

Virtuelle Fraktionierung bei der Mineral Liberation Analysis (MLA) von Yttriumerzen

R. Gerhard Merker, Gemünden*

Yttrium (Y) gehörte während der letzten Jahre zu den sogenannten „Kritischen Seltene Erden“ (CREE). Erze der Seltene Erden (REE), die reich sind an CREE, bleiben wahrscheinlich auch nach dem Abflauen des REE-hypes im Fokus des Interesses.

Bei Aufbereitungsuntersuchungen an Flotationsbergen mit relativ komplizierter Mineralogie, die Y-Mineralien in geringer Konzentration enthalten, wurde die Mineral Liberation Analysis (MLA) genutzt, um auf der Basis von Korngrößenfraktionen mineralogische Charakteristika für eine Aufbereitung des Y-Mineralien Xenotym herauszuarbeiten.

Dabei wurden Korngrößenfraktionen sowohl durch herkömmliche mechanische Siebung („reale Siebung“ oder „real screening“) als auch durch virtuelle Siebung der ungesiebten Aufgabeprobe mittels entsprechender MLA-Softwarefilter („virtual screening“) hergestellt und vergleichend untersucht.

Das Herangehen mittels „virtueller Fraktionierung“ („virtual-sizing-approach“) ist dabei geprägt durch eine einfachere Probenvorbereitung und beträchtlich geringere Untersuchungskosten, wenn eine korngrößenabhängige Untersuchung gewünscht ist. Dies gilt besonders für sehr fein verwachsene Erze im Körnungsreich unter 25 μ .

Allerdings ist die praktische Nutzung dieser vereinfachten Arbeitsweise in der Literatur teils umstritten hinsichtlich der Vertrauenswürdigkeit der Ergebnisse.

Im Ergebnis der Untersuchungen zeigte sich, dass der Repräsentativität der Proben, der Genauigkeit der Probenvorbereitung und einer statistisch ausreichenden Anzahl an ausgezählten Partikeln entscheidende Bedeutung zukommt. Wenn alle notwendigen Voraussetzungen gegeben sind, kann man auch von virtuell erzeugten Fraktionen zuverlässige Trends für Modale Mineralogie, Aufschluss und Korngrößenverteilung (PSD) ablesen.

Der Autor ermutigt alle Aufbereiter und Mineralogen dazu, die virtuelle Fraktionierung zu benutzen. Er schlägt praktische Maßnahmen vor, die Zuverlässigkeit der MLA-Ergebnisse zu verbessern, widersprüchliche Ergebnisse zu erkennen und ihnen vorzubeugen, und Probleme bei der Bewertung zu reduzieren wenn diese auftreten.

Schlagworte

Seltene Erden, Automatisierte Mineralogie, Xenotym, Aufbereitung von Yttriumerz, Virtuelle Siebfraktionen, Partikelstatistik, Entmischung.

Einleitung

Der Begriff **Seltene Erden** (REE) umfasst die chemischen Elemente der Gruppe der Lanthanide unter Einbeziehung von Yttrium und meist auch Scandium. Der Markt der REE und ihrer Verbindungen wird seit Jahren beherrscht durch den Marktführer China, das mit ca. 90 % der Weltproduktion den Preistrend diktiert.

Der letzte REE-Hype der Jahre 2011/12 ist vorüber und viele Erkundungsprojekte aus dieser Zeit sind auf Eis gelegt bzw. gestoppt. Nur eine kleine Gruppe von knappen REE, die einige Zeit als „**Kritische Seltene Erden**“ (CREE) bezeichnet wurden, konnte ein erhöhtes Preisniveau halten. Im Jahr 2014 umfassten die CREE die Metalle Nd, Eu, Tb, Dy und Y (Bogner 2014). Die Bewegung des REE-Marktes kann diese Definition jedoch laufend verändern.

Neuerdings werden z. B. die am meisten gesuchten REE zur Gruppe der MF-REE (Magnet feed REE = Nd+Pr+Dy+Tb) zusammengefasst (Smith 2017).

REE-Erze welche erhöhte Gehalte an CREE enthalten sollten jedoch auch weiterhin von Interesse für die Rohstoffindustrie bleiben, insbesondere dann, wenn die

REE-Mineralien als Nebenprodukt einer ohnehin laufenden Anlage anfallen.

Die Entwicklung der sogenannte „automated mineralogy“ startete in den 1970er Jahren (Petruk, 2000). Seit dieser Zeit wurden leistungsstarke Analysenmaschinen entwickelt, die in der Lage sind, bis zu einige 100.000 Mineralpartikel pro Dünnschliff auszuzählen und zu bewerten. Diese Analysatoren bestehen im Prinzip aus einem Elektronenmikroskop (SEM) mit „angeflanschter“, energiedispersiver Röntgen-Fluoreszenz-Analytik (EDS) und/oder einer Mikrosonde.

Bekannte Handelsmarken solcher Analysatoren mitsamt Auswertesoftware sind QuemScan und MLA (von FEI), RoqSCAN (Zeiss), INCAMineral (Oxford Instr.), IMA (Tescan) etc.

Die **automatisierte Mineralogie** ist heute weltweit ein mächtiges Instrument in der Hand der Geologen, Mineralogen, Aufbereiter und Metallurgen sowie aller anderen Bearbeiter, die an aufbereitungstechnischen Problemstellungen in der Mineralindustrie arbeiten. Dem Autor sind Anwendungsfälle bekannt für Erze der Buntmetalle (Pb, Zn, Cu, etc.), Edelmetalle (PGM, Au, Ag) und Seltene Metalle (REE+Y, Nb/Ta, Sn/W, Li etc.), aber auch für Industriemineralien (Fluorit, Baryt, Feldspat, Apatit, etc.), Kohle, Aufbereitungsrückstände und sogar Recyclingprodukte.

Eine „umfassende mineralogische Charakterisierung löst die meisten Aufbereitungsprobleme“ (Petruk, 2000) aufbauend auf Daten, welche jenseits der herkömmlichen chemischen Analytik liegen und mannigfaltige Informationen über Mineralgehalt, Verwachsung, geochemische Elementverteilung, Schadstoffverteilung, freie und verunreinigte Oberflächen etc. liefern. Diese Art von Information schließt oft eine korngrößenabhängige Trend-Analyse von Prozessen und Produkten ein, welche auf der Basis von fraktionierten Rohstoffproben erfolgt.

Dazu notwendige Untersuchungen auf Basis von Partikelfraktionen können in der heutigen Zeit bequem und zuverlässig mittels automatisierter Mineralogie, z. B. unter Anwendung der MLA (Mineral Liberation Analysis) durchgeführt werden. Insbesondere bei Aufbereitungsuntersuchungen an fein verwachsenen und armen Erzen ist die notwendige Herstellung der entsprechenden Kornfraktionen durch mechanische Siebung im Bereich von 5 bis 20 μ allerdings keine einfache Routinearbeit.

* R. Gerhard Merker
Aufbereitungsingenieur
Merker Mineral Processing
Mineralische Rohstoffe, Beratung, Aufbereitung,
Recycling, Projekt-Management
Örtenröder Str. 21
35329 Gemünden (Elpenrod)
Tel.: +49 6634/9188560
Mobil geschäftl.: +49 173/5355 828
E-Mail: merker@merker-mineral-processing.de
Internet: www.merker-mineral-processing.de

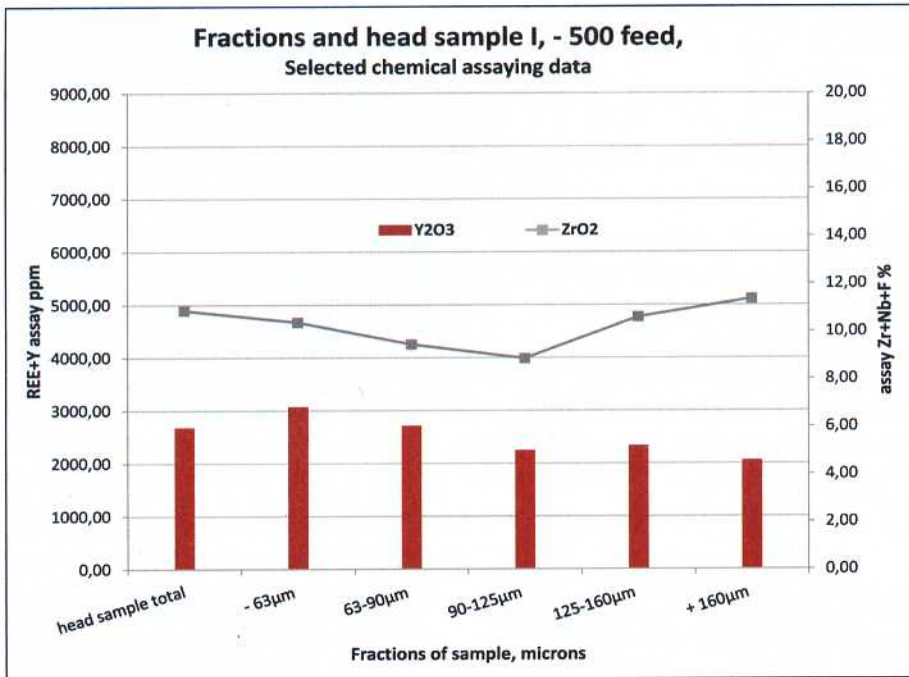


Bild 1: Yttrium- u. Zirkongehalt der Probe „-500 feed“, Ausgangsprobe und reale Fraktionen

Man stößt dabei z.B. auf Probleme wie leicht reißende Siebdrähte und muss einen hohen Zeitaufwand in Kauf nehmen, um genügend Material für polierte Dünnschliffe jeder einzelnen Fraktion herzustellen. Aufbereitungsingenieure und Mineralogen haben daher nach einem vereinfachten Verfahren gesucht, welches die erheblichen Kosten einspart, die bei Herstellung und Untersuchung einer Vielzahl von Fraktionen pro Probe entstehen. Dabei werden durch Anwendung von Softwarefiltern auf ungesiebte Ausgangsproben Daten für „virtuelle Siebfraktionen“ erzeugt und ausgewertet.

Dieses vereinfachte, „virtuelle“ Herangehen ist allerdings nicht unumstritten. Petruk (2000) schlussfolgerte, dass eine Untersuchung virtueller Siebfraktionen ungesiebter Proben „nicht so genau wäre wie eine solche auf Basis von tatsächlich mechanisch erzeugten Siebfraktionen, aber wohl ausreichend gut sei für Routineanalysen von Aufbereitungsproblemen“. (Greet, 2013), der an einem Golderz arbeitete, empfahl dagegen, keine virtuelle Fraktionierung anzuwenden, da dieser Weg verfälschte Aufschlussdaten liefern könnte, die zur Auslegung überdimensionierter Mahlstufen führen würden. Eine zeitnahe

Studie von Lastra und Petruk (2014) zeigte wiederum, dass ungesiebte Ausgangsproben durchaus für vergleichende Analysen an Aufbereitungsknotenpunkten genutzt werden können.

In diesem Artikel beabsichtigt der Autor, durch Gegenüberstellung von Ergebnissen vergleichender Untersuchungen, die zu erwartenden Differenzen zwischen mineralogischen Ergebnissen nach „realer Siebung“ durch mechanische Siebfraktionierung (real screening) und „virtueller Siebung“ durch MLA-Softwarefilter (virtual screening) für den speziellen Fall eines armen Yttrium-Erzes herauszuarbeiten.

Aus den dargelegten Ergebnissen sollen eigene Schlussfolgerungen gezogen werden hinsichtlich Zuverlässigkeit und Anwendbarkeit der „virtuellen Siebung“ für ungesiebt Probenmaterial als ein einfacherer Weg der mineralogischen Untersuchung an Partikelfraktionen.

Ausgewählte Probleme dieses kostensparenden Herangehens, die möglicherweise auftauchen, werden herausgestellt und praktische Empfehlungen für Erkennen, Bewerten, Beheben und Vermeiden von widersprüchlichen Ergebnissen werden vorgeschlagen.

Methodik

Für die notwendigen Tests wurden geringhaltige Aufbereitungsabgänge mit einem absoluten Gehalt von 0,2 bis 0,3 % Y2O3 genutzt, die einen beträchtlichen Anteil an Yttrium (Y) von etwa einem Drittel an den gesamten Seltene Erden Elemente (TREE) enthalten (Bild 1). Die Mineralogie des Erzes wird charakterisiert durch Xenotym (Xtm) und Y-Fluorit als Wertminerale, die vor allem von verschiedenen Silikaten wie Quarz und Zirkon als Gangart begleitet werden.

Eine Vorstellung des Untersuchungsablaufes zeigt das Fließbild in Bild 2. Zunächst wurden zwei ungesiebte Ausgangsproben durch Probeteilung hergestellt. Die erste war das Originalmaterial der für Aufbereitungstests verwendeten Flotationsabgänge (genannt „-500 feed“). Die zweite war eine Grobfraktion +125 µ des Originalmaterials, welche durch trockene Mahlung in einer Siebkugelmühle weiter zerkleinert worden war und als „+125 regrind“ bezeichnet wird. Eine weitere repräsentative Teilprobe beider Ausgangsproben wurde nachfolgend mechanisch auf Sieben klassiert.

Von beiden Ausgangsproben wurden jeweils sowohl die mechanisch hergestellten Siebfraktionen („reale Fraktionen“) als auch das ungesiebte Ausgangsmaterial für die Herstellung von polierten Dünnschliffen aus Körnerpräparaten für eine nachfolgende MLA-Untersuchung eingesetzt.

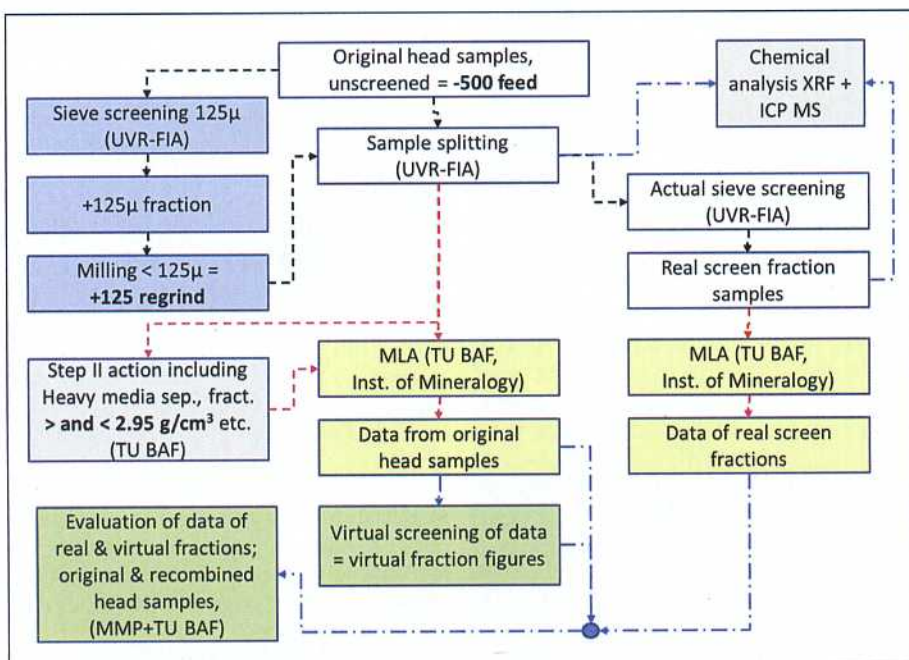


Bild 2: Fließbild der Probenvorbereitung und Untersuchung, Arbeitsstufen I und II

