

## LIEBE LESERINNEN UND LESER,

die Forschungsarbeiten zu wirksamen Filterstrukturen und -systemen im SFB 920 erfahren derzeit wertvolle Unterstützung durch einen internationalen Experten auf dem Gebiet zellulärer Materialien, insbesondere poröser und polymer-abgeleiteter Keramiken. Professor Paolo Colombo von der Univerità di Padova, Italien, begleitet als Mercator Fellow für sechs Monate das SFB-Team - für einen umfangreichen Gedankenaustausch, gemeinsame Untersuchungen und eine Weitergabe von Erkenntnissen an Studenten und Doktoranden.

Außerdem ist es gelungen, ein erstes Transferprojekt zu etablieren. In Kooperation mit einem Industriepartner sollen im SFB erzeugte keramische Filterbauteile in Versuchen zum Strangguss eingesetzt werden, um Materialeigenschaften und -verhalten unter realitätsnahen Bedingungen zu untersuchen.

Diese und weitere Neuigkeiten finden Sie in der aktuellen Ausgabe unseres Newsletters. Weitere Informationen erhalten Sie auf unserer Homepage unter <http://sfb920.tu-freiberg.de>.

Viel Freude beim Lesen!

## INHALT

### Aktuelles aus dem SFB 920

*Neues Teilprojekt und erstes Transfer-Projekt des SFB 920 mit der Industrie* 2

*Weitere aktuelle Meldungen* 3

*Aus den Arbeitsgruppen* 4

### Aus der Forschung

*Modellsystem zur Analyse von Partikel-Substrat-Wechselwirkungen* 6

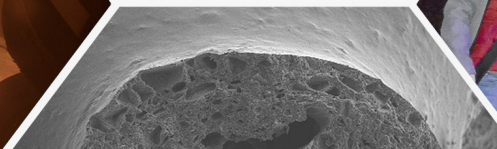
*Einfluss von Benetzungseigenschaften auf Haftkräfte zwischen Primärpartikeln* 7

Aktuelle Publikationen 8

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



## NEUES TEILPROJEKT UND ERSTES TRANSFERPROJEKT DES SFB 920 MIT DER INDUSTRIE

Die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) hat am 23. Mai 2016 das erste Transferprojekt zur Forschung an der Reinheitsgraderhöhung von Flüssigstahl im SFB 920 „Multifunktionale Filter für die Metallschmelzefiltration – ein Beitrag zu Zero Defect Materials“ mit dem Anwendungspartner ThyssenKrupp Steel Europe AG bewilligt.

Die wissenschaftlichen Projekte des Sonderforschungsbereichs 920 wurden um ein **neues Teilprojekt A07** erweitert. Das neue Projekt untersucht die Anwendbarkeit der im SFB 920 entwickelten Filter zur Entfernung von primär erstarrten, eisenhaltigen, intermetallischen Phasen, um den Eisengehalt sekundärer Aluminiumschmelzen zu senken. Dazu wird unter Nutzung der Calphad-Methode der Einfluss von Temperatur und Legierungszusammensetzung auf den primären Erstarrungsprozess überprüft, um die Fe-Entfernung durch Zuschläge zur Schmelze modifizieren zu können. Besonderes Augenmerk erhalten die analytische Identifizierung der intermetallischen Phasen, chemische Interaktionen zwischen den Phasen und dem Filter sowie eigentliche Filtrationsexperimente. Teilprojektleiter ist **Prof. Andreas Leineweber, Inhaber der Professur für Angewandte Werkstoffwissenschaft** an der Fakultät für Werkstoffwissenschaft und Werkstofftechnologie. ■

Außerdem hat die Deutsche Forschungsgemeinschaft ein **Transferprojekt des SFB 920 mit einem Industriepartner** bewilligt. „Der Schwerpunkt der Forschungsarbeit im Transferprojekt T01 liegt auf dem Einsatz neuartiger, wechselbarer Filtersysteme beim kontinuierlichen Stranggießen von aluminiumberuhigten Stahl (Weißbandgüten) zur Entfernung von nichtmetallischen Einschlüssen aus der Stahlschmelze.“ erklärt Prof. Aneziris. Die Frage nach der Funktionsfähigkeit ei-

nes metallischen Bauteils ist in der Technik oft mit dem Begriff der Festigkeit und der Zähigkeit des eingesetzten Werkstoffs verbunden. Beide Eigenschaften hängen in hohem Maße von dessen Reinheitsgrad ab, der durch Häufigkeit, Größenverteilung, Morphologie und chemische Art von so genannten nicht-metallischen Einschlüssen bestimmt wird. Sicherheitsbauteile, dünn- oder dickwandige Gussteile oder geschmiedete Komponenten mit hohen Anforderungen an Festigkeit, Zähigkeit und Ermüdungsresistenz können durch einen unzulässigen Anteil von nicht-metallischen Einschlüssen unbrauchbar werden oder führen zu einer dramatischen Reduzierung der sicherheitsrelevanten Eigenschaften, wie z.B. der Kerbschlagzähigkeit.

In dem Transferprojekt werden Filterbauteile aus den im SFB 920 entwickelten Filtermaterialien hergestellt. Neben der Charakterisierung der Filterbauteile vor und nach dem Strangguss und der Ermittlung des Reinheitsgrades der Stahlschmelze sollen mit Hilfe numerischer Simulationen die Wechselwirkungen zwischen Filterstrukturen, Schmelzeströmungen und Einschlussteilchen hinsichtlich der Abscheidung der nichtmetallischen Einschlüsse an der Filteroberfläche erforscht werden.

Die Versuche zum Strangguss werden beim Anwendungspartner ThyssenKrupp Steel Europe AG in Duisburg in einer 86 t-Verteilerrinne durchgeführt. Die keramischen Filterbauteile werden am Institut



für Keramik, Glas- und Baustofftechnik, bei **Prof. Christos G. Aneziris** hergestellt und charakterisiert. Der numerische Teil des Transferprojektes wird am Institut für Mechanik und Fluidodynamik bei **Prof. Rüdiger Schwarze** durchgeführt.

ThyssenKrupp Steel Europe (TKSE) gehört zu den weltweit führenden Anbietern von Qualitätsflachstahl. Mit rund 27.000 Mitarbeitern liefert TKSE hochwertige Stahlprodukte für innovative und anspruchsvolle Anwendungen in verschiedensten Industriezweigen. Kundenspezifische Werkstofflösungen und Dienstleistungen rund um den Werkstoff Stahl komplettieren das Leistungsspektrum von TKSE. TKSE ist Zulieferer für die Automobilindustrie, den Maschinen- und Anlagenbau, die Verpackungsindustrie und den Energiesektor. ThyssenKrupp Steel Europe erfüllt die steigenden Anforderungen an immer effizientere Leichtbau- und Sicherheitsstandards, erforscht und entwickelt neue Hightech-Stähle und setzt Maßstäbe bei Oberflächen- und Verarbeitungstechnologien. ■

## WEITERE AKTUELLE MELDUNGEN

Ab Februar 2016 hält sich **Prof. Paolo Colombo** von der Università di Padova, Italien im Rahmen einer **Mercator-Professur im SFB 920** an der TU Bergakademie Freiberg auf. Während seines Aufenthaltes bietet Prof. Colombo verschiedene Vorlesungen und Workshops an, u.a. zum Thema „Additive Manufacturing of Ceramics using Inorganic Polymers“.

Prof. Colombo ist Fachexperte auf dem Gebiet zellulärer Materialien, insbesondere poröser und polymer-abgeleiteter Keramiken. Seine Forschungsschwerpunkte umfassen neue Prozessrouten für poröse Gläser und Keramiken, die Ent-

wicklung von keramischen Bauteilen aus präkeramischen Polymeren sowie die Verglasung und Wiederverwertung von gefährlichen industriellen und natürlichen Abfällen.

Mit der Unterstützung so genannter „Mercator Fellows“ fördert die Deutsche Forschungsgemeinschaft DFG einen intensiven und langfristigen Austausch mit Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern aus dem In- und Ausland. Dabei sind die Fellows teilweise vor Ort, stehen aber auch über die Dauer ihres Aufenthaltes hinaus mit den am Projekt Beteiligten in Kontakt. ■

Im Mai 2016 fand die „**International Spring School of AGH Krakow and CRC 920**“ statt. Auf Einladung des SFB 920 waren vom 23. bis 24. Mai 2016 Wissenschaftler des Department of Ceramics and Refractory Materials der Akademia Górniczo-Hutnicza AGH Krakow in Polen unter Leitung von **Prof. Jacek Szczerba** an der TU Bergakademie Freiberg zu Gast. Die gemeinsame Veranstaltung widmete sich dem Thema „Design and Application of Refractory Materials“.

Zur Eröffnung stellten die Gäste aus Polen ihre Forschungsergebnisse vor. Danach bestand die Möglichkeit zur Besichtigung des Instituts für Keramik, Glas-

und Baustofftechnik. Am zweiten Veranstaltungstag präsentierten Doktoranden des SFB 920 Arbeitsergebnisse zur Entwicklung innovativer Filterwerkstoffe, der Modellierung von Filterstrukturen und -systemen sowie zur Bestimmung von Filtereffizienz und relevanten Materialeigenschaften

In einem offiziellen Schreiben bedankt sich Prof. Jacek Szczerba von der AGH Krakow bei Prof. Christos G. Aneziris für den intensiven wissenschaftlichen Austausch. Beide Seiten begrüßen eine weitere Zusammenarbeit auf dem Gebiet der feuerfesten Materialien und deren industrieller Anwendungen für die Zukunft. ■

Doktorandinnen und Doktoranden, Teilprojektbearbeiter sowie Mitglieder des SFB 920 waren im Mai zu einem „Workshop Stahlherstellung“ bei der Salzgitter Flachstahl GmbH in Salzgitter eingeladen. Ziel der Veranstaltung war eine weiterführende Information und Schulung aller Mitarbeiter des SFB 920 auf dem Gebiet der Flachstahlherstellung.

Neben dem Besuch eines Automobilherstellers und einem Workshop zur

Stahlherstellung sollte der direkte Informations- und Erfahrungsaustausch die Zusammenarbeit der Teilprojekte fördern. Die Vorträge im Workshop wurden durch **Dipl.-Ing. Jens Pischke** und **Dr.-Ing. Annika Mertke** (beide Salzgitter Flachstahl GmbH) sowie **Dipl.-Ing. Steffen Dudczig** und **Dipl.-Ing. Anne Schmidt** (beide Doktoranden im SFB 920) gestaltet. ■

## MERCATOR FELLOW ZU GAST IM SFB 920



Foto: Prof. Dr. Paolo Colombo

## INTERNATIONAL SPRING SCHOOL



Foto: Prof. Aneziris (re.) und Prof. Szczerba (2. v. re.) leiteten die „International Spring School of AGH Krakow and CRC 920“

## WORKSHOP ZUR STAHLHERSTELLUNG



## AUS DEN ARBEITSGRUPPEN

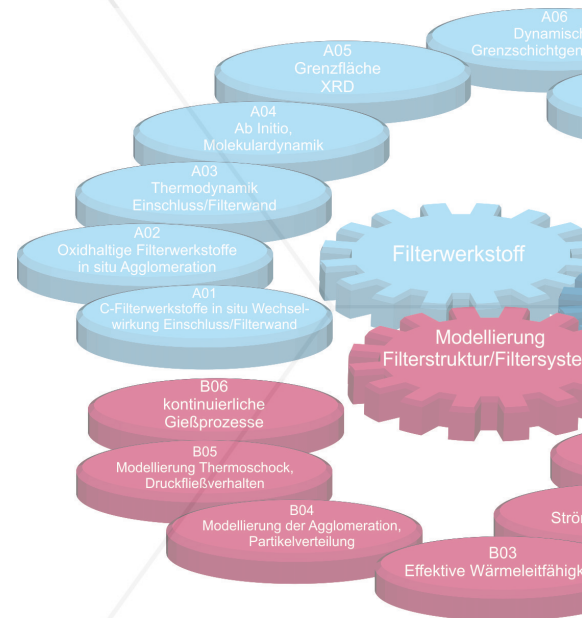
Die Forschungsarbeiten im SFB 920 werden von vier Arbeitsgruppen getragen. Sie sichern eine problemorientierte Arbeitsweise, eine enge Vernetzung der Teilprojekte und einen intensiven Austausch zwischen allen Beteiligten. Die Verantwortung zur Koordinierung der Arbeitsgruppen übernehmen Nachwuchswissenschaftler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

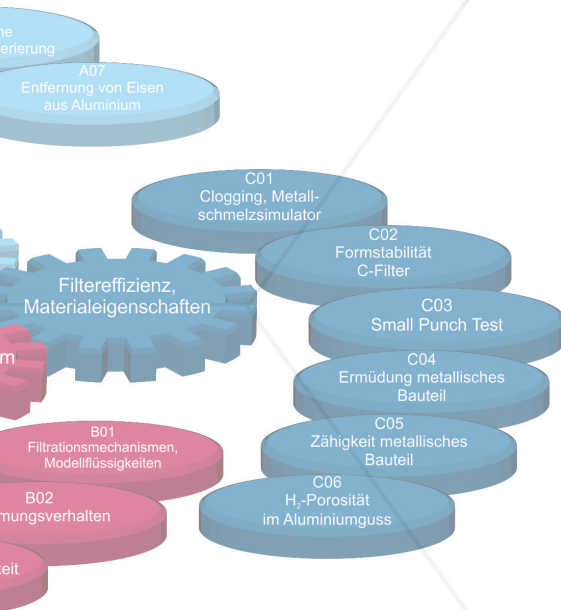
### Arbeitsgruppe 1: „Metallschmelze, Einschlüsse, aktiver/reaktiver Filterwerkstoff, Grenzflächendesign“ (Leitung: Dipl.-Ing. Tilo Zienert)

- Untersuchung des Einflusses des Kohlenstoffes in  $Al_2O_3$ -C beschichteten Filtern für die Stahlschmelzefiltration; kinetische Untersuchungen der Grenzflächenreaktion mittels Fingerversuchen im Stahlgussimulator mit unterschiedlichen Haltezeiten (10 s bis 120 s); folgende Untersuchungen von AZT- ( $Al_2O_3$ - $ZrO_2$ - $TiO_2$ ) basierten Beschichtungen (A01),
- Erstellung erster thermodynamischer Datensätze für die Grenzflächenreaktionen zwischen der Al-Schmelze und Filtern basierend auf  $Al_2O_3$ - $TiO_2$ - $ZrO_2$ ; Bestimmung der Wärmekapazität der intermetallischen Phasen  $FeAl_2$ ,  $Fe_2Al_5$  und  $Fe_4Al_{13}$  zwischen  $-120$  °C und den jeweiligen Schmelzpunkten (A03),
- strukturelle Untersuchungen von metastabilen Aluminiumoxiden, welche sich während des Übergangs von Böhmit zu Korund bilden, sowie die Bestimmung der thermischen Stabilität dieser Phasen (A05),
- Untersuchung der Stabilität metastabiler  $Al_2O_3$ -Phasen bei reduzierenden Prozessbedingungen oder in Kontakt mit Schmelze der Legierung AlSi7Mg; Herstellung und experimentelle Erprobung eines alternativen Sinterwerkzeugs aus  $ZrB_2$ ; erste Grenzflächenuntersuchungen nach dem Kontakt gradierter Filterstrukturen auf Basis kohlenstoffgebundenen Korunds mit schmelzflüssigem 42CrMo4 Stahl (A06),
- Messungen des Rauheitseinflusses auf Haftkräfte im Modellsystem mittels Proben aus A01 und A02 (B01),
- Durchführung der Fingertestversuche an prismenförmigen Proben bei gleichzeitiger Entnahme von Stahlproben (in Zusammenarbeit mit Prof. P. Colombo und A01), des Weiteren Entwicklung und Erprobung neuer Versuchsmethoden am Stahlgussimulator (C01),
- Durchführung von Experimenten zur Bestimmung der Reaktivität von Spodumen  $LiAl(Si_2O_6)$  mit gasförmigen Wasserstoff, Untersuchung von sowohl reinem Spodumen als auch in Verbund mit  $Al_2O_3$ , qualitativer Nachweis von Wasserstoff in den Reaktionsprodukten mittels SNMS als Vorarbeit zu einer entsprechenden Quantifizierung (C06).

### Arbeitsgruppe 2: „Modellierung und Auslegung der Filtergeometrie“ (Leitung: Dipl.-Ing. Eric Werzner)

- Überprüfung der Funktionalität von HT-CP-Cantilevern durch Messung von Kapillarkräften sowie Test eines ersten Prototyps zum Einsatz im HT-AFM mit schlecht benetzender Flüssigkeit (B01),
- Entwicklung und Bau eines Mikrobblasengenerators nach dem DESM-Prinzip (Dynamically Enhanced Static Membrane) zur Heteroagglomeration von hydrophoben  $Al_2O_3$ -Partikeln mit Mikrobblasen im Raumtemperatursystem (B04),
- Durchführung von Tests zur Festlegung von Prozessparametern für reproduzierbare Messungen des volumetrischen Wärmeübergangskoeffizienten während des Gießversuchs sowie Verbesserung der Versuchsanordnung zur Visualisierung der Schmelzefront und Messung der Permeabilität (B03),
- Generierung künstlicher Schaumstrukturen mit gezielt veränderten geometrischen Eigenschaften und numerische Untersuchung des thermomechanischen Verhaltens bei der Durchströmung mit Hilfe von FEM und LBM Simulationen (B05, B02),
- numerische Untersuchung der Strömung und Filtration im Stahlgussimulator unter Einbeziehung effektiver Filtereigenschaften aus detaillierten Simulationen auf Porenskala (B06, B02, C01, A01),
- Feste Integration der von S02 entwickelten Kompressionsbibliothek in den Simulationscode von B02, sowie Durchführung von Performancetests auf Clustern in Freiberg und Dresden.





#### Arbeitsgruppe 4: „Mechanische Eigenschaften, metallische Werkstoffe, kritische Einschlüsse“ (Leitung: Dipl.-Ing. Tim Lippmann)

- Verarbeitung des Stahlguss 18Cr-NiMo7-6 aus Untersuchungen am Stahlgussimulator hinsichtlich des Einflusses des Tiegelmaterials auf den Stahl; gewonnene Erkenntnisse sollen als Grundlage für die Entwicklung neuer Beschichtungen dienen (C01, C04, C05, S01),
- Verarbeitung des Stahlguss 42CrMo4 (2. Phase) aus Fingertestversuchen am Stahlgussimulator mit Variation der Tauchzeit und dem Einsatz von unbeschichteten als auch mit CNT beschichteten  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -C-Filter (A01, C01, C04, C05, S01),
- Weiterentwicklung der Präparations-technik für die Untersuchung von Mikrostruktur und Einschlüssen sowie zur Charakterisierung der Bildungsmechanismen nichtmetallischer Einschlusscluster (C04, S01),
- Untersuchungen an zwei ausgewählten Filtern zeigen, dass durch die Beschichtung von  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -C-Filtern mit Alumina kleinere, endogene Einschlüsse gefiltert werden können;

nen; durch Tiefenätzung freigelegte Einschlüsse im Stahlguss zeigen unterschiedliche Morphologien vom runden oder vermicularen Einzelpartikel hin zu korallenartigen Clustern, die durch die Erstarrung der Stahlschmelze gesintert wurden (A01, C04, S01),

- Planung von Aluminium-Gießversuchen mit der Firma Hydro Aluminium in Bonn; dazu steht eine Filtrations-teststrecke inkl. LiMCA und PoDFA zur Verfügung. Untersucht werden soll der Einfluss i) der Filterrauigkeit (09/2016) und ii) des Filtermaterials (02/2017) hinsichtlich der Bildungskinetik der Einschlüsse und der mechanischen Eigenschaften des gefilterten Materials (A02, C04, C05, S01, S02).

#### Arbeitsgruppe 3: „Thermomechanische Eigenschaften der Filterwerkstoffe und Filterstrukturen“ (Leitung: M. Sc. Henry Zielke)

- Auswertung der Filter nach Tauchversuchen im Stahlgussimulator („Fingertest“):  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -Beschichtung mit geringem C-Gehalt (4 Ma%) im Vergleich zu einer reinem  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -Beschichtung mit unterschiedlichen Tauchzeiten im Stahlgussimulator zur Beschreibung der Kinetik (A01),
- Ableitung der elastischen Eigenschaften aus experimentellen Daten von C02 und Anwendung auf künstlich generierte Schäume zur Modellierung von Schaumdruckversuchen (B05),
- Ermittlung der Druckverteilung in einer Aluminiumschmelze beim Durchströmen eines computer-generierten Schaumes in Kooperation mit Teilprojekt B02, welches die entsprechenden Temperatur- und Strömungsfelder berechnet,
- Untersuchungen des Einflusses des Herstellungsverfahrens der Kleinstproben auf die thermomechanischen Eigenschaften (C03),
- Implementierung von Akustischer Emission in die Versuchstechnik (C02),
- Prüfung von Filterstrukturen hinsichtlich ihrer mechanischen Eigenschaften bei hohen Temperaturen (C02),
- rechnerische Überprüfung der Vergleichbarkeit der experimentell ermittelten effektiven Druckfestigkeiten der Filter (C02) und Weibull-Festigkeiten aus Small Punch Tests (C03) mit Hilfe eines Kelvinzellmodells der Schaumfilterstruktur.

## MODELLSYSTEM ZUR ANALYSE VON PARTIKEL-SUBSTRAT-WECHSELWIRKUNGEN

Autorin: Lisa Ditscherlein  
(Teilprojekt B01)

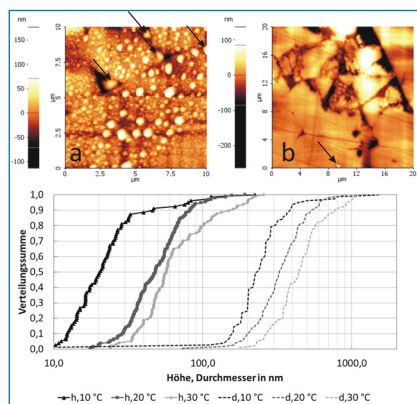


Abb. 1: Topografische Aufnahme einer hydrophoben  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -Oberfläche mit Nanobubbles (a) und einer hydrophilen Oberfläche (b) sowie Höhen- und Durchmesserverteilungen unterschiedlicher Substrattemperaturen auf hydrophobem  $\text{Al}_2\text{O}_3$ .

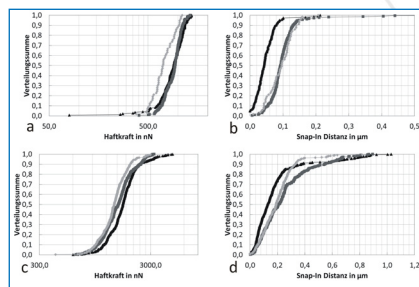


Abb. 2: Haftkraft- (a) und Snap-In-Distanzverteilungen (b) auf hydrophilen bzw. auf hydrophoben (c,d)  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -Oberflächen bei Substrattemperaturen von 10 °C (Dreieck), 20 °C (Quadrat) und 30 °C (Raute).

Teilprojekt B01 setzt sich mit dem verfahrenstechnischen Prozess der Partikelabscheidung und der Partikelhaftung in den technischen Filterstrukturen auseinander. Im Mittelpunkt stehen die Sinterung zwischen Partikel und Filteroberfläche sowie kapillare Verbindungen durch Mikro- und Mesoblasen als weitere die Haftkraft beeinflussende Mechanismen.

Auf hydrophilen und hydrophoben  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -Oberflächen wurde mittels Rasterkraftmikroskopie (AFM) die Bildung, Größen- und Haftkraftverteilung sowie Stabilität von nanoskaligen, kappenförmigen Blasen im Modellsystem mit Wasser untersucht. Dabei kann angenommen werden, dass Blasen auf der Filteroberfläche zur Erhöhung der Haftkraft beitragen und damit eine Partikelabscheidung während der Filtration begünstigen.

Zur Erzeugung der Blasen wurde demineralisiertes Wasser erhitzt. Infolge der Übersättigung mit gelöstem Gas kommt es bei hydrophoben  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -Oberflächen nach Ausbildung einer Wasserverarmungsschicht besonders an Rauheiten und in Poren zur Bildung von Blasen. Die Blasen bedecken nahezu die gesamte Substratoberfläche und weisen Höhen  $< 260$  nm und Durchmesser  $< 1500$  nm auf (Abbildung 1). Es kann dabei eine Temperaturabhängigkeit der Blasengröße beobachtet werden. Ganz anders verhält es sich auf gut benetzenden  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -Oberflächen: Trotz hoher Gasübersättigung bilden sich kaum Blasen, da eine Blasenformation hier energetisch ungünstig ist. Es können nur vereinzelt Blasen in Poren detektiert werden, wo diese an die Substratoberfläche gepinnt sind.

Neben topografischen Aufnahmen wurden Haftkraftverteilungen auf den Substraten mittels colloidal probe-AFM aufgenommen. Während die Haftkräfte bei hydrophilen  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -Substraten enger zwischen 380 und 1330 nN liegen, sind die attraktiven Kräfte auf hydrophoben  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -Oberflächen nicht nur größer, sondern breit verteilt (640–4730 nN). Die Ursache hierfür findet sich in der Größenvariation der Blasen, da kleine Blasen kleinere und große Blasen höhere Kapillarkräfte hervorrufen. Interessant ist auch die inverse Temperaturabhängigkeit, welche im Widerspruch zu topografischen Aufnahmen steht. Dies spiegelt sich eben-

so in den gemessenen Snap-In-Distanzen, welche den Höhen der nanoskaligen Blasen gleichzusetzen sind, wider: Die auf den hydrophoben Oberflächen gemessenen Snap-Ins weisen Distanzen bis 1100 nm ohne signifikanten Temperatureinfluss auf, was den Höhenverteilungen der topografischen Aufnahmen widerspricht. Es ist davon auszugehen, dass sich aufgrund des hohen Bedeckungsgrades mit Blasen diese nach einiger Zeit vom Substrat lösen und am Partikel haften bleiben, wodurch der Nachweis eines signifikanten Temperatureinflusses erschwert wird. Demnach sind die sehr hohen Haftkräfte eine Folge der Kapillarbrückenausbildung einer Blase auf der Substrat- und einer Blase auf der Partikeloberfläche. Um Vergleichen zu können, wurden viele Haftkraftmessungen auf hydrophilen Oberflächen durchgeführt, bis eine statistisch robuste Anzahl an Kurven mit Snap-Ins, also Blasen, erzielt wurde. Die aufgetragenen Snap-In-Distanzverteilungen entsprechen den typischen Höhen der detektierten Nanobubbles und auch der Temperatureinfluss kann beobachtet werden, was letztlich die getroffene Annahme der Blase am Partikel bei hydrophoben Oberflächen unterstützt (Abbildung 2).

Eine Detektion von Blasen auf noch raueren  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -Oberflächen ist sehr schwierig, da kleine Partikel nicht eindeutig von Blasen unterschieden werden können. Deshalb werden zwei Phasenkontrastaufnahmen der Hin- bzw. Rückbewegung des Cantilevers kombiniert, um Höheneffekte zu minimieren und weiche (Blasen) von harter Materie ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ -Partikel) eindeutig zu unterscheiden. Ein Abrastern der Probenoberfläche zeigt, dass Blasen bei einer Kontaktkraft von 40 nN nur stabil in Rauheiten verweilen, jedoch auf glatteren Bereichen abgelöst werden. Für die Schmelzfiltration könnte sich demnach eine Anpassung der Oberfläche als wichtiger Faktor zur Effizienzsteigerung erweisen. ■

## EINFLUSS VON BENETZUNGSEIGENSCHAFTEN AUF HAFTKRÄFTE ZWISCHEN PRIMÄRPARTIKELN

**Teilprojekt B04 untersucht die Agglomerationseigenschaften der partikulären Verunreinigungen. Ziel ist es dabei, Agglomerate zu erzeugen, die bei dem anschließenden Filtrationsprozess effizient entfernt werden können. Somit leistet das Teilprojekt einen direkten Beitrag zur Erfüllung der Filtrationsanforderungen.**

Um die Entstehung als auch die Stabilität der Agglomerate zu verstehen, sind Kenntnisse über die Haftkräfte zwischen den Primärpartikeln von entscheidender Bedeutung. Eine große Rolle spielt dabei das Benetzungsverhalten der Schmelzen. Auf Grund der hohen Oberflächenspannung der flüssigen Metalle bilden diese gegen die verwendeten keramischen Filteroberflächen sehr hohe Kontaktwinkel aus. Ein Ziel der Untersuchungen ist es daher, den Einfluss der Benetzungseigenschaften auf die Haftkräfte mit Hilfe eines Modellsystems bei Raumtemperatur zu erforschen.

Die Ergebnisse der mit Hilfe der colloidal probe-Rasterkraftmikroskopie durchgeführten experimentellen Untersuchungen haben dabei gezeigt, dass nicht nur die Haftkräfte, sondern auch die Haftmechanismen durch die Benetzung beeinflusst werden. Eine besondere Rolle spielen dabei nanoskalige Gasblasen auf den keramischen Oberflächen. Diese Blasen, auf Grund ihrer Abmaße auch Nanobubbles genannt, können bei Kontakt mit einer weiteren Oberfläche zur Ausbildung von Kapillarbrücken beitragen und somit die wirkenden Haftkräfte signifikant erhöhen. Wie in Abbildung 1a zu erkennen, sind Partikelwechselwirkungen bei denen Kapillarbrücken detektiert wurden im Schnitt um den Faktor 2 größer als bei Interaktionen ohne Kapillarkräfte. Weiterhin zeigt sich in Abbildung 1b, dass das Auftreten der kapillaren Haftkräfte mit besserer Benetzung stetig abnimmt. Die Einteilung der Haftmechanismen wurde dabei mit Hilfe eines im Projekt entwickelten MATLAB-Programms durchgeführt. Dieses unterscheidet auf Basis des gemessenen Kurvenverlaufes, ob es sich bei den gemessenen Interaktionen um Kapillarkräfte handelt oder nicht. Zu erkennen ist dies beispielsweise an hohen snap-in Distanzen und ein stufenähnliches Ablösen während des Zurückziehens [2, 3].

Ein weiterer Fortschritt wurde im Bereich der Modellierung der gemessenen Haftkraftverteilungen erreicht. Für den Fall, dass die Kräfte auf van der Waals-Kräften basieren, wurde ein Modell entwickelt, welches auf Grundlage der einfach zu bestimmenden *rms*-Rauheit der Filteroberflächen eine Vorhersage der zu erwartenden Haftkraftverteilungen zulässt. Dies trifft wie in Abbildung 2 zu sehen sowohl für die Breite, als auch für die Absolutwerte der Verteilung zu. Geringere Abweichungen sind nur an den Randbereichen der Verteilungen zu erkennen. Da das Modell auf einfachen geometrischen Formen beruht, ist eine Übertragbarkeit auf weitere Oberflächenkräfte ohne Probleme möglich [1].

Durch die Kombination der Auftrittswahrscheinlichkeit der verschiedenen Haftmechanismen mit der Verteilung der Haftkräfte sind Voraussagen für interpartikuläre Haftkräfte möglich. In Verbindung mit den simulierten Strömungsprofilen aus den Projekten B02 und B06 ist damit die Untersuchung der gezielten Bildung von Agglomeraten unterschiedlicher Größe und Struktur möglich. ■

Autor: Jörg Fritzsche  
(Teilprojekt B04)

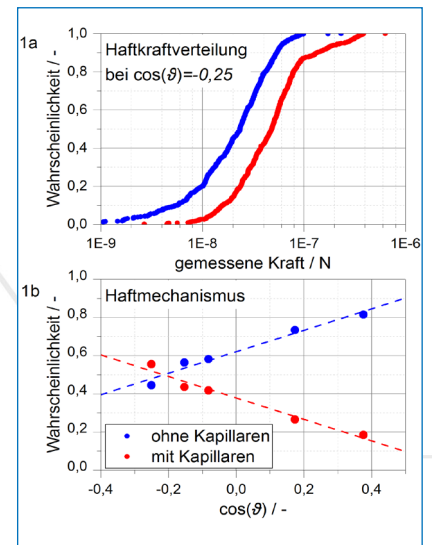


Abb. 1: Verteilung der ermittelten Haftkräfte, eingeteilt in die Haftmechanismen (oben) und die Wahrscheinlichkeit der einzelnen Mechanismen (unten) nach [2, 3].

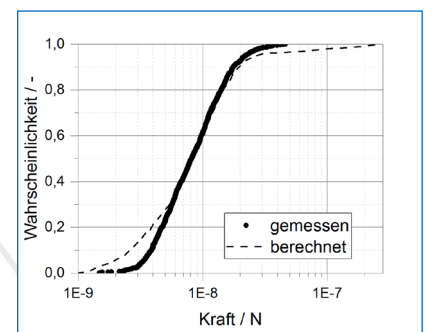


Abb. 2: Gemessene und modellierte Haftkraftverteilungen für trockenes Aluminiumoxid nach [1].

Literatur:

- [1] J. Fritzsche, U. A. Peuker, Powder Technol. 2016, 289, 8.
- [2] J. Fritzsche, U. A. Peuker, Colloids Surf., A 2014, 459, 166.
- [3] J. Fritzsche, U. A. Peuker, Procedia Engineering 2015, 102, 45.

## AKTUELLE PUBLIKATIONEN

### Projektbereich A - Filterwerkstoffe

#### Teilprojekt A01

Schmidt, A., Hubálková, J., Gehre, P., Aneziris, C. G. (2016): The impact of the carbon content on the properties of carbon-bonded alumina filters for steel melt filtration. 91. DKG Annual Conference and Symposium on High-Performance Ceramics 2016, 07.03.-09.03.2016, TU Bergakademie Freiberg.

Storti, E., Dudczig, S., Emmel, M., Colombo, P., Aneziris, C. G. (2016): Functional Coatings on Carbon-Bonded Ceramic Foam Filters for Steel Melt Filtration. steel research international, accepted: 07.01.2016, DOI 10.1002/srin.201500446.

Storti, E., Roso, M., Modesti, M., Aneziris, C. G., Colombo, P. (2016): Preparation and morphology of magnesium borate fibers via electrospinning. Journal of the European Ceramic Society, Vol. 36 (2016), pp. 2593-2599, DOI 10.1016/j.jeurceramsoc.2016.02.049.

Storti, E., Dudczig, S., Schmidt, G., Colombo, P., Aneziris, C. G. (2015): Short-time performance of MWCNTs-coated  $Al_2O_3$ -C filters in a steel melt. Journal of the European Ceramic Society, Vol. 36, Iss. 3, February 2016, pp 857-866, DOI 10.1016/j.jeurceramsoc.2015.10.036.

#### Teilprojekt A02

Le Brun, P., Taina, F., Voigt, C., Jäckel, E., Aneziris, C. G. (2016): Assessment of Active Filters for High Quality Aluminium Cast Products, 2016 TMS Annual Meeting & Exhibition, Symposium: Cast Shop Technology, February 14-18, 2016, Nashville, TN, USA, in: Light Metals 2016 (ed E. Williams), John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, NJ, USA. DOI 10.1002/9781119274780.ch133.

Sarkar, N., Park, J. G., Mazumder, S., Aneziris, C. G., Kim, I.J. (2015): Processing of particle stabilized  $Al_2TiO_5$ - $ZrTiO_4$  foam to porous ceramics. Journal of the European Ceramic Society, Vol. 35, Iss. 14, November 2015, pp. 3969-3976, DOI 10.1016/j.jeurceramsoc.2015.07.004.

Sarkar, N., Park, J. G., Mazumder, S., Pokhrel, A., Aneziris, C. G., Kim, I.J. (2015):  $Al_2TiO_5$ -mullite porous ceramics from particle stabilized wet foam. Ceramics International, Vol. 41, Iss. 4, Part A, June 2015, pp. 6306-6311, DOI 10.1016/j.ceramint.2015.01.056.

Sarkar, N., Park, J. G., Mazumder, S., Pokhrel, A., Aneziris, C. G., Kim, I. J. (2015): Influence of amphiphile on foam stability of  $Al_2O_3$ - $SiO_2$  colloidal suspension to porous ceramics. Journal of Ceramic Processing Research, Vol. 16, Iss. 4, 14. September 2015, pp. 392-396.

Voigt, C., Aneziris, C. G. (2016): Ceramic foam filter for the filtration of aluminum with different surface chemistries. ICACC 2016 - 40th International Conference and Expo on Advanced Ceramics and Composites, 24.-29. January 2016, Daytona Beach, USA, Abstract-ID: 2455741.

Voigt, C., Aneziris, C. G., Hubálková, J. (2015): Rheological characterization of slurries for the preparation alumina foams via replica technique. Journal of the American Ceramic Society, Vol. 98, Iss. 5, pp. 1460-1463, DOI 10.1111/jace.13522.

#### Teilprojekt A03

Dreval, L., Zienert, T., Fabrichnaya, O. (2015): Calculated phase diagrams and thermodynamic properties of the  $Al_2O_3$ - $Fe_2O_3$ -FeO system. Journal of Alloys and Compounds, Vol. 657, 5 February 2016, pp. 192-214, DOI 10.1016/j.jallcom.2015.10.017.

#### Teilprojekt A04

Amirkhanyan, L., Kortus, J. (2016): First principles investigations on intermetallic  $\epsilon$ - $Al_5Fe_2$  phase. Verhandlungen der Deutschen Physikalischen Gesellschaft, Regensburg 2016, 06.-11.03.2016, Vortrag MM 35.4.

### Projektbereich B - Modellierung Filterstruktur/Filterssystem

#### Teilprojekt B01

Ditscherlein, L., Fritzsche, J., Peuker, U. A. (2016): Study of nanobubbles on hydrophilic and hydrophobic alumina surfaces. Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects, Vol. 497 (2016), pp. 242-250, DOI 10.1016/j.colsurfa.2016.03.011.

Heuzeroth, F., Fritzsche, J., Wertzner, E., Mendes, M. A. A., Peuker, U. A., Ray, S., Trimis, D. (2015): Viscous force - An important parameter for the modelling of deep bed filtration in liquid media. Powder Technology, Vol. 283, October 2015, pp. 190-198. DOI 10.1016/j.powtec.2015.05.018.

Peuker, U. A., Heuzeroth, F., Fritzsche, J., Wertzner, E., Mendes, M., Trimis, D., Ray, S. (2016): Depth Filtration in Liquid Media - A New Approach to Estimate the Filtration Efficiency Based on the Calculated Impact and Measured Adhesion Probability. 12th World Filtration Congress - WFC 12, April 11-15, 2016, Taipei, Taiwan.

#### Teilprojekt B02

Mendes, M., Roessger, P., Gross, U., Wulf, R., Trimis, D., Ray, S., Goetze, P., Talukdar, P., Wertzner, E., Demuth, C. (2016): Measurement and simplified numerical prediction of effective thermal conductivity of open-cell ceramic foams at high temperature. International Journal of Heat and Mass Transfer, accepted: 08.06.2016, DOI 10.1016/j.ijheatmasstransfer.2016.06.017.

#### Teilprojekt B03

Vijay, D., Goetze, P., Wulf, R., Gross, U. (2015): Forced convection through open cell foams based on homogenization approach: Steady state analysis, International Journal of Thermal Science, Vol. 98, December 2015, pp. 381-394, DOI 10.1016/j.ijthermalsci.2015.07.017.

Vijay, D., Goetze, P., Wulf, R., Gross, U. (2015): Forced convection through open cell foams based on homogenization approach: Transient analysis, International Journal of Thermal Science, Vol. 98, December 2015, pp. 395-408, DOI 10.1016/j.ijthermalsci.2015.07.013.

#### Teilprojekt B04

Fritzsche, J., Peuker, U.A. (2015): Modeling adhesive force distributions on highly rough surfaces. Powder Technology, Vol. 289, February 2016, pp. 88-94, DOI 10.1016/j.powtec.2015.11.057.

Knüpfer, P., Fritzsche, J., Peuker, U.A. (2016): Bestimmung von Wechselwirkungen an Fluid-Fluid-Grenzflächen mittels Rasterkraftmikroskopie. Jahrestreffen der ProcessNet-Fachgruppen „Extraktion und Grenzflächenbestimmte Systeme und Prozesse“, 14. - 15. März 2016, Weimar, Vortrag-Nr. 2945.

#### Teilprojekt B05

Settgast, C., Abendroth, M., Kuna, M. (2015): Fracture mechanical analysis of open cell ceramic foams under multi axial mechanical loading. Archiv of Applied Mechanics, Special Issue, pp. 1-15. DOI 10.1007/s00419-015-1107-3.



Settgast, C., Abendroth, M., Kuna, M. (2016): Bruchmechanische Analyse von offenzelligen keramischen Schäumen, Fracture mechanical analysis of open cell ceramic foams. 48. Tagung des DVM-Arbeitskreises Bruchvorgänge und Bauteilsicherheit, 16.-17.02.2016, DVM-Bericht 248 (2016), pp. 51-60, ISSN 2366-4797.

Storm, J., Abendroth, M., Kuna, M. (2016): Numerical and analytical solutions for anisotropic yield surfaces of the open-cell Kelvin foam. International Journal of Mechanical Sciences, Vol. 105, pp. 70-82, January 2016, DOI 10.1013/j.ijmecsci.2015.10.014.

Storm, J., Abendroth, M., Kuna, M.E., Aneziris, C. G. (2015): Influence of curved struts, anisotropic pores and strut cavities on the effective elastic properties of open-cell foams, Mechanics of Materials, Vol. 86, Juli 2015, pp. 1-10, DOI 10.1016/j.mechmat.2015.02.012.

Zhang, D., Abendroth, M., Kuna, M., Storm, J. (2015): Multi-axial brittle failure criterion using Weibull stress for open Kelvin cell foams, International Journal of Solids and Structures, Vol. 75-76, 1 December 2015, pp. 1-11, DOI 10.1016/j.ijsolstr.2015.04.020.

#### Teilprojekt B06

Asad, A., Kratzsch, Ch., Schwarze, R. (2015): Application of the discrete phase model in metallurgical processes. 14th Workshop on Two-Phase Flow Predictions, 07. - 10. 09.2015, MLU Halle-Wittenberg.

#### Projektbereich C - Filtereffizienz, Materialeigenschaften

##### Teilprojekt C02

Solarek, J., Bachmann, J., Klemm, Y., Biermann, H., Aneziris, C. G. (2016): High-temperature compression deformation behaviour of fine-grained carbon bonded alumina. Journal of the American Ceramic Society, January 2016, pp. 1-8, DOI 10.1111/jace.14070.

##### Teilprojekt C03

Zielke, H., Abendroth, M., Kuna, M. (2016): Bestimmung der bruch- und schädigungsmechanischen Eigenschaften keramischer Filterwerkstoffe aus Kleinstproben, Determination of fracture and damage mechanical properties of ceramic filter materials using miniaturized specimens. 48. Tagung des DVM-Arbeitskreises Bruchvorgänge und Bauteilsicherheit, 16.-17.02.2016, DVM-Bericht 248 (2016), pp. 61-70, ISSN 2366-4797.

#### Teilprojekt C04

Krewerth, D., Lippmann, T., Weidner, A., Biermann, H. (2015): Application of full-surface view in situ thermography measurements during ultrasonic fatigue of cast steel G42CrMo4. International Journal of Fatigue, Vol. 80, November 2015, pp. 459-467, DOI 10.1016/j.ijfatigue.2015.07.013

Krewerth, D., Lippmann, T., Weidner, A., Biermann, H. (2016): Influence of non-metallic inclusions on fatigue life in the very high cycle fatigue regime. International Journal of Fatigue, Vol. 84 (2016), pp. 40-52, DOI 10.1016/j.ijfatigue.2015.11.001.

Weidner, A., Krewerth, D., Witschel, B., Emmel, M., Schmidt, A., Gleinig, J., Aneziris, C. G., Biermann, H. (2016): Microstructure of non-metallic inclusions identified in cast steel 42CrMo4 after metal melt filtration by novel foam filters. Steel Research International, Special Issue: 250 Years of TU Bergakademie Freiberg, accepted: 16.03.2016, DOI 10.1002/srin.201500462.

#### Teilprojekt C05

Henschel, S., Krüger, L. (2015): Deflection measurement in low-blow Charpy impact tests, MP Materials Testing 57 (10), pp. 837-842, DOI 10.3139/120.110785.

Henschel, S., Krüger, L. (2015): Dynamic crack initiation measurements in a four-point split Hopkinson bending device. Engineering Fracture Mechanics, Vol. 133, January-December 2015, pp. 62-75, DOI 10.1016/j.engfrac-mech.2015.05.020.

Henschel, S., Krüger, L. (2015): Effect of inhomogeneous distribution of non-metallic inclusions on crack path deflection in G42CrMo4 steel at different loading rates. Fracture and Structural Integrity 34, pp. 326-333, DOI 10.3221/IGF-ESES.34.35.

Henschel, S., Krüger, L. (2016): Analyse der Probendurchbiegung während dynamischer Bruchmechanikversuche am instrumentierten Pendelschlagwerk, Analysis of deflection of dynamic fracture mechanics tests in an instrumented Charpy impact testing machine. 48. Tagung des DVM-Arbeitskreises Bruchvorgänge und Bauteilsicherheit, 16.-17.02.2016, Freiburg, DVM-Bericht 248 (2016), pp. 151-160.

Henschel, S., Krüger, L. (2016): Modelling of crack initiation in a G42CrMo4 steel with non-metallic inclusions. Steel Research International, Vol. 87, Iss. 1, 2016, pp. 29-36, DOI 10.1002/srin.201400567.

Krüger, L., Ehinger, D., Henschel, S. (2016): Festigkeits-, Verformungs- und Versagensverhalten ausgewählter Werkstoffe bei unterschiedlichen Beanspruchungsgeschwindigkeiten. In: U. Groß (Ed.): Glanzlichter der Forschung an der TU Bergakademie Freiberg – 250 Jahre nach ihrer Gründung. Chemnitz: Chemnitzer Verlag, S. 247-255, ISBN 978-3-944509-26-6.

#### Übergreifende Teilprojekte

##### Teilprojekt S01

Moritz, K., Ballaschk, U., Schmidt, G., Hubalkova, J., Aneziris, C. G. (2015): Oxide ceramics with unidirectional pore channels by electrophoretic deposition. Journal of the European Ceramic Society, Vol. 36, Iss. 2, January 2016, pp. 333-341, DOI 10.1016/j.jeurceramsoc.2015.07.006.

##### Teilprojekt S02

Lehmann, H., Wertzner, E., Degenkolb, C., Ray, S., Jung, B. (2016): Optimizing In-Situ Data Compression for Large-Scale Scientific Simulations. 24th High Performance Computing Symposium, Spring Simulation Multi-Conference (HPC/Spring Sim 2016), April 3 - 6, 2016, Pasadena, CA, USA.

## ERFOLGREICHE PROMOTION

Am 30. Mai 2016 verteidigte Frau Dipl.-Ing. Claudia Voigt, Doktorandin im Teilprojekt A02 des SFB 920, erfolgreich ihre Dissertation mit dem Titel **„Oberflächen-funktionalisierte Schaumkeramikfilter für die Aluminiumschmelzefiltration“**. In ihrer Arbeit untersuchte Claudia Voigt Filter mit fünf verschiedenen oxidischen Oberflächen-Chemien in zwei unabhängigen Versuchen hinsichtlich ihrer Filtrationseigenschaften. Damit wird ein besseres Verständnis des Einflusses des Filtermaterials auf die Filtrationseffizienz möglich.



Foto: Claudia Voigt (Mitte) mit Prof. Gotthard Wolf (li.) und Prof. Christos G. Aneziris (re.).

Claudia Voigt stellte ihre Forschungsergebnisse u.a. auf der weltweit größten Konferenz zum Thema Keramik, der ICACC, in den USA vor. Sie war die einzige deutsche Nachwuchswissenschaftlerin, die eines der begehrten Reisestipendien der European Ceramic Society erhielt, um an dem **ACers Winter Workshop** der American Ceramic Society teilzunehmen.

## DKG-JAHRESTAGUNG

Im März 2016 fand die Jahrestagung der DKG an der TU Bergakademie Freiberg statt. Unter dem Motto **„Werkstoff der Menschheit“** informierten sich die 320 Tagungsteilnehmer aus 14 Ländern in parallel veranstalteten Sessions über den aktuellen Stand der Forschung. Die Themen erstreckten sich von Funktionskeramik über Hochleistungskeramik und Biokeramik bis hin zu Verfahrenstechnik und additiver Fertigung. Dabei ging es um Grundlagenforschung, aber auch industrielle Anwendungen.

In mehreren Vorträgen präsentierten Spitzenforscher auf dem Gebiet den aktuellen Stand der Forschung. Darunter waren der **Leibniz-Preisträger Prof. Peter Greil von der Universität Erlangen-Nürnberg**, der meistzitierte Keramikwissenschaftler Prof. Dr. Boccaccini, ebenfalls Universität Erlangen-Nürnberg, Prof. Thomas Graule, EMPA Schweiz, Dr. Michal Přebyl, Präsident der Tschechischen Silikatgesellschaft sowie Prof. Pavol Šajgalík, Präsident der Slowakischen Akademie der Wissenschaften.

Abgerundet wurde die Jahrestagung der Deutschen Keramikgesellschaft mit einem Empfang in der „terra mineralia“ und einem Gesellschaftsabend im Ballhaus Tivoli, im Rahmen dessen verdienstvolle Wissenschaftler geehrt wurden. ■

## KONFERENZEN UND CALLS FOR PAPERS

**6. International Congress on Ceramics - ICC 6:** 21.-25.08.2016, Dresden, weitere Informationen unter: <http://www.icc-6.com>.

**International Spring School of UFSCar Sao Paulo and CRC 920:** 26.-27.09.2016, Freiberg

**Materials Science and Engineering MSE 2016:** 27.-29.09.2016, Darmstadt, weitere Informationen unter: <http://www.mse-congress.de>.

**59. Internationales Feuerfestkolloquium Aachen:** 28.-29.09.2016, Aachen, weitere Informationen unter: <http://www.feuerfest-kolloquium.de/>.

**FILTECH 2016:** 11.-13.10.2016, Köln, weitere Informationen unter <http://www.filtech.de/>.

**4. CellMat 2016 mit „Special Session CRC 920“:** 07.-09.12.2016, Dresden, weitere Informationen unter: <http://cellmat.dgm.de/home>.

**7. Freiburger Feuerfestforum:** 14.12.2016, Freiberg.

## 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 & Medien  
Fachgebiet Marketing  
Langwiesener Straße 22, 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. 10, Heft 01/2016

ERSCHEINUNGSWEISE: halbjährlich

