



Nachhaltigkeitsstrategien – Teil 1

Episode 2: Kritische Betrachtung der Konsistenzstrategie und Recycling

Prof. Dr. Helmut Horn
Hochschule für Angewandte Wissenschaften (HAW)
Hamburg

 **Universität Bremen**
***EXZELLENT.**

ZMML
Zentrum für Multimedia
In der Lehre

DBU 

Deutsche Bundesstiftung Umwelt





Übersicht der Lerneinheit

Episode 1: Kritische Betrachtung der Konsistenzstrategie und regenerative Energien

Episode 2: Kritische Betrachtung der Konsistenzstrategie und Recycling

Episode 3: Interview



Lernziele dieser Episode

Lernziel 1:

Sie kennen Seltene Erden und können einige Beispiele nennen.

Lernziel 2:

Sie können die Bedeutung von Recycling im Nachhaltigkeitskontext erläutern.

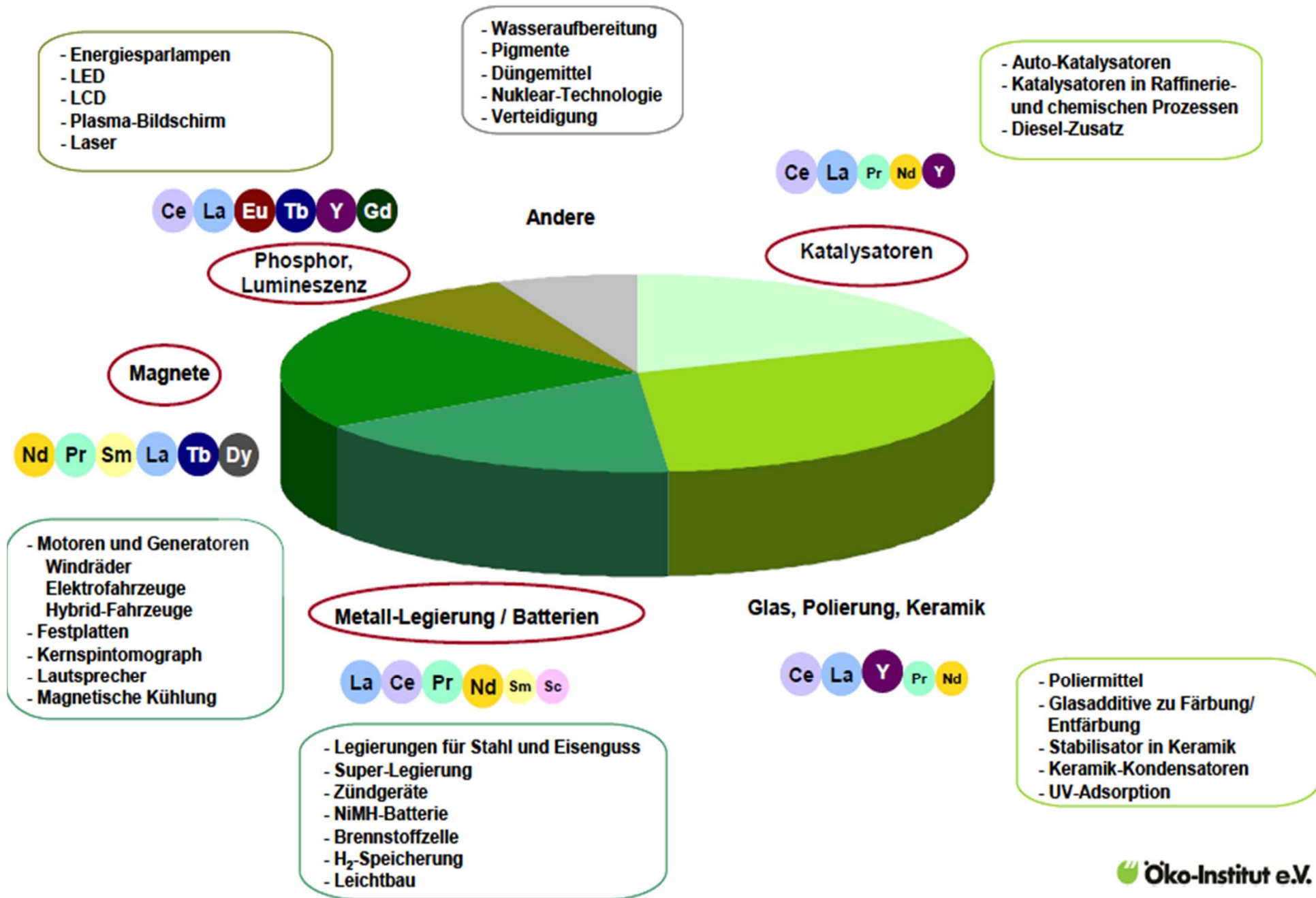
Lernziel 3:

Sie können die Umweltrisiken bei der Gewinnung von Seltenen Erden benennen und bewerten.



Seltene Erden

- Unter dem Begriff «Seltene Erden» wird eine Gruppe von 17 Elementen zusammengefasst, welche aus den 15 Lanthaniden (Ordnungszahl 57 bis 71) sowie Scandium und Yttrium besteht.
- Wegen ihrer ähnlichen chemisch-physikalischen Eigenschaften sowie ihres gemeinsamen Vorkommens werden sie in der Regel nicht einzeln, sondern als Gruppe behandelt.
- Seltene Erden kommen in vergleichsweise hohen durchschnittlichen Konzentrationen (0,01%) in der Erdkruste vor – die Gehalte der zwei seltensten Seltenen Erden, Thulium und Lutetium, sind beispielsweise rund 200 Mal höher als diejenige von Gold.
- Aufgrund ihrer physikalisch-chemischen Eigenschaften gibt es jedoch nur vergleichsweise wenige Lagerstätten, in denen Seltene Erden angereichert vorliegen. Dies gilt besonders für die schwereren Seltenen Erden.



Quelle: Hintergrundpapier „Seltene Erden“ Öko-Institut Freiburg 2010



Seltene Erden

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|---|--|--|---|---|---|--|---|--|---------------------------------------|---------------------------------------|--|---------------------------------------|---|--|---|-------------------------------------|--|--|---|--|---------------------------------------|--|---|---|---|---|--------------------------------------|--|--|---|
| 1 H Hydrogen 1,00794 | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 He Helium 4,003 | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 Li Lithium 6,941 | 4 Be Beryllium 9,012182 | | | | | | | | | | | 5 B Boron 10,811 | 6 C Carbon 12,0107 | 7 N Nitrogen 14,00674 | 8 O Oxygen 15,9994 | 9 F Fluorine 18,9984032 | 10 Ne Neon 20,1797 | | | | | | | | | | | | | | |
| 11 Na Sodium 22,989770 | 12 Mg Magnesium 24,3050 | | | | | | | | | | | 13 Al Aluminum 26,981538 | 14 Si Silicon 28,0855 | 15 P Phosphorus 30,973761 | 16 S Sulfur 32,066 | 17 Cl Chlorine 35,4527 | 18 Ar Argon 39,948 | | | | | | | | | | | | | | |
| 19 K Potassium 39,0983 | 20 Ca Calcium 40,078 | 21 Sc Scandium 44,955910 | 22 Ti Titanium 47,867 | 23 V Vanadium 50,9415 | 24 Cr Chromium 51,9961 | 25 Mn Manganese 54,938049 | 26 Fe Iron 55,845 | 27 Co Cobalt 58,933200 | 28 Ni Nickel 58,6934 | 29 Cu Copper 63,546 | 30 Zn Zinc 65,39 | 31 Ga Gallium 69,723 | 32 Ge Germanium 72,61 | 33 As Arsenic 74,92160 | 34 Se Selenium 78,96 | 35 Br Bromine 79,904 | 36 Kr Krypton 83,80 | | | | | | | | | | | | | | |
| 37 Rb Rubidium 85,4678 | 38 Sr Strontium 87,62 | 39 Y Yttrium 88,90585 | 40 Zr Zirconium 91,224 | 41 Nb Niobium 92,90638 | 42 Mo Molybdenum 95,94 | 43 Tc Technetium (98) | 44 Ru Ruthenium 101,07 | 45 Rh Rhodium 102,90550 | 46 Pd Palladium 106,42 | 47 Ag Silver 107,8682 | 48 Cd Cadmium 112,411 | 49 In Indium 114,818 | 50 Sn Tin 118,710 | 51 Sb Antimony 121,760 | 52 Te Tellurium 127,60 | 53 I Iodine 126,90447 | 54 Xe Xenon 131,29 | | | | | | | | | | | | | | |
| 55 Cs Cesium 132,90545 | 56 Ba Barium 137,327 | 57 La Lanthanum 138,905 | 72 Hf Hafnium 178,49 | 73 Ta Tantalum 180,9479 | 74 W Tungsten 183,84 | 75 Re Rhenium 186,207 | 76 Os Osmium 190,23 | 77 Ir Iridium 192,217 | 78 Pt Platinum 195,078 | 79 Au Gold 196,96655 | 80 Hg Mercury 200,59 | 81 Tl Thallium 204,3833 | 82 Pb Lead 207,2 | 83 Bi Bismuth 208,98038 | 84 Po Polonium (209) | 85 At Astatine (210) | 86 Rn Radon (222) | | | | | | | | | | | | | | |
| 87 Fr Francium (223) | 88 Ra Radium (226) | 89 Ac Actinium (227) | 104 Rf Rutherfordium (261) | 105 Db Dubnium (262) | 106 Sg Seaborgium (263) | 107 Bh Bohrium (262) | 108 Hs Hassium (265) | 109 Mt Meitnerium (266) | 110 (269) | 111 (272) | 112 (277) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | 58 Ce Cerium 140,116 | 59 Pr Praseodymium 140,90765 | 60 Nd Neodymium 144,242 | 61 Pm Promethium (145) | 62 Sm Samarium 150,36 | 63 Eu Europium 151,964 | 64 Gd Gadolinium 157,25 | 65 Tb Terbium 158,92534 | 66 Dy Dysprosium 162,50 | 67 Ho Holmium 164,93032 | 68 Er Erbium 167,26 | 69 Tm Thulium 168,93421 | 70 Yb Ytterbium 173,04 | 71 Lu Lutetium 174,967 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | 90 Th Thorium 232,0381 | 91 Pa Protactinium 231,03588 | 92 U Uranium 238,0289 | 93 Np Neptunium (237) | 94 Pu Plutonium (244) | 95 Am Americium (243) | 96 Cm Curium (247) | 97 Bk Berkelium (247) | 98 Cf Californium (251) | 99 Es Einsteinium (252) | 100 Fm Fermium (257) | 101 Md Mendelevium (258) | 102 No Nobelium (259) | 103 Lr Lawrencium (262) |

Kritische REE

LREE Leichte SE
HREE Schwere SE



Seltene Erden

- **Knappheit mit hoher Wahrscheinlichkeit**

Terbium, Dysprosium, Praseodym und **Neodym**

- Hauptanwendung: Permanentmagnete
- Betroffene Techniken: Elektromotoren für Elektro-, (Hybrid) Fahrzeuge, Windkraft, Ni-MH-Batterien, Festplatten, Elektronikprodukte, industrielle Magnetanwendungen (Hebwerkzeuge)



Beispiel: Neodym

- Neodym ist Hauptbestandteil von den leistungsstärksten Dauermagneten und werden unter anderem in Generatoren von Windkraftanlagen und in Elektroautos verwendet.
- In ca. 14 Prozent der neu installierten Windkraftanlagen kommen Nd-Magnete zum Einsatz. Sie arbeiten ohne Getriebe, was sie robust macht und vorteilhaft für den Einsatz in Offshore-Windanlagen ist.
- Für ein Elektroauto wird mit dem Einsatz von ca. 1 kg Neodym gerechnet, für eine Windturbine von 2 t.
- Für das Jahr 2030 kommen unterschiedliche, erheblich differierende Szenarien auf eine Nachfrage von bis zu 53 000 Tonnen pro Jahr.



Beispiel: Neodym

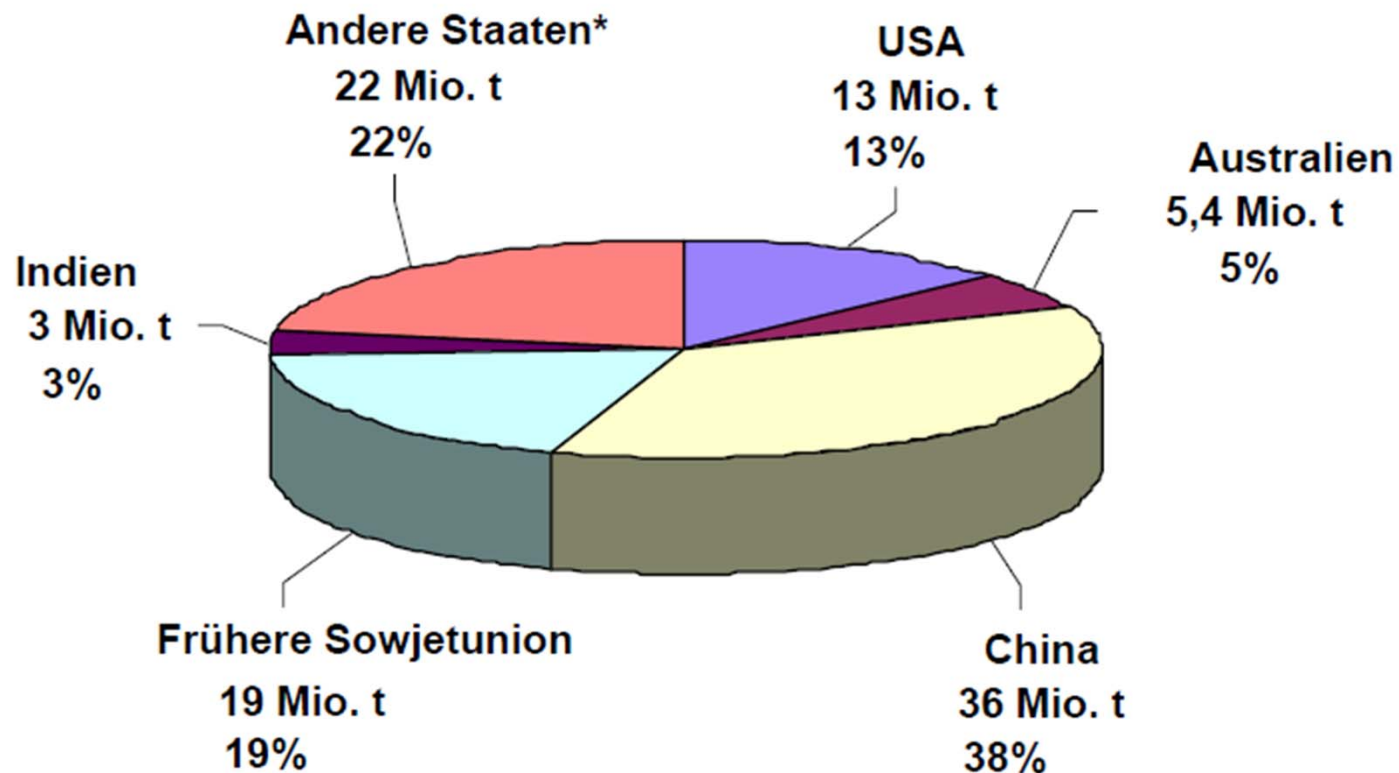
- Neodym ist Hauptbestandteil von den leistungsstärksten Dauermagneten und werden unter anderem in Generatoren von Windkraftanlagen und in Elektroautos verwendet.
- In ca. 14 Prozent der neu installierten Windkraftanlagen kommen Nd-Magnete zum Einsatz. Sie arbeiten ohne Getriebe, was sie robust macht und vorteilhaft für den Einsatz in Offshore-Windanlagen ist.
- Für ein Elektroauto wird mit dem Einsatz von ca. 1 kg Neodym gerechnet, für eine Windturbine von 2 t.
- Für das Jahr 2030 kommen unterschiedliche, erheblich differierende Szenarien auf eine Nachfrage von bis zu 53 000 Tonnen pro Jahr.

| Technologie | Bedarf 2006 | Bedarf 2030 |
|-----------------------------------|-------------|-------------|
| Laser für die Materialbearbeitung | gering | gering |
| Hochleistungs-Permanentmagnete | 4.000 | 27.900 |
| Bedarfssumme | 4.000 | 27.900 |
| Bedarf / Rohstoffproduktion 2006 | 0,55 | 3,82 |



Seltene Erden nach Ländern

Seltene Erden Reserven nach Ländern (in Millionen Tonnen und Prozent, USGS 2010)



* Andere Staaten: Kanada, Grönland, Südafrika, Malawi, Vietnam

Quelle: Hintergrundpapier „Seltene Erden“ Öko-Institut Freiburg 2010



Weltweite Förderung von Seltenen Erden

Weltweite Förderung von Seltenen Erden in 2009 (USGS 2010*)

| Staat | Tonnen Seltene Erden Oxid (REO) | Anteil |
|--------------|---------------------------------|--------------|
| China | 120.000 | 97 % |
| Indien | 2.700 | 2.1 % |
| Brasilien | 650 | 0.5 % |
| Malaysia | 380 | 0.3 % |
| Kirgistan | k.A. | |
| Summe | 124.000 | 100 % |

*Diese USGS-Daten beinhalten nicht die illegale chinesische Produktion von bis zu 20.000 t und die kleineren russischen Produktionsvolumen.

Quelle: Hintergrundpapier „Seltene Erden“ Öko-Institut Freiburg 2010



Seltene Erden

| | Importe | Anteil an Importen aus China | Verbindungen, die statistisch erfasst wurden | Quelle |
|-------|----------|------------------------------|---|---------------|
| EU 27 | 23.013 t | 90 % | Metalle, Mischungen oder Legierungen von Seltenen Erden, Sc und Y | Eurostat 2010 |

- Die allerersten Prozessstufen bei der Verarbeitung von Seltenen Erden finden heute fast ausschließlich in China und nur sehr eingeschränkt in Japan statt. So ist China das einzige Land, das über die komplette Produktionskette für die Magnetproduktion verfügt, angefangen von der Erzaufbereitung bis hin zur Endproduktherstellung.
- Die USA waren bis Anfang der 1980er der Hauptproduzent von Seltenen Erden. Wegen der niedrigen chinesischen Produktionskosten aber vor allem wegen Umweltproblemen haben jedoch die meisten Abbaufirmen außerhalb Chinas in den vergangenen Jahren die Förderung eingestellt.

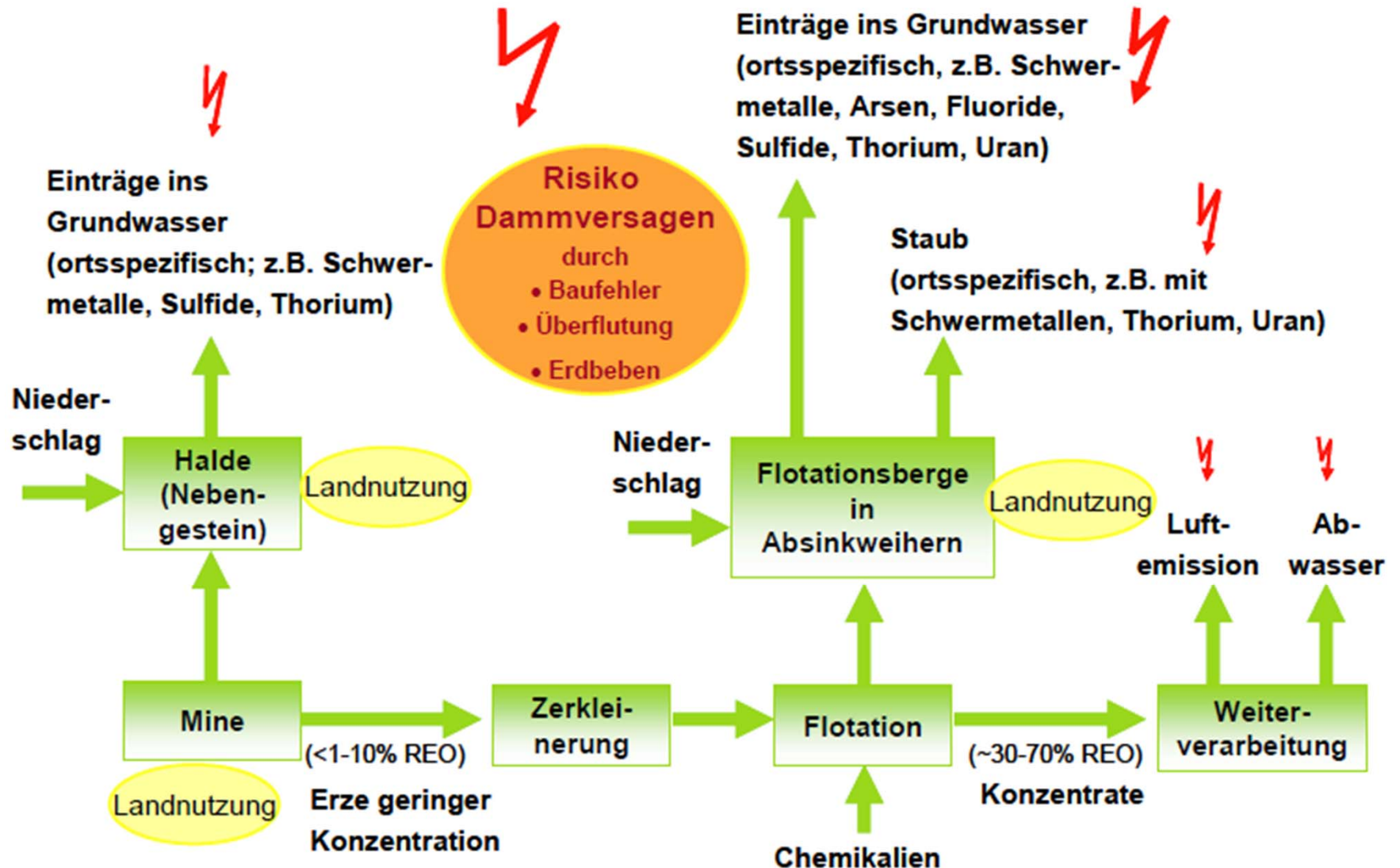


Umweltrisiken bei der Gewinnung von Seltenen Erden

- Radioaktive Stoffe, die über Staub und Wasser Mensch und Umwelt schädigen
- Rückstände aus der Erzaufbereitung (Flotationsberge):
Enthalten radioaktive und toxische Stoffe aus dem Gestein und aus den chemischen Hilfsmitteln
- Ablagerung in künstlichen Teichen
- Kontinuierlicher Grundwassereintrag bei Undichtigkeiten
- Risiko von Dammbürchen (siehe Rotschlamm in Ungarn)

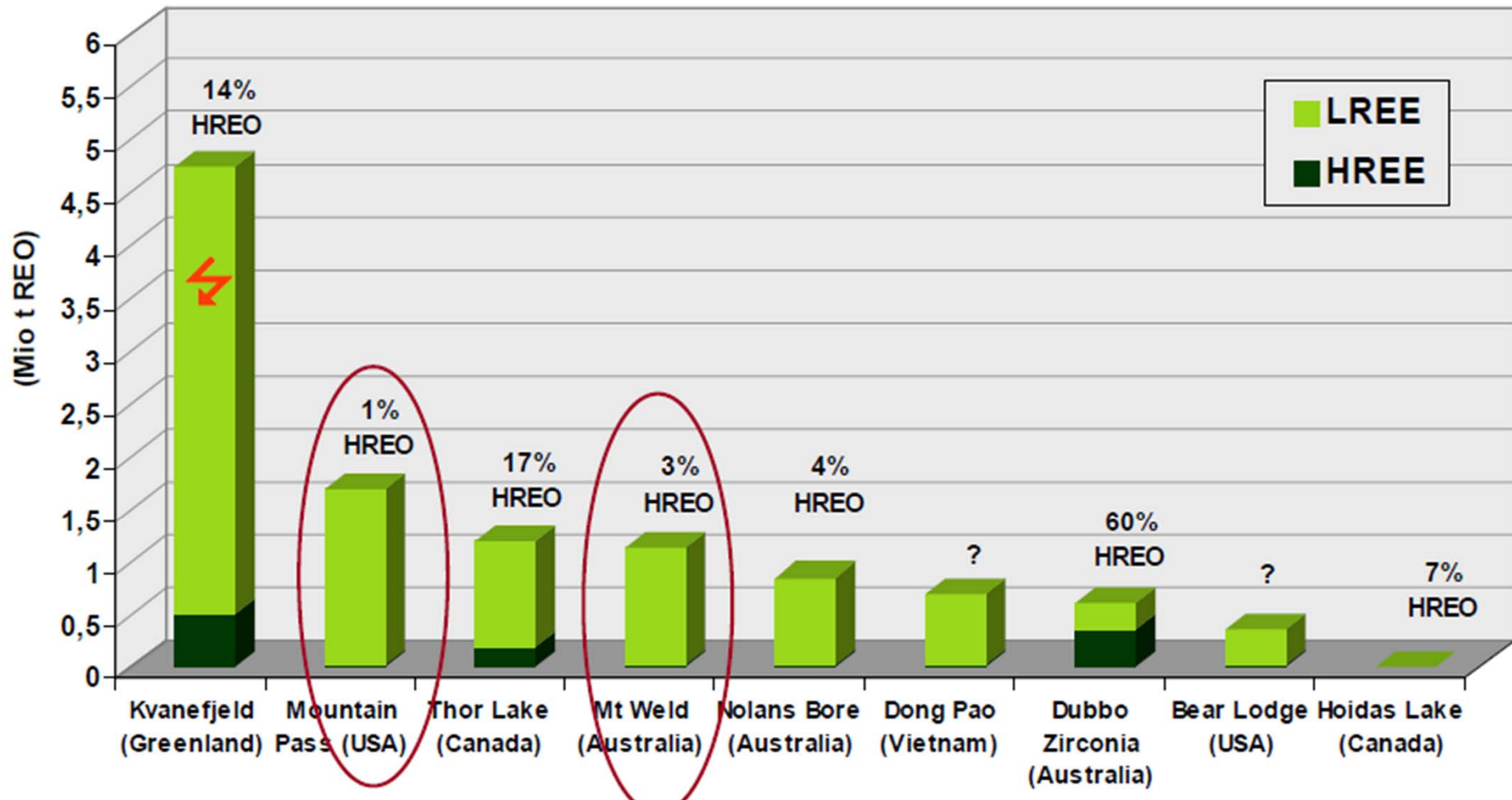


Umweltrisiken bei der Gewinnung von Seltenen Erden





Seltene Erden – Lagerstätten außerhalb Chinas



Quelle: Hintergrundpapier „Seltene Erden“ Öko-Institut Freiburg 2010



Seltene Erden

Nachricht vom November 2010:

Die grönländische Regierung hat ein Verbot aus den 1980er Jahren gelockert, wonach die Exploration und bergmännische Nutzung von Vorkommen von radioaktiven Mineralien untersagt war. Lars Emil Johansen, ehemaliger grönländischer Ministerpräsident und jetziger Vorsitzender des Aufsichtsrates der in Grönland ansässigen Tochtergesellschaft des australischen Bergbauunternehmens Greenland Minerals & Energy Ltd. (GME), erklärte, dass mit der jüngsten Entscheidung der grönländischen Regierung nunmehr der Weg bereitet werde, Vorkommen von radioaktiven Mineralen wie Uran und Thorium sowie Seltenerdenoxiden zu erkunden.

Quelle: <http://www.geopowers.com/energie/groenlaendische-behoerden-genehmigen-kvanefjeld-explorationsprojekt.html>



Seltene Erden und Recycling

Seltene Erden werden weltweit nur in sehr geringen Mengen recycelt!

Haupthindernisse waren bisher:

- Niedrige Preise
- Geringe Konzentrationen in vielen Anwendungen und insgesamt kleine Mengen
- Komplexe Chemie; kapitalintensive Anlagentechnik
- Es fehlt Know-how!
- Teilweise aufwändige Demontage nötig.



Seltene Erden

- Landschaftszerstörung durch Bergbau o. ä. wird derzeit durch Umweltbilanzen nur sehr unzureichend erfasst. Bei der Bilanzierung spielt meist nur der Energieaufwand bei der Gewinnung und die Schadstoff-Freisetzung eine Rolle.
- Der Abbau (Verbrauch) metallischer Rohstoffe ist nicht nachhaltig, da keine Reproduktion möglich ist. Wiederverwertung (Recycling) ist aus ökonomischen und ökologischen Gründen notwendig.



Probleme für das Recycling in Deutschland

- Die gesetzlichen Vorgaben für stoffliches Recycling waren lange Zeit unzureichend. Erst im neuen Kreislaufwirtschaftsgesetz von 2012 hat stoffliches Recycling Vorrang vor thermischen Recycling erhalten.



Probleme für das Recycling in Deutschland

- Die gesetzlichen Vorgaben für stoffliches Recycling waren lange Zeit unzureichend. Erst im neuen Kreislaufwirtschaftsgesetz von 2012 hat stoffliches Recycling Vorrang vor thermischen Recycling erhalten.
- Recyclinggerechte Konstruktion (VDI-Richtlinie 2243) wurde in der Vergangenheit häufig nicht genügend beachtet.



Probleme für das Recycling in Deutschland

- Die gesetzlichen Vorgaben für stoffliches Recycling waren lange Zeit unzureichend. Erst im neuen Kreislaufwirtschaftsgesetz von 2012 hat stoffliches Recycling Vorrang vor thermischen Recycling erhalten.
- Recyclinggerechte Konstruktion (VDI-Richtlinie 2243) wurde in der Vergangenheit häufig nicht genügend beachtet.
- Für einige Metalle (z. B. Lithium) gibt es derzeit keine Recyclingtechnologien

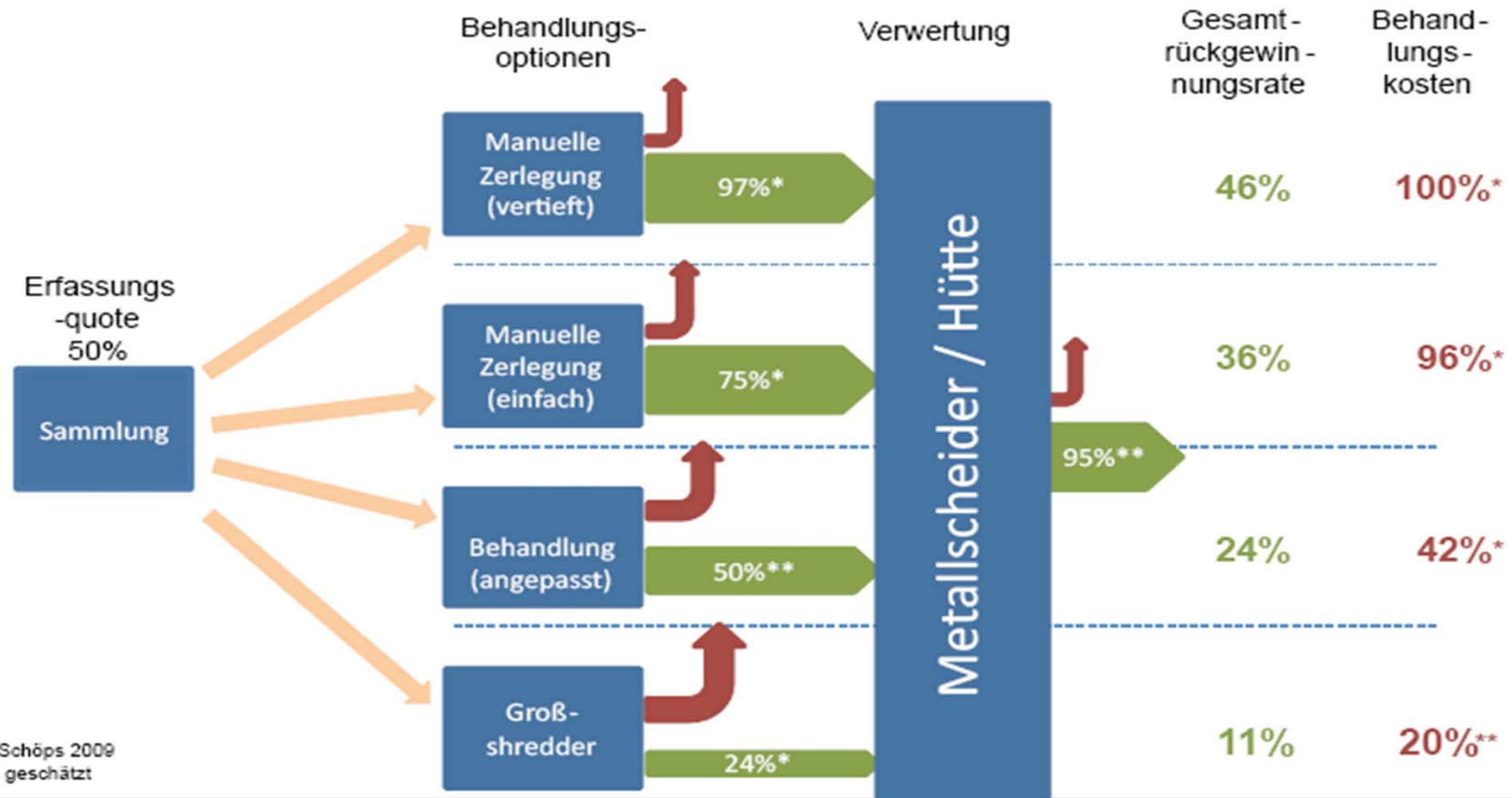


Probleme für das Recycling in Deutschland

- Die gesetzlichen Vorgaben für stoffliches Recycling waren lange Zeit unzureichend. Erst im neuen Kreislaufwirtschaftsgesetz von 2012 hat stoffliches Recycling Vorrang vor thermischen Recycling erhalten.
- Recyclinggerechte Konstruktion (VDI-Richtlinie 2243) wurde in der Vergangenheit häufig nicht genügend beachtet.
- Für einige Metalle (z. B. Lithium) gibt es derzeit keine Recyclingtechnologien
- Der Einsatz geringer Mengen seltener Metalle pro Bauteil erschwert das stoffliche Recycling (Dissipation). Entsorgungstechnologien sind dafür nicht ausgelegt.



Rückgewinnung von Gold



Rückgewinnungsraten für Gold bei verschiedenen Behandlungsoptionen
(Quelle: Ökopol)



Aufgaben für das Selbststudium

1. Diskutieren Sie die Vor- und Nachteile Seltener Erden! Welche Seite überwiegt und welche Konsequenzen können daraus gezogen werden?
2. Wie sind die Umweltrisiken bei der Gewinnung Seltener Erden zu bewerten?