

## LIEBE LESERINNEN UND LESER,

Umfassende und vernetzte Forschungsaktivitäten, eine intensive Betreuung von Doktorandinnen und Doktoranden, internationale Sichtbarkeit und ein ständiger Austausch sowohl mit Wissenschaftlern als auch mit Industrievertretern weltweit kennzeichnen die Arbeit des Sonderforschungsbereichs 920 seit seiner Einrichtung im Jahr 2011. Die Ergebnisse der gemeinsamen Arbeit der Freiburger Wissenschaftler schlagen sich u.a. in fast 100 Publikationen und zahlreichen Präsentationen auf führenden Fachkonferenzen nieder.

Derzeit arbeitet das Team des SFB 920 intensiv an den Vorbereitungen für eine zweite Förderphase. Im Februar 2015 wird sich der Sonderforschungsbereich den Bewertungen der DFG-Gutachter stellen. Über die laufenden Arbeiten und alle weiteren Aktivitäten und Ergebnisse informiert Sie die aktuelle Ausgabe unseres Newsletters. Weitere Informationen finden Sie auf unserer Homepage unter <http://sfb920.tu-freiberg.de>.

Viel Freude beim Lesen!

## INHALT

Aktuelles aus dem SFB 920

*Expertenforum zu feuerfesten Werkstoffen und Anwendungen* 2

*Internationaler Dialog zu globalen Herausforderungen* 3

*Aus den Arbeitsgruppen* 4

Aus der Forschung

*Grenzflächenreaktion zwischen Stahl 42CrMo4 und Mullit* 6

*Experimente zur Partikelabscheidung aus der Schmelze* 7

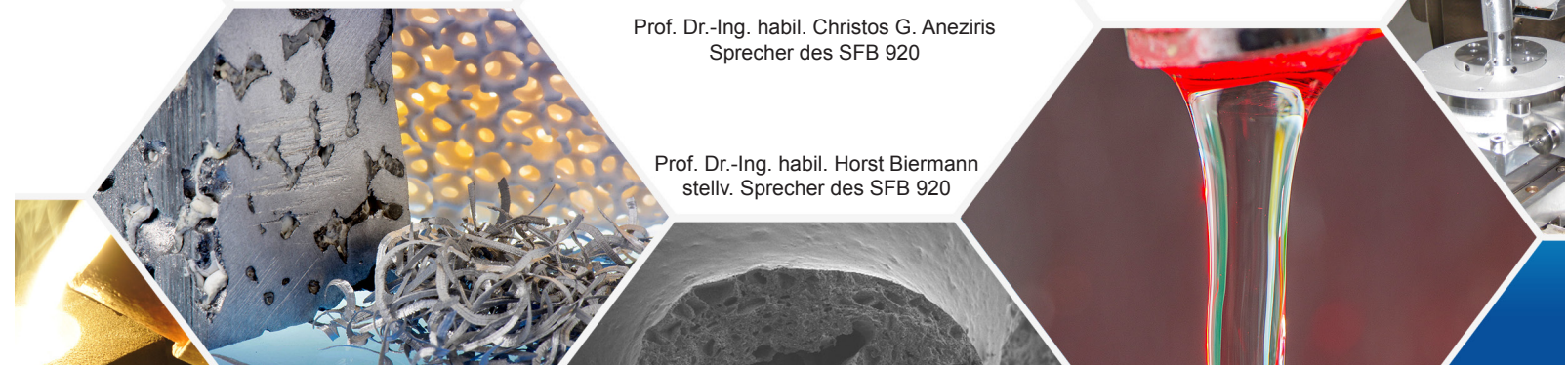
Aus dem Integrierten Graduiertenkolleg 8

Aktuelle Publikationen 9

Termine und Impressum 10

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

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





## EXPERTENFORUM ZU FEUERFESTEN WERKSTOFFEN UND ANWENDUNGEN

Anlässlich des 4. Freiburger Feuerfestforums trafen sich mehr als 120 Teilnehmer aus Industrieunternehmen, industrienahen Organisationen und Universitäten an der TU Bergakademie, um sich über aktuelle Entwicklungen im Bereich feuerfester Werkstoffe und ihrer Anwendungsfelder auszutauschen. Höhepunkt der Veranstaltung war die Feier der zehnjährigen Partnerschaft zwischen der Wuhan University of Science and Technology, China, und der TU Bergakademie Freiberg.



Foto (v.l.n.r.): Professor Christos G. Aneziris (Sprecher des SFB 920), Professor Professor Li Nan, Professor Li Yawei (beide Wuhan University of Science and Technology), Liu Baikuan (Vorstandsvorsitzender der Puyang Refractories Group Co. Ltd.).

Teilnehmer aus Deutschland, Österreich, Frankreich, Brasilien, China, dem Iran und der Ukraine kamen zum 4. Freiburger Feuerfestforum im November 2013 nach Freiberg. Die **hohe Teilnehmerzahl und die starke Internationalität** unterstreichen die Bedeutung der Feuerfestforschung und den wachsenden Austausch zwischen Wissenschaft, Industrie und Fachverbänden. Die Veranstaltung wurde gemeinsam vom Sonderforschungsbereich SFB 920, dem Schwerpunktprogramm SPP 1418 „FIRE“, dem Verein Meeting of Refractories Experts Freiberg e.V., der Deutschen Gesellschaft für Materialkunde DGM und der Deutschen Keramische Gesellschaft DKG organisiert. Neben dem Ziel eines Dialogs zwischen Industrie und Wissenschaft ist das Feuerfestforum bestrebt, junge Wissenschaftler im Bereich Feuerfest weiterzubilden.

Das Vortragsprogramm beinhaltete vielfältige Weiterentwicklungen zu feuerfesten Materialsystemen und Methoden zur Charakterisierung ihrer Eigenschaften. Darüber hinaus standen neue Herausforderungen hinsichtlich der Entwicklung der Rohstoffsituation für feuerfeste Werkstoffe

im Vordergrund. Die anschließenden Diskussionen zeigten den Teilnehmern, dass nur ein intensiver Austausch zwischen allen Parteien des Bereichs Feuerfest dazu führt, dass zukünftige Herausforderungen, wie die steigenden Anforderungen der Endanwender oder Auflagen zu einer nachhaltigkeitsorientierten Wirtschaft, gemeistert werden können.

Die Veranstaltung bot zudem einen willkommenen Rahmen zur **Feier des zehnjährigen Bestehens der Partnerschaft zwischen der Wuhan University of Science and Technology und der TU Bergakademie Freiberg**. „Im Rahmen



Foto (v.l.n.r.): 120 Teilnehmer aus dem In- und Ausland diskutierten zu aktuellen Entwicklungen auf dem Gebiet feuerfester Werkstoffe und Anwendungen.

dieser Kooperation erfolgen gemeinsame Forschungsaktivitäten sowie der regelmäßige Austausch von Studenten und Wissenschaftlern“, so Professor Aneziris. Die Vertreter der chinesischen Delegation, Professor Li Yawei und Professor Li Nan von der Universität Wuhan sowie Liu Baikuan, Vorstandsvorsitzender der Puyang Refractories Group Co. Ltd., präsentierten auf dem Forum hochkarätige Vorträge zu aktuellen Forschungsthemen und zu Entwicklungen im Anwendungsbereich in der chinesischen Feuerfestindustrie.

Der diesjährige **Theodor-Haase-Preis** für hervorragende Abschlussarbeiten auf dem Gebiet der „Feuerfest-Hochtemperaturanwendungen“ wurde zum einen an Daniela Hesky für ihre Untersuchungen im Stoffsystem Magnesiumoxid-Aluminiumoxid-Titanoxid vergeben. Werkstoffe aus diesem Stoffsystem stellen aufgrund ihrer besonderen Struktur ein potentes Material für Thermochockanwendungen dar, d. h. sie sind besonders gut für plötzliche starke Temperaturänderungen geeignet. Zum anderen erhielt Katja Schönherr die Auszeichnung für ihre Arbeit zu Kaliumaluminaten als neuartige Materialien für Anwendungen in alkalischer Atmosphäre. „Beide Arbeiten zeigen innovative Inhalte, die als Grundlage für maßgeschneiderte Lösungen für aktuelle und zukünftige Anforderungen an feuerfeste Werkstoffe dienen können“, freut sich Professor Aneziris.

Der Preis erinnert an den Freiburger Wissenschaftler Theodor Haase und sein Engagement für die Ausbildung von Silikattechnikern. Er wird jährlich durch den Verein „MORE – Meeting of Refractory Experts Freiberg e.V.“ gestiftet. ■



Foto (v.l.n.r.): Professor Christos G. Aneziris mit den Preisträgerinnen des Theodor-Haase-Preises 2013, Daniela Lesky und Katja Schönherr.

## INTERNATIONALER DIALOG ZU GLOBALEN HERAUSFORDERUNGEN

Als eingeladener Hauptredner der 10. Internationalen Feuerfestkonferenz (IREFCON) im indischen Kolkata stellte Prof. Christos G. Aneziris unter dem Titel **„Funktionalisierte kohlenstoffgebundene Filter für die fortgeschrittene Metallschmelzefiltration“** den Sonderforschungsbereich 920 einem internationalen Publikum vor.

Mehr als 500 Vertreter aus der Feuerfest- und Stahlindustrie Indiens trafen sich vom 15. bis 18. Januar 2014 auf der 10. IREFCON in Kolkata, um sich zum aktuellen Thema der Konferenz „Feuerfeste Lösungen durch Innovationen“ intensiv mit der Wechselwirkung zwischen Feuerfestmaterial und Stahlschmelze auszutauschen. Weiterhin wurde die Möglichkeit einer **neuen Generation von Filterwerkstoffen** diskutiert, um **die Reinheitsgrade und die Eigenschaften von metallischen Hochleistungswerkstoffen** zu optimieren.

Hochtechnologie-Produkte der Zukunft basieren auf hochreinen, fehlerfreien Werkstoffen, die eine gleichmäßige Einstellung der chemischen Zusammensetzung und eine verstärkte Kontrolle des Reinheitsgrades der metallischen Werkstoffe erfordern. Im Sonderforschungsbereich 920 „Multifunktional Filter für die Metallschmelzefiltration – ein Beitrag zu Zero Defect Materials“ der TU Bergakademie Freiberg entwickeln Wissenschaftler unterschiedlicher Fachdisziplinen an vier Fakultäten der TU Bergakademie Freiberg gemeinsam **neuartige „intelligente“ Filterwerkstoffe bzw. Filtersysteme aus Keramik** für eine signifikant höhere Reinheit von Metallschmelzen. Sie sollen leichtere, fehlerfreie und damit sichere Werkstoffe ermöglichen – für einen Inno-

vationsschub in Sicherheits- und Leichtbaukonstruktionen.

Längst begleitet ein **wissenschaftlicher Industriebeirat** die Forschungsarbeiten der Freiburger Wissenschaftler, um frühzeitig Erkenntnisse und Erfahrungen auszutauschen sowie einen Transfer von Forschungsergebnissen in eine Anwendung zu unterstützen. Die Deutsche Forschungsgemeinschaft unterstützt das anspruchsvolle Vorhaben allein in der ersten Förderperiode mit ca. 2,3 Mio. Euro pro Jahr.

Die IREFCON (India International Refractories Congress) ist eine aller zwei Jahre stattfindende internationale Konferenz, die eine wichtige Schnittstelle zwischen der indischen und der internationalen Feuerfestindustrie sowie den Anwendern von Feuerfestmaterialien, wie z.B. der Stahl-, Zement-, Nichteisenmetalle- und der Glas-Industrie, darstellt. Neben den Herstellern und Anwendern von feuerfesten Materialien werden auch Rohstofflieferanten, Geräte- und Maschinenhersteller, Hersteller von Prüfgeräten, F&E-Einrichtungen sowie Projektierungs- und Beratungsorganisationen eng einbezogen. Organisator der 10. IREFCON 2014 war der Verband der Indischen Feuerfesthersteller IRMA (Indian Refractory Makers Association). ■

Anfang Juni erfolgte die **Anpassung der SFB-Homepage** an das neue Corporate Design der TU Bergakademie Freiberg. Die Überarbeitung des Internetauftritts der Universität dient u.a. einer durchgängigen Kommunikation des Leitgedankens „Die Ressourcenuniversität. Seit 1765.“

Vereinbarkeit von Berufstätigkeit und Familiengründung sowie der Wahrnehmung familienbezogener Verpflichtungen: dazu bekennt sich die TU Bergakademie Freiberg. Im März bzw. Mai 2014 wurden dafür zwei wichtige Zertifikate - **„familiengerechte Hochschule“** und **„Familie in der Hochschule“** - an die Universität verliehen. ■



Foto: Die 10. IREFCON in Kolkata/Indien vereinte mehr als 500 Vertreter der Feuerfest- und Stahlindustrie Indiens.



Foto: Prof. Christos G. Aneziris (Bildmitte) war eingeladener Keynote Speaker der 10. IREFCON 2014.

## MELDUNGEN

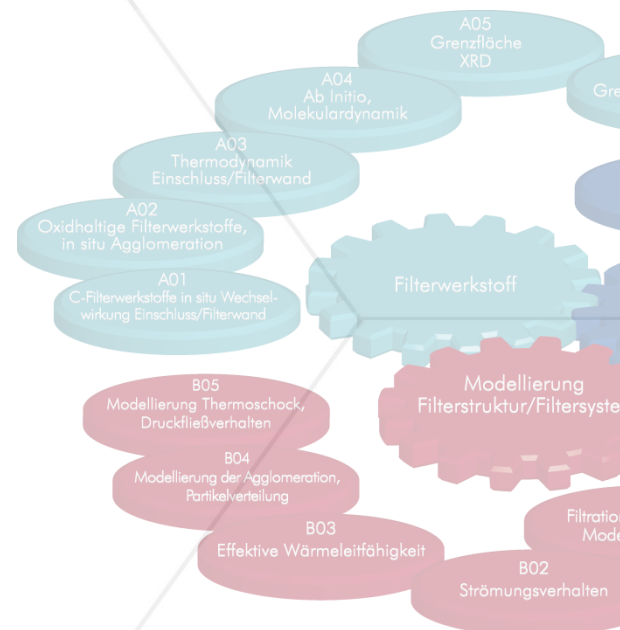


## AUS DEN ARBEITSGRUPPEN

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/reaktiver Filterwerkstoff, Grenzflächendesign“ (Leitung: Dipl.-Ing. Tilo Zienert)

- Abschluss der Industriegießversuche und Herstellung eines Filters mit in-situ Spinellbildung zur Verbesserung der Abscheidungseffizienz (A01),
- thermodynamische Untersuchung möglicher Reaktionen in dem kohlenstoffgebundenen System  $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-C}$  und  $\text{MgO-C}$  und Identifikation des Einflusses des Eisens auf die Grenzflächenreaktionen im Filter (A03),
- Untersuchung des Einflusses der Oberflächenenergie auf die Grenzflächenbildung zwischen  $\text{Al}_2\text{O}_3$  und Aluminium mittels der DFT-Methode (A04), zukünftige Übertragung der Ergebnisse auf die Schmelzphase,
- Grenzflächenuntersuchungen an Proben aus den Gießversuchen mittels TEM, Implementierung einer Auswerterroutine für die Ergebnisse der Röntgenbeugungsuntersuchungen an Kohlenstoffproben (A05),
- erfolgreicher Einbau des Schnellaufheizofens an der SPS (mehrere 100K/min möglich), Probenherstellung und Charakterisierung auf Basis  $\text{MgO-C}$  und verschiedene Spinellzusammensetzungen in Kontakt mit flüssigem Stahl (A06),
- erfolgreicher Abschluss externer Aluminiumgießversuche mit anschließender Auswertung der Filtrationseffizienz mittels PreFil/PoDFA und der LiMCA-Methode (S03), Inbetriebnahme der in-situ Röntgenanlage am Gießerei-Institut,
- Herstellung von  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -Filtern im Verbund mit Carbon Nano Tubes (CNT), Untersuchung einer neuen Filterherstellungsvariante basierend auf einer Direktschäumung des  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -Filters (Ph.D.-Stipendiaten É. Storti und A. Pokhrel, IKGB).



### Arbeitsgruppe 3: „Thermomechanische Eigenschaften der Filterwerkstoffe und Filterstrukturen“ (Leitung: Dipl.-Ing. Stefan Soltysiak)

- Simulation der Agglomeration von Partikeln an der Filterwand für die Filtration einer Stahlschmelze mit einer realistischen Partikeldichte und Partikelgrößenverteilung (B02, B04, S02),
- Bewertung von herstellungsbedingten Eigenspannungen in beschichteten Filterstegen nach dem Abkühlen mit Hilfe der FEM (B05, A01),
- Biegerelaxationsversuche an  $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-C}$  bei unterschiedlichen Temperaturen im Intervall von 800°C bis 1400°C und Nachweis viskoplastischen Materialverhaltens oberhalb von 1000°C (C02),
- Entwicklung einer Prüfapparatur für miniaturisierte Druckversuche unter Argonatmosphäre und Bewertung der Druckfestigkeit von  $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-C}$  bis 800°C (C03).



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

- Filtrationsexperimente mit verschiedenen Werten bezüglich Benetzungsverhalten und Fließgeschwindigkeit; Entwicklung eines empirischen Modells zur Bereitstellung von Informationen über den Metallschmelzprozess; Entwicklung eines Einzelkollektorsversuchsstandes zur Überprüfung des Einflusses der Benetzung auf den Filtrationsprozess, unter Einsatz einer definierten Filterstruktur, die später in einem Filtrationsversuchsstand eingesetzt werden kann (B01),
- Parallelisierung und Kopplung des Partikelverfolgungscodes mit einem 3D-Strömungslöser; Bewertung der effektiven Eigenschaften der Keramikfilter (hinsichtlich Wärmeleitfähigkeit, Permeabilität und massebezogener Diffusion); Erweiterung des detaillierten Modells der Partikelverfolgung zur Analyse der Partikelanreicherung und -agglomeration (B02),
- erste Messungen der effektiven Wärmeleitfähigkeit der keramischen Filter bei hohen Temperaturen (bis zu 600°C); Bestimmung der effektiven Wärmeleitfähigkeit von Aluminiumoxid und Nutzung der Daten für ein entsprechendes Modell für Keramikfilter; erste Untersuchungen einer Visualisierung des Einschusses von Metallschmelze in eine Schaumkeramik (B03),
- Modellierung und Untersuchung der Agglomeration von Einschüssen an den Filterwänden; Simulation der effektiven Größe der fraktalen Aggregate; Messung kapillarer Wechselwirkungen zwischen Partikeln und dem Substrat; Modellierung der Haftungsenergien in Korrelation mit dem Benetzungsverhalten (B04),
- Bestimmung zentraler Details des Schaummodells für mechanische Simulationen; Entwicklung einer Methode zur Analyse elastisch-plastischen Verhaltens; Entwicklung einer analytischen Lösung für die anisotropische Fließfläche der Kelvin-Zelle; Bewertung von Eigenspannungen in Abhängigkeit verschiedener Beschichtungsmaterialien (A01, B05).

### Arbeitsgruppe 4: „Mechanische Eigenschaften, metallische Werkstoffe, kritische Einschüsse“ (Leitung: Dipl.-Ing. Dominik Krewerth)

- Herstellung von Probenmaterial mit spezieller Partikelverteilung am Stahlgussimulator für statische und dynamische Versuche (C01, C05),
- Inbetriebnahme des Vorlastrahmens an der Ultraschallermüdungsprüfmaschine für zusätzliche hochfrequente Ermüdungsversuche mit variablen Amplituden und unter Vorlast ( $R > 0$ ) (C04) sowie
- Tiefenätzung und Herauslösung der nichtmetallischen Einschüsse aus der Stahlmatrix des Vergütungsstahles (G 42CrMo4) zur Bestimmung der Einschussmorphologie, der chemischen Zusammensetzung und des Aufbaus der Einschüsse am REM mit kombinierten EBSD- und EDX-Messungen (C04, S01).

A06  
Dynamische  
Grenzschichtgenerierung

C01  
Clogging, Metall-  
schmelzesimulator

C02  
Formstabilität  
C-Filter

C03  
Small Punch Test

C04  
Ermüdung metallisches  
Bauteil

C05  
Zähigkeit metallisches  
Bauteil

Filtereffizienz,  
Materialeigenschaften

System

B01  
Benetzungsmechanismen  
Modellflüssigkeiten

en

## GRENZFLÄCHENREAKTION ZWISCHEN STAHL 42CrMo4 und MULLIT

Autoren: Tilo Zienert,  
Olga Fabrichnaya (Teilprojekt A03)

**Ziel des SFB 920 ist die Entwicklung neuer Beschichtungen für keramische Filter, um die Metallschmelzefiltration zu verbessern. Das Teilprojekt A03 untersucht mittels thermodynamischer Berechnungen komplexe Phasenreaktionen in einem meist hochkomponentigen System, um mögliche Reaktionen zwischen ausgewählten Materialien aufzuklären.**

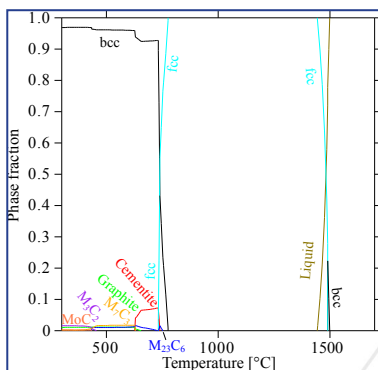


Abbildung 1: Berechnete Phasenanteile im 42CrMo4 Stahl in Abhängigkeit der Temperatur.

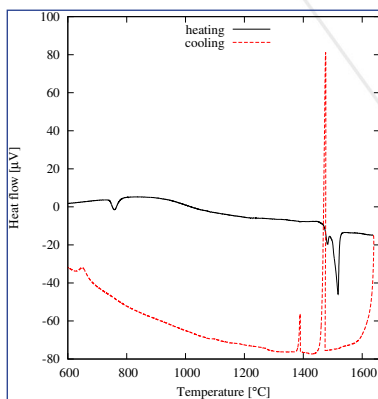


Abbildung 2: Gemessene DTA-Kurve der Stahllegierung.

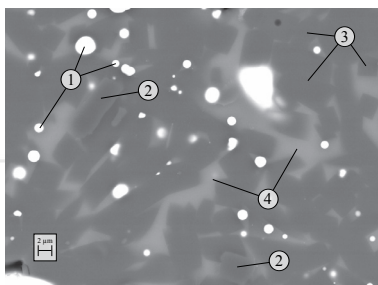


Abbildung 3: Typisches Gefüge nach der Reaktion zwischen Stahl und Mullit: (1) Stahl, (2)  $\alpha$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$ , (3) Mullit und (4) Mn-reicher Mullit.

Im Teilprojekt A01 und C01 wurden mit Mullit ( $3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ ) beschichtete Filter entwickelt und die Reaktionen zwischen Mullit und dem eingesetzten Stahl (42CrMo4) getestet. Thermodynamische Berechnungen werden im Teilprojekt A03, wenn möglich, durch experimentelle Untersuchungen überprüft. In der vorliegenden Arbeit waren dies Experimente mittels der Differential-Thermoanalyse (DTA) bis  $1650^\circ\text{C}$  unter Argon mit anschließender Auswertung mit XRD, REM/EDX/EBSD.

Pulvermischungen aus Stahl und Mullit wurden in der DTA bis über dem Schmelzpunkt von Stahl erwärmt, um Reaktionen zwischen dem flüssigen Stahl und dem Beschichtungsmaterial zu untersuchen. Vielfältige Reaktionen konnten schon vor dem Aufschmelzen des Stahls beobachtet werden. Durch Festphasendiffusion kam es zur Bildung einer zweiten Mullitphase und dadurch zu einer Legierungskonzentrationsänderung im Stahl.

In Abbildung 1 sind die zu erwartenden Phasenumwandlungen im 42CrMo4-Stahl nach den thermodynamischen Berechnungen gezeigt. Diese stimmen sehr gut mit den gemessenen Umwandlungen überein (Abbildung 2). Mit Beimischung des Mullitpulvers konnte eine Änderung der chemischen Reaktionen beobachtet werden. Von Bedeutung sind die beiden Austenit(fcc)-Umwandlungen und der Schmelzpunkt der Legierung. Eine Verschiebung der  $\text{bcc} \rightarrow \text{fcc}$  Phasenumwandlung im Stahl von  $740^\circ\text{C}$  zu  $931^\circ\text{C}$  und eine Erhöhung der Schmelztemperatur auf  $1521^\circ\text{C}$  wurden festgestellt. Ursache ist die veränderte chemische Zusammensetzung des Stahls, verursacht durch die stattfindende Diffusion der Legierungselemente in das Beschichtungsmaterial.

Die Phasenanalyse der Proben fand mittels XRD und REM/EBSD statt, die chemische Zusammensetzung einzelner Phasen wurden am REM mit EDX gemessen. In Abbildung 3 ist eine REM-Aufnahme mit einem typischen Gefüge nach der Reaktion gezeigt. Die röntgenographischen Ergebnisse zeigten nur drei Phasen (Stahl,  $\alpha$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$  und Mullit), auf den REM-Aufnahmen wurden allerdings vier Phasen gefunden: Es konnte gezeigt werden, dass im Gefüge zwei unterschiedliche Mullitphasen mit unterschiedlicher chemischer Zusammensetzung vorliegen. Die erste hat in etwa die erwähnte normale Mullitzusammensetzung, wohingegen die zweite stark angereichert ist an den Elementen Mn und Fe, und auch größere Anteile an Mg konnten registriert werden.

Aus den DTA-Experimenten geht hervor, dass sich die Neuphasenbildung schon vor dem Aufschmelzen des Stahls durch Festkörperdiffusion vollzieht. Hierbei wird einerseits die Mullitbeschichtung destabilisiert (teilweises Aufschmelzen bei  $1358^\circ\text{C}$ ). Andererseits wurde auch die Stahlzusammensetzung verändert. Das gewünschte Legierungselement Mn diffundiert in das Beschichtungsmaterial, und eine leichte Erhöhung der Aluminiumkonzentration im Stahl konnte nachgewiesen werden. Für den Einsatz als Filtermaterial ist Mullit demnach nicht geeignet. Die gezeigten Reaktionen treten im Zusammenspiel mit flüssigem Stahl nur schneller ein, und durch die kontinuierliche Durchströmung des Filters kann die Einstellung eines thermodynamischen Gleichgewichtes nicht erwartet werden. Es ist demnach anzunehmen, dass sich die Mullitbeschichtung im Einsatz vollständig auflöst und zu einer Erhöhung der oxidischen Einschlüsse in der Schmelze führt. ■

## EXPERIMENTE ZUR PARTIKELABSCHIEDUNG AUS DER SCHMELZE

**Die Teilprojekte B01 und B04 befassen sich mit der Annäherung und Haftung von Partikeln an der Filtermatrix bzw. mit Agglomerationsvorgängen und ihrem Einfluss auf die Filtrationseffizienz. Modellierung und begleitende Experimente mit Modellflüssigkeiten dienen dem Verständnis und der Optimierung der Metallschmelzfiltration.**

Metallschmelzen haben die Besonderheit, dass sie eine sehr hohe Oberflächenspannung besitzen, die dazu führt, dass flüssiges Metall viele Oberflächen nicht benetzt. Hinzu kommen die hohen Temperaturen, die beim Abgießen von flüssigem Metall vorherrschen sowie die Lichtundurchlässigkeit von Metallschmelzen. Deswegen ist die Entwicklung eines Modellsystems notwendig, mit dessen Hilfe man die Filtrationsmechanismen genauer untersuchen kann.

Das Teilprojekt B01 – Abscheidung von Partikeln aus der Schmelze – erforscht experimentell die wirkenden Filtermechanismen an keramischen Schaumfiltern unter Verwendung der in den TP A01 und A02 hergestellten keramischen Filter. Für die Versuche wurde ein Filtrationsstand konstruiert, in dem Testversuche mit bis zu 5 l Modellflüssigkeit durchgeführt werden können (Abbildung 1). Um die Filtration von Metallschmelzen besser verstehen zu können, werden physikalische Zusammenhänge genauer untersucht. Vor allem der Einfluss der Benetzung auf die Abscheidung wird mithilfe eines Rasterkraftmikroskopes (AFM) und einer dynamischen Bildauswertung Qicpic erforscht. Mit dem AFM werden Kraft-Abstands-Kurven zwischen einem Partikel und einem speziellen Substrat gemessen, die eine Aussage über die wirkende Haftkraft ermöglichen. Anhand dieser Messung kann gezeigt werden, welche Kraft entsteht, wenn die Verunreinigung und die Filterwand in Kontakt kommen. Im Qicpic kann das Verhalten von Partikeln im flüssigen Medium untersucht werden. Das ermöglicht Aussagen über die Agglomerationsneigung von Verunreinigungen in der flüssigen Phase. Die Agglomeration der Partikel ist entscheidend für das Erreichen höherer Abscheideraten, da größere Partikel besser abgeschieden werden als kleinere.

Hierzu wird im Teilprojekt B04, neben Analogieexperimenten, auch eine mathematische Modellierung der realen Vorgänge mit Methoden der stochastischen Geometrie und eine Berechnung der Agglomerationsrate angestrebt. Dabei werden sowohl die zufällige Position als auch die zufällige Form der Verunreinigungen studiert und nachgebildet. Diese ergeben sich einerseits durch die komplexen Teilchenbewegungen innerhalb der Schmelze, welche in Zusammenarbeit mit TP B02 untersucht werden, und andererseits durch Agglomerations- und Abscheidvorgänge. Ein Ziel ist es, eine Formel für die Form und Ausdehnung der Einschlusspartikel in Abhängigkeit von Strömung und Filtergeometrie (TP B05) zu entwickeln. Hiermit kann die Filterwirkung in TP B02 simuliert und so eine Optimierung des Filtrationsprozesses im Hinblick auf Effektivität und Effizienz ermöglicht werden.

Die Erkenntnisse aus dem Teilprojekt B04 sollen auch in die Modellsystemexperimente von Teilbereich B01 eingebracht werden. Somit ist es möglich, die mathematischen und physikalischen Erkenntnisse mit Modellexperimenten nachzustellen. Der Vergleich der Ergebnisse ermöglicht die Bewertung und gezielte Optimierung des Modellsystems. Der Abgleich zwischen den entwickelten Modell- und Simulationsergebnissen mit realen Schmelzefiltrationsergebnissen findet über Filtrationsversuche im Serviceprojekt S03 statt. Am Ende der ersten Förderperiode des SFB 920 sollen die vorherrschenden Filtrationsmechanismen der keramischen Schaumfilter verstanden sein. Das ermöglicht für die folgende Förderphase die Optimierung der Filtergeometrien, um die Reinheit zukünftiger Gussprodukte zu verbessern. ■

Autor: Fabian Heuzeroth  
(Teilprojekt B01)



Foto: Fabian Heuzeroth beim Einsetzen der im TP A02 hergestellten Filter für Testversuche im Filtrationsstand.

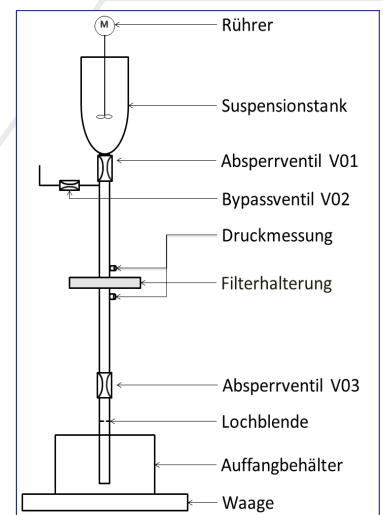


Abbildung 1: Schema des Filtrationsteststandes

## DOKTORANDENTREFFEN UND WORKSHOPS

Im Februar 2015 werden DFG-Gutachter anhand der Leistungen der ersten Förderphase sowie der Vorhaben für eine zweite Förderphase über eine Fortsetzung des Sonderforschungsbereichs 920 entscheiden. Zur Vorbereitung der Begehung werden derzeit intensive Abstimmungen zu Projektzielen, Arbeitspaketen und einer zielführenden Vernetzung der Teilprojekte getroffen.



Seit 2011 arbeiten Wissenschaftler, Doktoranden, technische Mitarbeiter und Studierende aus vier Fakultäten der TU Bergakademie Freiberg intensiv an der Entwicklung intelligenter Filterwerkstoffe bzw. Filtersysteme. Ihre gemeinsame Arbeit soll dazu beitragen, die Reinheit metallischer Schmelzen signifikant zu verbessern und damit die Qualität und Sicherheit metallischer Bauteile deutlich zu erhöhen.

Ihre Ergebnisse aus drei Jahren intensiver Forschungsarbeit und detaillierte Planungen für weitere vier Jahre werden derzeit zu einem **Fortsetzungsantrag für eine zweite Förderphase** zusammengeführt. Bis Dezember 2014 soll dieser Gesamtantrag bei der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG vorliegen. Dazu sind umfassende Abstimmungen der Ziele in den einzelnen Teilprojekten, von weiteren Publikationsvorhaben sowie Inhalten und Methoden für Anschlussprojekte erforderlich. Die aktuellen Doktorandentreffen und die Mitgliederversammlung standen daher ganz im Zeichen der Vorbereitungen für den Fortsetzungsantrag.

Zusätzlich zu einer Evaluierung der fachlichen Exzellenz werden die DFG-Gutachter auch die Betreuung und Qualifikation von Doktorandinnen und Doktoranden im SFB 920 bewerten. Mit der Einrichtung Integrierter Graduiertenkollegs strebt die DFG eine strukturierte Ausbildung junger Nachwuchswissenschaftler an, die qualitativ hochwertige wissenschaftliche Arbeiten ermöglicht und gleichzeitig die Promotionszeiten verkürzt.

Ein Element des Studienprogramms für die Doktorandinnen und Doktoranden des SFB 920 ist die Schulung sozialer Kompetenzen, Fähigkeiten zum Selbstmanagement oder auch kommunikativer Fähigkeiten. Sie sollen die jungen Wissenschaftler u.a. dazu befähigen, Studierende zu betreuen und ihr Wissen auch an jüngere und fachferne Zielgruppen, z.B. im Rahmen von Schüleruniversitäten oder dem Schülerlabor der TU Freiberg, zu vermitteln.

Zum Ausbau entsprechender didaktischer Kenntnisse und Fähigkeiten setzte sich ein **Workshop zur Hochschuldidaktik** u.a. mit der Definition von Lernzielen, der Konzeption von Lehrveranstaltungen und Lehraktivitäten sowie mit Möglichkeiten zur Wissenskontrolle und der Gestaltung von Prüfungen auseinander. Des Weiteren befasste sich ein **Workshop zum individuellen Ressourcenmanagement** mit der Frage, wie man eigene Ressourcen entdecken und entwickeln kann, wie sich Stresssituationen bewältigen lassen und wie die eigene Motivation aufgebaut werden kann, um persönliche Ziele bestmöglich zu erreichen. ■



## AKTUELLE PUBLIKATIONEN

**Projektbereich A - Filterwerkstoffe****Teilprojekt A01**

Emmel, M., Aneziris, C. G. (2013): Development of active and reactive carbon-bonded filters for steel melt filtration. Proceedings of the Unified International Technical Conference on Refractories - UNITECR 2013, September 10-13, 2013, Victoria, Canada, pp. 565-570, DOI 10.1002/9781118837009.ch97.

Emmel, M., Sponza, F., Dudczig, S., Aneziris, C.G., Colombo, P. (2014): In situ Spinel Formation in Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-MgO-C Filter Materials for Steel Melt Filtration. *Ceramics International*. Accepted: 09.05.2014, DOI: 10.1016/j.ceramint.2014.05.033.

**Teilprojekt A02**

Voigt, C., Aneziris, C. G. (2013): Functional Coatings on Alumina Foam Ceramics made of Alumina for Aluminum Filtration. Proceedings of the Unified International Technical Conference on Refractories - UNITECR 2013, September 10-13, 2013, Victoria, Canada, pp.1315-1320, DOI 10.1002/9781118837009.ch222.

Voigt, C., Aneziris, C. G. (2013): Reticulated porous foam ceramics with different surface chemistries. *Journal of the American Ceramic Society*, Accepted: 03.04.2014; DOI 10.1111/jace.12977.

Voigt, C., Storm, J., Aneziris, C.G., Abendroth, M., Kuna, M., Hubalkova, J. (2013): The influence of the measurement parameters on the crushing strength of reticulated ceramic foams. *Journal of Materials Research*. Vol. 28. Iss. 17, September 14, 2013. DOI: 10.1557/jmr.2013.96, Cambridge Journals Online. Copyright: Cambridge University Press.

**Teilprojekt A03**

Zienert, T., Fabrichnaya, O. (2013): Thermodynamic Assessment and Experiments in the system MgO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. *CALPHAD*, Vol. 40, March, pp. 1-9. DOI: 10.1016/j.calphad.2012.10.001.

Zienert, T., Fabrichnaya, O. (2013): Phase relations in the A356 alloy: experimental study and thermodynamic calculations. *AEM. Special Issue*, 12/2013. DOI 10.1002/adem.201300113.

**Teilprojekt A04**

Amirkhanyan, J., Weissbach, T., Gruber, Th., Kortus, J., Zienert, T., Fabrichnaya, O. (2014): Thermodynamic investigation of Al-Fe-Si intermetallic ternary phases: A Density - Functional Theory Study. *Journal of Alloys and Compounds*. Vol. 598, 15 June 2014, pp. 137-141. DOI 10.1016/j.jallcom.2014.01.234.

Emmel, M., Aneziris, C.G., Schröder, C.: Ermittlung der Abscheidetendenz endogener, nicht-

metallischer Einschlüsse gegenüber oxidischen Partikeln mittels konfokalem Laserscanning-Mikroskop. DKG Jahrestagung, 24.-26. März 2014 in Clausthal-Zellerfeld, Germany.

Rödel, C., Weißbach, T., Kortus, J., Dudczig, S., Aneziris, C.G. (2014): Raman spectroscopic characterization of novel carbon-bonded filter compositions for steel melt filtration. *Journal of Raman Spectroscopy*. Vol. 45, Iss. 1, January 2014, pp. 128-132. DOI 10.1002/jrs.4426.

**Teilprojekt A05**

Dopita, M., Rudolph, M., Emmel, M., Salomon, A., Aneziris, C.G., Rafaja, D. (2013): Simulations of X-ray scattering on two dimensional, graphitic and turbostratic carbon structures. *Advanced Engineering Materials*. Vol. 15, Iss. 12, December (2013), pp. 1280-1291. DOI 10.1002/adem.201300157

Dopita, M., Salomon, A., Emmel, M., Aneziris, C., Rafaja, D.: Microstructure of turbostratic carbon studied by X-ray scattering, *Materials Structure*, 20 [2] (2013), pp. 77-78. *Struktura* 2013.

**Teilprojekt A06**

Salomon, A., Emmel, M., Dudczig, S., Rafaja, D., Aneziris, C. G. (2013): Dynamic, in situ generated interfaces between carbon-bonded alumina filters and steel during Spark Plasma Sintering/Field Assisted Sintering. *AEM. Special Issue*, 12/2013. DOI 10.1002/adem.201300119.

Salomon, A., Zienert, T., Voigt, C., Jäckel, E., Fabrichnaya, O., Rafaja, D., Aneziris, C. G. (2013): Comparison of interfacial reactions between AlSi7Mg and alumina filter after casting and Spark Plasma Sintering. *AEM. Special Issue*, 12/2013. DOI 10.1002/adem.201300114.

**Projektbereich B - Modellierung Filterstruktur/Filtersystem****Teilprojekt B01**

Heuzeroth, F., Fritzsche, J., Peuker, U. A. (2014): Raster-Kraft-Mikroskopie zur Evaluation der Abscheideeffizienz bei der Metallschmelzefiltration, *Chemie Ingenieur Technik – Sonderheft „Aufbereitungstechnik“*, DOI: 10.1002/cite.201300183.

Heuzeroth, F., Fritzsche, J., Peuker, U. A. (2014): Wetting and its influence on the filtration ability of ceramic foam filters. *Particology*, accepted: 03.06.2014, Manuscript-ID: PARTIC-D-1400093R1.

**Teilprojekt B02**

Mendes, M.A.A., Ray, S., Trimis, D. (2014): Evaluation of Effective Thermal Conductivity of Porous Foams in Presence of Arbitrary Working Fluid. *International Journal of Thermal Science*,

Vol. 79, May 2014, pp. 260-265. DOI 10.1016/j.ijthermalsci.2014.01.009.

Mendes, M.A.A., Ray, S., Trimis, D. (2014): An improved model for the effective thermal conductivity of open-cell porous foams. *International Journal of Heat and Mass Transfer*. Vol. 75, August 2014, pp. 224-230. DOI: 10.1016/j.ijheatmasstransfer.2014.02.076.

**Teilprojekt B03**

Vijay, D., Goetze, P., Wulf, R., Gross, U.: Volumetric heat transfer determination for forced convection of air through alumina (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) foam. 15th International Heat Transfer Conference (IHTC-15), August 10-15, 2014, Kyoto, Japan. Manuscript-ID: IHTC15-9167, accepted: 27.03.2014.

Götze, P., Vijay, D., Jäckel, E., Wulf, R., Gross, U.: Experimental Determination of Convective Heat Transfer Coefficients During Molten Aluminum Purification Using Open-Cell Alumina (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) Ceramics. 15th International Heat Transfer Conference (IHTC-15), August 10-15, 2014, Kyoto, Japan. Manuscript-ID: IHTC15-9167, accepted: 31.03.2014.

**Teilprojekt B04**

Fritzsche, J., Peuker, U.A.: The influence of particle agglomeration on the filtration efficiency of ceramic foam filters. *FILTECH 2013*, October 22-24, 2013, Wiesbaden, Germany. Paper-No: P126. *Filtech* 2013.

**Teilprojekt B05**

Storm, J., Abendroth, M., Zhang, D., Kuna, M. (2013): Geometry dependent effective elastic properties of open-cell foams based on Kelvin cell models. *AEM. Special Issue*, 12/2013. DOI 10.1002/adem.201300141.

Storm, J., Abendroth, M., Kuna, M. (2013): Geometry dependent effective heat conductivity of open-cell foams based on Kelvin cell models. Proceedings of the Unified International Technical Conference on Refractories - UNITECR 2013, September, 2013, Victoria, Canada, pp. 897-902, DOI 10.1002/9781118837009.ch153.

**Projektbereich C - Filtereffizienz, Materialeigenschaften****Teilprojekt C01**

Aneziris, C. G., Rongos, V., Dudczig, S., Emmel, M. (2013): Refractories with Improved Thermal Shock Performance Serving Low Carbon Economy. *China's Refractories*, Vol. 22, No. 3, pp. 7-11. ISSN 1004-4493/CN41-1183.

Dudczig, S., Aneziris, C. G., Dopita, M., Raja, D. (2013): Application of oxide coatings for improved steel filtration with the aid of a metal casting simulator. AEM. Special Issue, 12/2013. DOI 10.1002/adem.201300121.

Werner, J., Dudczig, S., Aneziris, C. G. (2013): Young's modulus of elasticity of carbon bonded alumina materials up to 1250°C. J. Am. Ceram. Soc., Vol. 96, Iss. 9, September (2013), pp. 2958-2965. DOI 10.1111/jace.12526.

Werner, J., Aneziris, C. G. (2013): Contribution of Different Binder Systems to Young's Modulus of Elasticity of Carbon-Bonded Alumina at elevated Temperatures. Proceedings of the Unified International Technical Conference on Refractories - UNITECR 2013, September 10-13, 2013, Victoria, Canada, pp. 147-152, DOI 10.1002/9781118837009.ch26.

#### Teilprojekt C02

Klemm, Y., Biermann, H., Aneziris, C. G. (2013): Microstructure and mechanical properties of fine grained carbon-bonded Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-C materials. Ceramics International. Vol. 39, Iss. 6, August (2013), pp. 6695-6702. DOI: 10.1016/j.ceramint.2013.01.108.

Klemm, Y., Biermann, H., Aneziris, C. G. (2013): Different Fabrication Routes for Carbon-Bonded Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-C and their Influence on the Physical and Mechanical Properties. Proceedings of the Unified International Technical Conference on Refractories - UNITECR 2013, September 10-13, 2013, Victoria, Canada, pp. 591-596, DOI 10.1002/9781118837009.ch102.

#### Teilprojekt C03

Soltysiak, S., Abendroth, Kuna, M., Klemm, Y., Biermann, H. (2014): Strength of fine grained carbon-bonded alumina (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-C) materials obtained by means of the small punch test. Ceramics International. DOI 10.1016/j.ceramint.2014.02.030.

Soltysiak, S., Abendroth, M., Kuna, M. (2013): Influence of the Carbores content on the strength of carbon bonded alumina obtained by means of Small Punch Test. Proceedings of

the Unified International Technical Conference on Refractories - UNITECR 13, September 10-13, 2013, Victoria, Canada, pp. 135-140, DOI: 10.1002/9781118837009.ch24.

#### Teilprojekt C04

Krewerth, D., Weidner, A., Biermann, H. (2013): Application of In Situ Thermography for Evaluating the High-Cycle and Very High-Cycle Fatigue Behaviour of Cast Aluminium Alloy AlSi7Mg (T6). Ultrasonics Journal, Vol. 53, Iss. 8, December 2013, pp. 1441-1449. DOI: 10.1016/j.ultras.2013.03.001.

Krewerth, D., Weidner, A., Biermann, H.: A comparative study on infrared thermography during ultrasonic fatigue testing of cast steel 42CrMo4 and cast aluminium alloy AlSi7Mg. Key Engineering Materials, 592-593 (2014), 501-504.

#### Teilprojekt C05

Henschel, S., Krewerth, D., Ballani, F., Weidner, A., Krüger, L., Biermann, H., Emmel, M., Aneziris, C. G. (2013): Effect of filter coating on the quasi-static and cyclic mechanical properties of a G42CrMo4 casting. Advanced Engineering Materials. Vol. 15, Iss. 12, December (2013), pp. 1216-1223. DOI 10.1002/adem.201300125

#### Übergreifende Teilprojekte

##### Teilprojekt S02

Lehmann, H., Wertzner, E., Mendes, M., Trimis, D., Jung, B. (2013): In-situ data compression algorithm for detailed numerical simulation of liquid metal filtration through foam-like structures. Advanced Engineering Materials. Vol. 15, Iss. 12, December (2013), pp. 1260-1269. DOI 10.1002/adem.201300129.

##### Teilprojekt Z

Fischer, U., Aneziris C. G. (2014): „Intelligente“ keramische Filter für höchstbeanspruchte Sicherheitsbauteile – Schlüssel für neue High-Tech Produkte der Zukunft. Dialog, Materialwissenschaften und Werkstofftechnik, Hrsg.: DGM, Ausgabe 3, Mai 2014, S. 10-15, ISSN 2193-3383.

#### Patenterteilungen

##### Teilprojekt A01

Aneziris, C. G., Dudczig, S., Emmel, M.: Keramische reaktive Filter für die Metallschmelzefiltration, DE 102011109684 A1, Patenterteilung: 04.03.2014.

##### Teilprojekt C01

Aneziris, C. G.; Dudczig, S., Emmel, M.: keramische Filter für die Metallschmelzfiltration auf der Grundlage gängiger Metallschmelze-Filtergeometrien und Verfahren zu ihrer Herstellung, DE 102011109681 A1, Patenterteilung: 28.03.2014.

## KONFERENZEN UND CALLS FOR PAPERS

**5. International Conference on Porous Media and Their Applications in Science, Engineering and Industry, 22.-27.06.2014, Kona, Hawaii, USA:** weitere Informationen unter <http://http://www.engconf.org/conferences>.

**MSE 2014 - Materials Science and Engineering Congress, 23.-25.09.2014, Darmstadt:** weitere Informationen unter [http://www.dgm.de/dgm/mse-congress/](http://http://www.dgm.de/dgm/mse-congress/).

**CellMAT 2014, 22.-24.10.2014, Dresden:** weitere Informationen unter <http://www.dgm.de/dgm/cellmat/>.

**5. Freiburger Feuerfestforum, 26.11.2014, Freiberg:** weitere Informationen unter <http://sfb920.tu-freiberg.de>.

**14. UNITECR 2015, 15.-18.9. 2015, Wien, Österreich:** Einreichung von Abstracts bis zum 15. November 2014, Information über Annahme der Abstracts bis zum 2. Februar 2015; weitere Informationen unter [www.unitecr2015.org](http://www.unitecr2015.org).

## 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](mailto: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](mailto:undine.fischer@ikgb.tu-freiberg.de)

#### REDAKTION

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

#### FOTOS

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

AUSGABE: Nr. 6, Heft 01/2014

ERSCHEINUNGSWEISE: halbjährlich

