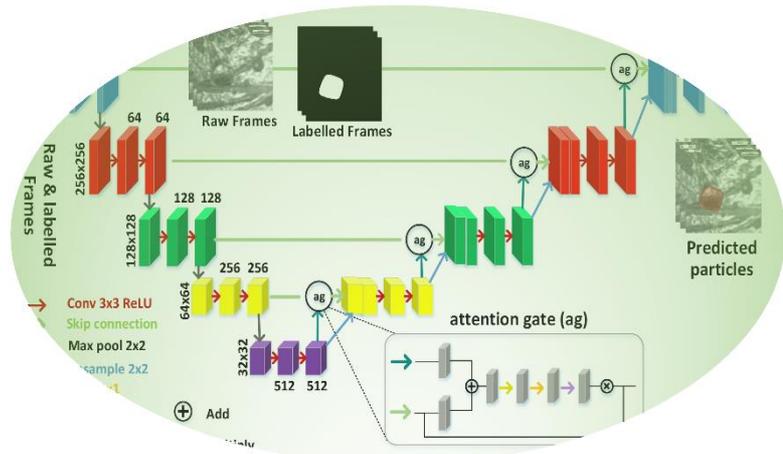


**IC-MPPE**  
**Integrated Computational**  
**Materials Process and Product**  
**Engineering.**

Programm: COMET – Competence Centers for Excellent Technologies

Förderlinie: COMET- K2 Zentrum

Projekt: RefractoryCorrosion, 2018-2021, multi-firm



Automatische, schnelle und genaue Bestimmung der MgO-Partikelauflösungsrate in der Schmelze mit Hilfe eines Deep-Learning-Ansatzes, Bild: MCL

## DEEP LEARNING FÜR HOCHTEMPERATURWERKSTOFFE

EIN DEEP-LEARNING-ANSATZ FÜR DIE AUTOMATISCHE BESTIMMUNG VON PARTIKELAUFLÖSUNGSRATEN MIT HOHER GENAUIGKEIT.

Die Aufgabe von Hochtemperaturwerkstoffen ist es, hohen Temperaturen standzuhalten, die z. B. in Öfen, Brennöfen, Verbrennungsanlagen und Kraftwerken benötigt werden, ohne andere Materialien zu kontaminieren. Darüber hinaus soll die Wärme dort gespeichert bleiben, wo sie benötigt wird, nämlich im Inneren des Ofens. Oxide von z.B. Aluminium (Al), Silizium (Si) und Magnesium (Mg) sind die wichtigsten Materialien, die bei der Herstellung von solchen Feuerfesten Werkstoffen verwendet werden.

Hochtemperaturwerkstoffe unterliegen häufig korrosivem Verschleiß aufgrund von Diffusion in die flüssigen Schlacken bei hohen Temperaturen. Daher sind genaue Lösungstests und effiziente Quantifizierungsansätze unerlässlich, um feuerfeste Werkstoffe mit höherer Verschleißfestigkeit und längerer Lebensdauer zu entwickeln.

Die konfokale Hochtemperatur-Laser-Scanning-Mikroskopie (HT-CLSM) stellt hier eine höchst geeignete In-situ-Methode dar, um die zugrunde liegende Auflösungskinetik in der Schlacke im Zeitverlauf zu untersuchen. Ein großer Schwachpunkt ist jedoch die effiziente und genaue Verarbeitung der gesammelten Bilddaten.

Deep Learning (DL) bietet eindrucksvolle Möglichkeiten auf dem Gebiet der Bilderkennung und -verarbeitung. U-Net-Architekturen haben sich dabei als ein weit verbreitetes und effizientes Modell etabliert. Eine herkömmliche U-Net-Architektur (siehe Bild oben) besteht in der Regel aus Encoder und Decoder, welche durch Skip-Verbindungen verbunden sind. Hier extrahiert der Encoder hierarchische Merkmale, während der Decoder sie kombiniert, um die endgültige Segmentierung zu

## SUCCESS STORY

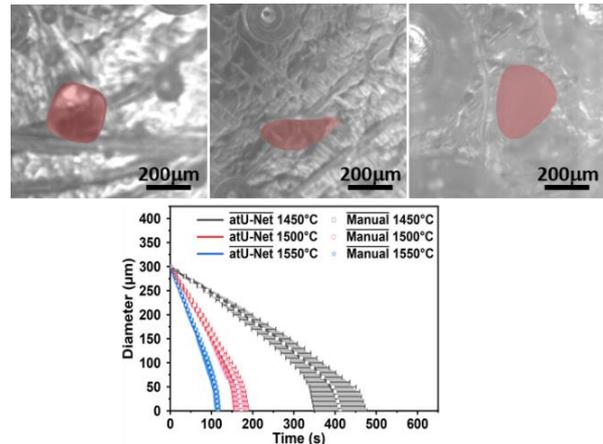
erstellen. Die modulare Natur von U-Net ermöglicht eine einfache Anpassung und Adaption, was es zu einer vielseitigen Lösung für eine breite Palette von Bildsegmentierungsproblemen macht.

Wir haben im COMET IC-MPPE Projekt RefractoryCorrosion einen Deep-Learning-basierten Arbeitsablauf entwickelt, um das Auflösen von MgO-Partikeln in der Schlacke über einen bestimmten Zeitraum automatisiert zu bewerten. Die Bilddaten wurden dabei mit Hochtemperatur-Laser-Scanning-Mikroskopie erzeugt. Für die Analyse der Bilddaten in verschiedenen Zeitschritten wurde eine sogenannte Attention-U-Net Architektur (atU-Net) entwickelt und angewendet. Der Attention-Block in der atU-Net-Architektur ermöglicht es, die MgO-Partikel in der Schlacke zu lokalisieren und gleichzeitig die Vorhersageleistung durch Verringerung von Fehlsegmentierungen zu verbessern.

### Wirkungen und Effekte

Der Ansatz stellt einen wichtigen Schritt in Richtung beschleunigter Materialentwicklung für Hochtemperaturwerkstoffe dar und eröffnet neue Möglichkeiten um die Energieeffizienz von industriellen Prozessen zu verbessern. Die Anwendung des entwickelten atU-Net ist nicht auf die

Auswertung von Partikellösungsraten beschränkt, sondern bietet einen Ansatz zur genauen und effizienten Partikelverfolgung und -identifizierung in verschiedenen Bereichen wie der Raster-elektronenmikroskopie (REM) und Mikro-Röntgen-Computertomographie ( $\mu$ -XCT).



Der DL-basierte Ansatz unterstützt die automatisierte, schnelle und genaue Bewertung der Partikelauflösungsrate unabhängig von der Bildqualität, der Partikelform, der Lage und der Kinetik bei unterschiedlichen Messtemperaturen. Bild: MCL  
 Mehr Details findet man in: F.F., Chamasemani, et al. Sci Rep 14, 21279 (2024).

<https://doi.org/10.1038/s41598-024-71640-8>

### Projektkoordination (Story)

Priv.-Doz. Dr. Roland Brunner  
 Group leader material and damage analytics  
 Materials Center Leoben Forschung GmbH

roland.brunner@mcl.at

### IC-MPPE / COMET-Zentrum

**Materials Center Leoben Forschung GmbH**  
 Vordernberger Straße 12  
 8700 Leoben  
 mclburo@mcl.at  
 www.mcl.at

### Projektpartner

- Materials Center Leoben Forschung GmbH, Österreich
- Montanuniversität Leoben, Österreich
- Böhler Edelstahl GmbH & Co KG, Österreich
- voestalpine Stahl GmbH, Österreich
- RHI Feuerfest GmbH, Österreich

Das COMET-Zentrum IC-MPPE wird im Rahmen von COMET – Competence Centers for Excellent Technologies durch BMIMI, BMWET und die Bundesländer Steiermark, Oberösterreich und Tirol gefördert. Das Programm COMET wird durch die FFG abgewickelt ([www.ffg.at/comet](http://www.ffg.at/comet)).