Commodity Top News Nr. 31

Fakten ▪ Analysen ▪ wirtschaftliche Hintergrundinformationen

Seltene Erden

Maren Liedtke und Harald Elsner

Der Rohstoffgruppe der Seltenen Erden (SE) gilt wegen ihrer Verwendung in Hightech-Produkten und für viele Energiespartechnologien in den letzten Jahren ein zunehmendes, wirtschaftliches Interesse. Meldungen über eine eventuelle weitere Verschärfung der Handelsbeschränkungen für Seltene Erden seitens der VR China, wie z. B. verschärfte Exportquoten oder sogar Exportverbote von bestimmten Seltenen Erden und deren Verbindungen, haben zu Befürchtungen von Versorgungsschwierigkeiten geführt. Dieser Commodity Top News soll eine kurze Übersicht über den Markt der Seltenen Erden und auch eine Übersicht über ihre Vorkommen in Europa geben.

Übersicht über die Seltenen Erden

Unter dem Begriff Seltene Erden (SE) werden Lanthan und die im Periodensystem auf das Lanthan folgenden 14 Elemente, die Lanthanoide, sowie Yttrium und Scandium zusammengefasst. Thorium, das ebenfalls häufig in Mineralen mit den Lanthanoiden vergesellschaftet ist, zählt nicht zu den Seltenen Erden.

Die Seltenen Erden können nur zusammen abgebaut werden. Die gewinnbare Menge einzelner Seltener Erdoxide (SEO) hängt somit von der Lagerstättenzusammensetzung ab. Cer, Lanthan, Neodym und Praseodym gehören zu den leichten Seltenen Erden (Cer-Gruppe) und kommen in den meisten Lagerstätten deutlich häufiger vor als die anderen, so z. B. auch in der Lagerstätte Bayan Obo in China, aus der 2007 über 40 % der Weltbergwerksförderung stammten. Schwere Seltene Erden (Yttrium-Gruppe) stammten hauptsächlich aus Ionenadsorptionstonen der Provinz Jiangxi in China.

In Tabelle 1 sind die Kennzahlen der Seltene Erden-Elemente (SEE) und die Erzzusammensetzung bedeutender chinesischer Lagerstätten aufgeführt.

Verwendung

Seltene Erden werden heute fast ausschließlich nach element- und hochreiner Aufbereitung in zahlreichen Hochtechnologiebereichen eingesetzt. Sie werden z. B. für Katalysatoren, Energiesparlampen, NiMH-Batterien und leistungsstarke Magnete für den Antrieb von E-Motoren, z. B. in Elektro- und Hybridfahrzeugen oder Windkraftanlagen, benötigt. Durch den technischen Fortschritt ergeben sich dabei ständig neue Einsatzbereiche, während andere an Bedeutung verlieren (vgl. Abb. 1).

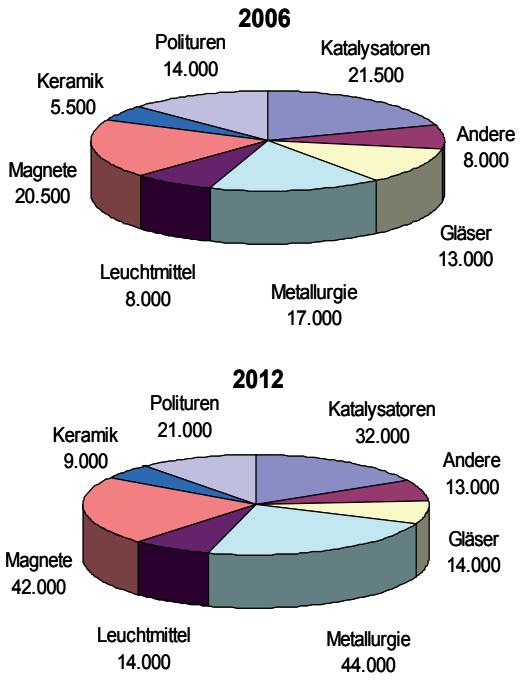


Abb. 1: Verwendung von Seltenen Erden (in t SEO) nach Einsatzbereichen in den Jahren 2006 (Gesamtverbrauch 107.500 t) und 2012 (Gesamtverbrauch 189.000 t, geschätzt), nach Kingsnorth (2007).

Tab. 1: Kennzahlen der Seltenen Erden-Elemente und Erzzusammensetzung der bedeutenden chinesischen Lagerstätten: Bayan Obo, Innere Mongolei und Longnan in der Provinz Jiangxi.

Name	Atom-symbol	Atom-nummer	Seltene Erdoxid (SEO)	Zusammensetzung typischer Erze [% SEO]	
				Bayan Obo	Longnan
				Bastnäsit	Ionenadsorptionston
Lanthan*	La	57	La_2O_3	23,0	1,8
Cer*	Ce	58	CeO_2	50,0	0,4
Praseodym*	Pr	59	Pr_6O_{11}	6,2	0,7
Neodym*	Nd	60	Nd_2O_3	18,5	3,0
Promethium***	Pm	61	Pm_2O_3		
Samarium*	Sm	62	Sm_2O_3	0,8	2,8
Europium*	Eu	63	Eu_2O_3	0,2	0,1
Gadolinium**	Gd	64	Gd_2O_3	0,7	6,9
Terbium**	Tb	65	Tb_4O_7	0,1	1,3
Dysprosium**	Dy	66	Dy_2O_3	0,1	6,7
Holmium**	Ho	67	Ho_2O_3	Spuren	1,6
Erbium**	Er	68	Er_2O_3	Spuren	4,9
Thulium**	Tm	69	Tm_2O_3	Spuren	0,7
Ytterbium**	Yb	70	Yb_2O_3	Spuren	2,5
Lutetium**	Lu	71	Lu_2O_3	Spuren	0,4
Scandium**	Sc	21	Sc_2O_3		
Yttrium**	Y	39	Y_2O_3	Spuren	65,0

* leichte Seltene Erden (Cer-Gruppe) ** schwere Seltene Erden (Yttrium-Gruppe) *** radioaktiv, nur kurzlebige Isotope

Folgende Hauptanwendungsbereiche für Seltene Erden lassen sich zusammenfassen (in % Anteil am Gesamtverbrauch 2006):

- Katalysatoren (20 %): z. B. zum Cracken von Petroleum und Benzin und als Bestandteil in Autoabgaskatalysatoren und Rußpartikelfilter (Ce, La);
- Magnete (19 %): z. B. Neodym-Eisen-Bor- und Samarium-Kobalt-Permanentmagnete (Nd, Dy, Sm, Tb, Pr);
- Metallurgie (16 %): z. B. Legierungen mit Zusätzen verschiedener Seltener Erden zur Verbesserung der Beständigkeit, Eisen- und Stahlzusatz, Batterielegierungen, Nickel-Metallhydrid-Batterien (La);
- Polituren (13 %): Bestandteil von Poliermittel z. B. für Glas, Computerchips etc. (Ce);
- Gläser (12 %): z. B. Bestandteile für Spezialgläser mit hoher Brechzahl, für UV-Schutz, zur Einfärbung;
- Leuchtmittel (8 %): z. B. Bestandteil in Plasmabildschirmen, LCDs, Energiesparlampen, Fluoreszenzlampen, Radargeräten, Kathodenstrahlröhren;
- Keramik (5 %): z. B. Färbung (Ce, Nd), Stabilisator für Keramikmaterialien (Y), keramische Kondensatoren (La);
- Andere (7 %): z. B. Tierfutterzusatz, Pigmente, medizinische Anwendungen, Laser, Hochtemperatursupraleitungen, Zündsteine.

Durch den verstärkten Bedarf von Anwendungen, die einzelne Seltene Erden benötigen oder auf seltenere Seltene Erden zurückgreifen, kann ein Ungleichgewicht zwischen Bergwerksförderung und Nachfrage entstehen. Beispielsweise betrug der Verbrauch von SEO für Magnete 2006 19 % und damit etwa 20.500 t SEO. Der Hauptanteil des Bedarfs lag bei dem für Neodym-Eisen-Bor-Magnete benötigten Neodym. Bei weiterem Wachstum des Magnetmarktes wird Neodymoxid im Vergleich zum Anteil an der gesamten Bergwerksförderung von SEO überproportional benötigt werden.

Produktion

2007 wurden etwa 123.700 t SEO gefördert. Über 95 % der Bergwerksförderung stammten dabei aus der VR China, der Rest aus Indien, Brasilien, Malaysia und Russland.

Im Laufe der Jahrzehnte haben sich nicht nur die Einsatzgebiete der Seltenen Erden sondern auch die Rohstoffquellen verändert. Vor allem aus US-amerikanischer Sicht werden eine „Seifen-Monazit-Ära“ (Verwendung von Monazit als Rohstoffquelle ab 1895), eine „Mountain Pass Ära“ (Nutzung von hauptsächlich Bastnäsit der kalifornischen Lagerstätte Mountain Pass ab 1952) und eine „Chinesische Ära“ (verstärkte Nutzung chinesischer Lagerstätten ab 1984) unterschieden (s. Abb. 2).

Seit 2001 beträgt der Anteil der VR China an der weltweiten Bergwerksförderung von Seltenen Erdoxiden >90 %. Durch diese enorme Länderkonzentration können Handelsbeschränkungen, wie Exportzölle und Ausfuhrbeschränkungen, für Seltene Erden zu ernsthaften Lieferengpässen führen.

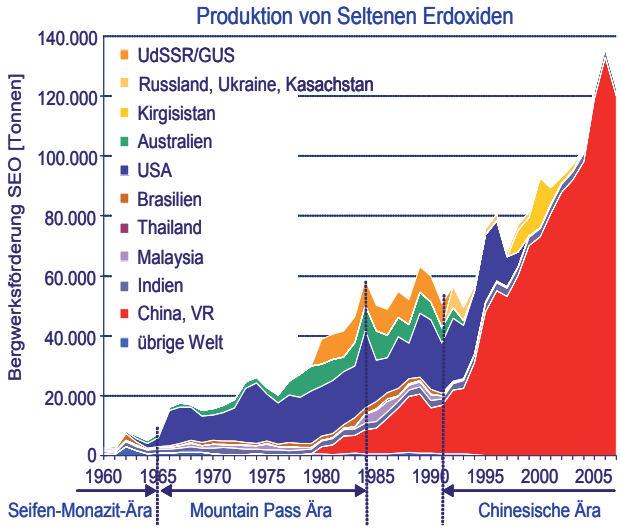


Abb. 2: Weltproduktion von Seltenen Erdoxiden. (Quellen: BGR-Datenbank, Haxel et al., 2002)

Preisentwicklung und weltwirtschaftliche Bedeutung von Seltenen Erdoxiden

Die Seltenen Erden werden im Wesentlichen als Oxide (SEO) oder Metalle (Einzelmetalle und Mischmetalle) unterschiedlicher Reinheit sowie untergeordnet in anderen Verbindungen z. B. als Chloride und Karbonate gehandelt. Die Preise werden zwischen dem jeweiligen Anbieter und dem Nachfrager ausgehandelt. Börsenhandel findet nicht statt.

Während die Preise für die leichten Seltenen Erden, Cer und Lanthan sowie Yttrium, von 2004 bis 2007 gesunken sind, haben die Preise speziell jener Seltenen Erden, die für Leuchtmittel und Permanentmagnete benötigt werden, wie Europium und Terbium, Dysprosium, Neodym und Praseodym, bis 2008 insgesamt einen Preisanstieg erlebt. Von 2007 bis Mitte 2008 sind die Preise für nahezu alle Seltenen Erden stark gestiegen. Seit der 2. Jahreshälfte 2008, mit Beginn der Weltwirtschaftskrise, sind die Preise der meisten Seltenen Erden dann in unterschiedlichem Maße wieder gesunken.

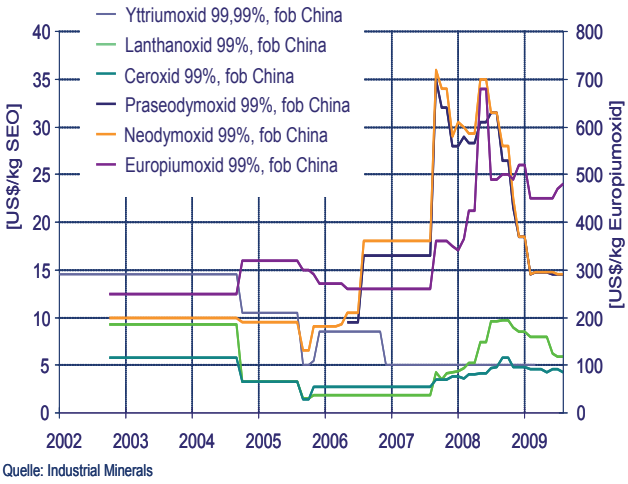


Abb. 3: Preisentwicklung von Seltenen Erdoxiden ab 2002.

Der Wert der im Jahr 2008 weltweit produzierten SEO wird auf rund 1,25 Mrd. US-$ geschätzt. Bis zum Jahr 2012 soll durch den Ausbau und die Entwicklung immer neuerer Anwendungen die weltweite Nachfrage nach SEO auf ca. 180.000 bis 190.000 t mit einem Marktwert von schätzungsweise 2 Mrd. US-$ steigen (Kingsnorth 2007); dieser Nachfrageschub kann sich durch die Weltwirtschaftskrise um einige Jahre nach hinten verschieben. Besonders der Bedarf an Lanthan (für Nickel-Metallhydrid-Akkus), Dysprosium, Terbium und Neodym (für SE-Magnete) sowie Europium (als Leuchtmittel) soll stark ansteigen, während Cer im Überangebot vorhanden sein wird. Generell problematisch dabei ist, dass trotz Produktionssteigerung die dann in China produzierten SEO, zwischen 130.000 und 140.000 t, auch vollständig in China verbraucht werden dürften. Bereits jetzt hat China Exportquoten für SEO erlassen. Mehrere zusätzliche SE-Lagerstätten werden voraussichtlich in naher Zukunft in Produktion gehen und auch die im Jahr 2002 eingestellte Produktion am Mountain Pass in Kalifornien wird wieder aufgenommen werden, um den steigenden Bedarf zu decken.

Tab. 2: Übersicht über wichtige in Planung befindliche Bergbauprojekte.

Land	Lagerstätte/ Projekt	Status	Produktionsziel	
			Jahr	t SEO pro Jahr
USA	Mountain Pass	Vorbereitung	2012:	~18.000 t
Kanada	Hoidas Lake	Prefeasibility Studie	2012:	~4.000 t
	Thor Lake	Exploration	2013:	5.000 t
Indien	Manavalakurichi, Chavara	Erweiterung	2010:	4.000 t
Australien	Mt. Weld	Im Bau	2011: 2013:	5.000 t 20.000 t
	Nolans	Prefeasibility Studie, Pilotanlage	2012:	20.000 t
	Dubbo	Exploration	2011:	3.000 t
Malawi	Kangankunde	Exploration	2012:	5.000 t

Vorkommen von Seltenen Erdoxiden (SEO) in Europa

Im Weltmaßstab existieren in Europa - mit zwei Ausnahmen - nur unbedeutende Vorkommen an Seltenen Erden. So besitzt im Vergleich die australische Lagerstätte Mt. Weld Ressourcen von 7,7 Mio. t Erz mit einem Gehalt von 11,9 % SEO, entsprechend 917.000 t SEO-Inhalt. Die chinesische Lagerstätte Bayan Obo soll ursprünglich Vorräte von 600-800 Mio. t Erz mit einem Durchschnittsgehalt von 6 % SEO besessen haben. Von diesen ursprünglichen Erzvorräten wurden jedoch bereits 250 Mio. t abgebaut und nur 10 % der darin enthaltenen Seltenen Erden ausgebracht.

In Europa werden Seltene Erden derzeit nur in Russland abgebaut. Auf der Kola-Halbinsel gewinnt die Lovozerskaya GOK aus dem riesigen Lovozero Alkalikomplex ein Loparitkonzentrat, das ca. 90 % Loparit und neben den Hauptwertmineralen Titan, Tantal und Niob auch durchschnittlich 32 % SEO enthält. Im Jahr 2003 wurden 7.800 t dieses Konzentrates produziert und damit nur ein Drittel der Menge wie noch 1991. Die bauwürdigen Reserven von SEO im Lovozero-Komplex sind unbekannt, jedoch werden die Ressourcen auf 4,4 Mio. t SEO-Inhalt geschätzt.

Seltene Erden könnten auch aus verschiedenen anderen Alkalikomplexen der Kola-Halbinsel gewonnen werden, doch erscheinen diese, trotz teils sehr hoher SE-Ressourcen, aufgrund sehr geringer Gehalte derzeit als nicht abbauwürdig. Die einzige andere SE-Ressource im europäischen Teil Russlands befindet sich ganz im Nordosten Europas, in den Öl-Sandsteinen der Yaregskoe-Ablagerung in der Republik Komi. Die dortigen geologischen Ressourcen betragen knapp 1 Mio. t SEO – diese sind jedoch ebenfalls nicht bauwürdig.

Im Süden Grönland enthält das Kvanefjeld Polymetall-Projekt der Greenland Minerals and Energy Ltd. große Ressourcen an Seltenen Erden. Es handelt sich um eines der größten Seltene Erden-Vorkommen der Erde. Der Abbau dieser Rohstoffgruppe ist als Beiprodukt des Uranbergbaus geplant. Weitere wirtschaftlich wichtige Beiprodukte könnten Zink, Zirkonium, Lithium, Beryllium und Natriumfluorid sein. Die Ressourcen im Kvanefjeld-Vorkommen betragen 457 Mio. t Erz mit einem Gehalt von 1,07 % SEO, entsprechend 4,91 Mio. t SEO-Inhalt. Das Projekt befindet sich noch in der Prefeasibility-Phase. Angaben zu einem geplanten Abbaustart wurden daher noch nicht veröffentlicht.

Auch in anderen Teilen Grönlands wurden zwischenzeitlich Anreicherungen von Seltenen Erden nachgewiesen, am Bedeutendsten zu nennen der Sarfartôq Karbonatit und der Qaqarssuk Karbonatitkomplex in Westgrönland.

In der nordschwedischen Provinz Norrbotten führen die Apatite der Apatit reichen Eisenerze des Kiruna-Gebietes leichte Seltene Erden. Aus diesen Apatiten könnten Seltene Erden als Beiprodukt gewonnen werden, wobei die Gehalte zwischen 0,2 bis 0,7 % SE im Apatit liegen. Der staatliche schwedische Konzern LKAB gewinnt in Kiruna Eisenerz und verfügt seit den 1980er Jahren auch über die Möglichkeit zur Produktion von 150.000 - 200.000 t Apatitkonzentrat pro Jahr. Das bisher ungenutzte SE-Potenzial Nordschwedens liegt dementsprechend zwischen 300 und 1.400 t pro Jahr.

In Deutschland, nahe Storkwitz bei Delitzsch (Sachsen), wurde Mitte der 1970er Jahre im Rahmen von Explorationstätigkeiten auf Uran ein Vorkommen entdeckt, das nach weiteren Explorationsarbeiten bis in die 1980er Jahre hinein mögliche Ressourcen von 41.600 t SEO bei einem Durchschnittsgehalt von 0,48 % SEO enthalten soll (Stedingk 2007). Das heutige etwa 100 km² große Aufsuchungfeld wurde der Deutschen Rohstoff AG verliehen.

Nitschke (2009) berichtet von Seltenen Erden-Vorkommen in Südost-Portugal (Portalegre) und in Spanien (Vale de Cavalos) mit Durchschnittsgehalten von 0,435 und 0,465 % SEO. Diese erscheinen aus heutiger Sicht jedoch nicht bauwürdig.

Orris & Grauch (2002) erwähnen weiterhin den großen Jacupirangit-Gang in Kodal, Norwegen, und das Barium-Fluor-Thorium-Vorkommen Kizilçaören, Türkei, als potenzielle SE-Vorkommen in Europa, wobei letzteres in Bastnäsit immerhin rund 131.000 t SEO enthält.

Ausblick in die SE-Versorgung der nächsten Jahre

Vergleicht man die Produktion des Marktführers China und die fortgeschrittenen Explorationsprojekte mit der angestrebten Produktionskapazität, wird erkennbar, dass die zukünftige und zusätzliche Produktion von SE der nächsten Jahre neben China aus der Wiederinbetriebnahme von Mountain Pass (20.000 t/a SEO) sowie überwiegend aus Australien (>40.000 t/a SEO) kommen wird. In Kanada werden bis zu 9.000 t/a SEO, in Indien 4.000 t/a SEO und in Malawi 5.000 t/a SEO erwartet. Über eine zukünftige mögliche Produktion von SE aus weiteren Ländern (Vietnam, Mongolei, Grönland) kann zurzeit nur spekuliert werden. China versucht, sich an allen wichtigen SE-Projekten außerhalb des eigenen Landes zu beteiligen, um so weiterhin die Versorgung an SE weltweit zu kontrollieren. Darüber hinaus fördert China die Wert steigernde Verarbeitung von Seltenen Erden im eigenen Land.

Bei der für 2012 vermuteten Nachfrage von 180.000 bis 190.000 t/a an SEO und einem daran gehaltenen Anteil Chinas von ca. 130.000 bis 140.000 t/a könnte das weltweite Defizit leicht aus den Kapazitäten der USA und besonders Australiens gedeckt werden. Der Anteil der anderen Länder am Weltmarkt wäre dagegen weiterhin unbedeutend.

Für den Zeitraum nach 2012 zeichnet sich dagegen bei ständig weiter zunehmender Nachfrage (in Abhängigkeit der weltweiten Wirtschaftsentwicklung, neuer Technologien u. a.) ein größeres Defizit für einzelne Seltene Erden ab, dessen Deckung derzeit nicht absehbar ist und von der Entwicklung weiterer Explorationsprojekte abhängt.

Angeführte Quellen

Haxel, G.B., Hedrick, J.B. & Orris, G.J. (2002): Rare earth elements - critical resources for high technology.- U.S. Geol. Surv. Fact Sheet, 087-02: 4 p., 6 fig.; Reston, VA.

Kingsnorth, D.J. (2007): Rare Earths: An industry at the crossroads.- Vortrag gehalten auf der Konferenz “Minor Metals and Rare Earths 2007“, 5.-7.9.2007; HongKong.

Nitschke, S. (2009): Brief aus Bonn.- Forum; Metall Trends Ausgabe 2/2009: S. 2-4; GDM Information Group.

Orris, G.J. & Grauch, R.I. (2002): Rare Earth Element Mines, Deposits, and Occurrences.- USGS Open-File Rep., 02-189: 174 pp.; Tucson, AZ.

Stedingk, K. (2007): Zukunftsperspektiven für die Erz- und Spatlagerstätten in Sachsen-Anhalt? - Vortrag beim GDMB-Fachausschuss „Rohstoffwirtschaft“, Sitzung am 08. November 2007 in Freiberg.

Hannover, den 20.11.2009

Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe
Stilleweg 2
D-30655 Hannover

Maren.Liedtke@bgr.de
Tel. 0511 - 6 43 25 25
Fax: 0511 - 6 43 36 61

Harald.Elsner@bgr.de
Tel. 0511 - 6 43 23 47
Fax: 0511 - 6 43 36 61

Seltene Erden

Verwendung (2008)	Magnete (21,5 %), Katalysatoren (18,5 %), Metallurgie (18 %), Polituren (12 %), Gläser (10 %), Leuchtmittel (7 %), Keramik (6 %), Andere (7 %)

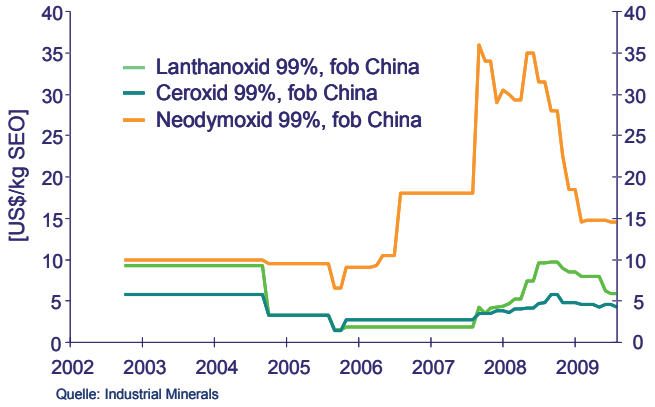
Angebot (2007)	
Bergwerksproduktion weltweit	123.700 t Seltene Erdoxide (SEO)
Sichere + wahrscheinliche Vorräte weltweit	87,4 Mio. t SEO (China 31 %, GUS 22 %, USA 15 %, Australien 6 %, Indien 1 %, andere 25 %)
Regionale Konzentration der Produktion (*)	China (97 %), Indien (2 %), Brasilien + Malaysia (1 %), Russland (Förderhöhe unbekannt)
Unternehmerische Konzentration (*)	Chinesische Staatsfirmen (~ 97%; Baotou Iron and Steel and Rare Earths Corp. 46 %, Ganzhou Rare Earths Co. 26 %, Zhujiang Smelter 4 %, Shanghai Yaolong Nonferrous Metals Co. 2 %, Jiangxi Rare Earths Co. 1 %), Indische Staatsfirmen (2 %, Indian Rare Earths Ltd.), Industrias Nucleares do Brasil S.A. (< 1 %)

Nachfrage (2007)		
Verbrauch Welt	117.000 t SEO	
Verbrauch Deutschland	3.000 t SEO (Schätzung)	
Nettoimport Deutschland	Cerverbindungen: Metall: Oxide: Erz & Konzentrat: Chemikalien & Produkte:	673 t 430 t nicht erfasst nicht erfasst nicht erfasst

Preisentwicklung

Ausgewählte SEO, fob China

Preise in US$ / kg, Monatsdurchschnitt



Recyclingrate	Gering, Details nicht bekannt
Substitutionsmöglichkeiten	Zahlreiche Minerale mit häufig jedoch minderwertigeren Eigenschaften

Sensibilität der Liefer- und Wertschöpfungskette	Extrem durch Konzentration der Abbaustellen, Vorräte und Produzenten in China
Strategische Bedeutung	Extrem durch Nutzung in Permanentmagneten (Elektromotoren), NiMH-Batterien, Katalysatoren, Leuchtmitteln (Energiesparlampen) u. a.
Sonderprobleme	Exportbeschränkungen durch China, sehr kostenintensive Aufbereitung

(*) Zahlen in Klammern = Anteil an der Weltproduktion an Erz in 2007