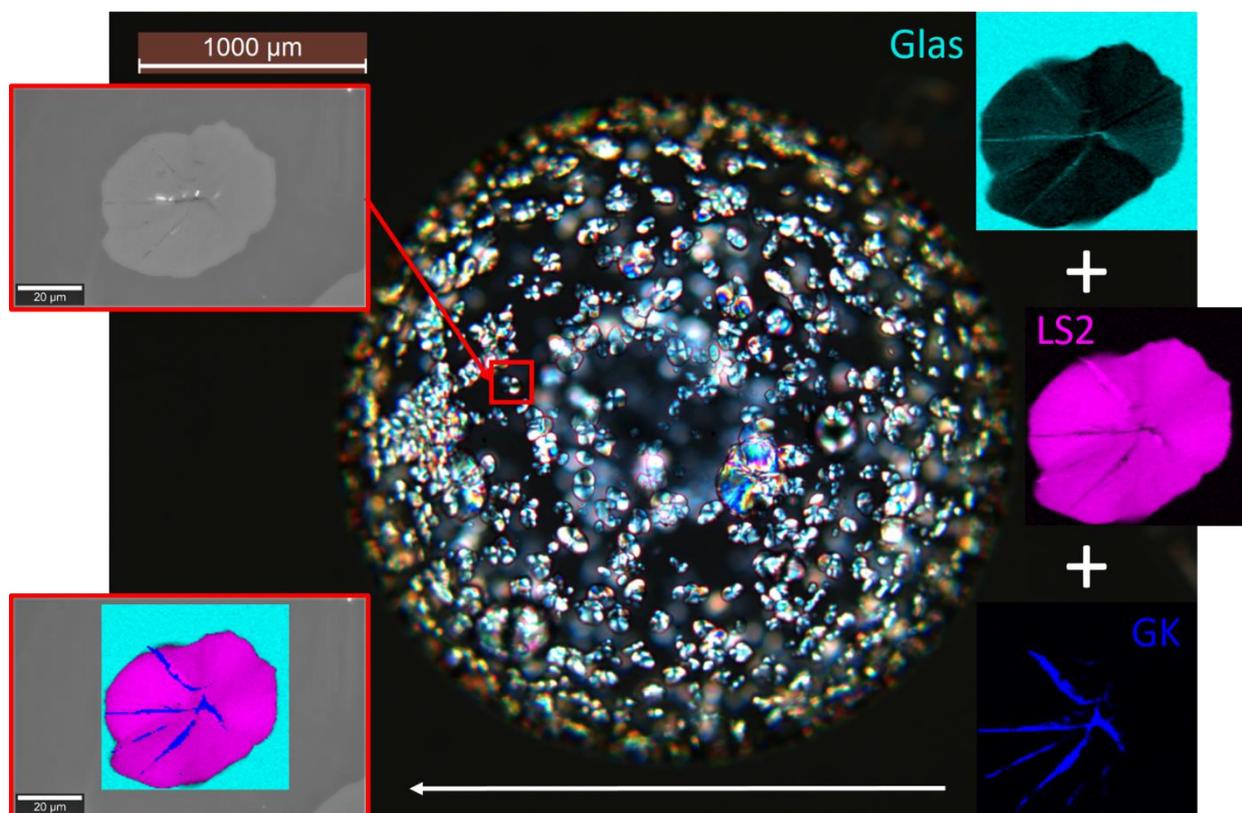


DER SEGERKEGEL

*Mitteilungen aus dem Institut
für Nichtmetallische Werkstoffe*



Das Titelbild zeigt eine oberflächlich kristallisierte Glaskugel im kreuz-polarisierten Licht. Ein Kristallit (Ausschnitt links oben) wurde mit dem am Institut neu erworbenen bildgebenden Ramanmikroskop gerastert, um die Flächenanteile von Glas (Ausschnitt rechts oben in cyan), Lithiumdisilikat (LS2) Kristall (Ausschnitt rechts mittig in magenta) und glasigen Kohlenstoff (GK, Ausschnitt rechts unten, in blau), der als Keimbildner wirkt, sichtbar zu machen. Das zusammengesetzte Bild des Kristallits ist im Ausschnitt links unten dargestellt.

Mitteilungen aus dem
Institut für Nichtmetallische Werkstoffe
der Technischen Universität Clausthal

Heft 45

Dezember 2021

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

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

Inhaltsverzeichnis

VORWORT	1
1 LEHRE	3
1.1 WISSENSCHAFTLICHES PERSONAL MIT LEHRAUFGABEN	3
1.2 BACHELOR- UND MASTERSTUDIUM	3
1.2.1 Lehrveranstaltungen	3
1.2.2 Projektarbeiten und Forschungspraktika	4
1.2.3 Bachelorarbeiten	4
1.2.4 Masterarbeiten	8
1.2.5 Dissertationen	10
1.3 PROMOTIONSSTUDIUM	12
1.3.1 Promotionskolleg Materialien und Prozesse (MP-Kolleg)	12
2 FORSCHUNG	13
2.1 MITARBEITER	13
2.2 FORSCHUNGSFELDER	13
2.3 FÖRDERUNG	13
2.3.1 Öffentlich geförderte Forschungsprojekte	13
2.3.2 Industrielle Forschungsprojekte	14
2.4 VERÖFFENTLICHUNGEN	15
2.4.1 Artikel in referierten Fachzeitschriften	15
2.5 KURZDARSTELLUNG DES BMBF-FORSCHUNGSVORHABENS „DATENGETRIEBENER WORKFLOW FÜR DIE BESCHLEUNIGTE ERFORSCHUNG VON GLAS (GLASDIGITAL) – TEILVORHABEN: ERFORSCHUNG, BILDANALYSE UND ANALYTIK VON GLÄSERN BEIM AUTOMATISIERTEN GUSS	17
2.6 KURZDARSTELLUNG DES BMBF-FORSCHUNGSVORHABENS „EARLIMET – EARLY STAGE-METALLRÜCKGEWINNUNG FÜR DAS ENERGIE- UND RESSOURCENEFFIZIENTE RECYCLING VON LI-IONEN-BATTERIEN – FORSCHUNGSFELD TU CLAUSTHAL: QUALIFIZIERUNG DER BAUSTOFFKUNDLICHEN TAUGLICHKEIT VON BATTERIERECYCLING-SCHLACKEN	18
3 NACHRICHTEN	19
3.1 NEUANSCHAFFUNG EINES BILDGEBENDEN RAMANMIKROSKOPS	19
3.2 FACHAUSSCHUSS I DER HVG-DGG	20
3.3 VORSCHAU AUF DEN INTERNATIONALEN GLASKONGRESS DER ICG AM 3.–8. JULI 2022 IN BERLIN	21
3.4 WANDERTAG 2021	22
3.5 INW TIPPSPIEL ZUR FUßBALL-EUROPAMEISTERSCHAFT 2020	23
3.6 NACHRUFE	24

VORWORT

Liebe Ehemalige und Freunde des Instituts für Nichtmetallische Werkstoffe,

auch dem Clausthaler Universitätsleben hat die pandemische Situation ihren Stempel aufgedrückt. Zum Glück waren und sind die Zahlen nicht so hoch wie in anderen Universitätsstädten, aber sie führten auch zur Betriebsruhe des Instituts und zur digitalen Lehre, welche besonders für die Studierenden und Promovierenden vor dem Hintergrund der begrenzten Förderfähigkeit von Studienabschnitten bzw. der zeitlichen Befristung von Arbeitsverträgen in Drittmittelprojekten eine besondere Herausforderung darstellt(e). Wir haben versucht, zumindest die Finanzierungslücke durch erweiterte Hiwi-Verträge und Anschlussprojekte irgendwie zu schließen, aber zeitlich gesehen ist das letzte Jahr für die Karriere- und Studienplanung der jungen Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter ein voller Ausfall.

Neben dieser betrüblichen Situation gab es aber auch positive Entwicklungen. Besonders die Neuausrichtung der Clausthaler Materialwissenschaft und Werkstofftechnik ist hier zu nennen. Das Zukunftskonzept, das die Neu- und Wiederbesetzung von zehn Professuren umfasst, hat erfolgreich den wissenschaftlichen Beirat und den Hochschulrat passiert und liegt zurzeit in Hannover zur Freigabe einer ersten Tranche von sechs Professuren. Darunter auch die Nachfolge vom Kollegen Wolter im Bereich der mineralischen Prozesstechnik. So bin ich zuversichtlich, im nächsten Segerkegel bereits eine(n) neue(n) Kollegin/Kollegen begrüßen zu können.

Ihnen allen eine frohe Weihnachtszeit, einen guten Start ins Jahr 2022 und ein herzliches Glückauf!

Ihr



Joachim Deubener
Geschäftsführender Institutsdirektor

Auch dem 45. Segerkegel haben wir einen Überweisungsträger beigelegt. Das Ausstellen einer Spendenquittung ist wie immer eine 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
Professoren (Apl., Sonder.)	J. Günster / V. Rupertus / M. Schmücker
Entpflichtete Professoren	H.J. Barklage-Hilgefort / W. Beier / J.G. Heinrich / A. Wolter
Honorarprofessoren	M. Schneider
Lehrbeauftragte	S. Blöß / A. Ehrenberg / T. Tonnesen / J. Wendel
Wiss. Mitarbeiter (Landesstellen)	R. Al-Mukadam / H. Bornhöft / F. Elsner / G. Hensch

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 20/21 bzw. Sommersemester 21 wurden folgende Lehrveranstaltungen aufgrund der pandemischen Lage in digitaler Form angeboten:

Pflichtbereich:

Materialwissenschaft I	Vorlesung / Übung	Deubener
Werkstofftechnik II	Vorlesung	Elsner
Werkstoff- u. Materialanalytik II	Vorlesung / Übung	Rupertus
Werkstofftechnik	Praktikum	Deubener / Wolter / Steuernagel / und Mitarbeiter

Wahlpflichtbereich:

Baustofflehre	Vorlesung / Übung	Elsner
Feuerfeste Materialien	Vorlesung	Tonnesen
Gläser in Energie- und Umwelttechnik	Vorlesung	Deubener
Grundlagen Bindemittel II	Vorlesung / Exkursion	Schneider
Grundlagen Glas	Vorlesung	Deubener
Innov. Nichtm.Wkst. + Bauw.	Vorlesung / Übung	Bornhöft / Ziegmann
Kristallographie für Ingenieure	Vorlesung / Übung	Schmücker / Al-Mukadam
Industriemineralie	Vorlesung	Blöß
Prüfverfahren Bindemittel	Seminar / Praktikum	Elsner
Prüfverfahren Glas	Seminar / Praktikum	Bornhöft / Hensch / Al-Mukadam
Recycling von Glas	Vorlesung	Bornhöft
Nichtkristalline Werkstoffe	Vorlesung	Deubener

Glaskeramik	Vorlesung	Deubener
Emails und Glasuren	Vorlesung	Wendel
Seminar Einführung Glas	Seminar	Deubener
Technologie Glas	Vorlesung / Exkursion	Deubener
Veredlung von Flachglas	Vorlesung	Deubener
Schlackenverwertung	Vorlesung / Seminar	Ehrenberg

1.2.2 Projektarbeiten und Forschungspraktika

Johannes Berger

Entwicklung einer Untersuchungsroutine für Tongesteine als Zementhauptbestandteil

Forschungspraktikum

Betreuer: Elsner

Gutachter: Wolter

Bastian Burggraf

Evaluation von Sekundärstoffströmen zur Herstellung synthetischer Gesteinskörnung

Forschungspraktikum

Betreuer: Elsner

Gutachter: Wolter

Felix Müller

Das quaternäre System $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2\text{-CaO-MgO}$

Forschungspraktikum

Betreuer: Elsner

Gutachter: Wolter

1.2.3 Bachelorarbeiten

Leonie Lorenz

Umwandlungstemperatur von LAS-Quarzmischkristallen, hergestellt über Sol-Gel-Sprüh-trocknung

Betreuer: Hensch

Gutachter: Deubener / Weber (IMVT, TU Clausthal)

In dieser Arbeit wurden LAS-Quarzmischkristalle über die Methode der Sol-Gel-Sprühtrocknung hergestellt. Dafür wurden Lösungen mit den Ausgangsstoffen Tetraethylorthosilicat (TEOS), Lithiumnitrat (LiNO_3) und Aluminiumnitrat ($\text{Al}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$) hergestellt und sprühtrocknet. Die über Sprühtrocknung gewonnenen Pulver wurden im Anschluss kristallisiert. Es

handelt sich um Proben der Zusammensetzung $\text{Li}_x\text{Al}_x\text{Si}_{(1-x)}\text{O}_2$ mit $0 \leq x \leq 0,25$. Durch Röntgenbeugungsmethoden werden die Gitterparameter für verschiedene Kristallisationstemperaturen innerhalb des Zusammensetzungsbereiches bestimmt. Dabei besteht die Möglichkeit mit der Tieftemperaturkammer der XRD bis zu Temperaturen von -190 °C herunter zu kühlen, um die und die Umwandlungstemperatur von Tief- zu Hochquarz auch für Al_2O_3 -reiche Proben bestimmen zu können. Zudem wird mittels Rasterelektronenmikroskopie eine Analyse der Oberflächenstruktur durchgeführt. Ziel der Arbeit ist es, zu prüfen, ob LAS-Quarzmischkristalle, hergestellt über Sol-Gel-Sprühtrocknung, ähnliche Eigenschaften aufweisen wie die über den Schmelzprozess und durch Sol-Gel-Beschichtung von Substraten gewonnenen Kristalle.

Die Arbeit ist entleihbar.

Darleen Rau

Oberflächenkristallisation von Glas mit Spodumen-Zusammensetzung

Betreuer: Hensch

Gutachter: Deubener / Schmidt (IMET, TU Clausthal)

Die Eigenschaften von Glaskeramiken können durch kontrollierte Kristallisation gezielt eingestellt werden. Ein wichtiges System im Bereich der Glaskeramik ist das LAS ($\text{LiO}_2 - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2$) System, in welchem sich besonders der Hochquarzmischkristall und der Keatitmischkristall durch eine gegen Null gehende thermische Ausdehnung auszeichnen. Diese Arbeit untersucht das Kristallisationsverhalten eines Glases der stöchiometrischen Spodumen-Zusammensetzung ($\text{LiO}_2 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2$). Es wurde festgestellt, dass das Keimbildner-freie System ausschließlich von der Oberfläche ausgehend heterogen kristallisiert. Die Anzahl der Kristalle steigt mit steigender Temperatur sowie steigender Haltezeit, bis sich eine kristallisierte Oberflächenschicht ausbildet. Analog nimmt die Dicke dieser Schicht mit steigender Temperatur sowie steigender Haltezeit weiter zu. Anhand dieser Messungen konnte die Kristallisationsgeschwindigkeit bei Temperaturen zwischen $700\text{--}750\text{ °C}$ bestimmt werden.

Die Arbeit ist entleihbar.

Lukas Sterner

Kompaktierung von Zementen zur Bestimmung des Wasseranspruchs

Betreuer: Elsner

Gutachter: Wolter / Deubener

Die Bachelorarbeit verfolgte das Ziel, mittels Komprimierung eine Erhöhung des Packungsvolumens zu erzielen, um Rückschlüsse auf den Wasseranspruch von Zementen zu bekommen. Dafür wurde ein Heliumpyknometer zweckentfremdet. Zur gezielten Bestimmung des Volumens und der Dichte wurde dafür Zement in verschiedene Verpackungsmaterialien eingebracht. Jedoch wiesen die Versuche nach, dass die verwendeten Verpackungsmaterialien aufgrund ihrer relative hohen Heliumpermeabilität die erzielten Ergebnisse verfälschen, so dass die angedachte Methode für diese Zwecke nicht geeignet erscheint.

Annika Zellmann

Emailhaftung von Direktweißemail auf Stahlblech mit elektrolytisch abgeschiedenen Nickel- und Kobaltschichten

Betreuer: Bornhöft

Gutachter: Deubener / Palkowski (IMET, TU Clausthal)

Im Rahmen dieser Bachelorarbeit wurde die Haftung eines Direktweißemails auf Stahl unter vorheriger außenstromloser und elektrolytischer Abscheidung der Haftmetalle Nickel und Kobalt in Abhängigkeit unterschiedlicher Brennzeiten untersucht. Hierzu wurden die, nach einer mechanischen Prüfung mittels Tiefung, freigelegten Flächen von emaillierten Probeblechen im Bereich des Kugeleindrucks einer qualitativen Beurteilung unterzogen. Hierbei ließ das Vorliegen einer grauen, rauen Grenzschicht, an welcher sich im Falle einer sehr guten Haftung noch Rückstände der Emailsicht finden ließen, auf eine vorhandene Haftung schließen, während das Vorfinden von Silberblech die fehlende Ausbildung einer Haftsicht widerspiegelte. Anhand von Anschliffprofilen erfolgte zudem eine Betrachtung der Grenzzone zwischen Stahlblech und Emailsicht im Rasterelektronenmikroskop. Für die elementchemische Analyse der dabei vorgefundenen Strukturen kam die energiedispersive Röntgenspektroskopie (EDX) zum Einsatz. Sowohl während der Haftmetallabscheidung und des Emaillierprozesses als auch während der nachfolgenden Untersuchungen der Emaillierungen erfolgte eine genaue Dokumentation der Gewichtsveränderungen der Probebleche. Dabei konnte in allen Versuchsreihen eine Gewichtszunahme der Proben infolge der Diffusion von Luftsauerstoff an die Blechoberfläche mit steigender Brenndauer verzeichnet werden. Allein anhand des Gewichts des abgeplatzten Emails konnten jedoch keine sicheren Aussagen auf das Vorliegen einer Haftsicht sowie dessen Qualität und somit auf die Haftung getroffen werden.

Es stellte sich heraus, dass ein vorheriges Beizen der Stahlbleche von entscheidender Bedeutung für das Ausmaß der elektrolytischen und außenstromlosen Abscheidung der Haftmetalle und somit für die Entwicklung einer Haftung ist. Hierdurch werden Oxide und eventuell vorhandene anorganische Auflagerungen entfernt, die sich negativ auf die Abscheidung der Haftmetalle und den Haftprozess auswirken würden. Bei ungebeizten Blechen stellte sich nach dem Aufbringen einer Nickel- oder Kobaltschicht keine zufriedenstellende Haftung ein. Unter Einhaltung der, von der Firma Wendel herausgegebenen, Anleitung für die außenstromlose Vernickelung von gebeizten Stahlblechen kam es bei den entsprechenden Proben zur Entwicklung einer sehr guten Haftung, während sich dieses Verfahren für die Abscheidung von Kobalt als weniger gut geeignet erwies. In Reihe 1 (außenstromlose Nickelabscheidung) und Reihe 3 (elektrolytische Kobaltabscheidung) konnte bereits nach Brennzeiten von drei bis vier Minuten eine maximale Qualität der Haftsicht beobachtet werden, die bei zunehmender Brenndauer kontinuierlich langsam abnahm. Dies steht im Gegensatz zu dem Verhalten der Haftung von konventionellen Grundemaillierungen in Abhängigkeit der Brenndauer, das in [BOR2018] untersucht wurde. Bei konventionellen Grundemaillierungen sind längere Brennzeiten für die Ausbildung einer guten Haftung notwendig. Reihe 2 (außenstromlose Kobaltabscheidung) zeigte insgesamt eine schlechter ausgeprägte Haftsicht als Reihe 1 (außenstromlose Nickelabscheidung). Bei Reihe 2 war zudem keine Änderung der Haftung in Abhängigkeit der Brenndauer erkennbar war. Eine Haftsicht war bei allen Proben der Reihe zwar vorhanden, jedoch fanden sich an dieser im Gegensatz zu Reihe 1 keine anhaftenden Emailpartikel.

Anhand der durchgeführten Versuchsreihen konnte außerdem eine Auswirkung der Schichtdicke des abgeschiedenen Haftmetalls auf die Haftung des Werkstoffverbundes festgestellt werden. Wie in Reihe 4 (Einzelproben) festzustellen war, darf die Schichtdicke der Haftmetallbeschichtung einen Maximalwert nicht übersteigen, um die Ausbildung großflächiger Unterhöhlungen und eine damit einhergehende schlechte Haftung zu vermeiden, jedoch darf sie auch nicht zu geringe Werte annehmen. Eine Mindestmenge an Haftmetall ist notwendig, damit die elektrochemische Korrosion der Stahloberfläche in ausreichendem Umfang ablaufen kann. Nach der elektrolytischen Kobaltabscheidung fand sich in den Rückstreuelektronenbildern eine schwammartige Oberflächenstruktur auf dem Stahlblech, dessen Ausmaß mit der Menge des abgeschiedenen Haftmetalls zunahm und sich bei entsprechend großer Ausprägung mit einem Rückgang der Haftung äußerte, während sich nach der außenstromlosen Metallabscheidung eine aufgeraute Oberflächenstruktur ohne Unterhöhlungen am Interface fand. Dem Vorliegen einer aufgerauten Oberflächenstruktur und dem damit einhergehenden Vorhandensein von Verankerungspunkten wurde in Analogie zu der Theorie von Dietzel anhand der vorliegenden Ergebnisse ein großer Anteil an der Haftung zwischen Direktweißemail und Stahl zugesprochen.

Die in [STR2015] thematisierte Bildung einer haftungsfördernden Fayalitschicht konnte hier nicht beobachtet werden. Stattdessen fanden sich Ilmenit-Strukturen im Grenzbereich, in denen teilweise eine Anreicherung von Kobalt festgestellt werden konnte. Nach entsprechenden Recherchen wird für Reihe 2 (außenstromlose Kobaltabscheidung) und Reihe 3 (elektrolytische Kobaltabscheidung) das Vorliegen von Kobalt-Eisen-Titanoxid mit der ICSD-Nummer 201929 (Ilmenit-Struktur) vermutet. Anreicherungen von Nickel in diesen Strukturen ließen sich in Reihe 1 (außenstromlose Nickelabscheidung) jedoch nicht detektieren, womit davon ausgegangen werden kann, dass es sich in Reihe 1 um FeTiO_3 (Ilmenit) handelt. Die Unterteilung der Ilmenit-Strukturen in zwei Zonen nach [RIC1975] konnte anhand der Rückstreuelektronenbilder bestätigt werden. Anhand von Reihe 3 konnte auf eine haftungsfördernde Wirkung der Ilmenit-Strukturen geschlossen werden, da die Haftschrift im Bereich des Kugeleindrucks umso besser war, je mehr dieser Strukturen vorhanden waren. Zwischen Blechoberfläche und den Ilmenit-Strukturen fanden sich oft metallische Partikel unterschiedlicher Größe. Deren Herkunft und Zusammensetzung konnte anhand von Punkt- und Linienanalysen mittels EDX allerdings aufgrund ihrer geringen Größe nicht genau bestimmt werden. Hierbei handelt es sich entweder um Relikte des Stahlblechs oder um Mikrolegierungen, wobei in dieser Arbeit aufgrund der erhaltenen Messergebnisse das Vorliegen von Relikten vermutet wurde. Bei der Betrachtung der Diffusionszone des Eisens konnte anhand von Linienscans eine Verbreiterung dieser Zone mit zunehmender Brenndauer nachgewiesen werden. Basierend auf den graphischen Darstellungen der Fe-Diffusionszone wird ein Zusammenhang zwischen der fortschreitenden Diffusion von Eisen in tiefere Bereiche der Emailschicht und einem Schwinden der Haftung bei steigender Brenndauer angenommen. Außerdem ließen sich Hinweise darauf finden, dass die Verbreiterung der Eisendiffusionszone mit steigender Brenndauer einem Wurzel-Zeit-Gesetz gehorcht.

In kleinerem Umfang wurde in dieser Arbeit außerdem die Möglichkeit des Einsatzes von aufgesputtertem Molybdän als potenzielles Haftmetall überprüft, wobei es jedoch zu keiner Haftung zwischen Email und Stahlblech kam. Zusammenfassend sei noch einmal die Auswirkung der Blechvorbehandlung und der Art der Haftmetallabscheidung auf den Haftprozess des Direkt-

weißemails betont. Eine ausreichend gute Haftung konnte nur in Reihe 1 (außenstromlose Nickelabscheidung) unter der außenstromlosen Vernickelung und in Reihe 3 (elektrolytische Kobaltabscheidung) unter der elektrolytischen Kobaltabscheidung erzielt werden. Eine vergleichende Beurteilung der Haftmetalle Nickel und Kobalt bezüglich der Haftung konnte aufgrund der unterschiedlichen Schichtdicken der Haftmetallschichten nicht abschließend beurteilt werden. Hierzu wären weitere Untersuchungen notwendig. Es ist nochmals anzumerken, dass die, für das Zustandekommen einer Haftung, relevante starke Oxidation der Stahloberfläche trotz der Bedeckung dieser Oberfläche mit Nickel oder Kobalt stattfinden konnte und es somit nach dem Auflösen der Oxidschicht in Blechnähe zu einer Sättigung der Schmelze mit Eisenionen kam.

Die Arbeit ist entleihbar.

1.2.4 Masterarbeiten

Johannes Berger

Untersuchung und Aufbereitung von Tongesteinen zur Entwicklung eines CO₂-armen Zementhauptbestandteils

Betreuer: Elsner

Gutachter: Wolter / Gaun (IFAD, TU Clausthal)

Keine Veröffentlichung des Abstracts und der Arbeit (Sperrvermerk).

Jessica Löschmann

Kristallwachstumsgeschwindigkeit von Hochquarzmischkristallen an Glasoberflächen mit Spodumenzusammensetzung

Betreuer: Helsch

Gutachter: Deubener / Schmidt (IMET, TU Clausthal)

Ziel dieser Arbeit ist es die Kristallisationsgeschwindigkeit von Hochquarzmischkristallen (HQMK) an Glasoberflächen mit Spodumenzusammensetzung ($\text{Li}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2$) zu analysieren und somit ein besseres Verständnis für das Kristallwachstumsverhalten der HQMK zu erlangen. Die Experimente wurden in einem Heitzschmikroskop in-situ durchgeführt. Die kontinuierliche Beobachtung während der thermischen Behandlung ermöglichte eine sofortige Optimierung der experimentellen Vorgehensweise.

Der erste Teil der Arbeit befasst sich mit der Auslösung einer Keimbildung, um anschließend eine Kristallisation beobachten zu können und das Wachstumsverhalten einzelner Kristalle zu bestimmen. Zu Beginn wurden bekannte Keimbilder wie ZrO_2 , TiO_2 und weitere Oxide (Al_2O_3 , MgO , Nb_2O_5 , SnO_2 , SiO_2 (Quarzkorn)) gewählt. Auch eine TiZrO_4 -Sol-Gel-Lösung wurde hergestellt und als Keimbilder auf die Glasoberflächen gegeben. Die Impfung der Glasoberfläche führte bei verschiedenen Temperaturen zu keinem Erfolg. Es konnte beobachtet werden, dass durch eine thermische Initiierung oberhalb von 800 °C nach wenigen Minuten eine Kristallisation

an den Bruchkanten begann. Ebenso löste ein Sandkorn, welches von einem australischen Sandstrand stammte, eine Kristallisation aus. So wurden im zweiten Teil dieser Arbeit stark verdünnte Salzlösungen eingesetzt, um eine heterogene Keimbildung zu initiieren. Mit Hilfe der Salzlösungen konnte ein polykristallines Gefüge erzeugt werden. Die Kristalle bildeten sich im Bereich des aufgetragenen Salztropfens aus. Eine Größenzunahme des polykristallinen Gefüges war über die Zeit zu erkennen. Das Verhalten einzelner Kristalle konnte, bedingt durch die Bildung der Polykristalle, nicht analysiert werden.

Einen großen Einfluss auf die Ausbildung der Keimbildung an der Oberfläche ist durch die Oberflächenbeschaffenheit gegeben. Durch Defekte auf der Oberfläche kann eine Kristallisation bevorzugt stattfinden, sodass auf der Oberfläche gezielte Defekte wie Kratzer, Risse oder Bruchkanten die Wahrscheinlichkeit einer ablaufenden Oberflächenkristallisation erhöhen. Im dritten Teil der Arbeit werden gezielt Defekte auf der Oberfläche erzeugt, indem Glassplitter hergestellt wurden. Mit diesem Ansatz und einer definierten Temperaturführung konnten Kristalle an der Oberfläche der Glasproben beobachtet und die Wachstumsgeschwindigkeit bei verschiedenen Temperaturen analysiert werden.

Die Arbeit ist entleihbar.

Anne Elyette Wadjie Noubi

Kristallwachstumsgeschwindigkeit von Quarz auf Kieselglasoberflächen

Betreuer: Hensch / Bornhöft

Gutachter: Deubener / Fittschen (IAAC, TU Clausthal)

Die relativ hohe Temperaturbeständigkeit des Kieselglases ($\sim 1000\text{ °C}$) macht dieses Material für thermische Anwendungen in der Industrie und Forschung interessant. Aber seine hohe Empfindlichkeit gegenüber Alkali-Elementen ist eine Hauptschwäche, die die Liquidustemperatur stark herabsetzt. Tatsächlich kommt es zur Kristallisation an der Glasoberfläche bei relativ hoher Temperatur und in Kontakt mit alkalischen Elementen, was u.a. auch die Transmissionseigenschaft verringert. Um den Prozess der Kristallisation besser zu verstehen und die Parameter zu bestimmen, die ihn beschleunigen oder verlangsamen können, wurde in dieser Arbeit das Kristallwachstum an der Kieselglasoberfläche im Kontakt mit verschiedenen Salzen bei hohen Temperaturen über die Zeit untersucht.

Daher werden Versuche mit NaCl-, KCl-, Li_2O_3 -, LiCl-, $\text{Na}_2\text{Si}_2\text{O}_5$ - und $\text{K}_2\text{Si}_2\text{O}_5$ -Salzlösung bei Temperaturen zwischen 600 und 900 °C durchgeführt, wobei die Verdampfungstemperaturen dieser verwendeten Salze berücksichtigt werden. Darüber hinaus werden andere Kontaminationen auf der Oberfläche bestehend aus Sand (Arizona, Dubai und Bondi Beach) und Staub im Hinblick auf den Kristallwachstumsprozess von Kieselglas untersucht. Nach einer mikroskopischen in-situ-Analyse mit dem Heitzschmikroskop und ex-situ-Analyse mittels Licht- und Rasterelektronenmikroskopie konnten die Art der Kontaminationen identifiziert werden, die am deutlichsten das Wachstum von Kristallen beeinflusst. So führten vor allem die durchgeführten Versuche bei Temperaturen zwischen 700 und 900 °C mit Bondi Beach-Sand zu

reproduzierbaren Ergebnissen. Die ermittelten Wachstumsgeschwindigkeiten der einzelnen Kristalle zeigten eine gute Übereinstimmung mit theoretisch erwartbaren Werten.

Die Arbeit ist entleihbar.

Jiayan Yu

Selektive Zerkleinerung von Altbeton mittels Rührwerkskugelmühle bei gleichzeitiger Carbonatisierung des Zementsteins

Betreuer: Elsner

Gutachter: Wolter / Deubener

Keine Veröffentlichung des Abstracts und der Arbeit (Sperrvermerk).

1.2.5 Dissertationen

16.12.2020

Laura Briese

Advancements towards the tailoring of Co- and Ni metal nanocrystal composite glasses with respect to size distribution and crystal structure

Gutachter: Deubener / C. Roos (RWTH Aachen) / T. Höche (IMWS, Halle)

The present cumulative thesis comprises four individual studies concerning the synthesis and kinetic analyses of nickel and cobalt nanocrystals in silicate glasses. Thereby, the formation of nanocrystals was introduced in transition metal oxide containing base glasses by a redox reduction using a hydrogen gas-flow treatment. These composite glasses gained increasing attention in recent years due to their promising optical and magnetic properties. For the specific material properties, crystal size, size homogeneity, as well as crystal structure is crucial, which poses the demand for targeted material tailoring. Therefore, the present thesis aimed to provide a means to identify parameters for composite tailorability in terms of Ni nanocrystal size homogeneity and Co-allotrope formation.

The first study was conducted to qualify the accuracy of transmission electron microscopy (TEM), which is one of the most convenient tools for direct crystal visualization. Therefore, a comparison of 3-dimensional X-ray microscopy (XRM), exhibiting a greatly improved statistical accuracy, with the volume lacking 2-dimensional TEM, was conducted. While nanocrystal size distributions with distance to the sample surface were found to well agree between both methods, crystal number densities were strongly overestimated for TEM close to the sample surface. A correction calculation based on XRM results has been invented.

In the second study, three NiO-containing borosilicate glasses of different B-to-Si ratio were researched for their depth homogeneity of nanocrystal size distributions. It was shown that a good homogeneity with depth and time could be reached in the glass of highest B-to-Si ratio. Results derived by superconducting quantum interference device and X-ray absorption spectroscopy indicated that the increased homogeneity is due to a more efficient redox reaction.

The Co allotrope formation with time and temperature was targeted in the third study using a borosilicate- and an aluminosilicate glass. With the results time-temperature „stability“ fields of the three Co allotropes α -, β - and ϵ -Co could be provided, showing that the metastable ϵ -Co can persist ≥ 500 °C in glass matrices. Additionally, by determining the relative Co allotrope fractions with $\lg(t)$ using Rietveld analyses, the transformation sequence was suggested to follow $\epsilon \rightarrow \alpha \rightarrow \beta$, which agrees with the Ostwald-Volmer rule of stages.

In a last study, the otherwise > 300 °C decomposing ϵ -Co could be analyzed regarding its yet unknown thermal expansion coefficient (CTE). By utilization of β -Co as internal and external reference, together with a strain correction below glass transition temperature, the CTE of ϵ -Co was determined as 10.1 ppm K^{-1} , which is slightly higher, compared to β -Co (9.4 ppm K^{-1}).

Die Arbeit ist entleihbar.

25.03.2021

Philipe Kiefer

Influence of structurally bound water on the subcritical crack growth in silicate glasses

Gutachter: Deubener / G. Heide (TUBA Freiberg) / H. Behrens (LU Hannover)

The aim of the present thesis is to investigate the influence of structurally bound water on the subcritical crack growth in silicate glasses. The process of subcritical crack growth describes the slow propagation of a crack in a material in presence of a subcritical, i.e. not to immediate failure leading, tension. In the case of silicate glasses, it is known that the presence of water leads to hydrolysis of the Si-O network, especially at the crack tip, and thus to an increase in the crack propagation rate.

In order to mimic the conditions at the crack tip, glasses with structural water contents of up to > 20 mol% were synthesized and analyzed using a combination of different analysis methods. Thermoanalytical measurements show that the incorporation of water into sodium borosilicate glasses lowers the glass transition temperature T_g by up to 45%. In addition, it was demonstrated by means of dynamic mechanical analysis that the β -relaxation caused by water molecules can already be observed at a temperature of 57 °C. The latter suggests that this form of mechanical relaxation in water-rich regions of the glass, such as those found at the crack tip, could contribute to a subcritical crack growth in silicate glasses at room temperature. Measurements of the elastic properties of soda-lime glasses also showed that the Poisson number correlates positively with the water content. Simultaneously, the density, the Vickers hardness and the elastic moduli of the

glasses decrease with increasing water content. Hardness measurements in toluene, nitrogen and air indicate that a time-dependent softening effect can be observed when measuring both nominally water-free glasses in humid air and measuring hydrous glasses in a dry atmosphere.

In order to be able to describe the influence of the structurally bound water on the crack growth of the investigated glasses, the stochastic nature of radical cracks, which were induced by a Vickers indenter, was analyzed. Using statistical methods, it was shown that data from indentation fracture toughness can be compared with data from conventional fracture toughness methods only, if there is a statistically significant number of crack data available. With the results of the analyses, a statistically based transfer function was developed, which allows a direct comparison of data from indentation toughness with that of conventional fracture toughness methods.

Subsequently, the influence of structurally bound water on the crack growth was investigated using the statistically based approach. It was shown that the presence of humidity has a stronger influence on the subcritical crack growth than structurally bound water. However, measurements in a dry nitrogen atmosphere also showed that an increasing water content leads to a decrease in the crack growth exponent, which indicates that water promotes crack growth at the crack tip regardless of its origin (i.e. air humidity vs. glass structure).

Die Arbeit ist entleihbar.

1.3 Promotionsstudium

1.3.1 Promotionskolleg Materialien und Prozesse (MP-Kolleg)

Nach einem pandemiebedingten, zwei Semester andauernden Pausieren des MP-Kollegs wurde das MP-Kolleg zum Sommersemester 2021 als online Veranstaltung wiederaufgenommen. Aufgrund einer erhöhten Anzahl von Promovierenden hat sich die institutionelle Zusammensetzung deutlich in Richtung Recycling und Verfahrenstechnik verschoben. Nichtsdestotrotz stieg, auch durch die leichtere online-Teilnahme, die durchschnittliche Teilnehmerzahl auf über 15 Personen je Veranstaltung an – ein bisheriger Rekordwert! Zusätzlich wurden durch Kollegiat*innen mehrtägige Softwareschulungen angeboten, z.B. in den Bereichen CAD (*SolidWorks*) und Programmiergrundlagen (*Python*).

Zum aktuellen Wintersemester werden erneut Präsenzveranstaltungen durchgeführt, sodass im MP-Kolleg auch wieder das persönliche Netzwerken sowie institutsübergreifende Kooperationen in den Vordergrund gerückt werden können. Neben vielfältigen Vorträgen über Dissertationsthemen und externe Fachvorträgen stehen Führungen durch alle beteiligten Institute auf dem Semesterplan. Darüber hinaus ist neben einer Schulung im Umgang mit SAP auch erneut eine Kurz- bzw. Tagesexkursion angedacht, sofern es die pandemische Situation zulässt.

2 FORSCHUNG

2.1 Mitarbeiter

- Wissenschaftliche Mitarbeiter mit Projektaufgaben (Drittmittel)
A. Blum / F. De Moraes / Claudia Eichhorn (bis 30.06.2021) / J.-O. Fritzsche / S. Gogula (ab Juli 2021) / D. Hart / N. Hbib (ab August 2021) / J. Löschmann (ab Oktober 2021) / S. Rudolph (bis April 2021)
- Technische Mitarbeiter
T. Peter / C. Rust / M. Zellmann
- Sekretariat
S. Schildhauer (geb. Bieling)
- Werkstatt
R. Holly / R. Putzig

2.2 Forschungsfelder

- Prozesse und Werkstoffe aus den Bereichen: Hohl- und Flachgläser, Spezialgläser, Glas-keramiken, Glasfasern, Emails, Schlacken sowie Sol-Gel Gläser und Beschichtungen.

2.3 Förderung

2.3.1 Öffentlich geförderte Forschungsprojekte

Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen -Otto von Guericke- (AiF)

- 20307 N/2
Kosteneinsparung und Steigerung der Ressourceneffizienz zur Förderung von Kalksandsteinen durch Ansatz von Druckhalttestufen bei der Hydrothermalhärtung - sog. „Treppenkurven“
- 19753 N
Zementklinkerproduktion mit maximaler Auskopplung elektrischer Energie
- 20060 N
Emailierfähigkeit und Haftung von Emails auf heterogenen Stahlsorten mit variierenden Begleitelementanteilen
- ZF4823701DB9
Langzeitbeständige thermisch stabile und driftfreie Massenstromsensoren

Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)

- DE 598/28-1
Stochastischer Ansatz zur heterogenen Kristallkeimbildung in Silicatgläsern
- DE 598/30-1
Packungsabhängige viskose Sinterung von Glaspulvern aus der Nassabscheidung
- DE 598/31-1
Alumosilicatkristallisation in Glaskeramiken: Grenzflächenprozesse und Diffusion der Hauptkomponenten
- DE 598/33-1
Rheologie nanopartikelhaltiger technischer und natürlicher Silicatschmelzen

European Commission (EU)

- 749809
Directorate-General Research & Innovation
New activation routes for early strength development of granulated blast furnace slag “ActiSlag”
- 958208
Executive Agency for Small and Medium-sized Enterprises
Industrial Residue Activation for sustainable cement production “ReActiv”

Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)

- 13XP5122B
Datengetriebener Workflow für die beschleunigte Erforschung von Glas (GlasDigital) – Erforschung Bildanalyse und Analytik von Gläsern beim automatisierten Guss
- 03XP0332D
Early Stage-Metallrückgewinnung für das energie- und ressourceneffiziente Recycling von Li-Ionen Batterien (EarLiMet) – Qualifizierung der baustoffkundlichen Tauglichkeit von Batterierecycling-Schlacken

2.3.2 Industrielle Forschungsprojekte

- Gefügeausbildung und Bestimmung relevanter Eigenschaften von Lithiumsilicat-Gläsern und -Glaskeramiken (Ivoclar Vivadent AG)
- Keimbildungsinduzierte mechanische Eigenschaftsänderungen von Gläsern und Glaskeramiken (Schott AG)
- Keramiken mit funktionalisierten Oberflächen (Laufen Bathrooms)
- Hochtemperatureigenschaften von Gläsern (Synhelion)

2.4 Veröffentlichungen

2.4.1 Artikel in referierten Fachzeitschriften

- *M. Gebhardt / I. Manolakis / G. Kalinka / J. Deubener / S. Chakraborty / D. Meiners*
Re-use potential of carbon fibre fabric recovered from infusible thermoplastic CFRPs in 2nd generation thermosetting-matrix composites,
Comp. Comm 28 (2021) 100974.
- *R. Al-Mukadam / I.K. Götz / M. Stolpe / J. Deubener*
Viscosity of metallic glass-forming liquids based on Zr by fast-scanning calorimetry,
Acta Mater. 221 (2021) 117370.
- *Z. Yang / R. Al-Mukadam / M. Stolpe / M. Markl / J. Deubener / C. Körner*
Isothermal crystallization kinetics of an industrial-grade Zr-based bulk metallic glass,
J. Non-Cryst. Solids 573 (2021) 121145.
- *T. Waurischk / S. Reinsch / T. Rouxel / H. Behrens / J. Deubener / R. Müller*
Fatigue crack growth in vacuum and internal friction in alkali silicate glasses,
J. Non-Cryst. Solids 572 (2021) 121094.
- *R. Al-Mukadam / J. Deubener*
Heterogeneous crystal nucleation of supercooled lithium disilicate melt in glassy carbon containers,
J. Non-Cryst. Solids 571 (2021) 121068.
- *A. Zandona / B. Rüdinger / J. Deubener*
A threshold-heating rate for single-stage heat treatments in glass-ceramics containing seed formers,
J. Am. Ceram. Soc. 104 (2021) 4433-4444
- *M. Gebhardt / I. Manolakis / A. Chatterjee / G. Kalinka / J. Deubener / H. Pfnür / S. Chakraborty / D. Meiners*
Reducing the raw material usage for room temperature infusible and polymerisable thermoplastic CFRPs through reuse of recycled waste material,
Comp. B 216 (2021) 108877.
- *A. Zandona / G. Hensch / R. Al-Mukadam / J. Deubener*
The effects of a Li₂O excess on the crystallization sequence of lithium aluminosilicate glass powders,
J. Non-Cryst. Solids 561 (2021) 120748.
- *J. Deubener / J.W.P. Schmelzer*
Statistical approach to crystal nucleation in glass-forming liquids,
Entropy 23 (2021) 246.

- *A. Zandona / A. Martínez Arias / G. Hensch / A.P. Weber / J. Deubener*
Spray-dried photocatalytic TiO₂(B) containing glass-ceramic nanospheres,
Adv. Funct. Mater. 31 (2021) 2007760.
- *N. Romero Sarcos / D. Hart / H. Bornhöft / A. Ehrenberg / J. Deubener*
Rejuvenation of granulated blast furnace slag (GBS) glass by ball milling,
J. Non-Cryst. Solids 556 (2021) 120557.
- *R. Al-Mukadam / A. Zandona / J. Deubener*
Kinetic fragility of pure TeO₂ glass,
J. Non-Cryst. Solids 554 (2021) 120595.
- *A. Zandona / B. Rüdinger / J. Deubener*
Mg-bearing quartz solid solutions as structural intermediates between low and high quartz,
J. Am. Ceram. Soc. 104 (2021) 1146-1155.
- *P. Stabile / S. Siocola / G. Giuli / E. Paris / M.R. Carroll / J. Deubener / D. Di Genova*
Raman and calorimetric studies of alkali content and iron oxidation state influence on the structure and viscosity of iron-rich peralkaline rhyolites,
Chem.- Geol. 559 (2021) 119991.
- *S. Blotevogel / L. Steger / D. Hart / L. Doussang / J. Kaknics / M. Poirier / H. Bornhöft / J. Deubener / C. Patapy / M. Cyr*
Effect of TiO₂ and 10 further minor-elements on the reactivity of ground granulated blast furnace slags (GGBS) in blended cements,
J. Am. Ceram. Soc. 104 (2021) 128-139.
- *T. Waurischk / R. Müller / H. Behrens / J. Deubener*
Crack growth on borate and silicate glasses: Stress-corrosion susceptibility and hydrolytic resistance,
J. Non-Cryst. Solids 551(2021) 120414.
- *L.C. Briese / S. Selle / C. Patzig / Y. Hu / J. Deubener / T. Höche*
Compositional study on the size distribution of nickel nanocrystals in borosilicate glasses,
J. Non-Cryst. Solids 549 (2020) 120357.

2.5 Kurzdarstellung des BMBF-Forschungsvorhabens „Datengetriebener Workflow für die beschleunigte Erforschung von Glas (GlasDigital) – Teilvorhaben: Erforschung, Bildanalyse und Analytik von Gläsern beim automatisierten Guss

Digitalisierung der Materialforschung startet in Clausthal am Institut für Nichtmetallische Werkstoffe. Im Rahmen der Initiative zur Digitalisierung der Materialforschung in Deutschland (MaterialDigital) hat das Institut für Nichtmetallische Werkstoffe (INW) der TU Clausthal den Zuschlag für ein BMBF-gefördertes Projekt erhalten. Das Verbundvorhaben „Datengetriebener Workflow für die beschleunigte Erforschung von Glas (GlasDigital)“ wird bei einer Laufzeit von drei Jahren mit einer Fördersumme des Bundesministeriums für Bildung und Forschung von 420.000 Euro unterstützt. Weitere hochkarätige Kooperationspartner sind die Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM) in Berlin, das Fraunhofer-Institut für Silicatforschung (ISC) in Würzburg und das Otto-Schott-Institut für Materialforschung (OSIM) der Friedrich-Schiller-Universität in Jena.

Im Teilprojekt des INW mit dem Titel „Erforschung Bildanalyse und Analytik von Gläsern beim automatisierten Guss“ wird ein wesentlicher Beitrag zur Digitalisierung in der Hochdurchsatz-Glasentwicklung geliefert. Gegenstand des Projekts ist die Entwicklung einer „inline“-Sensorik sowie die Hochdurchsatzanalytik eines robotergestützten, vollautomatischen und intelligenten Expertensystems. Spezielle Bildauswerteprogramme werden für die inline-Sensorik und die Hochdurchsatzanalytik eines vollautomatischen und intelligenten Expertensystems zur HD-Glasentwicklung entwickelt. Die softwaretechnischen Lösungen sollen ein Übersäumen des Rohstoffgemenges bei der Erschmelzung im Ofenraum verhindern, die Gießfähigkeit der fertigen Glasschmelze aus dem Tiegel erkennen sowie die Homogenität des Gussstücks bewerten, um zum einen die Glasbildungsfähigkeit für die gewählten Prozessparameter und eingesetzten chemischen Verhältnisse der Rohstoffe zu dokumentieren und zum anderen eine Entscheidung hervorzurufen, einzelne Schmelzschnitte (Zeit, Temperatur, Einlegen, Ausgießen) zu adaptieren bzw. zu wiederholen. Dafür werden Video-Sequenzen in Einzelbilder zerlegt und mittels zu erstellender Algorithmen analysiert. Damit trägt das Teilvorhaben zur Digitalisierung der Schmelzprozesstechnik (inline Erkennung der Schaumbildung und der Gießbarkeit) bei, in dem es eine Rückkopplung in die Regelsoftware des Schmelzbetriebs ermöglicht und diese Daten zur Validierung eines digitalen Zwillings der Schmelzanlage zuführt, der die Schmelzbarkeit von Gläsern optimieren bzw. prognostizieren kann.

Besondere Herausforderungen ergeben sich aus der breiten Variabilität möglicher chemischer Zusammensetzungen, den zum Erschmelzen notwendigen hohen Prozesstemperaturen sowie der Erstellung geeigneter Schnittstellen zu künstlich-intelligenten Steuerungseinrichtungen. Durch den Einsatz robotischer Syntheseverfahren in Kombination mit selbstlernenden Maschinen sollen diese Probleme nachhaltig überwunden werden. Die Entwicklung neuartiger Gläser – zum Beispiel mit einer höheren mechanischen Festigkeit – kann dann nicht nur erheblich beschleunigt, sondern auch mit sehr viel geringerem Aufwand durchgeführt werden.

Das Programm „Vom Material zur Innovation“ ist Teil der Hightech-Strategie des Bundesforschungsministeriums zur Förderung der Materialentwicklung in einem Umfang von 100 Millionen Euro jährlich. Projektträger für „GlasDigital“ ist die VDI Technologiezentrum GmbH.

2.6 Kurzdarstellung des BMBF-Forschungsvorhabens „EarLiMet – Early Stage-Metallrückgewinnung für das energie- und ressourceneffiziente Recycling von Li-Ionen-Batterien – Forschungsfeld TU Clausthal: Qualifizierung der baustoffkundlichen Tauglichkeit von Batterierecycling-Schlacken

EarLiMet ist jenes der 16 greenBatt Projekte, an dem das INW der TU Clausthal beteiligt ist. Ziel unseres Institutes ist es, die Wertstoff abgereicherte Schlacke aus dem Lithium Batterie Recycling Prozess auf ihren Einsatz als Hüttensand Surrogat in der Baustoffproduktion zu untersuchen.

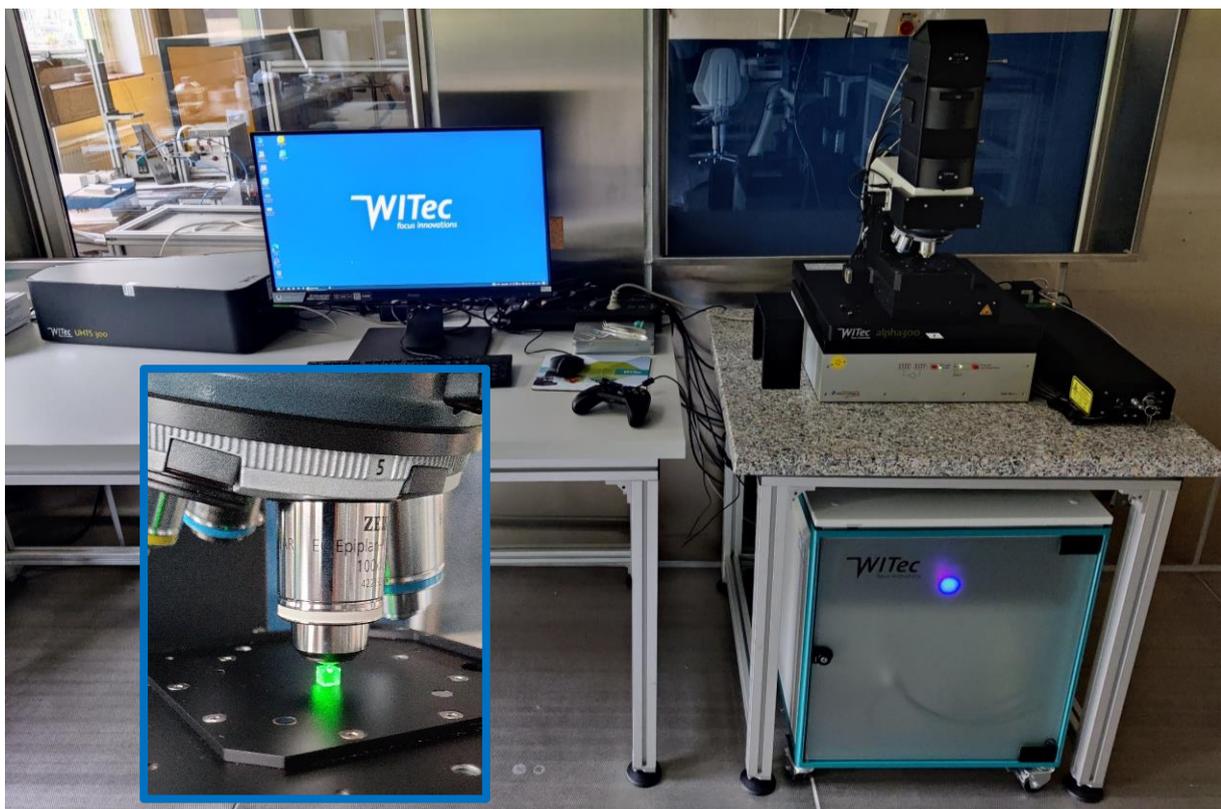
2. Treffen zu den Kompetenzclustern Recycling & Grüne Batterie und Batterienutzungskonzepte

Am 09.11.21 und 10.11.21 trafen sich in einer Online Konferenz über 200 Wissenschaftler, die an den beiden Projekten greenBatt und BattNutzung beteiligt sind. Ersteres wird vom Bundesministerium für Bildung und Forschung mit 30 Millionen Euro finanziert. GreenBatt, welches aus 16 Unterprojekten besteht, hat das Ziel industrienah einen neuen Wertstoffkreislauf für die wachsende Zahl ausrangierter Lithium-Ionen-Batterien zu entwickeln. Eine Batterienspezies, welche insbesondere mit Blick auf die wachsende Zahl von E-Fahrzeugen und kabelloser Elektrogeräte eine an wirtschaftlicher Bedeutung zunehmende Lithiumquelle darstellt. Das erste Treffen des Kompetenzclusters fand im Vorjahr statt und diente als einführende Veranstaltung. Beim zweiten Treffen in diesem Jahr konnten die beteiligten Wissenschaftler ihre bisherigen Fortschritte vorstellen und somit den Kollegen, aber insbesondere dem Managementkreis des Gesamtprojektes einen Gesamtüberblick zu ihrem Zwischenstand bieten. Fast alle Leiter der einzelnen Unterprojekte konnten die Einhaltung der in ihren Projektanträgen vordefinierten Meilensteine mit neuen Erkenntnissen vorweisen. Ziel ist es, durch Pyro- und Hydrometallurgie die Lithiumausbeute von bisher unter 50% auf über 90% anzuheben. Laut der Präsentationen sind mittlerweile bereits 70% erreichbar. Auch behandelt greenBatt die Entwicklung von Demontagestandards und Recyclierung der anderen Wertstoffe von Lithium-Ionen-Batterien wie Aluminium und Kobalt. Das INW konnte in diesem Jahr vorerst nur grundlegende Ergebnisse vorzeigen, da es am Ende der Probenlieferkette des EarLiMet Projektes steht.

3 NACHRICHTEN

3.1 Neuanschaffung eines bildgebenden Ramanmikroskops

An unserem Institut ist ein Ramansystem der Firma WITec in Betrieb gegangen. Es besteht aus einem grünen Laser der Wellenlänge 532 nm, einem konfokalen Raman-Mikroskop, einem Spektrometer sowie einem CCD Detektor. Dieses System bietet eine ideale Ergänzung zu der vorhandenen Analytik, da es beispielsweise ohne vorherige Präparation von Proben eine schnelle und zerstörungsfreie Identifikation von Kristallphasen ermöglicht. Aber auch in nichtkristallinen Materialien sind strukturelle Untersuchungen möglich. Eine weitere Stärke des Systems ist die ultraschnelle Aufnahme von Ramankarten (mapping) auf ebenen und unebenen Oberflächen. Geplant ist zudem die Einbindung des Heiztisches (Linkam TS1500), wodurch in-situ Untersuchungen bei erhöhten Temperaturen unter verschiedenen Gasatmosphären möglich sind. Das Titelbild des Segerkegels zeigt eines der ersten Untersuchungsobjekte des bildgebenden Ramanmikroskops.



Aufbau des Raman-Systems im Reinraum des Instituts. Spektrometer (oben links), Mikroskop mit Laser (oben rechts) auf einem Schwingungskompensationstisch, Steuereinheit (unten rechts) und Glasprobe unter dem grünen Laserlicht (Ausschnitt im blauen Rahmen).

3.2 Fachausschuss I der HVG-DGG

Am 23. September wurde die 2. Sitzung des Fachausschusses für die Physik und Chemie des Glases der HVG-DGG erstmals als Hybridveranstaltung im Hörsaal der Technischen Universität Ilmenau und an den PCs im Bundesgebiet abgehalten. Auf dem Sitzungsprogramm standen neun sehr interessante Vorträge zu unterschiedlichen Themengebieten rund um die Grundlagen des Werkstoffs Glas. Aus Clausthal berichtete Gundula Helsch über die Kristallisationsgeschwindigkeit von Hochquarzmischkristallen in LAS-Gläsern mit Spodumenzusammensetzung. Eine Arbeit, die in Zusammenhang mit dem gemeinsamen (P. Fielitz und G. Borchardt vom Institut für Metallurgie der TU Clausthal) von der DFG finanzierten Projekt: " Alumosilicatkristallisation in Glaskeramiken: Grenzflächenprozesse und Diffusion der Hauptkomponenten" entstanden ist.

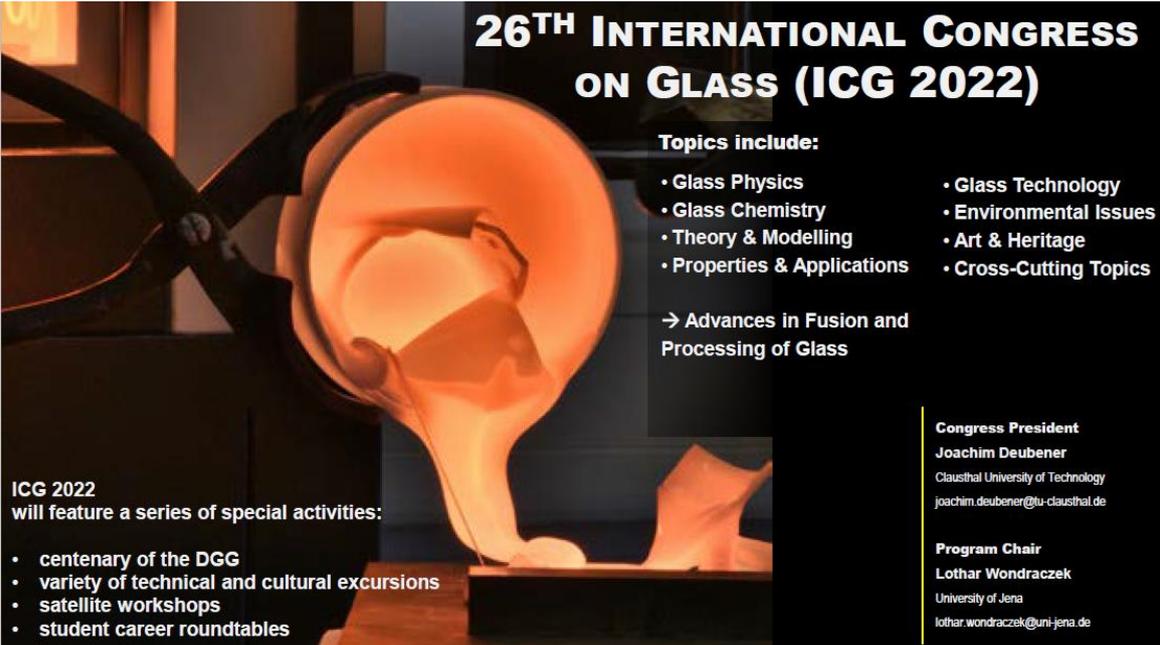
Besonders willkommen war das Wiedersehen mit Prof. Edda Rädlein (TU Ilmenau) und Prof. Gerhard Heide (TUBA Freiberg), die ja beide ihre wissenschaftliche Karriere in unserem Institut starteten. Die Gelegenheit wurde intensiv für einen fachlichen Austausch genutzt aber auch um die unterschiedlichen Maßnahmen zur Eindämmung der Pandemie an Hochschulen in Thüringen, Sachsen und Niedersachsen zu diskutieren.



Teilnehmende Clausthalerinnen und Clausthaler (G. Helsch, 6. v. l., J. Deubener 7. v. l.) sowie Ex-Clausthalerinnen und Ex-Clausthaler (E. Rädlein, 2. v. l., G. Heide 5. v. l.) der Hybrid-Sitzung des FA 1 der HVG-DGG in Ilmenau.

3.3 Vorschau auf den internationalen Glaskongress der ICG am 3.–8. Juli 2022 in Berlin

Für den im kommenden Jahr stattfindende internationalen Glaskongress der International Commission on Glass (ICG) wurde Prof. J. Deubener zum Tagungspräsidenten und Prof. L. Wondraczek (FSU Jena) zum Programmchef gewählt. Der Kongress wird in 2022 die Hauptveranstaltung zum 100. Geburtstag der HVG-DGG bilden und gleichzeitig die zentrale wissenschaftliche Veranstaltung des Jahres des Glases der Vereinten Nationen bilden. Der Kongress soll über sechs Tage in 10 parallelen Vortragsreihen im Tagungszentrum des Marriott-Hotels in Berlin abgehalten werden. Es werden über 1000 Teilnehmende aus fünf Kontinenten erwartet. Informationen zur Teilnahme unter: <https://www.hvg-dgg-events.com/icg2022>



26TH INTERNATIONAL CONGRESS ON GLASS (ICG 2022)

Topics include:

- Glass Physics
- Glass Chemistry
- Theory & Modelling
- Properties & Applications
- Glass Technology
- Environmental Issues
- Art & Heritage
- Cross-Cutting Topics

→ Advances in Fusion and Processing of Glass

ICG 2022 will feature a series of special activities:

- centenary of the DGG
- variety of technical and cultural excursions
- satellite workshops
- student career roundtables

Congress President
Joachim Deubener
Clausthal University of Technology
joachim.deubener@tu-clausthal.de

Program Chair
Lothar Wondraczek
University of Jena
lothar.wondraczek@uni-jena.de



VENUE
MARRIOTT HOTEL BERLIN

<https://www.hvg-dgg-events.com/icg2022>

located in the center of Berlin
numerous cultural and historical monuments in walking distance

WELCOME TO BERLIN !

ICG 2022 is hosted by the Deutsche Glastechnische Gesellschaft e.V.

HVG-DGG
Service und Forschung für die Glasherstellung



3.4 Wandertag 2021

Am 06.10.2021 fand der diesjährige Wandertag unseres Institutes statt. Die Route führte uns zunächst vom Institut aus durch den Ort über das Feldgrabengebiet bis hin zum Hirschler Teich. Am Hirschler Teich vorbei ging es zum durch den Wald zum Jägersblecker Teich. An der naheliegenden Weppner Hütte wurde dann die erste Pause eingelegt. Sammler der Harzer Wandernadel konnten sich dort einen Stempel in das Stempelheft eintragen. Durch die Ewigkeitsschneise ging es anschließend zum Windbeutelkönig im Gemkenthal. Dies war auch das ausgegebene Ziel der Wanderung. Zwar liegt das eigentliche Gemkenthal knapp 500 Meter nordöstlich des Windbeutelkönigs, aber dieser Bereich ist durch den Stauraum der Okertalsperre überflutet. Insgesamt wurde bei der Wanderung eine Strecke von 15 km zurückgelegt. Auf der Terrasse des Windbeutelkönigs konnte die Okertalsperre bestaunt und eine Stärkung zu sich genommen werden. Zwischendurch kam auch immer wieder die Sonne durch die sonst so dichte Wolkendecke. Nach dem Essen ging es mit dem Bus zurück nach Clausthal.



Die Wandergruppe 2021 in Corona-Zeiten

(von links: Gatermann, Hbib, Blum, Elsner, Löschmann, Al-Mukadam, De Moraes, Hensch, Deubener, Maiwald, Notina, Hart)



XXL-Windbeutel im Restaurant & Café „Der Windbeutel König“ an der Okertalsperre

3.5 INW Tippspiel zur Fußball-Europameisterschaft 2020

Nach der WM ist vor der EM und mit einem Jahr pandemiebedingter Verspätung fand die UEFA EURO 2020 vom 11. Juni bis zum 11. Juli 2021 in 10 europäischen Städten und der asiatischen Stadt Baku statt. Anlässlich dieses Events veranstaltete das Institut für Nichtmetallische Werkstoffe für alle wieder ein Tippspiel. Das Tippspiel wurde sehr gut angenommen, sodass sich vor dem 1. Spieltag insgesamt 18 Mitspieler anmeldeten. Vor Beginn des Turniers konnten als Bonustipps die Sieger der einzelnen Gruppen, die Halbfinalisten, der Europameister sowie das Land des erfolgreichsten Torschützen getippt werden. Pro richtigen Tipp wurden hierfür jeweils 4 Punkte vergeben. Beim Tippen der einzelnen Spiele gab es in der Gruppenphase für das richtige Ergebnis ebenfalls 4 Punkte. Bei korrektem Sieger inklusive der richtigen Tordifferenz erhielt man 3 Punkte und nur für den richtig vorausgesagten Sieger oder bei einem Unentschieden abweichend von dem korrekten Ergebnis gab es 2 Punkte. Ab der K.O.-Phase wurde das Ergebnis nach Verlängerung beziehungsweise nach Elfmeterschießen getippt, sodass es kein Unentschieden mehr gab. Es wurde fleißig getippt, wobei der eine oder andere vermeintlich sichere Tipp auch mal deutlich danebenging oder eine rechtzeitige Tippabgabe verpasst wurde. Am Ende machten zwei mittlerweile ehemalige Mitarbeiter des Instituts den Gesamtsieg des Tippspiels unter sich aus. Dr.-Ing. Claudia Eichhorn musste sich mit 116 Punkte nur ganz knapp dem Gewinner M. Sc. Simon Rudolf (118 Punkte) geschlagen geben. Beide bewiesen nicht nur bei den Spielen oft einen richtigen Riecher, sondern konnten sich vor allem durch die Punkte ihrer korrekten Bonustipps den entscheidenden Vorsprung herausspielen. Rudolf und Eichhorn holten mit jeweils 32 von 48 möglichen Bonuspunkten die meisten aller Teilnehmer. Das Siegetreppchen komplett machte M. Sc. Daniel Hart, der sich mit 104 Punkten noch den dritten Platz sichern konnte. Besonders hervorzuheben sind abschließend noch Dr.-Ing. Hansjörg Bornhöft und M. Sc. Jessica Löschmann. Bornhöft sagte als einziger Tipper das richtige Land des Torschützenkönigs voraus und Löschmann war die Einzige, die bereits vor Beginn des Turniers mit Italien den richtigen Europameister tippte.

Platz	Tipper	Punkte	Platz	Tipper	Punkte
1	S. Rudolf	118	10	F. Elsner	93
2	C. Eichhorn	116	11	A. Blum	85
3	D. Hart	104	12	H. Bornhöft	81
4	J. Löschmann	103	13	S. Gogula	79
5	L. Sterner	102	14	P. Notina	75
5	R. Al-Mukadam	102	15	J. Deubener	65
7	J.-O. Fritzsche	98	16	A. Wolter	56
8	T. Peter	97	17	G. Hensch	45
9	S. Schildhauer	94	18	M. Maiwald	10

Tabelle: Endergebnis des INW-Tippspiels zur UEFA Fußball-Europameisterschaft 2020

3.6 Nachrufe

Das Institut für Nichtmetallische Werkstoffe trauert um seine verstorbenen Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter. Wir werden ihr Andenken in Ehren halten.

Prof. Dr.-Ing. Klaus Jürgen Leers, 14. Januar 2021



*Du bist nicht mehr da, wo Du warst,
aber Du bist überall, wo wir sind.*

Am 14. Januar 2021 ist nach einem erfüllten und arbeitsreichen Leben unser guter Ehemann und Vater

Prof. Dr.-Ing.
Klaus-Jürgen Leers

† 28. Februar 1932

im gesegneten 89. Lebensjahr mit sich im Reinen und in Frieden von uns gegangen.

Wir sind dankbar und traurig
Marie-Luise Leers geb. Littann
Kathrin-Luise Leers
Dr. Stephan Leers und Dr. Jeannette Lehmann

Anschließend an die Trauerfeier im engsten Familienkreis findet die Beisetzung am Sonnabend,
dem 23. Januar 2021, um 10:30 Uhr auf dem Friedhof Clausthal statt.

Clausthal-Zellerfeld, Bremerstieg 9A

Bestattungsinstitut Klaus, Clausthal-Zellerfeld, Tel. 05323 / 3386

Dr.-Ing. Leo Schumacher, 3. Februar 2021

Ein langes erfülltes, zuletzt mühsames Leben ist friedlich zu Ende gegangen.

Dr. Ing. Leo Schumacher

* 28. April 1930 † 3. Februar 2021

Wir werden uns wiedersehen!

*In Liebe
Deine Dorothea (Dorle)
Deine Kinder Thomas, Doris und Jenni
mit ihren Familien
Verwandte und Freunde*

*Die Trauerfeier findet im engeren Familien- und Freundeskreis
am Donnerstag, den 11. März 2021 um 11.00 Uhr in der
Kapelle des ev. Friedhofes, Kettwiger Straße in Heiligenhaus, statt;
anschließend erfolgt die Urnenbeisetzung.*

*Von Blumen- und Kranzspenden bitten wir abzusehen.
Eine Spende zu Gunsten des Geschichtsvereins der Stadt Heiligenhaus e.V.
wäre sicherlich im Sinne des Verstorbenen.
IBAN DE28 3015 0200 0018 0067 00,
Trauerfall: Dr. Leo Schumacher.*

Herstellung: **Papierflieger Verlag GmbH**, Clausthal-Zellerfeld
www.papierflieger.eu