

INFOBRIEF *Ausgabe 46/15*



Lehrstuhl für Fertigungstechnik und Betriebsorganisation Kaiserslautern

In dieser Ausgabe:

<i>Reinhart-Koselleck-Projekt der DFG erfolgreich abgeschlossen</i>	
Schleifbearbeitung komplexer Strukturen im Nanometerbereich	2
<i>μ-Desk InnoProm-Projekt des FBK erfolgreich abgeschlossen</i>	
Desktopfräsmaschine für die spanende Mikrobearbeitung von Kunststoffen	3
Nachhaltigkeitsbewertung Cybertronischer Produktionssysteme im IRTG 2057	3
Grundlagenseminar Schleiftechnik 25.-26. November 2015	3
<i>Industrieprojekt mit TREIF Maschinenbau GmbH durchgeführt –</i>	
Einsatz der Wertstromanalyse zur Materialflussoptimierung	4
FBK Industrieseminar 2014	4
Neue Mitarbeiter/in	4
Ausgewählte Veröffentlichungen	4

Reinhart-Koselleck-Projekt der DFG erfolgreich abgeschlossen

Schleifbearbeitung komplexer Strukturen im Nanometerbereich

Die Nachfrage nach mikrostrukturierten Komponenten und Bauteilen steigt in den letzten Jahrzehnten stetig an. Dabei werden höchste Anforderungen an die Qualität und Genauigkeit der Mikrostrukturen gestellt. Gleichzeitig werden immer kleinere Strukturgrößen gefordert. Entsprechend werden Mikrobearbeitungsverfahren benötigt, die diesen Anforderungen nach Qualität und Genauigkeit sowie Strukturgröße gerecht werden können. Bei der Bearbeitung von sprödharten Werkstoffen haben sich in der Massenfertigung Verfahren wie LiGA (Lithographie, Galvanik und Abformung) sowie FIB (Focused Ion Beam) durchgesetzt. Diese Verfahren sind jedoch für die Prototyp- bzw. Kleinserienfertigung nicht wirtschaftlich. Gerade hier bietet das Verfahren Mikroschleifen ein hohes Potenzial. Insbesondere der Einsatz von Mikroschleifstiften ermöglicht eine hohe geometrische Flexibilität der Strukturen bei gleichzeitig hohen Strukturqualitäten und –genauigkeiten.

Das von der DFG geförderte Reinhart-Koselleck-Projekt hatte das Ziel, die schleifende Herstellung geometrischer Elemente mit Dimensionen im Bereich von 10 bis 100 nm zu ermöglichen. Dies ist insbesondere für Anwendungsfälle interessant, in denen entweder sehr kleine Stückzahlen benötigt werden (Prototypen) oder Geometrien gefordert sind, die sich mit photooptischen Verfahren prinzipbedingt nicht erzeugen lassen (z. B. Hinterschnidungen). Um dieses Ziel zu erreichen, müssen die hierzu eingesetzten Mikroschleifstifte im Durchmesser deutlich reduziert werden. Angestrebt war ein Durchmesser der Mikroschleifstifte von 4 µm. Weiterhin musste der Prozess beim Mikroschleifen mit Mikroschleifstiften, welcher durch eine sehr geringe Schnittgeschwindigkeit charakterisiert ist, näher untersucht werden.

Daher wurde im Rahmen des Reinhart-Koselleck-Projektes ein Desktop-Bearbeitungszentrum - das Nano Grinding Center - entwickelt und aufgebaut. Dieses erlaubt die Herstellung und Anwendung von Mikroschleifstiften bis zu einem minimalen Durchmesser von 4 µm. Durch die Integration der Werkzeugherstellung in das Desktop-Bearbeitungszentrum entfallen Umspannvorgänge, welche die Rundlaufgenauigkeit der Werkzeuge negativ beeinflussen. Dies wäre gerade bei solch kleinen Werkzeugdurchmessern als kritisch anzusehen. Weiterhin können so Fehler, die durch ein zusätzliches Handling der Werkzeuge entstehen würden, vermieden werden. Das Bearbeitungszentrum ist nach der Gantry Bauweise konzipiert, um den Einfluss der Temperatur auf die Werkzeugmaschine zu minimieren. Zur Herstellung und Anwendung der Mikroschleifstifte sind sechs individuelle Module in dem Bearbeitungszentrum integriert. Diese sind eine Schleifeinheit zur Strukturierung

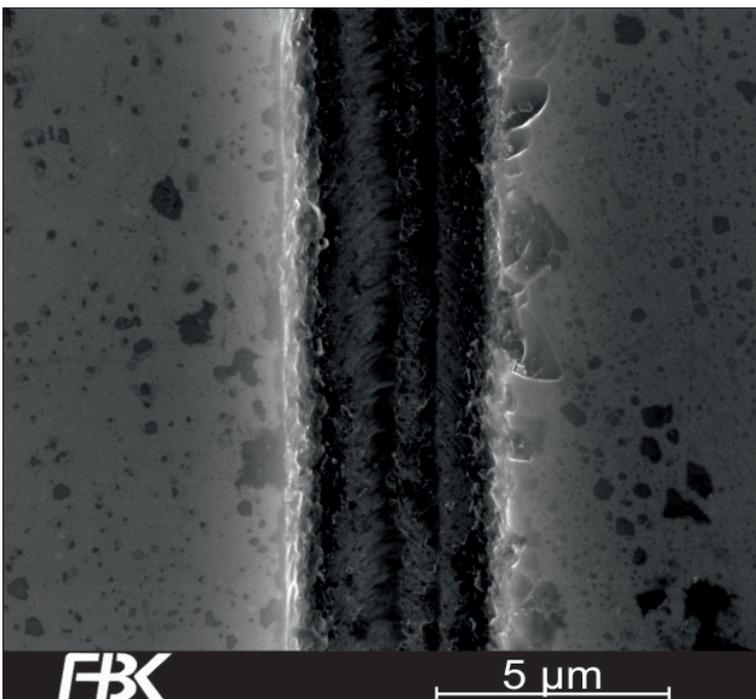
der Werkzeuge, eine µ-EDM-Einheit zur Formoptimierung der Mikroschleifstifte, eine Beschichtungseinheit, ein Bearbeitungstisch sowie ein Kameramodul zur Überwachung der einzelnen Prozessschritte. In der Abbildung ist eine 4 µm Struktur dargestellt, welche mit dem Nano Grinding Center hergestellt wurde.

Um der Forderung nach hohen Strukturqualitäten beim Mikroschleifen gerecht zu werden, müssen die Mikroschleifstifte formoptimiert werden. Mikroschleifstifte haben den Nachteil, dass die Umfangsgeschwindigkeit auf der Stirnseite zur Drehachse hin gegen null abfällt. Dadurch beträgt die Schnittgeschwindigkeit der Schleifkörner, welche sich nahe der Drehachse befinden, annähernd der Vorschubgeschwindigkeit. Dies kann eine schlechte Strukturqualität hervorrufen. Daher wurde im Rahmen des Reinhart-Koselleck-Projektes eine µ-EDM Einheit entwickelt, welche das Einbringen einer Kavität auf der Stirnseite der Mikroschleifstifte ermöglicht. Somit ist der Schleifbelag im Zentrum der Stirnseite im Verhältnis zum Schleifstiftrand zurückgesetzt und kommt so nicht in Eingriff. Damit können höchste Qualitäten der Mikrostrukturen gewährleistet werden.

Weiterhin wurden Untersuchungen zum Einfluss von Prozessparametern und Werkzeugspezifikation auf die Strukturqualität und –genauigkeit durchgeführt. Hierbei zeigt sich, dass der Einsatz von sehr geringen Korngrößen entscheidend für eine hohe Qualität und Genauigkeit der Mikrostrukturen ist. Optimale Ergebnisse wurden bei einer Korngröße von $d_g = 0,5 \mu\text{m}$ erreicht. Weiterhin muss die Schnittgeschwindigkeit möglichst hoch gewählt werden. Dies erfordert den Einsatz von hochfrequenten Spindeln mit sehr geringen Rundlauf Fehlern.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass im Reinhart-Koselleck Projekt durch den Einsatz des neu entwickelten Desktop-Bearbeitungszentrums sowie durch die Wahl geeigneter Prozessparameter und Werkzeugspezifikation die durch die Schleifbearbeitung herstellbaren Werkstückdimensionen um eine Größenordnung nach unten skaliert werden konnten. Neben der reinen Herstellbarkeit von sehr kleinen Formelementen (10-100 nm) konnte auch die Prozesssicherheit bei der Zerspannung sprödharter Werkstoffe sichergestellt werden.

Dipl.-Ing. Marina Carrella
E-Mail: marina.carrella@mv.uni-kl.de
Telefon: 0631 205-3721



4µm Struktur, hergestellt mit dem Nano Grinding Center des FBK

Desktopfräsmaschine für die spanende Mikrobearbeitung von Kunststoffen

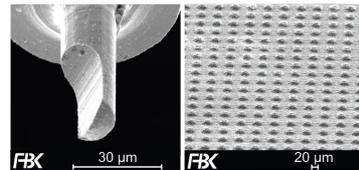
Ein Lab-on-a-chip (LOC) bildet ein Labor auf einer miniaturisierten Plattform ab. Die Produktion solcher mikrofluidischen Systeme auf Kunststoffbasis wird durch kosteneffiziente Replikationsverfahren (z. B. Prägen oder Spritzgießen) realisiert. Während bei hohen Stückzahlen die Stückkosten durch Replikationsverfahren sinken, führen die hohen Herstellkosten des Abformwerkzeugs bei niedrigen Stückzahlen zu hohen Stückkosten. Somit sind Replikationsverfahren ungeeignet für die Herstellung von Musterbauteilen. Das direkte Mikrofräsen von Kunststoff hingegen ermöglicht die schnelle und flexible Herstellung solcher Mikrofluidik-Prototypen.

Mit dem Projekt „InnoProm – Innovation und Promotion“, kofinanziert durch den Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) der Europäischen Union und das Land Rheinland-Pfalz, wurde dieses konkrete unternehmerische Bedürfnis mit innovativer Wissenschaft verzahnt. In einem ersten Schritt wurde die vorhandene Hochpräzisions-Vertikalbearbeitungsmaschine genutzt, um Anforderungen für das Mikrofräsen von Thermoplasten zu ermitteln. Aus diesem Grund wurden Musterstrukturen ausgewählt, deren Geometrien innerhalb der Mikrofluidik relevant sind. Aus den durchgeführten Untersuchungen wurde ersichtlich, dass für die spanende Mikrobearbeitung von Kunststoffen schnellere Vorschübe möglich sind als bei der Bearbeitung von Metallpendants. Zudem fehlten applikationsangepasste Werkzeuge für die Herstellung von Freiformflä-

chen. Aus diesem Grund erfolgte eine Optimierung der Maschinensteuerung für die Zerspanung von Kunststoffen und die Entwicklung von Mikrokugelpfrahsern.

Der Firma thinXXS Microtechnology als Forschungspartner wird mit den erarbeiteten Ergebnissen die Grundlage geboten, hinsichtlich der Dimensionen der kleinsten zu fertigenden Strukturen die bisher bestehenden Grenzen beim Fräsen zu unterschreiten. Gleichzeitig konnte der Lehrstuhl durch die anwendungsorientierte Forschung seine Kompetenzen in der spanenden Mikrobearbeitung ausbauen.

Dipl.-Ing. Ingo G. Reichenbach
E-Mail: ingo.reichenbach@mv.uni-kl.de
Telefon: 0631/205-3723



Wachstum durch Innovation – EFRE



Rheinland-Pfalz



Nachhaltigkeitsbewertung Cybertronischer Produktionssysteme im IRTG 2057

Unternehmen der Fertigungsindustrie sehen sich zunehmenden Anforderungen an die Flexibilität ihrer Produktionssysteme gegenüber, um mit kürzeren Produktlebenszyklen und steigender Komplexität aufgrund individualisierter Produkte zurecht zu kommen. Zugleich sind Anforderungen von Gesetzgebung, des Marktes und aus der Öffentlichkeit hinsichtlich Ressourceneffizienz und sozialer Verantwortung zu erfüllen.

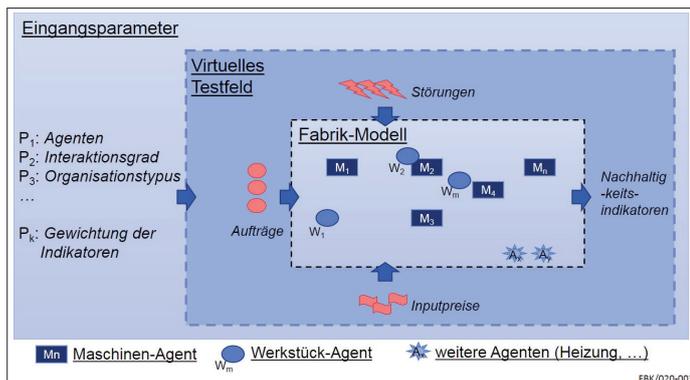
In diesem Kontext werden Cybertronische Produktionssysteme (CTPS) als einer der Bausteine von Industrie 4.0 als Lösung diskutiert. Diese ermöglichen durch kommunikationsfähige Maschinen und Werkstücke die Vernetzung von virtueller und realer Welt in der Fertigung. Der Übergang zu CTPS wird jedoch behindert durch eine bestehende Unsicherheit gegenüber der Funktionsfähigkeit sowie den Auswirkungen auf Arbeitsbedingungen, Produktivität und Robustheit der Prozesse.

Im IRTG 2057 werden innovative Modellierungsansätze zur virtuellen Abbildung von Fertigungssystemen und -Prozessen erforscht. Eines der Projekte im Rahmen des IRTG widmet sich daher der Entwicklung eines virtuellen Testfelds, das ein solches CTPS simuliert. Dies erlaubt es, sowohl das Systemverhalten als auch ökonomische und ökologische Auswirkungen zu analysieren. Den Aufbau des Simulationsansatzes zeigt Abbildung 1.

Dabei werden als Eingangsparameter für das virtuelle Testfeld unterschiedliche Umsetzungsstrategien untersucht, in denen z.B. nur die Fertigungsmaschinen oder nur bestimmte Fertigungsmaschinen, die Versorgungsanlagen oder die Logistiksysteme oder alle Elemente cybertronisch ausgerüstet werden.

Der Simulationsansatz für das Fabrik-Modell basiert auf einem Multi-Agenten-System, d.h. alle Elemente des abgebildeten Produktionssystems, deren Output durch eine Steuerung beeinflusst wird, werden als eigenständig handelnde Agenten simuliert. Um auch Nachhaltigkeitsaspekte zu berücksichtigen, ist es wichtig, dass neben den Fertigungseinrichtungen auch sämtliche Einrichtungen zur Versorgung der Fabrik mit Energie in jedweder Form sowie Transport- und Handhabungsanlagen abgebildet werden. Detaillierte Daten zur Beschreibung von Eigenschaften wie Prozessgenauigkeit, Anlaufzeiten, Verbrauch etc. werden in Zusammenarbeit mit anderen Forschungsprojekten im Rahmen des IRTG gesammelt.

Das virtuelle Testfeld ermöglicht es somit Auswirkungen auf die implementierten Nachhaltigkeitsindikatoren zu analysieren und zu quantifizieren und somit verschiedene Strategien zur Umsetzung cybertronischer Produktionssysteme zu vergleichen.



Simulationsansatz des Multi-Agenten-Systems

Dr. Rebecca Ilsen
E-Mail: rebecca.ilsen@mv.uni-kl.de
Telefon: 0631 205-4282

FBK Grundlagenseminar Schleiftechnik 25.-26. November 2015

Vom 25. bis 26. November 2015 veranstaltet die CPK UG an der TU Kaiserslautern wieder das Grundlagenseminar Schleiftechnik. Es umfasst die Schulung von Anwendern der Schleiftechnik und richtet sich insbesondere an Abteilungsleiter, Meister und Maschinenbediener sowie an alle Interessierten aus den Bereichen Arbeitsvorbereitung, Fertigung, Service und Vertrieb. Den Seminarteilnehmern werden Grundlagen aus den Bereichen Spanbildung, Werkzeugaufbau und -herstellung, Schleifverfahren und -maschinen, Einsatzvorbereitung, Kühlschmierstoff, Sensorik und Messmittel sowie der Einfluss von Stell- und Prozessengrößen auf das Arbeitsergebnis vermittelt. Ziel ist es, den Teilnehmern für

den industriellen Arbeitsalltag Kenntnisse zur Problembewältigung zu vermitteln, das Prozessverständnis zu erhöhen sowie Zusammenhänge aufzuzeigen.

Wir würden uns freuen Sie in Kaiserslautern begrüßen zu dürfen. Bei Fragen wenden Sie sich bitte an:

Dipl.-Wirtsch.-Ing. Christian Effgen
Tel.: 0631 205-3473
E-Mail: schleifseminar@mv.uni-kl.de

Industrieprojekt mit TREIF Maschinenbau GmbH durchgeführt Einsatz der Wertstromanalyse zur Materialflussoptimierung

Die TREIF Maschinenbau GmbH ist spezialisiert auf die Herstellung von Maschinen, Anlagen und Systemen der Lebensmittel-schneidtechnik. TREIF stellt Brotschneider, Slicer, Scheiben- und Portionierschneider sowie Maschinen zum Würfeln, Streifen schneiden oder Raspeln her. Das Unternehmen hat eine hohe Produktionstiefe. Es werden sowohl Maschinegestelle, Zuführvorrichtungen, mechanische Bauteile, als auch verschiedene Ausführungen von Messern als Schneidwerkzeuge produziert und entsprechende Mess- und Steuerungssoftwaresysteme bereitgestellt. Aufgrund der dabei anfallenden großen Teilevielfalt besteht ein hoher Koordinationsbedarf, lange Durchlaufzeiten und großer Zwischenlager- und Suchaufwand. Im Rahmen von internen Verbesserungsmaßnahmen wurde eine Optimierung der Materialflüsse im Bereich der Fertigung der Maschinegestelle (Blechfertigung) angestrebt. In diesem Zusammenhang wurde mit dem FBK ein Kooperationsprojekt zur Analyse der Materialflüsse in der Blechfertigung durchgeführt.

Dabei wurden für die oben genannten Probleme Verbesserungspotentiale aufgedeckt und Lösungsvorschläge erarbeitet. Ausgehend von den Zielkriterien des Projekts wurde im Bereich der Blechfertigung zunächst eine detaillierte Wertstromanalyse durchgeführt. Bei der Analyse wurden vorhandene Betriebsmittel und Zwischenlager aufgenommen, die Materialflüsse zwischen den einzelnen Bearbeitungsstationen dokumentiert und wertschöpfende Zeiten bestimmt. Anhand des daraus abgeleiteten Wertstroms wurden in Mitarbeiterworkshops und Einzelgesprächen Schwachstellen aufgedeckt und Lösungsmöglichkeiten erarbeitet. Die Lösungsansätze beziehen sich u.a. auf die Kennzeichnung und Nachverfolgung von Einzelteilen sowie die Verkürzung von Liege- und Durchlaufzeiten. Ein Folgeprojekt zur Lösungsumsetzung ist bereits in Planung.

M.Sc. Chantal Steimer
E-Mail: chantal.steimer@mv.uni-kl.de
Telefon: 0631 205-3369

Industrieseminar 2014 – Rückblick

Das in Zusammenarbeit mit dem Lehrstuhl für Virtuelle Produktentwicklung (VPE) organisierte Industrieseminar zum Thema „Industrie 4.0“ hat am 09. Dezember 2014 stattgefunden. Das Seminar besuchten über 50 Teilnehmer aus Industrie, Forschung und Politik. Ziel seitens des FBK und des VPE war es, den Teilnehmern Perspektiven, Chancen und Risiken im Kontext der Industrie 4.0 aufzuzeigen und den Teilnehmern den eigens geprägten Begriff der Cybertronischen Systeme (CTS) näher zu bringen. Das Industrieseminar war durch hochkarätige Vorträge geprägt. Eine Abschlussdiskussion sowie die Besichtigung des VR-Labors am FBK rundeten die Veranstaltung ab. Wir freuen uns über das erfolgreiche Seminar und werden



FBK Industrieseminar 2014

unsere Aktivitäten im Bereich der Industrie 4.0 auch zukünftig fortsetzen.

Dipl.-Kffr. techn. Nicole Menck
E-Mail: nicole.menck@mv.uni-kl.de
Telefon: 0631 205-4068

Neue Mitarbeiter/in



Michele Jung arbeitet seit November 2014 im Support-Team am FBK. Sie führt das Sekretariat des internationalen Graduiertenkollegs Physical Modeling for Virtual Manufacturing Systems (IRTG2057).



Dipl.-Ing. Peter Arrabiyeh arbeitet seit Dezember 2014 als wissenschaftlicher Mitarbeiter am FBK. Der Schwerpunkt seiner Tätigkeit liegt im Bereich Mikrozerspannung.



M. Eng. Georg Kasakow arbeitet seit Januar 2015 als wissenschaftlicher Mitarbeiter am FBK. Der Schwerpunkt seiner Tätigkeit liegt im Bereich virtuelle Produktion.

Veranstungshinweise

Gerne möchten wir Sie an dieser Stelle ab sofort auf Veranstaltungen des FBK aufmerksam machen und recht herzlich dazu einladen. Für weitere Informationen können Sie uns jederzeit kontaktieren: fbk@mv.uni-kl.de oder www.fbk-kl.de.

Lernfabrik μ -Span 16.-17. September 2015

Lernfabrik Virtuelle Fabrikplanung 5.-6. Oktober 2015

Grundlagenseminar Schleiftechnik 25.-26. November 2016

Ausgewählte Veröffentlichungen

J.C. Aurich, B. Kirsch, C. Müller, L. Heberger: *Quality of drilled and milled rivet holes in carbon fiber reinforced plastics. Procedia CIRP 24 - Proceedings of the New Production Technologies in Aerospace Industry - 5th Machining Innovations Conference (2014): S. 56-61.*

J.C. Aurich, G. Mert: *Energieeffizienz von Werkzeugmaschinen - Konzept zur Steigerung der Energieeffizienz von Werkzeugmaschinen durch Serviceprodukte. wt Werkstattstechnik online 104/10 (2014): S. 696-700.*

J.C. Aurich, S. Waltemode, N. Menck: *Produktivität und Qualität von Serviceprodukten - Ein Leitfaden für die Praxis. Produktionstechnische Berichte aus dem FBK 1 (2014).*

K.D. Bouzakis, E. Bouzakis, S. Kombogiannis, S. Makrimalakis, G. Skordaris, N. Michailidis, P. Charalampous, R. Paraskevopoulou, R. M'Saoubi, J.C. Aurich, F. Barthelmä, D. Biermann, B. Denkena, D. Dimitrov, S. Engin, B. Karpuschewski, F. Klocke, T. Özel, G. Poulachon, J. Rech, V. Schulze, L. Settineri, A. Srivastava, K. Wegener, E. Uhlmann, P. Zeman: *Effect of cutting edge preparation of coated tools on their performance in milling various materials. CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology 7/3 (2014): S. 264-273.*

D. Cichos, J. C. Aurich: *Planning and controlling of multiple, parallel engineering changes in manufacturing systems. Angenommen bei 9th CIRP Conference on Intelligent Computation in Manufacturing Engineering (2014).*

B. Kirsch, C. Effgen, M. Büchel, J.C. Aurich: *Comparison of the embodied energy of a grinding wheel and an end mill. Procedia CIRP 15 - Proceedings of the 21st CIRP Conference on Life Cycle Engineering (2014): S. 74-79.*

P. Mayer, B. Kirsch, J.C. Aurich: *Randschichthärten bei der Edelstahlbearbeitung - Verformung beim Drehen gezielt nutzen. ZWF - Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb 109/7-8 (2014): S. 530-533.*

I.G. Reichenbach, S. Becker, H. Hasse, J.C. Aurich: *Machining hydrophobic structures with ultra-small micro end mills. Proceedings of the 14th international conference of the European Society for Precision Engineering and Nanotechnology. 2 (2014): S. 136-139.*

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