AUSGABE 74/24

RPTU | FBK INFOBRIEF

LEHRSTUHL FÜR FERTIGUNGSTECHNIK UND BETRIEBSORGANISATION

Forschungsprojekt zur Vermeidung kritischer Mineralien in der Werkzeugherstellung gestartet

Carl-Zeiss-Stiftung fördert interdisziplinäre Forschung

Im September 2024 ist das Projekt „Neue Werkzeuge für die Fertigung ohne Kobalt und Wolfram (FairTools)" gestartet. Das Projekt wird im Rahmen des Programms „CZS-Durchbrüche" der Carl-Zeiss-Stiftung mit einer Summe von rund 5 Mio. Euro gefördert. Beteiligt sind Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus den Bereichen Produktionstechnik, Materialwissenschaft und Werkstofftechnik sowie technischer Mechanik und Werkstoffphysik. Die Projektgruppe besteht aus dem Lehrstuhl für Computational Physics in Engineering, dem Lehrstuhl für Technische Mechanik, vertreten durch die Juniorprofessur Computational Mechanics, der Arbeitsgruppe Werkstoffprüfung, dem Lehrstuhl für Fertigungstechnik und Betriebsorganisation sowie dem Institut für Oberflächen- und Schichttechnik. Sprecher der Projektgruppe ist Herr Prof. Aurich.

Werkzeuge aus Hartmetall, einer Werkstoffgruppe, die meistens aus Wolframkarbid und Kobalt besteht, haben eine ausgezeichnete Temperatur- und Verschleißbeständigkeit. Diese Werkzeuge sind die Grundlage vieler Produktionsprozesse in der Industrie. Der Großteil aller industriell eingesetzten Werkzeuge für die spanende und umformende Bearbeitung (z. B. Fräs- und Drehwerkzeuge, Bohrer, Schmiede- und Tiefziehgesenke) wird aus Hartmetall hergestellt.

Hartmetall auf Basis von Wolframkarbid in einer Kobaltmatrix entstehen durch Sintern. Diese beiden Hauptbestandteile sind aus ökologischer und sozialer Sicht hochkritische, weltweit knappe und zunehmend nachgefragte Rohstoffe. Wolfram gehört zu den vier Konfliktmineralien, mit denen kriegerische Auseinandersetzungen finanziert werden. Für diese Mineralien gelten inzwischen in vielen Ländern strenge Nutzungsregeln. Die Verwendung von Kobalt ist in den letzten Jahren aufgrund der unhaltbaren sozialen Bedingungen, unter denen es in teilweise unregulierten Minen abgebaut wird, die 70 % des weltweiten Bergbaus ausmachen, zunehmend in die Kritik geraten. Dort wird Kobalt unter großen gesundheitlichen Risiken und äußerst kritischen Arbeitsbedingungen für die Minenarbeiter abgebaut. In der öffentlichen Diskussion steht bisher vor allem die Verwendung von Kobalt in Lithium-Ionen-Batterien für Elektrofahrzeuge im Vordergrund. Der Einsatz von Wolframkarbid und Kobalt in Produktionswerkzeugen, die einen hohen Anteil an der weltweiten Verwendung beider Metalle haben und deren Rohstoffbasis weltweit ca. 14% bei Kobalt und ca. 65% bei Wolfram ausmacht, steht dagegen noch nicht im Fokus der Öffentlichkeit. Dabei fließen diese Materialien indirekt über den Einsatz in Werkzeugen in nahezu alle industriell gefertigten Produkte ein.

Ziel des FairTools-Projektes ist es, die Nutzung von Wolfram und Kobalt in Werkzeugen für die industrielle Fertigung zu substituieren (Replace). Wo dies aus technischen Gründen nicht möglich ist, wird eine deutliche Reduzierung des Materialeinsatzes auf weniger als 50 % (Reduce) und ein geschlossener Materialkreislauf (Recycle) angestrebt. Die wissenschaftlich-technischen Ansätze hierzu sind der Einsatz neuartiger, hochharter Stähle und innovativer Beschichtungen für die Werkzeuge, die Reduktion des benötigten Hartmetalls durch die Herstellung von Werkzeugen mittels additiver Fertigung und die technische und logistische Weiterentwicklung bereits bestehender Ansätze zum Hartmetall-Recycling. Alle drei Bereiche (Replace, Reduce, Recycle) werden durch neuartige Verfahren der Modellierung und Simulation methodisch unterstützt. Darüber hinaus werden die neu entwickelten Werkzeuge mit Hilfe von Lebenszyklusanalysen hinsichtlich ihrer ökologischen und sozialen Auswirkungen untersucht.

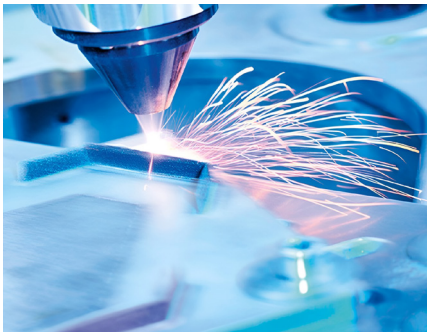
Um die Projektziele zu erreichen, verfolgt das Projekt FairTools einen interdisziplinären Ansatz, der sich in der Zusammensetzung der Projektgruppe widerspiegelt. Außerdem werden durch eine eigens eingerichtete Transferstelle die breite Öffentlichkeit adressiert. Die hohe Relevanz des Themas äußert sich auch in der projektbegleitenden Zusammenarbeit mit einem namhaften Industriebeirat. Gemeinsam mit den beteiligten Unternehmen werden erste Schritte zu einer Herstellung von Werkzeugen mit deutlich geringeren negativen ökologischen und sozialen Folgen unternommen.

Am Ende der sechsjährigen Projektlaufzeit wird ein Durchbruch bei der Reduzierung und Substitution von Hartmetallwerkzeugen in der industriellen Fertigung erwartet. Anschließend wird eine Übertragung der Ergebnisse auf andere Hartmetallkomponenten angestrebt.

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

Teilprojekt A07 des TRR 375 gestartet

Anomaliegetriebenes Reinforcement Learning zur Prozessoptimierung in der additiven Fertigung von Hybridmaterialien



Hybride poröse (HyPo) Materialien ermöglichen die Entwicklung multifunktionaler Hochleistungskomponenten durch die Kombination verschiedener Metalle und die gezielte Einbringung von Poren. Inspiriert von biologischen Prinzipien, wie der Anpassung der Knochendichte an lokale Belastungen oder der variierenden Zellstruktur in Pflanzen, ermöglicht dieser Ansatz eine gezielte Optimierung der Materialeigenschaften für spezifische Anforderungen wie mechanische Belastbarkeit bei gleichzeitiger Gewichtsreduktion. Durch die präzise Kontrolle der Materialzusammensetzung und der Poren und damit der Dichte können Ressourcen- und Energieeffizienz gesteigert und zusätzliche Funktionalitäten z. B. durch in die Komponenten integrierte Sensoren realisiert werden. Zu den Anwendungen zählen sicherheitskritische Elemente wie Bremsscheiben mit optimierter Wärmeableitung, Crashabsorber mit gezielter Energieabsorption und Maschinenelemente wie Zahnrädern mit reduziertem Gewicht bei erhöhter Verschleißfestigkeit.

Im Teilprojekt A07 arbeitet das FBK mit der Arbeitsgruppe Maschinelles Lernen (ML) zusammen, um mit Hilfe von ML-Methoden in-situ den Prozess des pulverbasierten Laserauftragschweißens (DED-LB) zu optimieren. Das pulverbasierte Laserauftragschweißen eignet sich besonders für die Materialgradierung und damit für die Herstellung von hybriden Werkstoffen, da die Zusammensetzung des Pulvers während des Prozesses im Vergleich zu anderen additiven Fertigungsverfahren leichter variiert werden kann. Beim DED-LB wird Metallpulver durch eine Düse zugeführt und mittels eines fokussierten Laserstrahls aufgeschmolzen und schichtweise aufgetragen.

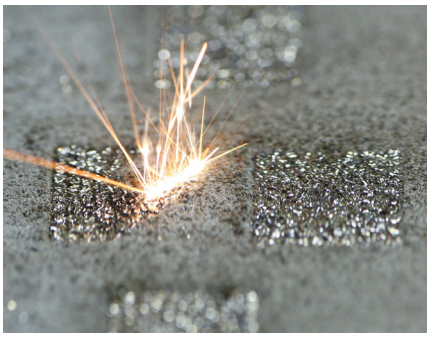
Die Fertigung von Bauteilen mit variierender Materialzusammensetzung erfordert eine präzise Kontrolle des DED-LB-Prozesses. Prozessbedingte Schwankungen, die selbst bei optimierten Parametern durch schnelle Temperaturänderungen und Wärmeakkumulation entstehen, können zu Unregelmäßigkeiten und Defekten wie unbeabsichtigter Porosität führen. Dies macht eine In-situ-Prozessoptimierung unerlässlich, um die Bauteilqualität zu gewährleisten. Herkömmliche Ansätze zur Regelung des Prozesses stoßen jedoch an ihre Grenzen, da sie die komplexen Wechselwirkungen zwischen den verschiedenen Prozessparametern des DED-LB und deren Auswirkungen auf die Bauteilqualität nicht umfassend berücksichtigen können. Das anomaliegetriebene Reinforcement Learning (AD-RL) ermöglicht im Unterschied hierzu eine ausreichend dynamische und kombinierte Anpassung mehrerer Prozessparameter. Mit AD-RL werden Abweichungen von guten Prozesszuständen automatisch erkannt und darauf basierend Korrekturmaßnahmen eingeleitet. Ziel des Teilprojektes A07 ist daher die Entwicklung von AD-RL für die in-situ Optimierung von Prozessparametern beim DED-LB zur Fertigung von Hybridmaterialien.

Für die Umsetzung dieses Ansatzes wird der Fertigungsprozess mit Hilfe einer Thermokamera kontinuierlich überwacht. Durch systematische Experimente und die dabei aufgenommenen Wärmebilder wird ein Anomalie-Detektions-Modell darauf trainiert, Abweichungen vom Normalzustand des Prozesses zu quantifizieren. Diese Anomalie-Scores werden als Feedback für das Reinforcement Learning (RL) genutzt. Das RL-System lernt die Anomalie-Scores durch die Anpassung der Prozessparameter zu minimieren. Dadurch soll eine konstant hohe Bauteilqualität bei der Herstellung von Hybridmaterialien gewährleistet werden.

Kontakt
Maik Schürmann, M. Sc.
E-Mail: maik.schuermann@rptu.de
Telefon: 0631 205 – 3369

Neues DFG-Projekt gestartet

Optimierung der Ermüdungseigenschaften additiv gefertigter AlSi10Mg-Bauteile durch kryogene Endbearbeitung



Additive Fertigungsverfahren gewinnen aufgrund der hohen Gestaltungsfreiheit und der werkzeuglosen, endkonturnahen Fertigung zunehmend an Bedeutung. Das pulverbettbasierte Schmelzen (PBF-LB) ist dabei ein weit verbreitetes Verfahren, da Bauteile mit hoher Dichte und guten mechanischen Eigenschaften hergestellt werden können. Die Oberflächenqualität und die geometrische Genauigkeit von Bauteilen, die mit PBF-LB hergestellt werden, sind jedoch für viele Anwendungen verfahrensbedingt unzureichend. Auch die Ermüdungsfestigkeit ist aufgrund der im Werkstück vorhandenen Defekte, der hohen Oberflächenrauheit und den nachteiligen Eigenspannungszuständen geringer als bei konventionell hergestellten Bauteilen. Um diese Eigenschaften zu verbessern, ist eine zusätzliche Nachbearbeitung häufig Teil der additiven Fertigung, was jedoch einen erheblichen Kosten- und Zeitfaktor darstellt.

Um prozessbedingte Eigenspannungen abzubauen und die Anisotropie der mechanischen Eigenschaften zu reduzieren, werden die Bauteile nach der additiven Fertigung häufig wärmebehandelt. Zur Verbesserung der Oberflächenqualität werden häufig Verfahren wie Kugelstrahlen oder Festwalzen eingesetzt. Durch die mechanische Belastung der Bauteile können unter anderem Druckeigenspannungen in die Randzone eingebracht werden, die zusätzlich die Ermüdungsfestigkeit verbessern können. Zerspanende Verfahren bieten gegenüber diesen Verfahren den Vorteil, dass neben der Oberflächenqualität auch die geometrische Genauigkeit additiv gefertigter Bauteile deutlich verbessert werden kann. Durch die kombinierte mechanische und thermische Belastung in Zerspanprozessen werden neben der Oberflächentopografie auch Eigenschaften wie die Härte und die Eigenspannungszustände in der Randzone beeinflusst.

In dem neuen Projekt „KryoAM" sollen die Ermüdungseigenschaften mittels PBF-LB gefertigten AlSi10Mg-Bauteile durch die Optimierung der Nachbearbeitung verbessert werden. Dazu wird die Prozesskette aus additiver Fertigung, Wärmebehandlung und kryogener Fräsbearbeitung betrachtet. Durch die Wahl der Schnittparameter, der Art der Kühlung und der Werkzeuggeometrie können die mechanischen und metallurgischen Eigenschaften des Werkstücks beeinflusst werden. Der Einsatz kryogener Kühlmedien führt zu einer geringeren thermischen Belastung beim Fräsen, was die Bildung vorteilhafter Druckeigenspannungen fördert. Durch die Zerspanung verschiedener Wärmebehandlungszustände wird die thermisch-mechanische Belastung beim Fräsen beeinflusst, was wiederum das Prozessergebnis beeinflusst. Im Anschluss an die kryogene Nachbearbeitung wird das Ermüdungsverhalten in 3-Punkt-Biegeversuchen evaluiert. Die Zusammenhänge zwischen der Gestaltung der Nachbearbeitung additiv gefertigter AlSi10Mg Bauteile und dem Ermüdungsverhalten werden in Kooperation mit der Arbeitsgruppe Werkstoffprüfung (AWP) von Prof. Kerscher erarbeitet. Am Ende der Projektlaufzeit werden die Erkenntnisse beider Projektgruppen genutzt, um die Prozesskette von der additiven Fertigung über die Wärmebehandlung bis zur kryogenen Nachbearbeitung sowohl technologisch als auch wirtschaftlich zu optimieren.

Kontakt
Jonas Barbosa, M. Sc.
E-Mail: jonas.barbosa@rptu.de
Telefon: 0631 205 – 5911

KI in der Industrie – wie kann das gelingen?

TransKI-Projekt präsentiert sich auf der Tagung »Smart Factory 2«

Am 9. Oktober fand im Darmstädter Merck-Stadion die Abschlussveranstaltung „Smart Factory 2" der vom Bundesministerium für Bildung und Forschung geförderten ProKI-Netz-Demonstrations- und Transferzentren sowie der ProLern-Verbundprojekte statt. In den 22 Verbünden forschten Forschungsinstitute in enger Kooperation mit der Industrie an der Anwendung von Künstlicher Intelligenz (KI) im fertigungstechnischen Kontext. Über 200 Teilnehmende aus Industrie und Wissenschaft nutzten die Gelegenheit, um sich über die neuesten Entwicklungen und Herausforderungen rund um den Einsatz von KI in der industriellen Fertigung auszutauschen.

TransKI präsentiert Forschungsergebnisse auf der Tagung Smart Factory 2

Im Mittelpunkt der Veranstaltung stand die Frage, wie Methoden der KI in der Industrie effektiv eingesetzt werden können und welche Potenziale sie für die Zukunft der Fertigung bieten. Die Teilnehmenden erhielten einen umfassenden Überblick über die neuesten Erkenntnisse aus Forschung und Praxis, insbesondere zu den Vorteilen und Herausforderungen des Einsatzes von KI in der Fertigung, wie etwa die Integration in bestehende Systeme oder die Akzeptanz von KI-Modellen. Vorträge, Workshops und interaktive Messestände boten eine vielfältige Plattform, um sich auszutauschen, praxisnahe Einblicke zu gewinnen und über aktuelle Fortschritte sowie zukünftige Entwicklungen in der KI-Technologie zu informieren. Als Keynote-Sprecher thematisierte Prof. Christian Brecher von der RWTH Aachen die Vorteile und Herausforderungen von KI-Anwendungen anhand konkreter Projekte des ProKI-Netzwerks, während Prof. Dominik Bösl von der Hochschule der Bayerischen Wirtschaft die aktuellen Entwicklungen und technische Neuerungen des industriellen KI-Einsatzes darstellte.

Für das TransKI Projekt referierten Tim Reeber vom Institut für Werkzeugmaschinen der Universität Stuttgart und Maximilian Berndt vom FBK gemeinsam über die Übertragbarkeit der Forschungsergebnisse in die industrielle Praxis. Das zentrale Ziel unseres Projekts war dabei die Entwicklung robuster und leicht übertragbarer Ansätze für die Verschleißprognose von Zerspanwerkzeugen. Hierfür wurde im Rahmen des Projekts ein digitales Assistenzsystem für das Werkzeugmanagement entwickelt. Im Fokus des Vortrags stand dabei die Frage, wie sowohl neue Werkzeugmaschinen aber auch bestehende Maschinenparks für eine KI-basierte Werkzeugüberwachung befähigt werden können. Der Vortrag zeigte, wie die in TransKI entwickelten KI-Lösungen konkret auf industrielle Anwendungsfälle übertragen wurden. Dabei wurden besonders die Vorteile, Herausforderungen und die Skalierbarkeit bei der Implementierung von KI in bestehende Produktionsprozesse beleuchtet.

Neben dem Vortrag bot das TransKI Projekt den Teilnehmenden die Möglichkeit, sich am Messestand näher über die Projektergebnisse zu informieren. Zahlreiche Expertinnen und Experten aus Forschung und Industrie nutzten diese Gelegenheit, um in den direkten Austausch mit den Projektpartnern zu treten. Hierbei wurden nicht nur technische Details besprochen, sondern auch mögliche Anwendungsszenarien und zukünftige Kooperationen diskutiert.

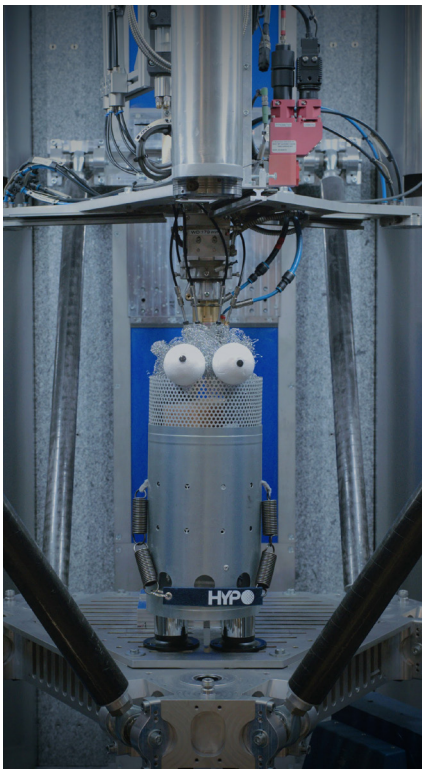
Die gemeinsame Veranstaltung „Smart Factory 2" war ein voller Erfolg und bot den Teilnehmenden wertvolle Einblicke in die Zukunft der KI in einem fertigungstechnischen Umfeld. Nun können die gewonnenen Erkenntnisse und die aufgezeigten Potenziale genutzt werden, um den sinnvollen Einsatz von KI in der Industrie nachhaltig zu etablieren.

Kontakt
Peter Simon, M. Sc.
E-Mail: peter.simon@rptu.de
Telefon: 0631 205 – 4210

Kontakt
Maximilian Berndt, M. Sc.
E-Mail: maximilian.berndt@rptu.de
Telefon: 0631 205 – 3386

Summer School des SFB TRR 375

Wissensaustausch und Networking im Bereich der hybrid porösen Werkstoffe



Gewinner der Maskottchenchallenge

Kürzlich fand in Mannheim die Summer School des SFB TRR 375 „Multifunktionale Hochleistungskomponenten aus hybriden porösen Werkstoffen", kurz HyPo, statt. Die Veranstaltung richtete sich an Doktorand:innen der RPTU Kaiserslautern sowie der Leibniz Universität Hannover.

Das Programm umfasste eine Vielzahl fachlicher Vorträge, mit Themen von der additiven Fertigung bis hin zu generativer KI. Die interdisziplinäre Ausrichtung förderte den fachübergreifenden Austausch und eröffnete neue Perspektiven auf die verschiedenen Forschungsansätze der Teilprojekte.

Die Doktorand:innen hatten außerdem Gelegenheit, sich kennenzulernen, Kontakte zu knüpfen und Grundlagen für zukünftige Kooperationen zu schaffen. Eine kreative Maskottchen-Challenge stellte die Teilnehmer vor die Aufgabe, eine repräsentative Figur für den TRR 375 zu entwerfen. Dies förderte nicht nur die Teamarbeit, sondern führte auch zu einem regen Austausch zwischen den Gruppen.

Kontakt
Dipl.-Ing. Lars Bachert
E-Mail: lars.bachert@rptu.de
Telefon: 0631 205-4017

Neue Mitarbeiter

Dipl.-Ing. Robin Lemmens arbeitet seit Juli als wissenschaftlicher Mitarbeiter am FBK. Der Schwerpunkt seiner Tätigkeit liegt im Bereich der Zerspantechnologie

Dipl.-Ing. Lars Bachert arbeitet seit Juli als wissenschaftlicher Mitarbeiter am FBK. Der Schwerpunkt seiner Tätigkeit liegt im Bereich der Additiven Fertigung

Veröffentlichungen

K. Gutzeit, B. Kirsch, J.C. Aurich: Ansatz zur Bewertung der Kühl und Schmiereigenschaften kryogener Minimalmengenschmierungen. Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb 119/9, (2024): S. 633-637. 10.1515/zwf-2024-1127

F. Grossmann, B. Kirsch; J. Uebel, J. Seewig, J.C. Aurich: Untersuchungen zur Mindestspanungsdicke beim kryogenen Hartdrehen von Wälzlagerstahl. ZWF - Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb 119/7-8 (2024): S. 503–506. 10.1515/zwf-2024-1089

K. Gutzeit, F. Grossmann, B. Kirsch, J.C. Aurich: Tribological characterization of the cooling performance when applying cryogenic coolants and minimum quantity lubrication. Manufacturing Letters 41, (2024): S. 22-26. 10.1016/j.mfglet.2024.06.001

L.Yi, P.Ruediger-Flore, A. Karnoub, J. Mertes, M. Glatt, J.C. Aurich: Is it possible to develop a digital twin for noise monitoring in manufacturing? Digital Twin (2024). 10.12688/digitaltwin.17931.1

B. Kirsch, A. Lange, N. Altherr, T. Mayer: Influence of constant feed per tooth via spindle speed adaption on groove quality in micro milling. Procedia CIRP 123 - Proceedings of the 7th CIRP Conference on Surface Integrity (2024): S.458–463. 10.1016/j.procir.2024.05.080

P. Ruediger-Flore, M. Klar, M. Hussong, A. Mukherjee, M. Glatt, J.C. Aurich: Comparing Binary Classification and Autoencoders for Vision-Based Anomaly Detection in Material Flow. Procedia CIRP 121 - Proceedings of the 11th CIRP Global Web Conference (2024): S. 138-143. 10.1016/j.procir.2023.09.241

M. Klar, P. Rüdiger, M. Scheidt, M. Hussong, M. Glatt , B. Ravani, Jan C. Aurich: Development of a Machine Learning Model that represents the characteristics of a Manufacturing Systems. Procedia CIRP 122 - Proceedings of the 31st CIRP Conference on Life Cycle Engineering (2024): S. 175-180. 10.1016/j.procir.2024.01.026

D. Weber, B. Kirsch, N.A. Bachus, C.R. D'Elia; B.S. Linke, M.R. Hill, J.C. Aurich: Variation of initial bulk residual stresses in aluminum alloy 7050-T7451 and its effect on distortion of thin-walled structural parts. Proceedings of the Society for Experimental Mechanics Series (2024): S. 31–38. 10.1007/978-3-031-50470-9_5

Herausgeber
Lehrstuhl für Fertigungstechnik
und Betriebsorganisation
Prof. Dr.-Ing. Jan C. Aurich

Kontakt
Lehrstuhl für Fertigungstechnik
und Betriebsorganisation
Rheinland-Pfälzische Technische
Universität Kaiserslautern-Landau
Postfach 3049
67653 Kaiserslautern

E-Mail: fbk@mv.rptu.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