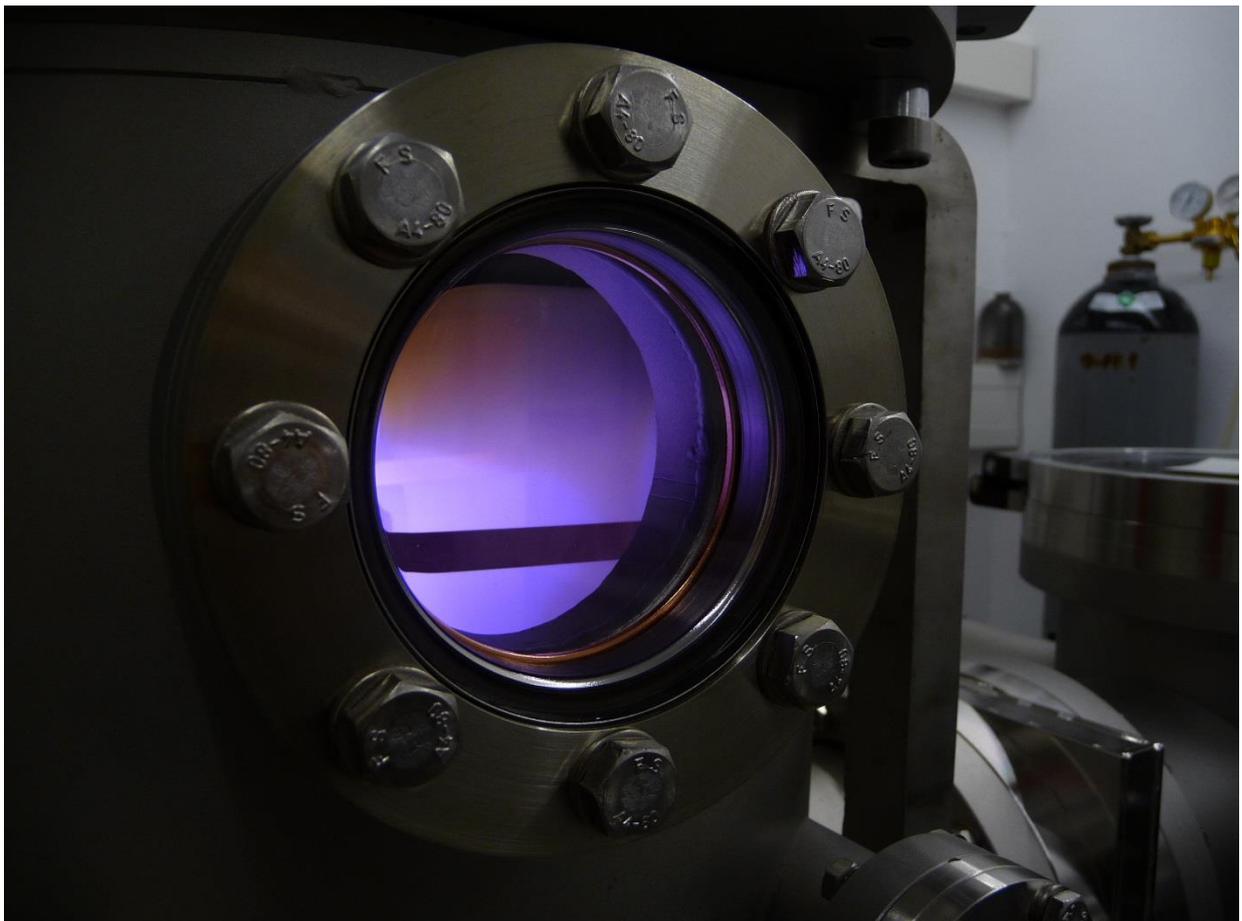


# DER SEGERKEGEL

*Mitteilungen aus dem Institut  
für Nichtmetallische Werkstoffe*



Mitteilungen aus dem  
**Institut für Nichtmetallische Werkstoffe**  
der Technischen Universität Clausthal

Heft 41

Dezember 2017

Institut für Nichtmetallische Werkstoffe  
Technische Universität Clausthal  
Zehntnerstraße 2a  
38678 Clausthal-Zellerfeld

Internet: <http://www.naw.tu-clausthal.de>

# Inhaltsverzeichnis

<b>VORWORT</b> .....	<b>1</b>
<b>1 LEHRE</b> .....	<b>2</b>
1.1 WISSENSCHAFTLICHES PERSONAL MIT LEHRAUFGABEN .....	2
1.2 BACHELOR- UND MASTERSTUDIUM .....	2
1.2.1 Lehrveranstaltungen .....	2
1.2.2 Projektarbeiten und Forschungspraktika .....	3
1.2.3 Bachelorarbeiten .....	5
1.2.4 Masterarbeiten .....	12
1.2.5 Dissertationen .....	16
1.3 PROMOTIONSSTUDIUM .....	20
1.3.1 Promotionskolleg Materialien und Prozesse (MP-Kolleg) .....	20
1.4 EXKURSIONSBERICHTE .....	21
<b>2 FORSCHUNG</b> .....	<b>24</b>
2.1 MITARBEITER .....	24
2.2 FORSCHUNGSFELDER .....	25
2.3 FÖRDERUNG .....	26
2.3.1 Öffentlich geförderte Forschungsprojekte .....	26
2.3.2 Industrielle Forschungsprojekte .....	27
2.4 KONFERENZBEITRÄGE (VORTRAG UND POSTER) .....	27
2.5 VERÖFFENTLICHUNGEN .....	29
2.5.1 Artikel in referierten Fachzeitschriften .....	29
2.5.2 Artikel in Konferenzbänden und nicht referierten Fachzeitschriften .....	30
2.5.3 Bücher, Buchartikel, digitale Veröffentlichungen .....	31
2.6 CLAUSTHALER BEITRÄGE IN SEGOVIA AUSGEZEICHNET .....	31
<b>3 NACHRICHTEN</b> .....	<b>34</b>
3.1 ARBEITSTAGUNG GLAS-KERAMIK-BINDEMittel 2017 .....	34
3.2 VERLEIHUNG DIAMANTENES DIPLOM .....	35
3.3 BEIRAT .....	36
3.4 ORGANISATIONSVERÄNDERUNG IM BEREICH DER NIEDERSÄCHSISCHEN MATERIALPRÜFUNG .....	36
3.5 ZUKUNFTSTAG 2017 .....	37
3.6 MATERIALFORSCHUNG IN DER SCHWERELOSIGKEIT – DANK KOOPERATION ZWISCHEN TU CLAUSTHAL, DLR UND BAM .....	37
3.7 PARABELFLUG: TU CLAUSTHAL UND BAM TESTEN 3D-DRUCK IN DER SCHWERELOSIGKEIT .....	39
3.8 ICG SOMMER SCHOOL 2017 IN MONTPELLIER .....	40
3.9 EXKURSION MP-KOLLEG .....	41
3.10 NEUER TISCHKICKER IM LEBENDIGEN LERNORT DER NICHTMETALLISCHEN WERKSTOFFE – DIE WORK- LIFE-BALANCE FÄNGT SCHON IN DER UNI AN .....	42
3.11 WANDERTAG 2017 .....	43
<b>4 NACHRUFE</b> .....	<b>45</b>
<b>ADRESSEN EHEMALIGER</b> .....	<b>46</b>

## VORWORT

Liebe Ehemalige und Freunde des Instituts für Nichtmetallische Werkstoffe,

das diesjährige Titelbild beweist, dass in unserem Institut immer noch ein Licht brennt! Allen Unkenrufen zum Trotz sind wir weiterhin eines der forschungstärksten Institute der Clausthaler Alma Mater. Damit das so bleibt, dürfen wir nicht nachlassen unsere Kontakte, Kooperationen und Förderungen mit Ihnen zu pflegen und weiter auszubauen. Diese helfen uns sehr neue Forschungsprojekte zu initiieren auf die wir in Zukunft immer mehr angewiesen sind.

Es nutzt nichts, den Wegfall der Keramik zu beweinen und wir werden es auch in diesem Jahr nicht schaffen, den Fuß des TU Präsidenten in unser Institut zu lenken. Denn der Fokus der Universität entfernt sich leider immer weiter von den Themen unseres Instituts, sei es durch Schaffung neuer Organisationsstrukturen oder fachlich weit entfernten Forschungsschwerpunkten. Dies macht es für uns zunehmend schwerer, Personalzusagen und interne Mittel dauerhaft festzuschreiben zu lassen. Neues Ungemach droht bereits von der künftigen Governance Struktur, die den Verteilungskampf um schwindende Personal- und Betriebsmittel weiter in die Institute hineinragen wird.

Deshalb nur kurz schütteln und los geht's schon ins Neue Jahr mit spannender Forschung, fachkundiger Lehre und stets motivierten Mitarbeitern, die mich jeden morgen gerne wieder in den Bus nach Clausthal steigen lassen.

Ihnen allen eine frohe Weihnachtszeit und einen guten Start in das neue Jahr 2018.  
Glückauf!

Ihr



Pof. Dr.-Ing. habil. Joachim Deubener  
Geschäftsführender Direktor

Auch dem 41. Segerkegel haben wir einen Überweisungsträger beigelegt. Das Ausstellen einer Spendenquittung ist eines unserer leichtesten Übungen!

Spendenkonto:

Geldinstitut: Sparkasse Hildesheim-Goslar-Peine

BIC: NOLADE21HIK

IBAN: DE85 2595 0130 0000 0004 22

# 1 LEHRE

## 1.1 Wissenschaftliches Personal mit Lehraufgaben

ordentliche Professoren	J. Deubener / A. Wolter
Professoren (Apl., Sonder.)	J. Günster / V. Rupertus / M. Schmücker
entpflichtete Professoren	J.G. Heinrich / H.J. Barklage-Hilgefort / W. Beier
Honorarprofessoren	A. Eschner / M. Schneider / E. Seitz
Lehrbeauftragte	J. Wendel / N. Wruk /
Wiss. Mitarbeiter (Landesstellen)	O. Bauer / H. Bornhöft / G. Hensch / S. Krüger / T. Mühler (CZM) / J. Thiess

## 1.2 Bachelor- und Masterstudium

### 1.2.1 Lehrveranstaltungen

Das Institut für Nichtmetallische Werkstoffe ist mit seinem Studienangebot in die Bachelor- und Masterstudiengänge „Materialwissenschaft und Werkstofftechnik“ der Technischen Universität Clausthal eingebunden. Im Wintersemester 16/17 bzw. Sommersemester 17 wurden folgende Lehrveranstaltungen angeboten:

#### *Pflichtbereich:*

Materialwissenschaft I	Vorlesung / Übung	Krüger
Werkstofftechnik II	Vorlesung	Deubener / Wolter / Ziegmann
Werkstoff- u. Materialanalytik II	Vorlesung / Übung	Rupertus
Werkstofftechnik	Praktikum	Deubener / Wolter / Steuernagel/ Ziegmann und Mitarbeiter
Werkstoffkunde II	Vorlesung	Deubener / Meiners/ Wolter / Ziegmann

#### *Wahlpflichtbereich:*

Baustofflehre	Vorlesung / Übung	Wolter / Thiess
Branchenstrukturen	Seminar	Wolter
Feuerfeste Materialien	Vorlesung	Tonnesen
Gläser für Elektrotechnik und Elektronik	Vorlesung	Beier
Gläser in Energie- und Umwelttechnik	Vorlesung	Deubener
Grundlagen Bindemittel + Baust.	Vorlesung	Wolter
Grundlagen Bindemittel II	Vorlesung / Exkursion	Schneider
Grundlagen Glas	Vorlesung	Hensch / Bornhöft

Innov. Nichtm.Wkst. + Bauw.	Vorlesung / Übung	Bornhöft / Ziegmann
Kristallographie für Ingenieure	Vorlesung / Übung	Schmücker
Prüfverfahren Bindemittel	Seminar / Praktikum	Bauer / Thiess
Prüfverfahren Glas	Seminar / Praktikum	Bornhöft / Hensch / Krüger
Recycling von Glas	Vorlesung	Bornhöft
Sondergläser Teil A: Nichtkristalline Werkstoffe	Vorlesung	Deubener
Sondergläser Teil B: Nanoskalige Gläser + Glaskeram.	Vorlesung	Deubener
Sondergläser Teil C: Emails und Glasuren	Vorlesung	Wendel
Technologie Baustoffe	Vorlesung / Exkursion	Wolter
Technologie Bindemittel	Vorlesung / Exkursion	Wolter
Technologie Glas	Vorlesung / Exkursion	Deubener
Veredlung von Flachglas	Vorlesung	Wruk

Unser besonderer Dank gilt allen auswärtigen Kollegen, die mit ihren Lehrveranstaltungen zu einer Bereicherung des Lehrangebotes beigetragen haben. Der Dank richtet sich natürlich auch an diejenigen Kollegen, deren Veranstaltung aufgrund einer zu geringen Teilnehmerzahl in diesem Jahr nicht zustande gekommen ist.

### 1.2.2 Projektarbeiten und Forschungspraktika

#### **Felix Elsner**

#### **Einfluss der Silikatträgerkorngröße auf die Brennbarkeit von ‚Portlandzementklinker‘**

Projektarbeit

Betreuer: Scholten

Gutachter: Wolter

#### **Inga Katharina Götz**

#### **Einfluss der SiO<sub>2</sub>-Sperrschichtdicke auf die photokatalytische Aktivität von Sol-Gel TiO<sub>2</sub>-Dünnschichten.**

Forschungspraktikum

Betreuer: Hensch

Gutachter: Deubener

#### **Helen Holmes**

#### **Ye'elimit-Bildung auf Basis von Monocalciumaluminat und Anhydrit**

Forschungspraktikum

Betreuer: Scholten

Gutachter: Wolter

**Tingting Huang**

**Bewertung von tonhaltigen Sekundärbrennstoffen zur Puzzolanherstellung**

Studienarbeit (extern)

Betreuer: Wolter

Gutachter: Wolter

**Maximilian V. Reimer / Philipp Scheuer**

**Kosten- und Wirtschaftlichkeitsrechnung mit Machbarkeitsstudie für den innovativen**

**Low Profile Process in ausgewählten Nationen**

Projektarbeit

Betreuer: Thiess

Gutachter: Wolter

**Marina Anna Schmitt**

**Einfluss der Mahlung auf die Zementeigenschaften**

Forschungspraktikum

Betreuer: Schöbel

Gutachter: Wolter

**Alena Wittkowski**

**Analyse der „inneren“ Kornverteilung von Portlandpuzzolanzement und puzzolanhaltigen Portlandkompositzementen**

Forschungspraktikum

Betreuer: Bauer

Gutachter: Wolter

**Alena Wittkowski**

**Brikettierter Mörtel zur Senkung der Staubemissionen auf Baustellen**

Projektarbeit

Betreuer: Bauer

Gutachter: Wolter

**Chuyan Zhang**

**Untersuchungen zur Bestimmung des Verdichtungsgrades von Sanden mittels Feststoffpyknometrie**

Forschungspraktikum

Betreuer: Eichhorn

Gutachter: Wolter

**Dennis Zörner**

**Einfluss der Silikatträgerkorngröße auf die Brennbarkeit von Portlandzementklinker**

Forschungspraktikum

Betreuer: Scholten

Gutachter: Wolter

### **1.2.3 Bachelorarbeiten**

**Ralf Burghardt**

**Projektierung einer Hochtemperatur-Austauschstufe für den Einsatz von Bypassentstaubung**

Bachelorarbeit

Betreuer: Thiess

Gutachter: Wolter / Lohrengel

Ziel der Arbeit ist die Projektierung einer Hochtemperatur-Austauschstufe zur Verbesserung der Energieeffizienz der Zementherstellung. Die Austauschstufe soll die effiziente Trennung von Staub aus dem Drehrohrofen-Bypassgas bei geringem Wärmeverlust umsetzen, da bewährte Methoden der Staubabscheidung keinen sinnvollen Einsatz bei hohen Temperaturniveaus ermöglichen. Die bisher notwendige Abkühlung des Bypassgasstroms mit Luft verhindert eine effiziente Verwendung, beispielsweise zur Umwandlung in elektrische Energie, nach der Entstaubung [Harder 2009, Kreft 1990]. Diese Arbeit legt mit der Projektierung die Grundlage einer innovativen Staubabscheidung.

Der Umgang mit dem ungefähr 1000 °C heißen Bypassgasstrom und dem mitgeführten, auf viele technische Systeme korrosiv wirkenden Staub erfordert die Auswahl spezieller Werkstoffe [DGfS 2015]. Daher werden die zu verwendenden feuerfesten Auskleidungen unter Berücksichtigung verschiedener Kriterien, wie Korrosionsbeständigkeit und Wärmeleitfähigkeit, auf Sillimanit und Schamotte festgelegt. Ergänzt wird diese um eine Zusammenstellung von einsetzbaren Stählen für rein tragende Aufgaben, unter anderem der S355 aufgrund seiner guten Schweißbarkeit. Für die korrosiv beanspruchten Bereiche ist je nach Belastungsprofil entweder der 1.4841, der 1.4828 oder der 1.4864 zu wählen. Die zu verwendenden Feuerfest-Steine werden bezüglich des zu erwartenden Wärmedurchgangs untersucht. Dabei wird klar, dass eine mehrschichtige Auskleidung für das Ziel des begrenzten Wärmedurchgangs unumgänglich ist. Anschließend wird ein Formelsatz zur Berechnung der notwendigen geometrischen Ausdehnungen für eine effiziente Staubabscheidung zusammengestellt und dieser auf einen Datensatz angewandt. Ergänzend werden die feuerfesten Steine einem mechanisch-statischen Festigkeitsnachweis unterzogen. Dabei wird kombinierend mit den Wärmedurchgangsberechnungen festgestellt, dass die wesentlichen Angriffe auf die feuerfeste Auskleidung Korrosion, Abrasion und thermisch induzierte Spannungen sind. Der ermittelte Formelsatz wird außerdem hinsichtlich seiner Sensitivität bezüglich der Eingangsparameter untersucht, wobei sich die Einflüsse der Temperatur- und Druckverläufe beziehungsweise der Verlauf der Gasdichte während der Durchströmung als besonders stark herausstellen. Die hieraus resultierenden Ergebnisse finden in der Auskonstruktion der Hochtemperatur-Austauschstufe Anwendung. Die Konstruktion erfolgt innerhalb einer Bau-

gruppe, die wiederum aus einfachen Blech- oder Normteilen besteht, um die Ausführung möglichst preiseffizient zu gestalten. Für aufbauende Untersuchungen und Konstruktionen werden außerdem die Anschlussmaße zur Verfügung gestellt und zu optimierende Bauteile, wie Trichter und Stützwinkel, benannt. Die komplette Konstruktion ist in Form von technischen Zeichnungen ausgeführt.

*Die Arbeit ist nicht entleihbar.*

**Felix Elsner**

**MgO-reiche Einsatzstoffe für die Portlandzementherstellung**

Bachelorarbeit

Betreuer: Schöbel

Gutachter: Wolter / Deubener

Im Steinbruch eines deutschen Zementwerkes ist eine, bis zu 30 Meter dicke Schicht von Mittlerem Muschelkalk vorhanden. Aufgrund der chemischen Zusammensetzung ist dieser Rohstoff nicht für die Verwendung im Portlandzementklinkerbrand geeignet. Inhalt dieser Arbeit ist es eine alternative Verwendung für diesen anfallenden Rohstoff zu erörtern.

Nach anfänglichen Überlegungen wurde die Hypothese aufgestellt, den Mittleren Muschelkalk einem externen Brennprozess zu unterziehen und anschließend als Klinkersubstitut nach DIN EN 197-1 zu verwenden. Dazu wurden Proben aus dem Steinbruch sowie einer Filteranlage zur Verfügung gestellt. Um industrienahen Brennbedingungen zu simulieren wurde für die Brennversuche ein Labordrehrohrofen verwendet. Über die Variation von Brenntemperatur und Verweilzeit im Ofen und anschließende Phasenanalytik sollte die Brennbarkeit des Mittleren Muschelkalkes untersucht werden.

Den Erwartungen entsprechend entstehen bei steigender Temperatur größere Gehalte an Periklas. Dieses kristalline Magnesiumoxid führt durch eine Reaktion mit Wasser zu einer massiven Volumenzunahme, die als Magnesiatreiben bekannt ist.

Um die Auswirkungen des Magnesiatreibens in Mörtel zu überprüfen wurden Mörtelprismen nach DIN EN 196-1 hergestellt und untersucht. Die Prismen basieren auf einem CEM I 42,5 R, welche mithilfe der gebrannten Proben um 20 wt.-% substituiert wurden. Durch die Substitution wurden die Biegezug- und Druckfestigkeiten gesenkt, jedoch werden weiterhin die Anforderungen nach der Norm DIN ISO 197-1 an die Zementklasse 42,5 R erfüllt.

*Die Arbeit ist nicht entleihbar.*

**Jan-Oliver Fritzsche**

**Untersuchung von Bismut-haltigen Pigmenten mit Pyrochlorstruktur**

Bachelorarbeit

Betreuer: Unseld

Gutachter: Wolter / Gjikaj

Die Substitution von  $\text{Bi}_2\text{Sn}_2\text{O}_7$  mit verschiedenen Elementen hat gezeigt, dass sich nicht mit allen Elementen coloristisch interessante Verbindungen ergeben. Bei Fe zeigten sich dagegen Verbindungen, welche sich potentiell als Pigment eignen. Auch die weitere Modifikationen dieses Ausgangspräparates mit Ti und Zr brachten Verbindungen hervor, die sich von ihrer Coloristik her ebenfalls als Pigment eignen könnten.

*Die Arbeit ist nicht entleihbar.*

### **Felix Hagemann-Merea**

#### **Gefährdungspotentialanalyse von Restquarzgehalten in hydrothermal hergestellten CSH-Produkten ohne Zementanteil**

Bachelorarbeit

Betreuer: Bauer

Gutachter: Wolter / Turek

Produkte aus Calciumsilikathydraten bestehen aus den Grundstoffen Branntkalk, Quarz und Wasser. Die mittlere Korngröße des eingesetzten Quarzrohstoffs ist dabei der alveolengängigen Staubfraktion zuzuordnen. Bei der stofflichen Umsetzung der Grundstoffe unter hydrothermalen Bedingungen im Autoklaven zu CSH-Phasen bleibt ein Teil des eingesetzten Quarzes als angelöster, sogenannter Restquarz im Produkt erhalten. Der biotoxische Wirkmechanismus von Quarz basiert hauptsächlich auf dessen hydratisierter Oberfläche, welche durch den hydrothermalen Prozess Änderungen erfährt. Daher wurde in dieser Arbeit sowohl die Emissionsquellenfähigkeit für Quarzfeinstaub des CSH-Produktes als auch die Änderung der Oberflächenmorphologie des eingesetzten Quarzrohstoffes untersucht, um eine Evaluation über das Gefährdungspotential zu erhalten.

Die Untersuchungen am CSH-Produkt konnten zeigen, dass sich durch den Hydrothermalprozess um die verbliebenen Restquarzkörner eine CSH-Ummantelung bildet. Die Oberfläche der Quarzkörner erfährt durch den hydrothermalen Prozess eine Kantenabrundung. Schlussfolgerungen aus den Beobachtungen sind somit eine Verringerung der Biotoxizität durch die CSH-Ummantelung, da die hydratisierte Oberfläche des Quarzkorns keinen direkten Kontakt mit Zellmembranen aufbauen kann. Zusätzlich wird durch die Kantenabrundung die Zahl der reaktiven Gruppen auf der Oberfläche des Quarzkorns reduziert, was ebenfalls eine Verringerung der Biotoxizität bewirkt. Zuletzt wird durch den festen Einbau der Quarzkörner in das CSH-Gefüge die Emissionsquellenfähigkeit ebenfalls reduziert.

Die Bachelorarbeit entstand in Zusammenarbeit mit der Cirkel GmbH.

*Die Arbeit ist nicht entleihbar.*

### **Luise Henicke**

#### **Entwicklung eines binderfreien $\text{SiO}_2$ Schlickers für die laserbasierte additive Fertigung**

Bachelorarbeit

Betreuer: Mühler

Gutachter: Günster / Wolter

Diese Arbeit im Bereich der additiven Fertigung von Keramik hatte die Aufgabe, die Einflüsse von Feststoffkonzentration, Kornverteilung und pH-Wert auf die Suspensionsstabilität eines Ausgangsschlickers zu untersuchen. Organische Bestandteile wie z.B. übliche Fließmittel sollten vermieden werden. Mit Hilfe einer großen Zahl von Versuchsserien ist es tatsächlich gelungen, einen Organik-freien langzeitstabilen Schlicker herzustellen, wobei insbesondere die passende Einstellung des Zeta-Potentiales mittels pH-Wert und die iterative Anpassung der Kornverteilung zum Erfolg geführt haben.

*Die Arbeit ist entleihbar.*

**Kevin Lis**

### **Marktanalyse für feinst vermahlene Zusatzstoffe als funktionelles Zusatzmittel**

Bachelorarbeit

Betreuer: Unseld / Thiess

Gutachter: Wolter / Steiner

Mit den im Rahmen dieser Bachelorarbeit durchgeführten Recherchen konnten grundlegende Daten ermittelt werden, die dem Leser einen geordneten Überblick zu Füllstoffen vermitteln sollen. Dabei steht im Fokus der Arbeit die Auswahl des besten Füllstoffs, der aus der Sicht eines im Bereich der Vermahlung tätigen Unternehmens interessant ist. Anlässlich der Durchführung der Arbeit am Institut für Nichtmetallische Werkstoffe und der Vergabe dieses Themas eines Unternehmens aus dem Zementbereich, wird traditionellerweise am Anfang auf das Bindemittel Zement eingegangen. In dem ersten Kapitel wird auf die Funktion des Zements hingewiesen und anschließend auf den Herstellungsprozess eingegangen. Da es sich um eine wirtschaftswissenschaftliche Arbeit handelt wird ebenfalls auf den Zementmarkt in Deutschland eingegangen, hierbei auf die jeweiligen Bereiche und Herstellmengen gefolgt von einem Ausblick über die zukünftige konjunkturelle Entwicklung der Zementindustrie. In dem dritten Kapitel folgte eine historische Einleitung zum Kernthema, den Füllstoffen, dabei wird explizit ihre Definition und die Abgrenzung zu den Pigmenten beschrieben. Weiterhin wird die Entstehung von Mineralien erklärt und das besonders wichtige Thema der physikalischen Eigenschaften, bei dem auf wichtige Kenndaten für die Füllstoffproduktion eingegangen wird. Anschließend erfolgte eine Darstellung der drei größten Abnehmerindustrien und zwar der Farb- und Lack-, Papier- und Kunststoffindustrie. Im Vordergrund stehen hierbei die eingesetzten Füllstoffe, die Füllungsgrade sowie die spezifischen Anforderungen an die Mineralien. Systematisch werden die Informationen dargestellt und von Kenndaten zu den Absatzmengen und weiteren Marktinformationen ergänzt. Des Weiteren wird auf das natürliche Calciumcarbonat, Talkum, Kaolin und das natürliche Bariumsulfat eingegangen. Bei den Füllstoffen wird insbesondere auf weitere Anwendungsgebiete verwiesen, sowie die Fördermengen und Import / Exportquoten. Alle bis zu dem Punkt gesammelten Informationen dienen als Basis für die Auswahl des besten Füllstoffs. Um die vorhandenen Daten möglichst weitreichend auszuwerten, wird als entscheidendes Hilfsmittel die Nutzwertanalyse ausgewählt, bei der die mineralischen Füllstoffe GCC, PCC, Talkum, Kaolin unter Bezug gewichteter Kriterien verglichen werden. Als Kriterien werden die Nutzungsanteile, Härte, Korngrößenverteilungen, Beschaffung und die quantitativen Anwendungsgebiete gewählt.

*Die Arbeit ist nicht entleihbar.*

**Patrik Carl Olof Schleicher**

**Ermittlung der Wärmekapazitäten sowie materialspezifischer Kennwerte in einer Klinkergranalienschüttung**

Bachelorarbeit

Betreuer: Thiess

Gutachter: Wolter / A. Weber

Das Ziel dieser Bachelorarbeit war die Bestimmung von verschiedenen Parametern für einen Festbettreaktor. Die Parameter für Wärmeleitfähigkeit, Wärmekapazität, Wärmedurchgangskoeffizient, Wärmeübergangskoeffizient, Wärmewiderstand, Temperaturleitfähigkeit, Lückengrad sowie die Schüttdichten wurden durch verschiedenen Messprinzipien bestimmt.

Für die Bestimmung der Parameter wurden sowohl praktisch wie auch theoretische Bestimmungsmethoden genutzt. Um die Zusammenhänge und Wechselwirkungen der Wärmeleitung und freier Konvektion in einer Klinkergranalienschüttung nachvollziehen zu können, wurde ein Modell entwickelt, welches einen quantitativen Eindruck vermitteln und den ermittelten Datenpool von Wärmeübertragungskoeffizienten belegen soll.

In Vorversuchen wurden mittels Pyknometer die Schütt- und Rohdichten bestimmt. Für die Wärmekapazitäten wurde ein DSC verwendet. Weiterhin kam auch die Methode zur Laserbeugungsspektrometrie zum Einsatz, um einen Einblick in die Kornverteilung zu erhalten. Für die Hauptversuche zur Schüttungstemperaturbestimmung wurde gesondert hierfür ein feuerfester Behälter konstruiert. Dieser wurde mit einer Klinkergranalien- und Rohmehlschüttung befüllt. Die Temperaturmessungen wurden in Abhängigkeit der festgesetzten Faktoren mittels eines statistischen Rechenprogrammes ausgewertet. Für einen Vergleich der Werte wurden diese immer in Abhängigkeit vom Lückengrad der Schüttung und der Temperaturen dargestellt. Dadurch ist es möglich, die Werte auf die Effekte durch die festgelegten Randbedingungen aus den Vorversuchen mit den Rechnungen, Wirkungsflächen- und Konturdiagrammen in Zusammenhang zu bringen.

Aus den praktischen und theoretischen Methoden konnten alle aus der Fragestellung sich ergebenden Parameter bestimmt werden. Sofern Literaturquellen vorhanden waren, ist auch ein übereinstimmender Abgleich möglich gewesen. Das mathematische Modell stellt zwar nur eine Näherung dar, zeigt aber durchaus zutreffende Werte. Somit ist es möglich, für spätere Arbeit den hier geschaffenen Datenpool zu nutzen.

*Die Arbeit ist nicht entleihbar.*

**Valentin Schmidt**

**Bestimmung des Calcit- bzw. Dolomitgehalts in karbonatischen Gesteinen des Muschelkalks mittel pRFA- und Hochtemperaturverfahren**

Bachelorarbeit

Betreuer: Unseld

Gutachter: Wolter

Die Bestimmung des Dolomitgehaltes in Carbonatgesteinen gestaltete sich schwieriger als Anfangs vermutet und eine Methode zur schnellen und genauen Analyse an Ort und Stelle konnte nicht gefunden werden. Dabei war das Hauptproblem, neben der Inhomogenität von Gesteinen, die quantitative Messbarkeit des Magnesiums.

Das Verwenden einer pRFA (handgehaltene RFA) im Steinbruch ist zu dem anfangs erwähnten Ziel nicht zu empfehlen. Es lassen sich durchaus Trends und das Vorkommen des Dolomites innerhalb kürzester Zeit bestimmen, aber die Ergebnisse sind nicht als genau und zuverlässig anzusehen.

Zusätzlich ist der bürokratische sowie der finanzielle Aufwand einer p-RFA nicht zu unterschätzen.

Bei der STA Analyse sowie beim gestuften Glühverlust kann hingegen ein hoher Magnesiumcarbonat Gehalt zuverlässiger bestimmt werden. Das hat im Steinbruch den Vorteil, Schichten mit einem hohen Dolomit-Anteil frühzeitig zu lokalisieren.

Der Aufwand ist besonders beim gestuften Glühverlust gering und die Analyse schnell durchführbar. Durch den simplen Aufbau ist diese Methode anderen vorzuziehen. Nur im direkten Vergleich mit einer RFA-Analyse an einer Schmelztablette sind Unterschiede feststellbar. Hier ist die RFA-Analyse deutlich exakter.

*Die Arbeit ist nicht entleihbar.*

**Christine Söhl**

**Konstruktion einer Prüfvorrichtung zur Bestimmung der Werkstoffkennwerte einer Klinkergranalienschüttung**

Bachelorarbeit

Betreuer: Thiess

Gutachter: Wolter / Lohrengel

Ziel der Arbeit ist es eine Prüfvorrichtung zu konstruieren, die es ermöglicht die Bruchlast von Klinkergranalien in Kugelschüttungen zu ermitteln. Die Erfassung der Bruchlast ist notwendig, um die Einsetzbarkeit der Klinkergranalien in einem Wärmeübertrager zu überprüfen.

Um die Bruchlast und somit die damit verbundene Druckfestigkeit bestimmen zu können, wird zuerst ein Tastversuch durchgeführt. Mithilfe der ermittelten Werte wird ein Zusammenhang zwischen dem Granaliendurchmesser und der Druckfestigkeit festgestellt. Der Versuch zeigt, dass kleinere Granaliendurchmesser bei Raumtemperatur einen festeren inneren Kern besitzen als Granalien mit größerem Durchmesser. Daraufhin werden weitere Versuche an einer anderen Prüfmaschine durchgeführt, die in der Lage ist, zusätzlich zur Druckfestigkeit, den Elastizitätsmodul mit aufzeichnen. Dadurch können mithilfe der Hertzschen Pressung und der Gewichtskraft die ersten Annahmen über mögliche Höhen der Schüttung getroffen werden. Auffällig ist es, dass die Druckfestigkeit und der Elastizitätsmodul der Granalien stark von der Zusammensetzung abhängig sind. Dies wurde deutlich, da Klinkergranalien aus zwei unterschiedlichen Werken geprüft wurden. Dennoch wurden rechnerisch Höhen erreicht, die zwischen 40 und 10000 m liegen.

Da bei den bisherigen Versuchen die Klinkergranalien vorher in Scheiben gesägt und geschliffen wurden, wird eine Möglichkeit gesucht, ganze Klinkergranalien zu prüfen. Aus diesem Grund wird eine Prüfvorrichtung entworfen und konstruiert. Mit dieser besteht die Möglichkeit sowohl einzelne Klinkergranalien als auch Schüttungen aus Klinkergranalien auf ihre Bruchlast hin zu prüfen. Diese soll sowohl bei Raumtemperatur als auch bei Temperaturen bis 300 °C einsetzbar sein, um weitere Tendenzen zwischen der Bruchlast der Granalien und der Temperatur untersuchen zu können. Zusätzlich gibt es die Anforderung, dass die Vorrichtung in Kombination mit der vorhandenen Druckprüfmaschine einsetzbar ist.

Mittels der konstruierten Prüfvorrichtung werden Versuche bei unterschiedlichen Temperaturen durchgeführt. Die Versuche zeigten, dass die Granalien mit einem kleineren Durchmesser eine höhere Bruchlast ertragen können. Einen weiteren positiven Einfluss auf die Bruchlast hat die Temperatur. Es ist zu erkennen, dass bei höheren Temperaturen die Bruchlast einer Klinkergranalie ansteigt. Zusammenfassend kann gesagt werden, dass es möglich ist mittels der konstruierten Prüfvorrichtung Rückschlüsse auf den Zusammenhang zwischen der Bruchlast, der Temperatur und der Granaliengröße zu ziehen.

*Die Arbeit ist nicht entleihbar.*

**Karin Sonder**

**Zum Einfluss von Nebenbestandteilen, insbesondere Mineralisatoren und Flussmitteln, auf die Bildung von kalkarmen Zementklinkerphasen**

Bachelorarbeit

Betreuer: Scholten

Gutachter: Wolter

Im Zuge der Klimaschutzpolitik und der Notwendigkeit CO<sub>2</sub> einzusparen, sind auch in der Zementindustrie mögliche Potentiale in den Fokus gerückt. Eine Möglichkeit ist der Einsatz neuartiger, kalkärmerer festigkeitsbildender Klinker, um das prozesseigene CO<sub>2</sub> zu reduzieren. Bei der Klinkerphase Ye'elimite ( $C_4A_3S = 4 CaO \cdot 3 Al_2O_3 \cdot SO_3$ ) handelt es sich um eine solche Klinkerphase, die zusätzlich bei geringeren Temperaturen als der herkömmliche Portlandzementklinker gebrannt wird. Da die Ye'elimite-Phase empfindlich auf Verunreinigungen reagiert, soll im Zuge dieser Bachelorarbeit zusammengefasst werden, welche Nebenbestandteile einen bekannten Einfluss auf die Ye'elimite-Bildung haben. Ferner werden in praktischen Versuchen die Einflüsse von zunehmenden Mengen an zugegebenem Eisenoxid (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) und Kaliumoxid (als Carbonat K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) auf die Phasenausbeute an Ye'elimite untersucht.

*Die Arbeit ist nicht entleihbar.*

## 1.2.4 Masterarbeiten

**Lisa Karthaus**

### **Optimierung und Effizienzsteigerung des Bypassbetriebes bei der Zementklinkerproduktion mittels Festbettwärmetauscher**

Masterarbeit

Betreuer: Thiess

Gutachter: Wolter / R. Weber

Aufgrund der Entwicklung des Strommarktes in Deutschland ist damit zu rechnen, dass die Strompreise für energieintensive Industrien in Zukunft steigen werden. Der momentane Strompreis mit allen Entlastungen kann bei rund 4 ct/kWh liegen [BDEW 2015]. Entfallen oder reduzieren sich aber Teile der Entlastungen, wie die Ausgleichsreglung der EEG-Umlage in Zukunft, so kann es zu einem Anstieg des Strompreises kommen. Auch die allgemein ansteigende Stromnachfrage hat einen Einfluss auf die Preisentwicklung, da es aufgrund des aufkommenden Transportbedarfs in bestimmten Regionen zu Preiserhöhungen für den Stromtransport kommen kann [Weinreich 2015]. Da rund 48 % der Energiekosten der Zementindustrie auf die Stromkosten entfallen [EEFA 2013], hätte ein Anstieg einen beachtlichen Einfluss auf die internationale Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmen. Somit sind Innovationen zur Energieeinsparung oder Eigenstromerzeugung ein wichtiger Schritt für die Wirtschaftlichkeit der Zementproduktion. Diese Arbeit beschäftigt sich mit der energetischen Effizienz des Gasbypasses zur Entlastung von Stoffkreisläufen im Zementklinkerproduktionsprozess. Für den aufgrund der hohen Temperatur von rund 1000 °C energetisch wertvollen Bypassabzugsstrom wird eine Alternative zur konventionellen Kühlung und Staubabscheidung vorgestellt. Durch den Einsatz einer Hochtemperatur - Staubabscheidung und anschließendem Dampfkraftprozess ist es möglich bei einer Bypassrate von 10 % bis zu 6 % des Strombedarfs der durchschnittlichen Zementproduktion zu decken. Durch die Kombination der Bypassabgasverstromung mit der Verstromung von weiteren Abgasquellen ergibt sich das Potential einer kompletten Bereitstellung von Eigenstrom. Dies macht die Stromversorgung unabhängig und stärkt somit die Wirtschaftlichkeit, und gleichzeitig kann indirekt CO<sub>2</sub> eingespart werden. Das innovative Konzept der Staubabscheidung kann zunächst im Bypass als Pilotanlage zur Sammlung von Erfahrungen genutzt werden, um anschließend als Hochtemperatur - Austauschstufe im Low Profile Process zum Einsatz zu kommen.

Die Arbeit wurde von der Dres. Edith und Klaus Dyckerhoff-Stiftung gefördert.

*Die Arbeit ist nicht entleihbar.*

**Jonas Knappert**

### **Konstitution und technologische Auswirkungen des MgO-Gehaltes im Kalkstein des Briloner Steinbruchs ‚Kirchloh‘ der Firma Spenner GmbH & Co. KG**

Betreuer: Schöbel

Gutachter: Wolter / Gursky

Die genaue Bestimmung von Magnesium-Gehalten in Kalksteinen ist ein altes Problem in der Steine- und Erdenindustrie. Dabei ist es von sehr großer technologischer Bedeutung, den MgO-Gehalt zu erkennen bzw. zu begrenzen, weil von ihm gefährliche Bauwerksschädigungen ausgehen können. Heutzutage kann man den Magnesiumgehalt in Kalkstein mit aufwendigen Methoden wie z.B. der Röntgenfluoreszenzanalyse (RFA) oder der induktiv gekoppelten Plasmaspektroskopie (ICP) recht gut und genau analysieren, nur dass diese Methoden sehr aufwendig sind. Betrieblich gewünscht ist hingegen insbesondere im Steinbruchbetrieb eine „Schnellmethode“ zur Erkennung von erhöhten MgO-Gehalten, um nicht abbauwürdige Bereiche identifizieren und aussondern zu können, bevor dieses Material überhaupt in den Transport und die Verarbeitung gerät.

Ebenso ist es Aufgabe des Geologen, die MgO-Verteilung im Kalksteinkörper zu erfassen und gegebenenfalls eine Systematik zu finden, sei es aufgrund von Gesteinsmerkmalen oder aufgrund einer erkennbaren Genese.

Herr Knappert gibt zunächst einen Überblick über die Geologie des Vorkommens, den Mineralbestand und die verfügbare Literatur. Hierfür standen ihm auch Bohrmehlanalysen des Sprengbetriebes und in geringem Umfang Kernbohrungen zur Verfügung. Sodann hat er die verschiedenen verfügbaren Labormethoden (RBA, Rietveld, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Indikator, TGA, MIRS, u.a.) auf ihre Tauglichkeit als Schnellmethode getestet und besonderes Gewicht auf die Signifikanz der Ergebnisse gelegt. Dabei hat sich aber herausgestellt, dass keine dieser alternativen Methoden die Anforderungen des Steinbruchbetriebes erfüllen kann.

Ferner hat Herr Knappert überprüft, ob unter heutigen Produktionsbedingungen der MgO-Gehalt z.B. bezüglich Kalksandstein tatsächlich so gefährlich ist, wie allgemein angenommen wird. Dabei hat sich der allgemein angesetzte Gehalt von < 1,5 M.-% MgO im gebrannten Kalk als Grenzwert bestätigt.

*Die Arbeit ist nicht entleihbar.*

**Erik Schleicher**

**Technologie und Marktpotentiale Celitement**

Masterarbeit

Betreuer: Heidmann-Ruhz

Gutachter: Wolter / Schenk-Mathes

Die unterschiedlichen Ausführungen zum neuen Bindemittel Celitement haben gezeigt, dass es sich um ein vielseitig einsetzbares Produkt für die Baustoffindustrie handelt. Die Vorteile der geringen Hydratationswärmeentwicklung oder auch die Vermeidung von Ausblühungen, lassen Celitement besonders geeignet für die Herstellung von massigen Bauteilen und Betonwaren erscheinen. Ein weiterer Vorteil könnte dabei auch die Verwendung von Celitement als Zuschlagsstoff in verschiedenen Bereichen der Porenbeton- oder Leichtbetonherstellung sein. Da Celitement weder Sulfat noch Aluminat enthält und zudem gute Dauerhaftigkeitseigenschaften aufweist, stellt Celitement ein vorteilhaftes Bindemittel für diese Branchen dar.

Derzeit gilt es allerdings, die im Labor erfassten Vorteile auch in der praktischen Anwendung in unterschiedlichen Produktionsanlagen zu testen. Bei allen Vorteilen muss beachtet werden, dass

Celitement im Gegensatz zum herkömmlichen Zement ein relativ teures Produkt darstellen kann. Das heißt, im direkten Vergleich zum traditionellen Zement ist der Preis von Celitement deutlich höher. Im Vergleich zu einem Weißzement allerdings kann der Preis als vergleichbar hoch, im Fall eines geringeren Gewinnzuschlages auch als günstiger betrachtet werden, was eine gute Ausgangsbasis für einen Markteintritt bildet.

*Die Arbeit ist nicht entleihbar.*

**Marina Schmitt**

### **Optimierung der Sulfatphasen im Portlandzement**

Masterarbeit

Betreuer: Schöbel

Gutachter: Wolter / Gjikaj

Um eine möglichst lange und sichere Verarbeitungsphase für Zemente darzustellen, wird dem Portlandzementklinker schon immer Calciumsulfat zugemahlen. In den 70er Jahren wurde vom Verein Deutscher Zementwerke VDZ sehr genau untersucht, in welcher Phasenzusammensetzung und in welcher Menge die Sulfatdosierung optimale Wirkung entfaltet. Dabei wurde auch festgestellt, dass bestimmte Kombinationen der Klinkerreaktivität und der Calciumsulfat-Phasenzusammensetzung zu falschem, d.h. vorzeitigem Erstarren führen können.

Genau dies Phänomen wurde von Frau Schmitt an einem Praxisbeispiel nachvollzogen. Obwohl sie mit ihrem Probenfeld alle im Zementwerk denkbaren Phasenkombinationen abgedeckt hatte, trat in keinem einzigen Fall falsches Erstarren auf. Damit konnte die Arbeitshypothese eindeutig widerlegt werden. Hingegen wurde auf beeindruckende Weise der Nachweis erbracht, dass es sich bei dem betreffenden Portlandzement um ein erstaunlich resilientes chemisches System im Sinne des Verwendungszweckes im Mörtel und Beton handelt

*Die Arbeit ist nicht entleihbar.*

**Malin Schulz**

### **Untersuchungen der Reaktionen von organischen Schadgaskomponenten an Kalkhydratgranulaten**

Masterarbeit

Betreuer: Bauer

Gutachter: Wolter / Carlowitz

Die Masterarbeit entstand in Zusammenarbeit mit der Abteilung Forschung und Entwicklung der Fels Werke GmbH. Untersucht wurde die Möglichkeit mit Hilfe von Calciumhydratgranulaten zur trockenen Rauchgasreinigung neben Schwefeloxiden auch organische Schadgaskomponenten, wie polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) aus dem Abgas zu entfernen. Der

Haupteintrag an PAKs in die Umwelt kommt durch Abgase von Fabriken und Fahrzeugen zustande. Den sicherlich größten Eintrag bringen dabei die Schiffe, da deren Abgasemissionen außerhalb bestimmter Schutzzonen zurzeit noch keinen Bestimmungen unterliegen.

PAKs sind eine Gruppe von Stoffen in der Organischen Chemie, die aus mindestens zwei kondensierten Ringsystemen aufgebaut sind. Sie entstehen durch unvollständige Verbrennung, gehören zur Klasse der PBT-Stoffe (persistente, bioakkumulierende und toxische Stoffe) und stehen im Verdacht krebserregend zu sein. Zur Stoffgruppe der PAK gehören über 200 verschiedene Stoffe. Immer eine Analyse aller dieser Stoffe durchzuführen, wäre eine nicht zu bewältigende Aufgabe. Von der EPA wurde eine Liste mit 16 PAK erstellt, die als prioritäre Umweltgifte eingestuft werden. Diese 16 Vertreter der PAKs werden stellvertretend für die gesamte Klasse bei Umweltproben untersucht.

Ausführliche Literaturrecherchen warfen eine Theorie auf, nach der organische Schadstoffe am Kalk nicht abgebaut, sondern lediglich eingebaut werden. Neben den Analysen alter Proben wurden synthetisch hergestellte Proben untersucht. Für die synthetisch belegten Proben wurde ein Industrieruß während der Pelletherstellung in diese eingebracht. Diese synthetischen Proben wurden mittels STA-MS untersucht. Die Ergebnisse der STA-MS Untersuchungen stützen die Anfangsthese von der Zerstörung der PAK

*Die Arbeit ist nicht entleihbar.*

**Alena Wittkowski**

### **Untersuchungen über die Wirkungsweise von Methylcellulose in agglomerierten Mörteln und ihr Einfluss auf die Festigkeit**

Masterarbeit

Betreuer: Bauer

Gutachter: Wolter / Adams

Die Masterarbeit entstand in Zusammenarbeit mit der Abteilung Forschung und Entwicklung der Fels Werke GmbH. Um die Staubbelastung auf Baustellen, vor allem in Innenräumen, zu senken, hat die Fels-Werke GmbH ein innovatives Produkt entwickelt. Damit werden die Schutzklassen sowie Einhaltung der Arbeitsplatzgrenzwerte auf Baustellen deutlich verbessert. Hierfür wird der Mörtel verpresst, wobei die Methylcellulose zur Wasserretention dient. In der Arbeit wurde untersucht, warum bestimmte Methylcellulosesorten in agglomeriertem Mörtel zu einer Klumpenbildung im Mörtelteil führen, da nicht alle Cellulosen diesen Effekt zeigten.

Methylcellulosen wirken, indem sie die wassertransportierenden Poren im Mörtel entweder physikalisch oder durch Adsorption verstopfen oder durch die Erhöhung der Viskosität die Fließgeschwindigkeit des Wassers verlangsamen. Der Effekt der Wasserretention tritt jedoch nur zutage, wenn ein kapillarer Saugeffekt vorliegt.

In der Arbeit konnte herausgefunden werden, dass in agglomeriertem Mörtel ein kapillarer Saugeffekt vorliegt, wodurch der Wassertransport gehemmt wird und nicht der gesamte Zement im Mörtel hydratisieren kann. Der Einfluss der unterschiedlichen Sorten an Methylcellulose ist

dadurch zu erklären, dass einige Cellulosen ihre wasserhaltenden Eigenschaften schneller entfaltet als andere, wodurch der Wassertransport langsamer ist als die Reaktion der Methylcellulose mit Wasser. Die Auswirkungen der Durchnässung und damit die Zementhydratation von verschiedenen Sorten haben ebenfalls einen Einfluss auf die finalen Eigenschaften des Festmörtels.

*Die Arbeit ist nicht entleihbar.*

### **1.2.5 Dissertationen**

22.02.2017

**Christian Dünzen**

**Die Hydratation von Magnesiumoxid -  $\alpha$ -Aluminiumoxid - Mischungen und deren Verwendung als hydraulisches Bindemittel**

Betreuer: A. Wolter

Gutachter: A. Wolter / P. Quirnbach

In dieser Arbeit wird die Entwicklung eines alternativen, hydraulischen Bindemittelsystems auf Basis von  $\alpha$ -Aluminiumoxid, Magnesiumoxid und Fließmitteln beschrieben.

Es wird gezeigt, dass abhängig vom MgO-Gehalt hydrotalcitartiges Al-Mg-Doppelhydroxid mit variablem Aluminiumgehalt oder, bei hohen MgO-Gehalten, Brucit als Hydratationsprodukt entstehen kann. Eine ähnliche Abhängigkeit der Hydratationsprodukte liegt vor, wenn anstelle des MgO-Gehaltes die Reaktivität des Magnesiumoxides variiert wird. Des Weiteren wird der Zusammenhang zwischen MgO-Gehalt und Festigkeit sowie zwischen MgO-Gehalt und Abbindezeit eines Korundbetons untersucht.

Diese Arbeit beschränkt sich auf die Verwendung von  $\alpha$ -Aluminiumoxiden, da diese die höchste Leistungsfähigkeit im Feuerfesteinsatz versprechen. Da  $\alpha$ -Aluminiumoxide sehr reaktionsträge sind, ist die Verfügbarkeit von Aluminationen der limitierende Faktor bei der Entstehung des Al-Mg-Doppelhydroxides. Der Zusammenhang zwischen dem für die Hydratbildung verfügbaren Anteil Aluminiumoxid und seiner spezifischen Oberfläche wird quantitativ bestimmt, ebenso wie der Zusammenhang zwischen dem reaktiven Anteil und dem Na<sub>2</sub>O-Gehalt des Aluminiumoxides. Durch Anwendung dieser Erkenntnisse wird ein alternatives Bindemittel entwickelt, welches in einem Korundbeton mit praxisgerechten Verarbeitungseigenschaften, Abbindezeit und Festigkeit resultiert.

Es wird gezeigt, dass die abbindeverzögernden Eigenschaften von Polyacrylsäureestern auf das alternative Bindemittelsystem nach einem ähnlichen Mechanismus wirken wie man ihn von Tonerdezement annimmt. Basische Verflüssigungsadditive wirken stärker abbindeverzögernd als saure.

Die Abbindezeit eines alternativen hydraulischen Bindemittels mit optimierter Zusammensetzung wird mittels Porenlösungsuntersuchungen und Schalllaufzeitmessungen beobachtet und ein Modell für die Hydratationsreaktion von Aluminiumoxid-Magnesiumoxid-Mischungen aufgestellt. Am Ende steht der Nachweis der verbesserten Hochtemperatureigenschaften eines Korundbetons mit alternativer Bindung im Vergleich zu einem tonerdezementgebundenen Korundbeton.

30.06.2017

**Tilman Scholten**

## **Untersuchungen an sulfatischen Klinkerphasen CO<sub>2</sub>-armer Zemente**

Betreuer: A. Wolter

Gutachter: A. Wolter / J. Wendelstorf

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurden die sulfatischen Klinkerphasen Ye'elimit (Calciumsulfoaluminat) und Ternesit (Calciumsulfosilikat) hinsichtlich ihres Bildungs-, Stabilitäts- und Zersetzungsverhaltens untersucht.

In ausführlichen experimentellen Versuchsserien wurde die Datenbasis für die thermo-kinetische Modellierung geschaffen. Die Reaktionsgeschwindigkeitskoeffizienten der Bildungsreaktionen wurden mit einem an der Technischen Universität Clausthal entwickelten Programm ermittelt, indem Bruttoreaktionsgleichungen in Form von gewöhnlichen Differentialgleichungen an die experimentell gewonnene Datengrundlage approximiert wurden. Im Fokus standen hier die Phasenbildungs- und -zersetzungsreaktionen auf Grundlage verschiedener Eduktphasen.

Ternesit zeigt hierbei – in Abhängigkeit von der Verweilzeit bei der hohen Temperatur – eine Stabilität bis circa 1250 °C. Die höchste Rohmehlumsetzung zu Ternesit findet in einem Temperaturbereich zwischen 1100 und 1200 °C statt. Die Ternesit-Phasenbildung erfolgt unabhängig von den Rohmaterialien stets über das Zwischenprodukt C2S. Anhand der experimentellen Daten wurde eine thermokinetische Modellierung der einzelnen Bildungs- und Zersetzungsprozesse durchgeführt.

Ye'elimit konnte bei den durchgeführten Brennversuchen bei allen betrachteten Temperaturen (1050 – 1400 °C) gebildet werden. Die höchsten Umsätze konnten bei Temperaturen oberhalb von 1300°C und Sinterdauern >30 min erreicht werden. Die Ye'elimit-Bildung läuft dabei immer über das Zwischenprodukt CA ab.

Zusätzlich wurde das Eiseneinlagerungsverhalten in die Ye'elimit-Struktur mittels EDX quantifiziert. Bei Temperaturen zwischen 1175 und 1300 °C wurden die höchsten Eiseneinlagerungsgehalte ( $x=0,22$ , entsprechend C4A2,78F0,22S) verzeichnet. Bei geringen Sinterdauern liegt das Optimum im Bereich 1250 bis 1300°C. Insgesamt ergibt sich somit eine Substitutionsrate von circa 7 % des Aluminiumgehalts. Durch die Eiseneinlagerung wird die Bildung des Ye'elimits in den unteren Temperaturbereichen gefördert. Bei höheren Temperaturen fördert die vom Fe<sup>3+</sup> destabilisierte Kristallstruktur jedoch auch die thermische Zersetzung des Ye'elimits.

Untersuchungen zur Bildung der beiden Zielphasen aus CaO, CA und C2S in Gegenwart von SO<sub>2</sub>- und O<sub>2</sub>-Gas zeigten, dass als einzig stabiles Reaktionsprodukt das Calciumsulfat-Anhydrit auftritt. Die Bildung von Ye'elimit bzw. Ternesit erfolgte in keinem Experiment.

Die Phasenstabilität und das Zersetzungsverhalten wurden in Abhängigkeit der Gasatmosphäre (Sauerstoffgehalt) untersucht. Hierfür wurden über thermogravimetrische Messungen experimentelle Rohdaten für eine isoconversionale Auswertung erzeugt. Der Einfluss von Sauerstoff in der Ofenatmosphäre während der Erwärmung der beiden sulfatischen Klinkerphasen wurde untersucht. Durch Sauerstoff in der Ofenatmosphäre wird die obere Stabilitätstemperatur von Ternesit und Ye'elimit um bis zu 100 °C zu höheren Temperaturen verschoben.

23.08.2017

**Thomas Mühler**

**Laser-Materie-Wechselwirkungen beim Selektiven Laser Sintern von Keramik**

Betreuer: J. Günster

Gutachter: A. Wolter / J. Günster

Diese Arbeit beschäftigt sich mit den physikalischen Grundlagen der Laser-Materie-Wechselwirkung keramischer Werkstoffe in der additiven Fertigung. Es wurde gezeigt, wie durch Selektives Volumen Sintern (SVS) in einem kompakten Grünkörper aus keramischem Pulver direkt ein Bauteil generiert werden kann. Im Vergleich zu Polymeren und Metallen besitzen Keramiken eine Bandlücke und bieten dafür ein breites transparentes optisches Fenster, welches typischerweise im Wellenlängenbereich von 0,3 bis 5  $\mu\text{m}$  liegt. Dazu wurden optische Untersuchungen an gepressten Siliciumdioxid-Grünkörpern sowie an dünnen Siliciumdioxid-Schichten durchgeführt. Als Funktion der Schichtdicke und Partikelgröße wurden die Transmissions- und Reflexionsspektren im Wellenlängenbereich zwischen 0,5 und 2,5  $\mu\text{m}$  aufgezeichnet. Durch die Wahl des richtigen Verhältnisses zwischen Partikelgröße und Wellenlänge der einfallenden Laserstrahlung ist es möglich, das Laserlicht in das Volumen eines Grünkörpers eindringen zu lassen. Um die Laserenergie in das Volumen eines Grünkörpers zu übertragen, muss neben der Minimierung der Lichtstreuung des Grünkörpers, ebenso das Absorptions-Verhalten so eingestellt werden, dass die Laserenergie gezielt im Volumen des Grünkörpers in Wärme umgesetzt werden kann. Der Laserenergieeintrag sowie eine lokale Sinterung im Grünkörpervolumen konnte in Experimenten gezeigt werden.

Des Weiteren wird der Laserenergieeintrag über die Oberfläche eines keramischen Grünkörpers beschrieben. Dies ist typischerweise für keramische Rohstoffgemische der einzige Weg ist, Energie ins Material einzutragen, da diese auf Grund ihrer chemischen Zusammensetzung in keinem Wellenlängenbereich Lichttransmission zulassen. Bei der Untersuchung von Silikatkeramiken wurde gezeigt, wie mittels Selektiven Laser Sintern (SLS) Wärme homogen ins Material eintragen werden kann. Durch die Beschreibung der Laserleistung als eine Funktion der Scanvektorenlänge beim Selektiven Laser Sintern wird der Laserenergieeintrag in die aufgetragenen Pulverschichten so angepasst, dass ein homogenes Gefüge über den gesamten additiv gefertigten Körper eingestellt werden kann. Somit wurden Bauteile hergestellt, welche im Nachbrand zu dichten Keramiken gesintert werden konnten.

25.10.2017

**Matthias Kockx**

**Beitrag zur Entwicklung einer emissionsarmen Haldenwirtschaft in der Kaliindustrie –  
Entwicklung einer alternativen Oberflächenabdeckung für Betriebshalden**

Betreuer: A. Wolter

Gutachter: A. Wolter / U. Ahlers

Aufgrund des sehr spezifischen Haldenkörperverhaltens von Rückstandshalden der Kaliindustrie sind die bekannten und dem Stand der Technik entsprechenden konventionellen Oberflächenabdichtungs-/ -abdeckungssysteme aus den Bereichen Deponiebau, Wasserbau und Altlastensanierung nicht oder nur mit einem unverhältnismäßig hohen Aufwand umsetzbar bzw. dauerhaft

wirksam. Die Anwendung von neuartigen Oberflächenabdeckungen bzw. Oberflächenabdeckungssystemen, die vor dem Hintergrund der besonderen Rückstandshaldencharakteristik und den daraus resultierenden hohen Anforderungen (Kubatur der Großhalden, Haldenkörperverhalten, Oberflächenbeschaffenheit) geeignet sein müssen, ist hierbei von immenser Wichtigkeit, um die Umweltauswirkungen im Zuge zukünftiger Haldenerweiterungsvorhaben an den Werkstandorten dauerhaft zu reduzieren.

In der vorliegenden Arbeit ist auf Grundlage des Kenntnisstandes von klimagesteuerten Lösungsprozessen an den gealterten Haldenoberflächen (Ablaugung und Anreicherung von schwer- und unlöslichen Bestandteilen an den Oberflächen) eine Weiterentwicklung des Prinzips der so genannten „Letzten Schüttung“ für betriebene Großhalden dahingehend erfolgt, dass im Zuge der Aufhaltung von Rückstand dem Rückstandsmaterial geeignete mineralische Additive zudosiert werden. Infolge der sukzessiven niederschlagsbedingten Ablaugung entsteht aus diesem Rückstand-Additiv-Gemisch eine entsalzte und verdunstungsfördernde „Patina-Schicht“/ Infiltrationshemmschicht an der Haldenoberfläche, die neben den schwer- bzw. unlöslichen Bestandteilen des Rückstandes auch aus den zudosierten mineralischen Additiven besteht. Als potenzielle Additive wurden im Rahmen der Voruntersuchungen neben Standard- Baustoffen wie Bentonit und Zement auch Reststoffe aus der mitteldeutschen Braunkohlenindustrie (Wirbelschichtaschen und REA-Gips) in Betracht gezogen und erfolgreich in kleinmaßstäblichen Laborversuchsreihen und mehrjährigen Feldversuchen eingesetzt.

Im Ergebnis der Voruntersuchungen wurde eine Vorzugsvariante für eine Rückstand-Additiv-Rezeptur abgeleitet, die sich aus Rückstand und einer Additivzugabe von 5 Gew.-% zusammensetzt. Das Additiv-Gemisch besteht hierbei aus 60 % (bzw. 3/ 5) Wirbelschichtasche und aus 40 % (bzw. 2/ 5) REA-Gips. Mit dieser entwickelten Rezeptur für ein Rückstand-Additiv-Gemisch wurden die mehrjährigen Feldversuche (u. a. unter Einsatz einer Vierfach-Lysimeterstation) durchgeführt.

Zusammenfassend können die Ergebnisse wie folgt dargestellt werden:

- Anhand der erfassten Messdaten der Lysimeterstation ist über bilanzielle Berechnungen ein signifikantes Verdunstungspotenzial für das entwickelte Rückstand-Additiv-Gemisch / die Infiltrationshemmschicht darstellbar, das mit den Ergebnissen aus den vorangegangenen Laborversuchen weitestgehend korrespondiert. Demnach beträgt das dauerhafte Haldenwasserminderungspotenzial ca. 50 %. Hierbei ist die Wirkung der entwickelten Infiltrationshemmschicht am deutlichsten bei Starkniederschlagsereignissen in den Sommermonaten erkennbar.
- Sowohl aus den Feldversuchen als auch anhand von Laboruntersuchungen (zerstörungsfreie Visualisierung mittels Computertomografie) lässt sich die Bildungsrate der Infiltrationshemmschicht von durchschnittlich 10 – 20 mm/a nachweisen.
- Trotz der nachgewiesenen signifikanten Hemm- und Zwischenspeicherwirkung verfügt die Infiltrationshemmschicht über eine definierte Restdurchlässigkeit. Infolge der niederschlagsbedingten Ablaugung und der sich aus dem Rückstand-Additiv-Gemisch herausbildenden „Patina-Schicht“ ist das System „Infiltrationshemmschicht“ in der Lage, sich dauerhaft den Verformungen an den Haldenoberflächen anzupassen.
- Die Haldenwasserqualität wird durch die Zudosierung des Additiv-Gemisches zum Rückstand nicht nachteilig beeinflusst.

## **1.3 Promotionsstudium**

### **1.3.1 Promotionskolleg Materialien und Prozesse (MP-Kolleg)**

MP-Kolleg: <http://www.mp-kolleg.tu-clausthal.de/>

Sprecher: Wolter

WS 16/17

Tragende Professuren: Adam / Borchardt / Brenner / Carlowitz / Deubener / Esderts / Goldmann / Hartmann / Meiners / Vodegel / Weber / Wesling / Wolter

Kollegiaten/innen des INW im WS 16/17: Bauer / Kiefer / Schöbel / Scholten / Thiess / Unseld / Welter

Teilnehmerzahl an Veranstaltungen im WS 16/17: Ø 16 (Kollegiaten und Gäste)

SS 17

Tragende Professuren: Adam / Borchardt / Brenner / Carlowitz / Deubener / Esderts / Goldmann / Hartmann / Meiners / Vodegel / Weber / Wesling / Wolter

Kollegiaten/innen des INW im SS 17: Al-Mukadam / Bauer / Briese / Kiefer / Schöbel / Thiess / Unseld / Welter

Teilnehmerzahl an Veranstaltungen SS 17: Ø 12 (Kollegiaten und Gäste)

## 1.4 Exkursionsberichte

### Exkursion Spinner in Erwitte und Brilon



Im März besuchte eine Gruppe aus Studenten und wissenschaftlichen Mitarbeitern zusammen mit Professor Wolter das Unternehmen Spinner in Erwitte. Angekommen in Erwitte, wurden wir im neuen Spinner Forum mit einer informativen Präsentation über die Geschichte des Familienunternehmens, die Standorte und die Anlagentechnik am Standort Erwitte begrüßt. Anschließend wurden wir in zwei Gruppen durch das Werk, den Leitstand und die Labore geführt. Hierbei konnten wir den Weg der Rohmaterialien bei der Aufgabe in den Brecher bis hin zum fertigen Produkt in

den Zementsilos verfolgen. Dabei haben wir sowohl die Mühlen, die Klinkerproduktionsanlage, als auch viele weitere zur Zementproduktion notwendige Anlagenteile angesehen. Ein Highlight der Tour war die Besichtigung des Mehrkammermischsilos, denn in knapp 60 m Höhe hat man einen perfekten Blick auf die gesamte Produktion, die Steinbrüche und die Umgebung. Im Leitstand- und Laborgebäude hatten wir zudem die Möglichkeit die automatische Probenanalyse und die Labore zu besichtigen. Neben der Anlagentechnik zur Produktion von Zement konnten wir auf dem Werksgelände auch einen GGR-Ofen zum Brennen von Kalkstein finden. Das Thema Kalkstein sollte nach einer Stärkung am Nachmittag vertieft werden. Hierzu hat Jonas Knappert, ein Geologiestudent der TU Clausthal und Werksstudent bei Spinner, einen Vortrag über sein Projekt gehalten. Wir bekamen einen Einblick in die Entstehung der Kalksteinvorkommen in Brilon und die für den Abbau und den Einsatz wichtigen Analysen des Gesteins. Nach dieser theoretischen Vorstellung seines Aufgabenbereiches sind wir gemeinsam in den Steinbruch in Brilon gefahren. Nach einer Wanderung durch den Steinbruch mit Besichtigung der Abbauaggregate ging es zurück nach Clausthal.



## Exkursion zur Schleuse Zerben



Schleuse Zerben / 11.05.2017, 22°C, strahlender Sonnenschein

Ausgezeichnetes Frühlingswetter begleitete eine kleine Exkursion zur Großbaustelle Schleuse Zerben im Elbe-Havel-Kanal. Geboten wurde ein Überblick über das Wasserstraßenkreuz Magdeburg, dessen Erweiterung im Rahmen des Infrastrukturprojektes „Deutsche Einheit 17“ den kompletten Neubau der Schleuse mit etlichen Nebenbauwerken umfasst.



Der Schleusenkörper mit einer Länge von 190 m und einer Breite von 12,5 m ist monolithisch betoniert – bei 60.000 m<sup>3</sup> Beton eine große Herausforderung (Schwinden, Rissbreiten, Arbeitsfugen, Betonierbedingungen etc.).

Betontechnologisch bemerkenswert war die etwas feinere Sieblinie der Gesteinskörnung (Vermeidung von Absetzen durch mehr Füllstoff/Leimvolumen) verbunden mit einer besonders strengen Kontrolle der Mischdauer und der eingesetzten Bauchemie, um Ärgernisse wie bei Vorgängerbauwerken auszuschließen.

Aufgrund widriger Umstände (MP-Kolleg, Praktika, Erkältung) waren schlussendlich nur 4 „Getreue“ dabei, die aber dafür alles aus nächster Nähe mitbekommen konnten. Angesichts der hervorragend kompakten und praktischen Erläuterungen des Führers vom WNA (Wasserstraßen-Neubauamt) Magdeburg, Herrn Wasserbauingenieur Ralf Vorreyer, also ein nachhaltiger

Einblick in die mannigfaltigen Herausforderungen einer Infrastruktur-Großbaustelle.

## Exkursion zur Vorlesung „Grundlagen der Bindemittel II“

Die Exkursion zur Vorlesung „Grundlagen der Bindemittel II“ im WS 17/18 führte uns diesmal ins Holcim-Werk Höver bei Hannover. Angeführt von Herrn Prof. Dr. Schneider fuhr unsere 16-köpfige Truppe am Morgen des 20.10.2017 von Clausthal gen Exkursionsziel.

Nach etwa einstündiger Fahrt wurden wir in Höver von den Herren Jantzen (Werksleitung) und Heuschild (Customer Solutions) in Empfang genommen.

Herr Jantzen umriss kurz die Daten und Fakten zum Werk, so wurde dieses im Jahre 1908 in Betrieb genommen und beschäftigt zurzeit 150 Mitarbeiter am Standort für die Zementproduktion, dazu kommen noch Auszubildende und Verwaltung, wodurch sich eine Gesamtmitarbeiterzahl von 225 ergibt.

Pro Jahr werden 800.000 t Klinker produziert, aus denen 1,1 Mio. t Zement hergestellt werden (Klinkerfaktor 70 %). Die Befeuerung des 82 m langen Zementdrehrohrofens erfolgt dabei zu 85 % aus Sekundärbrennstoffen, wovon der größte Teil aus Fluff besteht und der Rest aus Altreifen gedeckt wird. Bis 2009 wurden auch Tiermehl und Trockenklärschlämme benutzt, welche jedoch zurzeit nicht eingesetzt werden. Des Weiteren stellte Herr Jantzen die Kooperation zwischen der Salzgitter AG und der Holcim (Deutschland) GmbH im Bereich des Hüttensandes heraus, in deren Zuge die Holcim (Deutschland) GmbH seit 1998 eine eigene Granulationsanlage auf dem Gelände der Salzgitter AG betreibt. Diese wird seit 2006 durch eine zweite Anlage ergänzt.



Als günstig erweist sich hierbei die Transportmöglichkeit des Hüttensandes per Schiff über den Mittellandkanal ins Werk Höver. Weitere Möglichkeiten der Hüttensandbeschaffung bestehen durch Verträge mit Stahlwerken in Bremen und Duisburg, sodass insgesamt 3,5 Mio. t Hüttensand zur Verfügung stünden. Von diesen werden jedoch nur 200.000 t pro Jahr im Werk Höver selbst eingesetzt, der Rest wird an andere Werke geliefert bzw. auch an Marktbegleiter verkauft.

Anschließend ging Herr Heuschild noch ausführlicher auf die Holcim (Deutschland) GmbH und die Geschichte bzw. Produktion am Standort Höver ein. So bestand bis Anfang der 60er Jahre eine Straßenbahnverbindung nach Hannover, wodurch es durchaus üblich war, dass Bauunternehmer ihre Rohstoffe aus dem Werk persönlich abholten. In den 60er und 70er Jahren begann der Sprung auf die nördliche Seite der Hannoverschen Straße, sodass das sich das Werk heute vorwiegend auf der Nordseite befindet.



Der Steinbruch befindet sich jedoch weiterhin auf der Südseite. In ihm erfolgt der Abbau des Kalkmergels aufgrund von Lärmschutzbestimmungen und den Erschütterungen beim Sprengen mittels Reißraupen. Das vorgebrochene Material wird dann über Transportbänder ins Werk transportiert und dort im Mischbett (Fassungsvermögen: 70.000 t) homogenisiert. Aufgrund der nahezu idealen Zusammensetzung des Kalkmergels sind nur wenige Korrekturstoffe wie Sand, Eisenerzreste und Aluminiumträger notwendig.

Die Rohmehlmahlung erfolgt in einer Loeschmühle, ehe das Rohmehl in einem 4-stufigen Zyklonvorwärmer auf ca. 700 °C erwärmt wird und anschließend in den 1450 °C heißen Drehrohrofen (1750 °C Gastemperatur) gelangt. Dort erfolgt auch die Aufgabe der Altreifen, als Ganzreifen, über eine Reifenschurre. Die Abkühlung des Zementklinkers erfolgt anschließend über einen Rostkühler. Nach der Mahlung des Zementklinkers in einer Kugelmühle erfolgt die Mischung der verschiedenen Zementarten in der Mischanlage.



Nach dieser theoretischen Einführung ließen wir es uns nicht nehmen, trotz des langsam einsetzenden Regens, das Werk, angeführt von Herrn Heuschild, zu erkunden. Ein Highlight der Führung war der Vergleich zwischen dem modernen, heutigen Leitstand und dem ehemaligen Leitstand, welches durch ein Segment des ehemaligen Schalttisches verdeutlicht wurde.

Im Anschluss der Führung hatten wir die Möglichkeit uns bei einem leckeren Mittagessen in der Kantine zu stärken und etwas aufzuwärmen.



Abgerundet wurde der Tag durch einen Vortrag von Herrn Dr. Liebig über die ökologischen Vorteile von hüttensandhaltigem Zement. Er stellte dabei heraus, dass der Hüttensand das höchste Potential aller Klinkerersatzstoffe besitzt. Des Weiteren machte der die CO<sub>2</sub>-Einsparung an konkreten Beispielen deutlich. So werden beim Bau eines Windrades 2000 m<sup>3</sup> Beton verbaut. Durch den Einsatz von CEM III/A 42,5 N anstelle von CEM I können dabei rund 300 t CO<sub>2</sub> eingespart werden. Zum Vergleich ein

PKW stößt ca. 1 t CO<sub>2</sub> auf 6000 km aus. Diese ökologischen Vorteile werden von Holcim auch durch ein eigenes Umweltschutzsiegel beworben. Und auch in der Produktion schlägt sich diese Strategie wieder, so werden bei Holcim in Deutschland zu 60 % CEM III-Zemente gegenüber 13 % CEM II und 27 % CEM I-Zemente hergestellt.

Alles in Allem war es ein sehr interessanter Tag und jeder Teilnehmer konnte für sich viele neuen Eindrücke und Informationen mit nach Hause nehmen. An dieser Stelle möchten wir uns ganz herzlich bei Herrn Jantzen, Herrn Dr. Liebig und insbesondere Herrn Heuschild für den tollen Vormittag in Höver bedanken.



## 2 FORSCHUNG

### 2.1 Mitarbeiter

#### *Bindemittel und Baustoffe (A. Wolter)*

- Wissenschaftliche Mitarbeiter mit Projektaufgaben (Drittmittel)  
C. Eichhorn, M. Heidmann-Ruhz, S. Schöbel, T. Scholten (bis 06 / 17), K. Schrank (04 –09 / 17), J. Unseld
- Technische Mitarbeiter  
C. Rust, M. Zellmann
- Sekretariat  
A. Behfeld

### *Glas und Glastechnologie (J. Deubener)*

- Wissenschaftliche Mitarbeiter mit Projektaufgaben (Drittmittel)  
R. Al-Mukadam, L. Briese, D. Hart, P. Kiefer, N. Pronina, T. Welter, A. Zandona
- Technische Mitarbeiter  
T. Peter, A. Ohlendorf
- Sekretariat  
S. Bieling

### *Werkstatt*

- R. Holly, R. Putzig

## **2.2 Forschungsfelder**

### *Bindemittel und Baustoffe*

- Charakterisierung von Kalkhydraten
- Trockene Rauchgasreinigung mit Kalkhydrat
- Optimierung der Packungsdichte von Portlandkomposit-Zementen
- Einsatz von natürlichen Schwermineralsanden zur Steigerung der Rohdichte von Kalksandsteinen für einen hohen baulichen Schallschutz
- Maximierung der Stromerzeugung beim Zementklinkerbrand
- BCT-Klinker
- Innere Kornverteilung von Zementen mit mehreren Hauptbestandteilen
- Reaktivität von Magnesia
- Mittelstark gesinterte Magnesia
- Bauaufgabenbezogene Bewertung der CO<sub>2</sub>-Last von Beton
- Spritzbetonfähige Bindemittel
- Festigkeitsentwicklung von deponierfähigen Braunkohlenflugaschen

### *Glas und Glastechnologie*

- Dünnschichttechnologie (Sol-Gel)  
AR-, PCO-, TCO-, Barriere- und Schutzschichten
- Dickschichttechnologie (Email, GMK)  
PEMS, LTCC
- Glaskeramiken  
Kinetik, Phasenbildung
- Gläser  
Relaxation, Diffusion, Viskosität, chem. und therm. Beständigkeit

## 2.3 Förderung

### 2.3.1 Öffentlich geförderte Forschungsprojekte

#### *Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen -Otto von Guericke- (AiF)*

##### *Bindemittel und Baustoffe*

- 18888 N  
Untersuchung der inneren Korngrößenverteilung der in Portlandkomposit- und Kompositementen enthaltenen Hauptbestandteile
- 18896 N  
Steigerung der Produktqualität und Reduktion der Produktionskosten bei der Kalksandsteinfertigung durch Einsatz un stetiger Gesteinskörnungen

##### *Glas und Glastechnologie*

- 19416/N  
Faktoren der Glasbildung von Hüttensand und deren Einfluss auf Glasstruktur und Reaktivität unter Berücksichtigung verschiedener Granulationsverfahren

#### *Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)*

##### *Glas und Glastechnologie*

- DE 598/22-2  
Einfluss von strukturellen Parametern und Relaxationsprozessen auf die Ermüdung und die mikromechanische Eigenschaft von Oxidgläsern – die Bedeutung von volatile Komponenten und Bindungszuständen
- DE 598/20-2  
Wasserstoffbarrieren aus Glas
- DE 598/27-1  
Redoxpotentialgesteuerte Ausscheidungskinetik superparamagnetischer Nickel- und Kobaltkristalle in Silicatgläsern
- DE 598/28-1  
Stochastischer Ansatz zur heterogenen Kristallkeimbildung in Silicargläsern

#### *European Commission Directorate – General for Research and Innovation, Brussel Belgium*

- 749809  
New activation routes for early strength development of granulated blast furnace slag “ActiSlag”

## ***Niedersächsische Technische Hochschule (NTH)***

### *Bindemittel und Baustoffe*

- 21-71023-25-3/15  
Generative Fertigung im Bauwesen: Entwicklung einer robotergestützten Spritztechnologie zur schalungslosen generativen Fertigung komplexer Betonbauteile

## **2.3.2 Industrielle Forschungsprojekte**

### *Bindemittel und Baustoffe*

- Chemische, mineralische und technologische Untersuchungen des Abbindeverhaltens von Baustoffaschen unterschiedlicher Kraftwerke und Lagerstätten (RWE Power AG)
- Einfluss unterschiedlicher Braunkohlenjungaschenqualitäten rheinischer Braunkohlen auf das Abbindeverhalten zementhaltiger Bindungssysteme (RWE Power AG)
- Rohmaterialeinflüsse auf die Phasenbildung im BCT-Klinker (HeidelbergCement)
- Verwertungsmöglichkeiten von MgO-reichem Kalkstein aus dem Mittleren Muschelkalk (Zement- und Kalkwerke Otterbein)
- Granulationsverhalten von Klinker (IKN)

### *Glas und Glastechnologie*

- Gefügeausbildung und Bestimmung relevanter Eigenschaften von Lithiumsilicat-Gläsern und -Glaskeramiken (Fa. Ivoclar Vivadent AG)
- Kristallisationsverhalten von Gläsern im System MgO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SO<sub>2</sub> (F+E Auftrag Fa. Schott AG)

## **2.4 Konferenzbeiträge (Vortrag und Poster)**

*10.-11.11.2016*

### **Regionales Emaillierertreffen, Colditz**

- H. Bornhöft  
Kinetik der Haftentstehung

*25. – 26.04.2017*

### **Glass Trend Seminar of emissions from glass furnaces, Haarlem (NL)**

- H. Bornhöft, J. Deubener  
Glass research at TU Clausthal

*07. -10.05.2017*

### **Emailtechnische Tagung, Bad Wildungen**

- H. Bornhöft, J. Deubener  
Kinetik der Haftentstehung

*22. – 27.05.2017*

### **12<sup>th</sup> Pacific Rim Conference on Ceramic and Glass Technology, Kona (Hawaii)**

- J. Deubener, S. Krüger  
Crystallization of silicate glasses at deep and shallow undercoolings

28. – 31.05.2017

**91. Glastechnische Tagung, Weimar**

- H. Hensch, J. Deubener  
Photocatalytic activity of ceria in porous silica films for solar applications
- P. Kiefer, R. Balzer, U. Dietrich, H. Behrens, T. Waurischk, S. Reinsch, R. Müller, J. Deubener  
Viscosity of water bearing glasses in the glass transition – phosphates vs. silicates and borates
- T. Welter, M. Nofz, J. Deubener  
Surface water-induced broadening of crack initiation probability of zinc aluminosilicate glasses
- U. Marzok, R. Müller, M. Gaber, S. Reinsch, T. Welter, J. Deubener  
Messung der H<sub>2</sub>-Permeabilität von Gläsern mit der VHE-Pulvermethode
- S. Selle, T. Höche, C. Patzig, L. Briese, J. Deubener  
Microstructure analysis of redox potential induced precipitation of metallic nano colloids in borosilicate glasses
- L. Briese, S. Selle, J. Deubener  
Redox potential controlled precipitation of Co-Fe nano-alloys in borosilicate glasses (Poster)
- T. Waurischk, R. Balzer, P. Kiefer, S. Reinsch, R. Müller, H. Behrens, J. Deubener  
New device for inert crack growth measurements in ultra-strong glasses (Poster)
- U. Marzok R. Müller, M. Gaber, S. Reinsch, T. Welter, J. Deubener  
Measurement of H<sub>2</sub> permeability of glasses with VHE powder method (Poster)
- T. Welter, R. Müller, U. Marzok, S. Reinsch, J. Deubener  
Glass structures with low helium and hydrogen permeability

02. -05.07.2017

**7<sup>th</sup> International Workshop on Flow and Fracture of Advanced Glasses, Aalborg (DK)**

- J. Deubener, U. Bauer, H. Behrens, S. Reinsch, R. Müller  
Flow of hydrous silicate and borate glasses
- P. Kiefer, R. Balzer, H. Behrens, R. Müller, S. Reinsch, J. Deubener  
In-situ observation of sub-critical growth in water bearing borate glasses
- T. Welter, M. Nofz, J. Deubener  
Surface water-induced broadening of crack initiation probability of zinc aluminosilicate glasses

13. -17.07.2017

**11<sup>th</sup> Brazilia Symposium on Glass and Related Materials, Curitiba (Brazil)**

- J. Deubener, S. Krüger, M. Montazerian, E. Zanotto  
Time-dependent crystal nucleation in silicate glasses

26.08.2017

**Stahlblechausschuss, Frankfurt**

- H. Bornhöft  
Haftenstehung auf Stahlblech

10. – 13.09.2017

### **12<sup>th</sup> International Symposium on Crystallization in Glasses and Liquids**

- J. Deubener, M. Montazerian, S. Krüger, A. Cortada, E. Zanutto  
Heating rate effects in time-dependent nucleation of glasses based on double stage heat-treatments
- S. Krüger, J. Deubener  
How to take into account the stochastic nature of nucleation in constructing a time-temperature-transformation diagram?
- T. Waurischk, R. Balzer, P. Kiefer, S. Reinsch, R. Müller, H. Behrens, J. Deubener  
New device for inert sub critical crack growth measurements in glasses (Poster)
- G. Hensch, J. Deubener  
Interface crystallization of ceria in porous silica films for solar applications (Poster)
- L. Briese, S. Selle, J. Deubener  
Precipitation kinetics of cobalt nanoparticles in borosilicate glasses (Poster)

18.-20.09.2017

### **Tagung Bauchemie, Weimar**

- M. Heidmann-Ruhz  
Bindemittelentwicklung für die additive Fertigung im Bauwesen

26.09.2017

### **Fachausschuss I Physik und Chemie des Glases der DGG, Erlangen**

- P. Kiefer, J. Deubener, T. Waurischk, R. Müller, R. Balzer, H. Behrens  
In-situ Beobachtung und statistische Analyse des unterkritischen Risswachstums in Gläsern
- S. Reinsch, R. Müller, U. Dietrich, H. Behrens, P. Kiefer, J. Deubener  
Sub-Tg relaxation in wasserhaltigen Kalk-Natron-Silikat und Natrium-Borosilikat-Gläsern

09. -10.11.2017

### **Regionales Emaillierertreffen, Lauter**

- P. Kiefer  
Rissentstehung und Rissausbreitung in Glasoberflächen

## **2.5 Veröffentlichungen**

### **2.5.1 Artikel in referierten Fachzeitschriften**

- J. Deubener, M. Montazerian, S. Krüger, O. Peitl, E. Zanutto,  
Heating rate effects in time-dependent homogeneous nucleation in glasses  
J. Non-Cryst. Solids 474 (2017) 1-8
- G. Hensch, J. Deubener  
Interface crystallization of ceria in porous silica films for solar applications  
Crystals 7 (2017) 80

- *M. Krichevskaya, S. Preis, A. Moiseev, J. Deubener*  
Gas-phase photocatalytic oxidation of refractory VOCs mixtures: through the net of process limitations  
Catal. Today 280 (2017) 93-98
- *N. Pronina, D. Klauson, T. Rudenko, K. Künnis-Beres, I. Kamenev, A. Moiseev, J. Deubener, M. Krichevskaya*  
Elimination of persistent emerging micropollutants in suspended-bed photocatalytic reactor: influence of operating conditions and combination with aerobic biological treatment  
Photochem. Photobiol. Sci. 15 (2016) 1492-1502
- *K. Shandarova, G. Hensch, J. Deubener, W. Dziony, L. Wondraczek*  
Improving the corrosion resistance of sol-gel-derived aluminoborosilicate glass coatings by nitridation  
J. Non-Cryst. Solids 447 (2016) 171-177
- *S. Striepe, J. Deubener, M. Potuzak, M.M. Smedskjaer, A. Matthias*  
Thermal history dependence of indentation induced densification in an aluminosilicate glass  
J. Non Cryst. Solids 445-446 (2016) 34-39
- *B.P. Rodrigues, L. Wondraczek, J. Deubener*  
Modifier interaction and mixed-alkali effect in bond constraint theory  
Front. Mater. 3 (2016) 25

### **2.5.2 Artikel in Konferenzbänden und nicht referierten Fachzeitschriften**

- *Unsel, J., Wolter, A.:*  
New analytical method for investigating the „internal“ particle size distributions of multi-composite cements  
Neues Analyseverfahren zur Untersuchung der „inneren“ Kornverteilung von Multi-kompositzementen  
Cement International, No. 6/2016, p. 60-66
- *Dünzen, C., Splittgerber, O. und Wolter, A.:*  
Strength Evolution and Corrosion Resistance of a Cement-free Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Castable containing a Novel Hydraulic Binder Based on  $\alpha$ -Alumina  
RefractoriesWORLDFORUM, (2017) Ausgabe 1
- *Thomas, L., Schäfer, S., del Arte, M., Ogilvie, M., Wolter, A.:*  
Moderne Formen der Qualifizierung in der Zement-, Kalk- und Betonindustrie  
beton – Die Fachzeitschrift für Bau + Technik, 3/2017, S. 70-75

- *Scholten, T., Wolter, A. TU Clausthal, Blasig, A., Fermacell GmbH:*  
Predicting the sintering behaviour of Portland cement raw meal through knowledge of the raw meal homogeneity/  
Vorhersage des Sinterverhaltens von Portlandzement-Rohmehlen durch Kenntnis der Rohmehlhomogenität  
Cement International, No. 1/2017. P. 64-69
- *Thomas, L., Schäfer, S., Schäffel, P., del Arte, M., Ogilvie, M., Wolter, A.:*  
Von den Onlinekursen zum Wissensnetzwerk  
Moderne Formen der Qualifizierung in der Zement-, Kalk- und Betonindustrie  
beton, 3/2017, S. 70-75  
Verlag Bau+Technik
- *Thomas, L., Schäfer, S., Schäffel, P., Ogilvie, M., del Arte, M., Wolter, A.:*  
Modern forms of qualification in the cement, lime and concrete industries  
Moderne Formen der Qualifizierung in der Zement-, Kalk- und Betonindustrie  
Cement International 3/2017, S. 50-59  
Verlag Bau+Technik GmbH
- *Eschner, A.:*  
Regularities in the Temperature Dependence of the Thermal Conductivity of Refractory Products and Two Metallic Alloy Groups  
Refractories WORLDFORUM, 8 (2016) [4], S. 67-72  
Göller Verlag GmbH

### 2.5.3 *Bücher, Buchartikel, digitale Veröffentlichungen*

- Nucleation and Crystallization of Glasses and Glass-Ceramics,  
W. Höland and J. Deubener (eds.),  
Frontiers Media SA, Lausanne, Switzerland 2017,  
ISBN: 9782889452248

## 2.6 **Clausthaler Beiträge in Segovia ausgezeichnet**

Das Internationale Symposium zur Kristallisation in Gläsern und Flüssigkeiten ist die erste Adresse wenn es um wissenschaftliche und technologische Fragestellung rund um die Glaskeramik geht. Diese Konferenzserie wird seit ca. 40 Jahren betrieben und konnte im Jahr 2012 nach Goslar geholt werden. In der Nachfolge war sie in Nagaoka, Japan (2015) und in diesem Jahr in Segovia, Spanien angesiedelt. Die Tagung präsentierte auch diesmal einen hochaktuellen und wissenschaftlich anspruchsvollen Mix aus Vorträgen und Posterbeiträgen. In der Kategorie Nachwuchswissenschaftler/innen wurden zwei Clausthaler Beiträge ausgezeichnet. Frau Dr. Susanne Krüger holte den Preis für ihren Vortrag mit dem Titel "How to take into account the stochastic nature of nucleation in constructing a time-temperature-transformation diagram?" und Frau M.Sc. Laura Briese ihr Poster "Precipitation kinetics of cobalt nanoparticles in borosilicate glasses". Dies ist ein super Erfolg für die Clausthaler Glasgruppe, der bei Tapas und Rotwein am Konferenzabend gebührend gefeiert wurde.



Teilnehmende der Glaskristallisationstagung in Segovia



Preisträgerinnen des *best speaker awards* Frau Dr. Susanne Krüger (TU Clausthal, 2vl) und Frau Dr. Mariona Tarragó (Barcelona University, 3vl) zusammen mit den Tagungspräsidentinnen Frau Dr. Maria Jesus Pascual (4vl) und Prof. Alicia Duran (1vl).

## 2.7 Forschungsfreisemester für Prof. Joachim Deubener

Prof. Deubener bekleidete im Wintersemester 2016/17 eine Gastprofessur an der bundesstaatlichen Universität in São Carlos – Brasilien. Hierfür wurde er vom Präsidium der TU Clausthal von seinen Lehraufgaben befreit. Neben Vorlesungen, Studentenbetreuung und einer aktuellen Forschungsk Kooperation auf dem Gebiet der Glaskristallisation mit seinem gastgebenden Kollegen Prof. Edgar Zanotto des Laboratório de Materiais Vítreos (LaMaV) wurde der Aufenthalt genutzt, um eine Kooperation zum Austausch von Studierenden und Lehrenden zwischen der dortigen Universität und der TU Clausthal im Bereich Werkstofftechnik und Materialwissenschaften zu initiieren. Für diesen Bereich stellt die bundesstaatliche Universität in São Carlos die größte Fakultät in Südamerika (ca. 50 Professuren) dar. Sie unterhält zurzeit zwei Sonderforschungsbereiche und ist instrumentell und personell bestens ausgestattet. Im Sommersemester 2017 wurde der Kooperationsvertrag von den Präsidien beider Universitäten unterzeichnet. Ein erster Studierender der brasilianischen Universität konnte bereits in Wintersemester 2017/18 im Studiengang Werkstofftechnik und Materialwissenschaft der TU Clausthal eingeschrieben werden.



Campuseingang (oben) und gastgebendes Forschungsinstitut für Glaswerkstoffe (unten) der Bundesuniversität São Carlos in Brasilien.

### 3 NACHRICHTEN

#### 3.1 Arbeitstagung Glas-Keramik-Bindemittel 2017

Turnusmäßig fand vom 12. bis 14. Mai 2017 eine Arbeitstagung mit Ehemaligen des Instituts für Nichtmetallische Werkstoffe statt. Die drei Fachabteilungen des Instituts (Glas und Glastechnologie/Prof. Deubener, Bindemittel und Baustoffe/Prof. Wolter, Hochleistungskeramik/Prof. Günster) stellten das Forschungsprofil und die aktuellen Projekte vor.



Während bei der Professur für Glas und Glastechnologie die Erzeugung funktionaler Oberflächen, sowie ihrer Charakterisierung und Dauerhaftigkeit einen Forschungsschwerpunkt bilden, ist es bei der Professur für Bindemittel und Baustoffe die Kreislaufwirtschaft im weiteren Sinne und bei der Professur für Hochleistungskeramik die Entwicklung und Erprobung von neuen additiven Fertigungsverfahren (Drucken von Keramik). Ergänzend dazu hatten die wissenschaftlichen Mitarbeiter der Abteilungen Gelegenheit, ihre eigenen Forschungsprojekte der Fachwelt zu erläutern.

Den zweiten Schwerpunkt bildete eine ausführliche Diskussion über die Zukunft des Instituts für Nichtmetallische Werkstoffe und insbesondere dessen fachliche Ausrichtung im Licht des industriellen Wandels und des Masterplans der TU Clausthal, welcher diesem Wandel Rechnung zu tragen versucht. Vizepräsident Prof. Brenner erläuterte die Ziele und die vorgesehenen Maßnahmen des Masterplans. Die Industrievertreter stellten dar, welche Qualifikationen von Hochschulabsolventen der Werkstofftechnik erwartet werden, insbesondere, dass nur eine breit angelegte Ausbildung gute Voraussetzungen schafft für die oft verworrenen Berufswege, die den Berichten nach die Regel sind, nicht die Ausnahme.

Sie ließen keinen Zweifel daran, dass gerade diejenigen Ingenieure und Ingenieurinnen, welche sowohl werkstoffkundlich, als auch naturwissenschaftlich und verfahrenstechnisch ausgebildet werden, in der Industrie höchst willkommen sind. Damit sich mehr Studenten für dieses Fach entscheiden, müssten vor allem die Studienbedingungen attraktiv gehalten und die Einmaligkeit dieses Studienprofils in Deutschland besser kommuniziert werden. Gelobt wurde zwar die gute Studierbarkeit in Clausthal und die Betreuungsrelation zwischen Professoren und Studenten der

Ingenieurwissenschaften, jedoch habe Freiberg mit seinem ungeteilten Bekenntnis zur Bergakademie viel Terrain gewonnen.

Darüber hinaus wurde den Teilnehmern ein üppi- ges Rahmenprogramm geboten mit Stehkonvent, Besuch der Fa. SincoTec, Bunter Abend auf dem Haus der Montania und einer Befahrung der Dorotheer Rösche unter Führung und Anleitung von Thomas Gundermann.

Allen Beteiligten und Helfern sei auch an dieser Stelle herzlich gedankt, dass sie unseren Ehemali- gen ein wertvolles Wiedersehen mit ihrer Alma Mater und der Stadt Clausthal-Zellerfeld ermög- licht haben.



### 3.2 Verleihung Diamantenes Diplom



*Dr. P. Thormann erhält das diamantene Diplom vom Präsidenten der TU Clausthal, Prof. Hanschke  
11.08.2017*

Am 11. August 2017 wurde der Absolventenjahrgang 1957 der Bergakademie mit einem „dia- mantenen Diplom“ geehrt, darunter auch Dr.-Ing. Peter Thormann.

Danach promovierte er 1964 über die Klinkermineralbildung im Temperaturbereich von 850 bis 1450 °C und trat eine Dauerstelle im Institut für Steine und Erden an. Über mehr als 30 Jahre lang hat er den Institutsbetrieb organisiert und viele wichtige Industriekontakte lebendig gehalten, was insbesondere für die Studierenden ein Segen war. Dr. Thormann lebt bis heute in Clausthal-Zellerfeld und ist dem Institut immer herzlich verbunden geblieben. Wir schließen uns den Glückwünschen des Präsidenten an und wünschen Dr. Thormann weiterhin gute Gesundheit und Lebensfreude,  
Glückauf!

### 3.3 Beirat

Der Beirat der Teilstiftungs-Professur für Bindemittel und Baustoffe begleitet die Entwicklung des Lehrstuhles in Forschung und Lehre.

Die regelmäßigen Treffen des Beirates tragen ganz wesentlich zur Stärkung und industriellen Ausrichtung des Fachgebietes bei. Entsprechend ihrem finanziellen Engagement ist der Beirat mit Vertretern der Zement- und Kalkindustrie besetzt.

Im Berichtszeitraum 2015/16 fand am 25.10.2016 die 22. Beiratssitzung im Institut für Nichtmetallische Werkstoffe in Clausthal-Zellerfeld statt.

Teilnehmer:

Prof. Dr. rer. nat. M. Schneider; VDZ gGmbH

Dr.-Ing. Chr. Hommertgen, HeidelbergCement AG, Zementwerk Hannover

Dr.-Ing. Th. Stumpf, Fels-Werke GmbH

Prof. Dr. A. Wolter, INW

Der Beirat informierte sich eingehend über die Lehrsituation an der TU Clausthal und die aktuellen Forschungsprojekte der Professur für Bindemittel und Baustoffe. Er bestätigte dabei als leitende Forschungsthemen:

- Produktgerechte Zerkleinerung von Kompositzementen
- Maximierte Stromproduktion mit Sekundärstoffeinsatz beim Klinkerbrand
- Absorptionskinetik von Kalkhydrat

Wichtiger Besprechungspunkt war weiterhin die Zukunft der Professur für Bindemittel und Baustoffe in Clausthal.

### 3.4 Organisationsveränderung im Bereich der niedersächsischen Materialprüfung

Zum 01.01.2017 fusionierten die Materialprüfanstalt für das Bauwesen Hannover und die Materialprüfanstalt für Werkstoffe und Produktionstechnik zu der Materialprüfanstalt für das Bauwesen und Produktionstechnik mit Sitz in Hannover.

Für den Standort in Clausthal-Zellerfeld änderte sich somit die Bezeichnung in Materialprüfanstalt für das Bauwesen und Produktionstechnik, Betriebsstätte Clausthal. Das Leistungsangebot bleibt hiervon unberührt. Die Betriebsstätte Clausthal ist innerhalb der MPA HANNOVER weiterhin die Fachgruppe für Straßenbauprodukte und führt Prüfungen an Asphalt, Bitumen, Gesteinskörnungen, Böden und Betonprodukten durch. Weiterhin werden am Standort Clausthal in Partnerschaft mit akkreditierten Chemielaboren Voruntersuchungen für die qualifizierte Entsorgung von mineralischen Straßenbauprodukten durchgeführt.

Mit Einführung der Richtlinien für die Anerkennung von Prüfstellen für Baustoffe und Baustoffgemische im Straßenbau, Ausgabe 2015 (RAP Stra 15) wird nun eine Liste der Prüfstellen, die nach RAP Stra 15 bundesweit tätig werden können, bei der Bundesanstalt für Straßenwesen (BAST) geführt. Hierbei wurde erstmalig von der bisherigen Praxis einer formalen Fortschreibung der Anerkennung abgewichen. Die Prüfstellen mussten sich einem Verfahren der Anerkennung unterziehen, das einer Neuanerkennung gleichkam. Im Zuge dieses

Anerkennungsverfahrens wurden die Anforderungen und Standards an die Prüfstellen noch einmal angehoben. Für die Betriebsstätte Clausthal bedeutet dies u.a., dass mittlerweile jährliche Kosten für Kalibrierungen im fünfstelligen Bereich anfallen. Die Standards der Betriebsstätte Clausthal wurden jedoch von der RAP Stra-Kommission, bestehend aus Vertretern der anerkennenden Landesbehörde und der BAST, gewürdigt und mit einem für Niedersachsen einmaligen Anerkennungsumfang honoriert.

Anfang des Jahres konnte mit Herrn Jakob Kocur ein neuer engagierter Mitarbeiter gewonnen werden. Herr Kocur hatte im Herbst vergangenen Jahres als Leiharbeiter in der Materialprüfanstalt begonnen. Durch sein Auftreten und Engagement konnte er uns nachhaltig überzeugen, so dass wir ihn von der Personaldienstleistungsagentur übernommen haben.

Aus persönlichen Gründen hat sich zu unserem großen Bedauern Herr Matthias Taust von der MPA HANNOVER, Betriebsstätte Clausthal getrennt. Herr Taust war seit Oktober 2009 als Baustoffprüfer beschäftigt und bei seinen Vorgesetzten und Kollegen gleichermaßen sehr beliebt. Wir wünschen ihm und seiner Frau weiterhin viel Erfolg und alles Gute.

Durch den Weggang von Herrn Taust hat sich noch einmal die Beschäftigungssituation in der Betriebsstätte Clausthal verschärft. Wir suchen dringend motivierte und qualifizierte Mitarbeiter/Mitarbeiterinnen als Baustoffprüfer/Baustoffprüferin mit den Schwerpunkten Asphalttechnik, Geotechnik oder Betontechnik. Initiativbewerbungen sind willkommen. Für die weitere Zukunft wird in Erwägung gezogen am Standort Clausthal wieder Baustoffprüfer/Baustoffprüferinnen auszubilden.

Clausthal-Zellerfeld, Dezember 2017

Dipl.-Ing. M. Band

Leiter der Betriebsstätte

### **3.5 Zukunftstag 2017**

Zwei Schülerinnen der fünften Klasse haben am Zukunftstag am 27. April 2017 in der Arbeitsgruppe Glas einen Arbeitstag erleben dürfen. Ein selbst hergestelltes Rohstoffgemenge wurde aufgeschmolzen und ausgegossen. Außerdem haben die Schülerinnen im Sol-Gel Labor Beschichtungslösungen hergestellt sowie Glas geschnitten und beschichtet. Die Schichtdicken der getemperten Proben wurden im Profilometer gemessen und die Oberflächenanalytik der Arbeitsgruppe vorgestellt.

### **3.6 Materialforschung in der Schwerelosigkeit – dank Kooperation zwischen TU Clausthal, DLR und BAM**

05.07.2017

Berlin/Clausthal. 22 Sekunden schwerelos – und das 30 Mal hintereinander pro Flug, bei insgesamt vier durchzuführenden Flügen: Das erwartet Professor Jens Günster und Diplom-Ingenieur

Thomas Mühler vom Institut für Nichtmetallische Werkstoffe (INW) der TU Clausthal im September. Beide werden an der 30. Parabelflugkampagne des Deutschen Luft- und Raumfahrtzentrums (DLR) teilnehmen und ein Experiment zur additiven Fertigung unter Bedingungen der Schwerelosigkeit durchführen.



Bei einem Parabelflug wird die Schwerelosigkeit simuliert – dies wird zum Beispiel für wissenschaftliche Zwecke in der Forschung genutzt. Foto: DLR/Novespace

Der Parabelflug wurde im Rahmen einer Kooperation der Technischen Universität Clausthal mit dem DLR und der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM) über den Campus Funktionswerkstoffe und -strukturen beantragt.

„Pulverbasierte additive Fertigung unter Schwerelosigkeit“ heißt das Projekt, bei dem Versuche zum schichtweisen Auftrag von Pulver für die pulverbasierte additive Fertigung unter Bedingungen der Schwerelosigkeit (Mikrogravitation) durchgeführt werden sollen. Ziel ist es, mittels solcher Verfahren die Herstellung beispielsweise von Werkzeugen oder Ersatzteilen im Weltraum zu ermöglichen. Die Fertigung erfolgt auf Basis von Datenmodellen; dabei wird in diesem Fall Pulver mittels chemischer und/oder physikalischer Prozesse geformt – vergleichbar mit dem bekannten 3D-Druck-Verfahren. Die hier zum Einsatz kommenden Verfahren wurden zum Teil bereits international patentiert (zum Beispiel US 91533 1452 B2): Sie gehen auf zwei Patentfamilien zurück, die innerhalb Deutschlands gemeinschaftlich von der BAM und der TU Clausthal und außerhalb Deutschlands von der BAM alleinig anmeldet wurden.

Die Versuche werden von Professor Günster, der neben der Abteilung Hochleistungskeramik am Clausthaler INW den Fachbereich Keramische Prozesstechnik und Biowerkstoffe der BAM verantwortet, und Dr. Andrea Zocca (BAM) betreut. Das Team besteht weiterhin aus den Doktoranden Jörg Lüchtenborg und Pedro Lima, die den Versuch an der Berliner Bundesanstalt vorbereiten, vor Ort betreuen und als Reserve für eventuelle Ausfälle zur Verfügung stehen. Mühler, Doktorand an der TU Clausthal, und Marc Sparenberg, Doktorand am DLR, nehmen ebenfalls an dem Flug teil. Nach dem im letzten Jahr genehmigten Promotionsprogramm „Selbstorganisierte multifunktionale Strukturen für den adaptiven Hochleistungsleichtbau“ ist dies ein weiterer Meilenstein der erfolgreichen Zusammenarbeit zwischen der BAM, dem DLR und der TU Clausthal.

Der Flug wird von Novespace im Auftrag des DLR durchgeführt. Novespace operiert vom französischen Flughafen in Bordeaux aus und fliegt die Parabeln über dem Atlantik. Parabelflüge

werden für wissenschaftliche Experimente in Schwerelosigkeit und zum Testen von Raumfahrt-techniken eingesetzt. Eine DLR-Parabelflugkampagne besteht in der Regel aus drei Flugtagen zu je vier Flugstunden, an denen jeweils 31 Parabeln geflogen werden. Dabei steigt das Flugzeug aus dem horizontalen Flug steil nach oben, drosselt die Schubkraft der Turbinen und fliegt dabei eine Parabel, bei der für etwa 22 Sekunden Schwerelosigkeit herrscht. Insgesamt stehen so bei einer Flugkampagne etwa 35 Minuten Schwerelosigkeit – im Wechsel mit normaler und doppelter Erdbeschleunigung – zur Verfügung, die Forscher für ihre Experimente nutzen können.

Bis zu 40 Wissenschaftler können an einem Flug teilnehmen, bei dem sich im Normalfall zwölf bis 13 Experimente an Bord befinden. Seit 1999 gibt es ein solches Flugprogramm. Dafür genutzt wird derzeit ein umgebauter Airbus A 310, mit dem die Luftwaffe zuvor Regierungsmitglieder transportierte. Im Innern des Flugzeugs gibt es einen 100 Quadratmeter großen Raum, der mit Schaumstoffmatten ausgelegt ist, für die Versuche.

Quelle: Pressestelle TU Clausthal

### **3.7 Parabelflug: TU Clausthal und BAM testen 3D-Druck in der Schwerelosigkeit**

11.09.2017

Bordeaux. Astronauten, die Werkzeuge oder Ersatzteile im Weltraum per 3D-Druck selbst herstellen – das soll nach Vorstellung der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM) Wirklichkeit werden. Zusammen mit der TU Clausthal führt die BAM vom 11. bis zum 15. September Experimente zu pulverbasierter additiver Fertigung unter Bedingungen annähernder Schwerelosigkeit (Microgravity) durch.

Im Rahmen der 30. Parabelflugkampagne des Deutschen Luft- und Raumfahrtzentrums (DLR) testen die Clausthaler Wissenschaftler, wie ein 3D-Drucker mit Pulver als Ausgangsmaterial in Schwerelosigkeit stabilisiert werden kann. Konkret geht es im Projekt „Pulverbasierte additive Fertigung unter Schwerelosigkeit“ darum, ein Bauteil durch Aufbringen von Schichten eines fließfähigen Pulvers herzustellen. Dazu wird ein Computer-animiertes und in virtuelle Schichten zerlegtes Bauteil durch das wiederholte Auftragen von Pulverschichten Schicht für Schicht aufgebaut. In den geplanten Parabelflug-Experimenten liegt der Fokus auf dem Schichtauftrag des Pulvers, da dies unter Schwerelosigkeit sehr schwierig ist. Um das Pulverbett mit dem eingeschlossenen Bauteil auch ohne Gravitation zu stabilisieren, wollen die Wissenschaftler Luft-Gasstrom nutzen, der durch die Pulverschichten gesaugt wird.

„3D-Druck ist noch nie in der Schwerelosigkeit erforscht worden – BAM, DLR und TU Clausthal sind da Pioniere“, erklärt Projektleiter Professor Jens Günster, der den Fachbereich Keramische Prozesstechnik und Biowerkstoffe an der BAM leitet und zugleich als Professor für Hochleistungskeramik an der TU Clausthal tätig ist. Ziel des Forschungsvorhabens ist es, individuelle Fertigung von benötigten Komponenten während einer Raumfahrtmission auszubauen und weiterzuentwickeln. Darüber hinaus ist das eingesetzte Verfahren auch für die industrielle Anwendung auf der Erde von großem Interesse: „Eine höhere Packungsdichte der Pulverpartikel und ein verbesserter Schichtauftrag für feinere, nicht fließfähige Pulver sind zwei wesentliche Vorteile gegenüber den konventionellen Schichtauftragsverfahren“, ergänzt Jens Günster.



Professor Jens Günster (TU Clausthal/BAM) und Thomas Mühler (rechts), Doktorand an der TU Clausthal, bringen das Equipment für die Parabelflug-Experimente an Bord des Flugzeuges im französischen Bordeaux. Foto: BAM

Die hier zum Einsatz kommenden Verfahren wurden zum Teil bereits international patentiert: Sie gehen auf zwei Patentfamilien zurück, die innerhalb Deutschlands gemeinschaftlich von der BAM und der TU Clausthal und außerhalb Deutschlands von der BAM alleinig angemeldet wurden.

Zum Team von Professor Günster zählen neben Dr. Andrea Zocca und den Doktoranden Jörg Lüchtenborg sowie Pedro Lima (beide BAM) auch Thomas Mühler, Doktorand an der TU Clausthal, und Marc Sparenberg, Doktorand am DLR. Nach dem im letzten Jahr genehmigten Promotionsprogramm „Selbstorganisierte multifunktionale Strukturen für den adaptiven Hochleistungsleichtbau“ ist dies ein weiterer Meilenstein der erfolgreichen Zusammenarbeit zwischen der BAM, dem DLR und der TU Clausthal.

Weitere Informationen zum Projekt „Pulverbasierte additive Fertigung unter Schwerelosigkeit“ und zu den Parabelflug-Experimenten von BAM und TU Clausthal im Rahmen der DLR-Parabelflugkampagne unter:

[www.bam.de/parabelflug](http://www.bam.de/parabelflug)

[www.dlr.de](http://www.dlr.de)

Quelle: Pressestelle TU Clausthal

### **3.8 ICG Sommer School 2017 in Montpellier**

Vom 03.-07. Juli 2017 fand die jährliche Summer School der International Commission on Glass (ICG) in Montpellier an der Südküste Frankreichs statt. Zwei Doktoranden der Arbeitsgruppe Glas und Glastechnologie, Raschid Al-Mukadam und Laura Briese, nahmen in diesem Jahr teil.

Insgesamt 49 Teilnehmer aus der Wissenschaft und Industrie, angereist aus der ganzen Welt, hatten die Möglichkeit sich in dieser 5-tägigen Schulung intensiv mit dem Thema Glas auseinander zu setzen. Hierfür wurden vormittags zwei verschiedene Vorlesungsblöcke angeboten. Der eine Block beschäftigte sich mit den wissenschaftlichen Aspekten des Glases, wie Glasbildung, -Struktur und – Eigenschaften, während der andere Block auf die Herstellung und numerische Prozessmodellierung fokussiert war. Zudem wurde den Teilnehmern, bei denen es sich zumeist

um Einsteiger in das Gebiet der Glastechnologie handelte, die Chance geboten, ihre Präsentationsfähigkeiten zu üben und zu verbessern. Dies geschah zum einen durch eine dreiminütige Vorstellung des eigenen Projektvorhabens am ersten Tag. Zum anderen wurde nachmittags in Projektarbeit eine Gruppenpräsentation vorbereitet, die am letzten Tag der Veranstaltung vorgelesen wurde. In Kleingruppen wurden außerdem Tutorials zu speziellen Themengebieten in der Glasforschung angeboten, bei denen die Teilnehmer über Inhalt und Detailtiefe mitentscheiden konnten.

Ein gemeinsames Abschlussessen am Donnerstagabend mit Buffet und einem Musiktrio rundeten die Veranstaltung schließlich ab.



Teilnehmende der Sommerschule mit Clausthaler Beteiligung: M.Sc. L. Briese (2R 3vr), M.Sc. Raschid Al-Mukadam (5R 7vr)

### **3.9 Exkursion MP-Kolleg**

10.09. bis 13.09.2017: Große Exkursion

10.09.2017 Anreise nach Ulm

11.09.2017 - SCHWENK Zement KG, Allmendingen

- Autokranfertigung der Liebherr-Werk Ehingen GmbH, Ehingen

12.09.2017 - Wieland-Werke AG, Ulm

- Tunnelbaustelle Böhlertunnel / Stuttgart 21

13.09.2017 - Besichtigung der Kaiserburg, Nürnberg

- Führung durch die Felsenkeller von Nürnberg inklusive Brauerei und Whiskey Detille

- Bio- und Holzkraftwerk Zapfendorf GmbH

- Zement- und Kalkwerke Otterbein GmbH & Co. KG

- Rückfahrt nach Clausthal-Zellerfeld



### **3.10 Neuer Tischkicker im lebendigen Lernort der Nichtmetallischen Werkstoffe – Die Work-Life-Balance fängt schon in der Uni an.**

Seit Oktober dieses Jahres steht ein neues Highlight im lebendigen Lernraum der Nichtmetallischen Werkstoffe den Mitarbeitern und Studenten zur Verfügung. Neben einer gemütlichen Lounge zum Entspannen sowie der Möglichkeit zur Gruppenarbeit befindet sich dort nun auch ein Tischkicker, der an der TU Clausthal seines Gleichen sucht. Zwar befindet sich an gleicher Stelle bereits ein Tischkicker, den Prof. Deubener freundlicher Weise dem Institut vor 15 Jahren zur Verfügung gestellt hat, jedoch ging die Zeit an diesem Kickertisch leider nicht spurlos vorbei. Das in die Jahre gekommene Gerät wurde wackeliger, die Stangen lockerer und in immer kürzeren Abständen mussten die Schrauben der Spielfiguren ausgetauscht werden. Durch einen glücklichen Zufall erhielt Johannes Unseld, ein Doktorand der Arbeitsgruppe Bindemittel und Baustoffe, die Möglichkeit einen neu- und hochwertigen Tischkicker günstig zu erwerben. Die Mitarbeiter des Instituts für Nichtmetallische Werkstoffe kamen schnell zu dem Schluss, dass ein neuer Kicker eine Bereicherung für den lebendigen Lernort im Foyer wäre und das Arbeitsklima innerhalb des Instituts weiter verbessern würde. Dank zweier großzügiger Spenden von Prof. Joachim Deubener und Prof. Albrecht Wolter sowie finanzieller Unterstützung der Doktoranden Thorben Welter, Philippe Kiefer, Raschid Al-Mukadam, Daniel Hart, Johannes Unseld, Otto Bauer, Sven Schöbel und der studentischen Hilfskraft Johannes Berger konnte das Projekt "neuer Tischkicker im INW" letztendlich realisiert werden. Auch bei den zur Verfügung stehenden Spielbällen wurden keine Kosten gescheut, um ein möglichst professionelles Spielen zu ermöglichen. Seit kurzem haben die Spieler eine Auswahl zwischen verschiedenen erstklassigen Bällen, die allesamt auch bei offiziellen Tischfußballturnieren zum Einsatz kommen. Der neue Tischkicker erfreut sich daher bei Studenten und Mitarbeitern der TU Clausthal immer größerer Beliebtheit, sodass es gerade in der Mittagspause zu spannenden und interessanten Duellen kommt. Die neuen Spielbälle können bei Bedarf im Büro von Johannes Unseld ausgeliehen werden.



V.l.n.r.: Prof. Joachim Deubener, Thorben Welter, Sven Schöbel, Daniel Hart, Johannes Unseld, Raschid Al-Mukadam, Otto Bauer, Johannes Berger, Prof. Albrecht Wolter (es fehlt Philippe Kiefer)

### 3.11 Wandertag 2017

Die Wanderung vom 21. September 2017 wurde von vielen Mitarbeitern besucht und durch sonniges Wetter begleitet. Die Route führte uns vom Institut ausgehend südlich aus Clausthal heraus, vorbei an Feldern, Wiesen und Teichen in den Wald. Nach umrunden des oberen Nassenwieser Teiches ging es zunächst weiter über stark aufgeweichte Wanderwege am Hirschler Teich. Vorbei am Jägersblecker und Fortuner Teich gelangten wir wieder nach Clausthal. Hier ging es weiter zwischen dem oberen und unteren Herzberger Teich hindurch zum oberen Eschenbacher Teich und anschließend nach Zellerfeld. Die letzten Meter durch Zellerfeld, zur dort ansässigen Brauerei „Biermünze“, wurden von allen Teilnehmern erfolgreich überwunden.



Insgesamt hatte die Strecke eine Länge von knapp 14 km und hat somit zur körperlichen Ertüchtigung des Institutes beigetragen. In der Biermünze angekommen gab es nach einem verdienten Mittagessen mit Getränk eine Führung durch die Brauräume. Hierbei wurden verfahrenstechnische Prozesse der Bierproduktion und die historische Braukultur der Region näher erläutert. Im Anschluss saß die Gruppe noch einmal auf ein Getränk zusammen bis sich die Veranstaltung am Nachmittag auflöste.



#### 4 Nachrufe



Am 18. August 2017 ist apl. Prof. Dr. Hans-Ulrich Hummel im Alter von 63 Jahren verstorben. Hans-Ulrich Hummel war nach seiner Promotion in Erlangen und einer ersten Station bei Siemens im Bereich der Festkörperchemie & neuen Keramiken ab 1992 bei der Knauf Gips KG in Iphofen tätig. Er wurde dort zuerst Chef der Forschungs- und Entwicklungsabteilung und übernahm später weitreichende Management-Aufgaben. Parallel dazu lehrte er an der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg in der Anorganischen Chemie und wurde 1995 zum außerplanmäßigen Professor ernannt. Dem Institut für Nichtmetallische Werkstoffe war er stets fachlich zugewandt und ein wichtiger Unterstützer in den Forschungsprojekten mit der Gipsindustrie. Wir haben einen Wissensträger ersten Ranges verloren, dem wir ein ehrendes Andenken bewahren werden.

[http://www.zkg.de/imgs/1/2/1/3/4/4/9/Prof.\\_Dr.\\_Hans-Ulrich\\_Hummel\\_800\\_1200-5d8bf73fb673a9bd.jpg](http://www.zkg.de/imgs/1/2/1/3/4/4/9/Prof._Dr._Hans-Ulrich_Hummel_800_1200-5d8bf73fb673a9bd.jpg)

## ADRESSEN EHEMALIGER

Wer kann Angaben zum Verbleib der nachfolgend aufgeführten Ehemaligen machen?

Mitteilungen erbeten an:

Herrn Michael Zellmann  
michael.zellmann@tu-clausthal.de  
Tel. 0 53 23/72-24 74  
Fax 0 53 23/72-99 24 74

<b>Name</b>	<b>Diplom</b>	<b>Promotion</b>
Ackmann, Günther, Dr.-Ing.	1955	1956
Hochstetter, Rudolf, Dr.		
Meier, Martin, Dr.-Ing.		
Müller, Karl Hermann, Dr.-Ing.	1959	1962
Plath, Jürgen, Dipl.-Ing.	1979	
Raschke, Daniel, Dr.-Ing.		
Sienerth, Sandra, Dr.-Ing.		1996

Herstellung: **Papierflieger Verlag GmbH**, Clausthal-Zellerfeld  
[www.papierflieger.eu](http://www.papierflieger.eu)