

## Kritische Versorgungslage mit schweren Seltenen Erden – Entwicklung „Grüner Technologien“ gefährdet?

*Harald Elsner*

Seit einigen Jahren steht die Versorgung mit mineralischen Rohstoffen wieder verstärkt im Blickfeld der Wirtschaft, der Politik und auch der Öffentlichkeit. Besonders intensiv wurde gerade im letzten Jahr auch seitens der deutschen Presse über Seltene Metalle bzw. Elektronikmetalle und über die Gruppe der Seltenen Erden berichtet. Zu beiden Rohstoffgruppen liegen gesonderte Beiträge in der Reihe Commodity Top News vor (LIEDTKE & ELSNER 2009; ELSNER et al., 2010). Die Problematik der Versorgung der deutschen Wirtschaft mit Seltenen Erden hält an, wobei aber für die gesamte Untergruppe der sogenannten leichten Seltenen Erden (Cer, Lanthan u. a.) ab Anfang/Mitte 2012 eine deutliche Entspannung der Marktlage abzusehen ist. Dagegen wird sich die Versorgung mit schweren Seltenen Erden (Dysprosium, Europium u. a.), die in vielen so genannten. „Grünen Technologien“ Verwendung finden, weiter verschärfen. Dieser Beitrag in den Commodity Top News weist auf die kritische Versorgungslage mit schweren Seltenen Erden hin, und diskutiert mögliche Auswirkungen auf die Entwicklung „Grüner Technologien“.

### Übersicht über die Seltenen Erden

Unter dem Begriff Seltene Erden (SE) werden geochemisch Lanthan und die im Periodensystem auf das Lanthan folgenden 14 Elemente, die Lanthanoide, sowie Yttrium und Scandium zusammengefasst. Von den Lanthanoiden kommt das Element Promethium nicht natürlich vor und hat deswegen keine wirtschaftliche Bedeutung. Scandium (s. ELSNER et al. 2010) entsteht unter anderen Bildungsbedingungen und wird in den meisten SE-Bergbauprojekten nicht zu den wirtschaftlich relevanten SE gezählt.

Die Seltenen Erden kommen nur gemeinsam vor und können auch nur zusammen abgebaut werden. Die meisten der Seltenen Erden sind in der Erdkruste nicht selten, allerdings sind sie nicht häufig in wirtschaftlich abbaubaren Mengen angereichert.

Die Verteilung der einzelnen Seltenen Erdoxide (SEO) [Bis auf die GUS-Staaten und gelegentlich China werden Vorräte und Produktion von SE weltweit in Form von SEO angegeben] hängt von der Art der Lagerstätte ab. Cer, Lanthan, Neodym und Praseodym gehören zu

den leichten Seltenen Erden. Ihr Anteil in den meisten Lagerstätten beträgt meist deutlich > 90 %, so z. B. auch in der Lagerstätte Bayan Obo in China, aus der 2010 über 50 % der Weltproduktion an SEO stammten.

Zu den schweren Seltenen Erden zählen mit ansteigendem Atomgewicht:

- Yttrium (Y)
- Samarium (Sm)
- Europium (Eu)
- Gadolinium (Gd)
- Terbium (Tb)
- Dysprosium (Dy)
- Holmium (Ho)
- Erbium (Er)
- Thulium (Tm)
- Ytterbium (Yb) und
- Lutetium (Lu).

In der großen Mehrheit der SE-Lagerstätten sind alle schweren SE in nur sehr geringen Konzentrationen vertreten. Sie machen in ihrer Summe nur 2,3 % aller SEO in der größten in Abbau stehenden Lagerstätte

Bayan Obo/China und weniger als 4,0 bzw. 1,4 % aller SEO in den in Kürze in Produktion gehenden Lagerstätten Mt. Weld/Australien bzw. Mountain Pass/Kalifornien (s. u.) aus

## Verwendung

Seltene Erden werden heute fast ausschließlich nach element- und hochreiner Aufbereitung in zahlreichen Hochtechnologiebereichen eingesetzt. Die wichtigsten Einsatzbereiche der schweren Seltenen Erden sind dabei:

### Yttrium (Y)

Der Haupteinsatz von Yttrium besteht in der Form von Y-stabilisiertem Zirkoniumdioxid, das zur Herstellung hochwiderstandsfähiger Keramik genutzt wird. Diese wiederum findet man beispielsweise in Lambda-Sonden, in hitzeresistenten Kacheln in der Raumfahrt, aber auch in künstlichen Gelenken oder als Zahnersatz. Auch in den meisten Brennstoffzellen wird Y-stabilisiertes Zirkoniumdioxid eingesetzt.

Der zweite wichtige Einsatzbereich von Y liegt zusammen mit anderen schweren SE (Eu, Tb) in der Produktion von Leuchtstoffen für Leuchtröhren und Lampen.

Yttrium-Barium-Kupferoxide sind Hochtemperatursupraleiter der zweiten Generation, wie sie z. B. im Desertec-Konzept für die Weiterleitung von Strom über weite Strecken eine wichtige Rolle spielen könnten.

### Samarium (Sm)

Der mit Abstand wichtigste Verwendungszweck von Samarium liegt in der Produktion von Sm-Co-Magneten, die durch ihre höhere Temperaturbeständigkeit in einigen Einsatzbereichen sogar den Nd-Fe-B-Magneten überlegen sind. Sie werden in der Herstellung von Mikromotoren in Sensoren, Kraft- sowie Luft- und Raumfahrzeugen verwendet.

### Europium (Eu)

Die Nachfrage nach Europium als roter Leuchtstoff, ursprünglich ausschließlich für Farbfernseher verwendet, ermöglichte nach 1964 den großmaßstäblichen Betrieb des ersten SE-Bergwerks der Welt, Mountain Pass in Kalifornien. Auch heute stellt Europium einen wichtigen Bestandteil blauer und (zusammen mit Y) roter Leuchtstoffe dar.

### Gadolinium (Gd)

Trotz zahlreicher Einsatzbereiche in vielen Hochtechnologieanwendungen hat Gadolinium derzeit nur Bedeutung als sehr spezieller grüner Leuchtstoff, z. B. in Radarbildschirmen. Eine wichtige zukünftige Bedeutung wird jedoch vermutlich in Form von Gd-Si-Ge-Legierungen (zusammen mit La, Tb und Er) in der Herstellung von Kühlsystemen nach dem magnetokalorischen Prinzip liegen. Diese FCKW-freien Kühlsysteme könnten ein wichtiger zukünftiger Einsatzbereich für SE werden.

### Terbium (Tb)

Terbium ist (zusammen mit Cer) der derzeit wichtigste grüne Leuchtstoff und findet zusammen mit Eu intensive Verwendung in der Produktion von energiesparenden Leuchtmitteln.

Auch in wiederbeschreibbaren Disks und in Nd-Fe-B-Magneten hat Tb wichtige Anwendungsgebiete.

### Dysprosium (Dy)

Die mit Abstand wichtigste derzeitige und vermutlich auch zukünftige Verwendung von Dysprosium liegt in der Zugabe bei der Herstellung von Nd-Fe-B-Magneten (im Mittel 5-6 % Dy), die sonst bei Temperaturen über 80° C ihre Funktion verlieren würden. Da in den meisten Anwendungen eine derartige Temperaturerhöhung nicht ausgeschlossen werden kann, stellt Dy das kritischste Element in der zukünftigen Nutzung von SE-Permanentmagneten dar. Der Nutzung von SE in Permanentmagneten (z. B. in getriebelosen, wartungsarmen Windkraftanlagen, in Wasserkraftwerken, Hybridmotoren oder in der E-Mobilität) werden weltweit die größten Wachstumsraten zugeschrieben,



Abb. 1: Nd-Fe- und Dy-Barren, Foto: Vacuumschmelze GmbH & Co. KG, Hanau

so dass die ausreichende Verfügbarkeit von Dy die Verbreitung dieser „Grünen Technologien“ stark beeinflussen wird.

### **Holmium (Ho), Thulium (Tm), Ytterbium (Yb)**

Holmium, Thulium, und Ytterbium haben nur wenige Einsatzbereiche und werden allgemein nicht als kritische Elemente angesehen.

### **Erbium (Er)**

Ähnlich Holmium kommt Erbium nur in wenigen Bereichen zum Einsatz. Völlig untypisch für den Rest der Welt ist jedoch der deutsche Bedarf relativ hoch, da Erbiumoxid von vielen deutschen Glasproduzenten zum Entfärben (bei Eisen reichen Quarzsanden) oder zum Läutern (Austreiben von Blasen) von Glas eingesetzt wird. Eine Substitution von Erbiumoxid in diesen Einsatzbereichen ist unter gewissen Voraussetzungen möglich.

### **Lutetium (Lu)**

Lutetium wird bei der Herstellung von Positronen-Emissions-Tomographen verwendet, die auch in Deutschland hergestellt werden. Es wird allgemein nicht als kritisches Element angesehen, da die eingesetzten Mengen gering sind.

### **Mischmetall**

Samarium, Terbium und Yttrium sind auch untergeordnete Bestandteile in „Mischmetall“, einer Mischung von SE in metallischer Form, die u.a. für die Herstellung von Nickel-Metall-Hydrid-Batterien verwendet wird.

## **Produktion**

In den letzten Jahren wurden Seltene Erden nur in vier Ländern produziert:

- China: 130.000 t SEO-Äquivalent im Jahr 2010, s. u.
- USA: 1.883 t (ausschließlich leichte) SE-Oxide, -Karbonate und -Hydrate im Jahr 2010 aus Althalden vom Mountain Pass
- Russland: 1.898 t (ausschließlich leichte) SEO im Jahr 2009 aus Loporiterz von Lovozero/Kola-Halbinsel
- Indien: 35 t (ausschließlich leichte) SE-Fluoride, -Oxide und -Hydrate im Geschäftsjahr 2007/8 aus Th-Rückstandshalden von Udyogamandal bei Aluva/Kerala

Die immer wieder zitierte Produktion von SE in Brasilien (Caldas/Minas Gerais) wurde bereits 1996 eingestellt und der in Buena/Rio de Janeiro bei der Aufbereitung von Schwermineralsanden anfallende Monazit seitdem aufgehaldet. Im Jahr 2008 kamen 834 t Monazit hinzu.

Die ebenfalls häufig falsch wiedergegebene Produktion von SE in Malaysia in Bukit Merah/ Perak (nicht zu verwechseln mit der Neuaufnahme der Produktion durch die Lynas Corp. Ende 2011 in Kuantan/Pahang) begann 1982 und endete 1994 nach massiven Umweltproblemen. Der seitdem bei der Aufbereitung des Zinnsteins in Malaysia (und des gesamten südostasiatischen Zinnsteingürtels) anfallende Monazit und Xenotim (650 t in Malaysia im Jahr 2008) wird seitdem nach China exportiert und dort zu SE verarbeitet. 2008 importierte China offiziell 3.659 t SE-Erze und -Konzentrate, die wohl vornehmlich aus dieser Region stammten.

Alle schweren Seltenen Erden, die derzeit produziert werden, stammen aus China. China veröffentlicht keine Produktionszahlen für einzelne SE, will aber nach Pressemitteilungen die Produktion von schweren SE im Jahr 2011 auf 13.400 t (umgerechnet ca. 15.400 t SEO) begrenzen.

Eine überschlägige Berechnung der Produktion von schweren SEO in China ist aus der Grundlagenplanung für den laufenden Fünfjahresplan möglich. In ihm sind die geplanten Produktionszahlen von SEO nach einzelnen Provinzen aufgeschlüsselt (Tabelle 1).

Zu den offiziellen Planzahlen für die SEO-Produktion aus den chinesischen Lagerstätten sind die SEO-Produktionszahlen aus dem Import und der Verarbeitung von Monazit und Xenotim aus den südostasiatischen Zinnsteinlagerstätten hinzuzurechnen. Da die offizielle SEO-Produktion im Jahr 2010 diese Gesamtsumme von 124.150 t SEO jedoch um 5.850 t SEO überstieg, wurde in Tab. 1 ein Korrekturfaktor benutzt, um realistischere individuelle SEO-Produktionszahlen zu erhalten.

Ebenfalls berücksichtigt werden muss die auch von der chinesischen Regierung zugegebene SEO-Produktion durch illegale Betriebe vornehmlich in den südlichen Provinzen Chinas. Diese Produktion wird auf maximal 20.000 t SEO geschätzt. Sie entspricht somit in ihrer Höhe ungefähr der legalen Produktionsmenge aus den dortigen an schweren SE angereicherten

**Tab. 1:** Vermutete Produktion von schweren SEO in China

Provinz	Typ (Typische Lagerstätte)	Produktion Plan: 2010 Plan: 2015	Anteil an				
			Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Sm <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Eu <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Tb <sub>4</sub> O <sub>7</sub>	Dy <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Innere Mongolei	Bastnäsit (Bayan Obo)	75.000 t	<0,1 %	0,8 %	0,2 %	0,1 %	0,1 %
		84.000 t	0 t <sup>1)</sup>	600 t	150 t	75 t	75 t
Sichuan	Bastnäsit (Maoniuping)	20.000 t	0,5 %	1,5 %	0,2 %	< 0,1 %	0,2 %
		24.000 t	100 t	120 t	40 t	0 t <sup>1)</sup>	40 t
Shandong	Bastnäsit (Weishan) <sup>2)</sup>	5.000 t	<0,1 %	0,8 %	0,2 %	0,1 %	0,1 %
		6.000 t	0 t <sup>1)</sup>	40 t	10 t	5 t	5 t
Guangdong	Ionenadsorptionston	13.000 t	20,0 %	5,2 %	0,7 %	0,6 %	3,6 %
		14.000 t	2.600 t	676 t	91 t	78 t	468 t
Jiangxi	Ionenadsorptionston (Longnan)	8.000 t	62,0 %	5,0 %	0,1 %	1,0 %	7,2 %
		9.600 t	4.960 t	400 t	8 t	80 t	576 t
Fujian	Ionenadsorptionston <sup>3)</sup>	300 t	20,0 %	5,2 %	0,7 %	0,6 %	3,6 %
		1.000 t	60 t	15 t	2 t	2 t	11 t
Hunan	Ionenadsorptionston <sup>3)</sup>	500 t	20,0 %	5,2 %	0,7 %	0,6 %	3,6 %
		1.000 t	100 t	26 t	4 t	3 t	18 t
Yunnan	Ionenadsorptionston <sup>3)</sup>	200 t	20,0 %	5,2 %	0,7 %	0,6 %	3,6 %
		200 t	40 t	10 t	0 t <sup>1)</sup>	0 t <sup>1)</sup>	7 t
Guangxi	Ionenadsorptionston <sup>3)</sup>	200 t	20,0 %	5,2 %	0,7 %	0,6 %	3,6 %
		200 t	40 t	10 t	0 t <sup>1)</sup>	0 t <sup>1)</sup>	7 t
China (Plan), gesamt		122.200 t	7.900 t	1.897 t	305 t	243 t	1.207 t
		140.000 t	9.350 t	2.196 t	350 t	282 t	1.419 t
Südostasien <sup>4)</sup>	Monazit (3.480 t) <sup>5)</sup> @ 60 % SEO	1.900 t	2,4 %	3,0 %	0,1 %	0,7 %	0,8 %
	Xenotim (180 t) @ 30 % SEO	50 t	60,8 %	1,9 %	0,2 %	1,0 %	8,7 %
China (Ist), gesamt <sup>6)</sup>		130.000 t	8.270 t	1.990 t	320 t	255 t	1.260 t
Südliche Provinzen (illegal)	Ionenadsorptionston <sup>3)</sup>	20.000 t <sup>7)</sup>	20,0 %	5,2 %	0,7 %	0,6 %	3,6 %
		10.000 t <sup>7)</sup>	4.000 t	1.040 t	140 t	120 t	720 t
<b>SUMME</b>		<b>Prod. 2010</b>	<b>12.270 t</b>	<b>3.030 t</b>	<b>460 t</b>	<b>375 t</b>	<b>1.980 t</b>
		<i>Prod. 2015</i>	<i>11.425 t</i>	<i>2.770 t</i>	<i>420 t</i>	<i>355 t</i>	<i>1.800 t</i>
SUMME <sup>8)</sup>		Angebot 2010	10.500 t	2.800 t	330 t	310 t	1.800 t
		Nachfrage 2010	7.900 t	700 t	410 t	440 t	1.800 t

<sup>1)</sup> vermutlich aufgrund des geringen Gehalts keine Produktion, <sup>2)</sup> SEO-Verteilung nicht publiziert, deshalb Annahme wie Bayan Obo, <sup>3)</sup> SEO-Verteilung nicht publiziert, deshalb Annahme wie Guangdong, <sup>4)</sup> Import und Aufbereitung von 3.659 t Monazit (95 %) und Xenotim (5 %) pro Jahr aus Südostasien, <sup>5)</sup> SEO-Verteilung im Monazit nicht publiziert, deshalb Annahme südchinesischer Seifenmonazit aus Nangang/Guangdong @ 90 % Ausbringen, <sup>6)</sup> Korrekturfaktor von 1,047 [Quotient aus SEO Ist-Produktion im Jahr 2010 (130.000 t) durch Summe SEO Plan-Produktion aus inländischen Lagerstätten (122.200 t) + SEO aus Importen (1.950 t)], <sup>7)</sup> zusätzliche illegale Produktion geschätzt 20.000 t SEO im Jahr 2010 bzw. 10.000 t SEO im Jahr 2015, vorwiegend in den südlichen Provinzen, d. h. aus Ionenadsorptionstonen, <sup>8)</sup> Schätzung von Angebot und Nachfrage spezifischer schwerer SE im Jahr 2010 nach Lynas Corp. (2010).

Ionenadsorptionstonen. Fast die Hälfte des weltweiten Angebots an schweren Seltenen Erden stammt damit aus illegaler Produktion, die besonders umweltschädigend ist. Die chinesische Regierung hat begonnen, hiergegen massiv vorzugehen, was bereits zu deutlichen Preiserhöhungen für alle Seltenen Erden führte. Dies wiederum bewirkt einen starken Anreiz der dort agierenden Banden und korrupten Funktionäre, die illegale Produktion unter allen Umständen fortzusetzen. In Tabelle 1 wurde deshalb für 2015 nur von einer Halbierung der illegal produzierten SEO-Menge ausgegangen. Trotz der geplanten Erhöhung der offiziellen SEO-Produktion wird diese vermutete Halbierung der illegalen SEO-Produktion zu einem starken Angebotsrückgang besonders der schweren Seltenen Erden führen.

Zusammenfassend ergibt sich aus Tabelle 1, dass im Jahr 2010 weltweit ca. 12.270 t Y-Oxid, 3.030 t Sm-Oxid, 460 t Eu-Oxid, 375 t Tb-Oxid und 1.980 t Dy-Oxid zur Verfügung standen. Die australische Firma Lynas Corp., die Ende 2011 das Mt. Weld-Projekt in Produktion bringen wird, schätzt dagegen das jetzige Angebot an allen schweren Seltenen Erden teils deutlich niedriger. Sie berechnete neben Terbium auch für Europium schon jetzt eine deutliche Angebotslücke.

## Preisentwicklung der schweren Seltenen Erden

Seltene Erden werden im Wesentlichen als Oxide (SEO) oder Metalle (Einzelmetalle und Mischmetalle) aber auch als Verbindungen z. B. als Chloride und Karbonate gehandelt. Die Preise und auch die Qualitätsanforderungen werden zwischen dem jeweiligen Anbieter und dem Konsumenten individuell ausgehandelt. Ein Börsenhandel findet nicht statt.

Von 2005 bis Mitte 2008 sind die Preise für nahezu alle Seltenen Erden deutlich, für Terbium sogar stark, gestiegen. Zwischen der 2. Jahreshälfte 2008, mit Beginn der weltweiten Finanzkrise, bis zur Veröffentlichung der drastisch reduzierten chinesischen Exportquoten für SE, zu Beginn des 2. Halbjahres 2009, sind die Preise der meisten Seltenen Erden dann in unterschiedlichem Maße wieder gesunken (vgl. Abb. 2).

Ab dem 4. Quartal 2009 hat ein erneuter starker Preisanstieg eingesetzt, der bis Juli 2011 anhielt. Wider Erwarten hatte auch die japanische Tsunami-/Reaktorkatastrophe vom 11. März 2011 keinen Einfluss auf diese Preisentwicklung. Vor allem seit Beginn des Jahres 2011 haben die Preise für alle schweren Seltenen Erden schwindelerregende Höhen erreicht, und erst im August 2011 erfolgte ein Rückgang.

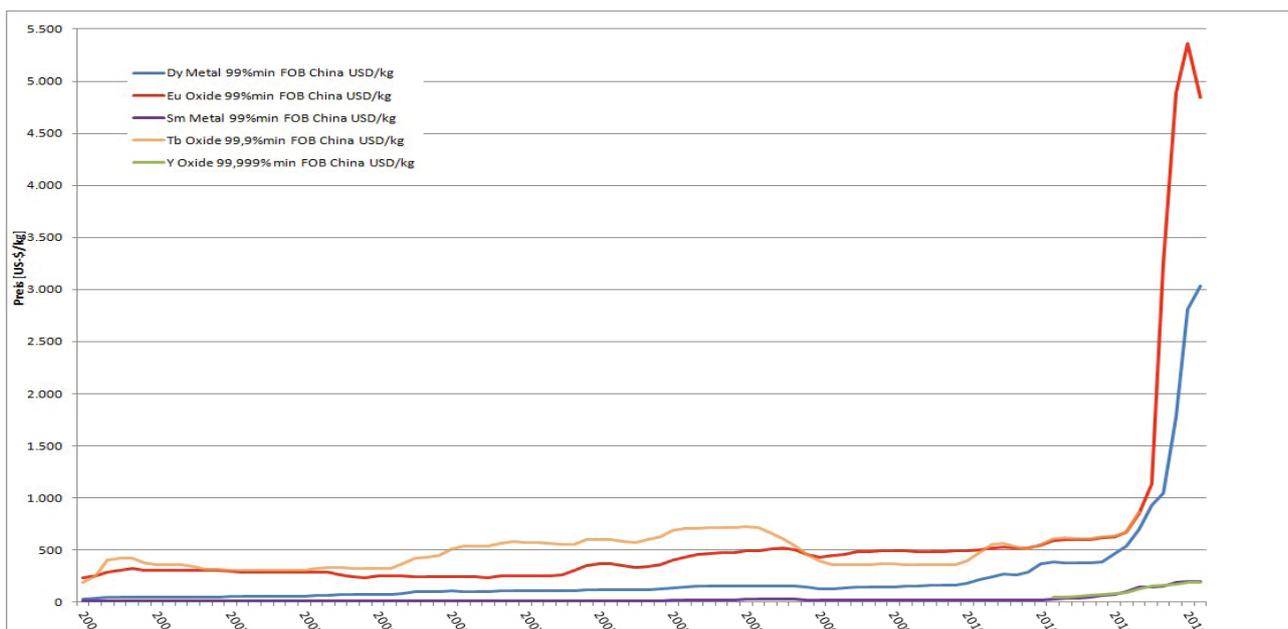


Abb. 2: Preisentwicklung für ausgewählte schwere Seltene Erden zwischen Januar 2004 und Anfang September 2011 (Quelle: ASIAN METALS).

Da mit Ausnahme von Terbium das Angebot an schweren Seltenen Erden zumindest theoretisch noch die Nachfrage übersteigt (Tab. 1), ist der Preisanstieg im Jahr 2011 ganz offensichtlich auf den steigenden Einfluss von Spekulanten und die künstliche Verknappung des Angebots durch chinesische Produzenten zurückzuführen. Diese gehen aufgrund der die SE-Produktion beschränkenden Erlasse der chinesischen Regierung (Erhöhung der Bergbausteuer ab 1.4.2011, Konzentration von SE-Betrieben, Einrichtung von SE-Bergbauzonen, Einführung von Umweltrichtlinien) sowie sinkender Exportquoten und steigender Exportzölle von zukünftig weiter ansteigenden Preisen aus und halten daher ihre Ware zurück.

### Zukünftiges Angebot und Nachfrage

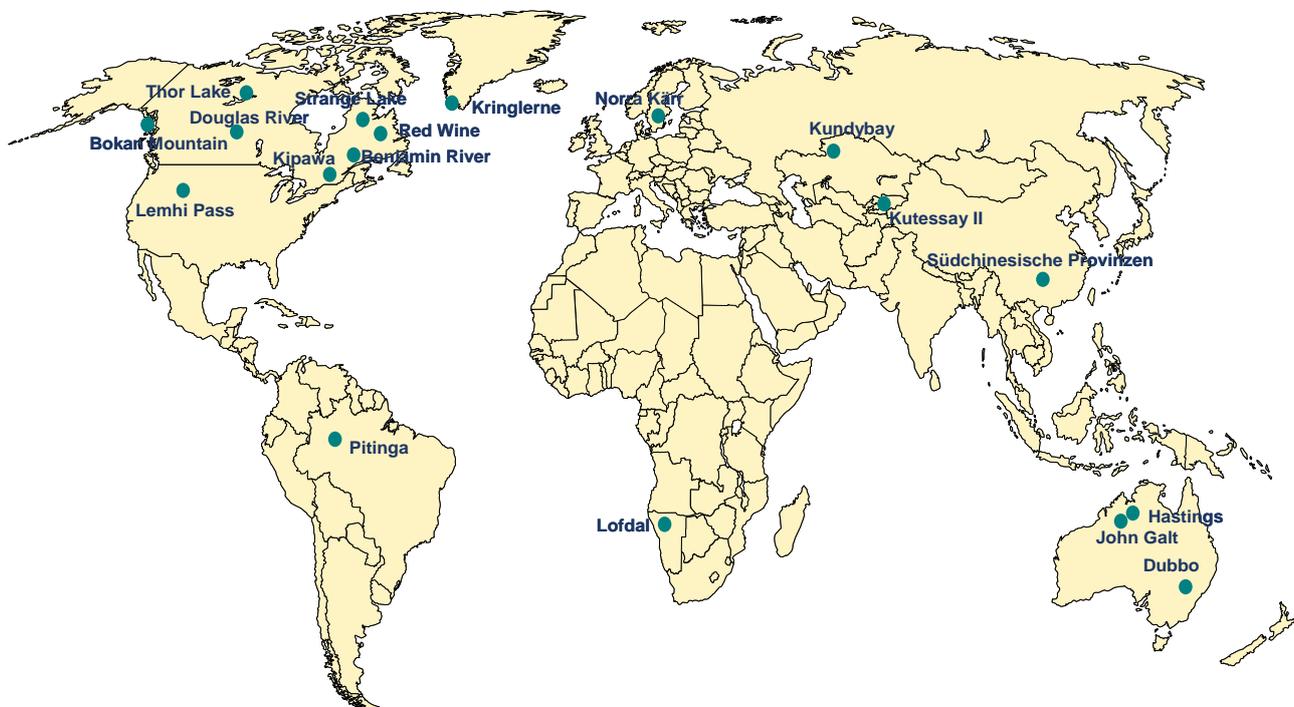
Zur Mitte 2011 zählten US-amerikanische Experten 381 SE-Projekte, die durch 244 Firmen in 35 Ländern in derzeit sehr unterschiedlichen Stufen entwickelt werden. Trotz anderweitiger Beteuerungen der jeweiligen Lizenzinhaber werden hiervon sicherlich nur ein sehr geringer Anteil, geschätzt 5 %, jemals in Produktion gehen. Die wichtigsten Gründe hierfür liegen im Fehlen strategischer Investoren, im fehlenden Knowhow der hydrometallurgischen Aufbereitung der

SE-Mineralerale sowie auch in der irgendwann einsetzenden Übersättigung des Marktes für leichte SE.

Von den o. g. 381 Projekten sind, soweit bekannt, nur 17 durch einen erhöhten Anteil (> 15 %) an schweren SE gekennzeichnet. Vorteilhaft bei den meisten dieser Projekte ist die vergleichsweise geringe Radioaktivität der Erze, von Nachteil dagegen die ebenfalls meist sehr geringen Vorräte. Einen Überblick über die geographische Lage der 17 Vorkommen mit einem erhöhten Anteil an schweren SE gibt Abbildung 3. In Tabelle 2 sind wichtige Kenndaten dieser 17 Vorkommen aufgelistet.

Generell kann davon ausgegangen werden, dass neue SE-Bergbauprojekte mit einem Inhalt < 1 Mio. t SEO – mit Ausnahmen – unter marktwirtschaftlichen Bedingungen nicht wirtschaftlich sind. Dies trifft auch für SE-Projekte mit einem erhöhten Anteil an schweren SE mit einem Lagerstätteninhalt < 300.000 t SEO zu.

Bis 2015 werden möglicherweise neben Mt. Weld, Mountain Pass und weiteren Projekten in Vietnam, Kasachstan und Indien nur Dubbo und Pitinga in Produktion gehen. Nur die beiden letzteren enthalten



**Abb. 3:** Abbaustellen, Lagerstätten und Vorkommen mit einem erhöhten Anteil (> 15 %) von schweren Seltenen Erden.

**Tab. 2:** Kenndaten der weltweit bekannten Lagerstätten und Vorkommen mit einem erhöhten Anteil (> 15 %) von schweren Seltenen Erden

Land	Name	Vorräte (t SEO)	Gehalt (% SEO)	Anteil (% schw. SEO)	Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	Sm <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	Eu <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	Tb <sub>4</sub> O <sub>7</sub> (%)	Dy <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)
Australien	Dubbo	648.000	0,89	25,7	15,8	2,5	0,1	0,3	2,0
Australien	Hastings	76.000	0,21	88,0	53,4	2,2	0,1	1,1	8,8
Australien	John Galt	30.000	7,96	94	67	nicht publiziert			9
Brasilien	Pitinga	nicht publiziert		85,3	42,8	1,5	< 0,1	0,9	8,5
Grönland	Kringlerne	5.000.000	ca. 0,7	32,6	17,8	3,0	0,2	0,6	3,1
Kanada	Benjamin River	in Exploration		33,3	17,8	3,6	0,2	0,6	3,2
Kanada	Douglas River	in Exploration		99,8	80,4	< 0,1	0,3	2,0	11,8
Kanada	Kipawa	47.000	0,65	16,9	23,0	2,9	0,4	0,6	3,7
Kanada	Red Wine	In Exploration							
Kanada	Strange Lake	584.000	1,15	44,7	28,1	2,6	0,2	0,6	4,1
Kanada	Thor Lake	4.824.000	1,36	26,1	11,7	3,9	0,5	0,5	2,7
Kasachstan	Kundybay	30.000	0,04	84,3	54,0	2,1	0,9	0,9	7,1
Kirgisistan	Kutessay II	44.000	0,26	52,6	27,6	3,9	2,6	1,2	6,5
Namibia	Lofdal	In Expl.	1,86	17,3	9,0	1,8	0,6	0,3	1,6
Schweden	Norra Kärr	327.000	0,54	54,8	35,2	2,2	0,3	0,7	4,8
USA	Bokan Mountain	27.000	0,75	42,3	25,3	3,7	0,4	0,7	3,9
USA	Lemhi Pass	322.000	0,53	53,0	21,0	11,0	4,0	0,5	4,0

jedoch nennenswerte Mengen an schweren SE. Zusätzlich kann von einem Angebot von ca. 10 % recycelten SE ausgegangen werden. Bis 2020 ist mit folgenden weiteren Projekten, die einen erhöhten Anteil an schweren SE enthalten, zu rechnen: Thor Lake, Strange Lake, Norra Kärr und Kringlerne – jedoch nur, sollten sich für diese Projekte strategische Investoren finden.

**Tab. 3.:** Angebot ausgewählter schwerer Seltener Erdoxide (in t) im Jahr 2015 (Annahmen: 80 % Ausbringen, 1.000 t/a Produktion in Pitinga).

	Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Sm <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Eu <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Tb <sub>4</sub> O <sub>7</sub>	Dy <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
China	11.425	2.770	420	355	1.800
Dubbo	1.020	130	5	15	100
Pitinga	340	10	0	5	65
Andere	1.040	780	115	20	105
Recycling	1.380	370	55	40	210
<b>Summe</b>	<b>15.200</b>	<b>4.060</b>	<b>595</b>	<b>435</b>	<b>2.280</b>

Aus Tabelle 3 ergibt sich für das Jahr 2015 ein vermutetes Angebot von 15.200 t Y-Oxid, 4.060 t Sm-Oxid, 595 t Eu-Oxid, 435 t Tb-Oxid und 2.280 t Dy-Oxid. Dem steht eine aufgrund von Wachstumsprognosen für einzelne SE-Anwendungsbereiche erwartete Nachfrage von 10.600-12.700 t Y-Oxid, 1.100-1.400 t Sm-Oxid, 725-775 t Eu-Oxid, 450-500 t Tb-Oxid und 2.750-3.000 t Dy-Oxid gegenüber (ergänzt nach KINGSNORTH 2010, 2011). Sollte aufgrund der Reaktor-katastrophe in Japan die weltweite und v. a. chinesische Inlandsnachfrage nach Windkraftanlagen deutlich ansteigen, wird dies einen zusätzlichen Nachfrageschub nach Dysprosium (und Neodym) auslösen.

## Fazit

Unter den Seltenen Erden sind die schweren Seltenen Erden bezüglich der Versorgungslage die kritischsten. Hiervon haben viele eine Bedeutung in der Entwicklung und Nutzung „Grüner Technologien“. Bereits jetzt übertrifft die weltweite Nachfrage nach Terbium das Angebot. Trotz Ausweitung der internationalen Produktion wird durch den Rückgang der Bergwerksförderung in China, verbunden mit der absehbaren stark

ansteigenden Nachfrage, bis 2015 auch die Nachfrage nach Europium und Dysprosium das Angebot dieser Elemente teils deutlich übersteigen.

Unmittelbar betroffen hiervon sind die Produzenten und Verbraucher von Leuchtmitteln sowie Permanentmagneten. Eine Substitution der Seltenen Erden in Leuchtstoffen ist nicht möglich. Für Windkraftanlagen können auch bestehende, jedoch mit Nachteilen verbundene technische Möglichkeiten ohne Einsatz von Dauermagneten weitergenutzt werden. Eine Substitution von SE-haltigen Dauermagneten in der E-Mobilität ist derzeit nur sehr eingeschränkt möglich.

Trotz bereits eingesetzter großer Bemühungen um Maximierung der SE-Recyclingquoten ist absehbar, dass zukünftig nur diejenigen Unternehmen von den großen Marktchancen in vielen Bereichen der „Grünen Technologien“ profitieren können, die sich in der Rohstoffversorgung mit Seltenen Erden abgesichert haben.

## Danksagung

Dank geht an alle deutschen Industrieverbraucher von Seltenen Erden, die sich in den letzten Monaten an einem Informationsaustausch zu diesem Thema beteiligt haben und teils auch zu dieser Veröffentlichung beitrugen.

## Angeführte Quellen

ELSNER, H., MELCHER, F., SCHWARZ-SCHAMPERA, U. & BUCHHOLZ, P. (2010): Elektronikmetalle - zukünftig steigender Bedarf bei unzureichender Versorgungslage?- Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Commodity Top News, 33: 13 S., 2 Abb., 5 Tab.; Hannover.

LIEDTKE, M. & ELSNER, H. (2009): Seltene Erden.- Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Commodity Top News, 31: 6 S., 3 Abb., 2 Tab., 1 Anl.; Hannover.

KINGSNORTH, D.J. (2010): Meeting the Challenges of Rare Earths Supply in the Next Decade.- Vortrag gehalten im The Hague Centre for Strategic Studies am 1.12.2010; Den Haag.

KINGSNORTH, D.J. (2011): Rare Earth Opportunities - Real or Imagery.- Vortrag gehalten auf der 2011 BBY Rare Earth Conference am 12.4.2011; Sydney.

Hannover, den 14.09.2011

Deutsche Rohstoffagentur (DERA) in der  
Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe  
(BGR)  
Stilleweg 2  
30655 Hannover  
Kontaktbuero-rohstoffe@bgr.de