

Magn Det WD Exp
0x BSE 10.0 44318 Versuch 2 P1 1

LIEBE LESERINNEN UND LESER,

Eine erfolgreiche Arbeit des Sonderforschungsbereichs beruht auf einer intensiven Zusammenarbeit zwischen den Teilprojekten ebenso wie auf einem Austausch von Ideen und Erfahrungen über Ländergrenzen hinweg. Eine Vortragsreihe des SFB mit führenden Wissenschaftlern auf den Gebieten metallischer und keramischer Werkstoffe, unter ihnen Dr. Jinichiro Nakano und Prof. Paolo Colombo, bündelte Expertenwissen zu relevanten wissenschaftlichen Grundlagen des SFB 920 und bot zudem zahlreiche Gelegenheiten für einen intensiven Gedankenaustausch mit Wissenschaftlern und Doktoranden des Sonderforschungsbereichs.

Darüber hinaus konnte der SFB 920 vier internationale Doktoranden begrüßen, die im Rahmen kurzfristiger Forschungsaufenthalte vor allem experimentelle Arbeiten in ausgewählten Teilprojekten unterstützen. Ihr Aufenthalt wird durch Forschungsstipendien des DAAD sowie des SFB 920 ermöglicht.

Zu unseren internationalen Gästen, zum Fortgang unserer Untersuchungen, zu neuen Forschungsergebnissen und Aktivitäten des SFB informiert Sie die aktuelle Ausgabe unseres Newsletters. Weitere Informationen finden Sie auf unserer Homepage unter <http://sfb920.tu-freiberg.de>.

Viel Freude beim Lesen!

Prof. Dr.-Ing. habil. Christos G. Aneziris
Sprecher des SFB 920

Prof. Dr.-Ing. habil. Horst Biermann
stellv. Sprecher des SFB 920

INHALT

| | |
|--|------|
| Aktuelles aus dem SFB 920 | 2 |
| <i>Vortragsreihe international führender Wissenschaftler</i> | 2 |
| <i>Erfolgreicher Nachweis der Filterwirkung</i> | 3 |
| <i>Aus den Arbeitsgruppen</i> | 4 |
| Aktivitäten des Integrierten Graduiertenkollegs | 5 |
| <i>Schulung und Beratung für Doktoranden</i> | 5 |
| <i>Forschungsstipendiaten unterstützen SFB 920</i> | 5 |
| Aus der Forschung I: Modellierung | 6 |
| Aus der Forschung II: Filtereffizienz | 7 |
| Aus der Forschung III: Simulation | 8 |
| Publikationen, Termine | 9/10 |
| Impressum | 10 |

VORTRAGSREIHE INTERNATIONAL FÜHRENDER WISSENSCHAFTLER

Insgesamt sieben internationale Wissenschaftler waren Gastreferenten des SFB. In Vorträgen und Workshops gaben sie Einblick in ihre aktuelle Forschung und diskutierten mit Wissenschaftlern und Doktoranden Fragestellungen des Sonderforschungsbereichs. Besonders für die Doktoranden des SFB dienten die Gastvorträge der Vertiefung ihrer fachlichen und methodischen Kenntnisse über das eigene Forschungsprojekt hinaus - eine wichtige Grundlage für eine tragfähige und produktive Vernetzung zwischen den Teilprojekten.

Zwischen Mai und Dezember 2012 veranstaltete der SFB mehrere Gastvorträge internationaler Wissenschaftler für Mitarbeiter, Teilprojektleiter und vor allem Doktoranden des SFB. Die Gastvorträge standen in engem Bezug zu wissenschaftlichen Grundlagen des SFB, u.a. zu wichtigen Eigenschaften und Funktionen von Filterwerkstoffen oder zu relevanten Untersuchungsmethoden wie z.B. der konfokalen Laser-Scanning-Mikroskopie, die derzeit am Institut für Eisen- und Stahltechnologie (IEST) im TP A01 zum Einsatz kommt. Die Vortragsreihe umfasste folgende Wissenschaftler und Vortragsthemen:

- **Prof. Ik Jin Kim** (Hanse University, Südkorea): „Functional Porous Ceramics by Direct Forming“,
- **Prof. Prabal Talukdar** (Indian Institute of Technology Delhi, Indien): „Interaction of Conduction and Radiation within Porous Media using Finite Volume Method“,

- **Prof. Guojun Ma** (Department of Metallurgical Engineering, Wuhan University of Science and Technology, China): „Inclusion Behavior in Molten Steel & Slag and its Removal“,
- **Prof. Seshadri Seetharaman** (Royal Institute of Technology Stockholm, Schweden): „Gas Solid Reactions Leading to One-Step Production of Nano Alloys and Intermetallics“,
- **Jinichiro Nakano, Ph.D.** (US Department of Energy; National Energy Technology Lab/URS, Albany, USA): „Principal and Practice of the Measurement by the Confocal Laser Scanning Microscopy“,
- **Prof. Paolo Colombo** (Department of Mechanical Engineering, University of Padova, Italien): „Porous Materials for Filtration Processes“,
- **Prof. José de Anchieta Rodrigues** (Departamento de Engenharia de Materiais, Universidade Federal de São Carlos, Brasilien): „Elastic Moduli, Damping and Fracture Energy Measurement“.



Foto (v. l. n. r.): Prof. Christos G. Aneziris (Sprecher des SFB 920), Dr. Jinichiro Nakano (National Energy Technology Lab/URS, USA).

Mit drei der insgesamt sieben internationalen Kollegen - Prof. Colombo, Prof. Rodrigues und Dr. Nakano - strebt der SFB eine engere fachliche Zusammenarbeit an. Dr. Nakano zeigte sich vom Programm und der Ausstattung des SFB begeistert: „Ich war begeistert von Ihrer Arbeit und der Größe Ihrer Projekte! Qualität und Vielfalt Ihrer experimentellen Ausstattung besitzen eindeutig internationales Niveau.“ Künftig sollen regelmäßige Forschungsfragen und -ergebnisse gemeinsam diskutiert werden, als Grundlage für gemeinsame Publikationen und Forschungsprojekte. ■



Foto: Prof. Paolo Colombo, Universität di Padova, Italien.

Technologisch relevante Parameter bei **Herstellung und Einsatz hochporöser Keramiken** standen im Mittelpunkt des Vortrags von Prof. Paolo Colombo von der Universität di Padova, Italien. Je nach Anwendungsfall und Materialeinsatz sind die Anforderungen an den porösen Werkstoff sehr unterschiedlich und bedingen damit unterschiedliche Herstellungswege. Zudem verwies Prof. Colombo auf eine notwendige Verwertbarkeit von Materialien zur Schonung von Ressourcen.

Prof. Colombo gilt als **weltweit anerkannter Experte** auf dem Gebiet poröser Keramiken und Strukturen. Seine

Forschungsarbeiten wurden in international renommierten Fachzeitschriften und Fachbüchern weltweit publiziert. Unter anderem dienten seine Ergebnisse als Basis für die Erforschung geeigneter Filterstrukturen für die Metallschmelzefiltration im SFB 920. Eine große Wertschätzung der Arbeiten in Freiberg erfährt der SFB durch die **Einladung für M. Eng. Marcus Emmel, Doktorand im TP A01**, ab April 2013 zu einem dreimonatigen Aufenthalt an der Universität di Padova. Während dieser Zeit wird er seine Untersuchungen zu kohlenstoffhaltigen Filterstrukturen bei Prof. Colombo vertiefen. ■

ERFOLGREICHER NACHWEIS DER FILTERWIRKUNG

Der SFB 920 entwickelte erfolgreich neuartige kohlenstoffgebundene keramische Filter mit aktiven und reaktiven Funktionshohlräumen. Ihre Filtrationswirkung konnte nun in industriellen Gießversuchen und nachfolgenden Untersuchungen durch Wissenschaftler des SFB nachgewiesen werden: Die Filter leisten eine bessere Abscheidung nichtmetallischer Einschlüsse aus eisenhaltigen Schmelzen.

Nachdem die neuartigen kohlenstoffgebundenen keramischen Filter (10 ppi, 75 mm x 75 mm x 20 mm) im Rahmen des TP S03 erfolgreich am Gießerei-Institut der TU Bergakademie Freiberg einem „Impingement-Test“ unterzogen wurden, konnten diese erstmalig in der Gießerei Firma Edelstahlwerke Schmees GmbH in Pirna bei Gießversuchen mit Stahlschmelze (ca. 70 kg pro Abguss) bei 1.644 °C eingesetzt werden. Um das Vorhandensein nichtmetallischer Einschlüsse zu gewährleisten, wurde der Stahlschmelze vor dem Abguss bewusst eine bestimmte Menge Al_2O_3 -Partikel mit einer definierten Partikelgrößenverteilung ($d_{50} = 69 \mu m$) zugegeben.

Nach der Stahlschmelzefiltration und Abkühlung wurden u.a. die neuartigen kohlenstoffgebundenen keramischen Filter von M. Eng. Marcus Emmel (TP A01) auf eine mögliche Abscheidung nichtmetallischer Einschlüsse sowie die Gussstücke von Dipl.-Ing. Dominik Krewerth (TP C04), auf den Einfluss der in der Stahlmatrix verbleibenden nichtmetallischen Einschlüsse hin untersucht.

Die REM-Aufnahme in Abb. 1 zeigt den Anschliff eines mit Stahlschmelze infiltrierten Filterstückes aus der Mitte eines kohlenstoffgebundenen Filters mit **reaktiven**

Funktionshohlräumen, an dessen Feststoffoberfläche ein Al_2O_3 -Agglomerat anhaftet. Dieses Al_2O_3 -Agglomerat besteht nachweislich aus feinsten zusammengesinterten Al_2O_3 -Partikeln, welches sich während des Filtrationsvorganges in der Stahlschmelze bildet. Einen weiteren Hinweis auf die Funktionstüchtigkeit der Abscheidung nichtmetallischer Einschlüsse gibt Abb. 2. Hier ist das Anhaften von größeren Al_2O_3 -Partikeln auf der Oberfläche eines neuartigen kohlenstoffgebundenen Filters mit **aktiven Funktionshohlräumen** zu sehen. Neben der chemischen Wechselwirkung kann eine notwendige Rauigkeit (in Abb. 1 und 2 sichtbar) als Ursache für das Abscheiden bzw. die Anlagerung der nichtmetallischen Einschlüsse an der Filteroberfläche gesehen werden.

Aus den bisherigen Untersuchungen der Gussstücke stellte Dominik Krewerth anhand metallographischer Schlibfbilder aus der Metallmatrix fest, dass bei keinem der neuen Filtersysteme Einschlüsse oberhalb 20 μm identifiziert wurden (Tab. 1). Damit ist eine signifikante Verbesserung der Filtrationseffizienz für nichtmetallische Einschlüsse in eisenhaltigen Schmelzen von derzeit 75 % im Bereich 2 bis 100 μm (Abb. 3) auf über 90 %, wie im SFB 920 beantragt, in greifbare Nähe gerückt ist. ■

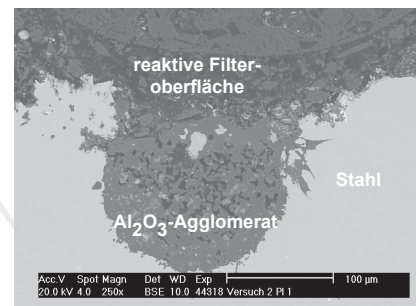


Abb. 1: Anlagerung eines Al_2O_3 -Agglomerats an der Oberfläche eines kohlenstoffgebundenen keramischen Filters mit **reaktiven** Funktionshohlräumen.

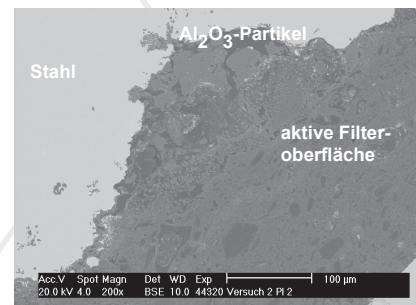


Abb. 2: Anlagerung großer Al_2O_3 -Partikel an der Oberfläche eines kohlenstoffgebundenen keramischen Filters mit **aktiven** Funktionshohlräumen.

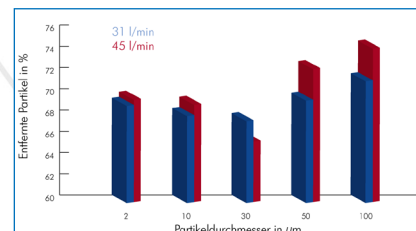


Abb. 3: Filtrationseffizienz einer 10 ppi Schaumkeramikstruktur bei zwei unterschiedlichen Strömungsgeschwindigkeiten [Dav08].

[Dav08]: DaVila-Maldonado, O.; Adams, A.; Oliveira, L.; Alquist, B.; Morales, R. D. (2008): Simulation of Fluid and Inclusions Dynamics during Filtration Operations of Ductile Iron Melts Using Foam Filters. *Metall. Mater. Trans. B.* 2008, 39B, pp. 818-839.

| Feret Max μm | Feret Max μm | Klassen- fläche μm^2 | Partikel- anzahl Partikel | Normierte Anzahl Einschlüsse/ mm^2 |
|----------------------|----------------------|---------------------------------|---------------------------------|---|
| 2,00 | 5,00 | 2028,74 | 779,00 | 6,23 |
| 5,00 | 10,00 | 587,02 | 67,00 | 0,54 |
| 10,00 | 20,00 | 190,10 | 10,00 | 0,08 |
| 20,00 | 60,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 60,00 | 1000,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 1000,00 | | 0,00 | 0,00 | 0,00 |

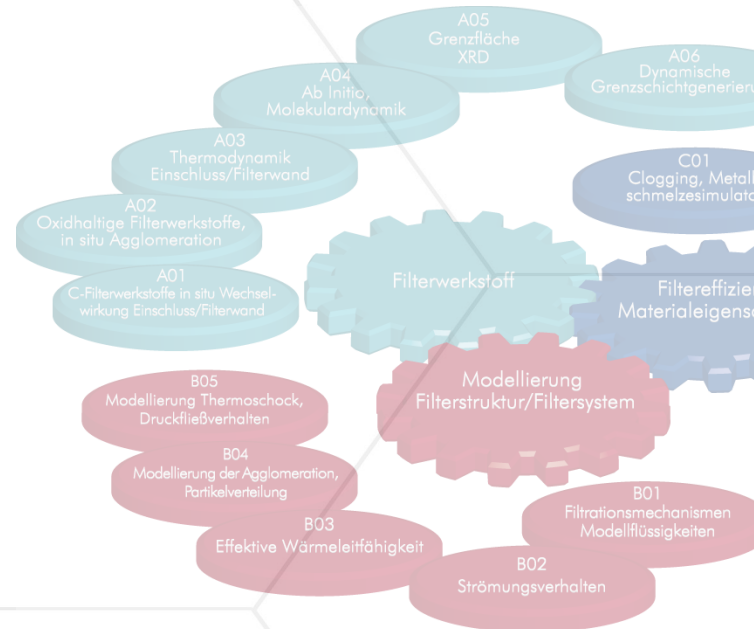
Tab. 1: Anzahl Al_2O_3 -Partikeln im Gussstück von Abguss 3, Fa. Edelstahlwerke Schmees GmbH, Schmelze 42CrMo4, kohlenstoffgebundener keramischer Filter mit **aktiven** Funktionshohlräumen.

AUS DEN ARBEITSGRUPPEN

Die Forschungsarbeiten im SFB 920 werden von vier Arbeitsgruppen getragen. Sie sichern eine problemorientierte Arbeitsweise, eine enge Vernetzung der Teilprojekte und einen intensiven Austausch zwischen allen Beteiligten. Die Verantwortung zur Koordinierung der Arbeitsgruppen übernehmen Nachwuchswissenschaftler - ein aktiver Beitrag des SFB zur frühzeitigen Förderung junger Wissenschaftler in einer eigenständigen Arbeitsweise sowie von Team- und Führungsfähigkeiten.

Arbeitsgruppe 1: „Metallschmelze, Einschlüsse, aktiver/reactiver Filterwerkstoff, Grenzflächendesign“
(Leitung: Dipl.-Ing. Claudia Voigt)

- Hochtemperatur-DTA-Analysen zur Gewinnung experimenteller Daten für thermodynamische Modellierungen sowie Versuche zur Bestimmung der Reaktionen zwischen den keramischen Filtern (mit verschiedenen Beschichtungen) und den Metallschmelzen (A03),
- Untersuchung von Oberflächenenergien mittels Dichtefunktionaltheorie an einer bzw. mehrerer Al_2O_3 -Zellen (A04),
- Mikrostrukturanalytik der Al_2O_3 -C-Filter und der einzelnen Ausgangsmaterialien mittels XRD, XPS und Raman-Spektroskopie, um deren Phasenentwicklung in Abhängigkeit von der Temperatur zu detektieren (A05, A01),
- SPS-Versuche zur gezielten Grenzflächenbildung zwischen Keramik und Aluminium bzw. Keramik und Stahl und Analyse der Grenzflächen mittels REM, EDX und EBSD, mit besonderem Augenmerk auf die Einbringung von Al_2O_3 -Einschlüssen (A06),
- Abgussversuche im Metallgussimulator mit beschichteten und unbeschichteten Düsen und Analyse der Clogging-Neigung mittels Computertomographie (C01, S01),
- Probenherstellung durch Kokillenguss für TP C04 und C05 sowie Fortsetzung von Versuchen zur gezielten Verunreinigung von Metallschmelzen durch Zugabe oxidierter Späne mit anschließenden metallographischen Untersuchungen (S03),
- Versuche zur Bestimmung des Wärmeübergangskoeffizienten zwischen Aluminiumschmelze und Filter während des Gießprozesses (S03, B03).

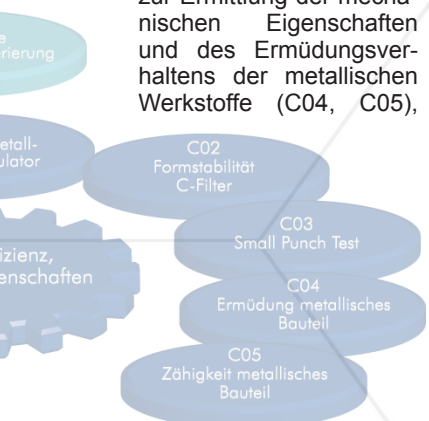


Arbeitsgruppe 2: „Modellierung und Auslegung der Filtergeometrie“
(Leitung: Miguel Mendes, Ph.D.)

- Entwicklung von Ansätzen zur Modellierung der Partikelbewegung auf Basis der Lattice-Boltzmann-Methode für die Strömungssimulation (B02),
- Experimentaluntersuchungen zur Temperaturmessung in der Metallschmelze (B03),
- Modellierung von Partikelverteilungen in Abhängigkeit des Strömungsverhaltens der Metallschmelze (laminar bzw. turbulent) (B04),
- Entwicklung eines Kompressionsalgorithmus für Simulationsdaten (S02, B02),
- Diskussion alternativer Ansätze zur Gewinnung experimenteller Daten für eine Validierung von Modellen zur Filtereffizienz (B01, B04),
- Erarbeitung eines alternativen Ansatzes zur Erfassung von Transportmechanismen von Partikeln in der Metallschmelze (B02, B04).

Arbeitsgruppe 4: „Mechanische Eigenschaften, metallische Werkstoffe, kritische Einschlüsse“ (Leitung: Dr.-Ing. Sebastian Henkel)

- Herstellung verschiedener Gussplatten aus Aluminiumlegierung und Stahl unter Nutzung unterschiedlicher Filtermaterialien (S01),
- Probenentnahme und Durchführung statischer und zyklischer Versuche zur Ermittlung der mechanischen Eigenschaften und des Ermüdungsverhaltens der metallischen Werkstoffe (C04, C05),
- erfolgreiche HIP-Behandlung von Stahl- und Aluminiumplatten zur Reduzierung der Schwindungsporosität (S01),
- Einbringung von Verunreinigungen in Aluminium-Modellschmelze durch den Einsatz oxidierte Späne (S03),
- Einsatz des PREFIL-Verfahren für Aluminium zur Bestimmung des Gesamtgehalts an nichtmetallischen Einschlüssen (A01, S03),
- Festlegung benötigter metallographischer Parameter für die Simulation mit punktstatistischen Methoden (S01, S03, C04).



Arbeitsgruppe 3: „Thermomechanische Eigenschaften der Filterwerkstoffe und Filterstrukturen“ (Leitung: Dipl.-Wirt.-Ing. Yvonne Klemm)

- experimentelle Untersuchung der Wärmetransporteeigenschaften kohlenstoffgebundener und -ungebundener Werkstoffe und Visualisierung der Wärmeleitfähigkeit (B03),
- Geometriemodellierung von Schäumen, u.a. zur späteren Simulation der thermomechanischen Beanspruchung während der Metallschmelzefiltration (B05),
- Herstellung kompakter Proben aus Al_2O_3-C und Prüfung der Druckerweichung, Kaltdruckfestigkeit, Kaltbiegefestigkeit, Dichte, Porosität und Schwindung (C02),
- bruchmechanische Untersuchungen an kompakten Werkstoffen zur späteren Übertragung auf reale keramische Filtermaterialien (C03).

SCHULUNG UND BERATUNG FÜR DOKTORANDEN

Doktorandentreffen im Juli und im Oktober 2012 dienten der gegenseitigen Information und Abstimmung in den Teilprojekten, der Darstellung von Zwischenergebnissen sowie der Schulung der Doktoranden. Ein Schwerpunkt war die **Auswertung von Vorversuchen** zur gezielten Einbringung nicht-metallischer Einschlüsse in Metallschmelzen. In Kooperation mit Industriepartnern wurden Versuche zum Nachweis eingebrachter Verunreinigungen bzw. Untersuchungen zu resultierenden Werkstoffeigenschaften durchgeführt. Außerdem fanden erste Tests mit im SFB erzeugten Filterwerkstoffen statt.

Weiterhin wurden **Publikationsstrategien und wichtige Termine** für das nächste Halbjahr besprochen. In diesem Zusammenhang wurde der weitere Ausbau der individuellen Betreuung von Doktoranden angekündigt. Doktoranden können ab sofort, z.B. zur persönlichen Publikationsplanung und zur Beratung im Promotionsprozess, eine individuelle Beratung durch den Sprecher des SFB, Prof. Christos G. Aneziris, in Anspruch nehmen. ■



Foto: Teilnehmer des 4. Doktorandentreffens.

FORSCHUNGSSTIPENDIATEN UNTERSTÜTZEN SFB 920

Stipendien des SFB 920 und des DAAD im Rahmen des RISE-Programms ermöglichen **Doktoranden aus vier Ländern** einen Forschungsaufenthalt im SFB:

- Elahe Saboor Bagherzadeh (Iran), TP B01/B04,
- Dig Vijay (Indien), TP B03,
- Sidney Dahl (USA), TP B03,
- Mike LeResch (USA), TP B03.

Außerdem wird ab März 2013 Ashish Pokhrel aus Korea die Teilprojekte A01 bzw. A02 verstärken.

Während ihres Aufenthaltes unterstützen die Stipendiaten Doktorandinnen und Doktoranden des SFB bei experimentellen Arbeiten und bringen sich mit eigenen Vorschlägen in die Projektarbeit ein. Die Integration internationaler Nachwuchswissenschaftler mit ihren Ideen und Erfahrungen in die Arbeit des SFB ist von großer Bedeutung. ■

FILTERMODELLIERUNG MITTELS IMPLIZITER FUNKTIONEN

Die Simulation offenporiger Schaumstrukturen basiert auf geometrischen Modellen. Um den Einfluss der Geometrie auf die Beanspruchbarkeit der Strukturen zu untersuchen, werden Modelle mit den gleichen geometrischen Eigenschaften der realen Schäume benötigt. Im SFB 920 wird ein neuer Ansatz für die computerbasierte Generierung solcher Schaumstrukturen mittels impliziter Funktionen entwickelt, der es ermöglicht, die variablen Stegdicken und die vorhandenen Hohlräume zu modellieren.



Dr.-Ing. Martin Abendroth
Teilprojekt B05



Dipl.-Ing. Johannes Storm
Teilprojekt B05

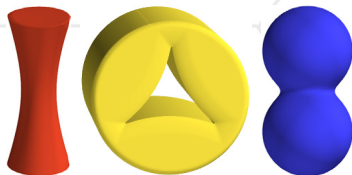
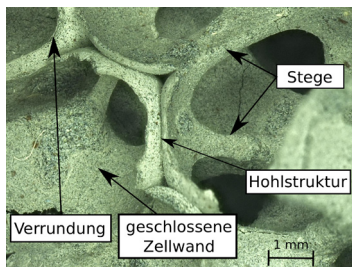


Abb. 1: Ausschnitt eines typischen offenporigen Schaumes und dessen wesentliche geometrische Eigenschaften.

Die erste Abbildung (Abb. 1) zeigt einen Ausschnitt eines typischen offenporigen Schaumes mit dessen wesentlichen geometrischen Eigenschaften. Im unteren Bildteil sind Grundelemente dargestellt, die mithilfe impliziter Funktionen und der Blinn-Transformation erzeugt werden können. Mit Ausnahme von geschlossenen Zellwänden kann die gesamte Schaumstruktur aus einer Kombination von diesen drei Elementen zusammengesetzt werden.

Die mathematische Formulierung solch eines Schaums ergibt sich zu:

$$\sum_{i=1}^n \exp\{-a_i [f_i(T_i(\vec{x}_i), \vec{p}_i) - c_i]\} - n = 0$$

wobei n der Anzahl der Grundelemente oder Objekte entspricht. Jedes Objekt basiert auf der zugehörigen impliziten Funktion f , welche durch die transformierten (Rotation und Translation) Koordinaten x , den Vektor der Objektparameter p und die Konstante c definiert ist. Der Blinn-Faktor a kontrolliert den stetigen Übergang benachbarter Objekte. Die Oberfläche der Schaumstruktur ergibt sich nun aus der Menge aller Raumpunkte, denen der Wert Null zugeordnet ist. Diese Iso-Fläche kann mit dem Marching Cubes-Algorithmus bestimmt und mit Werkzeugen, wie z.B. GMSH, vernetzt werden. In einem Finite-Elemente-Programm werden diesem Netz dann Materialeigenschaften (ermittelt in den Teilprojekten A01, A02, B02, B03, C02

und C03) und Randbedingungen zugewiesen. Anschließend können diese Modelle im FE-Programm analysiert und hinsichtlich einer besseren Beanspruchbarkeit und Funktionalität optimiert werden.

Die weiteren Abbildungen (Abb. 2) zeigen beispielhaft einige Modelle. Auf der linken Seite ist eine komplette computergenerierte Schaumstruktur abgebildet, die aus einem mittels Laguerre-Mosaiken erzeugtem Skelett erstellt wurde. Solche Modelle dienen der Untersuchung stochastischer Einflüsse der Struktur, wie z.B. der Zellgrößen, Knoten- und Stegdickenverteilung, auf das thermo-mechanische Verhalten. Die Modelle können mit dreidimensionalen CT-Daten realer Schäume aus dem Teilprojekt S01 verglichen werden. Auf der rechten Seite sind zwei Kelvin-Zellen mit variablen Stegquerschnitten abgebildet. Dabei handelt es sich um ein vernetztes Finite-Elemente-Modell bzw. um ein Volumenmodell mit einer aufgetragenen Beschichtung. Diese vereinfachten Modelle werden für die Untersuchung der Stegdicken und der Verrundungen angewendet und können den Herstellern beim Finden der optimalen Geometrie helfen. Beschichtungen verbessern die Funktionalität und Beanspruchbarkeit der Schaumstrukturen und sind deshalb ebenfalls Teil der Forschung in diesem Teilprojekt. ■

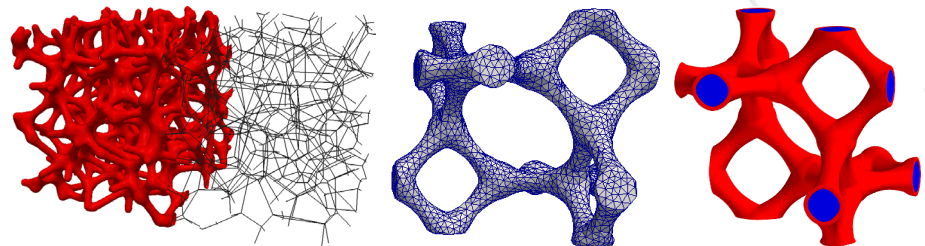


Abb. 2: Beispielhafte Modelle (v. l. n. r.): computergenerierte Schaumstruktur, Kelvin-Zellen als Finite-Elemente-Modell bzw. als Volumenmodell mit aufgetragener Beschichtung.

CLOGGING-FAKTOREN

ZUR BESTIMMUNG DER FILTEREFFIZIENZ AKTIVER UND REAKTIVER FILTERWERKSTOFFE

Die im SFB entwickelten neuartigen Filterwerkstoffe werden in einem Stahlgusssimulator auf ihre Wechselwirkungen mit der Stahlschmelze untersucht. Getestet werden mittels Korund, Spinell, Mullit bzw. weiteren Beschichtungen funktionalisierte $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-C}$ Filtermaterialien sowie reaktive Filtermaterialien (MgO-C). Aus den Testergebnissen sind Rückschlüsse auf die Clogging-Neigung der Materialien, auf verschiedene Arten des Clogging sowie auf die Wirksamkeit des reaktiven Filtermaterials möglich.

Zur Durchführung der Untersuchungen werden in einem induktiv beheizten Schmelztiegel des Stahlgusssimulators 100 kg Stahlmasseln unter Argon-Atmosphäre aufgeschmolzen. Mittels Eintauchsonden können Temperatur sowie Sauerstoffgehalt der Schmelze bestimmt werden. Nach Einstellung der gewünschten Parameter wird die Schmelze in ein indirekt induktiv beheiztes Verteilergefäß umgegossen. Nach kurzer Beruhigung der Schmelze werden die Stopfen gezogen, und die Schmelze fließt simultan durch zwei Testbereiche mit den darin befindlichen Auslaufdüsen in wassergekühlte Kokillen. Mittels Wägezellen unter dem Verteilergefäß sowie unter beiden Kokillen ist es möglich, den Stahlfluss durch die Testdüsen während des Abgusses kontinuierlich aufzuzeichnen. Die Testdüse wird mittels eines Adapters aus Feuerbeton der Auslaufdüse des Verteilergefäßes nachgeschaltet. Im Adapter befindet sich ein $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-C}$ -Filter mit lose anhaftenden Partikeln (Mischung aus Korund, Spinell und Mullit mit d_{max} von 100 μm), der beim Durchströmen der Stahlschmelze definierte Verunreinigungen einbringt.

Bisher wurden mit Aluminiumoxid bzw. mit Mullit beschichtete Alumina-C-Düsen im Vergleich zum unbeschichteten Material getestet. Dabei konnte beobachtet werden, dass eine Beschichtung mit Aluminiumoxid stärker zum Clogging neigt, d.h. es konnte verstärktes Anhaften von bewusst eingebrachten Verunreinigungen bzw. auch von bereits im Ausgangsmaterial vorhandenen Verunreinigungen beobachtet werden. Abbildung 1 stellt zwei CT-Aufnahmen einer Al_2O_3 -beschichteten Düse nach dem Versuch im Stahlgusssimulator dar. Deutlich sind Anhaftungen im unteren Bereich der Düse zu erkennen, die aus Stahlpartikeln (hell) und oxydischen Partikeln (grau) bestehen. Die Untersuchung mittels Rasterelektronenmikroskopie (Abb. 2) zeigt zwei Arten von Clogging auf der Al_2O_3 -Beschichtung. An eine direkt auf der Al_2O_3 -Beschichtung anhaftenden dichten Clogging-Schicht grenzt eine

diffuse, korallenartige Cloggingsschicht. Die Untersuchung dieser beiden Schichten zeigte aufgrund unterschiedlicher Partikelgröße, dass sie zum Teil aus bewusst eingebrachten größeren Partikeln ($\text{Al}_2\text{O}_3\text{-C}$ -Filter mit Verunreinigungen Korund, Spinell und Mullit) sowie weiteren bereits im Ausgangsmaterial vorhandenen kleinen Partikeln besteht.

Ergebnisse von Versuchen mit Mullit-Beschichtung bzw. Spinell-Beschichtung stehen noch aus. Zukünftige geplante Versuche sind unter anderem die Variation der Rauigkeit der aktiven Beschichtung durch Veränderung der Ausgangskorngröße der Beschichtungen sowie Variationen der synthetischen Mischung von Verunreinigungen und die Prüfung von alternativen Möglichkeiten zur gezielten Erzeugung von Verunreinigungen.

Für die Eintauchversuche der reaktiven MgO-C -Filter wurden im Schmelztiegel in einem extra eingesetzten Tiegel aus Feuerfestmaterial 30 kg Stahl 42CrMo4 geschmolzen und die Prismen für 30 s rotierend in die Schmelze mit einer Temperatur von 1.650 °C getaucht. Vor und nach jedem Eintauchen der Proben wurde der Sauerstoffgehalt der Schmelze bestimmt. Es konnte gezeigt werden, dass nach jedem Eintauchen der MgO-C -Proben der Sauerstoffgehalt der Schmelze um durchschnittlich 3 ppm gesenkt wurde. Die Untersuchung der getauchten Probekörper mittels Rasterelektronenmikroskop und EDX zeigte, dass auf der Oberfläche der Filterstege sekundäres Magnesiumoxid gebildet wurde (Abb. 3). Durch die Reduktion von Magnesiumoxid mittels Kohlenstoff zu gasförmigen Magnesium und CO und der darauf folgenden Reaktion des gasförmigen Mg mit dem gelösten Sauerstoff in der Stahlschmelze zu sekundärem MgO konnte die Wirksamkeit des reaktiven Filtermaterials nachgewiesen werden. Durch Reduktion des Sauerstoffs in der Stahlschmelze besteht die Möglichkeit, die Bildung von ternären sowie quartären Einschlüssen im Gusstück zu reduzieren. ■



Dipl.-Ing. Steffen Dudczig
Teilprojekt C01

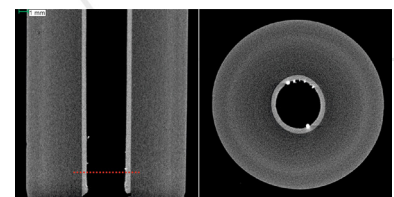


Abb. 1: CT-Aufnahmen einer Al_2O_3 -beschichteten Düse nach dem Versuch im Stahlgusssimulator.

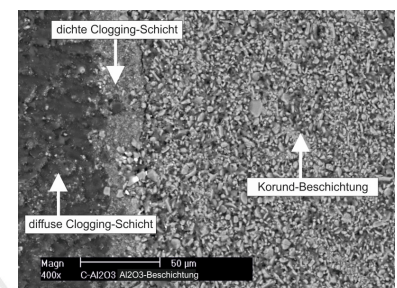


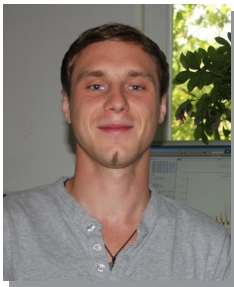
Abb. 2: REM-Aufnahme, diffuse sowie dichte Clogging-Schicht auf Al_2O_3 -beschichteter $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-C}$ -Düse nach Versuch im Stahlgusssimulator.



Abb. 3: Sekundäres MgO auf Probekörper nach Kontakt mit der Stahlschmelze.

INTERAKTIVE ANALYSE HOCHAUFGELÖSTER SIMULATIONEN IN VIRTUELLER REALITÄT

Das Projekt S02 „VR-basierte visuelle Analyse von Filtrationsprozessen“ erforscht neuartige Methoden zur Datenkompression und Visualisierung für eine interaktive Analyse hochaufgelöster Simulationen von Filtrationsprozessen. Zur Bewältigung erheblicher Datenmengen aus Computersimulationen erfolgt bereits während der Simulationsrechnung eine Datenkompression (in-situ-Datenverarbeitung). Diese Methode begünstigt zudem den anschließenden Schritt der Datenanalyse, u.a. in einer Virtual Reality CAVE.



M. Sc. Henry Lehmann
Teilprojekt S02

Visualisierung spielt heutzutage eine wichtige Rolle für die Forschung in Natur- und Ingenieurwissenschaften. Wissenschaftler verwenden Simulationen, um ihre Modelle, Prozesse und Prototypen zu verifizieren. Die Arbeitsgruppe „Virtuelle Realität und Multimedia“ am Institut für Informatik betreibt einen besonderen Visualisierungsraum, eine sogenannte CAVE, die aufgrund ihrer sehr hohen Auflösung von 50 Millionen Pixel ideal für die Darstellung von hochaufgelösten Simulationsergebnissen geeignet ist. Wie bei anderen CAVEs werden interaktive 3D Visualisierungen auf mehrere großflächige Leinwände projiziert. Als besonderes Merkmal der Freiburger CAVE wird das Bild auf den Leinwänden aus Einzelbildern von 24 Projektoren mit jeweils voller HD-Auflösung zusammengesetzt. Sogar in sehr geringem Abstand zur Bildfläche sind somit detailgetreue Bilder anstatt einzelner Pixel zu erkennen. Bei der Interaktion mit den visualisierten Datenräumen kommen Handheld-Geräte wie iPad oder Flystick zum Einsatz, mittels welcher Wissenschaftler ihre Daten auf intuitive Weise explorieren und analysieren können (Abb. 1-3).

Die Forschung im Projekt S02 ist speziell durch den Bedarf nach visueller Analyse von hochaufgelösten Simulationen zur Metallschmelzefiltration begründet. Die im Projekt

B02 durchgeführten Lattice-Boltzmann-Simulationen erzeugen Daten im Bereich von hunderten Gigabytes bis hin zu einigen Terabytes. Diese riesigen Datenmengen stellen Herausforderungen sowohl für Hard- und Software der Simulationsrechner wie auch für die anschließende Analyse und Visualisierung dar. Ein vielversprechender Ansatz zum Umgang mit diesen großen Datenmengen ist die in-situ Datenkompression, welche die während der Simulation generierte Datenmenge merklich verringert.

In unseren Forschungsarbeiten zur in-situ Datenkompression haben wir einen neuartigen Datenkompressionsalgorithmus namens ISABELA erweitert und auf poröse Medien angewendet. Unsere Ergebnisse bestätigen die hohen Kompressionsraten, die von ISABELA-Algorithmen erreicht werden können. Weiterhin haben wir Ladezeiten von in-situ komprimierten Daten in Bezug auf Zugriffsmuster untersucht, wie sie bei der Datenanalyse in virtuellen Umgebungen auftreten. Ergebnisse zeigen eine signifikante Beschleunigung im Vergleich zur Verarbeitung unkomprimierter Daten. Daher wird die in-situ Datenkompression eine zentrale Rolle im entstehenden Simulations- und Visualisierungsframework des Sonderforschungsbereichs 920 einnehmen. ■

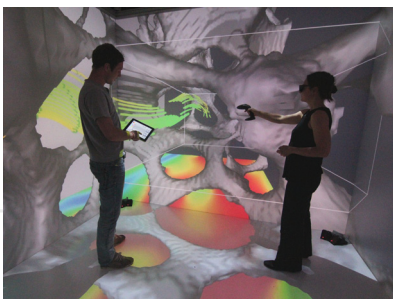


Abb. 1: Interaktive Strömungsvisualisierung in der Freiburger XSITE CAVE. Konfiguration von Stromlinien und Ebenenplot via iPad und Flystick.

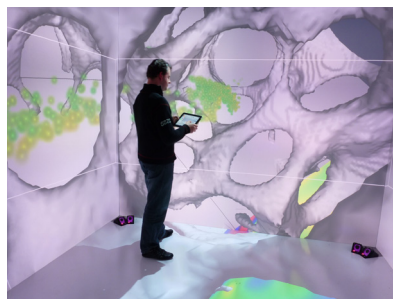


Abb. 2: Interaktive Strömungsvisualisierung in der Freiburger XSITE CAVE. Steuerung von Tracer-Partikeln mittels Play-, Pause- und Stopp-Funktion auf dem iPad.



Abb. 3: Flystick zum Tracking von Position und Orientierung in 3 Dimensionen und zur Navigation sowie dem Emittieren von Tracer-Partikeln und Stromlinien im Datensatz.

PUBLIKATIONEN

Projektbereich A - Filterwerkstoffe

Teilprojekt A01

Emmel, M., Aneziris, C. G., Stolle, A. (2012): Multifunktionale kohlenstoffgebundene Filter für die Metallschmelzefiltration. Tagungsband zum 15. Werkstofftechnischen Kolloquium WTK, 20.-21. September 2012 in Chemnitz. Band 47, S. 392-396. ISBN 978-3-00-039358-7.

Aneziris, C. G., Emmel, M., Stolle, A. (2012): Multifunctional carbon bonded filters for metal melt filtration. Proceedings of the 36th International Conference and Exposition on Advanced Ceramics and Composites (ICACC), January 22-27, 2012 in Daytona Beach, FL (USA). The American Ceramic Society, Volume Editors: M. Halbig, S. Mathur. ISBN 978-1-118-49392-8.

Teilprojekt A02

Voigt, C., Jäckel, E., Aneziris, C. G., Hubálková, J. (2012): Investigations of reticulated porous alumina foam ceramics based on spray coating techniques with the aid of μ CT and statistical characteristics. *Ceramics International* (2012). DOI: 10.1016/j.ceramint.2012.09.001.

Voigt, C.; Aneziris, C. G. (2012): Optimierung der Herstellung von Schaumkeramikfiltern aus Al_2O_3 . 15. Tagungsband zum Werkstofftechnischen Kolloquium WTK, 20.-21. September 2012 in Chemnitz. Band 47, S. 397-403. ISBN 978-3-00-039358-7.

Teilprojekt A03

Zienert, T., Fabrichnaya, O. (2012): Thermodynamic Assessment and Experiments in the system $MgO-Al_2O_3$. *CALPHAD*, Vol. 40, March 2013, pp. 1-9, DOI:10.1016/j.calphad.2012.10.001.

Projektbereich B: Modellierung Filterstruktur / Filtersystem

Teilprojekt B05

Storm, J. (2012): Modelling foam structures using implicit functions. Proceedings of the Cellular Materials, CELLMAT 2012, November 07-09, 2012 in Dresden. ISBN 978-3-00-039965-7.

Storm, J., Abendroth, M., Emmel, M., Liedke, Th., Ballaschk, U., Voigt, C., Sieber, T., Kuna, M. (2012): Geometrical modelling of foam structures using implicit functions. *International Journal of Solids and Structures*. DOI: 10.1016/j.ijsolstr.2012.10.026.

Projektbereich C: Filtereffizienz, Materialeigenschaften

Teilprojekt C01

Aneziris, C. G., Dudczig, C., Emmel, M., Berek, H., Schmidt, G. (2012): Reactive Filters for Steel Melt Filtration. *Advanced Engineering Materials* (2012). DOI: 10.1002/adem.201200199.

Aneziris, C. G., ROUNGOS, V., Dudczig, S., Emmel, M. (2012): Refractories with Improved Thermal Shock Performance Serving Low Carbon Economy. 6th Intern. Symposium on Refractories, 18.-21.10.2012 in Zhengzhou, China. Invited letters page 014-018. ISBN 978-7-5645-1139-5.

Aneziris, C. G., Dudczig, S., Hubálková, J., Emmel, M., Schmidt, G. (2012): Alumina coatings on carbon bonded alumina nozzles for active filtration of steel melts. *Ceramics International* (2012). DOI: 10.1016/j.ceramint.2012.09.055.

Teilprojekt C02

Klemm, Y., Hampel, M., Aneziris, C. G., Biermann, H. (2012): Variation in der Rohstoffzusammensetzung und deren Einfluss auf das Gefüge und die mechanischen Eigenschaften von kohlenstoffgebundenem Al_2O_3 -C. Tagungsband zum 15. Werkstofftechnischen Kolloquium WTK, 20.-21. September 2012 in Chemnitz. Band 47, S. 404-410. ISBN 978-3-00-039358-7.

Teilprojekt C03

Soltysiak, S., Emmel, M., Behm, T., Abendroth, M., Kuna, M., Aneziris, C. G. (2012): Mechanical characterization of carbon bonded alumina using the Small Punch Test. 2nd International Conference SSTT (Small Sample Test Techniques) 2012, 02.-04-10.2012 in Ostrava. ISBN 978-3-00-039358-7.

Soltysiak, S., Dudczig, S., Abendroth, M., Kuna, M. (2012): Mechanical and optical characterization of carbon bonded alumina using the Small Punch Test. Proceedings of the Cellular Materials, CELLMAT 2012, November 07-09, 2012 in Dresden. ISBN 978-3-00-039965-7.

Teilprojekt C04

Krewerth, D., Weidner, A., Biermann, H., Emmel, M., Aneziris, C. G., Stolle, A., Eigenfeld, K. (2012): Experimentelle Untersuchungen zum Einfluss verschiedener Gefügeheterogenitäten auf das VHCF-Ermüdungsverhalten des Stahlgusses GS 42CrMo4. Tagungsband zum 15. Werkstofftechnischen Kolloquium WTK, 20.-21. September 2012 in Chemnitz. Band 47, S. 411-421. ISBN 978-3-00-039358-7.

Teilprojekt C05

Krüger, L., Henschel, S., Mandel, K., Radajewski, M. (2012): Studie zur Impulsformung an Split-Hopkinson-Aufbauten. Tagungsband zum 15. Werkstofftechnischen Kolloquium WTK, 20.-21. September 2012 in Chemnitz. Band 47, S. 422-427. ISBN 978-3-00-039358-7.

Übergreifende Teilprojekte

Teilprojekt S01

Hubálková, J., Voigt, C., Emmel, M., Aneziris, C. G. (2012): X-ray microtomography of ceramic foam filters for molten metal filtration. Proceedings of the Cellular Materials, CELLMAT 2012, November 07-09, 2012 in Dresden. ISBN 978-3-00-039965-7.

TERMINE

EINGELADENER
ERÖFFNUNGSVORTRAG

Unter dem Titel „Refractories Serving Low Carbon Economy“ diskutierten in Zhengzhou/China Teilnehmer des **6. Internationalen Feuerfest-Symposiums** - Wissenschaftler, Hersteller, Zulieferer und Anwender feuerfester Materialien - neue Lösungsansätze. Zwei führende chinesische Fachgesellschaften, die Chinese Ceramic Society und die Chinese Society for Metals, initiierten die Veranstaltung.

Das Symposium wurde durch Impulsvorträge internationaler Experten der Feuerfestforschung eröffnet. Als einer der eingeladenen Referenten präsentierte Prof. Christos G. Aneziris, Sprecher des SFB 920, aktuelle Ergebnisse zur Reduktion von Kohlenstoff in feuerfesten Materialien. Freiburger Wissenschaftlern gelang es, durch nanoskalige Zusätze den Kohlenstoffanteil in Feuerfestmaterialien zu reduzieren und gleichzeitig die Thermochockbeständigkeit kohlenstoffgebundener Werkstoffe zu verbessern.



Foto: Prof. Christos G. Aneziris.

Diese Ergebnisse sind vor allem für Aggregate in der Stahlerzeugung, wie beispielsweise Tauchausgüsse oder Filtermaterialien, wegweisend. Zudem schaffen diese Erkenntnisse eine wertvolle Grundlage zur Erzeugung kohlenstoffgebundener Filter mit höherer Filterkapazität und für größere Bauteile. ■

SCHÜLER AUF
ENTDECKERTOUR

Im August 2012 konnten Schülerinnen und Schüler der 8. bis 11. Klasse aus Deutschland und Polen im **20. Schülerkolleg „Ceramics meet Steel“** des Instituts für Keramik, Glas- und Baustofftechnik beim Vergießen von Aluminiumschmelze Filterwerkstoffe in Aktion erleben. Eine Exkursion zum Fraunhofer IKTS Dresden sowie zur Niederlassung des Sanitärporzellanherstellers Duravit Meißeln GmbH gab weitere Einblicke in die Vielfalt keramischer Erzeugnisse.



Foto: Teilnehmer des Schülerkollegs „Ceramics meet Steel“.

Eine ganz besondere Art, Forschung an der TU Freiberg zu entdecken, bot zudem das erste **„Nachtlabor“** des Fachbereichs für Keramik. Zwölf Schüler und ein Lehrer erlebten Spitzenforschung einmal ganz anders: Ausgerüstet mit Kerzen und Stirnlampen gingen sie auf Exkursion durch verschiedene Forschungslabore und erfuhren an vier Stationen Interessantes zur Herstellung, Verarbeitung und Anwendung von Keramik. Gemeinsam mit Mitarbeitern des SFB 920 konnten die Besucher selbst keramische Filter erzeugen und einen Aluminiumguss durch einen keramischen Filter miterleben. ■

TERMINE IM SFB

- 07.12.2012** - 3. Freiburger Feuerfestforum
- 18./19.12.2012** - 6. Mitgliederversammlung
- 15./16.01.2013** - 6. Doktorandentreffen
- 04.-05.02.2013** - Workshop „Hochschuldidaktik“
- KW 15/2013** - Workshop „Filterherstellung für Stahlschmelze“

KONFERENZEN UND
CALLS FOR PAPERS

DKG-Jahrestagung 2013, 18.-21.03.2013, Weimar: Einreichung der Beiträge bis 23. November 2012. Weitere Informationen unter <http://www.dkg-jahrestagung2013.de>.

13. International Conference of the European Ceramic Society ECERS 2013, 23.-27.06.2013, Limoge (Frankreich): Einreichung der Beiträge (Abstracts) bis 10. Dezember 2012. Weitere Informationen unter <http://www.ecers2013.fr>.

13. Unified International Technical Conference on Refractories UNITECR 2013, 10.-13.09.2013, Victoria (Kanada): Einreichung von Kurzfassungen (Abstracts) bis 15. Oktober 2012, Einreichung der Beiträge (Full paper) bis 10. April 2013. Weiter Informationen unter <http://unitecr2013.org>.

DGM Conference „Intermetallics“, 30.09.-04.10.2013, Kloster Banz: Einreichung von Abstracts zur Anmeldung von Vorträgen bis 15. April 2013. Angenommene Beiträge werden in der „Intermetallics“ veröffentlicht (Scopus-cited; IF 1,62). Weitere Informationen unter www.dgm-intermetallics.de.

IMPRESSUM

HERAUSGEBER

Prof. Dr.-Ing. habil. Christos G. Aneziris
Sprecher des SFB 920
TU Bergakademie Freiberg
Institut für Keramik, Glas- und Baustofftechnik
Agricolastraße 17, 09599 Freiberg
Telefon: +49 3731 39 2505
Telefax: +49 3731 39 2419
E-Mail: aneziris@ikgb.tu-freiberg.de

Dr.-Ing. Undine Fischer
Geschäftsführung des SFB 920
TU Bergakademie Freiberg
Institut für Keramik, Glas- und Baustofftechnik
Agricolastraße 17, 09599 Freiberg
Telefon: +49 3731 39 3324
Telefax: +49 3731 39 2419
E-Mail: undine.fischer@ikgb.tu-freiberg.de

REDAKTION

Prof. Dr. habil. Anja Geigenmüller
TU Ilmenau
Fachgebiet Marketing
Helmholtzplatz 3, 98693 Ilmenau
Telefon: +49 3677 69 4085
Telefax: +49 3677 69 4223
E-Mail: anja.geigenmueller@tu-ilmenau.de

FOTOS

TU Bergakademie Freiberg
SFB 920 „Multifunktionale Filter für die Metallschmelzefiltration - ein Beitrag zu Zero Defect Materials“

AUSGABE: Nr. 3, Heft 02/2012

ERSCHEINUNGSWEISE: halbjährlich