

## Neuzugänge Wissenschaftler:


**Siran Hassan-Pour**

Diplom-Studium der Metallurgie und Werkstofftechnik, Vertiefungsrichtung NE-Metallurgie an der RWTH Aachen von 2005-2011. Seit Sept. 2011 wiss. Mitarbeiterin. Tätigkeitsbereich: Aluminothermische Herstellung von Titanlegierungen, Metallthermie


**Ayfer Kilicarslan**

Studium Metallurgical and Materials Engineering an der Yildiz Technical University (Türkei) von 2003-2011. Seit Okt. 2011 wiss. Mitarbeiterin. Tätigkeitsbereich: Hydrometallurgie


**Andreas Krause**

Diplom-Studium der Elektrotechnik und Informationstechnik, Vertiefungsrichtung Mikroelektronik an der RWTH Aachen von 2001-2010. Seit Dez. 2010 wiss. Mitarbeiter. Tätigkeitsbereich: Eigenschaften von Schmelzen


**Stephanie Kruse**

Diplom-Studium der Metallurgie und Werkstofftechnik, Vertiefungsrichtung NE-Metallurgie an der RWTH Aachen von 2005-2011. Seit Sept. 2011 wiss. Mitarbeiterin. Tätigkeitsbereich: Pyrometallurgie Seltenerdkonzentrate, Betreuung Bibliothek


**Qin Peng**

Studium B.E. Materials Science Eng. von 2004-2008 und M.E. Ferro-Metallurgie von 2008-2011 an der School of Materials Science and Eng., Central South Uni. Hunan/China. Seit Sept. 2011 wiss. Mitarbeiterin. Tätigkeitsbereich: Pulvermetallurgie


**Ann-Kathrin Pophanken**

Diplom-Studium der Metallurgie und Werkstofftechnik, Vertiefungsrichtung NE-Metallurgie an der RWTH Aachen von 2005-2011. Seit Okt. 2011 wiss. Mitarbeiterin. Tätigkeitsbereich: Elektrolyse


**Hanno Vogel**

Diplom-Studium der Metallurgie und Werkstofftechnik von 2003-2011, RWTH Aachen. Studium der Materialwissenschaft. Uni. Simon-Bolivar, Venezuela 2007. Seit Jan. 2012 wiss. Mitarbeiter. Tätigkeitsbereich: Schmelzflusselektrolyse, Vakuummetallurgie von Seltenen Erdmetallen


**Daniel Voßenkaul**

Diplom-Studium der Metallurgie und Werkstofftechnik, Vertiefungsrichtung NE-Metallurgie an der RWTH Aachen von 2006-2012. Seit Feb. 2012 wiss. Mitarbeiter. Tätigkeitsbereich: Hydrometallurgie

IME Metallurgische Prozesstechnik und Metallrecycling  
Institut und Lehrstuhl der RWTH Aachen  
Intzestr. 3, 52056 Aachen  
Tel.: +49 (0) 241 8095851  
Fax: +49 (0) 241 8092154


**Jingyue Zhao**

Studium B.E. Materials Processing von 2004-2008 und M.E. Ferro-Metallurgie von 2008-2011 an der School of Materials Science and Eng., Uni. of Science and Technology Henan/China. Seit Dez. 2011 wiss. Mitarbeiterin. Tätigkeitsbereich: Nano-Katalysatoren

## Neuzugänge Nichtwissenschaftler:



**Svitlana Taranenko**  
Ausbildung zur Chemielaborantin



**Marco Dudzinski**  
Ausbildung zu Verfahrensmechanikern Metallurgie



**Dennis Fuhrmeister**

## Diplomarbeiten/Master-Thesis

**Caelen D. Anderson:** Hydrometallurgical Recovery of Tellurium Dioxide from Cadmium Telluride Photovoltaic Manufacturing Scrap

**Lutz Bergmann:** Pyrometallurgische Vanadiumanreicherung aus Kraftwerksflugasche

**Marie Sophie Janssen:** Eignung eines statistischen Kristallisators zur Raffination von Metallen

**Siran Hassan-Pour:** Entwicklung und Erprobung eines Experimentes zur Untersuchung der Kinetik aluminothermischer Reduktion

**Stephanie Kruse:** Rückgewinnung strategischer Metalle aus Elektronikschrott

**Ann-Kathrin Pophanken:** Einfluss physikalischer Parameter auf die Silberaffinationselektrolyse

**Daniel Voßenkaul:** Untersuchung der hydrometallurgischen Recyclingfähigkeit vanadiumreicher Schlacken aus der Stahlherstellung

**Hanno Vogel**  
Prozessdesign der Desoxidation einer Sekundärtitanlegierung im Vakuum-Induktions-Ofen

## Jubilare 2012

**Horst Leuchter:** 06.01.2012 – 40 Jahre

## Preise und Ehrungen

Für ihre exzellente Diplomarbeit „Beurteilung von Vorbehandlungsmethoden und Sauerstoffangebot beim Elektronikschrottrecycling“ wurde Frau Songül Gül am 04.11.11 der Aurubis-Preis durch den Vorstandsvorsitzenden Dr. Drouven verliehen.



E-Mail: [institut@ime-aachen.de](mailto:institut@ime-aachen.de)  
<http://www.ime-aachen.de>

Redaktion: Dr. R. Fuchs, C. Capello

# IME

Metallurgie  
Prozesstechnik  
Recycling

## aktuell

### DIE METALLURGEN

IME Metallurgische Prozesstechnik und Metallrecycling  
Institut und Lehrstuhl der RWTH Aachen  
Prof. Dr.-Ing. Dr. h. c. B. Friedrich, Dr.-Ing. R. Fuchs

## Was gibt es Neues?

Liebe Freunde des IME, liebe Absolventen, am 21. Oktober 2011 verlieh die Donetsk Technical University (größte Montanuniversität der Ukraine und Nr. 2 der GUS Staaten) unserem Institutsleiter für sein intensives Engagement um die Partnerschaft beider Universitäten und seine prozessmetallurgische Expertise die Ehrendoktorwürde.



Seit über zehn Jahren wird am IME ein Verfahren entwickelt, welches das Recycling von Titan als „Hightech“ Metall aus Flugzeugturbinen, Autoturboladern oder auch Hochleistungsmotoren ermöglicht. Diese Arbeiten führten unseren Chef früh mit den Wissenschaftlern aus Donetsk zusammen, die seit mehreren Jahrzehnten an der Entfernung des unerwünschten, da Werkstoff schwächenden Sauerstoffs in Titan arbeiten. Aus dieser anfänglichen Projektarbeit erwuchsen strategische Kooperationsprojekte, studentische Austauschprogramme, gemeinsame Workshops in beiden Ländern, ein gerade erschienenes gemeinsames Buch und nicht zuletzt auch ein kulturelles Verständnis. Diese „win-win“ Situation aus offenem Know-How Austausch und Integration der ukrainischen Wissenschaftler in die wissenschaftliche westliche Welt nach Auflösung der Sowjetunion war Basis für die Bildung vieler Freundschaften der beteiligten wissenschaftlichen Mitarbeiter, von denen einige den langen Weg

nach Donetsk auf sich nahmen, um an dieser Ehrung ihres Doktorvaters teilzunehmen. In seiner Laudatio griff Prof. Troyanski (1. Vizedirektor) neben der fachlichen Würdigung auch den integrativen Charakter der Kooperation und die Offenheit für Andersdenkende auf, die Prof. Friedrich als idealen wissenschaftlichen Botschafter Deutschlands herausragen lassen. Ein besonderer Schwerpunkt an der Donetsk National Technical University lag stets in den Bereichen Geowissenschaften, Bergbau und Metallurgie. Die DonNTU, im Mai 1921 wurde als Donetsk Engineering College gegründet und



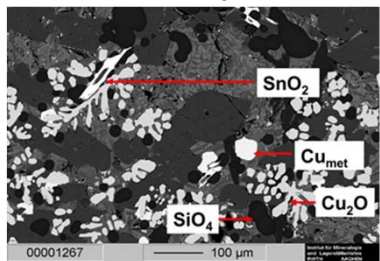
hat bis heute 170.000 Absolventen in die Berufswelt entlassen, darunter 3.000 ausländische. Sie ist mit 70 technischen Universitäten der Welt aktiv verbunden und ist Mitglied vieler international führender Bildungseinrichtungen, darunter die Association of European Universities (Genf, Schweiz), das International Center for Engineering Education der UNESCO (Melbourne, Australien) und auch die European Society for Engineering Education.





## Raffination verunreinigter Kupferschmelzen durch Schlackenbehandlung

Im Rahmen eines Forschungsvorhabens befasst sich das IME in Kooperation mit Industriepartnern mit der pyrometallurgischen Raffination hochwertiger Cu-Schrotte. Ziel des Verfahrens ist es, ein Kupferprodukt zu erzeugen, welches aufgrund seiner geringen Verunreinigungsgehalte nicht zwingend elektrolytisch raffiniert werden muss. Durch eine Schlackenbehandlung sollen über die Einstellung ihrer Zusammensetzung gezielt Verunreinigungen aus der Sekundärkopperphase in die Schlackenphase überführt werden. Der Mechanismus der Verschlackung kann hierbei durch die Sauerstoffpermeabilität beschrieben werden, welcher die

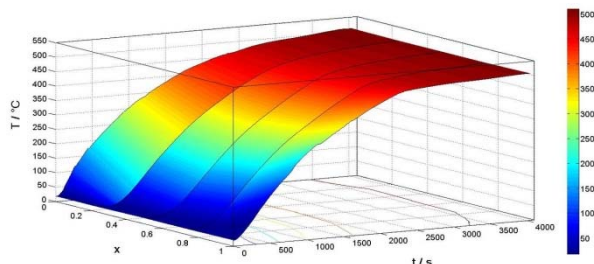


Menge an chemisch und physikalisch gelöstem Sauerstoff in der Schlacke beschreibt, der mit der Metall-Phase reagieren kann. Im Rahmen einer Diplomarbeit werden in einem ersten Schritt die Raffinationswirkung über thermochemische Modellierung mit Hilfe von FactSage® untersucht. In Gleichgewichts- und Kinetik-laborversuchen werden die berechneten Ergebnisse anschließend validiert. Ziel der ersten Versuchsserie ist es, den maximalen Reinigungsgrad für die Verunreinigungen Pb, Sn und Ni zu ermitteln. In ersten Vorversuchen konnten die Gehalte dieser Elemente auf unter 100 ppm gesenkt werden. Im Jahr 2011 wurde das Projekt auf dem Kupferfachausschuss der GDMB in Brixlegg und auf dem DGM Fachausschuss Stranggießen in Hildesheim vorgestellt.

Dipl.-Wirtsch.-Ing. M. Zander, Tel.: 8090234, MZander@ime-aachen.de

## Al-Pyrolyse

Die Forderungen nach Verbesserungen bezüglich Kapazität, Metallausbeute und Energieeffizienz beim Al-Recycling werden immer lauter. Ein kleiner Baustein zur Senkung des Energiebedarfes ist der Einfluss der Schrottbeschaffenheit und die Nutzung von am Al-Schrott anhaftender Organik (Lacke, Folien, Papier). Typische Al-Schrottpakete mit einer Dichte zwischen 0,51 g/cm³ und 1,36 g/cm³ besitzen eine hohe Porosität. Aktuelle Untersuchungen zeigen, dass die Paketporosität im direkten Zusammenhang mit der Effektivität der Pyrolyse und damit mit der Aluminiarausbringung steht. In modernen Mehrkammeröfen läuft die Pyrolyse auf einer Rampe in der Schrottkammer ab. In regelmäßigen Zyklen (20–30 min) werden die Pakete anschließend in das Al-Bad gedrückt. Für eine vollständige Pyrolyse des Schrottes ist es von besonderem Interesse, auch im Paketinneren die benötigte Temperatur von 500 °C zu erreichen. Unter der Annahme, dass alle gasförmigen Pyrolyseverluste das Paket verlassen können ist so ein vollständiges Entfernen der o.a. Oberflächenschichten zu erzielen. Die Abbildung zeigt das empirisch ermittelte Temperaturprofil eines typischen Paketes. Zu erkennen ist, dass die benötigten Temperaturen im Paketinneren nicht erreicht werden. Vor diesem Hintergrund ist die Paketstruktur aus verfahrenstechnischer Sicht in Frage zu stellen.



Aufzeichnung der Temperaturentwicklung im paketierte Schrott

In modernen Mehrkammeröfen läuft die Pyrolyse auf einer Rampe in der Schrottkammer ab. In regelmäßigen Zyklen (20–30 min) werden die Pakete anschließend in das Al-Bad gedrückt. Für eine vollständige Pyrolyse des Schrottes ist es von besonderem Interesse, auch im Paketinneren die benötigte Temperatur von 500 °C zu erreichen. Unter der Annahme, dass alle gasförmigen Pyrolyseverluste das Paket verlassen können ist so ein vollständiges Entfernen der o.a. Oberflächenschichten zu erzielen. Die Abbildung zeigt das empirisch ermittelte Temperaturprofil eines typischen Paketes. Zu erkennen ist, dass die benötigten Temperaturen im Paketinneren nicht erreicht werden. Vor diesem Hintergrund ist die Paketstruktur aus verfahrenstechnischer Sicht in Frage zu stellen.

Dipl.-Ing. B. Jaroni, Tel.: 8095861, BJaroni@ime-aachen.de

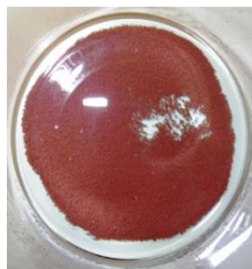
## Recycling von Lithium-Ionen-Batterien

In naher Zukunft wird der Bedarf an Automobil-Lithium-Ionen-Batterien (LIB) dramatisch zunehmen mit dem Problem der Wiederverwertung von Altbatterien. Diese bestehen aus vielen wertvollen Metallen wie Lithium, Kobalt, Nickel, Mangan, Kupfer und Aluminium. Es wurden zahlreiche Versuche durchgeführt, um verbrauchte LIB hydrometallurgisch zu recyceln. Um einen möglichst effizienten, ökonomischen und umweltfreundlichen Gewinn der Metalle zu erzielen, müssen diese weiter verbessert werden. Ein neues nass-chemisches Recyclingverfahren wurde am IME entwickelt.



Versuchsaufbau Laugung

Die Wertmetalle Lithium, Kobalt, Nickel, Kupfer und die ebenfalls vorhandenen Metalle Mangan, Aluminium, Eisen werden bei der Laugung in die Lösung extrahiert. Im folgenden Schritt werden Kupfer mittels Zementation zurückgewonnen und Aluminium und Eisen mit einem erhöhten pH-Wert entfernt; im Anschluss werden Kobalt, Nickel und Mangan zusammen ausgefällt und stehen für die Herstellung von neuem Kathodenmaterial zur Verfügung. Im letzten Schritt wird nach Verdampfen des Wassers bei 95 °C sauberes Lithium-Karbonat auskristallisiert.



Kupfer (zementiert)

M.Sc. H. Wang, Tel.: 8095220, HWang@ime-aachen.de

## Exkursion 2011

Die metallurgische Exkursion 2011 führte ihre Teilnehmer in die Regionen um Goslar und Freiberg. Das Spektrum der besuchten Unternehmen war wie immer äußerst vielfältig. Bei den Universitäten Clausthal-Zellerfeld und Freiberg sowie dem Labor der GfE Fremat lag der Fokus vorwiegend auf F&E. Mit der Trimet Aluminium AG und den BGH Edelstahlwerken wurden Hersteller typischer Strukturwerkstoffe abgedeckt, während PPM Pure Metals, Saxonia Edelmetallrecycling sowie die Deutsche Solar überwiegend hoch- bis höchstreine Produkte produzieren. Das Recycling komplexer Rohstoffe konnte bei WRC World Resources Company, Aura Technology und der Nickelhütte Aue nachvollzogen werden. Mit Norzinco und Befesa Zinc Freiberg standen auch zwei Hersteller von Zinkoxiden auf dem Programm, welches durch den Besuch der Porzellanfabrik Hermsdorf abgerundet wurde. Als Ausgleich zu den Firmenbesichtigungen wurde das Wochenende zu einer intensiven Erkundung Dresdens sowie des Elbsandsteingebirges genutzt. Bei einer Untertagefahrt in das Lehr- und Forschungsbergwerk Reiche Zeche in Freiberg hatten alle Exkursionsteilnehmer die Möglichkeit, sich die Resultate mehrerer Jahrhunderte Bergbauarbeit vor Ort anzusehen. Für die finanzielle Unterstützung danken wir der Otto Junker Stiftung und dem Verein „Freunde des IME e.V.“.



Dipl.-Ing. J. Morscheiser, Tel.: 8090235, JMorscheiser@ime-aachen.de / Dipl.-Ing. B. Jaroni, Tel.: 8095861, BJaroni@ime-aachen.de

## Mitteilungen aus dem Verein und Absolvententreffen

Freunde des IME e.V.

Die 11. Mitgliederversammlung fand am 04.11.2011 mit 41 Teilnehmern im H 201 statt. Der Verein hat 150 Mitglieder (davon 20 Promovierende) und 10 Firmenmitglieder. Die Studienpreise 2011 gingen an D. Friedmann (Li-Ionen Automobilbatterien Recycling), F. Binz (Mechanismus der carbotherm. Reduktion einer industriellen Cu-Hüttenschlacke), B. Flerus (Verhalten von pakettierten Al-Schrotten im Mehrkammerofenprozess), D. Behrmann (Synthese von LiFePO<sub>4</sub>/C-Partikeln in der USSP).



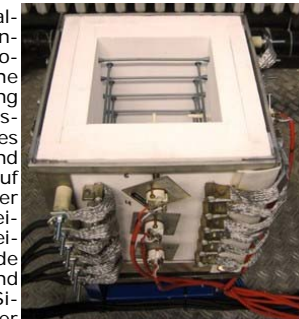
Im Geschäftsjahr 2011/2012 unterstützt der Verein das IME wie folgt: Exkursionszuschuss 5.000 €, Image/Werbung 3.000 €, Anwerbung von Studenten 1.500 €, Investitionen (noch festzulegen) 20.000 €, Teilnahme an GDMB-Veranstaltungen 500 €, Studienpreise 1.000 €, Werbemaßnahmen für Verein/Homepage 3.000 €. Nach der Versammlung und der Preisverleihung (s. Seite 4) fand das Absolvententreffen mit über 100 Teilnehmern in den IME-Schmelzhallen statt.



Dr.-Ing. R. Fuchs, Tel.: 8095852, RFuchs@ime-aachen.de

## Statischer Kristallisor

Im Rahmen eines AIF-Projektes zur Herstellung fehlerstellenfreier multikristalliner Siliziumblöcke (Ingots) für die Photovoltaik ist am IME in Zusammenarbeit mit den Industriepartnern M.E. SCHUPP Industriekeramik und Thermo-Star ein innovatives statisches Kristallisationsaggregat ohne bewegliche Teile entwickelt worden. Hintergrund dieses Projektes war die Entwicklung eines einfachen, verunreinigungsarmen und kostengünstigen Herstellungsverfahrens für Solarsilizium durch gerichtete Erstarrung. Zur Validierung des entwickelten Aggregates wurden zunächst Vorversuche mit Aluminium und Silber durchgeführt, um genaue Informationen über den Erstarrungsverlauf sowie die Temperaturverteilung im Kristallisor zu erhalten. Aufgrund der hohen Wärmeleitfähigkeit von Aluminium und Silber sowie der nicht ausreichenden Wärmeabfuhr nach unten konnte im Rahmen dieser Versuche leider keine signifikante Raffinationswirkung erzielt werden. Entsprechende Modellierungen des Temperaturausgleichs zwischen der kalten Tigelwand und der Schmelze zeigen jedoch, dass eine gerichtete Erstarrung bei Silizium aufgrund des deutlich langsameren Temperaturausgleichs in der Schmelze möglich sein sollte. Die Versuche zur gerichteten Erstarrung von Silizium werden nach einer Modifikation des Kristallisators zeitnah durchgeführt.



Dipl.-Wirtsch.-Ing. F. Ruschmann, Tel.: 8095204, FRuschmann@ime-aachen.de