

**10<sup>th</sup> K1-MET Scientific Exchange Day**  
**February 7<sup>th</sup> 2019, Johannes-Kepler-University Linz,**  
**Altenberger Straße 69, 4040 Linz, Austria**  
**Location: Festsaal A+B (rooms no. UC103 A, UC103B)**

Main goal of the Scientific Exchange Day (SED) is to present current research activities and results within the COMET K1-MET programme. Furthermore, the SED represents an opportunity to stimulate the interactions between the scientific and the industrial partners of K1-MET. There will be plenty of time for discussion.

**09:00 - 09:30** Come together, Registration

**09:30 - 09:40** Welcome and Introduction

**Morning Session: Success Stories Research Areas**

(Maximum time target: 20 min. Presentation, 10 min. Discussion)

**09:40 - 10:10** Research Area (RA) 1: Stefan Volker Tjaden (K1-MET GmbH)  
“Towards comprehensive pulverized coal evaluation for blast furnace injection”

**10:10 - 10:40** RA 2: Florian Markus Penz (K1-MET GmbH)  
“The melting and dissolution behaviour of scrap in a LD converter”

**10:40 - 11:00** Break

**11:00 - 11:30** RA 3: Roman Krobath (Montanuniversität Leoben)  
“Influencing factors and mechanisms for surface crack formation under continuous casting conditions”

**11:30 - 12:00** RA 4: Andreas Spanlang (K1-MET GmbH)  
“Evaluation of uncertainty factors in metallurgical process operation”

**12:00 - 13:00** Lunch

**Afternoon Session: Guest lectures & international cooperation**

- University Duisburg-Essen: “The importance of metallurgical processes in a future circular economy”; presented by Prof. Dr.-Ing. Rüdiger Deike
- Helmholtz-Institute Freiberg for Resource Technology: “Challenges of the circular economy: A metallurgical perspective; presented by Prof. Dr. Dr. h.c. Markus Reuter
- Institut Laue-Langevin (Grenoble, France): “Neutron techniques: new opportunities for microscale characterisation in extractive metallurgy”; presented by Dr. Thomas Hansen & Dr. Martin Böhm
- RWTH Aachen: “Carbon Capture and Utilisation - new products from minerals and secondary resources”; presented by Christian Dertmann, M. Sc.
- K1-MET GmbH: “Modelling of the internal oxidation of steels - Development, function and international cooperation”; presented by Thomas Höfler

Afterwards Closing Coffee (~ 14:30)

Financial supported and coordinated by

## Abstracts Vormittagssession (Morning session)

**Success Story Research Area (RA) 1:** “Towards comprehensive pulverized coal evaluation for blast furnace injection”, Stefan Volker Tjaden, B. Sc. (K1-MET GmbH) - Projekt 1.2

Die PCI-Technologie (Pulverized Coal Injection) ist eine gängige Methode zur Reduktion der Stückkoks- menge in Hochöfen. Das Ziel des gegenständlichen Projektes 1.2 (“Reducing agents”) liegt darin, geeignete Einblaskohlen zu identifizieren, um den Koksbedarf zu senken und das Portfolio an Kohlesorten zu erweitern. Dadurch können wirtschaftliche Vorteile generiert werden, da einerseits die Abhängigkeit von bestimmten Kohlesorten und Kohlelieferanten reduziert und die Einblasrate in den Hochofen optimiert werden können. Der nächste Schritt in Richtung einer umfassenden Kohlebewertung ist die Entwicklung einer Standardtestprozedur, die betrieblich relevante Aussagen zur Kohlereaktivität unter hochofenähnlichen Bedingungen liefern kann.

Pulverized coal injection is a common way to reduce the metallurgical coke consumption in blast furnaces. The aim of the current project 1.2 (“Reducing agents”) is the identification of suitable injection coals to reduce metallurgical coke consumption and diversify the coal portfolio. By this means, economic benefits can be generated, since coal type and supplier dependencies are decreased, and injection rates can be optimized. The next step towards such a comprehensive coal evaluation is the development of a standardized test protocol, which generates operational relevant results regarding coal reactivity under blast furnace similar conditions.

**Success Story RA 2:** “The melting and dissolution behaviour of scrap in a LD converter”, Dipl.-Ing. Florian Markus Penz (K1-MET GmbH) - Projekt 2.2

Neben flüssigem Roheisen ist fester Stahlschrott der Haupteinsatzstoff beim Linz-Donawitz (LD) Verfahren. Schrott dient dabei als Kühlmittel, um den exothermen chemischen Reaktionen im LD Konverter entgegenzuwirken, aber auch als zusätzlicher Eisenträger. Die Optimierung des LD Prozesses basiert im gegenständlichen K1-MET Projekt 2.2 auf einer thermodynamischen und kinetischen Modellierung. Die Erstellung eines Schrottaufschmelz- und Auflösungsmodells ist dabei eines der Hauptziele. Im Speziellen muss ein gekoppelter Wärme- und Massentransfer berücksichtigt werden. Eine Validierung der Ergebnisse wurde durch realitätsnahe Laborversuche am Lehrstuhl für Eisen- und Stahlmetallurgie an der Montanuniversität durchgeführt. Weiterführende metallographische Untersuchungen mittels Mikrosonde und Lichtmikroskopie zeigten dabei, dass literaturbezogene Schrottaufschmelz- und Schrottauflösungsgleichungen signifikant von der Realität abweichen und die Thematik wesentlich komplexer ist als ursprünglich angenommen. Das im Rahmen des Projekts 2.2 entwickelte Modell zeigt dabei gute Übereinstimmung zu den Versuchs-ergebnissen.

One of the main charging materials of the Linz-Donawitz oxygen steelmaking process (LD) is scrap. Scrap acts as a coolant for the exothermic reactions inside the LD vessel and as an iron source in addition to hot metal. Within the current K1-MET project 2.2, the optimization of the LD process is focused, amongst other factors, on thermodynamic and kinetic modelling. The development of a scrap melting and dissolution model with a coupled heat and mass transfer is one of the targets. The results of the simulations must be validated in close to reality laboratory-scale experiments. Such experiments were carried out at the Chair of Ferrous Metallurgy at Montanuniversität Leoben. Additional investigations using microprobe measurements and optical microscopy highlighted that most literature-based scrap melting and dissolution equations are significant divergent from reality demonstrating the complexity of the topic. Finally, the model developed within project 2.2, achieved good relations to the experiments.

Financial supported and coordinated by

**Success Story RA 3:** “Influencing factors and mechanisms for surface crack formation under continuous casting conditions”, Dipl.-Ing. Roman Krobath (Montanuniversität Leoben) - Projekt 3.2

In der Praxis des Stranggießens gibt es viele Einflussfaktoren für das Auftreten von Oberflächenrissen am Halbzeug. Dabei herrscht eine komplexe Abhängigkeit von Erstarrung, selektiver Korngrenzenoxidation, Kornwachstum, Temperatur, Ausscheidungen und Phasenumwandlungen auf die Bildung von Defekten während der Deformation. Über mehr als ein Jahrzehnt wurde ein in-situ Biegeexperiment entwickelt, um für bestimmte Temperaturzyklen und Stahlzusammensetzungen die Neigung zur Rissbildung unter prozessnahen Bedingungen untersuchen zu können. Die Ergebnisse zeigen, dass mehr Information als nur die Oberflächentemperatur für die Bestimmung der Rissemempfindlichkeit für eine bestimmte Stahlgüte nötig ist.

In the practical aspect of continuous casting, a wide range of factors are influencing the surface cracking phenomena. There is a complex interdependency of solidification, selective oxidation, grain growth, temperature, precipitations and phase transformation on the sensitivity of a steel to form defects during the deformation. Over more than a decade, an in-situ bending experiment was developed to account for the influencing factors to crack susceptibility of steel under near process conditions. The results confirm that more information than only the surface temperature is needed to predict the crack sensitivity of a certain steel grade.

**Success Story RA 4:** “Evaluation of uncertainty factors in metallurgical process operation”, Dipl.-Ing. Andreas Spanlang (K1-MET GmbH) - Projekt 4.6

Aufgrund der Art der angewandten Prozesse und Rohstoffe unterliegen Eisen- und Stahlherstellung einer Reihe von Unsicherheitsfaktoren, welche signifikante Auswirkungen auf Wirtschaftlichkeit und Betriebssicherheit haben können. Zur Bewertung des Einflusses derartiger Unsicherheitsfaktoren wurden ausgewählte Teilprozesse mit Hilfe des neuen Moduls zur globalen Sensitivitätsanalyse (GSA) der gPROMS Simulationsplattform untersucht. Diese Funktionalität erlaubt eine Untersuchung von Systemantworten auf eine Reihe von Einflussfaktoren. Die Bestimmung des Einflusses von Unsicherheiten bei Prozessbedingungen, Rohstoffpreisen oder Rohstoffzusammensetzung kann dazu beitragen, Risiken hinsichtlich Produktionsplanung, Prozesssicherheit und Wirtschaftlichkeit zu reduzieren.

Due to the nature of the processes and raw materials used, iron and steel production is subject to a wide range of uncertainty factors, which can have significant impact on the economics and reliability of operation. In order to evaluate the influence of such uncertainty factors, selected processes have been investigated using the recently introduced global system analysis (GSA) functionality of the of the gPROMS process simulation platform. This new capability enables analysis of system responses to a large variety of input factors. The quantification of the effect of uncertainties in process conditions, raw material compositions or prices can therefore help to minimize risks in production planning and safety as well as improve process economics.

**Abstracts Nachmittagsession (Afternoon session)**

**University Duisburg-Essen:** “The importance of metallurgical processes in a future circular economy”, Prof. Dr.-Ing. Rüdiger Deike

Die globale Wirtschaft befindet sich in einem strukturellen Wandel und die industriellen Prozesse müssen angepasst werden, um eine steigende Ressourcen- und Energieeffizienz zu erreichen. Dies sind charakteristische Merkmale der metallurgischen Industrie seit Jahrzehnten, in denen der Energie- und Rohstoffverbrauch konstant gesenkt wurde. Leichtere Produkte mit besseren Eigenschaften sind typische Ergebnisse moderner Entwicklungen in der Stahl- und Nichteisenmetallindustrie. In metallurgischen Prozessen ist es üblich, Schrott und andere Sekundärressourcen immer wieder in unzähligen Recyclingschleifen einzusetzen zur Erzeugung neuer Produkte mit besseren Eigenschaften. Mit hochentwickelten Recyclingprozessen ist es möglich, Metalle aus Oxiden zurückzugewinnen, die in Schlacken und Filterstäuben aufkonzentriert vorliegen, um diese so in den Stoffkreislauf zurückzuführen. In Zero-

Financial supported and coordinated by

Waste-Konzepten können metallurgische Schlacken speziell aufbereitet werden, um anschließend im Straßen- oder Landschaftsbau oder anderen industriellen Bereichen verwertet werden zu können.

The global economy is in a structural change and industrial processes need to be designed according to increase resource and energy efficiency. These are characteristic features of metallurgical industries for decades, in which energy and raw material consumption is being reduced constantly. Products with better properties and lower weight are typical results of modern development strategies in steel and non-ferrous industry. In metallurgical processes it is typical to use scrap and other waste materials to produce new products with better properties, again and again in infinite circular loops. With properly designed recycling processes, it is possible to recover metals in poor dissipative distribution from oxides in metallurgical slags or filter dusts and bring them back into the materials cycles. In zero waste regimes, slags from metallurgical processes can be specially prepared and used in an open loop recycling in road and land construction or other industrial areas.

**Helmholtz-Institute Freiberg for Resource Technology:** “Challenges of the circular economy: A metallurgical perspective, Prof. Dr. Dr. h.c. Markus Reuter

Die Umsetzung einer Kreislaufwirtschaft ist mit signifikanten Herausforderungen konfrontiert. Prozessmetallurgie und die vorhandene Infrastruktur spielen wesentliche Rollen, um eine effiziente Kreislaufwirtschaft zu erreichen. Im Vortrag wird die Bedeutung der Prozessmetallurgie innerhalb der Kreislaufwirtschaft diskutiert unter Miteinbeziehung von Produkt- und Systemdesign. Darüber hinaus wird auf jene Prozessgrundlagen eingegangen, die untersucht und diskutiert werden müssen, um eine effiziente Kreislaufwirtschaft umsetzen zu können. Siehe <https://www.annualreviews.org/matsci/planned> für weitere Infos.

Realising the circular economy is faced with some significant challenges. Process metallurgy and its infrastructure play key roles at the heart of making the circular economy work. The enabling role of process metallurgy within the circular economy will be discussed, touching also on product and system design as well as the key process fundamentals that need to be investigated and discussed to make the circular economy a reality. Please consult <https://www.annualreviews.org/matsci/planned> for more information.

**Institut Laue-Langevin (Grenoble):** “Neutron techniques: new opportunities for microscale characterisation in extractive metallurgy”, Dr. Thomas Hansen und Dr. Martin Böhm

Das Institute Laue-Langevin (ILL) ist eine Forschungseinrichtung, welche Zugang zu hochspezialisierten Neutronen-Instrumenten bietet. Diese Infrastruktur wird betrieben von erfahrenen wissenschaftlichen und technischen Angestellten. Im Vortrag werden wir erläutern, wie Neutronentechniken die Darstellung der Entwicklung von Mikrostrukturen, Phasen und anderen physiko-chemischen Phänomenen in Werkstoffen und Materialien ermöglichen während diese produziert oder genutzt werden.

The Laue-Langevin Institute (ILL) is a research infrastructure that provides access to highly-specialised neutron instruments, supported by experienced scientific and technical staff. We will explain how neutron techniques allow the tracking of microstructure, phases, and other physio-chemical features of a material while it is being manufactured or exploited.

**Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule (RWTH) Aachen:** “Carbon Capture and Utilisation - new products from minerals and secondary resources”, Christian Dertmann, M. Sc.

Die CO<sub>2</sub> Emission aus metallurgischen Prozessen hat große ökologische und ökonomische Auswirkungen auf die gesamte Industrie. Diese Präsentation gibt einen Einblick in die aktuelle Forschung am IME, Institut für Metallurgische Prozesstechnik und Metallrecycling, der RWTH Aachen zum Thema Kohlenstoffabscheidung unter Einsatz von Hochdrucktechnologien. Ein Schwerpunkt liegt auf unterschiedlichsten Einsatzstoffen wie etwa Stahlwerksschlacken und Mineralen auf Olivinbasis mit einem Ausblick auf die Erzeugung verwertbarer Produkte aus diesen Materialien.

Financial supported and coordinated by

CO<sub>2</sub> emission in the field of metallurgy has an impact on both, environmental and economic aspects for the industry. In this presentation, an insight in the current research about carbon sequestration at IME, Department of Process Metallurgy and Metal Recycling at RWTH Aachen using high-pressure technologies will be given. Special emphasis will be placed on different input materials such as steel slags and olivine type minerals with an outlook on usable products of this process.

**K1-MET GmbH / TU Wien:** “Modelling of the internal oxidation of steels - Development, function and international cooperation”, Dipl.-Ing. Thomas Höfler - Beitrag zum Projekt 3.3 bzw. zum MIRAI-Studentenaustausch-programm

Numerische Modelle zur Simulation der inneren Oxidation von Stählen geben Aufschluss über das zu erwartende Anreicherungsverhalten verschiedener Legierungselemente, einem der wesentlichen Aspekte des K1-MET Projekts 3.3. Gezeigt werden Ergebnisse, Funktionsweise, sowie Stärken und Schwächen dieser Modelle, welche in Kooperation mit Michael Auinger von der University of Warwick (UK) entwickelt wurden. Darüber hinaus werden Inhalte aus dem MIRAI-Programm präsentiert, in dem junge ForscherInnen zum wissenschaftlichen und kulturellen Austausch zu einem Kurzaufenthalt nach Japan eingeladen werden.

Numerical models for simulating the internal oxidation of steels can help understand and predict the enrichment behaviour of various alloying elements, one of the main aspects of K1-MET project 3.3. Results, functionality as well as strengths and weaknesses of these models will be shown developed in cooperation with Michael Auinger from the University of Warwick (UK). Furthermore, contents from the MIRAI Program will be presented, in which young researchers are invited to a short term stay in Japan for scientific and cultural exchange.

---

Financial supported and coordinated by

