preparation of micro cutting tools: influence on chip formation and surface topography when micro cutting titanium. *Production Engineering* 13 (2019): S. 731-741.

P. Langlotz, J.C. Aurich: Systematical Combination of a Lean Production System and Industry 4.0 Development of a method library to assess interactions. In: *Production at the leading edge of technology* (2019): S. 573-582.

P.A. Arrabiyeh, M. Heintz, B. Kirsch, J.C. Aurich: Custom made electroless plated dicing blades for micro machining operations. *Proceedings of the 19th euspen International Conference* (2019): S. 380-383.

L. Yi, C. Gläßner, J.C. Aurich: How to integrate additive manufacturing technologies into manufacturing systems successfully: A perspective from the commercial vehicle industry. *Proceedings of the Journal of Manufacturing Systems* 53 (2019): S. 195-211.

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