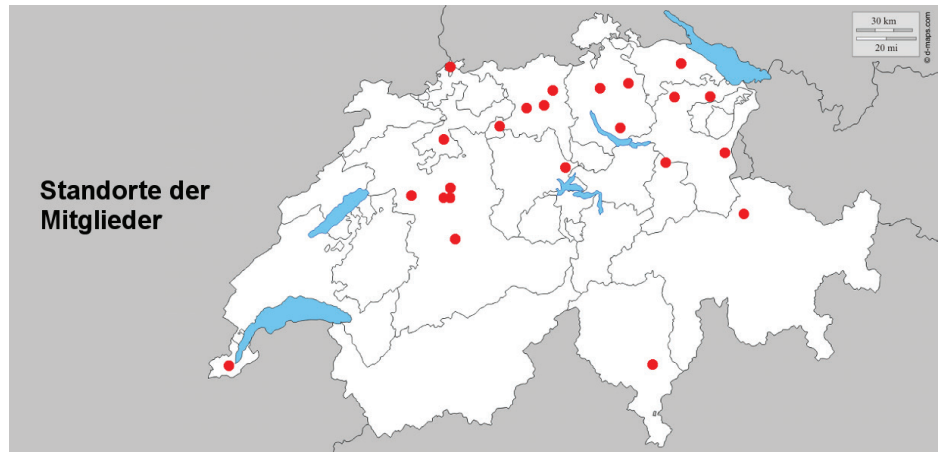


## Interessengemeinschaft Nassaustrag

Die IGENASS ist ein Zusammenschluss von Interessenträgern im Umfeld der Aufbereitung von nass ausgetragenen KVA-Schlacken. Ziel ist es die Gewinnung von Wertstoffen aus nass ausgetragener Schlacke technisch voranzutreiben und den Restgehalt der Metalle in der aufbereiteten Schlacke in Hinblick auf eine möglichst nachsorgefreie Ablagerung der mineralischen Anteile zu reduzieren. Dies unter Berücksichtigung einer optimalen Kosten/Nutzeneffizienz. In der IGENASS herrscht eine «open-source» Philosophie - ein Schutz des geschaffenen geistigen Eigentums wird nicht angestrebt. In der Trägerschaft sind – neben innovativen Schweizer KVA - auch die massgeblichen Schweizer Schlackenaufbereitungsanlagen vertreten. Auf diese Weise wird der Bezug zur Praxis, insbesondere die Umsetzung von Ergebnissen aus dem Labor oder Technikum in den Produktionsmasstab, hergestellt.

## Institut für Umwelt- und Verfahrenstechnik

Die Fachgruppe Rohstoffe und Verfahrenstechnik des UMTEC der FH Rapperswil beschäftigt sich vor allem mit der mechanischen Aufbereitung von Primär- und Sekundärrohstoffen, vor allem von KVA-Schlacken. Die operativen Tätigkeiten der IGENASS, insbesondere die Geschäftsführung sowie die Forschung und Entwicklung der IGENASS, wird über das UMTEC abgewickelt.



Standorte der Mitglieder

## Verteilung der Nichteisenmetalle auf Magnetfraktionen der KVA-Schlacke

### Hintergrund

Kupfer, Gold und Silber sind zwar nicht magnetisch, aber dennoch geraten viele Wertmetallpartikel aus KVA-Schlacken bei der Aufbereitung in die magnetische Fraktion. Ziel dieser Versuche war es herauszufinden:

1. ob durch eine mehrstufige Magnetseparation wertvolle Metalle in einer bestimmten Magnetfraktion angereichert werden.
2. welche Massnahmen erforderlich sind, um die Ausbeute an Wertmetallen (Cu, Ag, Au) aus der Schlacke <6mm zu steigern.

### Versuchsablauf

Für die Versuche wurde nass ausgetragene KVA-Schlacke < 16 mm verwendet und bei einer Spaltbreite von 6 mm mittels Backenbrecher zerkleinert. Durch Siebklassierung wurden die folgenden Korngrössenfraktionen hergestellt:

- 0 - 0.5 mm
- 0.5 - 2 mm
- 2 - 6 mm
- > 6 mm (diese Fraktion, hauptsächlich verformte Metalle, wurde verworfen)

Diese Korngrössenfraktionen wurden durch Magnetseparationen bei magnetischen Flussdichten von 0.07 bis 0.58 Tesla entfernt. Die «Magnetfraktionen» wurden wie folgt bezeichnet.

- < 0.2 T «ferromagnetisch» (mit einem schwachen Magneten extrahierbar)
- 0.2 - 0.58 T «paramagnetisch» (mit einem starken Magneten extrahierbar)
- > 0.58 T «unmagnetisch» (nicht extrahierbar mit einem starken Magneten)

Die Magnetfraktionen 0 - 0.5 mm und 2 - 6 mm wurden semiquantitativ mittels XRF (X-ray fluorescence spectroscopy) analysiert. Die Magnetfraktion 0.5 - 2 mm wurde quantitativ chemisch analysiert.

### Ergebnisse

Erstaunlicherweise liegen in Schlacke <6mm die (unmagnetischen!) Wertmetalle Kupfer, Gold und Silber nur etwa zur Hälfte in der unmagnetischen Fraktion vor – die andere Hälfte ist offenbar mit para- oder ferromagnetischen Partikeln verbunden, und gerät folglich durch eine Magnetseparation ins Konzentrat (Abbildung 1).

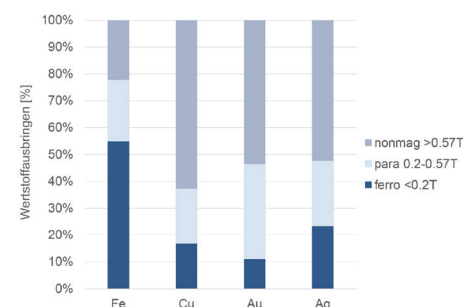


Abbildung 1: Chemische Analyse der Wertstoffausbringen in die Magnetfraktionen der Korngrössenklasse 0.5 - 2 mm. ( $M_{\text{nonmag}}=58.5\%$ ,  $M_{\text{para}}=22.4\%$ ,  $M_{\text{ferro}}=19.1\%$ ).

Je grobkörniger das Material, umso höher ist der Anteil an para- und ferromagnetischem Material. Für die magnetischen Eigenschaften der Schlackenpartikel sind vermutlich darin verkapselte Eisenpartikel verantwortlich (Abbildung 2). Je feiner die Korngrösse, umso besser ist der Aufschlussgrad sowohl für diese Eisenpartikel als auch für unmagnetisches Material wie Nichteisen-Metalle und Mineralmatrix.

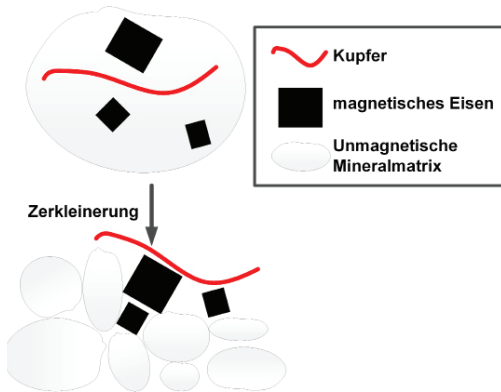


Abbildung 2: Kupfer- und Eisenpartikel verkapselt in mineralischer Matrix (Verbundpartikel). Diese Verbundpartikel haften wegen der eingeschlossenen Eisenanteile am Magneten und werden ins magnetische Konzentrat ausgetragen. Vor der Gewinnung der Kupferpartikel müssen diese durch eine Zerkleinerung aufgeschlossen werden.

Das Cu-Ausbringen in die jeweilige Magnetfraktion variierte je nach Korngrösse (Abbildung 3). Während bei den beiden Korngrössenklassen 0 - 0.5 mm und 0.5 - 2 mm jeweils etwas mehr als 60 % in die unmagnetische Fraktion ausgetragen wurden, gelangten aus der Korngrössenklasse 2 - 6 mm nur noch etwas mehr als 10% in die unmagnetische Fraktion. Der grösste Teil (rund 60%) des Kupfers in der Korngrössenfraktion 2 - 6 mm wurde in die ferromagnetische Fraktion ausgetragen. Vermutlich ist das Kupfer zum Teil auf verzünderte Eisenoberflächen aufgelegt und zum Teil in eisenhaltigen, thermisch gesinterten, Mineralpartikeln eingeschlossen, wie in Abbildung 2 skizziert.

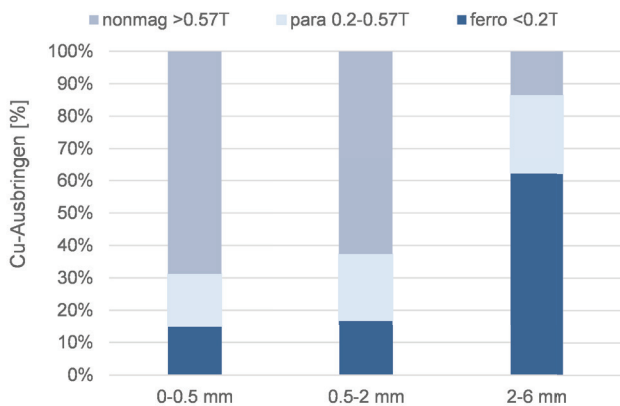


Abbildung 3: Cu-Ausbringen in den Magnetfraktionen bezogen auf unterschiedliche Korngrössenklassen (Cu Konzentration: 0 - 0.5 mm = 2400 ppm, 0.5 - 2 mm = 7600 ppm, 2 - 6 mm = 2700 ppm).

Das Kupfer liegt vor allem in den in Abbildung 4 skizzierten Formen vor:

- Freies Metall (z.B. Kupferdraht).
- Metall verkapselt zusammen mit Eisenpartikeln in nass abgebundenen oder thermisch gesinterten Schlackenbestandteilen: diese sind mittels starken Magneten abtrennbar und werden

von uns gemäss Definition als «paramagnetisch» bezeichnet. Dies betrifft möglicherweise auch Gold und Silber.

- Metallverbindung (vor allem Oxid) im Verbund mit Mineralik (wirtschaftlich wertlos für das Recycling).

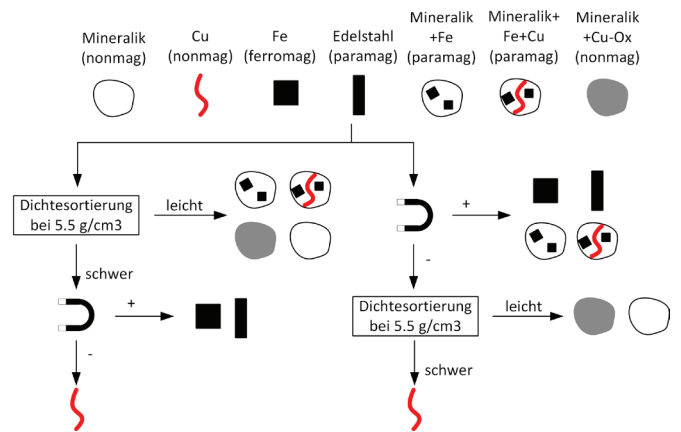


Abbildung 4: Schematische Darstellung des Kupferflusses, unter Berücksichtigung verschiedener Cu- und Fe-Spezies, bei der Magnetseparation von KVA-Schlacke mit und ohne vorgeschaltete Dichtesortierung.

Durch eine Dichtesortierung bei etwa 5.5 g/cm<sup>3</sup> wird ein Schwergut, bestehend aus Kupfer und Eisen, gewonnen. Dieses Schwergut kann mittels Magnetseparation weiter sortiert werden, wobei das Kupfer weitestgehend in der nichtmagnetischen Fraktion verbleibt. In Schlackenbestandteilen verkapselte Kupferstücke gelangen in das Leichtgut der Dichtesortierung (Dichte < 5.5 g/cm<sup>3</sup>). Wird das Verfahren umgekehrt, also zunächst eine Magnetsortierung und anschliessend eine Dichtesortierung der nichtmagnetischen Fraktion durchgeführt, ergibt sich ein Ergebnis wie in Abbildung 4 auf der rechten Seite dargestellt.

#### Bedeutung für die Aufbereitung von nass ausgetragener KVA Schlacke < 6 mm

Für die Metallextraktion aus KVA Schlacke < 6 mm ist folgendes zu beachten. Um die Wertmetalle Kupfer, Gold und Silber zu gewinnen, wird die Schlacke üblicherweise durch eine Hochleistungs-Wirbelstromsortierung aufbereitet wobei die vorgängige Abtrennung der magnetischen Partikel mittels Hochgradient-Magnetseparation erforderlich ist. Allerdings liegt rund die Hälfte der Wertmetalle in gebundener Form vor, also verkapselt in Schlackenpartikeln zusammen mit Eiseneinschlüssen. Diese Partikel werden bei der Magnetseparation vor dem Wirbelstromscheider abgetrennt und gelangen so ins magnetische Konzentrat. Eine signifikante Anreicherung der Wertmetalle in einer Magnetfraktion findet nicht statt.

Um die im magnetischen Konzentrat partikulär vorliegenden Wertmetalle zu gewinnen, muss das Konzentrat auf wenigstens 2 mm zerkleinert und nochmals mittels Magneten getrennt werden. Erst dann geraten die durch die Zerkleinerung aufgeschlossenen unmagnetischen Wertmetalle auch tatsächlich in den unmagnetischen Rückstand.