



# Fallstudie zu den Umwelt- und Sozialauswirkungen der Gewinnung Seltener Erden in Bayan Obo, China

Lukas Rüttinger, adelphi; Robert Treimer, Montanuniversität Leoben; Günter Tiess, Montanuniversität Leoben; Laura Griestop, adelphi; Fiona Schüller, adelphi; Janis Wittrock, adelphi

Alle Rechte vorbehalten. Die durch adelphi erstellten Inhalte des Werkes und das Werk selbst unterliegen dem deutschen Urheberrecht. Beiträge Dritter sind als solche gekennzeichnet. Die Vervielfältigung, Bearbeitung, Verbreitung und jede Art der Verwertung außerhalb der Grenzen des Urheberrechtes bedürfen der schriftlichen Zustimmung von adelphi. Die Vervielfältigung von Teilen des Werkes ist nur zulässig, wenn die Quelle genannt wird.

*UmSoRess – Ansätze zur Reduzierung von Umweltbelastung und negativen sozialen Auswirkungen bei der Gewinnung von Metallrohstoffen*

*Ein Projekt im Auftrag des Umweltbundesamtes, gefördert im Rahmen des Umweltforschungsplanes des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit.*

*Laufzeit 01/2013 – 12/2015*

*FKZ 3712 94 315*



*Die veröffentlichten Papiere sind Zwischen- bzw. Arbeitsergebnisse der Forschungsnehmer. Sie spiegeln nicht notwendig Positionen der Auftraggeber, der Ressorts der Bundesregierung oder des Projektbeirats wider. Sie stellen Beiträge zur Weiterentwicklung der Debatte dar.*

**Zitiervorschlag:**

Rüttinger et al. (2014): Fallstudie zu den Umwelt- und Sozialauswirkungen der Gewinnung Seltener Erden in Bayan Obo, China. Berlin: adelphi.

## **Impressum**

Herausgeber: adelphi  
Autoren: Lukas Rüttinger, Robert Treimer, Günter Tiess, Laura Griestop,  
Fiona Schüler, Janis Wittrock  
Abbildungen: flickr/Jörg Schulz

Stand: Januar 2014

© 2014 adelphi



**adelphi** ist eine der führenden Institutionen für Politikanalyse und Strategieberatung. Wir sind Ideengeber und Dienstleister für Politik, Wirtschaft und Zivilgesellschaft zu globalen umwelt- und entwicklungspolitischen Herausforderungen. Unsere Projekte tragen zur Sicherung natürlicher Lebensgrundlagen bei und fördern nachhaltiges Wirtschaften. Zu unseren Auftraggebern zählen internationale Organisationen, Regierungen, öffentliche Einrichtungen, Unternehmen und Verbände.

Wir verknüpfen wissenschaftliche und technische Expertise mit analytischer und strategischer Kompetenz, Anwendungsorientierung und konstruktiver Problemlösung. Unser integrativer Ansatz verbindet Forschung, Beratung und Dialog in sechs Themenfeldern. Internationale und interdisziplinäre Projektteams gestalten weltweit in unterschiedlichen Kulturen und Sprachen eine gemeinsame Zukunft.

In mehr als zehn Jahren hat adelphi über 700 Projekte für 100 Auftraggeber konzipiert und umgesetzt und wichtige umwelt- und entwicklungspolitische Vorhaben fachlich und strategisch begleitet. Nachhaltigkeit ist Grundlage und Leitmotiv unseres Handelns nach außen und innen. Deshalb haben wir ein validiertes Umweltmanagementsystem eingeführt und stellen sämtliche Aktivitäten klimaneutral.

---

adelphi  
Caspar-Theyss-Strasse 14a  
14193 Berlin  
T +49 (0)30-89 000 68-0  
F +49 (0)30-89 000 68-10  
office@adelphi.de  
[www.adelphi.de](http://www.adelphi.de)

### **Lukas Rüttinger**

Lukas Rüttinger ist Senior Projektmanager bei adelphi und spezialisiert auf die Bereiche Ressourcen und Governance sowie Entwicklung und Sicherheit. Als Themenverantwortlicher ist er zudem für die Bereiche Mineralien und Bergbau sowie Friedensentwicklung und Konfliktanalyse zuständig.

ruettinger@adelphi.de

---

### **Laura Griestop**

Laura Griestop ist Research Analyst bei adelphi und arbeitet in den Bereichen Ressourcen und Governance sowie Klima und Energie.

griestop@adelphi.de

---

### **Fiona Schüller**

Fiona Schüller ist Research Analyst bei adelphi und arbeitet in den Bereichen Wasser, Ressourcen und Governance.

office@adelphi.de

---

## Montanuniversität Leoben

Die **Montanuniversität Leoben** ist eine von Europas führenden technischen Universitäten mit spezieller Ausrichtung. Sie verfügt über einzigartige Expertise entlang des Wertschöpfungskreislaufs: von den Rohstoffen zu den Grundstoffen über die Werkstoffe bis zum fertigen Bauteil und am Ende des Lebenszyklus zu Entsorgung und Recycling, wobei Nachhaltigkeit ein zentrales Prinzip darstellt.

Die Montanuniversität verknüpft anwendungsorientierte Forschung mit relevanter Grundlagenforschung und ganzheitlicher Ausbildung zukünftiger Führungskräfte.

Als international anerkanntes Exzellenzzentrum für Forschung und Lehre ist die Montanuniversität ein aktiver Partner der Industrie, welcher unter dem Leitprinzip der Entwicklung steht und somit zu effizientem und nachhaltigem Wirtschaften beiträgt.

### **Robert Treimer**

Robert Treimer ist seit 2009 als wissenschaftlicher Assistent am Lehrstuhl für Bergbaukunde, Bergtechnik und Bergwirtschaft der Montanuniversität Leoben tätig und ist Experte für mineralische Rohstoffe (Mineralogie, Lagerstättenkunde, Mineralwirtschaft).

Robert.Treimer@unileoben.ac.at

---

### **Kontakt:**

Montanuniversität Leoben  
Franz Josef-Straße 18  
8700 Leoben, Österreich  
Tel.: +43 3842 402  
E-Mail: office(at)unileoben.ac.at  
www.unileoben.ac.at

---



## Projekthintergrund

### **UmSoRes - Ansätze zur Reduzierung von Umweltbelastungen und negativen sozialen Auswirkungen bei der Gewinnung von Metallrohstoffen**

Rohstoffe werden zunehmend in abgelegenen, ökologisch sensiblen oder politisch instabilen Regionen erschlossen und produziert, in denen Umwelt- und Sozialstandards kaum oder nicht implementiert sind. Zugleich steigt die Förderung von Erzen mit niedrigeren Metallgehalten, verbunden mit einem höheren Energie-, Wasser- und Chemikalienverbrauch. Die Herausforderungen sind sowohl die ökologischen als auch die wirtschaftlichen und sozio-politischen Auswirkungen, die mit Exploration, Extraktion, Aufbereitung, Verhüttung und Transport verbunden sind.

In dem UBA-Forschungsprojekt „*Ansätze zur Reduzierung von Umweltbelastungen und negativen sozialen Auswirkungen bei der Gewinnung von Metallrohstoffen*“ steht die Erarbeitung konkreter politischer Handlungsansätze im Mittelpunkt. Der Fokus liegt auf der Einhaltung, Weiterentwicklung und globalen Verbreitung von international anerkannten Umwelt- und Sozialstandards bei der Rohstoffgewinnung. Das Ziel ist es zu identifizieren, wo die deutsche Umweltpolitik spezifische Beiträge leisten kann.

In Zusammenarbeit mit der Montanuniversität Leoben ermittelt und untersucht adelphi existierende Umwelt- und Sozialstandards im Bereich Rohstoffgewinnung anhand internationaler normativer Rahmensetzungen sowie konkret am Beispiel ausgewählter Länderfallstudien. Existierende globale Handlungsansätze zur Verbesserung der Umwelt- und Sozialsituation bei der Rohstoffgewinnung werden ebenso analysiert und bewertet. Auf dieser Basis werden konkrete Handlungsempfehlungen für die deutsche Umweltpolitik auf nationaler, europäischer und internationaler Ebene entwickelt.

Die folgende Fallstudie entstand als eine der insgesamt dreizehn Fallstudien zu den Umwelt- und Sozialwirkungen der Gewinnung von Seltenen Erden, Kupfer, Bauxit, Zinn und Gold.

# Inhalt

<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>V</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>V</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis</b>	<b>VI</b>
<b>Glossar</b>	<b>VII</b>
<b>1 Seltene-Erdelement-Gewinnung in Bayan Obo, China</b>	<b>1</b>
1.1 Fokus und Relevanz	1
1.2 Struktur des Bergbausektors und volkswirtschaftliche Relevanz	2
1.3 Geologischer Rahmen und Mineralisation	2
1.4 Abbauverfahren	3
1.5 Aufbereitung und Raffination	4
<b>2 Umweltwirkungen</b>	<b>6</b>
2.1 Umwelteinwirkungen (pressures)	6
2.1.1 Luft-, Wasser- und Grundwasserverschmutzung	6
2.1.2 Radioaktive Belastungen durch Ablagerung von Aufbereitungsrückständen in der Absetzanlage von Baotou	7
2.1.3 Ausbreitung von Wüsten	7
2.2 Umweltauswirkungen (impacts)	8
2.2.1 Auswirkungen auf Gewässer, Grundwässer und Biodiversität	8
<b>3 Governance, Sozialauswirkungen und Konfliktstrukturen</b>	<b>9</b>
3.1 Sektorgovernance, Umweltgesetzgebung und Effektivität der staatlichen Institutionen	9
3.2 Allgemeine Konfliktgeschichte und Konflikte rund um Bergbau	10
3.3 Konfliktmanagement- und Kompensationsmechanismen	11
<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>13</b>

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Übersicht Bayan Obo, China	2
Abbildung 2: Die Fe-SEE-Nb Lagerstätte von Bayan Obo und ihr geologischer Rahmen	3
Abbildung 3: Satellitenfoto der SEE-Tagebaue von Bayan Obo	4
Abbildung 4: DPSIR-Modell	6

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Index China	11
------------------------	----



## Abkürzungsverzeichnis

<b>DPSIR</b>	Driving forces, Pressures, States, Impacts and Responses
<b>mSV/a</b>	Millisiwert/Jahr
<b>SE</b>	Seltene Erden
<b>SEE</b>	Selten-Erd Elemente
<b>SEO</b>	Selten-Erd Oxide
<b>WTO</b>	Welthandelsorganisation

## Glossar

<b>Bastnäsit</b>	Mineralgruppe aus der Mineralklasse der Carbonate und Nitrate. Allgemeine Zusammensetzung $(\text{Ce,La,Nd,Y})[(\text{F,OH})\text{CO}_3]$ , hexagonal.
<b>Columbit</b>	Mischkristall der Reihe Ferrocolumbit-Manganocolumbit aus der Mineralklasse Oxide und Hydroxide. $(\text{Fe,Mn})(\text{Nb,Ta})_2\text{O}_6$ , orthorhombisch. Wichtiges Nb- und Ta-Erz.
<b>Dolomitmarmor</b>	Gestein, hauptsächlich bestehend aus dem Mineral Dolomit $\text{CaMg}[\text{CO}_3]_2$ .
<b>Germanium</b>	Chemisches Element. Elementsymbol Ge. Ordnungszahl 32. Wichtiges Halbleitermetall. Begleiter von Kupfer- und Zinkerzen. Wichtigste Ge-Mineralien sind Argyrodit, Canfieldit, Germanit und Renierit.
<b>Hämatit</b>	Mineral der Mineralklasse der Oxide und Hydroxide. $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , trigonal. Wichtiges und weit verbreitetes Eisenerz (50-60 % Fe). Weitere Bezeichnungen: Eisenglanz, Blutstein, Specularit, Roteisenstein.
<b>Hydrothermale Mineralisation</b>	Magmatogene Mineralbildungen, für die ein wässriges Transportmedium mit Temperaturen unter 400 °C und unterschiedliche Drücke charakteristisch sind. Wichtiger Prozess der Erzlagerstättenbildung.
<b>Kaledonische Orogenese</b>	Gebirgsbildungsphase in den geologischen Perioden Ordovizium (485-443 Ma), Silur (443-419 Ma), Devon (419-359 Ma). Entstehung der Gebirge in Schottland, England, Wales und Irland sowie der Appalachen in Nordamerika. Entstehung des Superkontinents Laurussia durch die Kollision der Kontinentalschollen Laurentia und Baltica.
<b>Karbonatite</b>	Magmatische Gesteine mit einem primären Karbonatgehalt von > 50 Volumen-%. Typische Karbonatminerale sind Calcit, Dolomit, Siderit, Ankerit. Die silikatischen Anteile bestehen aus Olivin, Biotit, Feldspäte, Foide, Pyroxene, Amphibole, etc. Charakteristisch ist das Auftreten von Niob und Seltenen Erden.
<b>Karbonatitische Magmatismus</b>	Entstehung karbonatischer Gesteine aus karbonatischen Schmelzen.
<b>Magnetit</b>	Mineral aus der Mineralklasse der Oxide, Hydroxide. $\text{Fe}_3\text{O}_4$ , kubisch. Wichtiges Eisenerz (bis zu 72 % Fe). Weitere Bezeichnungen: Magnetit, Magnetit, Magnetit.

---

<b>Metasediment</b>	Sediment bzw. Sedimentgestein, welches durch eine Metamorphose (Druck und Temperatur) überprägt worden ist.
<b>Metasomatose</b>	Chemische Veränderung von Mineralsubstanzen durch Lösungen und Dämpfe. Z.B. durch M. wird Calcit ( $\text{CaCO}_3$ ) zu Siderit ( $\text{FeCO}_3$ ). Durch M. entstehen Verdrängungslagerstätten.
<b>Metasomatisches Fluid</b>	Fluide (z.B. $\text{H}_2\text{O}$ ), die im Zuge einer Metasomatose mobil werden und zu chemischen Veränderungen von Mineralsubstanzen führen.
<b>Meso(mittel)proterozoisch</b>	Das Mesoproterozoikum betreffend.
<b>Mesoproterozoikum</b>	Mittlerer Zeitraum (1600 Ma – 1000 Ma) des Proterozoikums (2500 Ma -541 Ma).
<b>Monazit</b>	Mineralgruppe aus der Mineralklasse der Phosphate, Arsenate und Vanadate. Allgemeine Zusammensetzung (Ce,La,Nd,Th)[ $\text{PO}_4$ ], monoklin. Eigenständige Minerale: Monazit-(Ce), Monazit-(La), Monazit-(Nd) und Monazit-(Sm).
<b>Niob</b>	Chemisches Element. Elementsymbol Nb. Ordnungszahl 41. Seltenes Schwermetall, Stahlveredler. Wichtigste Erzminerale sind Columbit (Niobit, Tantalit, „Coltan“), Pyrochlor, Loparit.
<b>Sedimentation</b>	Ablagerung. Geologischer Vorgang des Absetzens von Gesteinsmaterial (inkl. abgestorbener Organismen), welches durch Verwitterung gelockert und durch bewegte Medien (Wind, Wasser, Gletscher, etc.) abgetragen und verfrachtet wurde. Bei Nachlassen der Transportkraft wird zunächst grobkörniges, später feinkörniges Material abgelagert. Die S. erfolgt vorwiegend in Schichten.
<b>Subduktion</b>	Absinken einer Lithosphärenplatte unter eine andere.
<b>Suturzone</b>	Langgestreckte tektonische Grenzzone zwischen zwei ehemals separaten kontinentalen Krustenblöcken nach Subduktion der ozeanischen Kruste. Z.B. Kollision der indischen und eurasischen Kontinentalplatte nach Subduktion der dazwischenliegenden ozeanischen Kruste und Auffaltung des Himalaya.
<b>Thorium</b>	Chemisches Element. Elementsymbol Th. Ordnungszahl 90. Radioaktiv. Wichtigste Thorium-Minerale sind Monazit, Thorit und Thorianit. Verwendung u.a. in der Kernenergie.

---

# 1 Der Abbau Seltener Erden in Bayan Obo, China

---

## 1.1 Fokus und Relevanz

---

Mit einem Marktanteil von 95 bis 97 %<sup>1</sup> der globalen Produktion dominiert China klar den Seltenen-Erden-Markt. Die größten derzeit bekannten Reserven an Seltenen Erden (SE) liegen in China. Die Dominanz Chinas in der Weltproduktion ist allerdings nicht nur damit zu begründen, sondern liegt auch an den günstigen Produktionsbedingungen, rohstoffpolitischen Fehleinschätzungen der westlichen Industrieländer und der Rohstoff- und Preispolitik Chinas, die eine wirtschaftliche Produktion in anderen Ländern erschweren. Die günstigen Produktionsbedingungen werden jedoch zu einem großen Teil durch billigen Strom aus Kohlekraftwerken, geringe Lohnkosten und geringe Umweltauflagen ermöglicht.

China gehört zu den wenigen Ländern, deren inländisches Angebot und Nachfrage an Rohstoffen den Weltmarkt entscheidend beeinflusst – so auch bei Seltenen Erden. Entsprechend haben die steigende Binnennachfrage und die Exportregulierungen Chinas sowie die Bemühungen zur Konsolidierung des Sektors (Erhöhung der Umweltauflagen) einen signifikanten Einfluss auf den Weltmärkten.

Etwa 50 % der chinesischen Produktion kommt aus der Lagerstätte Bayan Obo in der Inneren Mongolei (Ruettinger und Feil 2010). Entsprechend der geringen Umwelt- und Sozialstandards sind mit der Gewinnung von SE dramatische negative Folgen für Menschen, Tiere und Umwelt verbunden (Wübbeke 2012). Während diese in den letzten zwei Jahrzehnten weitestgehend ignoriert wurden, wird China mit diesen Auswirkungen zunehmend konfrontiert.

<sup>1</sup> Unterschiedliche Angaben in der Literatur

**Abbildung 1: Übersicht Bayan Obo, China**

Quelle: Nach OpenStreetMap 2013

---

## 1.2 Struktur des Bergbausektors und volkswirtschaftliche Relevanz

---

2010 waren 5,6 Millionen Chinesen oder 4,3 % des gesamten Arbeitskräftepotenzials Chinas im Bergbausektor beschäftigt (Tse 2012). In den Provinzen mit größeren Bergwerken ist diese Zahl um ein vielfaches größer. Dies gilt auch für die Provinz Innere Mongolei, in der die Bayan-Obo-Lagerstätte und die Stadt Baotou liegen. Insgesamt ist die Innere Mongolei sehr reich an mineralischen Rohstoffen und fossilen Energieträgern. Neben den weltweit größten Lagerstätten für Selten-Erd Elementen (SEE) gibt es reiche Kohle- und Gasreserven sowie zahlreiche Eisen-, Kupfer- und Germaniumlagerstätten, die abgebaut werden.

---

## 1.3 Geologischer Rahmen und Mineralisation

---

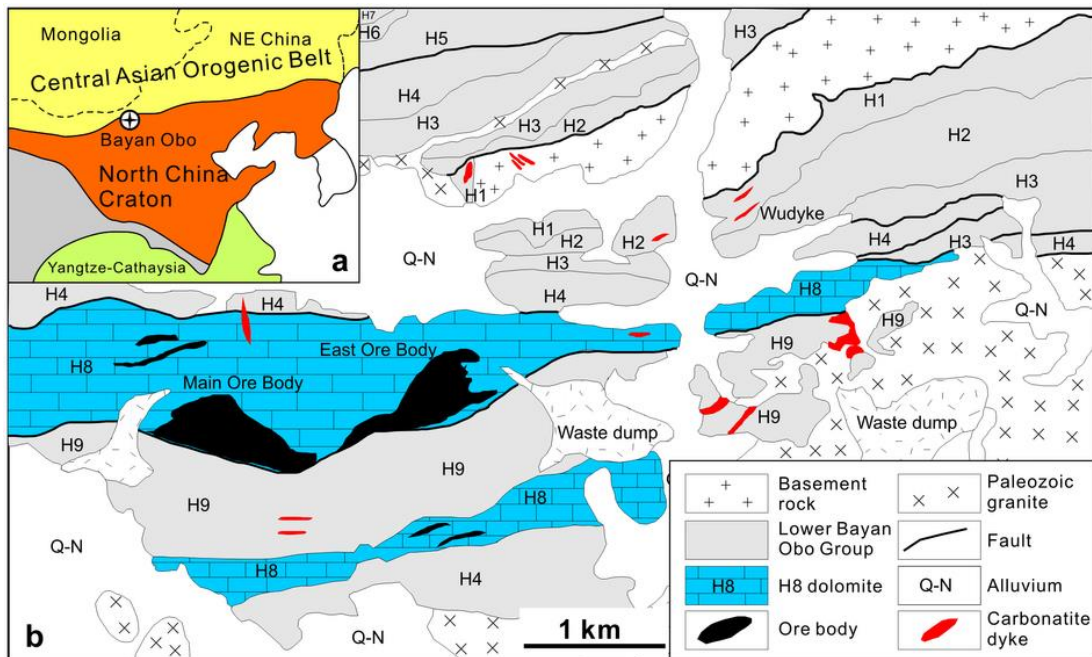
Die SEE-Lagerstätte von Bayan Obo liegt in der Inneren Mongolei, im Norden Chinas knapp an der Grenze zur Mongolei und wird grundsätzlich einem Lagerstättentypus zugerechnet, der an Karbonatite gebunden ist. Weltweit ist sie jedoch einzigartig, da die Mineralisationen in Vergesellschaftung mit Eisen, Niob und Thorium vorkommen.

Bayan Obo ist daher nicht nur die weltweit größte Lagerstätte leichter SEE, sondern auch die größte Niob- und Thoriumlagerstätte in China und eine bedeutende Eisenlagerstätte (Ling et al. 2013). Die SEE-Mineralisationen sind an dolomitischen Marmor der Bayan Obo Group

gebunden. Die Lagerstätte liegt am nördlichen Rand des Nordchinesischen Kratons, nahe der Suturzone zum Zentralasiatischen Gebirgsgürtel (Abbildung 3).

Die Lagerstätte von Bayan Obo besteht aus drei Haupterzkörpern (Main, East, West), die sich entlang einer Ost-West verlaufenden Zone in einer Länge von mehr als 18 km erstrecken. Die schichtgebundenen Vererzungen liegen in mittelproterozoischen metasedimentären Gesteinen der Bayan Obo Group, größtenteils in Dolomitmarmor (Abbildung 3). Die Mineralisationen werden weitgehend als kaledonisch eingestuft (420-555 Millionen Jahre).

**Abbildung 2: Die Fe-SEE-Nb Lagerstätte von Bayan Obo und ihr geologischer Rahmen**



Quelle: Ling et al. 2013

Die SEE Mineralisationen treten grundsätzlich als Bastnäsit  $(\text{Ce,La,Nd,Y})[(\text{F,OH})\text{CO}_3]$  und Monazit  $(\text{Ce,La,Nd,Th})[\text{PO}_4]$  auf. Daneben sind noch viele andere SEE Minerale vorhanden. Verbreitet sind SEE-haltige Nb-Minerale, hauptsächlich Columbit  $(\text{Fe,Mn})(\text{Nb,Ta})_2\text{O}_6$ . Die wichtigsten Fe-Minerale sind Hämatit  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  und Magnetit  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ .

Die Genese der Lagerstätte von Bayan Obo ist umstritten. Verschiedene Genesemodelle der Mineralisationen beziehen sich auf karbonatitischen Magmatismus bzw. auf hydrothermale Mineralisationen, andere Autoren gehen von einem sedimentären Ursprung der Dolomitgesteine aus. In neueren Studien wird diskutiert, dass ursprünglich sedimentäre karbonatische Gesteine durch metasomatische Fluids, die auf karbonatitischen Magmatismus zurückzuführen sind, mit SEE angereichert wurden (BGS 2011).

## 1.4 Abbauverfahren

Die Fe-SEE-Nb Lagerstätte Bayan Obo wird in zwei großen und etlichen kleineren Tagebauen mittels Seilbagger abgebaut. Abbildung 3 zeigt die zwei großen Tagebaue mit einigen Abraumhalden und Schlammteichen. SEE werden dabei als Nebenprodukte der Eisenerzgewinnung gefördert. Das gewonnene Erz wird anschließend vor Ort zerkleinert und –



aufgrund des extrem trockenen Klimas im Grasland der Inneren Mongolei – per Bahn in das 150 km entfernte Baotou (circa 2,2 Millionen Einwohner) transportiert, wo die weitere (wasserintensive) Aufbereitung stattfindet. Angaben über eine selektive Gewinnung der SEE sind widersprüchlich. Einerseits soll kein selektiver Abbau für eine bestimmte Mineralgruppe stattfinden, da Selten-Erd Oxide (SEO) erst aus Abfällen der Eisenverhüttung gewonnen werden, andererseits wird jedoch auch erwähnt, dass SEO ausschließlich aus Bastnäsit-Erz gewonnen werden, welches gezielt in bestimmten Bereichen der Lagerstätte abgebaut wird. Ebenso wird aus den 1990er Jahren von Handsortierung zur Anreicherung von SEE-Erz berichtet (Castor und Hedrick 2006).

**Abbildung 3: Satellitenfoto der SEE-Tagebaue von Bayan Obo**



Quelle: NASA Earth Observatory 2006; Erklärung: Vegetation rot, Grasland hellbraun, Gestein schwarz, Wasser grün

## 1.5 Aufbereitung und Raffination

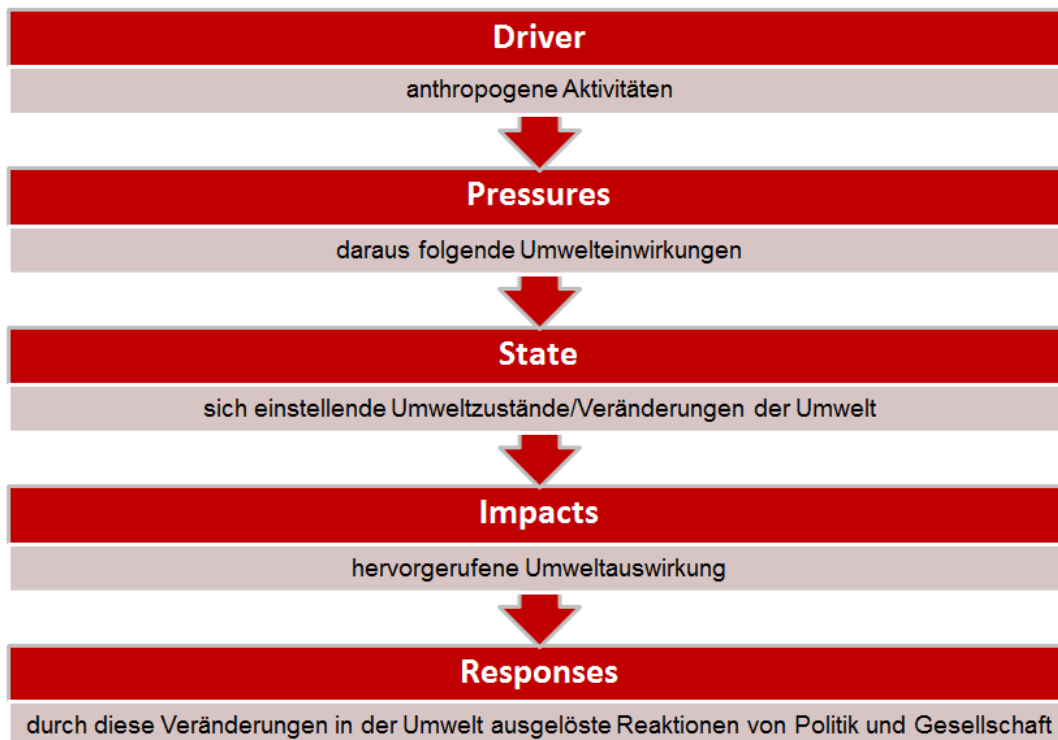
Im westlich gelegenen Jiuyan-Viertel der innermongolischen Stadt Baotou findet die weitere Aufbereitung und Raffination der Erze durch das Staatsunternehmen Baogang statt (Wübbecke 2012). Mittels Schweretrennung, Magnet- und elektrostatischer Scheidung wird ein Bastnäsit-Konzentrat gewonnen, das an die 60 %  $\text{SE}_2\text{O}_3$  enthält. Der weitere Aufschluss des Bastnäsit-Konzentrates erfolgt mit Schwefelsäure. Eine Mischung des Konzentrates mit konzentrierter Schwefelsäure wird auf 300-600 °C erhitzt und so lange auf Temperatur gehalten, bis die Entwicklung von Fluorwasserstoff beendet ist. Anschließend werden die SE-Sulfate aus der Aufschlussmasse mit kaltem Wasser ausgelaugt. Nach der Flüssig-Feststofftrennung erfolgt die Ausfällung in Form von Doppel-Sulfaten, die durch das Eintragen in Natronlauge in Hydroxide umgewandelt werden. Die abgetrennten SE-Hydroxide werden in Salzsäure gelöst und man erhält wasserhaltige SE-Chloride als Ausgangsprodukt für die weitere Verarbeitung (BGS 2011;

Neumüller 1987). Exportiert werden jedoch nicht die SE-Chloride, sondern die weiterverarbeiteten SEO (Great Western Minerals Group Ltd. 2012). Diese werden durch Flüssig-Flüssig-Extraktion in ihrer reinen Form gewonnen und können nach Trocknung zu Metallen weiterverarbeitet werden (Hurst 2010).



## 2 Umweltwirkungen

Abbildung 4: DPSIR-Modell



Der Fokus der Beschreibung der Umweltwirkungen liegt auf den Umwelteinwirkungen (pressures) des Bergbaus auf Luft, Wasser und Grundwasser sowie auf den freigesetzten radioaktiven Substanzen in Bayan Obo. Ebenso werden die damit verbundenen Gesundheitsauswirkungen auf den Menschen und die Umweltauswirkungen (impacts) auf Gewässer und Grundwasser sowie die Biodiversität beschrieben.

### 2.1 Umwelteinwirkungen (pressures)



#### 2.1.1 Luft-, Wasser- und Grundwasserverschmutzung

Luftverschmutzung mit giftigen Abgasen (SO<sub>2</sub>, Schwermetalle) wird vor allem durch metallurgische Prozesse bei der Verhüttung und Raffination von sulfidischen Erzen und Konzentraten verursacht. Bei der Produktion einer einzigen Tonne SEE fallen 8,5 kg Fluor und

13 kg Staub an. Beim Aufschluss mit Schwefelsäure und der Kalzinierung entstehen rund 9.600 bis 12.000 m<sup>3</sup> an toxischen Abgasen, die Staub, Flusssäure, Schwefelsäure und Schwefeldioxid enthalten sowie rund 75 m<sup>3</sup> an sauren Abwässern und rund 1 t an radioaktiven Schlämmen (Hurst 2010). Alle SEE produzierenden Unternehmen in der Baotou Region produzieren jährlich an die 10 Millionen t Abwässer aller Art, welche größtenteils ohne entsprechende Aufbereitung entsorgt werden.

### 2.1.2 Radioaktive Belastungen durch Ablagerung von Aufbereitungsrückständen in der Absetzanlage von Baotou

Bei der Produktion 1 t SEE fallen an die 2.000 t Aufbereitungsrückstände an (Hurst 2010). Die Rückstände werden in Absetzanlagen geleitet und abgelagert. Die Absetzanlage in Baotou hat nach mehr als 50 Betriebsjahren eine Fläche von 10 km<sup>2</sup> bei einer Dammhöhe von 30 m. Mittlerweile lagern dort an die 160 Millionen t Rückstände und 17,5 Millionen m<sup>3</sup> Abwasser. Die Abfälle enthalten radioaktives Thorium aus Monazit und Chemikalien wie Schwefelsäure und Flusssäure. Sie stellen eine große Verschmutzungs- und Gefahrenquelle für die Umgebung dar.

In einer Untersuchung der Tsinghua Universität Peking wurde die Gamma Strahlung der Baotou Region überprüft. Um die die Gamma-Strahlung und die damit einhergehende Belastung der Bevölkerung festzustellen wurde eine Fläche von 2060 km<sup>2</sup> von einem Flugzeug mit installiertem *Airborne gamma spectrometry*<sup>2</sup> überflogen. Dabei wurde festgestellt, dass die zusätzliche radioaktive Belastung für die meisten Bergbauarbeiter 0,24 - 0,7 mSv/a und für einige sogar bis zu 1 mSv/a beträgt (Department of Engineering Physics of Tsinghua University Beijing 2010). Während die Extrabelastung für die normale Stadtbevölkerung von Baotou geringfügig erhöht ist, sind manche Arbeiter hohen Werten von 1 mSv/a zusätzlich zur normalen Belastung ausgesetzt.

### 2.1.3 Ausbreitung von Wüsten

Im Grasland der Inneren Mongolei schreitet die Wüstenausbreitung seit mehreren Jahrzehnten unaufhaltsam voran. Neben klimatischen Ursachen dürfte insbesondere das Bevölkerungswachstum durch den sowohl bevölkerungspolitisch als auch durch den Bergbausektor bedingten Zuzug von Han-Chinesen und die Überweidung durch schnell wachsende Schaf- und Ziegenherden für die Ausbreitung der Wüste verantwortlich sein (Wübbeke 2012). Die Gewinnung mineralischer Rohstoffe in der Inneren Mongolei - insbesondere die Aufbereitung und Verhüttung von Erzen - verbraucht große Wassermengen. Die Entnahme von Grund- und Flusswasser entzieht dem Grasland notwendiges Wasser und trägt damit ebenso zur Ausbreitung der Wüste bei.

<sup>2</sup> Gammaskopie aus der Luft

---

## 2.2 Umweltauswirkungen (impacts)

---



### 2.2.1 Auswirkungen auf Gewässer, Grundwässer und Biodiversität

Durch die unsachgemäße Entsorgung der Abwässer kommt es zu einer Kontaminierung der gesamten umliegenden Wassersysteme mit entsprechenden Belastungen des Trinkwassers und landwirtschaftlich genutzten Wassers (Hurst 2010). Neben dem Einsickern von kontaminierten Abwässern aus der Absetzanlage in Baotou in den Grundwasserstrom des Gelben Flusses, wird aus lokalen Quellen auch berichtet, dass Abfälle direkt in den Fluss abgeladen werden: „Im Gelben Fluss, in Baotou, sind alle Fische tot. Sie haben den Abfall – die Chemikalien in den Fluss gekippt. Man kann die Fische nicht mehr essen, weil sie verseucht sind“ (Hurst 2010). Die entstehende Luftverschmutzung durch giftige Abgase (SO<sub>2</sub> und Schwermetalle) führt zu saurem Regen und kann zur Zerstörung ganzer Landstriche führen (Hurst 2010).

Des Weiteren wurden durch die Bergeteiche rund um Bayan Obo circa 4.000 ha Ackerland beeinträchtigt, davon ungefähr 1.300 ha durch die Verschmutzung entweder komplett unbrauchbar oder deutlich unfruchtbarer (Zhiyi 2012). Dementsprechend sank die Maisernte von vormals 1500 kg in 2002 auf 600 kg in 2006 und die Weizenernte im gleichen Zeitraum von 800-1000 kg auf 400 kg (Hui-juan 2011).

### 2.2.2 Gesundheitliche Auswirkungen

Neben der Zerstörung der natürlichen Lebensgrundlagen treten erhebliche gesundheitliche Auswirkungen auf. Die entstehende Luftverschmutzung - vor allem Staub - kann abhängig von der physikalisch-chemischen Zusammensetzung hautreizend, giftig oder krebserregend sein. Die weitläufigen Bergeteiche von Bayan Obo enthalten zudem, wie oben beschrieben, eine Vielzahl von toxischen Chemikalien und radioaktive Elemente. Aufgrund dieser Belastungen ist die Sterblichkeitsrate durch Lungenkrebs deutlich erhöht (Schüler et al. 2011). Durch mangelnde Vorkehrungen dringen giftige Stoffe in die Flüsse, das Grundwasser und den Boden und beeinträchtigen die Gesundheit der lokalen Bevölkerung (Hurst 2010). Folgen dieser kontinuierlichen Vergiftung sind unter anderem Diabetes, Osteoporose sowie Brust- und Atmungsprobleme (The Guardian 2012). Die Ablagerung von Staubpartikeln in der Lunge führt zu einer weiten Verbreitung von Pneumokoniose<sup>3</sup>, unter der mehr als 50 % der Bevölkerung in Baotou leidet (Hurst 2010).

<sup>3</sup> Staublungenkrankheit

### 3 Governance, Sozialauswirkungen und Konfliktstrukturen

#### 3.1 Sektorgovernance, Umweltgesetzgebung und Effektivität der staatlichen Institutionen

Die entscheidenden gesetzlichen Grundlagen der Rohstoffpolitik sind *China's Policy on Mineral Resources* sowie das *Law of the People's Republic of China on Mineral Resources*. Letzteres enthält weitreichende Bestimmungen zu Abbaurechten, Bergbauverfahren und Bergbauabgaben. Es wird von den Autonomen Regionen und Kommunen zusammen mit den örtlichen Dienststellen des Ministry of Land and Resources implementiert. Das Dokument *Policy on Mineral Resources* wurde 2003 veröffentlicht und mittlerweile mehrfach adaptiert. Der (Fraser) Policy Index beträgt 41 (von 100 Punkten) und ist somit als gering einzustufen. Der Grund liegt in der steigenden Unsicherheit bezüglich unter anderem der Einhaltung von Rechtsvorschriften, Steuern und Abgaben. Eine mangelnde Investitionssicherheit ist die Folge (Cervantes et al. 2013).

Im Februar 2011 veröffentlichte das Umweltministerium schärfere Umweltauflagen für die Gewinnung von SEE, welche am 1. Oktober 2011 in Kraft traten (Jing und Zhang 2011). Die neuen Auflagen sollen sowohl dem Umweltschutz dienen als auch eine bessere Kontrolle des Sektors ermöglichen (Information Office of the State Council 2012). Die Implementierungszeit beträgt zwei Jahre. Für bereits bestehende Unternehmen treten die Auflagen erst 2014 in Kraft (Serdar Mendle 2011). Die neue Strategie der Regierung sieht vor, zuerst die umweltschädlichsten Fabriken mit veralteten Produktionskapazitäten zu schließen. Teil dessen ist eine Umstrukturierung und Konsolidierung des gesamten SE-Sektors, um eine effizientere und nachhaltigere Gewinnung der Ressourcen zu ermöglichen (Dan 2012). Dabei werden unter anderem für kleine Unternehmen nicht finanzierbare Emissionsstandards eingesetzt. Das Ziel ist, dass der Sektor zukünftig anstelle von vielen kleinen, schwer zu kontrollierenden Unternehmen nur noch aus einigen wenigen, marktführenden Konglomeraten besteht (Humphries 2012).

Die Umsetzung dieser Standards ist mit erheblichen Investitionen verbunden. So gehen einige Analysten von einer Preissteigerung der Produktionskosten für jede Tonne SEE um 145-220 US-Dollar aus (Hurst 2010). 2008 erließ das chinesische Ministerium für Land und Ressourcen die Richtlinien für die Entwicklung nationaler mineralischer Ressourcen 2008-2015. In diesem Entwicklungsplan werden SEO als geschützte mineralische Rohstoffe aufgeführt. Hierauf basierend hat die chinesische Regierung 2011 die Rohstoffsteuer pro Tonne SE (je nach Art der SE) von vormals 0,4 bis 2 Yuan pro Tonne auf 30 Yuan<sup>4</sup> und 60 Yuan<sup>5</sup> pro Tonne erhöht (Morrison und Tang 2012, Information Office of the State Council 2012). Seit einigen Jahren investiert die Regierung in eine strategische SEO-Reserve. 2010 wurden bei einem Pilotprojekt der Baotou Steel Rare Earth and Hi-Tech Co. in der Inneren Mongolei Lagerhallen mit Kapazitäten von bis zu 100.000 t SEO erbaut (Morrison und Tang 2012). Das Ziel der strategischen Reserven ist eine bessere Kontrolle über Angebot und Nachfrage der Rohstoffe zu erlangen und einen größeren Einfluss auf die Preisbildung nehmen zu können (Morrison und

<sup>4</sup> Für leichte SE

<sup>5</sup> Für schwere SE

Tang 2012). Angaben, ob Teile der Einnahmen der Rohstoffsteuer für Emissionsminderungsmaßnahmen eingesetzt werden, konnten nicht gefunden werden. Des Weiteren verschärfte China 2010 die Exportregelungen und reduzierte die Exportquoten drastisch (The Wall Street Journal 2013). Der von China angeführte Grund war die Begrenzung der Umweltwirkungen des SE-Abbaus und der Aufbereitung. Gegen die Ausfuhrbeschränkungen klagten die EU, die USA und Japan im März 2012 erfolgreich vor der Welthandelsorganisation (WTO). Das Argument der Begrenzung von Umweltwirkungen wurde von der WTO zurückgewiesen, da China gleichzeitig die Expansion der eigenen Aufbereitungsindustrie förderte (Mildner 2012; Hornby und Shawn 2013).

Wie in anderen Wirtschaftsbereichen ist die Effektivität und Umsetzung von Umweltstandards im Bergbausektor defizitär. So scheint sich die Implementierung der neuen Regulierung durch nicht ausreichende Kontroll- und Aufsichtsmechanismen der Regierung, Landrechtfragen und Interessenskonflikten zwischen den kleineren lokalen und großen überregionalen Unternehmen sowie privaten und öffentlichen Investoren zu verzögern (Hurst 2010; Tse 2012). Ein weiteres Problem ist die weite Verbreitung illegal betriebener Bergwerke und Aufbereitungsanlagen (Global Times 2012). Aufgrund der mangelnden Kontrolle werden in diesen Unternehmen zumeist keine Umwelt-, Qualitäts- und Sicherheitsstandards eingehalten (Massachusetts Institute of Technology 2013; China Society For Human Rights Studies 2012). Verbunden mit diesen Unternehmen ist auch der Schmuggel großer Mengen Seltener Erden und damit Korruption und organisiertes Verbrechen (Ye 2012). In den vergangenen Jahren kamen durch illegale Produktion 40.000 t SE auf den chinesischen und internationalen Markt (Stanway 2013). Die Regierung hat jedoch damit begonnen gegen illegale SE-Unternehmen vorzugehen. Laut regierungseigener Angaben wurden 2011 887 Unternehmen angeordnet, den Betrieb einzustellen, und 73 Unternehmen komplett geschlossen (Kosich 2012).

---

### 3.2 Allgemeine Konfliktgeschichte und Konflikte rund um Bergbau

---

Im Umland von Bayan Obo ist der Bergbau und deren verarbeitende Industrie zum wichtigsten Arbeitgeber herangewachsen. Dies liegt zum einen an der vergleichbar guten Bezahlung (Jones 2010), aber zum anderen auch daran, dass die negativen Umweltauswirkungen der Gewinnung von SE, Kohle, Gold und Eisen die Wettbewerbsfähigkeit anderer Sektoren verringert hat. Die Viehzucht ist traditionell eine der Hauptbeschäftigungen für die ländliche Bevölkerung in der Inneren Mongolei. Jedoch schränken die Verschmutzung der Weidegründe und des umliegenden Grundwassers sowie der hohe Wasserverbrauch die Erwerbsmöglichkeiten in der Landwirtschaft drastisch ein und verringern so die Möglichkeiten der lokalen Bevölkerung, außerhalb des Bergbausektors ihren Lebensunterhalt zu verdienen (siehe Kapitel 2.2.1).

Im Zuge des steigenden Problembewusstseins ist in China insgesamt eine drastische Zunahme von Umweltprotesten zu verzeichnen. Laut dem Vizepräsidenten der Chinese Society for Environmental Sciences, Yang Chaofei, nahm die Anzahl umweltbezogener Proteste von 2010 auf 2011 um 120 % zu. Durchschnittlich kam es von 1996 bis 2011 zu einem jährlichen Anstieg der Umweltproteste um 29 % (Kennedy 2012; Duggan 2013). 2012 protestierten in den Städten Shifang, Provinz Sichuan und in Qidong, Provinz Jiangsu, mehrere zehntausend Demonstranten gegen die Umweltverschmutzung durch ein Kupferbergwerk und die Einleitung von industriellen Abwässern ins Meer (Veauthier 2012). In der Inneren Mongolei verbinden sich Umweltproteste und Konflikte rund um den Bergbau und der Metallgewinnung mit einer längeren Konfliktgeschichte sozio-kultureller und politischer Marginalisierung ethnischer Mongolen und dem zunehmenden Verschwinden der traditionellen Weidewirtschaft (Jacobs

2011). Ob dieser Konflikt eine ethnische Dimension hat, wie in vielen Zeitungsberichten dargestellt wird, ist umstritten (Wübbeke 2012).

Zu einer der größten Eskalationen von Konflikten rund um den Bergbau in der Inneren Mongolei kam es 2011. Auslöser des Konflikts war der Tod eines mongolischen Hirten, welcher sich vor einen mit Kohle beladenen Lastkraftwagen stellte und diesen so versuchte anzuhalten. Sein Protest galt der Verschmutzung durch das nahe gelegene Kohlebergwerk, der Marginalisierung der ethnischen Bevölkerung und der Zerstörung ihrer traditionellen Lebens- und Erwerbsgrundlage (Watts 2011). Sein Tod führte zu tagelangen Demonstrationen der ethnischen Minderheit der Mongolen und zu Studentenprotesten (Jacobs 2011). Diese Eskalation steht symptomatisch für eine Vielzahl ähnlicher Konflikte, die immer wieder in Protesten und auch Zusammenstößen eskalieren (Wübbeke 2012). Laut eigener Angaben intervenierte die Regierung 2011 in 100 Konflikten zwischen Bergwerksbetreibern und lokalen Hirten (Kosich 2012).

Berichte von direkten Eskalationen von Konflikten rund um die Gewinnung SE gibt es bis jetzt nur in Bezug auf illegale SE-Unternehmen (China Society For Human Rights Studies 2012). Primär wird von Konflikten über die Umsiedlung von Dörfern aus verseuchten Gebieten rund um die Bergeteiche Baotou und damit verbundenen Kompensationen berichtet (Wübbeke 2012). Ebenso gibt es eine Reihe von Berichten zur Abwanderung von ganzen Dörfern wegen der erheblichen Auswirkungen auf Gesundheit und Lebensgrundlagen (Beijing Rundschau 2012; Serdar Mendle 2011).

### 3.3 Konfliktmanagement- und Kompensationsmechanismen

Ein grundlegendes Problem, das Teil dieser Konfliktstrukturen ist, ist die fehlende Einbindung der lokalen Bevölkerung in Entscheidungsprozesse und Probleme in Bezug auf Kompensationsmechanismen. So wird die Bevölkerung meist mit bereits getroffenen Entscheidungen konfrontiert. Werden daraufhin offizielle Beschwerden eingelegt, reagiert die lokale Administration oft nicht. In diesem Kontext eskalieren Konflikte leicht in Proteste, die dann wiederum zu Polizeieinsätzen führen. Ähnliche Probleme scheint es bei Kompensationszahlungen zu geben, die oft als unzureichend oder fehlgeleitet beschrieben werden (Xinhua 2011; ABC Science 2011). Die Schwäche der sonst im Umweltbereich relativ starken Zivilgesellschaft in Bezug auf den Bergbau und seine Umweltauswirkungen wirkt hier verstärkend (Wübbeke 2012).

**Tabelle 1: Index China**

Index	Ranking
Failed State Index	Rang 66 von 178 Staaten (2013)
The Worldwide Governance Indicators Project:	Prozentualer Vergleich der im WGI aufgelisteten Länder (0-100) (2012)
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Voice and Accountability</li> <li>• Political Stability</li> <li>• Government Effectiveness</li> <li>• Regulatory Quality</li> <li>• Rule of Law</li> <li>• Control of Corruption</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 5</li> <li>• 28</li> <li>• 56</li> <li>• 44</li> <li>• 39</li> <li>• 39</li> </ul>
Freedom House:	1 – 7 (2014)

• Political Rights Score • Civil Liberties Score	• 7 • 6 • 6.5
Freedom Rating Status	Not Free
Human Development Index	Rang 101 von 186 Staaten (2012)
Corruption Perceptions Index	Rang 80 von 175 Staaten (2013)
Doing Business	Rang 96 von 189 Staaten (2013)

## Literaturverzeichnis

- ABC Science (2011): Chinese pay for our rare earth addiction.  
<http://www.abc.net.au/science/articles/2011/05/02/3205344.htm#.UaXWAezWWoc>. Aufgerufen am 05.04.2013.
- Beijing Rundschau (2012): Umweltrisiken durch den Abbau Seltener Erden.  
[http://german.beijingreview.com.cn/german2010/zhuantixi/2012-08/17/content\\_477015.htm](http://german.beijingreview.com.cn/german2010/zhuantixi/2012-08/17/content_477015.htm). Aufgerufen am 04.06.2013.
- BGS (British Geological Survey) (2013): World Mineral Production Statistics. Center for sustainable mineral development.  
<http://www.bgs.ac.uk/mineralsuk/statistics/worldStatistics.html>. Aufgerufen am 07.08.2013.
- BGS (British Geological Survey) (2011): Rare Earth Elements.  
[http://www.bgs.ac.uk/downloads/search.cfm?SECTION\\_ID=0&MIME\\_TYPE=0&SEARCH\\_TXT=rare+earth&dIBtn=go](http://www.bgs.ac.uk/downloads/search.cfm?SECTION_ID=0&MIME_TYPE=0&SEARCH_TXT=rare+earth&dIBtn=go). Aufgerufen am 10.07.2013.
- Castor, S.B.; Hedrick, J.B. (2006): Rare Earth Elements. Industrial Minerals & Rocks, Society for Mining, Metallurgy and Exploration, Inc.,  
[http://www.fieldexploration.com/images/property/1\\_RareEarths\\_FLX\\_02.pdf](http://www.fieldexploration.com/images/property/1_RareEarths_FLX_02.pdf). Aufgerufen am 11.07.2013.
- Cervantes, M.; McMahon, F. und Wilson, A. (2013): Fraser Institute Annual Survey of Mining Companies, 2012/2013. Fraser Institute. <https://www.fraserinstitute.org/uploadedFiles/fraser-ca/Content/research-news/research/publications/mining-survey-2012-2013.pdf>. Aufgerufen am 30.05.2013.
- China Society For Human Rights Studies (2012): Crackdown shuts over 700 illegal mines in north China.  
[http://www.chinahumanrights.org/Harmonioussociety/Judicial/t20120906\\_936213.htm](http://www.chinahumanrights.org/Harmonioussociety/Judicial/t20120906_936213.htm). Aufgerufen am 26.05.2013.
- Dan, Z. (2012): Sub-anchor: Challenges ahead of restructuring rare earths industry.  
<http://english.cntv.cn/program/newshour/20120427/115883.shtml>. Aufgerufen am 02.06.2013.
- Department of Engineering Physics of Tsinghua University Beijing (2010): Naturally Occuring Radioactive Material: The use and management of NORM residues in processing Bayan Obo ores in China. <http://qu-wifan.eu-norm.org/index.pdf>. Aufgerufen am 12.12.2013.
- Doing Business (2014): Rankings. <http://www.doingbusiness.org/rankings>. Aufgerufen am 21.02.2013.
- Duggan, J. (2013): Kunming pollution is tip of rising Chinese environmental activism.  
<http://www.guardian.co.uk/environment/chinas-choice/2013/may/16/kunming-pollution-protest-chinese-environmental-activism>. Aufgerufen am 20.04.2013.
- Failed State Index (2013): The Failed State Index 2013. <http://ffp.statesindex.org/rankings-2013-sortable>. Aufgerufen am 21.02.2014.
- Freedom House (2014): Freedom in the World. China.  
<http://www.freedomhouse.org/report/freedom-world/2014/china-0#.UwcdBCeaJtM>. Aufgerufen am 21.02.2014.
- Global Times (2012): China supports ailing rare earth industry with special fund.  
<http://www.globaltimes.cn/content/745679.shtml>. Aufgerufen am 05.05.2013.



- Great Western Minerals Group Ltd. (2012): REE Processing Cycle.  
[http://www.gwmg.ca/html/about\\_rare\\_earth\\_elements/ree\\_processing/index.cfm](http://www.gwmg.ca/html/about_rare_earth_elements/ree_processing/index.cfm). Aufgerufen am 10.12.2013.
- Hui-juan, L. (2011): The Heavy Cost of Rare Earth Shouldered by Residents of Inner Mongolia. 2013 WantChinaTimes.com. <http://www.wantchinatimes.com/news-subclass-cnt.aspx?id=20110206000006&cid=1505>. Aufgerufen am 20.03.2014.
- Hornby, L. und Shawn, D. (2013): WTO rules against China on rare earth export quotas. [http://www.ft.com/intl/cms/s/486d5c68-40b5-11e3-ae19-00144feabdc0,Authorised=false.html?\\_i\\_location=http%3A%2F%2Fwww.ft.com%2Fcms%2F%2F0%2F486d5c68-40b5-11e3-ae19-00144feabdc0.html%3Fsiteedition%3Duk&siteedition=uk&\\_i\\_referer=#axzz2utFTN3QQ](http://www.ft.com/intl/cms/s/486d5c68-40b5-11e3-ae19-00144feabdc0,Authorised=false.html?_i_location=http%3A%2F%2Fwww.ft.com%2Fcms%2F%2F0%2F486d5c68-40b5-11e3-ae19-00144feabdc0.html%3Fsiteedition%3Duk&siteedition=uk&_i_referer=#axzz2utFTN3QQ). Aufgerufen am 28.02.2014.
- Human Development Index (2013): International Human Development Indicators. <http://hdr.undp.org/en/data>. Aufgerufen am 21.02.2014.
- Humphries, M. (2012): Rare Earth Elements: The Global Supply Chain. Congressional Research Service. <http://www.fas.org/sgp/crs/natsec/R41347.pdf>. Aufgerufen am 29.03.2013.
- Hurst, C. (2010): China`s rare earth elements industry: What can the west learn? Institute for the Analysis of Global Security (IAGS). <http://fmso.leavenworth.army.mil/documents/rareearth.pdf>. Aufgerufen am 11.07.2013.
- Information Office of the State Council The People`s Republic of China (2012): Situation and Policies of China`s Rare Earth Industry. <http://ycls.miit.gov.cn/n11293472/n11295125/n11299425/n14676844.files/n14675980.pdf>. Aufgerufen am 28.02.2014.
- Jacobs, A. (2011): Anger over Protesters` Death Leads to Intensified Demonstrations by Mongolians. . [http://www.nytimes.com/2011/05/31/world/asia/31mongolia.html?\\_r=1&](http://www.nytimes.com/2011/05/31/world/asia/31mongolia.html?_r=1&). Aufgerufen am 20.05.2014.
- Jing, L. und Zhang, Q. (2011): Green standards issued for rare earth. [http://www.chinadaily.com.cn/cndy/2011-03/01/content\\_12092406.htm](http://www.chinadaily.com.cn/cndy/2011-03/01/content_12092406.htm). Aufgerufen am 20.03.2013.
- Jones, R. (2010): Inside China`s secret toxic unobtainium mine. <http://www.dailymail.co.uk/news/article-1241872/EXCLUSIVE-Inside-Chinas-secret-toxic-unobtainium-mine.html>. Aufgerufen 28.05.2013.
- Kennedy, J. (2012): Environmental protests in China on dramatic rise, expert says. <http://www.scmp.com/news/china/article/1072407/environmental-protests-china-rise-expert-says>. Aufgerufen am 03.07.3013.
- Kosich, D. (2012): Chinese officials hail Inner Mongolian mining crackdown a success. <http://www.mineweb.com/mineweb/content/en/mineweb-political-economy?oid=145681&sn=Detail>. Aufgerufen am 20.03.2013.
- Ling, M.; Liu, Y.; Williams, I.; Teng, F.; Yang, X.; Ding, X.; Wei, G.; Xie, L.; Deng, W. und Sun, W. (2013): Formation of the world`s largest REE deposit through protracted fluxing of carbonatite by subduction derived fluids. Nature Scientific Reports 3, Article number 1776. <http://www.nature.com/srep/2013/130507/srep01776/full/srep01776.html>. Aufgerufen am 09.07.2013.

- Massachusetts Institute of Technology (2013): The Future of Natural Resources. Environmentally Sensitive "Green Mining". Massachusetts Institute of Technology. <http://web.mit.edu/12.000/www/m2016/finalwebsite/solutions/greenmining.html>. Aufgerufen am 04.06.2013.
- Morrison, W.M. und Tang, R. (2012): China's Rare Earth Industry and Export Regime: Economic and Trade Implications for the United States. Congressional Research Service. <https://www.fas.org/sgp/crs/row/R42510.pdf>. Aufgerufen am 30.05.2013.
- NASA Earth Observatory (2006): Rare Earth in Bayan Obo. <http://earthobservatory.nasa.gov/IOTD/view.php?id=77723>. Aufgerufen am 11.07.2013.
- Neumüller, O.A. (1987): Chemie Ingenieur Technik. Römpps Chemie Lexikon. Stuttgart: Franckh'sche Verlagshandlung.
- OpenStreetMap (2014): OpenStreetMap. <http://www.openstreetmap.org/#map=5/51.500/-0.100>. Aufgerufen am 20.12.2013.
- Ruettinger, L. und Feil, M. (2010): Rohstoffkonflikte nachhaltig vermeiden: Risikoreiche Zukunftsrrohstoffe? Studie im Auftrag des Umweltbundesamts. [http://www.adelphi.de/files/uploads/andere/pdf/application/pdf/rohkon\\_bericht\\_3-3\\_bolivien.pdf](http://www.adelphi.de/files/uploads/andere/pdf/application/pdf/rohkon_bericht_3-3_bolivien.pdf). Aufgerufen am 07.04.2013.
- Schüler, D.; Buchert, M.; Ran, L.; Dittrich, S. und Merz, C. (2011): Study on Rare Earth an Their Recycling. Final Report for the Greens/EFA Group in the European Parliament and Öko-Institut. <http://www.oeko.de/oekodoc/1112/2011-003-en.pdf>. Aufgerufen am 20.03.2013.
- Serdar Mendle, R. (2011): Selten Unnachhaltig – Seltene Erden und Umweltverschmutzung in China. <http://www.stimmen-aus-china.de/2011/04/26/selten-unnachhaltig-seltene-erden-und-umweltverschmutzung-in-china/>. Aufgerufen 20.03.2014.
- Stanway, D. (2013): China says illegal rare earth production, smuggling still rife. <http://uk.news.yahoo.com/china-says-illegal-rare-earth-production-smuggling-still-041724893.html#H83zaJh>. Aufgerufen am 03.07.2013.
- Mildner, A.-S. (2012): Seltene Erden: USA und China streiten um strategisch bedeutsame Metalle. SWP. <http://www.swp-berlin.org/de/publikationen/kurz-gesagt/seltene-erden-usa-und-china-streiten-um-metalle.html>. Aufgerufen am 20.02.2014.
- The Guardian (2012): Rare-earth mining in China comes at heavy cost for local villages. <http://www.theguardian.com/environment/2012/aug/07/china-rare-earth-village-pollution>. Aufgerufen 20.03.2013.
- The Wall Street Journal (2013): Beijing says WTO rules against China in rare earth dispute. <http://online.wsj.com/news/articles/SB10001424052702304527504579167132115793314>. Aufgerufen am 20.02.2014.
- The World Bank (2013): The Worldwide Governance Indicators. <http://info.worldbank.org/governance/wgi/index.aspx#reports>. Aufgerufen am 21.02.2014.
- Tse, P.-K. (2012): The Mineral Industry of China. 2010 Minerals Yearbook, USGS. <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/country/2010/myb3-2010-ch.pdf>. Aufgerufen am 20.03.2014.
- Watts, J. (2011): Inner Mongolia protests prompt crackdown. <http://www.guardian.co.uk/world/2011/may/30/mongolia-protests-communist-party-crackdown>. Aufgerufen am 20.03.2013.

Veauthier, S. (2012): Umweltproteste in China. German Institute of Global and Area Studies, Nr. 8. 2012. [http://academia.edu/3350309/Umweltproteste\\_in\\_China\\_Alles\\_BANANA](http://academia.edu/3350309/Umweltproteste_in_China_Alles_BANANA). Aufgerufen am 06.06.2013.

Wübbeke, J. (2012): Bergbau in der Inneren Mongolei- Umweltverschmutzung und Konflikte. Forschungszentrum für Umweltpolitik: Berlin. [https://www.asienhaus.de/public/archiv/bergbau-nr2\\_china.pdf](https://www.asienhaus.de/public/archiv/bergbau-nr2_china.pdf). Aufgerufen am 30.05.2013.

Xinhua (2011): China: a state a state of "tailings disaster". <http://www.minesandcommunities.org/article.php?a=10676>. Aufgerufen am 20.03.2013.

Ye, Z. (2012): Baotou firm shuts down for one month. <http://www.globaltimes.cn/content/740254.shtml>. Aufgerufen am 03.07.2013.

Zhiyi, L. (2012): Chinese mining dump could hold trillion-dollar rare earth deposit. <https://www.chinadialogue.net/article/show/single/en/5495-Chinese-mining-dump-could-hold-trillion-dollar-rare-earth-deposit>. Aufgerufen am 20.03.2013.