Öko-Institut e.V.
Institut für angewandte Ökologie
Institute for Applied Ecology

- Ressourcenfieber -
Seltene Erden & kritische Metalle

Dipl.-Geogr. Andreas Manhart

Vortrag in der Reihe „Wissenschaft für jedermann“
Deutsches Museum, 08. Februar 2012

Öko-Institut e.V.

Das Öko-Institut ist eine der europaweit führenden, unabhängigen Forschungs- und Beratungseinrichtungen für eine nachhaltige Zukunft.

Auf Basis einer wertorientierten wissenschaftlichen Forschung berät das Öko-Institut Entscheidungsträger aus Politik, Wirtschaft und Zivilgesellschaft.

An den drei Standorten Freiburg, Darmstadt und Berlin beschäftigt das Institut über 125 MitarbeiterInnen, darunter mehr als 85 WissenschaftlerInnen.

Geschäftsstelle Freiburg

Büro Berlin

Büro Darmstadt

Öko-Institut e.V.

Öko-Institut e.V.
Institut für angewandte Ökologie
Institute for Applied Ecology

Jährlich bearbeiten sie mehr als 200 nationale und internationale Projekte in folgenden Arbeitsgebieten:

- Chemikalienmanagement und Technologiebewertung;
- Energie und Klima;
- Immisions- und Strahlenschutz;
- Landwirtschaft und Biodiversität;
- Nachhaltigkeit in Konsum, Mobilität, Ressourcenwirtschaft und Unternehmen;
- Nukleartechnik und Anlagensicherheit sowie
- Recht, Politik und Governance

Geschäftsstelle Freiburg

Büro Berlin

Büro Darmstadt

Öko-Institut e.V.
Institut für angewandte Ökologie
Institute for Applied Ecology

Was ist dran am Medienrummel ?

Was hat das Thema mit Umwelt und Nachhaltigkeit zu tun ?

3 Gründe…

Grund 1…
Umweltauswirkungen des Bergbaus

Gold
Wert: 1318 Euro / Feinunze (31,104g)

⇨ **556 kg CO_2e / Feinunze**

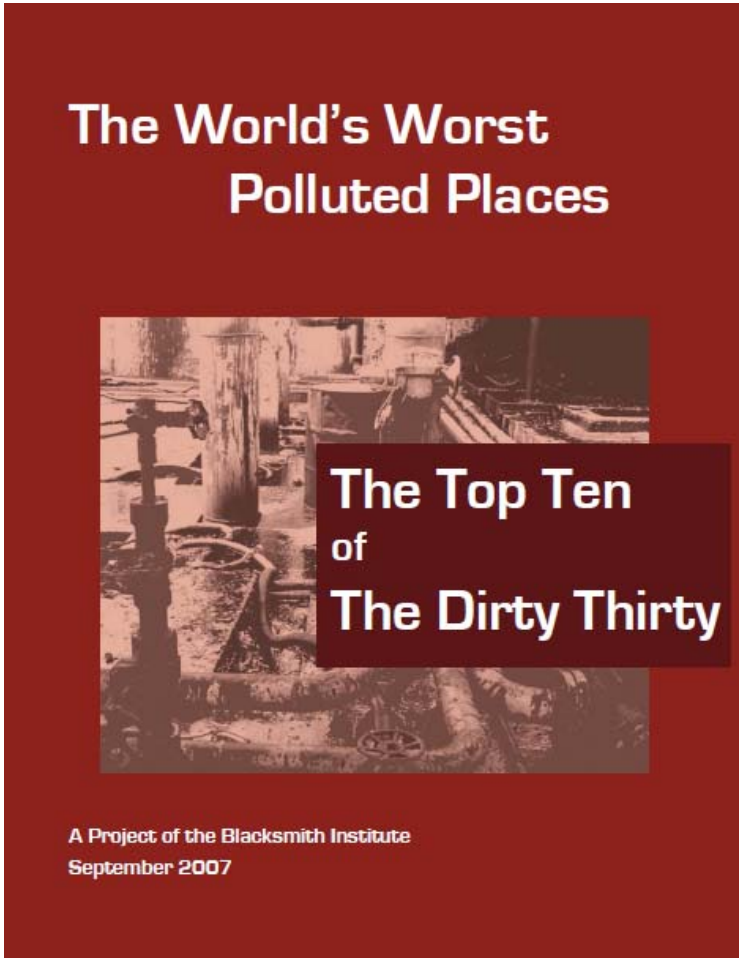
⇨ **Vergleichbar mit 4000 km Autofahrt**

Und:

⇨ **Im Goldbergbau werden 11% aller Quecksilberemissionen verursacht**

www.oeko.de

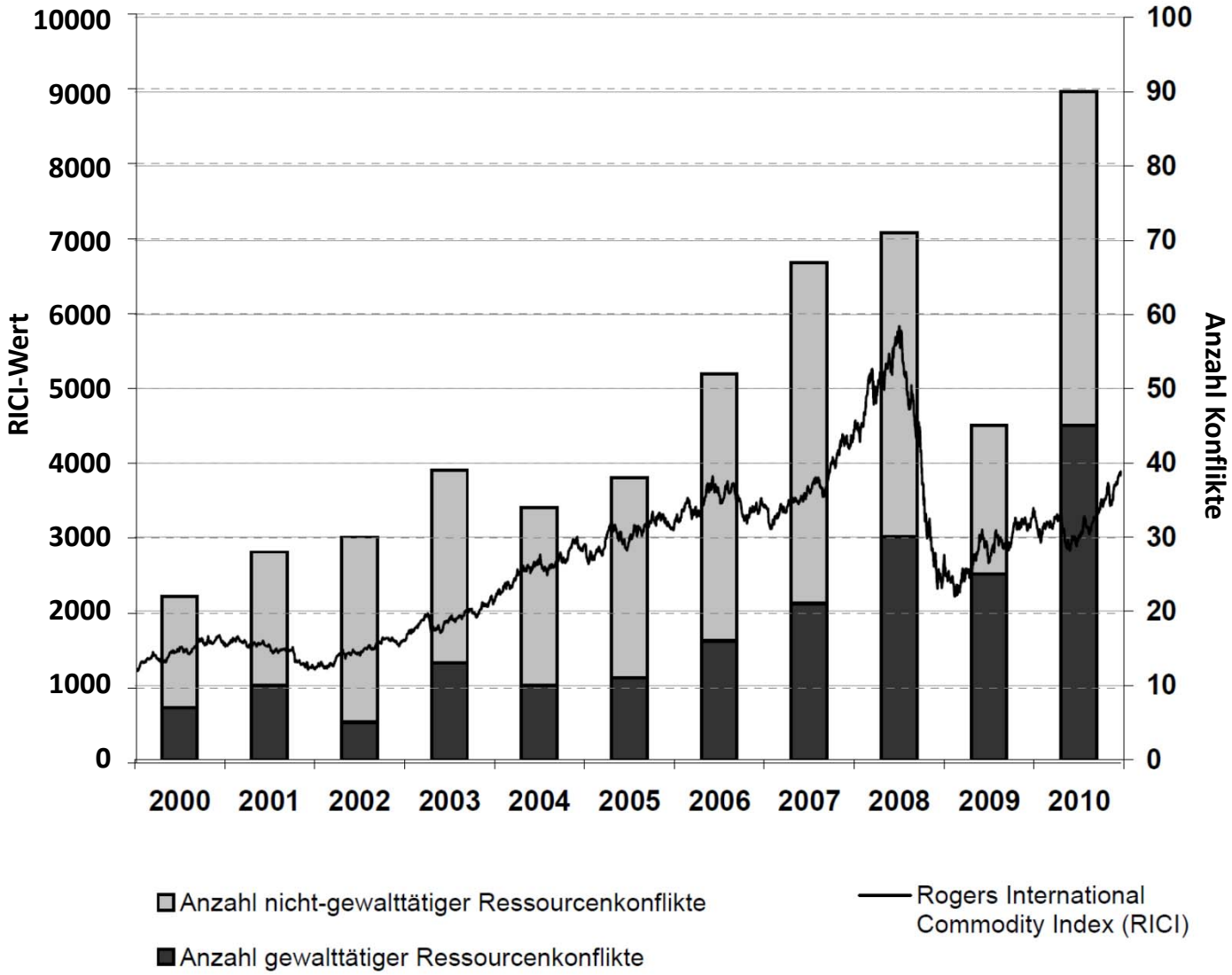
Grund 1…
Umweltauswirkungen des Bergbaus



4 der 10 am schlimmsten verseuchten Orte wurden durch Bergbau und/oder Erzverhüttung kontaminiert

- **Sukinda, Indien (Cr…)**
- **La Oroya, Peru (Cu, Pb, Zn, Ag, Au…)**
- **Norilsk, Russland (Ni, PGMs…)**
- **Kabwe, Sambia (Pb, Zn, Cd, Mn, V…)**

Grund 2…
Soziale Auswirkungen der Rohstoffgewinnung



Quellen:

Heidelberger Institut für internationale Konflikt-Forschung 2001-2011

Rogers International Commodity Index

Grund 3…
Bedeutung für „Nachhaltigkeitstechnologien“

- **Windkraft: Seltenen Erden (Neodym, Praseodym, Dysprosium)…**
- **Photovoltaik: Gallium, Tellur, Germanium, Indium…**
- **Elektromobilität: Seltene Erden, Lithium, Kobalt…**
- **Katalyse: Platin Gruppen Metalle (PGMs), Seltene Erden…**
- **Energiesparlampen & LEDs: Seltene Erden, Indium, Gallium…**
- **Gasturbinen: Rhenium…**

www.oeko.de

Öko-Institut e.V.
Institut für angewandte Ökologie
Institute for Applied Ecology

Inhalt

1. Welche Stoffe sind kritisch?
2. Kobalt – Armut & High-Tech
3. Seltene Erden – Metalle für Magnete, Lampen & Co
4. Lösungsansätze

www.oeko.de

Öko-Institut e.V.
Institut für angewandte Ökologie
Institute for Applied Ecology

Inhalt

1. **Welche Stoffe sind kritisch?**
2. **Kobalt – Armut & High-Tech**
3. **Seltene Erden – Metalle für Magnete, Lampen & Co**
4. **Lösungsansätze**

www.oeko.de

Was ist kritisch…?

Öko-Institut e.V.
Institut für angewandte Ökologie
Institute for Applied Ecology

	EU 2010	Öko-Institut 2009	U.S. Department of Energy 2010	IZT & Aldelphi 2011
Antimon	x			x (höchste Kritikalität)
Beryllium	x			
Bismut				x (hohe Kritikalität)
Chrom				x (hohe Kritikalität)
Kobalt	x	x (long term critical)		
Fluorit	x			
Gallium	x	x (short term critical)		x (hohe Kritikalität)
Germanium	x	x (long term critical)		x (höchste Kritikalität)
Graphit	x			
Indium	x	x (short term critical)	x (short term critical)	x (hohe Kritikalität)
Lithium		x (mid term critical)	x (mid term near critical)	
Magnesium	x			
Niob	x			x (hohe Kritikalität)
PGMs	x	x (mid term critical)*		x (hohe Kritikalität)***
Rhenium				x (höchste Kritikalität)
Seltene Erden	x	x (mid term critical)	x (short term critical)**	x (hohe Kritikalität)
Silber				x (hohe Kritikalität)
Tantal	x	x (mid term critical)		
Tellur		x (short term critical)	x (short term near critical)	
Wolfram	x			x (hohe Kritikalität)
Zinn				x (hohe Kritikalität)

* Palladium, Platin, Ruthenium ** Dysprosium, Europium, Terbium, Neodym, Yttrium *** Palladium

Die „kritischen“ Rohstoffe

Öko-Institut e.V.
Institut für angewandte Ökologie
Institute for Applied Ecology

kritisch

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 138.9055	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)	113	114				

58 Ce Cerium 140.116	59 Pr Praseodymium 140.90765	60 Nd Neodymium 144.24	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)

www.oeko.de

„Kritische“ Rohstoffe und „Konfliktmetalle“

Öko-Institut e.V.
Institut für angewandte Ökologie
Institute for Applied Ecology

kritisch

konfliktfördernd

kritisch & konfliktfördernd

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 138.9055	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)	113	114				

58 Ce Cerium 140.116	59 Pr Praseodymium 140.90765	60 Nd Neodymium 144.24	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)

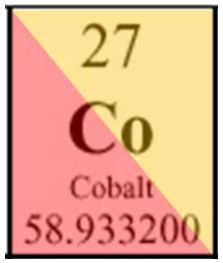
www.oeko.de

Öko-Institut e.V.
Institut für angewandte Ökologie
Institute for Applied Ecology

Beispiel Kobalt – Armut & High-Tech

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 138.9055	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)	113	114				

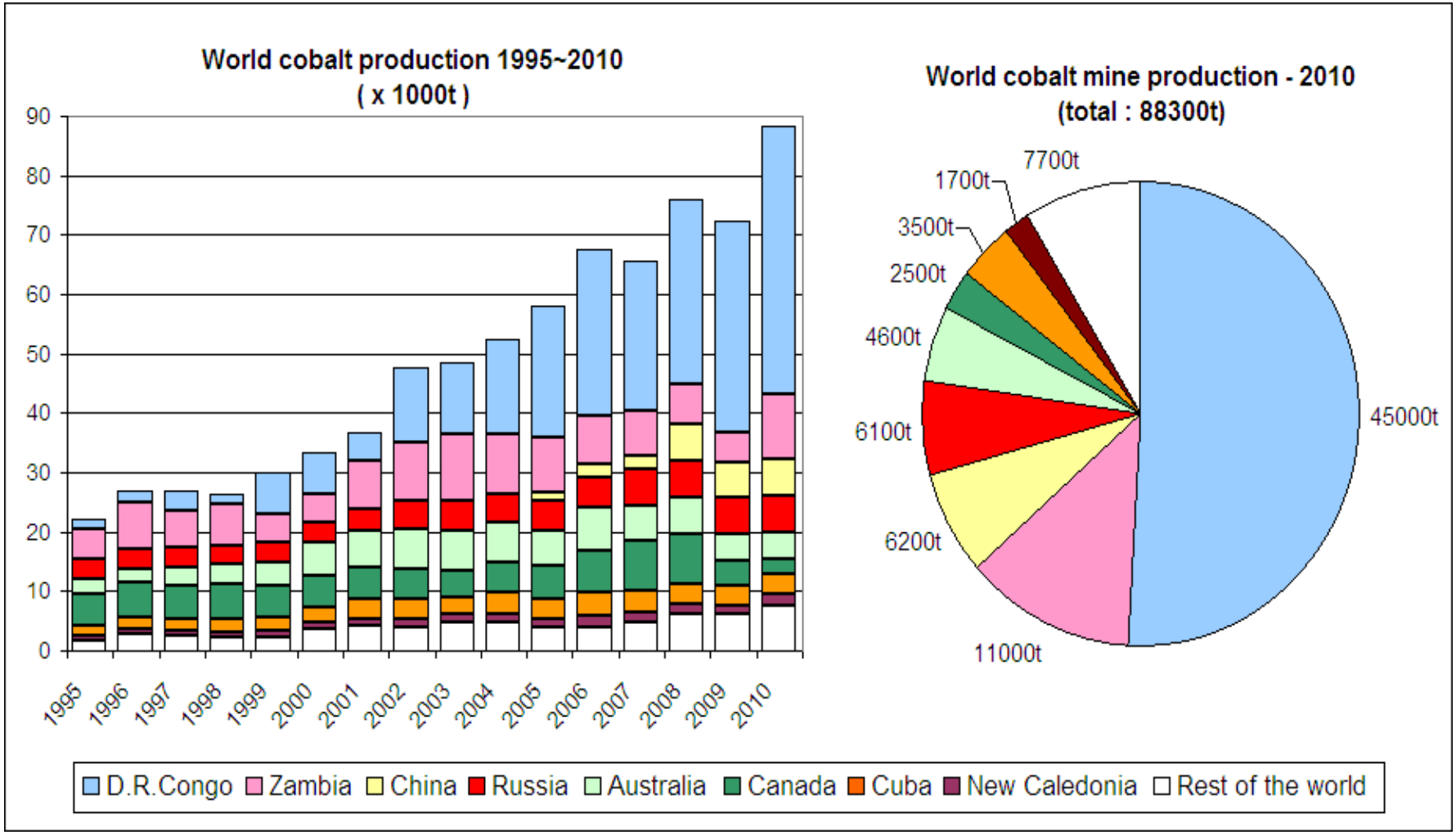
58 Ce Cerium 140.116	59 Pr Praseodymium 140.90765	60 Nd Neodymium 144.24	61 Pm Promethium (145)	62 Sm Samarium 150.36	63 Eu Europium 151.964	64 Gd Gadolinium 157.25	65 Tb Terbium 158.92534	66 Dy Dysprosium 162.50	67 Ho Holmium 164.93032	68 Er Erbium 167.26	69 Tm Thulium 168.93421	70 Yb Ytterbium 173.04	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)



Kobalt

Öko-Institut e.V.
Institut für angewandte Ökologie
Institute for Applied Ecology

Daten zur Weltprimärproduktion



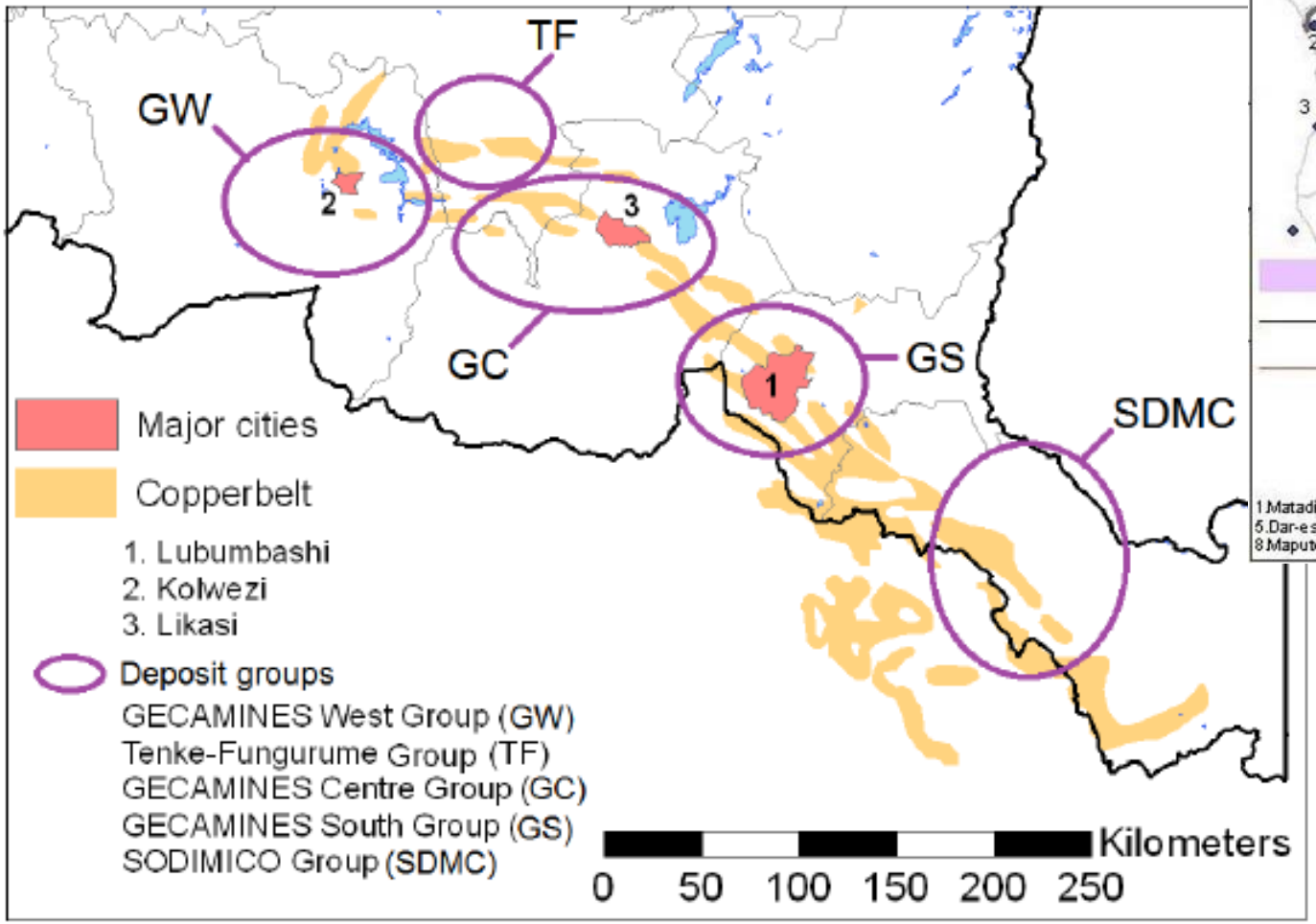
Quelle: Öko-Institut 2011, basierend auf USGS 1995-2010

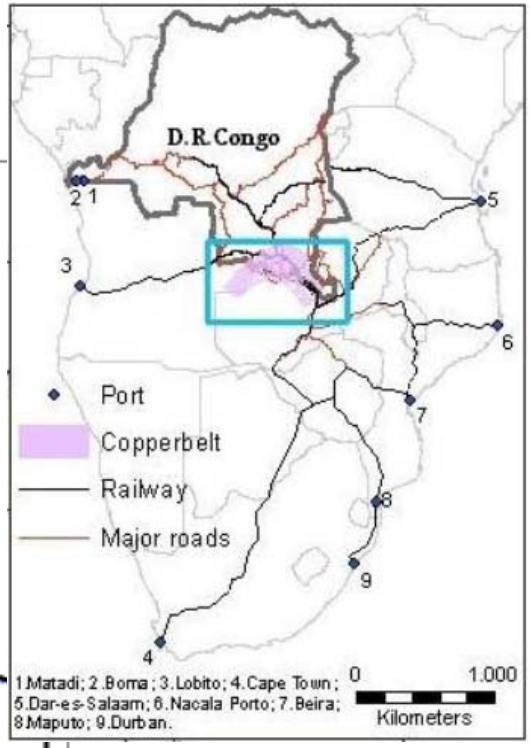
27
Co
Cobalt
58.933200

Kobalt

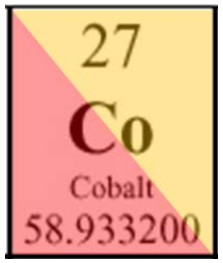
Öko-Institut e.V.
Institut für angewandte Ökologie
Institute for Applied Ecology

> 50% der Förderung in der D.R. Kongo





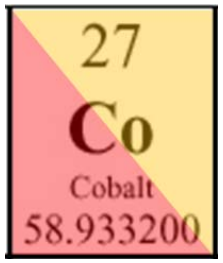
Quelle: Öko-Institut 2011



Kobalt

Öko-Institut e.V.
Institut für angewandte Ökologie
Institute for Applied Ecology

60-90% der kongolesischen Förderung durch informelle Kleinbergleute (artisanal mining)



Kobalt

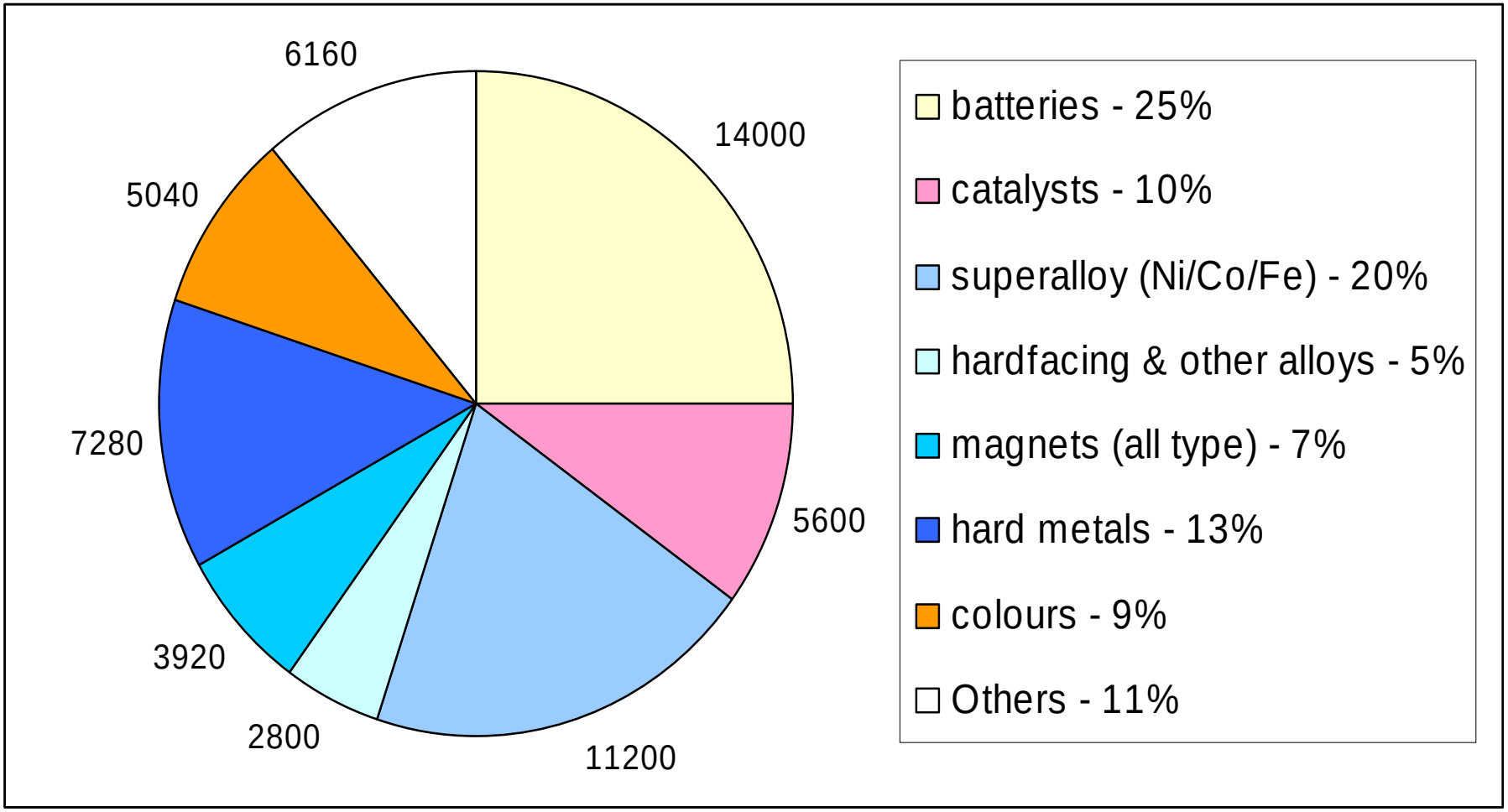
Öko-Institut e.V.
Institut für angewandte Ökologie
Institute for Applied Ecology

- Im „artisanalen“ Kobaltabbau finden 67.000 – 108.000 ihr Auskommen
- Davon 19.000-33.000 Kinder unter 15 Jahren
- Viele Kobalterze sind mit Schwermetallen wie Blei und Uran vergesellschaftet (Strahlenbelastungen von bis zu 24mSv pro Jahr)
- Todesrate durch Unfälle: Ca. 0,5% pro Jahr
  (v.a. Überschwemmungen und Schachteinstürze)

www.oeko.de

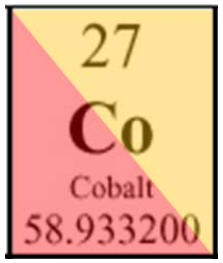
Kobalt

Daten zum Weltverbrauch nach Anwendungen



Quelle: CDI 2010

www.oeko.de



Kobalt

Öko-Institut e.V.
Institut für angewandte Ökologie
Institute for Applied Ecology

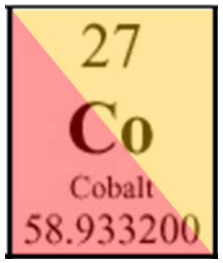
25% der Weltkobaltproduktion für Li-Ionen Akkus

Kobaltgehalt:

Ø 13,8 % der Akkumasse

Gesamt:

Ca. 3,8 g pro Handy
Ca. 6,3 g pro Smartphone
Ca. 65 g pro Notebook
Ca. 2,5 kg pro Hybridauto



Kobalt

Öko-Institut e.V.
Institut für angewandte Ökologie
Institute for Applied Ecology

Arbeitsbedingungen bezogen auf einzelne Produkte

	Handy	Smartphone	Notebook	Hybridauto
Arbeitszeit	0,6 Min	1 Min	10 Min	370 Min
Kinderarbeit	0,18 Min	0,3 Min	3 Min	104 Min
Entlohnung	0,0029 US$	0,005 US$	0,05 US$	1,83 US$
Tödl. Arbeitsunfälle	0,000000012	0,00000002	0,00000021	0,0000081

Kalkulatorische Annahme: In jedem Produkt steckt ein Kobaltgemisch entsprechend der Weltmarktanteile der Abbauregionen

www.oeko.de

Beispiel Seltene Erden – Metalle für Magnete, Lampen & Co.

Öko-Institut e.V.
Institut für angewandte Ökologie
Institute for Applied Ecology

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)	113	114				

58 Ce Cerium 140.116	59 Pr Praseodymium 140.90765	60 Nd Neodymium 144.24	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)

58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71
Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
Cerium	Praseodymium	Neodymium	Promethium	Samarium	Europium	Gadolinium	Terbium	Dysprosium	Holmium	Erbium	Thulium	Ytterbium	Lutetium
140.116	140.90765	144.24	(145)	150.36	151.964	157.25	158.92534	162.50	164.93032	167.26	168.93421	173.04	174.967

Öko-Institut e.V.
Institut für angewandte Ökologie
Institute for Applied Ecology

Seltene Erden

- Energiesparlampen
- LED
- LCD
- Plasma-Bildschirm
- Laser

Ce La Eu Tb Y Gd

Phosphor, Lumineszenz

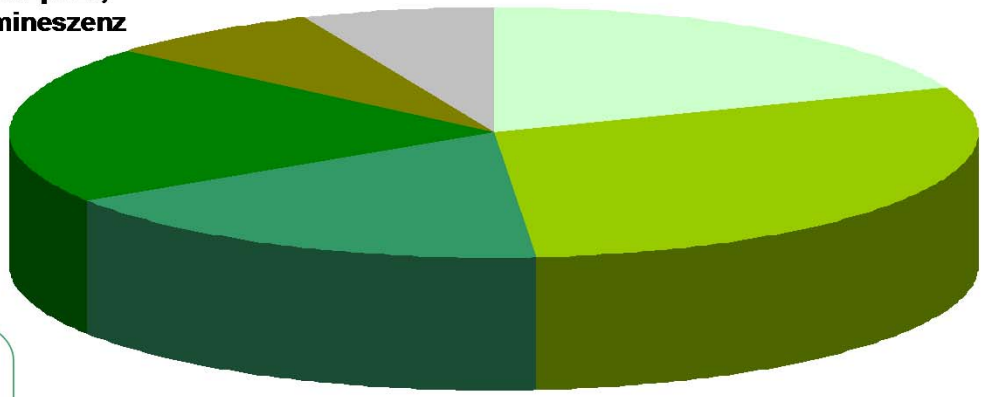
- Wasseraufbereitung
- Pigmente
- Düngemittel
- Nuklear-Technologie
- Verteidigung

Andere

- Auto-Katalysatoren
- Katalysatoren in Raffinerie- und chemischen Prozessen
- Diesel-Zusatz

Ce La Pr Nd Y

Katalysatoren



Magnete

Nd Pr Sm La Tb Dy

- Motoren und Generatoren
  - Windräder
  - Elektrofahrzeuge
  - Hybrid-Fahrzeuge
- Festplatten
- Kernspintomograph
- Lautsprecher
- Magnetische Kühlung

Metall-Legierung / Batterien

La Ce Pr Nd Sm Sc

- Legierungen für Stahl und Eisenguss
- Super-Legierung
- Zündgeräte
- NiMH-Batterie
- Brennstoffzelle
- H_2-Speicherung
- Leichtbau

Glas, Polierung, Keramik

Ce La Y Pr Nd

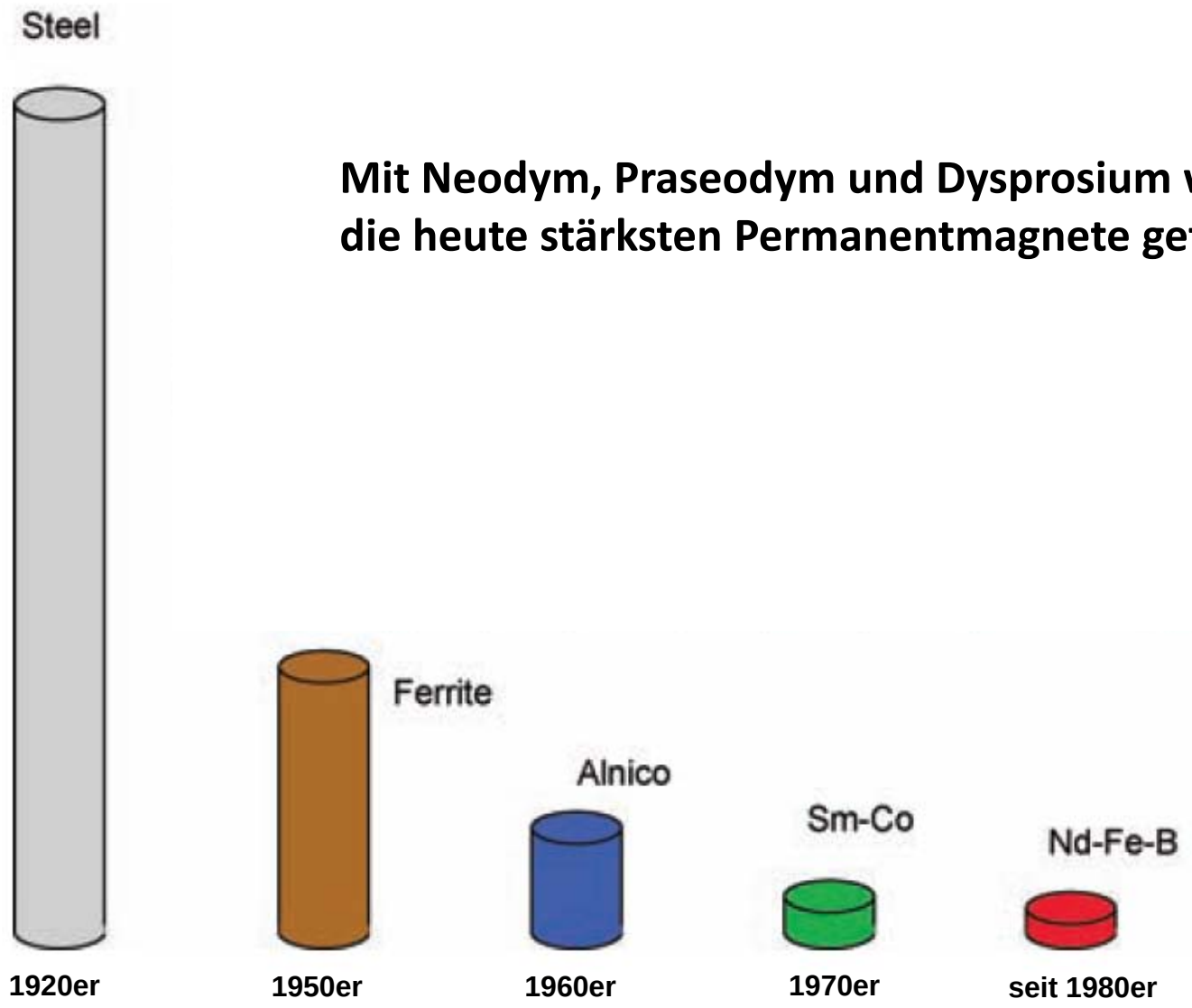
- Poliermittel
- Glasadditive zu Färbung/ Entfärbung
- Stabilisator in Keramik
- Keramik-Kondensatoren
- UV-Adsorption

58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71
Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
Cerium	Praseodymium	Neodymium	Promethium	Samarium	Europium	Gadolinium	Terbium	Dysprosium	Holmium	Erbium	Thulium	Ytterbium	Lutetium
140.116	140.90765	144.24	(145)	150.36	151.964	157.25	158.92534	162.50	164.93032	167.26	168.93421	173.04	174.967

Öko-Institut e.V.
Institut für angewandte Ökologie
Institute for Applied Ecology

Seltene Erden

Mit Neodym, Praseodym und Dysprosium werden die heute stärksten Permanentmagnete gefertigt



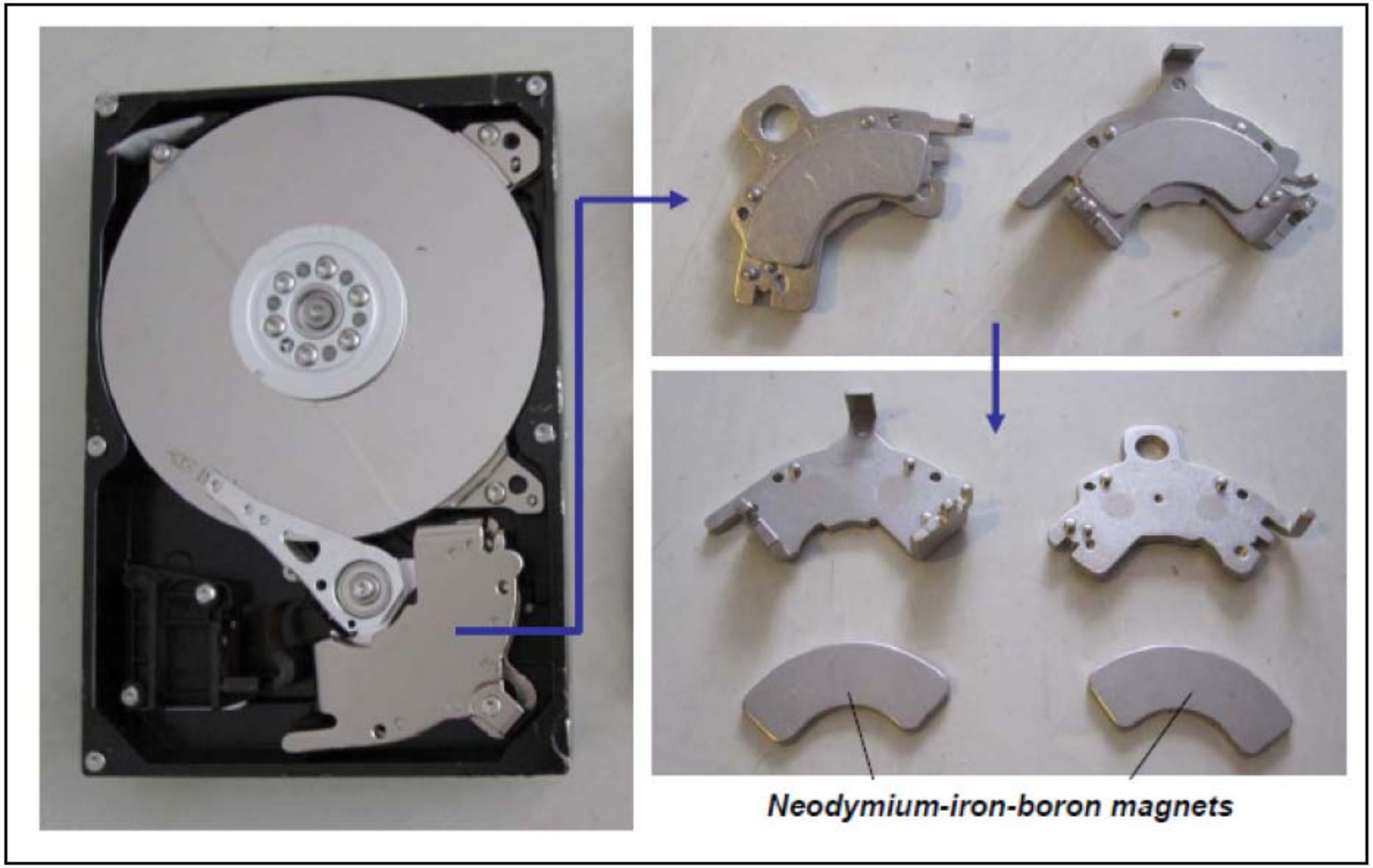
Quelle:
Gutfleisch et al. 2011

www.oeko.de

58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71
Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
Cerium	Praseodymium	Neodymium	Promethium	Samarium	Europium	Gadolinium	Terbium	Dysprosium	Holmium	Erbium	Thulium	Ytterbium	Lutetium
140.116	140.90765	144.24	(145)	150.36	151.964	157.25	158.92534	162.50	164.93032	167.26	168.93421	173.04	174.967

Öko-Institut e.V.
Institut für angewandte Ökologie
Institute for Applied Ecology

Seltene Erden



Festplatten: Lange Zeit eine Hauptanwendung von Seltenen Erden Magneten

Seltene Erden Gehalte pro Festplatte (3,5‘‘): 5-6 g

58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71
Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
Cerium	Praseodymium	Neodymium	Promethium	Samarium	Europium	Gadolinium	Terbium	Dysprosium	Holmium	Erbium	Thulium	Ytterbium	Lutetium
140.116	140.90765	144.24	(145)	150.36	151.964	157.25	158.92534	162.50	164.93032	167.26	168.93421	173.04	174.967

Öko-Institut e.V.
Institut für angewandte Ökologie
Institute for Applied Ecology

Seltene Erden

Vergleich zweier Elektromotoren:

	50Hz Induktionsmotor	Motor mit Seltenen Erden Magneten
Mechanische Leistung	1,5 kW	1,5 kW
Benötigte elektrische Leistung	2,0 kW	1,7 kW
Effizienz	75 %	88 %
Gewicht	45 kg	18 kg
Volumen	15953 cm^3	4598 cm^3

Quelle: Gutfleisch et al. 2011

Ingenieure werden sich bei vielen Anwendungen für Motoren mit Seltenen Erden entscheiden

58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71
Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
Cerium	Praseodymium	Neodymium	Promethium	Samarium	Europium	Gadolinium	Terbium	Dysprosium	Holmium	Erbium	Thulium	Ytterbium	Lutetium
140.116	140.90765	144.24	(145)	150.36	151.964	157.25	158.92534	162.50	164.93032	167.26	168.93421	173.04	174.967

Öko-Institut e.V.
Institut für angewandte Ökologie
Institute for Applied Ecology

Seltene Erden

L 191/26 DE Amtsblatt der Europäischen Union 23.7.2009

VERORDNUNG (EG) Nr. 640/2009 DER KOMMISSION

vom 22. Juli 2009

zur Durchführung der Richtlinie 2005/32/EG des Europäischen Parlaments und des Rates im Hinblick auf die Festlegung von Anforderungen an die umweltgerechte Gestaltung von Elektromotoren

(Text von Bedeutung für den EWR)

DIE KOMMISSION DER EUROPÄISCHEN GEMEINSCHAFTEN —

gerechte Gestaltung energiebetriebener Produkte und zur Änderung der Richtlinie 92/42/EWG des Rates sowie der Richtlinien 96/57/EG und 2000/55/EG des Europäischen Parlaments und des Rates ([1]), insbesondere auf Artikel 15 Absatz 1,

nach Anhörung des Ökodesign-Konsultationsforums,

in Erwägung nachstehender Gründe:

(1) Gemäß der Richtlinie 2005/32/EG legt die Kommission Anforderungen an die umweltgerechte Gestaltung („Ökodesign") energiebetriebener Produkte fest, die ein erhebliches Vertriebs- und Handelsvolumen, eine erhebliche

(4) Elektrische Antriebssysteme umfassen eine Reihe energiebetriebener Produkte, zum Beispiel Motoren, Steuerungen, Pumpen oder Ventilatoren. Motoren und Drehzahl-

linie 2005/32/EG und der Richtlinie 2006/42/EG des Europäischen Parlaments und des Rates ([2]) in Verkehr gebracht und in Betrieb genommen. Damit das gesamte Energieeinsparpotenzial kosteneffizient realisiert werden kann, sollten die in andere Erzeugnisse eingebauten Motoren den Bestimmungen dieser Verordnung unterliegen.

(6) Die Kommission hat in einer vorbereitenden Studie die technischen, ökologischen und wirtschaftlichen Aspekte von Elektromotoren untersucht. Die Studie wurde zusammen mit Interessengruppen und betroffenen Kreisen aus der EU und Drittländern durchgeführt, und die Ergebnisse wurden öffentlich zugänglich gemacht.

(7) Aus der vorbereitenden Studie geht hervor, dass Elektromotoren in großen Mengen auf den Gemeinschaftsmarkt

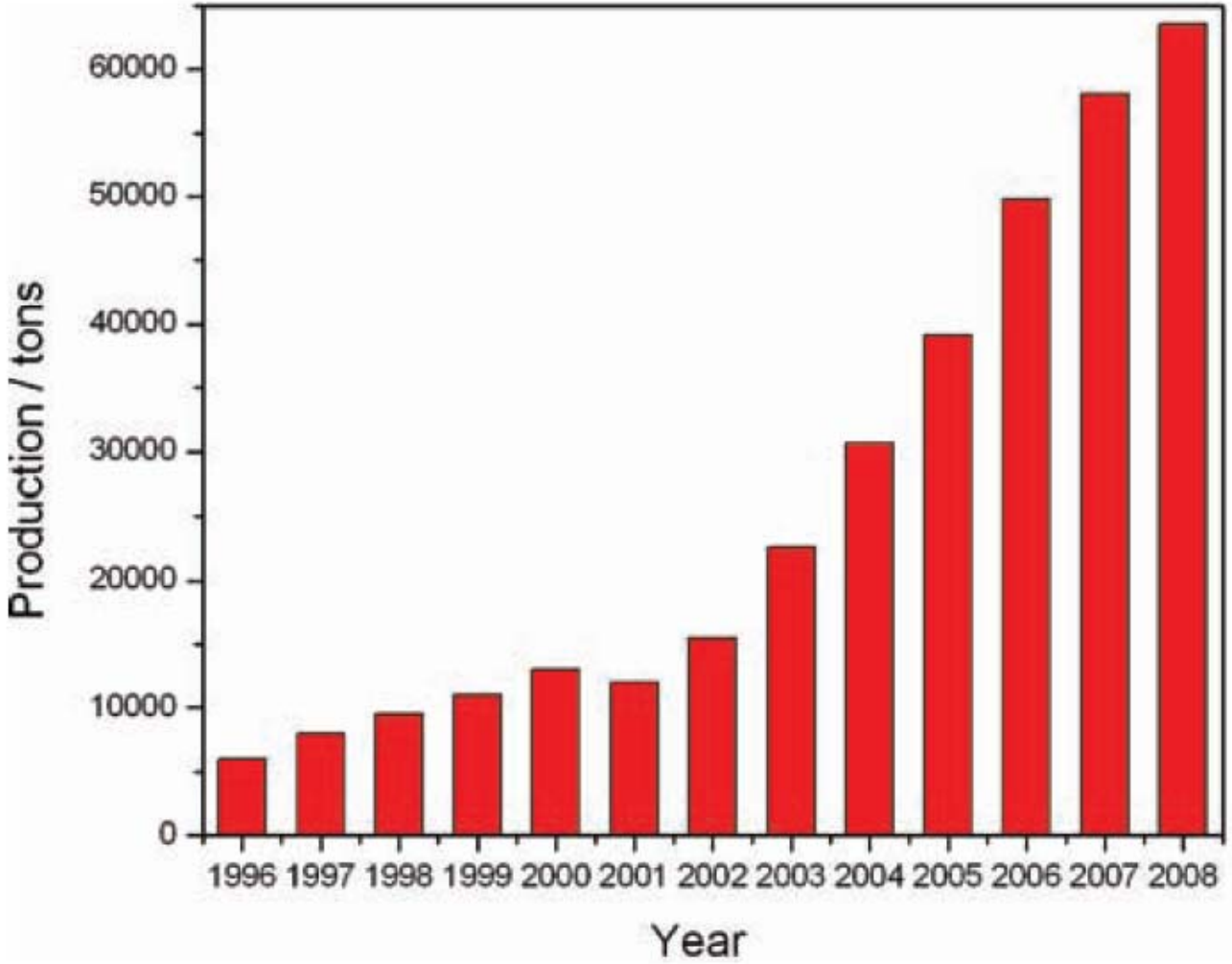
Auch gesetzliche Vorgaben zur Energieeffizienz machen einen vermehrten Einsatz von Seltenen Erden erforderlich.

58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71
Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
Cerium	Praseodymium	Neodymium	Promethium	Samarium	Europium	Gadolinium	Terbium	Dysprosium	Holmium	Erbium	Thulium	Ytterbium	Lutetium
140.116	140.90765	144.24	(145)	150.36	151.964	157.25	158.92534	162.50	164.93032	167.26	168.93421	173.04	174.967

Öko-Institut e.V.
Institut für angewandte Ökologie
Institute for Applied Ecology

Seltene Erden

Entwicklung der Produktionsmengen von Seltenen Erden Magneten



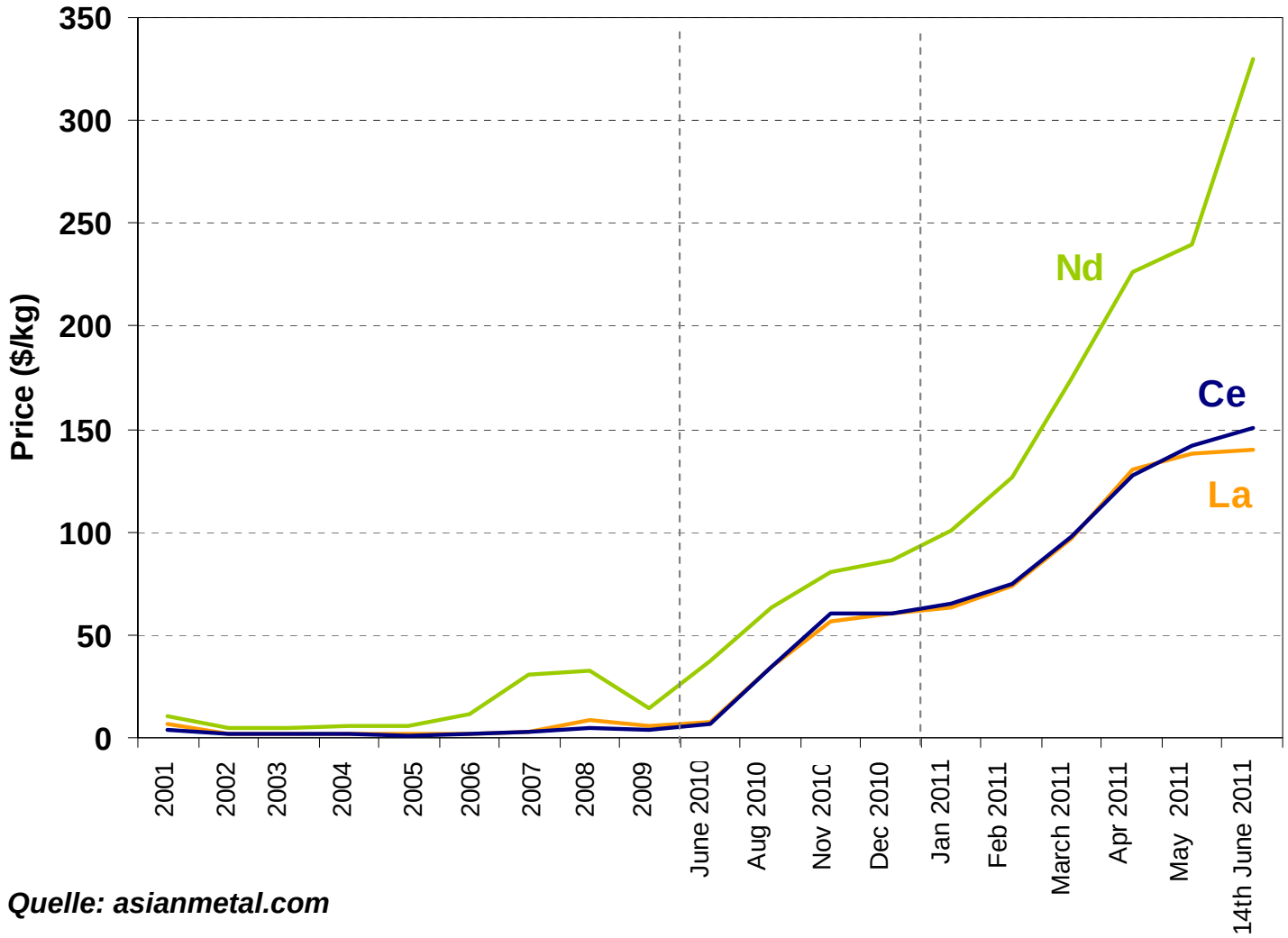
Quelle: Gutfleisch et al. 2011

58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71
Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
Cerium	Praseodymium	Neodymium	Promethium	Samarium	Europium	Gadolinium	Terbium	Dysprosium	Holmium	Erbium	Thulium	Ytterbium	Lutetium
140.116	140.90765	144.24	(145)	150.36	151.964	157.25	158.92534	162.50	164.93032	167.26	168.93421	173.04	174.967

Öko-Institut e.V.
Institut für angewandte Ökologie
Institute for Applied Ecology

Seltene Erden

Preisentwicklung einiger Seltener Erden



Quelle: asianmetal.com

58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71
Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
Cerium	Praseodymium	Neodymium	Promethium	Samarium	Europium	Gadolinium	Terbium	Dysprosium	Holmium	Erbium	Thulium	Ytterbium	Lutetium
140.116	140.90765	144.24	(145)	150.36	151.964	157.25	158.92534	162.50	164.93032	167.26	168.93421	173.04	174.967

Öko-Institut e.V.
Institut für angewandte Ökologie
Institute for Applied Ecology

Seltene Erden

Wesentliche Umweltrisiken beim Abbau:

- **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 Dammbrüchen (siehe Rotschlamm in Ungarn)**

www.oeko.de

58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71
Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
Cerium	Praseodymium	Neodymium	Promethium	Samarium	Europium	Gadolinium	Terbium	Dysprosium	Holmium	Erbium	Thulium	Ytterbium	Lutetium
140.116	140.90765	144.24	(145)	150.36	151.964	157.25	158.92534	162.50	164.93032	167.26	168.93421	173.04	174.967

Öko-Institut e.V.
Institut für angewandte Ökologie
Institute for Applied Ecology

Seltene Erden

Produktion in China (97 % der Weltproduktion)

- **Batou Obo Mine – die größte Selten Erden Mine**
  - **Umweltschäden: radioaktive Stäube, Lungenkrebs, Grundwasserverunreinigung**
- **Ionen-Adsorptions-Tone in Süd-China**
  - **Hohe Gehalte an schweren Seltenen Erden**
  - **In-situ Laugung, hydro-geologisch nicht kontrollierbar**
- **Zahlreiche kleine illegale Minen**
  - **Schätzungsweise 20.000 t Seltene Erden Oxide, die illegal abgebaut und exportiert wurden**
  - **Vermutlich haben diese Minen keinerlei Umweltschutzvorrichtungen**

www.oeko.de

58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71
Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
Cerium	Praseodymium	Neodymium	Promethium	Samarium	Europium	Gadolinium	Terbium	Dysprosium	Holmium	Erbium	Thulium	Ytterbium	Lutetium
140.116	140.90765	144.24	(145)	150.36	151.964	157.25	158.92534	162.50	164.93032	167.26	168.93421	173.04	174.967

Öko-Institut e.V.
Institut für angewandte Ökologie
Institute for Applied Ecology

Seltene Erden

Umweltpläne der chinesischen Regierung

- **Schließen der kleinen illegalen Minen. Konzentration und Konsolidierung der Seltenen Erden Wirtschaft**
- **Installation von Umweltschutztechnologien im Bergbau und in der Verarbeitung**

Chinesische Exporte

- **Chinesische Exporte in 2010: - 29 % im Vergleich zu 2008.**

  Anhaltende Exportrestriktionen in 2011.

www.oeko.de

Öko-Institut e.V.
Institut für angewandte Ökologie
Institute for Applied Ecology

Inhalt

1. Welche Stoffe sind kritisch?
2. Kobalt – Armut & High-Tech
3. Seltene Erden – Metalle für Magnete, Lampen & Co
4. Lösungsansätze

www.oeko.de

Öko-Institut e.V.
Institut für angewandte Ökologie
Institute for Applied Ecology

1. **Effizienter Einsatz**
2. **Recycling**
3. **Fairer Abbau (sozial und ökologisch)**

www.oeko.de

Lösungsansätze – Effizienter Einsatz

Öko-Institut e.V.
Institut für angewandte Ökologie
Institute for Applied Ecology

- **Im Bereich des effizienten Einsatzes kritischer Rohstoffe ist sehr viel Dynamik gekommen**
- **Dahinter stehen intrinsische Interessen der Industrie, Risiken durch Knappheiten und Preisanstiege vorzeitig abzufangen**

Beispiele:

- **Forschung zu Magneten mit weniger Seltenen Erden**
- **Optimierter Platineinsatz bei Katalysatoren**
- **Forschung zur Substitution von Indium**

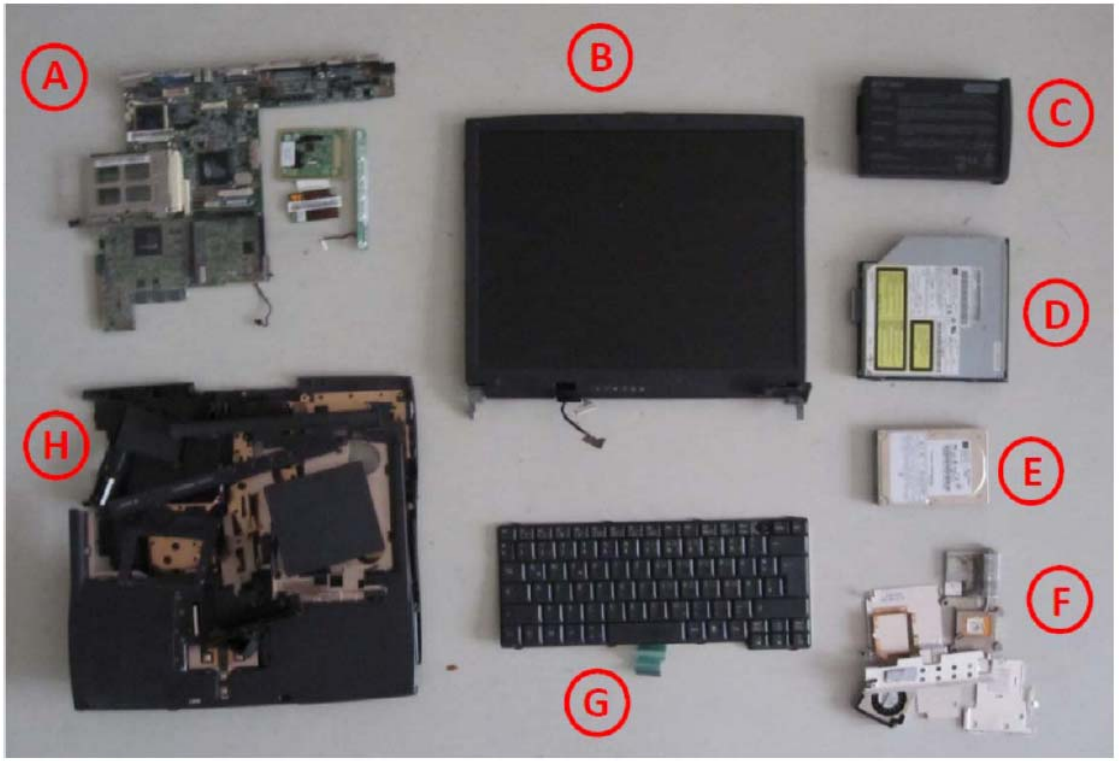
www.oeko.de

Lösungsansätze – Recycling

- **Fortschritte beim „Pre-Consumer-Recycling“ (Produktionsabfälle)**
- **Probleme beim „Post-Consumer-Recycling“ (Nachgebrauchsphase)**

Beispiel Notebook:

A: Leiterplatten
B: LCD-Bildschirm
C: Akkublock
D: Optisches Laufwerk
E: Festplattenlaufwerk
F: Stahlbleche,
Kühlelemente & Lüfter
G: Tastatur
H: Kunststoffteile



Lösungsansätze – Recycling

Öko-Institut e.V.
Institut für angewandte Ökologie
Institute for Applied Ecology

Metall		Gehalt je Note-book (CCFL[19]) [mg]	Gehalt je Note-book (LED[20]) [mg]	Gehalt in allen 2010 in D verkauften Notebooks [kg]
Kobalt	Co	65.000	65.000	461.305
Neodym	Nd	2.100	2.100	15.159
Tantal	Ta	1.700	1.700	12.065
Silber	Ag	440	440	3.106
Praseodym	Pr	270	270	1.945
Gold	Au	100	100	736
Dysprosium	Dy	60	60	426
Indium	In	40	40	286
Palladium	Pd	40	40	280
Platin	Pt	4	4	28,40
Yttrium	Y	1,80	1,60	11,50
Gallium	Ga	0,00	1,60	10,30
Gadolinium	Gd	0,01	0,75	4,80
Cer	Ce	0,08	0,10	0,69
Europium	Eu	0,13	0,03	0,28
Lanthan	La	0,11	0,00	0,08
Terbium	Tb	0,04	0,00	0,03

Lösungsansätze – Recycling

Öko-Institut e.V.
Institut für angewandte Ökologie
Institute for Applied Ecology

Metall		Gehalt in allen 2010 in D verkauften Notebooks [t]	Verluste bei der Erfassung	Verluste bei der Vorbehandlung	Verluste bei der Endbehandlung	Rückgewinnung in Deutschland [t]
Kobalt	Co	461,31	50%	20%	4%	177
Neodym	Nd	15,16		100%	100%	0
Tantal	Ta	12,06		100%	5%	0
Silber	Ag	3,11		70%	5%	0,443
Praseodym	Pr	1,94		100%	100%	0
Gold	Au	0,74		70%	5%	0,105
Dysprosium	Dy	0,43		100%	100%	0
Indium	In	0,29		20%	100%	0
Palladium	Pd	0,28		70%	5%	0,040
Platin	Pt	0,028		100%	5%	0
Yttrium	Y	0,012		40%	100%	0
Gallium	Ga	0,010		40%	100%	0
Gadolinium	Gd	0,0048		40%	100%	0
Cer	Ce	0,00069		40%	100%	0
Europium	Eu	0,00028		40%	100%	0
Lanthan	La	0,00008		40%	100%	0
Terbium	Tb	0,00003		40%	100%	0

Lösungsansätze – Fairer Abbau

Öko-Institut e.V.
Institut für angewandte Ökologie
Institute for Applied Ecology

- **Oftmals Forderung „keine Verwendung von Konfliktrohstoffen“**
- **Dodd-Frank Act in den USA:**
  - **Gesetz zur Finanzmarkttransparenz.**
  - **Für Rohstoffe relevant: § 1502 & 1504**
  - **Betroffen sind alle Firmen die in an US-amerikanischen Börsen notiert sind.**
  - **Diese dürfen keine Rohstoffe mehr verwenden, die aus dem Kongo kommen und verdächtigt werden, zur Kriegsfinanzierung beigetragen zu haben.**
  - **Wenn bewiesen werden kann, dass die Rohstofferlöse nicht zur Kriegsfinanzierung genutzt worden sind, dürfen sie frei verwendet werden (Zertifizierung nötig).**
  - **Aber: Es gibt bislang keine Zertifizierung.**

Öko-Institut e.V.
Institut für angewandte Ökologie
Institute for Applied Ecology

Die unerwünschten Folgen des Dodd-Frank Act:

- **De Facto Handelsembargo gegen Erze aus dem Kongo.**
- **Vorübergehender Zusammenbruch vieler Bergbaustrukturen in 2011, steigende Arbeitslosigkeit, Rückfall in Armut.**
- **Seitdem steigender Anteil illegaler Exporte v.a. nach Asien.**
- **Etablierung neuer, überwiegend fragwürdiger Handelsstrukturen.**

www.oeko.de

Lösungsansätze – Fairer Abbau

Öko-Institut e.V.
Institut für angewandte Ökologie
Institute for Applied Ecology

Alternativen:

- **Kein generelles Handelsembargo gegen Rohstoffe aus Konfliktregionen.**
- **Aber: Unterstützung zur Verbesserung der Abbau- und Handelsbedingungen – insbesondere im Kleinbergbau.**
- **Aufgabenverteilung basierend auf den Marktanteilen der Sektoren und Unternehmen.**
- **Lückenlose Zertifizierung der Handelsketten nicht zwangsläufig notwendig**

Langfristig werden die Bedingungen des Handels darüber entscheiden, wer die Rohstoffe letztendlich erhält.

www.oeko.de

Öko-Institut e.V.
Institut für angewandte Ökologie
Institute for Applied Ecology

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit !

Andreas Manhart
Email: a.manhart@oeko.de
Internet: www.oeko.de