

Modellprojekt zum Jahresthema 2017 *Naturwissenschaft, Technologie und Praxis in der Denkmalpflege*

Hochofenschlacke als Mörtelzuschlag im ausgehenden 19. Jahrhundert in der Schweiz – Herstellung, Verwendung und Analytik

Projektleitung

Dr. Petra Dariz
Berner Fachhochschule
Hochschule der Künste Bern
Forschungsschwerpunkt Materialität in Kunst und Kultur
Fellerstrasse 11
3027 Bern
E-Mail: petra.dariz@hkb.bfh.ch

Projektpartner

Schweizerische Geotechnische Kommission, Zürich
Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung, Berlin, Deutschland
Fachstelle Sekundärrohstoffe, Institut für Geologie, Universität Bern

Zusammenfassung

Zusammensetzung und Eigenschaften historischer Mörtelmischungen resultieren aus der Adaption zeitbedingter technischer Möglichkeiten und Fertigkeiten an die lokal verfügbaren Rohstoffe. Bereits in vorindustrieller Zeit werden Schlackenabfälle aus der Eisenerzverhüttung regional als Mörtelzuschlag verwertet und auch in der Fachliteratur angesichts der beobachteten Verdichtung des Kalkmörtelgefüges empfohlen. Im Zuge der Mechanisierung und Industrialisierung des Baugewerbes findet im letzten Drittel des 19. Jahrhunderts ebenfalls granuliert Hochofenschlacke als latent hydraulischer Zuschlagstoff Eingang in die Mörteltechnologie, wie in der Bindemittelmatrix verschiedener Mörtelproben von Schweizer Bauten der Jahrhundertwende enthaltene meist kreisrunde schwarze Aggregate von bis zu fünfhundert Mikrometern Durchmesser belegen. Wassergekörnter Hüttensand fällt im ausgehenden 19. Jahrhundert in der Schweiz einzig in den Ludwig von Roll'schen Eisenwerken bei der Produktion von grauem Roheisen an, wobei in den holzkohlen- bzw. später steinkohlenkoksbeheizten Schmelzöfen in Choindex insbesondere Bohnerz aus dem Delsberger Becken verhüttet wird. Im Hinblick auf eine Herkunftsbestimmung der reliktschen Schlackepartikel wurden im Zuge der Forschungsarbeiten die zahlreichen Bohnerzvorkommen der Schweiz beprobt. Infolge von Separierungs- und Konzentrationsprozessen enthalten eozäne Rückstandssedimente und damit auch die im Bolus liegenden Erzbohlen Spuren- und Schwermetalle, die aufgrund ihrer geringen Löslichkeit mit den Elementen Eisen und Aluminium bzw. deren neu gebildeten Oxiden angereichert werden. Wie sich gezeigt hat, vermag die Röntgenfluoreszenzanalyse bei sorgfältiger Homogenisierung des Probenmaterials zwar reliable und vergleichbare Resultate zu generieren, doch sind aufgrund der Heterogenität der Erzbohlen eines Verwitterungsprofils die Unterschiede nicht unbedingt markant genug für die Differenzierung dieser Residualbildungen. Die Konzentration der Hauptkomponenten und Spurenelemente, beispielsweise das $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ -Verhältnis, spiegelt dennoch tendenziell die zwei geologischen Einheiten Tafel- und Faltenjura sowie Molassebecken wider.

Die provenienztypische chemische Signatur der Bohnerze lässt sich aufgrund der komplexen Vorgänge bei der direkten als auch indirekten Verhüttung nicht einfach auf das metallische Eisen und die Schlackenschmelze übertragen. Weder sind die thermodynamischen Bedingungen des Ofenganges genau bekannt, noch die Zusammensetzung des Möllers, wobei insbesondere zusätzliche Eisenquellen in Form von anderen Eisenerzen, recycliertem Alteisen oder Schlacken das charakteristische Spurenelementenspektrum der Erzbohlen verfälschen. Die Korrelation der Elemente Titan und Zirkonium, für deren Reduktion sowohl die Prozesstemperaturen von etwa 1600°C im holzkohlenbeheizten Hochofen des 19. Jahrhunderts, als auch das Reduktionspotential des Kohlenstoffmonoxids nicht ausreichen und die sich deshalb oxidisch gebunden in der Eisenschlacke anreichern, hat sich zumindest am Beispiel von Verhüttungsabfällen aus dem 1845 ausgeblasenen Hochofen der Ludwig von Roll'schen Eisenwerke zu Gänsbrunnen, dem hauptsächlich Bohnerze aus dem Dünnerntal zugeführt wurden, als aussagekräftiges Indiz erwiesen.

Die erschwerte Zugänglichkeit und die teils sehr geringe Menge der als Mörtelzuschlagstoff verarbeiteten gemahleneisen Schlacken und Hüttensande stellen die gängigen instrumentellen Analyseverfahren vor Herausforderungen. Lokalisierung und Bestimmung des kristallinen und amorphen Phasenbestandes resultierten im Rahmen des Projektes aus ramanmikroskopischen Experimenten an Dünnschliffpräparaten. Diesen neuen methodischen Ansatz rechtfertigt insbesondere die Feinteiligkeit und die Heterogenität der wassergranulierten Hochofenschlacke der Ludwig von Roll'schen Eisenwerke im Mikrometerbereich, eine Bulkanalyse verunmöglichend und gleichzeitig eine entsprechend hohe örtliche Auflösung erfordernd. (Im Falle der Schlackenhandstücke konnten die bildgebenden Ramanmessungen in Komplementarität zu energiedispersiver Röntgenspektroskopie am Rasterelektronenmikroskop, Röntgenfluoreszenzanalyse und Pulverröntgendiffraktometrie erfolgen.) Die hierdurch erfolgte Identifikation von Moissanit SiC als Hauptbestandteil des Hüttensandes belegt die durch den Steinkohlenkoksbetrieb bedingten höheren Prozesstemperaturen und begründet das Fehlen eines Reaktionssaums mit mangelndem hydraulischem Potential.