

## Neuzugänge Wissenschaftler:



### M. Sc. Christin Stallmeister

Masterstudium Werkstoffingenieurwesen, Vertiefung NE-Metallurgie an der RWTH Aachen von 2013-2019. Seit April 2019 wiss. Mitarbeiterin. Tätigkeitsbereich: Pyrometallurgische Recyclingmetallurgie (insbesondere Edelmetalle und Batterien)



### M. Sc. Gunnar Hovestadt

Masterstudium Werkstoffingenieurwesen, Vertiefung NE-Metallurgie an der RWTH Aachen von 2012-2019. Seit April 2019 wiss. Mitarbeiter. Tätigkeitsbereich: Pyro- und Vakuummetallurgie.

## Neuzugänge Nichtwissenschaftler:



### Dipl.-Ing. Viktor Hügel

Seit Juni 2019 Leiter der Anlagenentwicklung am IME. Abschluss des Maschinenbau-Studiums mit Fachrichtung Konstruktionstechnik an der Universität Kassel im Jahre 2014. Vorher eingestellt bei der Forma Glas GmbH (Österreich).

## Das Institut verlassen haben:

### Wiss. Personal:

Diana Michaelis, Prof. Ichiro Koiwa (Gastprofessor)

### Werkstatt:

Peter Franzen

### Anlagenentwicklung:

Amir Mehdi Khamoushkoo

## Betriebsausflug 2019

Der diesjährige Betriebsausflug am 14. Juni führte zur Blegny-Mine nahe Lüttich. Zum Start gab es eine Stollenführung 60 Meter unter Tage, welche einen Einblick in die Geschichte des Kohleabbaus im Lütticher Revier gewährte. Nach einer kurzen Stärkung bei einem rustikalen Frühstück und bestem Wetter wurde das anliegende Biotop der alten Kohlehalden erkundet. Zum Abschluss kamen alle gemütlich zu Speis und Trank im Linzenhäuschen zusammen. Ein rundum gelungener Betriebsausflug!

B. Mackenbach, Tel.: 80-95869, BMackenbach@ime-aachen.de

IME Metallurgische Prozesstechnik und Metallrecycling  
Institut und Lehrstuhl der RWTH Aachen University  
Intzestraße 3, 52056 Aachen  
Tel.: +49(0) 241 80-95851, Fax: +49(0) 241 80-92154

**Christoph Braun:** Entwicklung eines verlustarmen Recyclingprozesses von Lithium- Schwefel Akkumulatoren

**Gunnar Hovestadt:** Experimentelle Energie- und Stoffbilanzierung der selektiven Zink-Blei-Vakuumdestillation aus einer bleihaltigen Messingschmelze

**Viktoria Keller:** Neutralisation von sauren Minengewässern aus Südafrika mittels Sekundärprodukten

**Bin Liu:** Investigation of As evaporation behavior and zone length optimization in zone refining of Sb

**Andreas Romich:** Potenzial einer Plasmabehandlung wässriger Medien zur Optimierung von Laugungsprozessen am Beispiel einer lithiumhaltigen Batterieschlacke

**David Schmid:** Untersuchung des Recyclingpotenzials ausgewählter Schredderschwerfraktionen

**Moritz Sievers:** Karbonatisierung von Olivin unter hohem Druck im Autoklaven

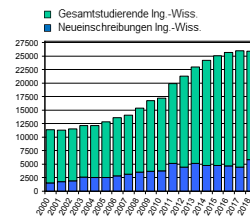
**Hermann Schreiner:** Untersuchung der Wasserstoffaufnahme von Ti6Al4V in Abhängigkeit des Oberflächen-Volumenverhältnisses

**Christin Stallmeister:** Einfluss von Kupfer beim Recycling von silberhaltigen Reststoffen im Schlackensystem  $\text{SiO}_2\text{-CaO-Al}_2\text{O}_3$

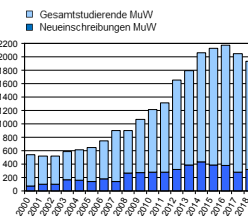
**Shuo Wang:** Investigation of yield increase by plasma-treated leaching medium

## Statistik RWTH Aachen University

Eingeschriebene Studierende der Ingenieurwissenschaften



Eingeschriebene Studierende der Materialwissenschaft und Werkstofftechnik (MuW)



E-Mail: institut@ime-aachen.de  
Digital auf: <http://www.ime-aachen.de>  
Redaktion: M. Sc. A. Birich, C. Capello

# IME Metallurgie Prozesstechnik Recycling **aktuell**

## DIE METALLURGEN

IME Metallurgische Prozesstechnik und Metallrecycling  
Institut und Lehrstuhl der RWTH Aachen University  
Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. B. Friedrich, M. Sc. A. Birich

## Was gibt es Neues?

Liebe Mitglieder und Ehemalige des IME,

soeben haben wir den sog. Drittmittelreport 2018 der RWTH erhalten und mit 770.000 € pro Planstelle die Pole-Position in der Fakultät erreicht. Mein Dank gilt sowohl allen Mitarbeitern, die das umgesetzt, wie auch unseren Kunden und Projektträgern, die dieses Projektvolumen ermöglicht haben. Auch für die mittelfristige Zukunft sieht der Projektzugang derzeit weiter erfreulich aus, insbesondere im Bereich Batterierecycling, Pyrolyse und marine Rohstoffe. Weniger schön – wie Seite 4 zeigt – sieht die Situation bei den Studenten aus; spürbar weniger im Bachelor, aber auch im Masterbereich. Bereits jetzt ist für 2020 abzusehen, dass die Besetzung unserer Doktorandenstellen mit geeigneten Personen nicht mehr selbstverständlich ist. Dieses Jahr verlassen uns mindestens acht wissenschaftliche MA planmäßig nach ihrer Promotionszeit. Im Februar hatten wir uns bei 13 EU-Projektskizzen beteiligt, lediglich zwei sind in die nächste Runde zur Vollarbeitstellung gekommen. Die Projekte AIF Mareko (Entwicklung Laugungsreaktor) und ReOrgAl (Mikrowellen Pyrolyse) sind gestartet, InnoRaff (Kühlfingerkristallisation Ge, Al) hat sein erfolgreiches Ende genommen. Die Chemie wurde ohne Beanstandungen erneut ISO9000 zertifiziert und wir haben mit neun Vorträgen zum Gelingen der EMC2019 Konferenz der GDMB beigetragen. Alles in allem wieder ein sehr geschäftiges Halbjahr mit gutem Ausgang.

**Bitte vormerken: Termin für das nächste Absolvententreffen ist der 08. November 2019 !!!**

Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. B. Friedrich, Tel.: 80-95850, BFriedrich@ime-aachen.de

## Inbetriebnahme Anlage zur Leitfähigkeitsmessung schmelzflüssiger Schlacken

Nach vier Jahren Entwicklung wurde im April das Messlabor zur Bestimmung der physikalischen Eigenschaften von Schmelzen durch die Anlage zur Messung der elektrischen Leitfähigkeit von Schlacken und Lösungen komplementiert. Die Entwicklung fand in Kooperation und mit Unterstützung der Firma Wacker AG aus Burghausen statt, wodurch die bestehende Zellentechnik revolutioniert und mit neuer Messtechnik kombiniert werden konnte. Die Modernisierung ermöglicht eine robuste und kalibrationsfreie Messmethode. Die Messgenauigkeit der Anlage wurde anhand von wässrigen Eichlösungen, geschmolzenen Salzen und Standardschlacken des ESU-Prozesses überprüft und validiert. Der Fehler der Messungen liegt unter 5 % sodass ab sofort die elektrische Leitfähigkeit von Schlacken und Lösungen von 0,01 – 7,5 S/cm bei Temperaturen von 20 bis 1750°C präzise vermessen werden können. Durch die Variabilität des Ofens kann zusätzlich der Einfluss des Druckes sowie verschiedener Atmosphären (Vakuum / Stickstoff / Argon) auf die elektrische Leitfähigkeit untersucht werden. Des Weiteren liefert die elektrische Leitfähigkeit als Leitgröße genaue Informationen zu der Löslichkeitsgrenze von Oxiden oder Salzen in Schmelzen und Lösungen. Dies stellt ein großes Anwendungspotential in der Schmelzflusselektrolyse dar.



M. Sc. Nikolaus Borowski, Tel.: 80-95924, NBorowski@ime-aachen.de

## Labor Reinstmetalle/Metallkristallisation/Kühlfinger

Das Labor der im Jahr 2015 gegründeten „Pure Metals“ Gruppe ist mittlerweile mit drei auf dem Prinzip der fraktionierten Kristallisation basierenden Anlagen ausgestattet. Im Rahmen mehrerer Promotionsarbeiten, finanziert durch öffentliche Förderprojekte, Stipendien sowie Stiftungen, wurden diverse Neuentwicklungen durchgeführt. Die Kühlfinger-Technologie beispielsweise ermöglicht durch Eintauchen eines rotierenden, luftgekühlten Zylinders unter Vakuum in ein Schmelzbad eine kontrollierte Kristallisation und Raffination des Metalls. Unter anderem Aluminium und Germanium sollen mit dieser Technik raffiniert werden. Auch die Aufrüstung der Zonenschmelzanlage mit einer Infrarot-Kamera, sowie der Aufbau eines unter Vakuum arbeitenden statischen Kristallisationsofens ermöglichen neue Ansätze zum Erreichen höchster Reinheitsgrade. Somit können auch Ansätze im Bereich der Grundlagenforschung verfolgt werden. Zu der „Pure Metals“ Gruppe gehört auch die Vakuumdestillation, mit Ziel der Hochreinigung von Metallen, wie Magnesium, aber auch konkret die Entfernung bestimmter Verunreinigungen wie in dem Fall von Arsen aus Antimon, welches nicht durch Kristallisation beseitigt werden kann.

Dr.-Ing. Semiramis Friedrich, Tel.: 80-95799, SFriedrich@ime-aachen.de

## Grundlagen zur Ag-Verschlackung in einem CaO-SiO<sub>2</sub>-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Schlackensystem

Silber zeichnet sich aufgrund der hohen Leitfähigkeit und hohem Reflexionsvermögen als eines der wichtigsten Technologiemetalle aus. Derzeit wird die wachsende Silbernachfrage nach überwiegenden Anteil durch Primärsilber gedeckt. Lediglich 15 % werden durch Sekundärsilber bereitgestellt. Diese Versorgungslage ist als kritisch einzustufen, da die weltweiten Silberreserven bzw. die geologische Reichweite auf lediglich 25 Jahre geschätzt werden. Dem Thema Silberrückgewinnung aus Reststoffen sollte frühzeitig Beachtung geschenkt werden zumal nur 10 – 15 % des in technischen Anwendungen verbauten Silbers zurückgewonnen wird. Grund dafür sind unter anderem Recyclingverfahren, die zwar etabliert sind (Kupferroute), jedoch nicht optimal auf den Reststoff ausgerichtet sind. Dies gilt insbesondere für oxidische Rückstände. Derartige Reststoffströme weisen nur geringe Wertmetallinhalte auf und erfordern einen schlackenmetallurgischen Prozess. Dieser Prozess kann nur wirtschaftlich sein, wenn die Verschlackung der Wertmetalle minimal ist. Im Rahmen einer Promotion wird die beschriebene Problematik anhand eines exemplarischen, synthetischen Schlackensystems (CaO-SiO<sub>2</sub>-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) mit dem Wertmetall Silber adressiert. Neben Temperatur- und Atmosphäreinfluss werden diverse Schlackenadditive untersucht sowie der Verschlackungsmechanismus identifiziert.

M. Sc. Diana Michaelis, Tel.: 80-95192, DMichaelis@ime-aachen.de

## Rückgewinnung von In und Ga aus Smartphones

In enger Zusammenarbeit mit der Fraunhofer Projektgruppe IWKS in Alzenau startete das IME im Sommer 2015 ein vierjähriges Kooperationsprojekt mit dem Ziel der Entwicklung eines Prozesses zur Rückgewinnung von kritischen Metallen aus Elektronikschrott. Der Fokus liegt dabei auf den beiden Zielmetallen Indium und Gallium, welche aus Smartphones recycelt werden sollten. Ein zentrales Element im ausgearbeiteten Recyclingkonzept ist die thermische Aufbereitung der zerkleinerten Smartphones mittels Pyrolyse. Auf diese Weise wird erreicht, dass das in den Smartphone-Displays enthaltene Indium selektiv verflüchtigt und über den Abgasstrom separiert wird. Darüber hinaus führt die Pyrolyse zu einer Verflüchtigung der Kunststoff-



fraktion aus dem Einsatzmaterial, sodass Kunststoff-Metall-Komposite aufgebrochen werden und eine mechanische Trennung von Metall, Glasfasern und einer kohlenstoffreichen Feinfraktion möglich ist. Im Feinanteil des Pyrolyserückstandes wird Gallium angereichert, welches hydrometallurgisch über einen selektiven Laugungsprozess extrahiert werden kann. Obwohl das Recyclingverfahren auf In und Ga ausgelegt ist, wird neben den genannten Metallen ebenfalls der Verbleib anderer wichtiger Elemente (Au, Ag, SEE) untersucht, so dass die gewonnenen Erkenntnisse auch auf das Recycling anderer Einsatzmaterialien bzw. Zielmetalle übertragen werden können.

M. Sc. Benedikt Flerus, Tel.: 80-95856, BFlerus@ime-aachen.de

## DAAD

Auch in diesem Jahr finden im Rahmen des Deutschen Akademischen Austauschdienstes (DAAD) universitäre Austauschprogramme mit Forschungseinrichtungen aus der Slowakei und Serbien statt. Getreu dem Motto des DAAD „Wandel durch Austausch“ werden Assistenten des IME mit den Partnerinstituten „Institute of Chemistry, Technology and Metallurgy“ aus Belgrad und dem „Institute of Recycling Technologies“ (IRT) aus Košice gemeinsam forschen und einen internationalen Austausch pflegen. Durch die internationale Zusammenarbeit sollen neu gewonnene wissenschaftliche Erkenntnisse dabei helfen globale Forschungstrends- und Herausforderungen zu bewältigen. Eine Herausforderung, an dessen Lösungsfindung das IME gemeinsam mit dem IRT forscht, stellt der steigende Bedarf an Li-Ionen-Batterien bei gleichzeitiger Verknappung vorhandener Batterierohstoffe dar. Durch die Entwicklung eines kombinierten pyro- und hydrometallurgischen Recyclingverfahrens zur Rückgewinnung von Batterierohstoffen soll an Lösungsmöglichkeiten gearbeitet werden vorhandene Wertmetalle aus gebrauchten Batterien wieder verfügbar zu machen. Das deutsch-serbische Konsortium befasst sich mit der Synthese von Ti-6Al-4V Legierungen mittels Schmelzflusselektrolyse. Das IME kann neben den aktuellen Austauschprojekten auch auf weitere erfolgreiche DAAD-Projekte zurückblicken. Zu diesen zählten in den Jahren 2012/2013 die numerische Simulation der Ag-Nanopartikelbildung aus Aerosol sowie 2013/2014 das Raffinieren und Legieren von Titan durch Elektroschlackeschmelzen. In den Jahren 2017/2018 folgte ein weiteres DAAD-Projekt im Bereich Entwicklung neuartiger Synthesedesigns zur Anpassung der geordneten Strukturen von Mehrkomponenten-Metalloxiden als einheitliche Beschichtungen von aktivierten Titananoden.

M. Sc. Claudia Schier, Tel.: 80-95193, CSchier@ime-aachen.de

## Elektroschlacke Umschmelzen mit rotierender Elektrode

Gefördert durch die Deutsche Forschungsgesellschaft wurde die bestehende offene Elektroschlacke-Umschmelzanlage (ESU) des IME umgebaut. Anstelle einer statischen Elektrode kann diese nun während des Betriebs um die eigene Achse rotieren. Im Rahmen des Forschungsprojektes soll evaluiert werden wie die Elektrodenrotation sich auf den Raffinationseffektivität beim ESU-Prozess ausübt. Bisherige Ergebnisse aus ersten Versuchen deuten auf eine Prozessoptimierung in zweierlei Hinsicht: qualitativ und energetisch. Die durch die Rotation extern aufgebraachte Kraft in radialer Richtung verändert die Form der sich ausbildenden flüssigen Metalltropfen vor deren Ablösung zu einem verbesserten Verhältnis von Oberfläche zu Volumen. Somit lassen sich, im Vergleich zum statischen Prozess, kleinere Einschlüsse innerhalb der Metallphase sowohl chemisch als auch physikalisch besser raffinieren. Das behandelte Metall weist somit einen höheren Reinheitsgrad auf. Weiterhin wird untersucht, ob sich der Metallsumpf durch eine Elektrodenrotation minimieren lässt. Eine etwaige Seigerung des Werkstoffs wird hierdurch minimiert. In diesem Zusammenhang werden zusätzlich vergleichende Untersuchungen der mechanischen Eigenschaften, bspw. Zugfestigkeit und Kerbschlagbiegefestigkeit, statisch und dynamisch Prozess durchgeführt. Aus energetischer Sicht wird eine Modifikation des Strömungsprofils innerhalb der Schlackenphase angestrebt. Die bisherige abwärts gerichtete Strömung wird durch eine aufwärts gerichtete ersetzt, was den Energieübertrag der Schlacke an die Elektrode verbessert. Dieser Mechanismus erhöht die Energieeffizienz des Prozesses.

M. Sc. Martin Schwenk, Tel.: 80-90237, MSchwenk@ime-aachen.de

## Modernisierung Chemie „NextGenBat“

Im Rahmen des seit September 2018 laufenden EFRE-Projektes sollen Investitionen in die Modernisierung der chemischen Analytik am IME erfolgen, welche die Charakterisierung von innovativen Batteriesystemen in den kommenden Jahren gewährleisten. Mit den bewilligten Mitteln i.H.v. 1,18 Mio. Euro sollen 12 neue Geräte beschafft werden: Unter anderem diverse (Kryogen-)Möhlen für die Probenvorbereitung, eine ICP-MS für die Bestimmung von Spurenelementen und ein neues RFA-Gerät, welches Small-Spot-Mapping ermöglicht und so Einschlüsse in Metallen effizient erkennen und bestimmen kann. Bereits in Betrieb genommen wurden eine neue Thermowaage, ein neues Schmelzaufschlusssystem sowie ein Titriersystem. Planmäßig soll ein Großteil der Geräte noch im Jahr 2019 geliefert und in Betrieb genommen werden.

Paul v.d. Heiden, Tel.: 80-95869, PvdHeiden@ime-aachen.de

## EMC 2019

Durch den engen fachlichen Bezug und die räumliche Nähe ist die EMC in Düsseldorf traditionell das „Heimspiel“ des IME. Mit insgesamt neun Beiträgen aus den Bereichen Hydrometallurgie, (E-Schrott-) Recycling, Reinstmetalle, Aluminium und strategische Netzwerke stellten wissenschaftliche Mitarbeiter die jüngsten Ergebnisse ihrer Forschungsarbeit vor und sorgten somit für eine solide Präsenz des IME im Kreis internat. Wissenschaftler. Neben dem wissenschaftlichen Diskurs ist die EMC jedes Mal ein willkommener Anlass, ehemalige Kollegen und Kommilitonen sowie Freunde aus Industrie und Forschung zu treffen, um in lockeren Gesprächen Neuigkeiten aus der Welt der Metallurgie auszutauschen.

M. Sc. Benedikt Flerus, Tel.: 80-95856, BFlerus@ime-aachen.de