

# Geologische Situation und Aufbereitungsmöglichkeiten des Seltene Erden-Erzes von Dong Pao/Vietnam

Gerhard Merker, Lutz Lesch,  
Herfried Richter

Die mit ca. 1100 kt Erzvorrat relativ kleine Bastnäsitlagerstätte Dong Pao liegt im äußersten Norden von Vietnam. Bei der Baryt-Fluorit-Bastnäsit-Mineralisation dieser Lagerstätte handelt es sich um karbonatitische Körper, die räumlich und wahrscheinlich auch genetisch in enger Beziehung zu einem tertiären Alkaligesteinsmagmatismus stehen. Eine Besonderheit der Lagerstätte besteht in der Ausbildung einer tiefgründigen Verwitterungszone mit Mächtigkeiten bis zu mehr als 30 m, in der es offensichtlich zu einer Erhöhung der SE-Gehalte kam. Genese und Paragenese der Erze bedingen ein schwieriges Aufbereitungsverhalten. Auf der Basis von Labor- und halbtechnischen Versuchen wurde ein für bastnäsitische SE-Erze unkonventionelles Aufbereitungsverfahren entwickelt, das in der 1. Stufe eine Läuterung des Roherzes als wesentlichen Verfahrensschritt vorsieht. Das Läuterfeingut enthält etwa 30% SE-oxide bei einem SE-Ausbringen von 63%. Bedingt durch die spezifischen Eigenschaften dieses relativ armen Konzentrates war es notwendig, ein neues Aufschlußverfahren für die metallurgische Verarbeitung zu entwickeln. Kennzeichnend für dieses Verfahren ist, daß der chemische Aufschluß mit Schwefelsäure praktisch in fester Phase bei nur 200 bis 300 °C durchgeführt wird. Als weitere Schritte enthält das Aufbereitungsverfahren eine Schwerspattflotation zur Gewinnung von Belastungsspat für Tiefbohrungen sowie eine Starkfeldmagnetscheidung zur Gewinnung eines 2. Bastnäsitkonzentrates mit ca. 38% SE-oxid, welches mit dem ersten Konzentrat vermischt werden kann.

● **Geological situation and processing possibilities of the rare earth ore of Dong Pao/Vietnam.** The bastnaesite deposit of Dong Pao is situated in the outermost north of Vietnam within a deep-reaching tectonic contact zone between triassic limestones and the tertiary alkalic rock series of Pusam cap. It is a relatively small RE-deposit containing about 1100 kt of RE-ores. Concerning their locality and probably also their genesis the carbonatite bodies formed by the baryte-fluorite-bastnaesite-mineralization of the deposit are closely connected with the

tertiary alkalic volcanicity. Notwithstanding a certain analogy to the deposits of Mountain Pass (USA) and Eskisehir (Turkey) is evident the deposit of Dong Pao shows as a special feature a deeply weathered zone with a thickness of up to more than 30 m. Within the weathering zone the RE-content was obviously increased. Both the genesis and the paragenesis of the deposit have made the ores difficult to treat. — On the basis of laboratory and pilot scale tests a processing technique non-conventional for bastnaesite rare earth ores was developed. The technique comprises a washing and classifying process as initial and vital processing stage. The washing fines contain some 30% of RE-oxides with a RE-recovery of 63%. Because of the specific properties of this low grade bastnaesite concentrate a new hydrometallurgical treating process had to be developed. This process features leaching of the concentrate by sulphuric acid virtually practicable in solid state at a temperature of 200 to 300 °C only. Additional stages of the processing technique are a baryte flotation to obtain drilling grade baryte and a high intensity magnetic separation yielding a second bastnaesite concentrate containing about 38% of RE-oxides. The two bastnaesite concentrates may be mixed.

● **Situation géologique et possibilités de traitement du minéral des terres rares de Dong Pao/Vietnam**

● **La situación geológica y posibilidades de beneficio del mineral de tierras raras de Dong Pao/Vietnam**

Dipl.-Ing. G. Merker, Johnsbacher Weg 1, D/O-8021 Dresden;  
Dr. rer. nat. L. Lesch, Vetschauer Str. 26, D/O-8036 Dresden;  
Dr. rer. nat. H. Richter, Oskar-Meszter Str. 14, D/O-4600 Wittenberg Lutherstadt.

Manuskripteingang: 28. 5. 1991

Das Mineral Bastnäsit ist ein SE-Fluorkarbonat, das als Aufbereitungskonzentrat mit 60 bis 70% SE-Oxiden in großem Umfang zur Produktion von SE-Metallen und deren Verbindungen eingesetzt wird. Die größte Lagerstätte der Welt für Bastnäsit liegt bei Bayun Obo/China am Nordrand der Chinesischen Tafel.

Am Südrand der Chinesischen Tafel, in der im äußersten Nordosten Vietnams gelegenen Provinz Lai Chau, liegen ebenfalls verschiedene Vorkommen an Seltenen Erden-Erzen, die jedoch weitaus kleiner und weniger bekannt sind. Als bedeutendstes unter ihnen kann man das von Dong Pao bezeichnen.

Die umgebende Gebirgsregion ist von nationalen Minderheiten besiedelt und infrastrukturell nur schwach entwickelt. Von Vietnamesischer Seite besteht Interesse, die Entwicklung des Gebietes auf der Basis der vorhandenen

Rohstoffe zu beschleunigen. Bereits in den 60er und 70er Jahren wurden neben geologischen auch aufbereitungstechnische Untersuchungen an Erzproben der Lagerstätte Dong Pao in der Sowjetunion und China durchgeführt. In den 80er Jahren wurde eine neue Untersuchungsetappe unter maßgeblicher Beteiligung von Fachleuten aus dem damaligen Planwirtschaftsland DDR begonnen.

Die Aufbereitungsuntersuchungen am Erz von Dong Pao wurden vom Labormaßstab bis zum halbtechnischen Maßstab im Rahmen von Erkundungsarbeiten durchgeführt. Entscheidend beteiligt an den Untersuchungen waren dabei das Institut für Mineralische Rohstoffe Dresden (jetzt: Rohstoff Consulting Dresden GmbH), das FIA Forschungsinstitut für Aufbereitung Freiberg und der damalige VEB Agrochemie Piesteritz (jetzt: Stickstoffwerke Piesteritz AG).

Das Ziel der Arbeiten war die Entwicklung eines unter Standortbedingungen praktikablen Aufbereitungsverfahrens, das sowohl die Produktion von wertbaren Bastnäsitkonzentraten als auch von Barytkonzentraten für die Herstellung von Belastungsspat für Erdöl-Bohrungen erlaubt.

## 1 Zur Geologie der Lagerstätte

Die Lagerstätte Dong Pao befindet sich an der Grenze zwischen der Antiklinalstruktur Phangsipang und der Synklinalen des Da-Flusses. Die Grenze zwischen diesen Strukturen ist tektonisch angelegt und wird offensichtlich durch ein tiefreichendes Störungssystem geprägt.

Charakteristisch für das Lagerstättengebiet ist die Entwicklung terrigen-karbonatischer Sedimente, wobei der unmittelbare Rahmen der Vererzung fast ausschließlich durch faunistisch belegte Kalksteine des Unteren Muschelkalkes (T2a) gebildet wird. Sporadisch treten Ton-schiefer, Schiefer und Sandsteine (T2b bis T3) auf, in denen sogar kleinere Kohlelinsen und -schmitzen angetroffen werden. Im Ergebnis einer Verfaltung und bei Mitwirkung tektonischer Vorgänge sind die Kalksteine stark brekzisiert, zertrümmert und in Marmordolomite umgewandelt.

Von ausschlaggebender Bedeutung für die geologische Entwicklung des Gebietes erweist sich das Auftreten eines paläogenen Alkaligesteinsvulkanismus, der bevorzugt an die tiefreichenden Bruchstörungen gebunden ist. Der Hauptanteil der Magmatite wird durch Syenitintrusionen vertreten, die aber auch als Effusivgesteine ausgebildet sein können und dann bevorzugt als Trachyte vorliegen. Zwischen den intrusiven Syeniten und den effusiven Trachyten werden kontinuierliche Übergangsformen, wie Syenit- und Trachytporphyre beschrieben. Dem gleichen Komplex von Pusam cap werden vielfältige Ganggesteinsbildungen zugeordnet, die auch in ihrer chemischen Zusammensetzung als Schonkinite und Vogesite den zuvor beschriebenen Alkaligesteinsmagmatiten sehr ähneln.

In enger räumlicher und wahrscheinlich auch genetischer Beziehung zu den Syeniten und Trachyten ist die Ausbildung von zahlreichen Karbonatitgängen mit Fluorit, Baryt und einer SE-Mineralisation zu sehen. Daneben spricht auch die zu beobachtende imprägnative Ausbildung letztgenannter Minerale für diese Schlußfolgerung. Die Vererzung stellt offensichtlich das Ergebnis eines mehrphasigen Prozesses dar, wofür die Herausbildung von zonar aufgebauten Erzkörpern (SE-Baryt, SE-Baryt-Fluorit, Baryt) spricht. Die Erzkörper weisen einen komplizierten Bau auf. In ihrer Morphologie im Oberflächenbau kann mehr von einem stockartigen, isometrisch geformten Erzkörper gesprochen werden, wobei leider

noch keine Daten zur Tiefenerstreckung vorliegen. Kleinere Erzkörper dagegen weisen eine charakteristische gangförmige Ausbildung auf und sitzen bevorzugt den beiden Hauptstörungslinien (NW 300 bis 330° oder NO 10 bis 30°) auf.

Abbildung 1 zeigt eine schematische geologische Skizze vom Zentralteil der Lagerstätte Dong Pao.

Im Ergebnis von Prozessen einer durchgreifenden Verwitterung kam es zu einer tiefgründigen supergenen Alteration der Erzkörper, von der prinzipiell, wenn auch in differenzierter Form, alle Erzminerale betroffen wurden. Bei der Verwitterung erwiesen sich die als Matrix ausgebildeten sehr feinkörnigen SE-Minerale am instabilsten und sind für den insgesamt erdigen Anblick des „Verwitterungserzes“ maßgebend. In diesem erdigen Verwitterungserz, das zumeist hinsichtlich des SE-Gehaltes aufkonzentriert wurde, kann man noch größere Relikte tafeliger Baryte und isometrischer Fluoritkörper antreffen. Mit zunehmender Tiefe nimmt der Verwitterungsgrad meist kontinuierlich ab. Der Übergang in das nur gering zersetzte wahrscheinliche Primärerz konnte im Rahmen der Erkundungsarbeiten lediglich in zwei von 13 aufgewältigten Schurfschächten mit Endteufen von max. 30 m beobachtet werden. Dieses Festerz besteht annähernd aus der gleichen Mineralisation (SE-Baryt-Fluorit), wobei Kalzit in deutlicher Menge hinzutritt.

Trotz des geringen Untersuchungsgrades und fast völlig fehlender Angaben zum unverwitterten Primärerz, werden die Lagerstättenverhältnisse in genetischer Hinsicht als nahezu identisch mit denen der Vorkommen in der Türkei im Gebiet von Eskesehir, wie sie erst 1989 von *Morteani & Satir* beschrieben wurden, eingeschätzt. Auch bei dieser Mineralisation wird von einer genetischen Beziehung der vererzten Karbonatitgänge zu dem spätoligozänen Alkaligesteinsvulkanismus ausgegangen.

## 2 Charakteristik der Erze

Die Lagerstätte Dong Pao enthält unterschiedlich stark verwitterte Erze, die aus karbonatitischen Ausgangsgesteinen entstanden sind und annähernd schichtförmig im Oberflächenbereich lagern. Hauptsächliches Trägermineral der Seltenen Erden ist Bastnäsit. Stark untergeordnet treten auch andere SE-Fluorkarbonate auf. Cerianit konnte ebenfalls beobachtet werden. Begleitminerale sind vor allem Baryt und Fluorit. Daneben enthalten die Erze u. a. Quarz, oxidische Fe- und Mn-Minerale sowie wenig Kalzit. Die nur in geringem Umfang angetroffenen unzersetzten Erze zeigen dagegen erhebliche Anteile Kalzit. Zahlentafel 1 zeigt die chemische Zusammensetzung der Verwitterungserze am Beispiel ausgewählter Mischproben.

Zahlentafel 1

Chemische Zusammensetzung des Roherzes von Dong Pao am Beispiel ausgewählter Mischproben für Aufbereitungsversuche (in %)

| SE <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | BaSO <sub>4</sub> | CaF <sub>2</sub> | SiO <sub>2</sub> | CaCO <sub>3</sub> | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | MnO  | SrO  | Pb   | Zn   | Nb   | U    |
|--------------------------------|-------------------|------------------|------------------|-------------------|--------------------------------|------|------|------|------|------|------|
| 14,6                           | 51,6              | 10,3             | 8,4              | 2,9               | 2,2                            | 1,3  | 0,46 | 0,42 | 0,11 | 0,03 | 0,03 |
| 8,9                            | 43,4              | 29,3             | 4,1              | 0,8               | 1,8                            | 2,6  | 0,65 | 0,36 | 0,05 | 0,03 | 0,03 |
| 8,0                            | 39,5              | 30,2             | 8,5              | 2,5               | 2,4                            | n.b. | 0,64 | 0,15 | 0,18 | 0,02 | 0,02 |

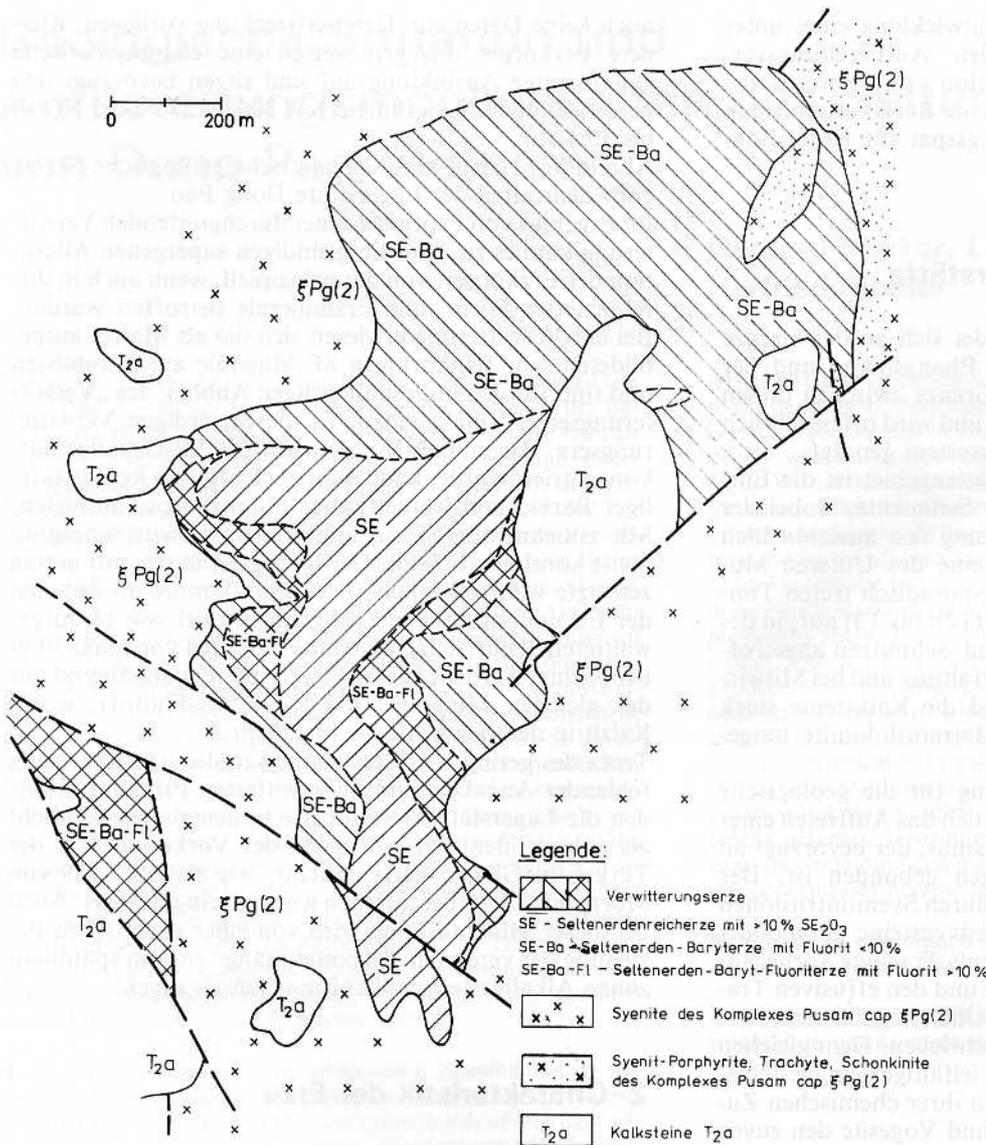


Abb. 1. Schematische Karte der Lagerstätte Dong Pao. Erläuterung im Text

Der untersuchte Haupterkörper der Lagerstätte enthält 3 Erzsorten mit folgender Charakteristik:

| Erzsorte                       | I <sup>1</sup> | II <sup>2</sup> | III <sup>3</sup> |
|--------------------------------|----------------|-----------------|------------------|
| SE <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 13,9           | 5,0             | 5,8              |
| Fluorit                        | 22,8           | 6,1             | 29,9             |
| Baryt                          | 42,5           | 57,8            | 42,4             |
| Erz-Vorratsanteil              | 39,5           | 31,8            | 28,7             |

<sup>1</sup> stark verwittert, bastnäsitreich <sup>2</sup> verwittert, bastnäsitärmer, fluoritarm <sup>3</sup> verwittert, bastnäsitärmer, fluoritreich

Der bisher erkundete Erzvorrat beläuft sich auf ca. 1,1 Mio. t. Im Erztyp I sind dabei nahezu 2/3 der Seltenen Erden des erkundeten Teils der Lagerstätte enthalten.

Im Verlauf der Laboruntersuchungen wurde festgestellt, daß für die Lösung der Aufbereitungsproblematik insbesondere 2 genetisch bedingte Eigenschaften der Erze von ausschlaggebender Bedeutung sind. Zum einen ist das die tiefgründige Verwitterung, welche hohe Schlammanteile und eine ausgeprägte Korngrößenabhängigkeit der Wertstoffverteilung verursacht, zum anderen die Vergesell-

schaftung von Bastnäsit und anderen SE-Fluorkarbonaten mit Fluorit. Diese Minerale haben sehr ähnliche Flotationseigenschaften, was ihre aufbereitungstechnische Trennung kompliziert (über diese Problematik sind in den letzten Jahren am Beispiel des Erzes von Bayun Obo/China eine Reihe von Veröffentlichungen erschienen).

Die bereits erwähnte, für die Verwitterungserze der Lagerstätte charakteristische Wertstoffverteilung resultiert in einer Anreicherung des Bastnäsits im Feinsten (Zahlent. 2). In oberflächennahen Bereichen der Lagerstätte konnten dabei stellenweise über 40% SE-Oxide (über 54% Bastnäsit!) festgestellt werden.

### 3 Aufbereitung der Erze

Sowohl die erwähnte Korngrößenabhängige Verteilung der Wertstoffe als auch die Vergesellschaftung mit Fluorit haben bisher die Aufbereitung zu marktfähigen Bastnäsitkonzentraten mit etwa 60% SE-oxiden bei ökonomisch vertretbarem Ausbringen verhindert. Bereits bei er-

Zahlentafel 2

Korngrößenstruktur sowie Verteilung der SE in Abhängigkeit von der Korngröße am Beispiel einer Erztyp I-Mischprobe

| Korngröße<br>d in mm | Verteilung in % |                                |       |         | Gehalte in %                   |       |         |
|----------------------|-----------------|--------------------------------|-------|---------|--------------------------------|-------|---------|
|                      | Masse           | SE <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Baryt | Fluorit | SE <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Baryt | Fluorit |
| <0,015               | 16,8            | 43,9                           | 7,5   | 4,1     | 35,7                           | 22,3  | 3,9     |
| 0,015–0,032          | 7,4             | 8,0                            | 7,3   | 5,1     | 14,7                           | 48,8  | 11,2    |
| 0,032–0,063          | 5,7             | 5,4                            | 5,3   | 4,3     | 12,5                           | 48,6  | 12,7    |
| 0,063–0,1            | 9,1             | 9,7                            | 10,2  | 7,3     | 13,9                           | 58,3  | 13,4    |
| 0,1–0,315            | 11,1            | 10,9                           | 11,4  | 10,9    | 12,9                           | 53,4  | 16,5    |
| 0,315–0,5            | 6,5             | 6,0                            | 6,5   | 8,4     | 12,1                           | 51,7  | 21,6    |
| 0,5–1,0              | 12,2            | 7,7                            | 12,2  | 17,4    | 8,3                            | 51,9  | 23,9    |
| 1,0–2,0              | 12,4            | 4,8                            | 14,8  | 18,0    | 5,1                            | 62,0  | 24,4    |
| >2,0                 | 18,8            | 3,6                            | 24,8  | 24,5    | 2,6                            | 68,1  | 21,8    |
|                      | 100,0           | 100,0                          | 100,0 | 100,0   | 13,1                           | 51,9  | 16,8    |

sten Aufbereitungsversuchen konnten jedoch durch Klassierung mit Hydrozyklonen bis zu 50% der SE im Erzschlamm ausgebracht werden. Gleichzeitig wurde durch metallurgische Versuche an abgetrennten Erzschlammern der Nachweis erbracht, daß sich Primärschlämme mit mehr als 25% SE-Oxiden auf Grund ihrer spezifischen Verarbeitungseigenschaften unter bestimmten Bedingungen vorteilhaft zur Gewinnung der Seltenen Erden einsetzen lassen.

Aufbauend auf der nachgewiesenen Verwertungsmöglichkeit für die Erzschlämme wurde das nachfolgend beschriebene Aufbereitungsverfahren für den Erztyp I entwickelt und im halbtechnischen Maßstab getestet.

Die im Verfahrensschema der Abbildung 2 angegebenen Parameter basieren auf den Ergebnissen, die mit den zur

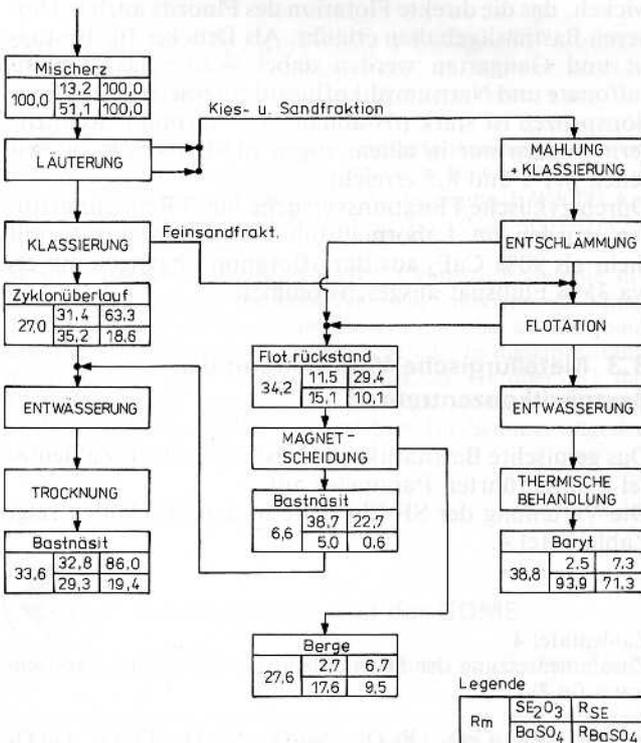


Abb. 2. Vereinfachtes Verfahrensschema zur Aufbereitung des Seltenerdenerzes von Dong Pao. Erläuterung im Text

Verfügung stehenden Erzproben im Rahmen der halbtechnischen Versuche erzielt wurden. Diese Erzproben repräsentierten vor allem den Erztyp I der Lagerstätte.

### 3.1 Läuterung und Klassierung

Das Verfahren sieht vor, das aus dem Roherzbunker stammende Roherz bei 40 mm naß auf einem Exzenter-schwingsieb vorzuklassieren, den Siebüberlauf durch Handklaubung nachzureinigen und den Siebunterlauf (zusammen mit dem Klaubekonzentrat) in eine Schlamm-trommel zu führen.

In der Schlamm-trommel erfolgt der Aufschluß des Erzes. Dabei müssen bestimmte Kennziffern für die Verweilzeit und die Trübedichte eingehalten werden. Während der halbtechnischen Versuche wurde z. B. eine mittlere Verweilzeit von 40 min und eine Trübedichte von 1550 g/cm<sup>3</sup> eingestellt.

Anschließend klassiert ein an die Schlamm-trommel angeflanshtes Trommelsieb den Gutstrom bei 2,5 mm.

Die Fraktion <2,5 mm wird in eine zweistufige Klassier-anordnung geführt, in der ein Aufstromklassierer mit einem Schraubenklassierer im Kreislauf geschaltet ist. Der Aufstromklassierer erzeugt im Überlauf eine feinkörnige Trübe, die über einen Ausgleichsbehälter der Hydrozyklonklassierung zuläuft. Das Grobgut des Aufstromklas-sierers wird einem Schraubenklassierer aufgegeben. In diesem wird mittels eines hohen Wasserteilungsverhält-nisses eine weitgehende Abtrennung des im Aufstrom-klassierergrobgut verbliebenen restlichen Feinkornes er-reicht. Der Schraubenklassiererüberlauf mit dem Fein-korn wird als zusätzliches Spülwasser zum Trommelsieb zurückgeführt.

Entsprechend Abbildung 3 ist die dreistufige Hydrozyklonklassierung so ausgelegt, daß die Unterläufe der 1. und 2. Stufe jeweils in der nachfolgenden Stufe nachklas-siert werden, um maximales Feinkornausbringen zu ge-währleisten. Der Überlauf der 3. Hydrozyklonstufe wird zur 2. Stufe zurückgeführt. Die Überläufe der ersten bei-den Stufen stellen das Wertprodukt dar. In ihnen ist das Feinkorn <0,015 mm konzentriert. Sie werden mit einem Flockungsmittel versetzt und in einen Eindicker gepumpt. Der Eindickerschlamm wird anschließend auf Filterpres-sen bis auf etwa 25% Restfeuchte entwässert. Die in der Eindick- bzw. Filterstufe anfallenden Wasser können als Kreislaufwasser genutzt werden.

Für die Trocknung der Filterkuchen auf Endfeuchte kann man einen Trommel-trockner einsetzen. Das Material der

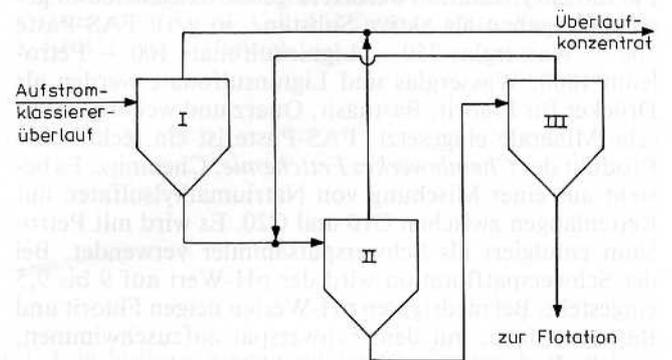


Abb. 3. Fließbild der Hydrozyklonstufe für die Läuterung. Erläuterung im Text

Zahlentafel 3  
Zusammensetzung des gemischten Bastnäsitkonzentrates (in %)

| SE <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | BaSO <sub>4</sub> | CaF <sub>2</sub> | SiO <sub>2</sub> | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | MnO | U    | Th   | Cu   | Pb   | Zn   | Nb   |
|--------------------------------|-------------------|------------------|------------------|--------------------------------|-----|------|------|------|------|------|------|
| 32,8                           | 29,3              | 7,5              | 4,6              | 6,0                            | 3,3 | 0,04 | 0,04 | 0,02 | 0,33 | 0,27 | 0,07 |

Filterkuchen weist günstige Trocknungseigenschaften auf. Es liegt nach der Trocknung als kugelförmige Aggregate bei einem Feinkornanteil <0,04 mm von etwa 5% für die Verpackung bzw. die weitere Verarbeitung als Bastnäsitkonzentrat mit etwa 31% SE-oxid bereit. Das SE-Ausbringen in diesem Produkt liegt bei 63%. Neben Bastnäsit (ca. 42%) enthält dieses erste Bastnäsitkonzentrat vor allem Baryt (ca. 35%) und Fluorit (ca. 8%) sowie untergeordnet Mangan- und Eisenoxide, die für die tiefbraune Farbe dieses Produktes verantwortlich sind. Nähere Details zur Zusammensetzung können der Zahlentafel 3 entnommen werden.

### 3.2 BaSO<sub>4</sub>-Flotation und Magnetscheidung des Bastnäsites

Zur Gewinnung des **Schwerspates** können die Abgänge der vorab beschriebenen Läuterungsstufe genutzt werden. Diese bestehen aus dem Überlauf der Siebmaschinen (Fraktion >2,5 mm = Kiesfraktion), dem Grobgut des Schraubenklassierers (Fraktion 0,1 bis 2,5 mm = Sandfraktion) sowie dem Grobgut der Hydrozyklonstufe (Fraktion <0,1 mm = Feinsandfraktion).

Kies- und Sandfraktion werden zu diesem Zweck zunächst vereinigt und einem aus einer Kugelmühle und einem Schraubenklassierer bestehenden Mahlkreislauf aufgegeben, der das Aufgabematerial auf <0,16 mm zerkleinert. Der Überlauf des Schraubenklassierers wird nachfolgend entschlümmt, mit dem Unterlauf der 3. Hydrozyklonstufe (Feinsand) gemischt, auf eine Trübedichte von 1,42 g/l eingestellt und in die *Grundflotation* gefördert. Die Abgänge der Grundflotation werden durch eine Kontrollflotationsstufe nachgereinigt. Das Konzentrat der Grundflotation wird zweifach gereinigt. Die Rückstände der Reinigungsstufen sowie das Konzentrat der Kontrollflotation werden zur jeweils vorgeschalteten Flotationsstufe zurückgeführt.

Da der Schaum der Schwerspatsflotation sehr stabil ist, wird auf eine Eindickung vor der Filtration verzichtet und das Schaumprodukt der 2. Reinigungsflotation direkt entwässert.

Für die Barytflotation werden folgende Reagenzien eingesetzt (Angaben als aktive Substanz, in g/t): FAS-Paste 500 – Wasserglas 750 – Ligninsulfonate 100 – Petroleum 1000. Wasserglas und Ligninsulfonate werden als Drücker für Fluorit, Bastnäsit, Quarz und weitere, oxidische Minerale eingesetzt. FAS-Paste ist ein technisches Produkt des *Chemiewerkes Fettchemie*, Chemnitz. Es besteht aus einer Mischung von Natriumalkylsulfaten mit Kettenlängen zwischen C10 und C20. Es wird mit Petroleum emulgiert als Schwerspatsammler verwendet. Bei der Schwerspatsflotation wird der pH-Wert auf 9 bis 9,5 eingestellt. Bei niedrigeren pH-Werten neigen Fluorit und Bastnäsit dazu, mit dem Schwerspat aufzuschwimmen, was die Konzentratqualität verschlechtert.

Als Produkt der Flotation steht ein Barytkonzentrat mit etwa 94% Schwerspat und je 3% Bastnäsit und Flußspat

zur Verfügung, das nach einer thermischen Sammlerdesorption für eine Verwendung als Belastungsspat für Tiefbohrungen verarbeitet werden kann. Das Schwerspatausbringen in der Flotation liegt bei 87%. Schwerspatsverluste werden in erster Linie durch die notwendige Entschlammung vor der Flotation verursacht.

Die Abgänge der Barytflotation sowie die vor der Flotation abgetrennten Schlämme der Vermahlung enthalten noch bis zu 15% **Bastnäsit**. Sie können im Interesse einer Ausbringungssteigerung durch *Starkfeldmagnetscheidung* weiter aufbereitet werden. Durch einstufige Magnetscheidung auf einem naß arbeitenden Magnetscheidersystem mit Kugelmatrix wurde ein Konzentrat mit 38,7% SE-oxid hergestellt. Dieses Produkt kann mit dem ersten Bastnäsitkonzentrat gemischt und gemeinsam mit diesem verarbeitet werden. Durch die Magnetscheiderstufe wird das SE-Ausbringen auf 86% erhöht.

Es besteht natürlich die Möglichkeit, innerhalb des entwickelten Aufbereitungsverfahrens unter Einsparung der Barytflotation die Läuterrückstände direkt der Magnetscheidung zuzuführen. Dabei könnte ausschließlich das Feinsandprodukt eingesetzt werden, da in ihm ca. 75% des SE-Inhaltes der Läuterrückstände bei günstiger Aufgabekorngröße enthalten sind.

Erwähnenswert ist, daß der im Erz enthaltene **Flußspat**, der in den Aufbereitungsrückständen stark angereichert vorliegt, aus diesen durch Flotation gewinnbar ist. Im Labormaßstab wurde ein Reagenzsystem mit einem Sammler auf der Basis ungesättigter C16-C18 Fettsäuren entwickelt, das die direkte Flotation des Fluorits auch bei höheren Bastnäsitgehalten erlaubt. Als Drücker für Bastnäsit und Gangarten werden dabei Wasserglas, Ligninsulfonate und Natriumsilikofluorid eingesetzt. Der Flotationsprozeß ist stark pH-abhängig. Akzeptable Kennziffern wurden nur in einem engen pH-Bereich etwa zwischen pH 8 und 8,5 erreicht.

Durch zyklische Flotationsversuche mit 3 Reinigungsstufen wurden im Labormaßstab Fluoritkonzentrate mit mehr als 90% CaF<sub>2</sub> aus Barytflotationsabgängen mit etwa 35% Flußspat ausgeschwommen.

### 3.3 Metallurgische Verarbeitung der Bastnäsitkonzentrate

Das gemischte Bastnäsitkonzentrat weist die in Zahlentafel 3 aufgeführten Parameter auf.

Die Verteilung der SE-Elemente in den SE-Oxiden zeigt Zahlentafel 4.

Zahlentafel 4  
Zusammensetzung der Seltenerdenoxide des Bastnäsitkonzentrates (in %)

| Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | La <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | CeO <sub>2</sub> | Pr <sub>6</sub> O <sub>11</sub> | Nd <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Sm <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Eu <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Gd <sub>2</sub> O <sub>3</sub> |
|-------------------------------|--------------------------------|------------------|---------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| 0,5                           | 37,2                           | 47,1             | 3,7                             | 9,7                            | 0,8                            | 0,2                            | 0,4                            |

Hohe Anteile an Gangarten sind ungünstig für eine metallurgische Verarbeitung mittels herkömmlicher Verfahren, die einen Säureaufschluß des Konzentrates als 1. Stufe beinhalten.

Bei der Behandlung der Läuterungskonzentrate mit Schwefelsäure wurde festgestellt, daß der Aufschlußprozeß unter bestimmten Bedingungen praktisch in fester Phase abläuft. Diese Erscheinung wird auf die spezifische Struktur und Zusammensetzung der Konzentrate zurückgeführt, die unter anderem ein gewisses Aufsaugvermögen für Schwefelsäure verursachen. Der trockene Aufschlußprozeß kann unter vergleichsweise niedrigen Temperaturen von nur 200 bis 300 °C durchgeführt werden.

Aufbauend auf diesen Untersuchungsergebnissen wurde ein unkonventionelles metallurgisches Verfahren zum Aufschluß der Bastnäsitkonzentrate entwickelt. Gemäß diesem Aufschlußverfahren wird das getrocknete Bastnäsitkonzentrat zerkleinert und durch Kombination der folgenden Verfahrensschritte aufgearbeitet:

- Vermischen mit einer bestimmten Menge konzentrierter Schwefelsäure zu einem durch die exotherme Reaktion praktisch trockenen Granulat
- Erhitzen des Granulates zum Austreiben von Fluor auf 200 bis 300 °C (diese Prozeßstufe kann vorteilhaft in Drehtrommeln durchgeführt werden)
- Auflösen der entstandenen SE-Sulfate und des Fe-Sulfates in kaltem Wasser
- Abtrennung der ungelösten Bestandteile an BaSO<sub>4</sub>, CaSO<sub>4</sub>, SiO<sub>2</sub>, MnO<sub>2</sub> durch Filtration
- Ausfällung der Seltenen Erden als Na-Seltenerd-Doppelsulfate und Abtrennung durch Filtration

– Umsetzung der Na-Seltenerd-Doppelsulfate mit Natronlauge zu Seltenerdhydroxiden und Abtrennung von der Natriumsulfatlösung durch Filtration

– Behandlung der anfallenden Filtrate mit NaOH, Oxidationsmitteln und Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> zur Entfernung der Anteile an Fe<sup>3+</sup>, Mn<sup>2+</sup>, Zn<sup>2+</sup>, Ca<sup>2+</sup> und anderen 2-wertigen Metallen durch Fällung mit NaOH und Filtration

– Rückgewinnung des Natriumsulfates aus den Filtraten durch Kühlung, Kristallisation, Filtration oder Zentrifugieren.

Die Arbeiten wurden 1990 abgebrochen, da nach der deutschen Wiedervereinigung in der Wirtschaft der ehemaligen DDR kein Bedarf mehr für vietnamesischen Bastnäsit besteht.

### Schrifttum

*Morteani, S., M. Satir:* The bastnaesite-fluorite-baryte deposit of the Kizilcaören District, Eskisehir/Turkey, in: *Möller, P.* et al.: Lanthanides, Tantalum and Niobium (Springer Verlag 1989).

*Nong Chi Kien et al.:* Bericht über die geologische Erkundung der Seltenerdlagerstätte Dong Pao (Vietnam) (interner Ber. d. Ministeriums f. Maschinenbau u. Metallurgie der SRV, Hanoi 1986).

*Richter, H. et al.:* Verfahren zum Aufschluß von Bastnäsitkonzentrat (Patentschrift DD 262845 A1, C01 F 17/00, 1986).

*Merker, G. et al.:* A processing technique for heavily weathered rare earth ores of Dong Pao/Vietnam; prepr. of the XVIIth Int. Mineral Processing Congr., Dresden, Sept. 1991, Vol. IV.

### Veranstaltungen:

**Technik und Bildung,** Jahrestagung d. Georg-Agricola-Gesellschaft am 1./2. Okt. 1991 in Mannheim. *Auskunft (A.):* GAD, Postf. 8706, W-4000 Düsseldorf 1; Tel.: 0211-4547116.

Tagung: **Abfallbehandlung und Altlastensanierung** d. Forschungsges. Verfahrenstechnik e. V. am 9./10. Okt. 1991 in Aachen. *A.: M. Langen,* Lehrstuhl f. Aufbereitung d. RWTH Aachen, Wüllnerstr. 2, W-5100 Aachen; Tel.: 0241-805702/17.

**Seminarankündigung.** Das CERNA Centre d'Economie des Ressources Naturelles der Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris ist z. Z. mit einer Forschungsstudie über die **Bergbau- und Hüttenindustrie in Osteuropa** befaßt. In diesem Zusammenhang wird vom CERNA für den 24./25. Oktober d. J. das VI. Séminaire d'Economie et de Stratégie Minière (SESM) an der Ecole des Mines in Paris ausgerichtet. Das Seminar trägt den

Titel: „Vom Kombinat zum Unternehmen? – Die Bergbau- und Metallindustrie in Osteuropa – Situation, Perspektiven sowie Auswirkungen auf westeuropäische Märkte“. – Weitere Informationen erteilt Dipl.-Ing. *Chr. von Hirschhausen,* CERNA, Ecole des Mines de Paris, 60, Bld. Saint-Michel, F-75272 Paris cedex 06; Fax: + (33-1) 44071046.

Workshop: **Erweiterung des Betätigungsfeldes durch den Einsatz neuer Arbeitsmethoden und moderner Arbeitsmittel in den Geowissenschaften** am 8./9. Nov. 1991 im Haus Mönchfrei bei Freiberg/Sachsen. *A.: Bundesverband Deutscher Geologen,* Postf. 201448, W-5300 Bonn 2; Tel.: 0228-302263.

**7th International meeting on titanium** in Turin (Italien). *A.: C. Loro,* GTT S.p.A., C.P. 543 Torino Centro, Via Brofferia, 3, I-10121 Torino (Italien).



### Bezirksgruppe Süd der GDMB

Leiter: Univ.-Prof. Dr. mont. *P. Paschen,* Leoben

Die nächste Veranstaltung findet am **24./26. Oktober** d. J. in Bleiberg/Arnoldstein/Villach (Österreich) statt. Programmversand demnächst. Auskunft beim Leiter, Montanuniversität Leoben, A-8700 Leoben; Tel.: (0043) 3842-42555/320.