



Rohstoffstudie für eine Bestandsaufnahme der Versorgung Bayerns mit metallischen Rohstoffen und Industriemineralen

Mai 2009



Der Bericht wurde erstellt von Dr. Elmar Linhardt und Dr. Klaus Poschlod (Bayerisches Landesamt für Umwelt).

Inhalt

Einleitung und Anmerkungen	2
----------------------------------	---

Themengebiete

1	Welcher Industriebereich braucht welchen Rohstoff?.....	3
1.1	Einsatzbereiche / Branchen in Bayern	3
1.2	Haupteinsatzbereiche.....	5
2	Aus welchen Ländern kommen diese Rohstoffe aktuell (Metallische Rohstoffe und Industriemineralien)?	8
3	Wie wird sich die Verfügbarkeit dieser Rohstoffe entwickeln?	12
4	Welche heimischen Rohstoffe sind in welchem Umfang verfügbar und wie lange reichen diese?	17
5	Wie ist die Preisentwicklung dieser Rohstoffe?	17
6	Gibt es Ersatzlieferanten?	21
7	Bestehen Substitutionsmöglichkeiten?	21
8	Bei welchen Rohstoffen für die Versorgung Bayerns ist mit Versorgungsengpässen zu rechnen?	21
9	Welche Möglichkeiten bietet Recycling unter Berücksichtigung der gesetzlichen Rahmenbedingungen?	26
10	Welche Anpassungsstrategien empfiehlt der Geologische Dienst?	27
11	Welche Möglichkeiten der Effizienzsteigerung sind unter rohstoffgeologischen Gesichtspunkten noch möglich?	28
12	Zu welchen Rohstoff liefernden Ländern sollten die Beziehungen intensiviert werden?	28
13	In welchen Bereichen der Rohstofferkundung und Rohstoffnutzung sollen Forschungsaktivitäten intensiviert werden?	28
	Zusammenfassung.....	32

Einleitung

Die Rohstoffstudie für eine Bestandsaufnahme der Versorgung Bayerns mit metallischen Rohstoffen und Industriemineralen wurde durch das BayStMWIVT auf Veranlassung der vbw (Vereinigung der Bayerischen Wirtschaft e. V.) vom Bayerischen Landesamt für Umwelt angefordert.

Im Anschreiben des Wirtschaftsministeriums vom 16.02.2009 (LfU-Az. 106-8771.5015-9657/2009) wurde gebeten, zu 13 Themengebieten Stellung zu nehmen.

Die Themengebiete 1, 2, 3 und 4 (Industriebereiche, Herkunftsländer, Verfügbarkeit, Heimische Rohstoffe) werden separat tabellarisch abgehandelt. Zur Preisentwicklung der Rohstoffe (Themengebiet 5) wird nur in einem kurzen Statement eingegangen. Die Themengebiete 6, 7 und 8 (Ersatzlieferanten, Substitutionsmöglichkeiten, Versorgungsengpässe) werden zusammengefasst dargestellt. Das Themengebiet 9 (Möglichkeiten des Recyclings) wird separat abgehandelt. Die Ergebnisse für das Themengebiet 10 (Anpassungsstrategien) werden im Anschluss daran kurz dargestellt. Die Themengebiete 11,12 und 13 (Effizienzsteigerung, Länderbeziehungen, Forschungsaktivitäten) werden abschließend in einem Block erörtert.

Anmerkungen

Die Rohstoffe Asbest und Quecksilber wurden bei der Studie nicht berücksichtigt.

Die Verwendung von Asbest ist inzwischen in den meisten Ländern der Erde verboten.

Quecksilber wird zwar bei der Herstellung von Energiesparlampen eingesetzt, ist aber in vielen Sparten wie in der Saatgutproduktion oder in der Pharmazie verboten und soll in Schweden ab 2010 generell verboten werden.

1) Welcher Industriebereich braucht welchen Rohstoff?

1.1 Einsatzbereiche / Branchen in Bayern mit Rohstoff-Bezug

Branche	Benötigte/r Rohstoff/e
Metallerzeugung und –bearbeitung: Eisen / Stahl, NE-Metalle (u.a. Metall-Gießereien, Fahrzeugbau, Maschinen- und Anlagenbau)	Eisen-, Kupfer- u.a. NE-Erze bzw. Metalle Bauxit Kalkstein Formsand Bentonit Graphit Quarz Dolomit Zirkon / Baddeleyit Seltenerdelemente bzw. deren Oxide (engl. REO)
Chemische Industrie	Kalkstein Dolomit Bentonit Fluorit Baryt Halit Zirkon / Baddeleyit
Herstellung von Gummi- und Kunststoffwaren	Kaolin Kieselerde Speckstein Graphit Baryt
Farben- und Lack-Industrie	Titanoxid (TiO ₂) Kieselerde Speckstein Kalkstein Baryt
Herstellung von Polier- und Pflegemitteln, Klebstoffen und Spachtelmassen für Bauchemie	Quarzsand Dolomit Kieselerde Bentonit
Pharmazeutische Industrie	Kalkstein Quarz Speckstein Bentonit Halit
Kosmetik-Industrie	Speckstein
Schmuckindustrie	Sonder-Stähle, Edelmetalle
Ernährungsgewerbe, Nahrungsmittelindustrie	Halit Kalkstein Bentonit Kieselerde Speckstein
Papiergewerbe	Kalkstein, Dolomit Kaolin, Bentonit Speckstein, Baryt

Keramische Industrie (Fein- und Grobkeramik), Feuerfest-Industrie	Tonstein, Ton, Lehm, Dolomit Quarzsand Kaolin Feldspat Speckstein Graphit Zirkon / Baddeleyit Magnesit
Glasindustrie	Quarzsand Feldspat Kalkstein Dolomit Halit Fluorit Zirkon / Baddeleyit
Verarbeitung von Steinen und Erden / Baustoffindustrie	Aluminium Gips / Anhydrit Natur-/werksteine (u.a. Basalt) Sande, Kiese, Tone Bentonit Quarzsand Kalkstein Dolomit Mergel Trass/Suevit
Bauhauptgewerbe, Tiefbau, Hochbau, Gleisbau, Bohrtechnik	Eisen/Stahl Kalkstein, Mergel, Dolomit Natur-/werksteine Sande Kiese Bentonit
Stein- und Kunstgewerbe	Naturwerksteine Speckstein
Elektro- und Elektronik-Industrie	Quarzsand, Kieselerde Eisen/Stahl, NE-Metalle (u.a. Aluminium, Kupfer), Halbleitermetalle (u.a. Indium) Graphit Quarz Feldspat Kaolin
Autoindustrie (inkl. aller anderen Verkehrsmittel)	Eisen/Stahl, NE-Metalle (u.a. Aluminium, Kupfer) Graphit
Umweltschutz, Wasser-Reinigung, Kläranlagen etc.	Kalkstein Dolomit Natur-/werksteine
Dünge- und Futtermittel-Industrie (Land- und Forstwirtschaft)	Kalisalz, Phosphat, Kalkstein, Dolomit Speckstein

1.2 Haupteinsatzbereiche

Haupteinsatzbereiche Baryt: Einsatz in/für Farbenindustrie, chemische und Kunststoffindustrie (Herst. nichtbrennbarer Kunststoffe), Herstellung von Füllstoffen, Spachtel- und Schallschutzmassen (textile Bodenbeläge, Automobilind.), für Schwerbeton, zur Trinkwasserreinigung, in der medizinischen Diagnostik.

Haupteinsatzbereiche Basalt: u.a. zur Herst. von Steinwolle, Tiefbau

Haupteinsatzbereiche Bauxit: Zur Erzeugung von metallischem Aluminium sowie von keramischen Feuerfestmaterialien.

Haupteinsatzbereiche Bentonit: Als Trenn-, Dichtungs-, Trocknungs- und Stabilisierungsmittel in der Bautechnik, als Additiv bei der Herst. von Farben, Lacken, Plastik, Gießereisanden, Papier und pharmazeutischen Produkten, als Klär- und Fällungsmittel in der Lebensmittelind., zur Abwasserbehandlung.

Haupteinsatzbereiche Dolomit: Als Naturwerkstein, Baumaterial (Wege- und Straßenbau), als Zuschlagstoff für die Stahlherstellung, zur Herst. von Steinwolle, Glas, Keramik und Porzellan, als Düngekalk in der Land- und Forstwirtschaft, zur Trink- und Abwasseraufbereitung, in der Baustoffindustrie als Zuschlagstoff für Mineralbeton, als Füller in Bitumen und Beton, als Strukturmaterial und Füller in Putz, als Zementrohstoff, in der Metallurgie zur Herst. von Magnesium, als Füllstoff für Farben, Lacke und Kunststoffe, in gefällter Form für die Papierindustrie, Rohstoff für die chemische und pharmazeutische Industrie, zur Rauchgasentschwefelung.

Haupteinsatzbereiche Edelmetalle: Herst. von Schmuck, für Elektronik, für Katalysatoren, in der Medizintechnik.

Haupteinsatzbereiche Eisen-, NE-Erze, Stahlveredler, Halbleitermetall-Erze: Erzeugung von Metallen wie Eisen/Stahl (Automobil-, Bauindustrie) und anderen Metallen, damit Erzeugung von Legierungen, u.a. zur Verwendung in der chemischen Industrie, für Elektrotechnik und Mikro- sowie Halbleitertechnik.

Haupteinsatzbereiche Feldspat: Zur Herst. von Keramik (Porzellan).

Haupteinsatzbereiche Fluorit: Chemische Industrie (u.a. Herstellung von Flußsäure, von Herbiziden); Einsatz in der Glas-, Keramik- und Metallbe- und verarbeitung (Schweißtechnik), in der Erdölchemie als Katalysator.

Haupteinsatzbereiche Gips / Anhydrit: Zur Herst. von Gipskartonplatten, von Putzen und Spachtelmassen, von Stuck- und Formgipsen, als Abbindeverzögerer für Zemente, als Düngemittel, als Rohstoff für die chem. Ind.

Haupteinsatzbereiche Graphit: Zur Herstellung feuerfester Produkte (Metallschmelztiigel, Schutzanstriche), als „puderförmiges“ Schmiermittel, für Elektroden (Aluminiumerzeugung, für Batterien und Akkus), zur Herstellung von Schreibminen (Bleistifte).

Haupteinsatzbereiche Halit: Industriesalz (chemische und pharmazeutische Produkte, u.a. Soda, PVC, Natronlauge), Auftausalz, Gewerbesalz (u.a. Konservierungsmittel in der Lebensmittelind., zur Wasserenthärtung), Speisesalz.

Haupteinsatzbereiche Kalisalz: Düngemittel, als hochreines 99er Kaliumchlorid oder Industriekali Verwendung in der chemischen Industrie und Medizin.

Haupteinsatzbereiche Kalkstein (hochrein): Zur Herstellung von Weiß- und Branntkalken, als Granulate für die Baustoffind. (Herst. von Putzen, Mörtel, etc.), für die Glasindustrie, zur Wasseraufbereitung, für die Futtermittelind.; Mehle für chemische und weiterverarbeitende Ind. (Papierherst., Herst. von Kunststoffen, Farben, Lacken), zur Herst. von Steinwolle.

Haupteinsatzbereiche Kalkstein: Zusammen mit Ton und Mergelstein sowie den Zuschlagstoffen Quarzsand, Gips und /oder Anhydrit und Eisen-haltigen Zuschlägen zur Herstellung von Zementen, Tiefbau.

Haupteinsatzbereiche Kaolin: Zur Herstellung von Fein- und Grobkeramik (Geschirrporzellan, Sanitärkeramik, Bau- und technische Keramik), für Glasuren und Spezialzemente, als Pigment und Füllstoff (Papierind.), zur Herstellung von Glasfasern.

Haupteinsatzbereiche Kiese und Sande: Tiefbau, Hochbau, Verfüllung, Filter etc.

Haupteinsatzbereiche Kieselerde: Zur Herst. technischer Gummiartikel (Baubereich, u.a. Bodenbeläge), für Dichtungsmaterialien und Schläuche im Automobilbau, zudem in Politurmitteln.

Haupteinsatzbereiche Magnesit: Zur Herst. keramischer Feuerfestmaterialien, zur Gewinnung von metallischem Magnesium.

Haupteinsatzbereiche Mergel: Zur Herst. von Zementen.

Haupteinsatzbereiche Naturstein/Naturwerkstein: Tiefbau (Straßen, Schienenstrecken), Hochbau (auch Innenausbau), GaLa (Garten- und Landschaftsbau).

Haupteinsatzbereiche Phosphat: Düngemittel (Superphosphat, Doppelsuperphosphat). Enthalten in vielen Lebensmittel-Zusatzstoffen. Zur Herst. von Korrosionsschutzmittel (Phosphatierung) und Flammenschutzmitteln.

Haupteinsatzbereiche Quarz, Quarzsand und Quarzkies: Zur Herst. von Glas (Schmelzsande), für die Metallgießerei (Gießereisande, Formsand), als Zuschlag- und Grundstoff in der Email- und keramischen Ind., als Füll- und Zuschlagstoff (Gummi-, Kunststoff-, Papier- und Pappen-Herstellung; für Putze und Beton), als physikalisch-chemischer Filter zur Ab-Wasserreinigung, in der Bau- und Natursteinindustrie, zur Herst. von Reinstsilizium (Photovoltaik, Mikroelektronik).

Haupteinsatzbereiche Seltenerdelemente (SEE, engl. REE, bzw. als Oxide REO): Zur Herst. von High Tech Katalysatoren, Akkus, Supermagneten, Metall-Legierungen, als Keramik- und Glaszusatz, für Glasfasern, Laser, PC-Speicher, zur Wasserstofflagerung sowie in der Reaktortechnik. Produkte mit SEE: TV's, Handies, PC's, DVD's, Kameras, Kernspintomographen, Automobile etc.. Daneben Verwendung als Wachstumsförderer (Futtermittelzusätze) sowie als Düngemittel.

Haupteinsatzbereiche Titanoxid: Als Weißpigment zur Herst. von Farben, Lacken, Papier und Textilien, für pharmazeutische Anwendungen, als Halbleitermaterial und für Katalysatoren (Rauchgasentstickung).

Haupteinsatzbereiche Ton, Tonstein, Lehm: Zur Herst. von Zementen sowie von keramischen Erzeugnissen.

Haupteinsatzbereiche Trass / Suevit: Zur Herst. hydraulischer Mörtel und Zemente und untergeordnet als Baustein (Ersatzgestein im Denkmalpflegebereich)

Haupteinsatzbereiche Uran: Zur Energieerzeugung.

Haupteinsatzbereiche Zirkon/Baddeleyit: Als Zuschlagstoff in der Glasindustrie, in der chemischen und keramischen Ind. (Feuerfestmaterial), in der Stahlindustrie als Zusatz im Formsand, für den Reaktorbau.

2) Aus welchen Ländern kommen diese Rohstoffe aktuell (Metallische Rohstoffe und Industrieminerale)?

Metall-/ Mineralgruppe	Metalle, Minerale, Rohstoffe (Erze)	Anzahl der Förderländer	Herkunft, Vorkommen bzw. Lagerstätten in: (Welt, EU, Deutschland)
Eisen (Stahl)	Eisen Fe	57	Brasilien, Kanada, Schweden, Rep. Südafrika.
Stahlveredler	Mangan Mn, Chrom Cr, Nickel Ni, Kobalt Co, Vanadium V, Titan Ti, Molybdän Mo, Wolfram W, Niob Nb	Mn: 27 Cr: 19 Ni: 18 Co: 8 V: 8 Ti: > 5 Mo: 11 W: 27 Nb: > 5	Cr: Rep. Südafrika, Türkei; Cr-haltige Ferrolegierungen: Rep. Südafrika, Kasachstan, Niederlande. Mn: Rep. Südafrika, VR China, Australien, Gabun, Ukraine, Indien, Kasachstan. Mo: USA, VR China, Chile, Peru. Ni: Russland, Großbritannien, Norwegen. Ferronickel: Großbritannien, Venezuela, Indonesien, Griechenland. V: Rep. Südafrika, VR China, Russland. V-Ferrolegierungen: Russland, Österreich. W (Erze, Ferrowolfram, Schrott): Russland, Ruanda, Kanada, USA. Co: Dem.Rep. Kongo, Australien, Kanada, Russland, Marokko, VR China. Ti: Russland, VR China. Nb: Dem.Rep. Kongo, Australien, Brasilien, Kanada.
Nichteisen-(NE)-Metalle	Antimon Sb, Wismut Bi, Blei Pb, Cadmium Cd, Kupfer Cu, Zink Zn, Zinn Sn, Aluminium Al	Sb: 25 Bi: > 7 Pb: 49 Cd: siehe Zn Cu: 57 Zn: 50 Sn: 35 Al: 23	Al (Bauxit): Guinea, Australien, Jamaika, Brasilien, Frankreich, Spanien, Griechenland, Ungarn, Rumänien. Cu: Chile, Peru, Argentinien, Polen, Portugal, Bulgarien, Schweden, Finnland, Spanien, Rumänien. Pb: VR China, Australien, USA, Irland, Schweden, Polen. Zn: VR China, Australien, Peru, USA, Kanada, Irland, Schweden, Polen, Finnland. Sn: VR China, Malaysia, Indonesien, Peru, Brasilien. Sb: VR China, Bolivien, Rep.

			Südafrika. Bi: VR China, Mexiko, Peru. Cd: VR China, Rep. Korea, Kanada, Mexiko, Kasachstan.
Edelmetalle	Gold Au, Silber Ag, Platin-metalle (u.a. Palladium Pd, Platin Pt, Rhodium Rh)	Au: > 7 Ag: > 7 Pt-Metalle: 9	Au: VR China, Rep. Südafrika, USA, Australien, Peru, Türkei. Pt: Rep. Südafrika, Russland. Pd: Russland. Rh: Rep. Südafrika, Russland. Ag: Peru, Mexiko, VR China, Chile, Australien, Polen, Schweden.
Halbleitermetalle	Germanium Ge, Silizium Si, Gallium Ga, Arsen As, Indium In, Tantal Ta	Ge: > 5 Si: > 25 Ga: > 5 As: > 25 In: > 10 Ta: > 10	Ge: China, Kanada, USA, Dem.Rep. Kongo. Si: China, Russland, Brasilien, USA, Norwegen. Ga: China, Japan, Russland, Deutschland (Niedersachsen), (primäre Vorkommen und Nebenprodukte bei Aufbereitung von Zn-Erzen und Bauxit). As: Russland, Mexiko, Chile, Kanada, Namibia, Peru, Schweden, Frankreich. In: VR China, Russland, Kanada. Ta: Dem.Rep. Kongo, Australien, Brasilien, Kanada.
Seltenerdelemente	Cer Ce, Lanthan La, Praseodym Pr, Neodym Nd, Promethium Pm, Samarium Sm, Europium Eu, Gadolinium Gd, Terbium Tb, Dysprosium Dy, Holmium Ho, Erbium Er, Thulium Tm, Ytterbium Yb, Lutetium Lu, Yttrium Y, Scandium Sc	SE: ?	VR China, Australien, Kanada.
Baryt	Mineral BaSO ₄	33	VR China, Indien, USA, Marokko, Iran, Mexiko, Frankreich, Großbritannien, Deutschland (Baden-W., Niedersachsen-Bgb. stillg., Nordrh.-W.).

Bauxit	Al-Mineral	23	Australien, China, Brasilien, Guinea, Jamaika, Indien, Russland, Griechenland, Ungarn und Frankreich.
Bentonit	Mineral (Silikat)	> 10	USA, Russland, Türkei, Griechenland, Italien, Tschechische Rep., Deutschland (Bayern).
Dolomit	Monomin. Gestein $MgCa(CO_3)_2$	> 50	Deutschland (Bayern).
Feldspat	Mineral (-Gruppe, Silikat)	> 30	Türkei, USA, Italien, Frankreich, Deutschland (Saarland, Rheinland-Pf., Thüringen, Bayern).
Flussspat (Fluorit)	Mineral CaF_2	28	VR China, Mexiko, Rep. Südafrika, Mongolei, Russland, Spanien, Großbritannien, Frankreich, Deutschland (Baden-Württemberg, Bayern/ Bgb stillg.).
Gips, Anhydrit	Minerale (Sulfate)	> 30	USA, Kanada, Iran, Mexiko, Polen, Spanien, Deutschland (Baden-Wü., Hessen, Bayern).
Graphit	Mineral (C)	> 10	VR China, Indien, Brasilien, Simbabwe, Türkei, Deutschland (Bayern/Bgb. stillgelegt).
Kalisalz (Sylvin)	Mineral (KCl)	15	USA, Kanada, Russland, Ukraine, Weissrussland, Deutschland (Baden-Wü., Niedersachsen, Sachsen-Anhalt, Thüringen, Hessen).
Kalkstein, hochrein	Monomin. Gestein $CaCO_3$	> 50	Deutschland (Baden-Wü., Nordrhein-W., Niedersachsen, Bayern).
Kaolin	Mineral (Silikat)	> 50	USA, Kolumbien, Südkorea, Tschechische Rep., Großbritannien, Ukraine, Deutschland (Bayern, Sachsen, Hessen, Sachsen-Anhalt, Nordrhein-W., Rheinland-Pf.).
Kieselerde	Mineral-Gemisch	1	Deutschland (Bayern).
Magnesit	Mineral (Karbonat)	17	VR China, Kanada, Russland, Türkei, Österreich.
Phosphat	Mineral (Phosphat, u.a. Apatit)	31	Marokko, Westsahara, USA, Russland, Rep. Südafrika, VR China, Saudi-Arabien
Quarz, Quarzsand, Quarzkies	Mineral (Silikat)	> 50	Deutschland (u.a. Bayern).

Steinsalz (Halit)	Mineral (NaCl)	81	USA, VR China, Indien, Australien, Türkei, Frankreich, Niederlande, Großbritannien, Italien, Spanien, Österreich, Polen, Deutschland (Baden-Wü., Hessen, Sachsen-Anh., Niedersachsen, Nordrhein-W., Schleswig-H., Thüringen, Bayern).
Talk (Speckstein)	Mineral (Silikat)	> 30	USA, VR China, Frankreich, Norwegen, Finnland, Deutschland (Bayern/ Bgb stillg.).
Tonstein	Mineral-Gemisch	> 50	Deutschland (u.a. Bayern).
Zirkon	Mineral (ZrSiO ₄)	5	Australien, USA, Brasilien, Rep. Südafrika.
(Zirkon) Baddeleyit	Mineral (ZrO ₂)	5	Australien, Rep. Südafrika, Ukraine.
Steine-Erden-Rohstoffe	Locker- und Festgesteine: Sande, Kiese, Ton-Mergelsteine (Zementrohstoff), Natursteine /-werksteine	> 100	Deutschland (Baden-W., Bayern).
Energie- und Chemie-Rohstoff	Erdöl	65	Irak, Iran, Saudi-Arabien, Russland, Mexiko, Bolivien, Deutschland (Schleswig-Holstein, Niedersachsen, Bayern, Rheinland-Pf.).
Energie- und Chemie-Rohstoff	Erdgas	62	Russland, Norwegen, Niederlande, Dänemark, Großbritannien, Deutschland (Niedersachsen, Schleswig-Holstein, Sachsen-Anh., Bayern).
Energie- und Chemie-Rohstoff	Stein- und Braunkohle	Steinkohle: 54 Braunkohle: 25	Rep. Südafrika, Russland, Australien, USA, Kanada, Deutschland (Nordrhein-W., Sachsen-Anh., Saarland, Niedersachsen).
Energie-Rohstoff	Uran U	ca. 15	Kanada, Australien, Kasachstan, Russland, Niger, Namibia, Usbekistan, USA, Deutschland (Sachsen).

3) Wie wird sich die Verfügbarkeit dieser Rohstoffe entwickeln?

Metall-/ Mineralgruppe	Elemente, Minerale, Rohstoffe	Verfügbarkeit in Deutschland (ohne Bayern) / Bayern	Verfügbarkeit Welt (Größenordnung Jahre auf Grundlage momentaner Förderzahlen)
Eisen (Stahl)	Fe	Restvorkommen für mehrere Jahre, Gewinnung nur auf Basis von Erkundungs- bzw. Prospektionsarbeiten / Restvorkommen für wenige Jahre, Gewinnung nur auf Basis von Erkundungs- bzw. Prospektionsarbeiten.	auf Jahrzehnte verfügbar (ca. 120 Jahre)
Stahlveredler	Mn, Cr, Ni, Co, V, Ti, Mo, W, Nb	Keine Verfügbarkeit wirtschaftlich gewinnbarer Vorkommen / Keine Verfügbarkeit wirtschaftlich gewinnbarer Vorkommen.	auf Jahrzehnte bis Jahrhunderte verfügbar (Mn ca. 40 Jahre, Cr ca. 50, Ni 45, Co 130, V 300, Ti 130, Mo 60, W 40, Nb 130)
Nichteisen-(NE)-Metalle	Sb, Bi, Pb, Cd, Cu, Zn, Sn, Al	Restvorkommen für mehrere Jahre, Gewinnung nur auf Basis von Erkundungs- bzw. Prospektionsarbeiten (Cu, Zn, Pb), Rest negativ / Minimalvorkommen für wenige Jahre (Pb, Sn), Rest negativ.	auf Jahrzehnte verfügbar (Sb ca. 20, Bi 65, Pb 25, Cd 30, Cu 40, Zn 25, Sn 25, Al 130)
Edelmetalle	Au, Ag, Platinmetalle (Pd, Pt, Rh)	Keine Verfügbarkeit wirtschaftlich gewinnbarer Vorkommen / Keine Verfügbarkeit wirtschaftlich gewinnbarer Vorkommen.	auf Jahrzehnte verfügbar (Au ca. 20 Jahre, Ag 15, Platinmetalle bis 200)
Halbleiternmetalle	Ge, Si, Ga, As, In, Ta	Keine Verfügbarkeit wirtschaftlich gewinnbarer Vorkommen, Si nahezu unbegrenzt / Keine Verfügbarkeit wirtschaftlich gewinnbarer Vorkommen, Si nahezu unbegrenzt.	auf wenige Jahrzehnte verfügbar (Ge ca. 20 Jahre, Ga ?, As 15, In ca. 18, Ta ca. 30), unbegrenzt für Si
Seltenerd-elemente	Ce, La, Pr, Nd, Pm, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu; Y, Sc	Vorkommen für wenige Jahre, Gewinnung nur auf Basis von Erkundungs- bzw.	auf Jahrzehnte verfügbar (ca. 20 bis 60 Jahre ?)

		Prospektionsarbeiten / Vorkommen für wenige Jahre, Ge- winnung nur auf Basis von Erkundungs- bzw. Prospektionsarbeiten.	
Baryt	Mineral BaSO ₄	Auf Jahre verfügbar / Minimale Restvor- kommen für wenige Jahre, Gewinnung nur auf Basis von Erkundungs- bzw. Prospektionsarbeiten.	auf Jahrzehnte verfügbar (ca. 25 Jahre)
Bauxit	Mineral	Keine Verfügbarkeit / Keine Verfügbarkeit.	auf Jahrzehnte verfügbar (ca. 150 Jahre)
Bentonit	Mineral	Keine Verfügbarkeit / Auf Jahrzehnte verfü- bar	auf Jahrzehnte verfügbar
Dolomit	Monomin. Gestein MgCa(CO ₃) ₂	Auf Jahrzehnte verfü- bar / Auf Jahrzehnte verfü- bar	auf Jahrzehnte verfügbar
Feldspat	Mineral (-Gruppe)	Auf Jahrzehnte verfü- bar / Auf Jahrzehnte verfü- bar	auf Jahrzehnte verfügbar
Flussspat (Fluorit)	Mineral	Auf Jahre verfügbar / Minimale Restvor- kommen für wenige Jahre, Gewinnung nur auf Basis von Erkundungs- bzw. Prospektionsarbeiten	auf Jahrzehnte verfügbar (ca. 50 Jahre)
Gips, Anhydrit	Minerale	Auf Jahrzehnte verfü- bar / Auf Jahrzehnte verfü- bar	auf Jahrzehnte verfügbar
Graphit	Mineral	Keine Verfügbarkeit / Bedingt verfügbare Rest-Vorkommen	auf Jahrzehnte verfügbar (ca. 80 Jahre)
Kalisalz	Mineral	Auf Jahrzehnte verfü- bar / Auf Jahrzehnte verfü- bar	auf Jahrzehnte verfügbar (ca. 150 Jahre)
Kalkstein	Monomin. Gestein CaCO ₃	Auf Jahrzehnte verfü- bar / Auf Jahrzehnte verfü- bar	auf Jahrzehnte verfügbar
Kaolin	Mineral	Auf Jahrzehnte verfü- bar / Auf Jahrzehnte verfügbar	auf Jahrzehnte verfügbar

Kieselerde	Mineral-Gemisch	Keine Verfügbarkeit / Auf Jahrzehnte verfügbar	auf Jahrzehnte verfügbar
Magnetit	Mineral	Keine Verfügbarkeit / Keine Verfügbarkeit.	auf Jahrzehnte verfügbar (ca. 150 Jahre)
Phosphat	Mineral	Keine Verfügbarkeit / Keine Verfügbarkeit.	auf Jahrzehnte verfügbar
Quarz, Quarzsand, Quarzkies	Mineral	Auf Jahrzehnte verfügbar / Auf Jahrzehnte verfügbar	auf Jahrzehnte verfügbar
Steinsalz (Halit)	Mineral	Auf Jahrzehnte verfügbar / Auf Jahrzehnte verfügbar	auf Jahrhunderte verfügbar (ca. 370 Jahre)
Talk (Speckstein)	Mineral	Keine Verfügbarkeit / Bedingt verfügbare Rest-Vorkommen	auf Jahrzehnte verfügbar
Tonstein	Mineral-Gemisch	Auf Jahrzehnte verfügbar / Auf Jahrzehnte verfügbar	auf Jahrzehnte verfügbar
Zirkon	Mineral	Minimalvorkommen für wenige Jahre, Gewinnung nur auf Basis von Erkundungs- bzw. Prospektionsarbeiten / Minimalvorkommen für wenige Jahre, Gewinnung nur auf Basis von Erkundungs- bzw. Prospektionsarbeiten.	auf Jahrzehnte verfügbar (ca. 45 Jahre)
Baddeleyit	Mineral	Keine Verfügbarkeit / Keine Verfügbarkeit.	auf Jahrzehnte verfügbar
Steine-Erden- Rohstoffe	Locker- und Festgesteine: Sande, Kiese, Ton- Mergelsteine (Zementrohstoff), Natur-/werksteine,	Auf Jahrzehnte verfügbar / Auf Jahrzehnte verfügbar	auf Jahrzehnte verfügbar
Energie- und Chemie-Rohstoff	Erdöl	Minimalvorkommen für wenige Jahre, weitere Gewinnung nur auf Basis von Erkundungs- bzw. Prospektionsarbeiten / Minimalvorkommen für wenige Jahre, weitere Gewinnung nur auf Basis von Erkundungs- bzw. Prospektionsarbeiten.	auf Jahrzehnte verfügbar (ca. 70 Jahre)

Energie- und Chemie-Rohstoff	Erdgas	Minimalvorkommen für wenige Jahre, weitere Gewinnung nur auf Basis von Erkundungs- bzw. Prospektionsarbeiten / Minimalvorkommen für wenige Jahre, weitere Gewinnung nur auf Basis von Erkundungs- bzw. Prospektionsarbeiten.	auf Jahrzehnte verfügbar (ca. 60 bis 140 Jahre)
Energie- und Chemie-Rohstoff	Stein- und Braunkohle	Auf Jahrzehnte verfügbar / Minimale Restvorkommen für wenige Jahre, Gewinnung nur auf Basis von Erkundungs- bzw. Prospektionsarbeiten	auf Jahrzehnte verfügbar (ca. 190 Jahre)
Energie - Rohstoff	Uran	Minimalvorkommen für wenige Jahre, Gewinnung nur auf Basis von Erkundungs- bzw. Prospektionsarbeiten / Minimalvorkommen für wenige Jahre, Gewinnung nur auf Basis von Erkundungs- bzw. Prospektionsarbeiten.	auf Jahrzehnte verfügbar (ca. 50 Jahre)

Anmerkungen:

Die **Verfügbarkeit** oder **Reichweite** ist gleichbedeutend mit der **statistischen Lebensdauer** eines Rohstoffes (sie beschreibt das Verhältnis von derzeit bekannten Reserven eines Rohstoffes zur derzeitigen Förderung).

Reserven sind Rohstoff-Lagerstätten, die bereits entdeckt sind und nachweislich aktuell wirtschaftlich abbaubar sind – und auch rechtlich abgebaut werden dürfen.

Ressourcen bezeichnen dagegen die weltweit vorhandene Gesamtmenge eines Rohstoffes, der in Zukunft gewonnen werden kann, was im Einzelfall die Reichweiten (bei ähnlichen Förderraten und Verbrauch) vergrößern kann bzw. vergrößern wird.

Der Verbrauch eines Rohstoffes wird gesteuert (positiv beeinflusst) durch seine Verfügbarkeit, Gewinnbarkeit, Weltmarktpreise sowie durch Steigerung der Einsatzmöglichkeiten (Innovationen), eine Senkung des Verbrauches entsteht durch zunehmenden Anteil der Rückgewinnung sowie durch Substitution.

Quellen / Literatur:

- * Rohstoffe in Bayern (2002), 120 S., StMWIVT (München)
- * Rohstoffsituation Deutschland 2007, BGR (Hannover).
- * Industriebericht Bayern 2007, StMWIVT (München).
- * Statist. Jahrbuch für Bayern 2008, Statistisches Landesamt Bayern (München).
- * Statist. Jahrbuch für Deutschland 2008, Statistisches Bundesamt Deutschland (Wiesbaden).
- * Rohstoffsteckbriefe Mineralische Rohstoffe, LGRB, 7/2007 (Freiburg).
- * Rohstoffwirtschaftliche Steckbriefe für Metall- und Nichtmetallrohstoffe, 01/2007, BGR (Hannover)
- * Schmid, H. und Weinelt, W. (1978): Lagerstätten in Bayern. – *Geologica Bavarica*, 77, 160 S., GLA (München).
- * Schwerd, K. und Weinelt, W. (1987): Der Bergbau in Bayern. – *Geologica Bavarica*, 91, 216 S., GLA (München).
- * Weinig, Hermann et al. (1984): Oberflächennahe mineralische Rohstoffe von Bayern. – *Geologica Bavarica*, 86, 563 S., GLA (München).
- * Der Bergbau in der Bundesrepublik Deutschland 2007, 59. Jahrgang, 2008, BMWi (Berlin).
- * Fischer Weltalmanach 2009, 832 S., Fischer (Frankfurt).
- * Bachmann, H. (1983): *Ökonomie mineralischer Rohstoffe.*- 228 S., Verlag für Grundstoffindustrie (Leipzig).
- * Trends der Angebots- und Nachfragesituation bei mineralischen Rohstoffen, Forschungsprojekt 09/05 des BMWi, 20 S., 2005, BMWi (Berlin).

4) Welche heimischen Rohstoffe sind in welchem Umfang verfügbar und wie lange reichen diese? (abhängig u.a. von globaler Rohstoffsituation und weiterer Entwicklung der Weltmarktpreise !)

Metallische Rohstoffe und Industriemineralien

Metall-/ Mineral-Gesteinsgruppe	Elemente, Minerale, Erz-Rohstoffe	Vorräte Bayern (t, cbm)	Vorräte in Jahren (bezogen auf angegebenen Verbrauch oder auf Förderung in Deutschland bzw. auf Bedarf weltweit)
Eisen	Fe	Ca. 100 Mio t Roherz aus verschied. bayer. Lagerstätten, daraus ca. 40 Mio t Roheisen gewinnbar	Bei ca. 20 Mio t p.a. Verbrauch: theoret. Vorräte für ca. 2 Jahre
Stahlveredler	Mn, Cr, Ni, Co, V, Ti, Mo, W, Nb	Keine wirtsch. gewinnbaren Vorkommen	Keine Vorräte
Nichteisen-(NE)-Metalle	Sb, Bi, Pb, Cd, Cu, Zn, Sn, Al	Pb: Ca. 0,2 Mio t Blei (Freihung). Sn: Ca. 0,001 Mio t (Fichtelgeb.). Rest: Keine wirtsch. gewinnbaren Vorkommen	Bei ca. 0,4 Mio t Pb p.a. Verbrauch: theoret. Vorräte für 0,5 a. Bei ca. 0,02 Mio t Sn p.a. Verbrauch: theoret. Vorräte für < 1 Monat. Rest: Keine Vorräte
Edelmetalle	Ag, Pd, Pt, Rh; Au	Keine bzw. keine wirtsch. gewinnbaren Vorkommen	Keine bzw. Minimal-Vorräte
Halbleitermetalle	Ge, Si, Ga, As, In, Ta	Bis auf Si keine wirtsch. gewinnbaren Vorkommen	Bis auf Si keine Vorräte, Si-(Quarz-) Vorräte je nach eingesetztem Technik- und Energieaufwand bis 30 a.
Seltenerdelemente	Ce, La, Pr, Nd, Pm, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu; Y, Sc	Potentielle Vorkommen ca. 10.000 t SEE-Oxide (Explorationsbedarf!)	Potentielle Vorräte entsprechen weniger als 10 % des momentanen Jahresweltbedarfs (keine Zahlengrundlage für D !)
Baryt	Mineral BaSO ₄	Oberpfalz: Nur Reste bebauter Gang-Vorkommen; Granit am Wölsenberg vermutl. zu ca. 5 %	Oberpfalz: Nur minimale Gang-Vorräte, potentiell Vorräte aus Wölsenberg-Granit für

		mit Fluorit-Baryt (3:1) vererzt: potentiell ca. 10 Mio t Baryt. Spessart-Rhön: Restvorkommen	mehrere Jahrzehnte (Explorationsbedarf) Spessart-Rhön: potentielle Vorräte für einige Jahre (Explorationsbedarf!)
Bauxit	Mineral	Keine wirtsch. gewinnbaren Vorkommen	Keine Vorräte
Bentonit	Mineral	Ca. 12 Mio t verwertbarer Bentonit	Bei ca. 0,4 Mio t Förderung Bentonit p.a.: theoret. Vorräte für ca. 30 a.
Dolomit	Monomin. Gestein $MgCa(CO_3)_2$	Weit über 1000 Mio t	Vorräte für mehrere Jahrzehnte
Feldspat	Mineral	Ca. 4 Mio t verwertbarer Feldspat	Bei ca. 0,1 Mio t Förderung von Feldspat (Kaolin- Roherde-Produktion) p.a.: theoret. Vorräte für ca. 40 a.
Flussspat (Fluorit)	Mineral	Oberpfalz: Nur Reste bebauter Gang- Vorkommen; Granit am Wölsenberg vermutl. zu ca. 5 % mit Fluorit-Baryt (3:1) vererzt: potentiell ca. 30 Mio t Fluorit	Oberpfalz: Minimale Gang-Vorräte; potentiell Vorräte aus Wölsenberg-Granit für mehrere Jahrzehnte (Explorationsbedarf)
Gips, Anhydrit	Mineral	Ca. 20-30 Mio t verwertbarer Gips- Anhydrit-Rohstoff	Bei jährl. Förderung von ca. 1 Mio t Vorräte an Gips für ca. 20 a. Vorräte an Anhydrit > 50 a.
Graphit	Mineral	Ca. 3 Mio t verwertbarer Graphit	Bei ca. 100.000 t Förderung Graphit p.a.: theoret. Vorräte für ca. 30 a (Angaben aus letzter Betriebsphase, Bgb eingestellt 2005).
Kalkstein, hochrein	Monomin. Gestein $CaCO_3$	Ca. 30 Mio t Kalkstein	Bei ca. 300.000 t Förderung p.a.: theoret. Vorräte für > 100 a.
Kalkstein für Zement- und Kalkherstellung	Monomin. Gestein $CaCO_3$	Weit über 1000 Mio t	Bei ca. 12 Mio. t Förderung p.a.: theoret. Vorräte für > 100 a.
Kaolin	Mineral	Ca. 16 Mio t Rohkaolin	Bei ca. 0,4 Mio t Förderung Rohkaolin

			p.a.: theoret. Vorräte für ca. 40 a.
Kalisalz	Mineral	Keine wirtsch. gewinnbaren Vorkommen	Keine Vorräte
Kieselerde	Mineral-Gemisch	Ca. 2 Mio t verwertbare Kieselerde	Bei ca. 60.000 t Förderung Kieselerde p.a.: theoret. Vorräte für ca. 30 a.
Magnesit	Mineral	Keine wirtsch. gewinnbaren Vorkommen	Keine Vorräte
Phosphat	Mineral	Keine wirtsch. gewinnbaren Vorkommen	Keine Vorräte
Quarz, Quarzsand, Quarzkies	Mineral	Pfahlquarz-, Quarzrestschotter-Vorkommen im Abbau	Bei ca. 5 Mio t Förderung p.a.: theoret. Vorräte für 20 bis 30 a.
Steinsalz (Halit)	Mineral	Ca. 12 Mio t Steinsalz	Bei ca. 240.000 t Förderung Steinsalz p.a.: theoret. Vorräte für ca. 50 a.
Talk (Speckstein)	Mineral	Ca. 250.000 t Speckstein	Bei ca. 12.000 t Speckstein Förderung p.a.: theoret. Vorräte für ca. 20 a (Angaben aus letzter Betriebsphase, Bgb eingestellt 2003).
Tonstein	Mineral-Gemisch	Weit über 1000 Mio t	Bei ca. 10 Mio t Förderung p.a.: theoret. Vorräte für > 50 a.
Zirkon	Mineral	Keine Kenntnis - Explorationsbedarf	Vermutlich minimale Vorräte, Reichweite wenige Jahre
Baddeleyit	Mineral	Keine wirtsch. gewinnbaren Vorkommen	Keine Vorräte
Steine-Erden-Rohstoffe	Locker- und Festgesteine: Sande, Kiese, Tone, Lehme, Mergel (Zementrohstoff), Natur-/werksteine	Weit über 1000 Mio t	Kies u. Sand: Bei ca. 85 Mio t Förderung p.a.: theoret. Vorräte i.allg. für > 50 a. Ton,Lehm,Mergel: Bei ca. 10 Mio t Förderung p.a.: theoret. Vorräte i.allg. für > 50 a. Naturstein: Bei ca. 35 Mio t Förderung p.a.: theoret. Vorräte i.allg. für > 50 a.

			Naturwerkstein: Bei ca. 0,4 Mio t Förderung p.a.: theoret. Vorräte i.allg. für > 50 a.
Energie-und Chemie-Rohstoff	Erdöl	ca. 800.000 t	Bei ca. 40.000 t Förderung p.a.: theoret. Vorräte für ca. 20 a (entspr. ca. 1 % der Jahresförderung D).
Energie-und Chemie-Rohstoff	Erdgas	ca. 220 Mio cbm	Bei ca. 11,5 Mio cbm Förderung p.a.: theoret. Vorräte für ca. 20 a (entspr. ca. 0,06 % der Jahresförderung D).
Energie-und Chemie-Rohstoff	Stein- und Braunkohle	Pechkohle-Restvorräte ca. 3,5 Mio t (sicher) bzw. 11 Mio t (möglich). Restvorräte in verschied. Braunkohle-Vorkommen - Explorationsbedarf	Steinkohle-Restvorräte: Entsprechend ca. 25 % der momentanen Jahresförderung D, Reichweite < 1a. Braunkohle: Vermutl. nur minimale Vorräte
Energie-Rohstoff	Uran	> 10.000 t Uran gesamt aus verschied. bayer. Vorkommen	theoret. Vorräte für > 10 a.

Literatur / Quellen:

- * BMWA (5/2005): Energiewirtschaftliche Referenzprognose, Energiereport IV – Kurzfassung, Dokumentation, Nr. 545, Berlin.
- * Gudden, H. (1976): Uran in Bayern. – Bergbau 9/1976, S. 361-366.
- * Heinloth, Klaus (2003): Die Energiefrage – Bedarf und Potentiale, Nutzung, Risiken und Kosten. – Vieweg, Braunschweig, 597 S.
- * http://de.wikipedia.org/wiki/Liste_der_Kernreaktoren_in_Deutschland
- * Helmke, K. et al. (1976-1990): Uran-Prospektion in Bayern. – GLA München, interne Berichte (unveröffentl.).
- * Schmid, H. Weinelt, Wi. (1978): Lagerstätten in Bayern, Geol.Bav., 77, 160 S., GLA, München.

5) Wie ist die Preisentwicklung dieser Rohstoffe?

Die Preisentwicklung der Rohstoffe wird tendenziell immer nach oben gehen, bei vielen Rohstoffen können die Preise - je nach wirtschaftlicher oder politischer Lage – aber kurzfristig stark fallen.

6, 7 und 8) Gibt es Ersatzlieferanten, bestehen Substitutionsmöglichkeiten, bei welchen Rohstoffen ist mit Versorgungsengpässen zu rechnen?

Metall-/ Mineralgruppe	Elemente, Minerale, Rohstoffe	Substitutionsmöglichkeiten	Ersatzlieferanten	Mögliche, künftige Versorgungsengpässe
Eisen	Fe	Fe: Aluminium Al, Kunststoffe, Verbundwerkstoffe	Abhängig von Preisentwicklung Weltmarkt, von geändertem Angebot durch Erschließung neuer Quellen und weiterer Nachfrage der Schwellenländer sind im Einzelfall unterschiedliche Lieferanten möglich	keine
Stahlveredler	Mn, Cr, Ni, Co, V, Ti, Mo, W, Nb	Mn: Keine Cr: Keine Ni: Al, Kunststoffe, beschichtete Stähle, Ti-Legierungen. Co: Keine V: Kombinationen anderer Stahlveredler Ti - Metall: Verbundwerkstoffe, Al, Superlegierungen, Spezialstähle. Ti – Pigment: hochreiner Kalkstein, Kaolin, Talk. Mo: Keine W: Verbundwerkstoffe (Metall-Keramiken). Nb: Keine.	analog	keine
Nichteisen-(NE)-Metalle	Sb, Bi, Pb, Cd, Cu, Zn, Sn, Al, Mg	Al: Cu, Mg, Ti, Verbundwerkstoffe; Glas, Papier, Stahl (Verpackungsmaterial). Pb: Al, Fe, Sn, Sn-Ag-Cu-Legierungen (Lote), Kunststoffe. Cu: Al, Ti, Stahl, Glasfasern, Kunststoffe. Zn: Al, Mg, Stahl, Kunststoffe. Sn: Al, Al-Cu-Legierungen, Glas, Kunststoffe, Epoxid-Harze.	analog	keine

		Mg: Zn, Al, Calciumcarbid. Sb: Cr, Zn, Zr (Farben, Pigmente); Cd, Cu, Sn (Legierungen) Bi: Pb, In, Se, Te, Ti (Pigmente). Cd: Li, Ni, Zn (Dünnschicht-solarzellen), Al.		
Edelmetalle	Au, Ag, Pd, Pt, Rh	Au: Pd, Pt, Ag. Pd: Pt Pt: Pd Rh: Pd Ag: Al, Rh, Ta, Edelstahl.	analog	keine
Halbleitermeta lle	Ge, Si, Ga, As, In, Ta	Ge: Al (Mikroelektronik), Ti (Katalysatoren), Si (Chipherstellung). Si: In, Hf Ga: In As: In In: Hafnium Hf, Si, Ga Ta: Nb, Al, Pt, Zr, Ti, Keramiken.	analog	keine
Seltenerdelem ente	Ce, La, Pr, Nd, Pm, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu; Y, Sc	Keine	analog	keine
Baryt	Mineral BaSO ₄	Kalkstein, Dolomit, Kaolin, Titandioxid (Einsatz für Farben u. Füllstoffe)	analog	keine
Bauxit	Mineral	Zur Al-Produktion: geeignete Tone; Feuerfest- Produkte: Andalusit, Magnesit, Dolomit, Graphit, Zirkon.	analog	keine
Bentonit	Mineral	u.a. Halloysit, Kaolinit, synthet. Minerale.	analog	keine
Dolomit	Monomin . Gestein MgCa(C O ₃) ₂	Mischung aus Kalkstein und Magnesit (zu teuer)	analog	keine
Feldspat	Mineral	Soda, Baryt, Feldspat- reiche Gesteine	analog	keine
Flussspat (Fluorit)	Mineral	Als Substitute für Keramik- und Hüttenpat	analog	keine

		bedingt geeignet sind u.a. synth. Kryolith, Borate, Soda, Bauxit.		
Gips, Anhydrit	Mineral	Zur Herst. chem. Produkte: Schwefel S. Für Glasind.: Natriumsulfat. Für Baustoffe: Putze und Bindemittel auf Zement-Kalkbasis.	analog	keine
Graphit	Mineral	Synth. Graphit, Molybdändisulfid (MoS ₂), Talk, Lithium (Batterien).	analog	keine
Kalisalz	Mineral	Im Prinzip keine : Das K ⁺ -Ion ist das wichtigste Ion im Stoffwechsel der Pflanze	analog	keine
Kalkstein, hochrein	Monomin . Gestein CaCO ₃	Dolomit, Talk, Kaolinit	analog	keine
Kaolin	Mineral	u.a. Talk, Baryt, hochreiner Kalkstein, Zeolithe	analog	keine
Kieselerde	Mineral-Gemisch	Kaolinit, Quarz- und Kalkmehle, Titandioxid.	analog	keine
Magnesit	Mineral	Talk, Kalkstein, Kaolinit, Tone (Füllstoffe); Dolomitstein, Kalkstein, Talk (Futtermittel); Andalusit, Bauxit, Dolomit, Graphit, Zirkon (Feuerfestind.).	analog	keine
Phosphat	Mineral	Als Dünger teilweise ersetzbar durch Dolomit, Kali, Nitrate etc., als Lebensmittelzusatzstoff keine	analog	keine
Quarz, Quarzsand, Quarzkies	Mineral	Keine für Herst. von Glas und Keramik, bzw. keine für Herst. von metallischem Si. Sonst: Splitte aus anderen Natursteinen.	analog	keine
Steinsalz (Halit)	Mineral	Keine	analog	keine
Talk (Speckstein)	Mineral	Kaolinit, Kalkmehle (teilweise)	analog	keine
Tonstein	Mineral-Gemisch	Keine	analog	keine
Zirkon	Mineral	Keine	analog	keine
Baddeleyit	Mineral	Keine	analog	keine

Steine-Erden-Rohstoffe	Locker- und Festgesteine: Sande, Kiese, Ton-Mergelsteine (Zementrohstoff), Natur-/werksteine,	teilweise durch recycelte Baustoffe, Beton- und Kunststeine	analog	keine
Energie- und Chemie-Rohstoff	Erdöl	Keine	analog	keine
Energie- und Chemie-Rohstoff	Erdgas	Keine	analog	keine
Energie- und Chemie-Rohstoff	Stein- und Braunkohle	Keine	analog	keine
Energie-Rohstoff	Uran	Keine	analog	keine

Laut BGR-/ BMWi- und VDI-Studie werden vordergründig nur bei den Halbleiternmetallen In und Ge relativ kurze Ressourcen-Reichweiten vermutet, wobei tatsächlich nur der relativ schlechte statistische Datenbestand zur globalen Vorratssituation für diese These verantwortlich gemacht wird.

Mögliche Knappheitsprobleme (bei potentiell kritischen Rohstoffen wie Al, Cu, Ge, V, Zn und Fluorit) können und werden demnach zeitnah gelöst durch:

- Erschließung neuer Rohstoffquellen (auch heimischer !) unter Einsatz neuer Explorationstechnologien
- Nutzung sekundärer Lagerstätten („Mülldeponien als Rohstoffquellen“)
- Rückführung von Produktionsabfällen in die gleichen Verarbeitungsstufen (Kreislaufmaterial) und Rückführung von Produktionsabfällen in vorgelagerte Verarbeitungsstufen (Neuschrott)
- Steigerung der Ressourceneffizienz (Verringerung des Rohstoffeinsatzes, Verringerung stoffl. Emissionen)
- Entwicklung neuer Werkstoffe (Materialeffizienz durch Leichtbauweise, Verbundwerkstoffe, etc.)
- Substitution von Rohstoffen (u.a. auch durch synthetisch hergestellte Rohstoffe, wie es z.B. schon länger bei Diamanten und Glimmer praktiziert wird)
- Einsatz von Sekundär-Rohstoffen (Recycling) und Steigerung des bestehenden Recycling-Potentials (z.B. von Aluminium und Kupfer)

Literatur/Quellen:

- * Bachmann, H. (1983): Ökonomie mineralischer Rohstoffe.-228 S., Verlag für Grundstoffindustrie (Leipzig).
- * Frondel, M. et al. (2005): Trends der Angebots- und Nachfragesituation bei mineralischen Rohstoffen, Forschungsprojekt 09/05 des BMWi, 20 S., BMWi (Berlin).
- * Reuscher, G. , Chr. Ploetz, V. Grimm, A. Zweck (2008): Innovationen gegen Rohstoffknappheit – 106 S., VDI e.V. (Düsseldorf).

9) Welche Möglichkeiten bietet Recycling unter Berücksichtigung der gesetzlichen Rahmenbedingungen?

Einige der 30 aufgeführten Rohstoffe bzw. Rohstoffgruppen sind teilweise bzw. komplett recyclebar.

Im klassischen Sinne recyclebar sind die Edelmetalle, Eisen, Aluminium, Kupfer und weitere NE-Metalle. Wieder aufbereitbar sind von den Energierohstoffen das Uran und in begrenztem Umfang das Erdöl aus hochwertigen organischen Produkten.

Recyclebar sind bis zu einem bestimmten Umfang Kunststoffprodukte und das aus verschiedenen Rohstoffen (Kalkstein, Kaolin etc.) hergestellte Papier.

Das bekannteste Recyclinggut ist das aus Quarzsand produzierte Flaschenglas, das in drei Farben (weiß, grün und braun) gesammelt wird.

Für den Bereich der Steine-und-Erden ist der Begriff „Recycling“ weiter zu fassen. Direktes Recycling ist im engeren Sinn z.B. wiederverwendetes bituminöses Material aus der Aufbereitung von Straßen, gesäuberter Splitt für die Winterstreuung, aufbereiteter Eisenbahnschotter (Recyclingrate knapp 40 %!) oder gereinigter Filterkies bei der Trinkwasseraufbereitung. Dieses „direkte Recycling“ ist für die in gebundener Form verwendeten Rohstoff (z. B. Beton, Mauerwerk) nicht möglich. Dem Recycling von Steine-und-Erden-Rohstoffen sollen daher alle Anwendungen zugerechnet werden, die - von diesen Rohstoffen ausgehend - aufgearbeitet wieder im Steine und Erden-Bereich verwendet werden und damit Primärrohstoffe substituieren. Für den Einsatz von Recyclingmaterial haben der Straßenbau sowie der übrige Tiefbau die größte Bedeutung.

Als Verbraucher von 90 % aller Steine-und-Erden-Rohstoffe weist die Bauindustrie gleichzeitig das mengenmäßig größte Recycling-Potential auf. Die Aufbereitung zu wieder verwertbaren Materialien oder die direkte Wiederverwendung kommt insbesondere für die folgenden Abbruchstoffe in Frage:

- Ungebundene Baustoffe wie Straßenschotter, Pflaster- und Bordsteine aus Naturstein und auch Dämmstoffe,
- hydraulisch gebundene Straßenbaumaterialien, Beton- und Stahlbeton aus dem Hochbau sowie die große Zahl der Betonerzeugnisse,
- gebrannte und gesinterte Materialien wie Ziegel und Keramik sowie
- bituminös gebundener Straßenaufbruch.

Bei einer Bewertung des Recycling sollte nicht übersehen werden, dass die Aufarbeitung von Altmaterial in der Regel wiederum nur unter Einsatz endlicher Ressourcen (Energie) möglich ist. Nicht in jedem Fall dürfte daher Recycling das wirtschaftlichste Mittel zur Schonung von Bodenschätzen sein.

Die Diskussion über die Fortschreibung der bayerischen „Leitfäden“ für Recyclingbaustoffe und für Verfüllmaßnahmen hat durch die Verzögerung der vom Bund angekündigten Ersatzbaustoffverordnung und Änderung der BBodSchV erheblich an Bedeutung gewonnen. Die Regelungen in Bayern für Recyclingbaustoffe sind bis zum 31.12.2009 befristet.

Für die Zukunft wäre eine praxisorientierte gesetzliche Regelung auf Bundesebene für die Verwertung von mineralischen Abfällen wünschenswert.

Literatur/Quellen:

- * Arbeitsgemeinschaft Kreislaufwirtschaftsträger Bau (2005): 4. Monitoring-Bericht Bauabfälle (Erhebung 2002), Arge KWTB, Berlin.
- * Arbeitsgemeinschaft Kreislaufwirtschaftsträger Bau (2007): 5. Monitoring-Bericht Bauabfälle (Erhebung 2004), Arge KWTB, Berlin.
- * Boerner, A. (2009): Recycling-Rohstoffe, 5 S., (unveröffentl. Manuskript), Güstrow.
- * Deutscher Bundestag (1994): Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz (KrW-/AbfG), Berlin.
- * Deutscher Bundestag (1996): Verordnung zur Einführung des Europäischen Abfallkatalogs (EAK-Verordnung-EAKV), Berlin.
- * Deutscher Bundestag (2001): Verordnung über das Europäische Abfallverzeichnis (Abfallverzeichnis-Verordnung – AVV – 1991, Richtlinie 91, Berlin.
- * Statistisches Bundesamt (2006): Nachhaltige Abfallwirtschaft in Deutschland – Ausgabe für 2004. Wiesbaden.
- * Statistisches Bundesamt (2005): Umwelt-Abfallentsorgung. Fachserie 19, Reihe 1, Wiesbaden.

10) Welche Anpassungsstrategien empfiehlt der Geologische Dienst?

Grundsätzlich kann man festhalten, dass bei der derzeitigen globalen wirtschaftlichen und politischen Situation im Prinzip keine Versorgungsengpässe zu befürchten sind, weder in Bayern noch in der BRD.

Falls wirklich Versorgungsengpässe in Bayern zu schultern sind, müssen je nach Rohstoffgruppe verschiedene Anpassungsstrategien gefahren werden, die der Studie im Bereich der Rubriken 6 – 9 „Ersatzlieferanten, Substitutionsmöglichkeiten, Ersatzstoffe und Recyclingmaterial“ entnommen werden können.

11, 12 und 13) Gibt es Möglichkeiten der Effizienzsteigerung unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten, welche dahingehenden Forschungsaktivitäten sollten intensiviert werden, zu welchen Rohstoff-liefernden Ländern sollten die Beziehungen intensiviert werden?

Metall-/ Mineralgruppe	Elemente, Minerale, Rohstoffe	Möglichkeiten der Effizienzsteigerung	Ziel-führende Forschungs-aktivitäten	Intensivierung förderlicher Länderkontakte
Eisen	Fe	(1) – (5)	(a) – (e)	Entsprechend Grundprinzipien der nationalen Rohstoffstrategie (s.u.) zu allen potentiellen Förderländern.
Stahlveredler	Mn, Cr, Ni, Co, V, Ti, Mo, W, Nb	(1) – (5)	(a) – (e)	analog
Nichteisen-(NE)-Metalle	Sb, Bi, Pb, Cd, Cu, Zn, Sn, Al	(1) – (5)	(a) – (e)	analog
Edelmetalle	Au, Ag, Pd, Pt, Rh	(1), (4), (5)	(a) – (e)	analog
Halbleitermetalle	Ge, Si, Ga, As, In, Ta	(1) – (5)	(a) – (e)	analog
Seltenerdelemente	Ce, La, Pr, Nd, Pm, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu; Y, Sc	(1), (4), (5)	(a) – (e)	analog
Baryt	Mineral BaSO ₄	(2), (4)	(a) – (e)	analog
Bauxit	Mineral	(2), (4)	(a) – (e)	analog
Bentonit	Mineral	(2), (4)	(a) – (e)	analog
Dolomit	Monomin. Gestein MgCa(CO ₃) ₂	(4)	(a) – (e)	analog
Feldspat	Mineral	(2), (4)	(a) – (e)	analog
Flussspat (Fluorit)	Mineral	(2), (4)	(a) – (e)	analog
Gips, Anhydrit	Mineral	(2), (4)	(a) – (e)	analog
Graphit	Mineral	(2), (4)	(a) – (e)	analog
Kalisalz	Mineral	(2)	(d) – (e)	analog
Kalkstein, auch hochrein	Monomin. Gestein CaCO ₃	(4)	(a) – (e)	analog
Kaolin	Mineral	(2), (4)	(a) – (e)	analog
Kieselerde	Mineral-Gemisch	(2), (4)	(a) – (e)	analog
Magnesit	Mineral	(2), (4)	(a) – (e)	analog
Phosphat	Mineral	(2), (4)	(a) – (e)	
Quarz, Quarzsand, Quarzkies	Mineral	(2), (4)	(a) – (e)	analog
Steinsalz (Halit)	Mineral	(2), (4)	(a) – (e)	analog
Talk (Speckstein)	Mineral	(2), (4)	(a) – (e)	analog
Tonstein	Mineral-Gemisch	(2), (4)	(a) – (e)	analog
Zirkon	Mineral	(2), (4)	(a) – (e)	analog
Baddeleyit	Mineral	(2), (4)	(a) – (e)	analog

Steine-Erden-Rohstoffe	Locker- und Festgesteine: Sande, Kiese, Ton-Mergelsteine (Zementrohstoff), Natur-/werksteine,	(4), (5)	(a) – (e)	analog
Energie-und Chemie-Rohstoff	Erdöl	(6)	(c), (d)	analog
Energie-und Chemie-Rohstoff	Erdgas	(6)	(c), (d)	analog
Energie-und Chemie-Rohstoff	Stein- und Braunkohle	(6)	(c), (d)	analog
Energie-Rohstoff	Uran	(6)	(c), (d)	analog

Möglichkeiten der Effizienzsteigerung:

- (1) Nutzung sekundärer Lagerstätten („Mülldeponien als Rohstoffquellen“)
- (2) Steigerung der Ressourceneffizienz (Verringerung des Rohstoffeinsatzes, Verringerung stofflicher Emissionen)
- (3) Entwicklung neuer Werkstoffe (Materialeffizienz durch Leichtbauweise, Verbundwerkstoffe, etc.)
- (4) Substitution von Rohstoffen
- (5) Einsatz von Sekundär-Rohstoffen (Recycling).
- (6) Nutzung Energie-Mix, auch unter Einsatz regenerativer Energieformen

Themenbereiche zielführender Forschungsaktivitäten:

- (a) Werkstoff- und Oberflächentechnik (Systemwerkstoffe), Werkstoffwissenschaft / Werkstofftechnik: Neue Werkstoffe (Verbundmaterialien, Nanotechnologie, Leichtbau, Bionik, Gewichtseinsparung durch faserverstärkte Kunststoffe, Dünnschichttechnologie).
- (b) Umwelt- und Recyclingtechnik: Entwicklung neuer Recycling-Konzepte und –Anlagen.
- (c) Energie- und Recycling-Management, Abfallwirtschaft, Altlasten: u.a. Nutzung bzw. Klärung der Nutzbarkeit sekundärer Lagerstätten
- (d) Geowissenschaften, Geologie, Geophysik: Suche und Erschließung neuer Lagerstätten auch mit GIS-Technologien (→ Rohstoffgeologische Karten, Rohstoffpotentialkarten)
- (e) Materialwissenschaften, Mineralogie, Festkörperphysik, Metallkunde, Metallurgie: u.a. Entwicklung neuer Legierungen sowie weiterer Substitutionsmöglichkeiten.

Initiativen der Bundesregierung und der Wirtschaft (entnommen aus VDI-Studie, 2008):

Im März 2007 verkündete die Bundeskanzlerin Angela Merkel auf dem 2. Rohstoffkongress des BDI **Elemente einer nationalen Rohstoffstrategie**. Zu den Grundprinzipien einer Rohstoffstrategie der Bundesregierung zählen demnach u. a.:

- die weitere Verfolgung eines liberalisierten Weltmarkts auch im Bereich der Rohstoffversorgung,
- die Vernetzung verschiedener für die Rohstoffpolitik relevanter Politikbereiche,
- der Abbau von Handelshemmnissen,
- die Förderung rohstoffpolitischer Ansätze in der Entwicklungspolitik,
- die Erhöhung der Transparenz im Rohstoffbereich (z. B. Finanzmanagement),
- die Verbesserung des Garantieinstrumentariums mit Blick auf Diversifizierung der Bezugsquellen,
- die Förderung der Rückwärtsintegration der deutschen Rohstoff verarbeitenden Industrie (Aufbau von Beziehungen zu Zulieferern zur Sicherung der Rohstofflieferung),
- Verbesserung des Zugangs zu internationalen Rohstoffdaten,
- Erhöhung der Materialeffizienz und der Substitutionsmöglichkeiten,
- Förderung des Einsatzes nachwachsender Rohstoffe,
- Erhöhung der Recyclinganteile,
- bessere Nutzung heimischer Rohstoffpotenziale,
- Stärkung der nachhaltigen Rohstoffwirtschaft.

Im März 2007 wurde ein offenes **Netzwerk Ressourceneffizienz** ins Leben gerufen, in dem Vertreter von Wirtschaft, Wissenschaft und Politik zusammenarbeiten sollen. Leitziel des Netzwerks ist es, Deutschland bis zum Jahr 2020 zur ressourceneffizientesten Volkswirtschaft der Welt und damit zum Vorreiter beim schonenden und umweltverträglichen Umgang mit Energie und Rohstoffen zu machen.

Auf Initiative des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie (BMWi) ist 2005 die **Deutsche Materialeffizienzagentur - demea** - entstanden. Sie ist beauftragt:

- Das öffentliche Bewusstsein über das Potential der Materialeffizienz zu schärfen und Informationen darüber zur Verfügung zu stellen.
- Unternehmen zu motivieren, Materialeffizienzpotenziale zu erschließen und bei der Teilnahme an dem Förderprogramm VerMat zu unterstützen.
- Den Aufbau von Unternehmensnetzwerken zur rentablen Steigerung von Materialeffizienz zu fördern (NeMat).

Im Rahmen dieser Initiative wird der **Deutsche Materialeffizienzpreis** vergeben. Mit dem Preis werden beispielhafte Lösungen von kleinen und mittleren Unternehmen zur Steigerung der Materialeffizienz im eigenen Unternehmen oder bei ihren Kunden ausgezeichnet. Die besten fünf Konzepte werden jeweils mit 10.000 Euro prämiert.

Auch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) hat im Bereich Ressourcen und Rohstoffe mehrere Forschungsförderprogramme auf den Weg gebracht: Mit der Förderrichtlinie **„Innovative Technologien für Ressourceneffizienz – Rohstoffintensive Produktionsprozesse“** legt das BMBF einen Schwerpunkt auf rohstoffintensive Branchen und Produktionszweige. Hinsichtlich Effizienzsteigerung kann in diesen Wirtschaftsbereichen eine große Hebelwirkung erreicht werden. Deshalb zielt die Fördermaßnahme auf rohstoffnahe Industrien mit hohem Primärmaterialeinsatz, etwa die Verarbeitung von mineralischen Rohstoffen (u. a. Metalle) oder die Herstellung von chemischen Grundstoffen. Im Fokus stehen Produktionsbereiche wie die Herstellung bzw. Verarbeitung von Eisen, Stahl, Nicht-eisenmetallen, Glas, Papier und Keramik sowie die Chemie-, Baustoff und Textilindustrie. Sie stehen am Beginn von weit verzweigten Wertschöpfungsketten und hier erzielte Effekte wirken sich auf alle anschließenden Produktionsverfahren und Produkte aus. Die Fördermaßnahme unterstützt Wissenschaft und Wirtschaft, hierzu gemeinsam innovative Technologien und Verfahren zu entwickeln und zu erproben. Zukunftsweisend sind Lösungen, die den Rohstoffeinsatz nicht nur auf Betriebsebene, sondern entlang einer gesamten Prozesskette optimieren.

Das Förderprogramm „**Werkstoffinnovationen für Industrie und Gesellschaft (WING)**“ wurde in intensiver Zusammenarbeit mit Werkstoffherstellern und -anwendern, Vertretern aller Wissenschaftsorganisationen, der Deutschen Forschungsgemeinschaft und der Deutschen Gesellschaft für Materialkunde erarbeitet. Mit dem Projekt WING verfolgt das BMBF das Ziel Innovationen von Technologien für nachhaltige Entwicklungen zu stärken. Der Projektschwerpunkt liegt dabei auf der Förderung von Werkstoffentwicklungen in den exportstarken Branchen Maschinenbau, Fahrzeugbau, chemische Industrie, Elektrotechnik / Elektronik und Information / Kommunikation.

Literatur/Quellen:

- * Reuscher, G., Chr. Ploetz, V. Grimm, A. Zweck (2008): Innovationen gegen Rohstoffknappheit –106 S., VDI e.V. (Düsseldorf).
- * Frondel, M. et al. (2005): Trends der Angebots- und Nachfragesituation bei mineralischen Rohstoffen, Forschungsprojekt 09/05 des BMWi, 20 S., BMWi (Berlin).

Zusammenfassung

In der Rohstoffstudie wird im Rahmen von 13 Themengebieten zur Versorgungslage Bayerns mit metallischen Rohstoffen, Energierohstoffen und Industriemineralen Stellung genommen. Die Rohstoffe Asbest (die Verwendung ist in den meisten Ländern der Erde verboten) und Quecksilber (dessen Verwendung in Energiesparlampen zwar erlaubt, aber in vielen Sparten wie Saatgut, Pharmazie etc. verboten ist und in Schweden ab nächstem Jahr generell verboten werden soll) werden bei der Studie nicht berücksichtigt.

Im Rahmen des ersten Themengebietes „Welcher Industriebereich braucht welchen Rohstoff?“ werden 19 Branchen von der Autoindustrie über die Kosmetikindustrie bis zum Umweltschutz abgehandelt. Insgesamt werden in der Studie rund 30 ausgewählte Rohstoffe bzw.

Rohstoffgruppen nach Haupteinsatzbereichen, nach Lage der Lagerstätten (farblich differenziert nach BRD, EU, Rest der Welt) und Anzahl der Förderländer dargestellt.

Des Weiteren wird auf die Vorräte in Bayern (Angabe in t oder cbm) und auf den Zeitraum eingegangen, bis wann die Vorräte nach aktuellen Verbrauchszahlen ausgeschöpft sind.

In der Studie werden folgende weitere Eckpunkte festgehalten:

Die Preisentwicklung der Rohstoffe wird tendenziell immer nach oben gehen, bei vielen Rohstoffen können die Preise - je nach wirtschaftlicher oder politischer Lage – aber kurzfristig stark fallen.

Für viele Rohstoffe gibt es Substitutionsmöglichkeiten sowohl durch andere Rohstoffe als auch durch künstlich erzeugte Produkte oder durch Recycling-Material.

Für einige Rohstoffe wie Seltene Erden, die Stahlveredler Mangan, Chrom, Kobalt, Molybdän, Niob, Steinsalz, Tonstein, Zirkon, gibt es keine Substitutionsmöglichkeiten. Die Energierohstoffe Erdöl, Erdgas, Kohle und Uran können nur teilweise durch erneuerbare Energien „ersetzt“ werden. Möglichkeiten der Effizienzsteigerung bei der Rohstoffgewinnung bzw. Weiterverarbeitung sowie der Themenbereich „Zielgeführte Forschungsaktivitäten“ werden in der Studie auch aufgegriffen.

Abschließend wird auch die Initiative der Bundesregierung und der Wirtschaftsverbände hinsichtlich von Rohstoffstrategien und Ressourceneffizienz erörtert. Abgerundet wird die Studie mit weiterführenden Literaturangaben.

Fazit:

Falls wirklich Versorgungsengpässe in Bayern abzufedern sind, müssen je nach Rohstoffgruppe verschiedene Anpassungsstrategien gefahren werden, die der Studie im Bereich der Rubriken „Ersatzlieferanten, Substitutionsmöglichkeiten, Ersatzstoffe und Recyclingmaterial“ entnommen werden können.