

vbw

Die bayerische Wirtschaft



Rohstoffsituation Bayern – keine Zukunft ohne Rohstoffe

Strategien und Handlungsoptionen

Rohstoffsituation Bayern – keine Zukunft ohne Rohstoffe

Strategien und Handlungsoptionen

Ein aktualisierter Bericht der IW Consult GmbH Köln
unter Mitwirkung von Prof. Reller (WZU Augsburg)
im Auftrag der vbw – Vereinigung der Bayerischen Wirtschaft e. V.

Stand Juli 2011

Vorwort



Der weltweit steigende Rohstoffbedarf, eine zunehmende Konzentration auf Anbieterseite sowie die Einschränkung der Exporte von Förderländern zum Schutz eigener Industrien stellen mittel- und langfristig eine ernsthafte Bedrohung für die bayerische Wirtschaft dar.

Viele Erzeugnisse der Industriebetriebe in Bayern enthalten seltene, wenig bekannte Rohstoffe wie zum Beispiel Seltene Erden. Sie sind für die Funktionalität vieler Produkte unverzichtbar. Ein Engpass kann ganze Wertschöpfungsketten lahmlegen. Solche Rohstoffe kommen insbesondere in allen Zukunftstechnologien, beispielsweise für Energiespeicher, Beleuchtungssysteme oder in der Informationstechnologie zum Einsatz.

Ziel unserer Studie ist die weitere Steigerung des Bewusstseins bei Unternehmen und Politik für die Bedeutung der Rohstoffsicherung als zentrales Element der Zukunftssicherung. Der in der Studie dargestellte Rohstoff-Risiko-Index dient dabei der Entwicklung wirksamer Strategien gegen drohende Rohstoffengpässe. Er gibt den Gefährdungsgrad für 45 wichtige Rohstoffe an.

Wichtigste Aufgabe des Staates ist die Offenhaltung der Rohstoffmärkte. Die Grundlagenforschung zum effizienten Rohstoffeinsatz und zu Rohstoffsubstituten ist zu fördern und zusammen mit der Wirtschaft sind zukunftsfeste Recyclingkonzepte zu entwickeln.

Mit der Rohstoffstrategie hat die Bundesregierung einen wichtigen Schritt gemacht. Wir unterstützen dieses Vorhaben und halten die Ansätze bei der Bekämpfung von Handelshemmnissen und Wettbewerbsverzerrungen für richtig. Jetzt müssen Länderpartnerschaften aufgebaut werden und die Rohstoffsicherung in die Außenwirtschaft Eingang finden.

München, Juli 2011


Bertram Brossardt
Hauptgeschäftsführer

Rohstoffsituation Bayern – keine Zukunft ohne Rohstoffe

Inhalt

01 Fragestellung	8
02 Die Rohstoffbasis der deutschen Wirtschaft	9
03 Warum Rohstoffe strategisch wichtig sind	11
04 Rohstoff-Risiko-Index	14
04.1 Aufbau	15
04.2 Gewichtung	17
04.3 Ergebnis	18
05 Fallstudien	26
05.1 Fallstudie 1 – Lithium und Energiespeichersysteme	26
05.2 Fallstudie 2 – Seltenerdmetalle und Beleuchtungssysteme	29
06 Die Lösungspyramide	33
07 Literatur	38
08 Anhang – Rohstoffsteckbriefe	40

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2-1: Rohstoffverknappung – Chancen und Risiken für Unternehmen	10
Abbildung 3-1: Zunehmende Materialvielfalt in der Halbleiterindustrie	13
Abbildung 4-1: Industriemetallpreis-Index (IMP-Index)	15
Abbildung 4-2: Gewichtung Rohstoff-Risiko-Index	17
Abbildung 4-3: Rohstoff-Risiko-Index I	19
Abbildung 4-4: Bedeutung der Rohstoffe Gefahrenklasse I für Bayern	20
Abbildung 4-5: Rohstoff-Risiko-Index II	21
Abbildung 4-6: Bedeutung der Rohstoffe Gefahrenklasse II für Bayern	22
Abbildung 4-7: Rohstoff-Risiko-Index III	23
Abbildung 4-8: Bedeutung der Rohstoffe Gefahrenklasse III für Bayern	24
Abbildung 4-9: Risiko-Bedeutungs-Matrix	25
Abbildung 5-1: Globale Verteilung der Lithiumlagerstätten und -produktion	27
Abbildung 5-2: SE-Einsatz in Fahrzeugen mit Hybridantrieb	29
Abbildung 5-3: Beleuchtungstechnologien und Einsparpotenziale	30
Abbildung 5-4: Globale Verteilung von SE-Oxiden und Produktion nach Ländern	32
Abbildung 6-1: Lösungspyramide	34
Abbildung 6-2: Lösungspyramide II	36

Fragestellung

01

Die Vereinigung der Bayerischen Wirtschaft möchte der Frage nachgehen, wie es um die Rohstoffsituation und -sicherstellung der bayerischen Unternehmen bestellt ist und wie die Politik Hilfestellungen leisten kann, um dieses eminent wichtige Thema in den Köpfen zu verankern. Derzeit deutet viel daraufhin, dass metallische und mineralische Rohstoffe nicht den Stellenwert beigemessen bekommen, den sie verdienen. Dies bedeutet, dass bestehende Risiken systematisch unterschätzt und mögliche Strategien zum Umgang mit den Risiken vernachlässigt werden.

In dieser Studie soll die Rohstoffsituation der bayerischen Wirtschaft analysiert werden. Die Studie beschäftigt sich somit mit der Wichtigkeit von metallischen und mineralischen Rohstoffen. Dabei geht es um eine Bestandsaufnahme des Rohstoffeinsatzes, die Identifizierung von Verwundbarkeiten und Risiken bei der Rohstoffsicherheit und der Entwicklung möglicher Gegenstrategien.

Die Studie gliedert sich wie folgt:

- Kapitel 2 skizziert die wesentlichen Strukturen der Rohstoffbasis der deutschen Wirtschaft.
- Kapitel 3 beschreibt die strategische Bedeutung und die vorhandenen Risiken, die mit Rohstoffen verbunden sind.
- In Kapitel 4 wird ein Rohstoff-Risiko-Index entwickelt, der als Indikator für die Risiken dienen soll, die mit den untersuchten Rohstoffen verbunden sind. Steckbriefe mit Detailinformationen zu den untersuchten Rohstoffen finden sich im Anhang.
- Kapitel 5 beinhaltet zwei größere Fallstudien, in denen die Entwicklung der Situation von Lithium und Seltenen Erden beschrieben wird, die für zukünftige technische Entwicklungen ebenso essentiell wie kritisch sind.
- In Kapitel 6 werden mögliche Strategien zur Sicherstellung der Rohstoffversorgung skizziert und systematisiert.

Die Untersuchung beschränkt sich auf Metalle, Edelmetalle und mineralische Rohstoffe. Besondere Erwähnung finden dabei Spezialmetalle. Hierunter werden Metalle verstanden, die teilweise nur im Mikrogrammbereich für einzelne Produkte, wie beispielsweise Handys, gebraucht werden. Ohne diese würden die Geräte jedoch nicht funktionieren. Nicht einbezogen werden Öl, Gas und Kohle sowie daraus abgeleitete Produkte, weil es für diese Bereiche bereits sehr viele Studien gibt.

Die Rohstoffbasis der deutschen Wirtschaft

02

In den letzten Jahren hat insbesondere der wirtschaftliche Aufstieg Chinas zu einem deutlich erhöhten Rohstoffbedarf geführt. Dies ging einher mit langfristig stark steigenden Preisen für Energie- und Mineralrohstoffe, auch wenn im Zuge der Finanz- und Konjunkturkrise ein deutlicher Preisrückgang zu verzeichnen war. Gleichzeitig ist das Angebot nicht unbeschränkt auszuweiten, schließlich sind die natürlichen Rohstoffe prinzipiell endlich. Dennoch liegen die Probleme heute im Wesentlichen nicht im geologischen Mangel, sondern eher an ökonomischen Schwierigkeiten der Gewinnung und vor allem des Handels mit Rohstoffen (Bardt 2008).

Diese Entwicklungen haben in Industrie und Politik zu einer lebhaften Diskussion über Strategien zur Gewährleistung der Rohstoffsicherheit geführt. Entscheidend ist dabei eine Anpassung der Produktion an höhere Preise sowie eine Politik gegen den vorherrschenden Protektionismus auf den internationalen Rohstoffmärkten, der letztlich preistreibend und wohlstandsmindernd wirkt.

Deutschland blickt auf eine lange Tradition als Rohstoffförderland zurück. Heute muss ein wichtiger Teil der genutzten Rohstoffe importiert werden. Während Eisenerz Anfang der sechziger Jahre noch zu gut einem Drittel aus heimischer Förderung stammte, wird es heute vollständig aus ausländischen Abbaugebieten bezogen. Generell liegt die Importquote für Metallrohstoffe in Deutschland bei 100 Prozent, eine nennenswerte inländische Förderung besteht nicht mehr.

Traditionell groß ist der Importanteil auch bei Energierohstoffen. Während Braunkohle praktisch vollständig aus heimischer Förderung stammt und nah an den Tagebauen zur Stromgewinnung verfeuert wird, steigt der Importanteil der Steinkohle. Vor allem aber Öl und Gas sorgen für eine hohe Importabhängigkeit, wobei Erdgas immerhin zu knapp 16 Prozent im Inland gefördert wird – mit leicht abnehmender Tendenz. Insgesamt ist der Importanteil aller Energierohstoffe seit Anfang der neunziger Jahre von 58,3 Prozent des Primärenergieverbrauchs auf zuletzt 70,9 Prozent deutlich angestiegen und liegt seit 1996 bei über 70 Prozent.

Die größten Mengen an Rohstoffen stammen aus Deutschland selbst. Mit 236 Millionen Tonnen jährlicher Produktion machen Kies und Bausande den größten Anteil am heimischen Bergbau aus. Gebrochene Natursteine kommen auf 217 Millionen Tonnen. Der drittgrößte heimische Rohstoff ist Braunkohle, die zu 170 Millionen Tonnen vor allem im Rheinland und in der Lausitz gefördert wird. Aber auch andere Stoffe wie Quarzsand, Kalk, Kali, Salze, Feld- und Flussspat werden in Deutschland an die Oberfläche gebracht. Viele dieser Rohstoffe sind für den Bau, aber auch als Grundstoffe für die Industrie von Bedeutung.

Damit hat Deutschland einen wichtigen Teil seiner Rohstoffversorgung selbst in der Hand. Der Bedarf dieser Ressourcen kann gesichert werden, ohne die Risiken der internationalen Rohstoffpolitik in Kauf zu nehmen. Diese Versorgungssicherheit ist zugleich sehr wirtschaftlich. Die Bodenschätze können hierzulande günstig und ohne Subventionen abgebaut werden und müssen nicht auf internationalen Märkten teuer bezahlt werden. Vielfach macht ein internationaler Transport keinen Sinn, da die Transportkosten hierfür viel zu hoch wären.

Aber der ausreichende Abbau heimischer Rohstoffe ist nicht ohne weiteres gesichert. Auch hier gibt es mittel- und langfristige Versorgungsrisiken – und die sind hausgemacht. Hier sind insbesondere die Länder und Kommunen gefordert, um eine dauerhafte Förderung zu sichern. Besonders problematisch ist die Ausweisung von Flächen. Auch wenn bekannt ist, wo welche wertvollen Vorkommen zu finden sind, bestehen damit noch lange keine Abbaurechte. In Deutschland ist in den letzten Jahren und Jahrzehnten eine immer größere Flächenkonkurrenz entstanden. Das Land ist dicht besiedelt, Städte wachsen, viele Flächen werden für Industrieanlagen und Verkehrsinfrastruktur benötigt.

In den letzten Jahrzehnten ist der Umweltschutz als immer wichtigere Flächennutzung hinzugekommen. Vor allem im Rahmen der Flora-Fauna-Habitat-Richtlinie (FFH) der Europäischen Union werden viele Flächen zum Schutz von Natur, Pflanzen und Tieren reserviert, die darunter liegenden Rohstofflager sind damit für die Nutzung durch den Menschen verloren.

Für die Unternehmen akut kritisch ist weniger die Verfügbarkeit von Rohstoffen, sondern ein hohes Preisniveau und zwischenzeitliche Preisausschläge. Nicht nur Öl hat sich in den letzten Jahren massiv verteuert. Ähnliche Entwicklungen gab es auch im Bereich der Metallrohstoffe. Diese Preisentwicklungen sorgen für dramatische Veränderungen in den betriebswirtschaftlichen Kalkulationen der Verwender entsprechender Erze oder Stoffe.

Insgesamt wurden im Jahr 2009 Rohstoffe im Wert von 86,2 Milliarden Euro importiert. 2004 waren es lediglich 61,9 Milliarden Euro, 2010 werden es nach der Wirtschaftskrise wieder rund 100 Milliarden Euro gewesen sein. In dem Anstieg der letzten Jahre spiegeln sich weniger Mengeneffekte, sondern vor allem die deutlich gestiegenen Preise wider.

Mit 72 Prozent des Importwertes haben die Energierohstoffe ein großes Übergewicht. Erdöl und Erdgas kommen dabei auf 35 Prozent beziehungsweise 28 Prozent, der Wert der Kohleimporte ist mit 5 Prozent vergleichsweise niedrig. Unter den nach Deutschland importierten Metallen nehmen die Nicht-Eisen-Metalle (NE-Metalle) mit 11 Prozent den wichtigsten Anteil ein. Eisen und Stahl kommen immer noch auf 4 Prozent.

Aber nicht nur in der marktgetriebenen Preisentwicklung liegt ein Risiko für die rohstoffverarbeitende Industrie. Letztlich geht es auch um die langfristige Verfügbarkeit der Stoffe. Für die Verfügbarkeit von Rohstoffen spielen neben den geologischen Bedingungen auch die Markt- und Regulierungsbedingungen eine wichtige Rolle. Problematisch

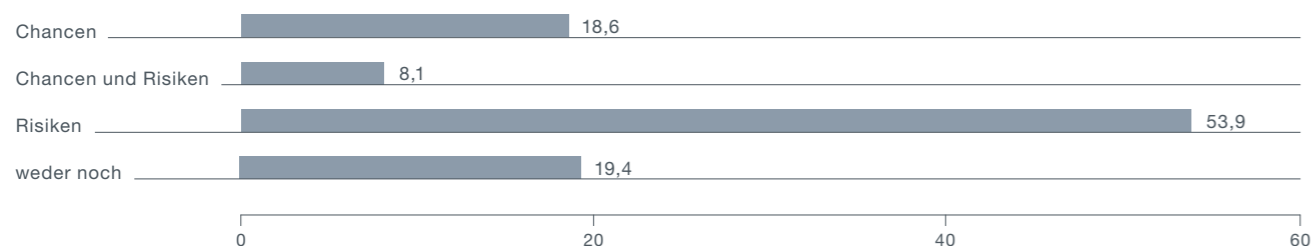
Für die deutsche Wirtschaft stellt sich die zukünftige Sicherung der Rohstoffbasis zu wirtschaftlich vertretbaren Kosten als große Herausforderung dar. Über 80 Prozent der im Rahmen des IW-Zukunftspanels befragten Unternehmen sahen sich durch die Veränderungen an den Rohstoffmärkten betroffen (siehe Abbildung 2-1). Dabei wird deutlich, dass die Rohstoffversorgung weit überwiegend als Risikothema angesehen wird (Biebeler et al., 2008, 21 ff.). Nur insgesamt 26,7 Prozent der Unternehmen sehen in dieser Hinsicht überhaupt wirtschaftliche Chancen. Und gerade einmal 18,6 Prozent der Unternehmen erwarten ausschließlich neue geschäftliche Möglichkeiten. Zu denken ist hier beispielsweise an die Anbieter von Sekundär- und Alternativrohstoffen sowie an die Hersteller von Effizienztechnologien, die bei steigenden Rohstoffpreisen mit einer erhöhten Nachfrage nach ihren Produkten und Dienstleistungen rechnen können.

Besonders kritisch wird die Rohstoffversorgung von der Chemischen Industrie, der Metall- und Elektroindustrie sowie dem Verkehrswesen eingeschätzt. Hier sehen jeweils rund 80 Prozent der Unternehmen Risiken für ihr Geschäft. Relativ große Chancen werden mit einem guten Drittel in den Branchen Datenverarbeitung, Forschung und Entwicklung sowie Bau gesehen. Dennoch überwiegt auch in diesen Sektoren eine risikoorientierte Sichtweise bezüglich der zukünftigen Lage auf den Rohstoffmärkten.

bei vielen Metallrohstoffen ist dies vor allem die hohe Konzentration auf der Angebotsseite und ein damit zusammenhängendes Potenzial für Marktmacht. Solche Konzentrationstendenzen sind sowohl auf der Ebene der Förderländer als auch auf der Ebene der Erzeugungsunternehmen zu beobachten. So ist es keine Seltenheit, dass drei Viertel der jährlich produzierten Menge nur aus drei Ländern kommen oder 50 Prozent und mehr aus lediglich drei Unternehmen stammen. Fusionen im Rohstoffsektor können den Konzentrationsgrad noch weiter erhöhen.

Zudem herrschen in vielen Ländern Maßnahmen zum Schutz der eigenen Industrie und zur Verhinderung von Rohstoffexporten vor. Diese reichen von spezifischen Ausfuhrsteuern und der finanziellen Förderung heimischer Weiterverarbeiter über die Vergabe von Exportlizenzen und die Aussprache von Exportverboten bis hin zur Einführung von Exportmonopolen und der Verweigerung der Mehrwertsteuererstattung beim Export von Rohstoffen. Diese Maßnahmen stellen erhebliche Verzerrungen der internationalen Rohstoffmärkte dar, die letztendlich nur zu überhöhten Preisen führen.

Abbildung 2-1
Rohstoffverknappung – Chancen und Risiken für Unternehmen, Nennungen in Prozent



Quelle: IW-Zukunftspanel; Biebeler / Mahammadzadeh / Selke 2008, 21

Warum Rohstoffe strategisch wichtig sind

03

Der Einsatz von Rohstoffen ist eine unabdingbare Voraussetzung für zahlreiche wirtschaftliche Tätigkeiten. Dies gilt primär für die Industrie, soweit hier direkt Rohstoffe verarbeitet werden und nicht nur Vorprodukte, in denen die Rohstoffe bereits verwertet sind, genutzt werden. Aber auch der Dienstleistungsbereich basiert zu einem nennenswerten Anteil direkt auf industrieller Produktion und wäre ohne diese nicht vorstellbar, so dass auch hier eine zumindest mittelbare Abhängigkeit vom Rohstoffeinsatz festgestellt werden muss. Betrachtet man typische Wertschöpfungsketten einer industrialisierten Volkswirtschaft, steht die Rohstoffgewinnung und -verwendung ganz am Anfang und legt damit die Grundlage für alle nachgelagerten Sektoren in der Industrie sowie in verschiedenen mehr oder weniger industrienahen Dienstleistungsbranchen.

Auch wenn bei einer globalen Betrachtung der Wertschöpfungsketten die Verwendung von Rohstoffen Voraussetzung für industrielle Produktion und davon abgeleitete Dienstleistungen ist, gilt dies nicht für jede einzelne Volkswirtschaft. Auch hier gelten die Grundgedanken der internationalen Arbeitsteilung. Während in einzelnen Weltregionen die natürlichen und insbesondere geologischen Bedingungen für den Abbau von Rohstoffen besonders gut sind und somit entsprechende Vorkommen technisch und wirtschaftlich abgebaut werden können, haben sich andere Länder auf die Verarbeitung der Rohstoffe oder auf spätere Stufen der Wertschöpfungskette spezialisiert. Hieraus ergeben sich Spezialisierungsvorteile, die bei einem freien und verlässlichen Handel zwischen den Ländern realisiert werden können.

Aus Sicht der Länder, die Rohstoffe direkt oder indirekt verbrauchen, um damit die Basis ihrer Volkswirtschaft zu erhalten, ergeben sich aus den natürlichen Bedingungen und der spezifischen Arbeitsteilung jedoch einige Nachteile. Die Gefahr, dass einzelne Rohstoffe erhebliche Preissprünge erleben, nur noch unter bestimmten Bedingungen – wie beispielsweise der Weiterverarbeitung im Förderland – verfügbar sind oder möglicherweise sogar komplett ausfallen, ist nicht mit Sicherheit auszuschließen. Dies hätte jedoch erhebliche Auswirkungen auf die Produktionsmöglichkeiten der jeweils betroffenen Industrien.

Generell kann davon ausgegangen werden, dass bis zu einem bestimmten Wohlstandsniveau der Verbrauch von Rohstoffen überdurchschnittlich steigt, während erst danach eine höhere Materialeffizienz und damit ein tendenziell geringerer Rohstoffbedarf durchschlägt. Die Länder, in denen auch in der Zukunft die größten Wachstumsschübe erwartet werden, gehören zu der ersten Gruppe. Daher ist auch weiterhin mit einer hohen und steigenden Rohstoffnachfrage zu rechnen, was sich in höheren Preisen und einer verstärkten Konkurrenz um die Rohstofflieferungen niederschlägt.

Aus der Perspektive der deutschen und insbesondere bayerischen Industrie gibt es eine Reihe von möglichen Verursachern oder Verstärkern einer denkbaren Rohstoffkrise. Insbesondere lassen sich elf Gründe identifizieren, die zu einer Gefährdung der Rohstoffbasis der Industrie beitragen können.

1. Wachstum ist rohstoffintensiv

Das starke Wirtschaftswachstum, dass vornehmlich in den aufstrebenden Schwellenländern China und Indien in den letzten Jahren zu beobachten war, hat deutliche Spuren auf den Rohstoffmärkten hinterlassen. Das Wirtschaftswachstum ist in diesen Ländern besonders rohstoffintensiv.

2. Hohe Preisschwankungen

Rohstoffe sind typischerweise sehr zyklische Produkte. Dies schlägt sich auch in den Preisentwicklungen nieder, die insbesondere in den letzten Monaten seit der Krise 2009 von Preissteigerungen und im allgemeinen von Preisschwankungen gekennzeichnet sind. Diese charakteristischen Schwankungen stehen zwar einer sicheren Rohstoffversorgung noch nicht im Weg, können aber für die verbrauchenden Unternehmen ein erhebliches Problem sein. Soweit diese Preisveränderungen nicht kurzfristig an die eigenen Kunden weitergegeben werden können, kann es zu kritischen Liquiditätsabflüssen kommen, sofern hier keine entsprechenden Vorsorgemaßnahmen getroffen wurden.

3. Begrenzte Verfügbarkeit

Die Verfügbarkeit von Rohstoffen ist prinzipiell begrenzt. Entweder sind die Vorkommen nicht erneuerbar und damit eine theoretische maximale Verbrauchsmenge definiert, oder Flächen für den Anbau nachwachsender Rohstoffe stellen die Begrenzung dar. In der Regel sind diese Grenzen aber noch nicht erreicht, die wahrscheinliche Reichweite der meisten Rohstoffe ist noch lang genug. Vielfach sind schon die heute bekannten und wirtschaftlich nutzbaren Ressourcen für Jahrhunderte ausreichend. Neue geologische Erkenntnisse und veränderte Preisstrukturen erhöhen diese Zeitspanne weiter. Bei einzelnen Rohstoffen ist jedoch auch die physische Verfügbarkeit schon in absehbarer Zeit kritisch zu bewerten.

4. Hohe Bedeutung für Zukunftstechnologien

Wichtige Technologien mit großem Potenzial für die Zukunft sind auf eine Vielzahl von Rohstoffen angewiesen. Ein Beispiel ist der Fahrzeugbau. Brennstoffzellen für den elektrischen Antrieb mit Wasserstoff benötigen Platin. Hybridmotoren kommen nicht ohne Lithium und verschiedene Seltene Erden aus. Selbst für moderne Energiesparlampen sind solche Stoffe notwendig. Damit ist das Schadenspotenzial für die wirtschaftliche Entwicklung, welches durch Probleme bei der Rohstoffversorgung entstehen könnte, verhältnismäßig hoch.

5. Vorkommen sind regional konzentriert

Die meisten Rohstoffe fallen in eine von zwei Kategorien: Vielfach sind die Vorkommen an bestimmte geologische Strukturen gebunden und daher regional stark konzentriert. Verschiedene andere Rohstoffe sind weltweit vorhanden, aber so großflächig und dünn verteilt, dass sich ein Abbau nur an wenigen Stellen lohnt. Beides führt dazu, dass zahlreiche Rohstoffe nur an wenigen Stellen gefördert werden und daher eine hohe Konzentration auf wenige Lieferantländer vorliegt.

6. Rohstoffländer sind oft Risikoländer

Ein besonderes Risiko liegt darin, dass sich Rohstoffe oftmals in unsicheren Weltregionen befinden und die Länder mit großen natürlichen Vorräten selbst ein Risiko darstellen. Viele Rohstoffe befinden sich vor allem in afrikanischen Ländern, in denen es an Rechtssicherheit, Infrastruktur und Investitionen fehlt, um eine sichere und dauerhafte Versorgung zu gewährleisten. Daher bestehen hier Sorgen, dass Steuern erhöht, bestehende Verträge nicht eingehalten und Investitionen nicht gesichert werden können. Rohstoffe aus Risikoländern sind daher einer höheren Gefahr für die Versorgungssicherheit ausgesetzt.

7. Rohstoffe sind Instrument der strategischen Industriepolitik

Die hohe Konzentration und die hohe Bedeutung macht viele Rohstoffe zum Instrument strategischer Handelspolitik. Die Maßnahmen sind vielfältig und reichen von Ausfuhrsteuern auf Erze, Exportlizenzen und Exportverbote über eine Verweigerung der Mehrwertsteuererstattung beim Export und Exportmonopole bis hin zur gezielten Förderung der inländischen Weiterverarbeitung. So wird versucht, Zugriff auf die verschiedenen Stufen der Weiterverarbeitung zu erhalten. Gerade China versucht, sich die notwendigen Rohstoffe durch Exklusivverträge zu sichern und gleichzeitig die heimischen Vorkommen gezielt zur künstlichen Bevorzugung einer inländischen Produktion zu verwenden.

8. Hohe Marktmacht einzelner Unternehmen

Eine große Marktmacht stellt nicht nur dann ein Problem dar, wenn die notwendigen natürlichen Rohstoffe nur in wenigen einzelnen Ländern verfügbar sind. Die generell hohe Konzentration der Förderunternehmen ist ein weiteres wettbewerbliches Risiko für eine sichere und marktgerechte Versorgung. Hohe Marktmacht verbunden mit langfristigen Lieferverträgen kann zu einer Abhängigkeit von einem oder wenigen Anbietern und zu entsprechend verschlechterten Preis- oder Lieferkonditionen führen. Die Zunahme der Unternehmenskonzentration in den letzten Jahren ist daher besonders kritisch zu beobachten, eine weitere Vermachtung der relevanten Rohstoffmärkte kann nicht im Interesse der rohstoffverarbeitenden Unternehmen und der rohstoffarmen Industrieländer sein.

9. Steigende Grenzkosten der Exploration

Die Erkundung neuer Rohstoffquellen und die Erschließung der Vorräte wird tendenziell teurer. Die einfachsten und am günstigsten zu erreichenden Lagerstätten sind in der Regel seit langem erschlossen, so dass auf aufwändigere und damit teurere Ansätze zurückgegriffen werden muss. Dieses Phänomen der steigenden Grenzkosten wird sich in tendenziell steigenden Rohstoffpreisen niederschlagen. Hinzu kommt das Problem des so genannten Beifangs: Die meisten Rohstoffe kommen nicht isoliert sondern in Vergesellschaftung mit anderen vor. Für eine Reihe von Rohstoffen würde sich der Abbau nicht lohnen, wenn sie nicht als „positiver Beifang“ beim Abbau anderer Stoffe mit anfallen. Falls sich aber der Abbau des Hauptproduktes (Bsp. Nickel) nicht mehr lohnt, wird auch vom Nebenprodukt (Bsp. Platin) zu wenig gefördert. Andere Rohstoffe (Bsp. Phosphat) sind durch „negativen Beifang“ (Schwermetalle, Bsp. Cadmium) belastet. Auch dies sorgt für weiter erhöhte Preise der gewünschten Rohstoffe.

Abbildung 3-1
Zunehmende Materialvielfalt in der Halbleiterindustrie (nach Theis 2007)



Quelle: WZU Augsburg (2009)

10. Zunehmende Materialdiversität

Der technische Fortschritt sorgt für eine zunehmende Ausdifferenzierung von Produkten und technischen Anwendungen. Dabei werden immer mehr unterschiedliche Materialien eingesetzt, um neuen Anforderungen stetig besser genügen zu können. Insbesondere in der stark wachsenden Halbleiterindustrie wuchs der Bedarf an verschiedensten Funktionsmaterialien und damit die Notwendigkeit einer aufwendigeren Bearbeitung bereits im Abbau begriffener Erze bzw. von bisher industriell nicht förderungswürdigen Erzen in großen Mengen. Während in den 1980er Jahren noch 12 Metalle bzw. Elemente (beige markiert) ausreichten, um die damals aktuelle Generation von Rechenprozessoren zu entwickeln, so wurden in den 1990er bereits 16 verschiedene Elemente (neue Elemente braun markiert) benötigt. Mit fortschreitender Miniaturisierung kommen in der heutigen Generation von Platinen und Rechnerprozessoren bis zu 60 verschiedene Elemente (neue Elemente blau markiert), vornehmlich Metalle, zum Einsatz (vgl. Theis 2007).

Für die Unternehmen der deutschen und bayerischen Industrie führt dies dazu, dass die Bedeutung einzelner Rohstoffe, auch wenn sie nur in kleinen Quantitäten benötigt werden, richtig eingeschätzt werden müssen. Für die jeweils potenziell kritischen Rohstoffe ist eine Analyse der tatsächlichen Gefährdung notwendig, auf die dann mit angemessenen Maßnahmen reagiert werden kann.

Dieser Entwicklungsprozess vollzog sich in einem Zeitraum von nur 30 Jahren und wird sich in der gesamten Halbleiterindustrie voraussichtlich fortsetzen.

11. Eingeschränkte Substituierbarkeit

Eine mangelnde Verfügbarkeit einzelner Stoffe ist dann unproblematisch, wenn man sie leicht durch andere Alternativen ersetzen kann. Verschiedene Anwendungen scheitern jedoch, wenn bestimmte Inhaltsstoffe nicht verfügbar sind und keine Substitutionsmöglichkeiten zur Aufrechterhaltung einer qualitativ vergleichbaren Produktion vorliegen. Aber selbst wenn eine Substituierbarkeit bestimmter Rohstoffe möglich ist, können diese Substitute wiederum kritische Rohstoffe sein. Eine Substituierbarkeit ist dann zwar technisch, aber kaum faktisch möglich.

Rohstoff-Risiko-Index

04

Grundlage für den Rohstoff-Risiko-Index ist die Auflistung der wichtigsten Gründe für eine mögliche Gefährdung der Rohstoffbasis der Industrieunternehmen. Für diesen Index wurden sieben Indikatoren entwickelt, die zu einem Index zusammengefasst worden sind. Insgesamt sind in den Index 45 Rohstoffe aufgenommen worden, die aus den „Rohstoffwirtschaftlichen Steckbriefen“ der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) abgeleitet sind. In dem Index wurden auch die drei Seltenen Erdmetalle Scandium, Yttrium und Neodym¹ sowie die ausgewählten „Spezialmetalle“ Selen, Indium, Germanium und Gallium mit aufgenommen.

Die 45 Metalle und Minerale sind mithilfe des Index in drei verschiedene „Gefahrenklassen“ eingeteilt. In der roten Gruppe, die sehr risikobehaftet ist, befinden sich 15 Rohstoffe. In der orangefarbenen Gruppe, in der Rohstoffe mit mittlerem Risiko zu finden sind, sind 15 Rohstoffe aufgelistet. 15 Rohstoffe in der grünen Gruppe sind bei der Frage der Versorgung bzw. Gefährdung in der Zukunft von eher geringerer Bedeutung. Wie bei allen anderen Rohstoffen auch, spielt bei letztgenannter Gruppe vor allem die Preisentwicklung eine Rolle (siehe Abbildung 4-1).

Rohstoffpreise kannten in der Vergangenheit nur zwei Richtungen: Entweder sie blieben lange stabil oder aber sie schossen in die Höhe, wie der neue Industriemetallpreis-Index (IMP-Index) des Instituts der deutschen Wirtschaft Köln (IW) zeigt.² Er erfasst die Preise der mengen- und kostenmäßig wichtigsten Industriemetalle, die nach Deutschland importiert werden. Von 1999 bis Anfang 2008 verteuerten sich demnach die nach Deutschland gelieferten Industriemetalle um mehr als 250 Prozent. Nach einer kurzen Entspannung erreichte der IMP-Index im Februar 2011 einen neuen Höchststand. Verantwortlich dafür sind die hohen Preise für Kupfer, ebenso die Verteuerung von Eisenerz sowie der Anstieg des Goldpreises. Nur der stabile Aluminiumpreis hat einen noch größeren Höhenflug des IMP-Indexes verhindert. Sollte der langfristige Trend sich fortsetzen, würden die Ausgaben der deutschen Wirtschaft für die notwendigen Importe von zuletzt knapp 22,6 Milliarden Euro auf 38,6 Milliarden Euro im Jahr 2015 ansteigen.

Aufbau und Gewichtung des Rohstoff-Risiko-Index sind in den folgenden beiden Unterkapiteln näher dargestellt; Kapitel 04.3 zeigt die Ergebnisse.

1: Die Gruppe der Seltenerdmetalle besteht aus 17 Mitgliedern, zu denen Yttrium und Scandium gehören und weitere 15 aus der Lanthanfamilie stammen. Aufgrund ihrer chemischen Ähnlichkeit wird in dem vorliegenden Gutachten ein Seltenerdmetall als pars pro toto für die Gruppe der Lanthanoide ausgewählt. Als einer der prominentesten Vertreter fiel die Wahl auf Neodym wegen seiner vielfältigen Nutzung.

2: Vgl. Bardt (2011): Rohstoffpreise – Entwicklung und Bedeutung für die deutsche Wirtschaft, IW Trends, 2/2011

Abbildung 4-1
Industriemetallpreis-Index (IMP-Index)
Monatswerte des Industriemetallpreis-Indexes, Januar 1999 = 100



Quelle: Institut der deutschen Wirtschaft Köln

04.1 Aufbau

Der Rohstoff-Risiko-Index besteht aus insgesamt acht Kriterien, die eingeteilt sind in

- | Quantitative Indikatoren und | qualitative Indikatoren |
|-------------------------------|--|
| – Statische Reichweite | – Bedeutung für Zukunftstechnologien |
| – Länderrisiko | – Gefahr des strategischen Einsatzes und |
| – 3-Länder-Konzentration | – Substituierbarkeit |
| – 3-Unternehmen-Konzentration | |
| – Preisrisiko | |

Somit sind im Index sowohl harte Fakten in Form von Kennzahlen als auch nicht direkt messbare Einflüsse auf die Rohstoffversorgung mittels Experteneinschätzung abgebildet.

Jeder Indikator ist in eine vergleichbare Größenskalierung transformiert und mit einem individuellen Gewicht belegt worden. Der Index ist so konstruiert, dass ein Rohstoff (bei maximaler Gefährdung) 25 Punkte erreichen kann. Je mehr Punkte ein Rohstoff aufweist, umso gefährdeter ist er in der Summe aller sieben bewerteten Kriterien.

Im Vergleich zum ersten Gutachten von 2009 erfolgte eine Umstellung des Indexes. Der Rohstoff-Risiko-Index wurde um den Indikator Preisrisiko erweitert, der mit einem Gewicht von zehn Prozent in den Index einfließt. Darüber hinaus ist zu beachten, dass die offiziellen Angaben zu den Indikatoren statische Reichweite und Länderrisiko auch kurzfristig relativ stark schwanken können.

Insgesamt ist bei der Indexeinteilung in hohes Risiko, mittleres Risiko und niedriges Risiko zu berücksichtigen, dass die einzelnen Punktunterschiede eher in qualitativer Hinsicht gedeutet werden sollten. Den Eingruppierungen unterliegen Experten-schätzungen, die je nach weiteren Funden oder neuen Substitutionsmöglichkeiten aktualisiert werden müssen.

Im Einzelnen sind die Indikatoren wie folgt im Index aufgenommen worden:

Statische Reichweite

Dieser quantitative Indikator gibt den theoretischen Zeitraum in Jahren an, für den noch ausreichend Vorkommen des jeweiligen Rohstoffes bekannt (und ökonomisch nutzbar bzw. förderbar) sind, um die derzeitige Jahresproduktion aufrecht erhalten zu können. Beispielsweise wurden im Jahr 2009 etwa 200 Mio. Tonnen (Aluminium-) Bauxit produziert, bei einem bekannten Vorkommen weltweit von rund 27 Mrd. Tonnen. Somit würde dieser Rohstoff rechnerisch noch 130 Jahre auf aktuellem Niveau gefördert werden können.

Hierbei muss beachtet werden, dass dieser Wert nur ceteris paribus gilt, denn die Reichweite kann etwa durch technologischen Fortschritt, Substitutionen, verstärktes Recycling, durch die Entdeckung neuer Vorkommen oder auch Veränderungen auf der Nachfrageseite erheblich verlängert werden. Gerade der letzte Punkt impliziert umgekehrt natürlich auch eine mögliche Verkürzung der Reichweite.

Die Werte wurden in einer 6er-Skala von 0–25 Punkten eingeordnet.

Länderrisiko

Dieser Wert entspricht einer anteilsgewichteten „Schulnote“, die aussagt, wie hoch die politische Stabilität in den Ländern ist, in denen der jeweilige Rohstoff produziert wird. Liegt die Bewertung also eher im Bereich um 1 oder 2 bedeutet dies, dass dieser Rohstoff vorwiegend in Staaten hergestellt wird, in denen eher nicht mit einer politischen Instabilität zu rechnen ist, wie sie beispielsweise durch Umstürze, Revolutionen o. ä hervorgerufen werden könnte. Ist der Rohstoff jedoch mit 5 oder 6 „benotet“, ist das Risiko, dass die politischen Verhältnisse den Rohstoffzugang bzw. die -versorgung gefährden, als eher hoch einzustufen.

Die Grundlage für die Einordnung der Länder liefert die Eurasia Group (<http://www.eurasiagroup.net/>), eine Unternehmensberatung mit Sitz in New York, deren bekanntestes Projekt der Global Political Risk Index (GPRI) ist. Dieser Index untersucht vorwiegend die Emerging Markets im Hinblick auf ihre politische und wirtschaftliche Stabilität. Für etwa 90 Prozent aller Staaten bietet das Unternehmen zudem eine Einordnung der politischen Stabilität auf der genannten Skala von 1–6 für das Jahr 2010 an.

Für den Rohstoff-Risiko-Index wurden diese Bewertungen nun den entsprechen Ländern zugeordnet und mit dem Anteil an der Weltproduktion des jeweiligen Rohstoff gewichtet.

Die Werte wurden in einer 6er-Skala von 0–25 Punkten eingeordnet.

3-Länder-Konzentration

Die 3-Länder-Konzentration gibt den Anteil an der Weltproduktion des jeweiligen Rohstoffes wieder, den die drei größten Produzenteländer auf sich vereinen.

Die Werte wurden in einer 6er-Skala von 0–25 Punkten eingeordnet.

3-Unternehmen-Konzentration

Die 3-Unternehmen-Konzentration gibt den Anteil an der Weltproduktion des jeweiligen Rohstoffes wieder, den die drei größten Unternehmen auf sich vereinen.

Die Werte wurden in einer 6er-Skala von 0–25 Punkten eingeordnet.

Preisrisiko

Das Preisrisiko wird errechnet aus dem Preisanstieg des Zeitraums von 2006 bis 2011 und der in dem Zeitraum gemessenen Volatilität. Bei einigen wenigen Rohstoffen mussten Expertenschätzungen die konkreten Preisberechnungen ersetzen, da die Datenlage zu intransparent ist. Aus diesen beiden Indikatoren wird ein Index gebildet, in den der Preisanstieg mit einem Gewicht von 75 Prozent und die Volatilität mit einem Gewicht von 25 Prozent eingehen.

Die Indexwerte wurden in einer 6er-Skala von 0–25 Punkten eingeordnet.

Bedeutung für Zukunftstechnologien

Zukunftstechnologien sind ein wichtiger Treiber für die Nachfrage nach Rohstoffen, allerdings lässt sich das „Ausmaß“ nicht genau quantifizieren. Daher wird für den Rohstoff-Risiko-Index eine Expertenschätzung auf einer dreistufigen Skala für jeden der 40 untersuchten Rohstoffe vorgenommen.

Als Unterstützung für die Einordnung der einzelnen Rohstoffe dient unter anderem das Gutachten des Fraunhofer-Instituts (Rohstoffe für Zukunftstechnologien, Seite XIII), in der 19 Rohstoffe im Hinblick auf ihre Bedeutung für Zukunftstechnologien über ihren Bedarf im Jahr 2030 im Verhältnis zur Produktionsmenge 2006 abgeschätzt wurden. Die Rohstoffe können demnach für Technologien wie Lasertechnik, Medizintechnik oder Photovoltaik entweder eine hohe, mittlere, oder geringe Rolle spielen.

Die Beurteilungen wurden in eine 3er-Skala von 0–25 Punkten eingeordnet.

Gefahr des strategischen Einsatzes

Auch die Einordnung der einzelnen Rohstoffe nach der Gefahr ihrer Verwendung als politisches und strategisches Instrument ist per Expertenschätzung durchgeführt worden. Übersichten über bestehende Handels- und Wettbewerbsbeschränkungen auf Rohstoffmärkten sind dabei Orientierungshilfen für ausgewählte Metalle und Mineralien. Hier liegen für diejenigen Länder, die mittels Steuern, Ausfuhr- oder auch Veredelungsverboten den Wettbewerb behindern, detaillierte Informationen vor. Für den Rohstoff-Risiko-Index ist für jeden einzelnen Rohstoff auf einer dreistufigen Skala eingeordnet worden, ob die Gefahr durch die produzierenden Länder eines strategischen Einsatzes hoch, mittel oder eher gering ist.

Die Beurteilungen wurden in eine 3er-Skala von 0–25 Punkten eingeordnet.

Substituierbarkeit

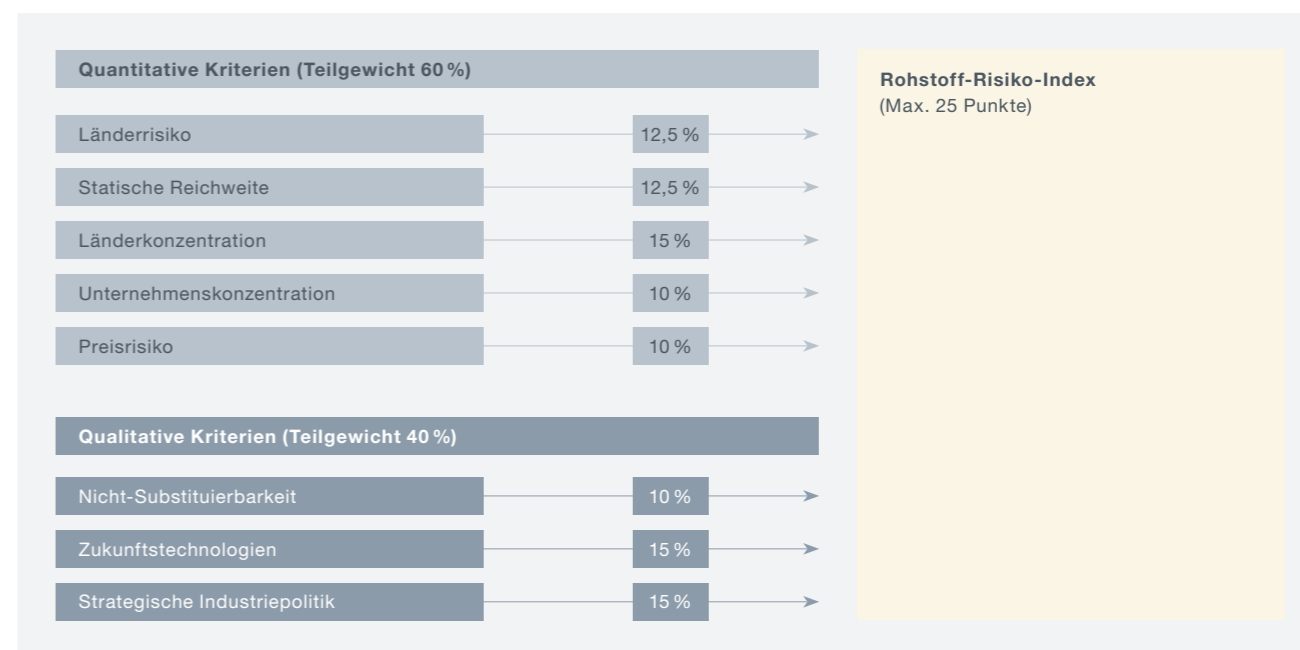
Einige Rohstoffe können in ihrer Funktion durch andere Rohstoffe ersetzt werden, bei einigen ist dies aufgrund der chemischen Eigenschaften nur bedingt oder auch gar nicht möglich. Dieser wichtige Aspekt bei der Beurteilung von Rohstoffen ist ebenfalls nicht quantifizierbar und daher auch von Expertenhand auf einer dreistufigen Skala geschätzt.

Die Beurteilungen wurden in eine 3er-Skala von 0–25 Punkten eingeordnet.

04.2 Gewichtung

Die quantitativen Faktoren gehen mit einem Gewicht von 60 Prozent in den Rohstoff-Risiko-Index ein, die qualitativen Faktoren werden mit 40 Prozent gewichtet. Innerhalb der beiden Gruppen sind die Indikatoren anteilmäßig unterschiedlich vertreten. Abbildung 4-2 zeigt den kompletten Index.

Abbildung 4-2
Gewichtung Rohstoff-Risiko-Index



Quelle: IW Consult

04.3 Ergebnis

Rote Gruppe

Die Liste der Rohstoffe, deren Versorgung zukünftig stark gefährdet sein dürfte, führt **Yttrium** mit 22,3 von maximal 25 Punkten an. Dieses Seltenerdmetall hat eine hohe Bedeutung für Zukunftstechnologien (z. B. Laser oder Permanentmagnete) und ist in einigen chemischen Eigenschaften praktisch nicht substituierbar. Zudem wird es derzeit fast ausschließlich in China produziert (circa 99 Prozent), das einen hohen Bedarf an Seltenerdmetallen hat. Auch sind nach Angaben der USGS die bekannten und förderbaren Reserven von Yttrium im Verhältnis zum aktuellen Verbrauch niedriger als bei anderen Metallen dieser Gruppe. Seltenerdmetalle sind grundsätzlich zwar nicht seltener als etwa Molybdän oder Silber, aber sie kommen fast ausschließlich in Vergesellschaftung mit Erzen wie Monazit oder Bastnäsit vor. Ein wirtschaftlicher Abbau dieser Metalle ist daher äußerst schwierig (Fraunhofer 2009). Daher sind auch die beiden anderen in der Studie aufgeführten Seltenerdmetalle **Neodym** (als prominentester Vertreter der Lanthanoide) und **Scandium** mit hohem Risiko behaftet und finden sich im Rohstoff-Risiko-Index auf den Plätzen 3 und 4 wieder.

Auf dem zweiten Platz liegt mit 20,9 Punkten **Niob**, das von **Germanium** (19,5 Punkte) und **Wolfram** (18,5 Punkte) auf den Plätzen 5 und 6 gefolgt wird. Alle drei zählen zu den metallischen Rohstoffen. Niob und Wolfram sind für Legierungen nahezu unersetzbar, während Germanium als so genanntes Spezialmetall für die Herstellung von Solarzellen oder Halbleitern gebraucht wird. Der Name Spezialmetalle stammt daher, dass diese Metalle, zu denen auch Selen, Indium oder Gallium gehören, nur in kleinstmengen Anwendung in Produkten wie Handys finden, ohne diese die Produkte aber dennoch nicht funktionieren würden. **Indium** (15,3 Punkte) ist auf dem dreizehnten Rang positioniert. Diese Metalle zeichnen sich zudem dadurch aus, dass sie sehr selten vorkommen und ausschließlich als Nebenprodukt gewonnen werden können. So gab es laut **USGS** im Jahr 2007 beispielsweise weltweit etwa 11.000 Tonnen Reserven (bekannte und wirtschaftlich nutzbare) an Indium, das vorwiegend zusammen mit Zinkerzen abgebaut werden kann. Spezialmetalle sind also „Beifänge“; wird das Hauptprodukt wie Zink oder Kupfer nicht abgebaut, fällt dementsprechend auch kein Indium oder Germanium ab.

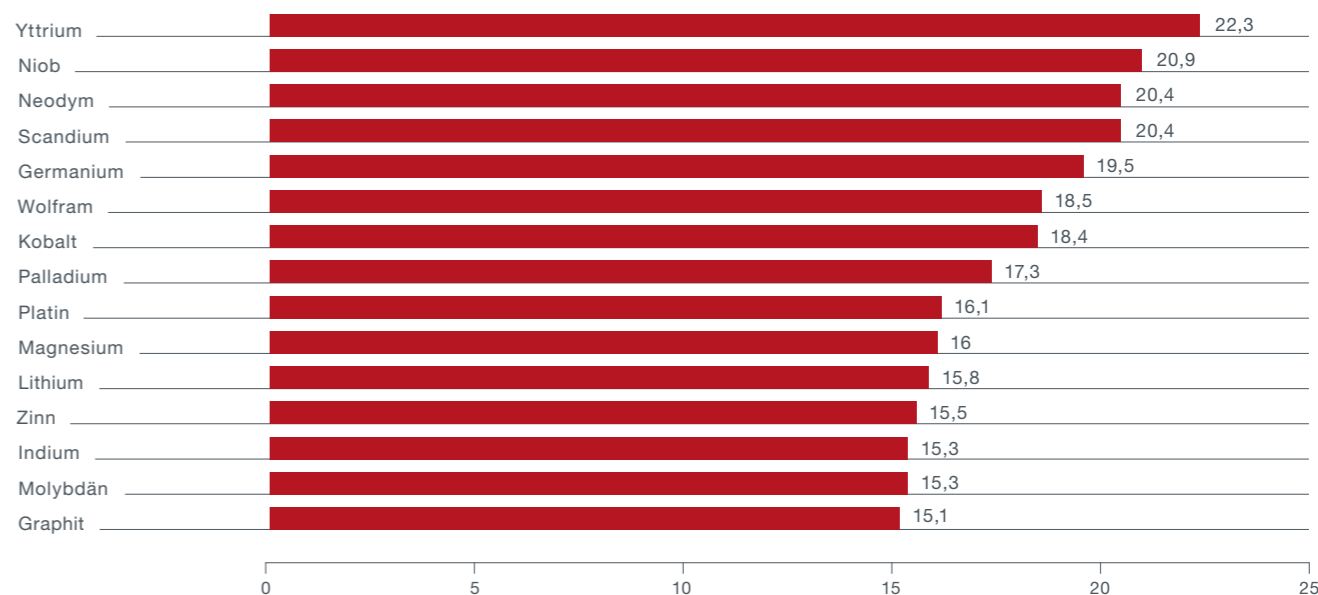
Unter den 15 am meisten gefährdeten Rohstoffen befinden sich demnach zwei von vier ausgesuchten „Spezialmetallen“ und drei von drei ausgesuchten Seltenerdmetallen. Diesen beiden Metallgruppen sollte demnach besonders große Aufmerksamkeit geschenkt werden.

Das große Risiko von **Niob** ist vor allem der hohen Konzentration der Produktion geschuldet. Deutlich mehr als 90 Prozent der weltweiten Gewinnung dieses Metalls, das vorwiegend in Spezialstählen Verwendung findet, erfolgt in nur drei Ländern (Schwerpunkt: Brasilien) bzw. nur drei Unternehmen (Schwerpunkt: Morreia Salles, Brasilien). Zwar kann Niob, das in der Natur meist mit Tantal vergesellschaftet ist, in einigen Anwendungen durch andere Metalle wie eben Tantal, Molybdän oder auch Wolfram ersetzt werden. Meist erzielen diese Ersatzstoffe jedoch nicht die gleiche Wirkung und sind häufig teurer (Fraunhofer 2009).

Das in Verbindung mit Kohlenstoff hergestellte Wolframcarbid zählt zu den härtesten Materialien und wird daher beispielsweise für Schneidwerkzeuge oder im militärischen Bereich benötigt. Daneben findet Wolfram vorwiegend in Glühlampen Verwendung. Zwar gibt es sogar in Deutschland und Österreich Vorkommen dieses Schwermetalls, doch Hauptförderland ist derzeit mit Abstand China, das etwa 80 Prozent der weltweiten Produktion stellt. In der Volksrepublik gibt es sowohl für die Erze als auch für weiterverarbeitete Wolframprodukte ein Veredelungsverbot, Einfuhr- und Ausfuhrsteuern sowie zum Teil Exportverbote. Begründet wird diese Industriepolitik unter anderem damit, dass durch den forcierten Abbau von Wolfram die Umwelt vor Ort zu stark zu Schaden kommt.

Auch bei **Kobalt** (Rang 7) sind Länderrisiken zu berücksichtigen. So liefert die Demokratische Republik Kongo derzeit etwa 40 Prozent der weltweiten Produktion, so dass hier von politischer Seite ein Engpass droht. Kobalt kommt in der Natur praktisch nicht in reiner Form vor, sondern ist in der Regel mit Nickel-, Kupfer- oder anderen Erzen vergesellschaftet. Neben der Verwendung für Superlegierungen wird Kobalt vor allem auch für Akkumulatoren benötigt.

Abbildung 4-3
Rohstoff-Risiko-Index I
Gefahrenklasse 1 – Rote Gruppe



Quelle: IW Consult (2011)

Die **Platinmetalle** Palladium und Platin sind auch mit hohem Risiko behaftet, Rhodium wurde in der Gruppe mit mittleren Risiken aufgrund seiner etwas weniger dramatischen Preisentwicklungen eingestuft. Palladium ist mit 17,3 Punkten auf Rang 8 im Rohstoff-Risiko-Index eingeordnet, Platin mit 16,1 Punkten auf Rang 9. Da Südafrika und Russland über 80 Prozent der Weltproduktion dieser Edelmetalle innehaben, ist der Konzentrationsgrad enorm hoch. Hauptverwendungszweck von Platinmetallen ist der Einsatz in Autokatalysatoren, aber auch in der Elektroindustrie oder auch im Schmucksektor ist die Nachfrage hoch. Gerade durch die Verwendung in Katalysatoren gehen jährlich hohe Bestände an Edelmetallen verloren. Aber auch das Recyclingpotenzial ist hier noch nicht optimal ausgeschöpft. Zudem sind die Platinmetalle hohen Preisschwankungen unterworfen, da sie auch für Finanzinvestoren von Interesse sind.

Das Leichtmetall **Lithium** (Rang 11) wird in der Fallstudie in Kapitel 5.1 näher vorgestellt. Entscheidend für den hohen Gefährdungsgrad dieses Metalls ist zum einen die Bedeutung für die Akkumulatorentechnologie und zum zweiten das Problem der Lage der größten Reserven, die in Form von Lithiumsole vor allem in Südamerika zu finden sind (Bolivien, Chile und Argentinien).

Komplettiert wird die rote Gruppe mit **Magnesium** auf Rang 10, **Zinn** auf Rang 12, **Molybdän** auf Rang 14 und **Graphit** auf Rang 15. Graphit wird für Brennstoffzellen und Beläge verwendet, ist in verschiedenen Anwendungen nicht substituierbar und wird zu zwei Dritteln in China produziert. Beim bspw. für LCD-Displays wichtigen Zinn liegt die statische Reichweite unter 25 Jahren. Magnesium ist für einige Zukunftstechnologien von großer Bedeutung, z. B. als Leichtbauwerkstoff im Fahrzeugbau und wird zu über 80 Prozent in China produziert. Molybdän besitzt eine eher geringe statische Reichweite und ist ebenfalls kaum substituierbar. Es wird vorwiegend als Legierungszusatz benötigt, um Stähle im Flugzeug- und Raketenbau oder auch im Werkzeugbau herzustellen. Molybdän findet aber auch in Zukunftstechnologien wie TFT-Bildschirmen oder Solarzellen zunehmend Verwendung.

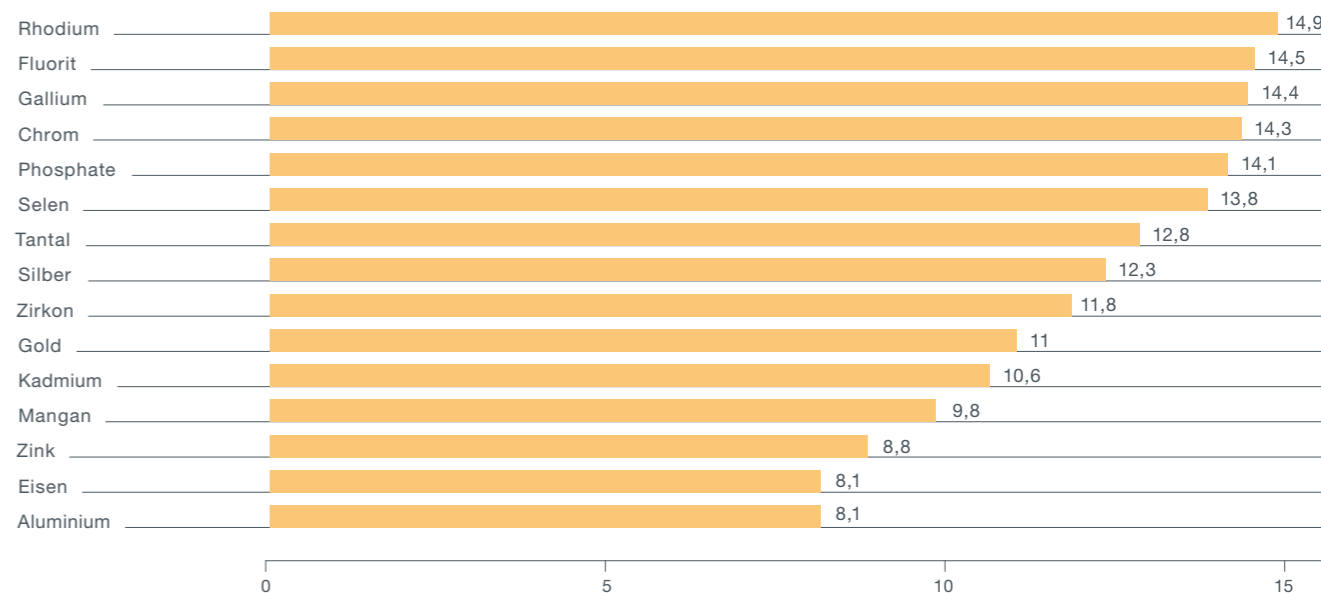
Abbildung 4-4
Bedeutung der Rohstoffe Gefahrenklasse I für Bayern
15 Rohstoffe und deren Bedeutung für die bayerische Wirtschaft

Rohstoff	Verwendung	Bedeutung für Bayern
Yttrium	Reaktortechnik, Magnete, Metallurgie, Röhrentechnik, Leuchtstoffe	hoch
Niob	Stahlindustrie (Superlegierungen, Edelstahl), Elektronik, Turbinen	mittel
Neodym	Magnete, Lasertechnik, Glas- und Porzellanfärbung	hoch
Scandium	Flugzeugbau, Quecksilberdampflampen	mittel
Germanium	Glasfaser, Halbleiter, Infraroptik, Polymer-Katalysation	mittel
Wolfram	Leuchtmittelindustrie, Metallurgie, Militär	hoch
Kobalt	Batterien, Superlegierungen, Katalysatoren, Hartmetalle	hoch
Platingruppe (Pd, Pt)	Katalysatoren, Schmuckindustrie, Elektronik, Chemie, Dentaltechnik	hoch
Magnesium	Metallurgie, Chemische Industrie, Flugzeug- und Fahrzeugbau	hoch
Lithium	Akkumulatoren und Batterien, Metallurgie, Reaktortechnik, Chemie, Glas	hoch
Zinn	Elektronik, Weißblech, LCD, Chemie, Legierungen	hoch
Indium	Displays, Dünnschicht-Photovoltaik	hoch
Molybdän	Edelstahl, Elektronik, Katalysatoren, Flugzeug- und Raketenbau	hoch
Graphit	Feuerfestindustrie, Brennstoffzelle, Kunststoff, Bleistifte, Beläge	mittel

Quelle: IW Consult

Abbildung 4-4 zeigt die Verwendungsarten der Rohstoffe und ihre Bedeutung für Bayern. 10 der 15 Rohstoffe, die in die Gefahrenklasse I eingestuft wurden, haben für Bayern eine hohe Bedeutung. Die Einstufung der Bedeutung erfolgte aufgrund der unterschiedlich hohen Anteile der jeweiligen Branche an Wertschöpfung und Beschäftigung. In Bayern sind insbesondere überdurchschnittlich viele Unternehmen aus hochtechnologischen Bereichen beheimatet. Die Unternehmen im Freistaat sind demnach abhängiger von dafür notwendigen Rohstoffen als andere Bundesländer.

Abbildung 4-5
Rohstoff-Risiko-Index II
Gefahrenklasse 2 – Orangefarbene Gruppe



Quelle: IW Consult (2011)

Orangefarbene Gruppe

Die mittlere Gefahrengruppe ist sehr vielfältig besetzt. Hier finden sich Edelmetalle (Gold und Silber), Metalle (Mangan, Graphit, Zink, Zinn, Tantal und Kupfer) und Industriemineralien wie Fluorit oder Phosphat wieder. In der Summe aller untersuchten Kriterien weisen diese Rohstoffe insgesamt zwar nur ein mittleres Risiko bezüglich Versorgung in der Zukunft auf, in einzelnen Bereichen wird aber schnell deutlich, dass auch dieser Gruppe Beachtung geschenkt werden sollte:

- Gold, Silber und Zink haben rechnerisch nur noch statische Reichweite von 25 Jahren oder weniger.
- Gallium und Selen gehören zu den so genannten Spezialmetallen, die zwar nur in kleinstmengen benötigt werden, aber ohne diese viele hochtechnisierte Elektronikprodukte nicht funktionieren würden. Aufgrund der zu erwartenden Nachfragesteigerung bei solchen Produkten können Engpässe sehr schnell entstehen.
- Mangan ist ein Rohstoff, die in ihren speziellen Eigenschaften und ihren jeweiligen Verwendungen kaum oder gar nicht substituierbar sind.
- Tantal ist vor allem für die bayerische Industrie von hoher Bedeutung, da das Metall Grundwerkstoffe in der Metall- und Elektroindustrie sowie der Medizintechnik sind.

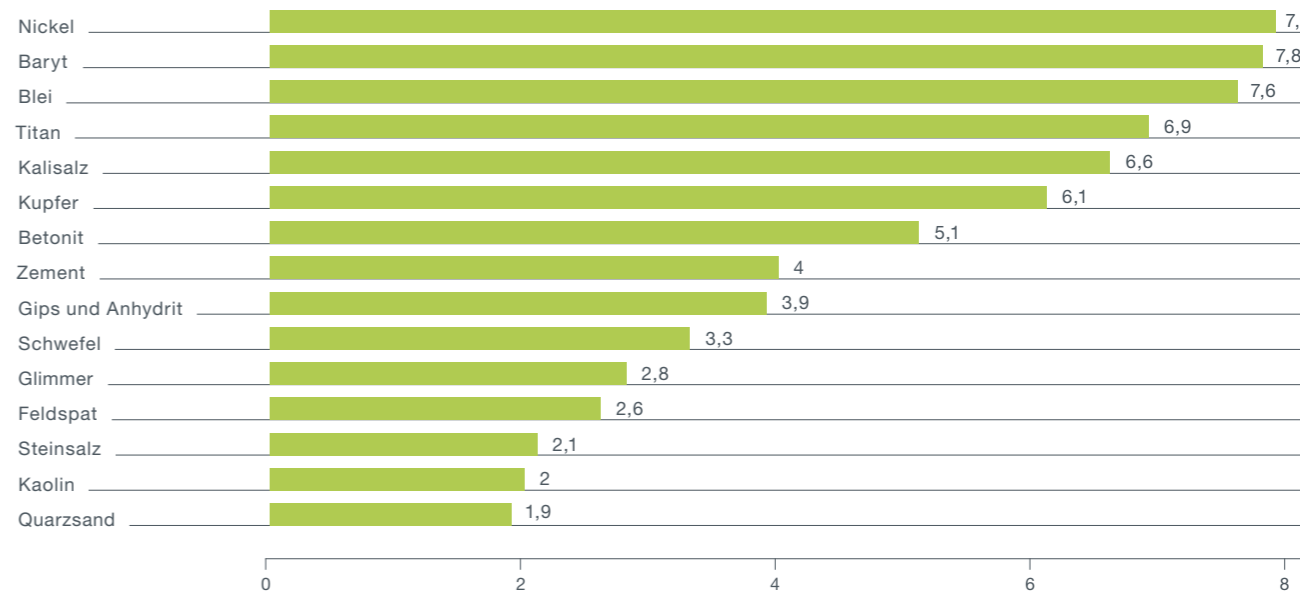
Abbildung 4-6
Bedeutung der Rohstoffe Gefahrenklasse II für Bayern
15 Rohstoffe und deren Bedeutung für die bayerische Wirtschaft

Rohstoff	Verwendung	Bedeutung für Bayern
Platingruppe (Rh)	Katalysatoren, Schmuckindustrie, Elektronik, Chemie, Dentaltechnik	hoch
Fluorid	Stahlindustrie, Gießereien, Chemie	niedrig
Gallium	Dünnschicht-Photovoltaik, Elektronik, WLED	hoch
Chrom	Edelstahl, Feuerfestindustrie, Chemie, Farben	mittel
Phosphate	Landwirtschaft	niedrig
Selen	Chemikalien und Pigmente, Elektronik, Metallurgie	hoch
Tantal	Medizintechnik, Apparatebau	hoch
Silber	Schmuck, Legierungen, Elektronik	niedrig
Zirkon	Schmelztiegel, Zahnbrücken	mittel
Gold	Schmuck, Zahntechnik, Elektroindustrie	niedrig
Kadmium	Solarzellen, Halbleiter	mittel
Mangan	Eisen- und Stahlindustrie, Batterien	niedrig
Zink	Galvanik, NE-Legierungen, Pharmazie, Batterie, Pigmente	hoch
Eisen	Metall- und Elektroindustrie, Bauwirtschaft	hoch
Aluminium	Fahrzeugbau, Luft- und Raumfahrt, Bau, Elektro, Verpackung	hoch

Quelle: IW Consult

Wird auch noch die Bedeutung für Bayern berücksichtigt, dann zeigt sich, dass Tantal, Zink und Aluminium einen hohen Stellenwert haben (siehe Abbildung 4-6). Auch diese Rohstoffe sollten also besonders im Auge behalten werden, um Versorgungsrisiken möglichst zu minimieren. Bei Fluorit, Mangan, Silber, Gold oder Phosphat, die alle eher eine niedrige Bedeutung für die bayerische Wirtschaft aufweisen, ist dementsprechend der Handlungsdruck geringer.

Abbildung 4-7
Rohstoff-Risiko-Index III
Gefahrenklasse 3 – Grüne Gruppe



Quelle: IW Consult (2011)

Grüne Gruppe

Die letzte Gruppe enthält diejenigen Rohstoffe, die als am wenigsten gefährdet identifiziert worden sind. Sie ist zweigeteilt: In der oberen Hälfte finden sich die Metalle (Nickel, Titan und Eisen) mit den geringsten Gefährdungsmerkmalen wieder und in der unteren Hälfte die Industriemineralien (Kaolin, Steinsalz und Quarzsand), die als eher unproblematisch eingestuft worden sind. Lediglich Baryt und Kalisalz (obere Hälfte) fallen als Industriemineralien aus der Reihe. Dies liegt daran, dass Baryt nur noch eine sehr geringe statische Reichweite von weniger als 40 Jahren hat und Kalisalz als Düngemittel nicht substituierbar ist.

Abbildung 4-8
Bedeutung der Rohstoffe Gefahrenklasse III für Bayern
15 Rohstoffe und deren Bedeutung für die bayerische Wirtschaft

Rohstoff	Verwendung	Bedeutung für Bayern
Nickel	Legierungen, Gasturbinen, Katalysatoren, Batterien	mittel
Baryt	Füllstoff, Schwerbetonzuschlag, Bohrspülung	niedrig
Blei	Akkumulatoren, Legierungen, Elektrotechnik, Radiologie	hoch
Titan	Pigmente, Legierungen, Flugzeugbau, Anlagenbau, Medizintechnik	hoch
Kalisalz	Düngemittel, Industriechemikalie	niedrig
Kupfer	Elektroindustrie, RFID	hoch
Betonit	Gießerei, Eisenindustrie	niedrig
Zement	Infrastruktur	niedrig
Gips und Anhydrit	Baumaterial	mittel
Schwefel	Chemische und pharmazeutische Industrie	mittel
Glimmer	Farbstoffe, Füllstoffe, Dämmung, Kosmetik, Keramik, Isolierung	mittel
Feldspat	Keramik- und Glasindustrie	niedrig
Steinsalz	Gewinnung von Chlor und Natrium	niedrig
Kaolin	Beschichtung von Papier und Keramik	niedrig
Quarzsand	Glas- und Gießereiindustrie	mittel

Quelle: IW Consult

Abbildung 4-8 zeigt die Bedeutung der am wenigsten gefährdeten Rohstoffe für Bayern. Hier finden sich vier Rohstoffe, die eine hohe Bedeutung für die bayerische Wirtschaft haben: Blei, Eisen, Kupfer und Titan. Demgegenüber wird aber die Mehrheit der Rohstoffe mit einer geringeren Bedeutung eingestuft. Sieben der 15 Rohstoffe haben beispielsweise nur eine geringe Bedeutung für Bayern.

Abbildung 4-9
Risiko-Bedeutungs-Matrix

Bedeutung für Bayern Gefahrenklasse		Hoch	Mittel	Niedrig
		Hoch	Seltenerdmetalle, Wolfram, Kobalt, Platingruppe (Pd, Pt), Zinn, Lithium, Molybdän, Indium, Magnesium	Niob, Germanium, Graphit
Mittel	Tantal, Selen, Gallium, Aluminium, Zink, Eisen, Platingruppe (Rh)	Chrom, Kadmium, Zirkon	Fluorit, Silber, Gold, Mangan, Phosphat	
Niedrig	Blei, Kupfer, Titan	Nickel, Glimmer, Gips, Quarzsand, Schwefel	Kristallsalz, Betonit, Feldspat, Kaolin, Baryt, Steinsalz, Zement	

Quelle: IW Consult

Fasst man diese Ergebnisse zusammen, dann fällt auf, dass insbesondere die gefährdeten Rohstoffe eine große Bedeutung für Bayern spielen. Abbildung 4-9 zeigt diesen Zusammenhang eindeutig. Hier werden in einer Matrix die 45 Rohstoffe nach ihrer Gefahrenklasse und ihrer Bedeutung für Bayern gezeigt. Platin, Palladium und Rhodium werden bei der Darstellung zusammengefasst in die Obergruppe Platingruppe, ebenso wie die Seltenerdmetalle Yttrium, Scandium und Neodym. Da fünf der sechs Metalle in der höchsten Gefährdungskategorie liegen und gleichzeitig auch für Bayern eine hohe Bedeutung aufweisen, ist eine solche Gruppierung in der Darstellung möglich.

Die meisten Rohstoffe sind in der Matrix im ersten Feld (hoch/hoch) und im letzten Feld (niedrig/niedrig) zu finden. Berücksichtigt man die Einzelrohstoffe innerhalb der beiden gebildeten Gruppen Seltenerdmetalle und Platingruppe, befinden sich allein in diesen beiden Felder 19 der 45 Rohstoffe.

Fallstudien

05

Die Grundlagen dieser Fallstudien wurden bereitgestellt unter Leitung von Prof. Dr. Armin Reller, Wissenschaftszentrum Umwelt (WZU), Universität Augsburg

05.1 Fallstudie 1 – Lithium und Energiespeichersysteme

Wieder aufladbare und leistungsfähige Batterien sind Schlüsselkomponenten mobiler elektronischer Unterhaltungs-, Computer- und Telekommunikationsgeräte. Insbesondere der Bedarf an Hochleistungs-Akkumulatoren auf Lithium-Ionen-Basis steigt für derartige Anwendungsbereiche seit Jahren steil an. So wurden beispielsweise 2007 etwa 78 Mio. Lap-tops verkauft (+23 Prozent gegenüber 2006) und die Zahl der verkauften Mobiltelefone stieg von etwa 900 Mio. Exemplare im gleichen Zeitraum um 18 Prozent auf rund 1,1 Mrd. Exemplare (ITU 2008). Dieser Entwicklungstrend wird sich in Verbindung mit Lithium-Ionen-Akkumulatoren auch in Zukunft fortsetzen, denn Lithiumsysteme besitzen gegenüber anderen Akkumulatortechnologien aus heutiger Sicht die höchste Energiedichte. Marktprognosen sagen bis Ende 2010 ein weltweites Wachstum von 6–7 Prozent für Lithium-Akkumulatoren voraus. Bei einer durchschnittlichen jährlichen Wachstumsrate von 5 Prozent für die nächsten 20 Jahre wird der Weltmarkt im Jahre 2030 etwa das 3,5-fache Marktvolumen der letzten Jahre besitzen. Die Zukunft der auf Lithium basierenden Akkumulatoren wird neben den relativ kleinen Energiespeichersystemen für mobile Endgeräte jedoch maßgeblich von der Verwendung als Hochenergiespeicher in elektrobetriebenen Kraftfahrzeugen abhängen (vgl. Tahil 2007, Angerer 2009).

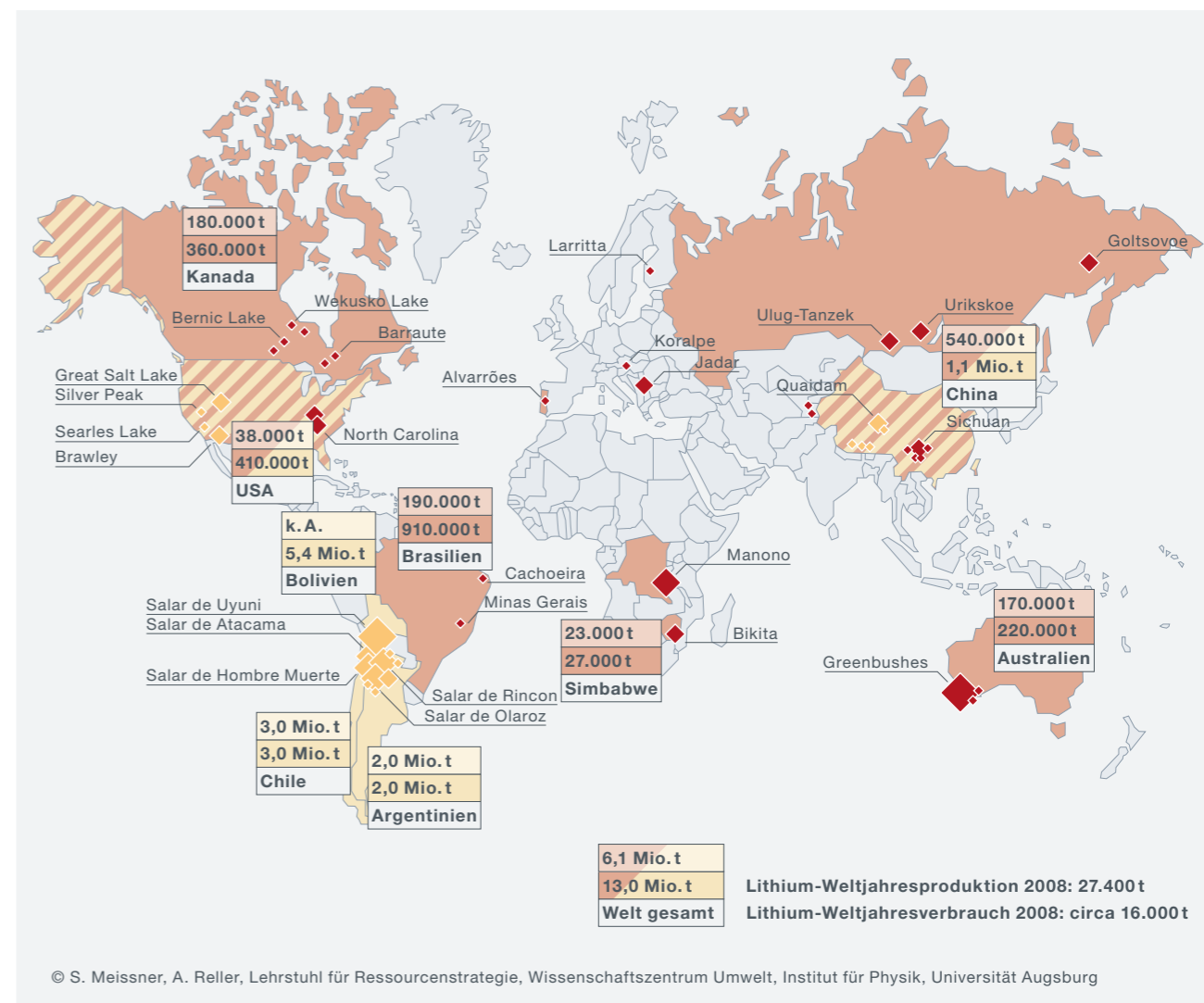
Die Forschung und Entwicklung von Lithium-Ionen-Hochleistungsenergiespeichersystemen für Hybrid- und elektro betriebene Fahrzeuge mit Brennstoffzellentechnologie befindet sich derzeit in einer hochdynamischen Phase, so dass zukünftig für dessen Markt ebenfalls überdurchschnittlich hohe Wachstumsraten zu erwarten sind. Neben den Forschungs- und Entwicklungsarbeiten der großen Automobilhersteller werden zukünftig vermehrt Förderprogramme aufgelegt, um eine zeitnahe Serienreife und industrielle Anwendung von Lithium-Energiespeichersystemen im Kraftfahrzeugbereich zu forcieren. Ziel der Förderprogramme ist die Gewährleistung einer Inbetriebnahme von 1 Mio. Elektro-Fahrzeugen und die Bereitstellung benötigter Infrastrukturen in Deutschland bis 2020. In Zusammenhang mit aktuellen Förderprogrammen im In- und Ausland prognostizieren Marktanalysen für den Weltmarkt für Hybridfahrzeuge bis 2020 ein Wachstum von etwa 20 Prozent. Dies würde bedeuten, dass sich die jährliche Herstellung und Neueinführung von Fahrzeugen mit Hybridantrieb bis 2020 jährlich auf rund 8 Mio. Exemplare erhöhen wird (vgl. Angerer 2009). Im Jahr 2008 waren dies noch 1,3 Mio. Exemplare gegenüber rund 60 Mio. mit konventionell betriebenen Antriebssystemen mit Verbrennungsmotor. Bis 2030 sollen dann nach Schätzungen von Markt- und Technologieanalysten Brennstoffzellen betriebene Fahrzeuge in Großserie gehen und langfristig die Hybridtechnologie ablösen.

Derzeit beträgt die weltweite Produktion von reinem Lithium um rund 28.000t (2008: 27.400t). Für die Extraktion von Lithium(-verbindungen) dienen in erster Linie Lithium-haltige Minerale wie Spodumen aus Pegmatitgesteinen sowie Lithium-haltige Sole aus (semi-)rezenten Salzseen und Salzpflanzen.

Nach Evans (2008) wird der aktuelle Bedarf nach Lithiumverbindungen auf rund 90.000t Lithiumcarbonat-Äquivalenten geschätzt. Dieser Bedarf verteilt sich auf Anwendungen im Bereich der Batterieindustrie mit einem Anteil von 25 Prozent, in der Glas- und Keramikindustrie (18 Prozent), Schmierstoffherstellung (12 Prozent), Pharmazeutik- und Polymerproduktion (7 Prozent), Klimaanlageindustrie (6 Prozent), primären Aluminiumproduktion (4 Prozent), Gussmetallproduktion (3 Prozent), chemischen Industrie (3 Prozent) sowie auf den Bereich sonstiger Anwendungen (22 Prozent) (USGS 2009).

Trotz der vielfältigen und zum Teil konkurrierenden Anwendungen ist der Rohstoff Lithium vor allem durch den ansteigenden Bedarf für die Herstellung von Batterie- und Akkumulatorensystemen in den Fokus geraten. Bei der aktuellen Nachfrage können die globalen Reserven für das Alkalimetall Lithium zwar noch als ausreichend bezeichnet werden, allerdings wird bei einer schnellen Durchsetzung von Hybridantrieben für Kraftfahrzeuge die Lithiumnachfrage den Weltmarkt für Lithium nachhaltig verändern. Denn die Herstellung von Lithiumcarbonat aus Lithium-haltigen Solen ist

Abbildung 5-1
Globale Verteilung der Lithiumlagerstätten und -produktion



Erz- und Solelagerstätten

- Erzlagerstätten (Pegmatit/Spodumen)
- Solelagerstätten (Salare)

◆ ◆ sehr hohe Lithiumanteile
◆ ◆ hohe Lithiumanteile
◆ ◆ geringe Lithiumanteile

Lithium-Reserven

Länder mit bedeutenden Lithiumreserven (Pegmatit, Spodumen – rot/ Sole – gelb)

500t (derzeit wirtschaftlich abbauwürdige) Reserven
 1.000t Reservenbasis (= derzeit wirtschaftlich abbauwürdige Reserven und zukünftig wirtschaftlich und technisch mögliche abbauwürdige Reserven)
 Land

Jahresproduktion von Lithium (Raffination in 2008)

1. Chile:	12.000t
2. Australien:	6.900t
3. China:	3.500t
4. Argentinien:	3.200t
5. Kanada:	710t
6. Portugal:	570t
7. Simbabwe:	300t
8. Brasilien:	180t
9. Bolivien:	k. A.
10. USA:	k. A.

Quelle: WZU Augsburg (2009)

mit einem wesentlich geringeren technischen und wirtschaftlichen Aufwand hinsichtlich des Energie-, Chemikalien- und Kapitaleinsatzes zu bewerkstelligen, als bei der Gewinnung aus Lithiumerzen. Dementsprechend besitzen bereits heute die Länder mit Soleresourcen den größten Weltmarktanteil für Lithium mit 55,5 Prozent (insb. Chile und Argentinien). Ausnahmen bilden lediglich Australien mit den weltweit größten Lithium-haltigen Pegmatitvorkommen in der Region um Greenbushes sowie China mit anteiligen Vorkommen an Spodumen und Solevorkommen im Quaidambecke. Die USA besitzen mit einer Reservenbasis von insgesamt 410.000t ebenfalls beachtliche Solevorkommen und Spodumenlagerstätten. Aufgrund wirtschaftlicher Gründe werden die vornehmlich in North Carolina auftretenden mineralischen Lithiumerzvorkommen derzeit allerdings nicht mehr abgebaut.

Bei einem weiter anwachsenden Weltmarkt für Lithium-Ionen-Akkumulatoren werden somit vor allem die Solereserven aufgrund der vergleichsweise wirtschaftlich günstigen Abbaubedingungen von vorderrangigem Interesse sein, so dass die Zukunft der auf Lithium basierenden Batteriesysteme sowie der mittlerweile getätigten Investitionen in den Aufbau entsprechender Herstellungs-, Versorgungs- und Betriebsinfrastrukturen vom Zugang zu den weltweit größten Sole- und Lithiumvorkommen im Dreiländereck Chile, Argentinien und Bolivien abhängen wird. Dort befinden sich in einer Region mit einem Durchmesser von einigen hundert Kilometern verteilt auf die Solevorkommen des Salar de Atacama, Salar de Uyuni, Salar de Rincon, Salar Olaroz und Salar de Hombre Muerte etwa 80 Prozent der Lithium-Weltreserven (siehe Abbildung 5-1).

Allein Bolivien besitzt mit einer Lithiumreservenbasis von 5,4 Mio. t im Bereich des Salar de Uyuni mit 42 Prozent den größten Anteil an der Weltreservenbasis. Es wird davon ausgegangen, dass diese Reservenbasis fast vollständig als wirtschaftlich abbauwürdige Reserve zu deklarieren ist. Obwohl Bolivien den Weltmarkt derzeit nur mit geringen Fördermengen beliefert, könnte das Land bei einem Ausbau der Förderkapazitäten zukünftig eine herausragende Stellung erlangen. Durch die extrem hohe lokale Konzentration der Weltlithiumvorkommen ist bei einer zukünftig auf Lithium ausgerichteten Batterietechnologie mit hohen Risiken (technischer Ausfall der Förderkapazitäten, unerwartete Preisschwankungen, Einflüsse auf den Zugang und die Verfügbarkeit durch regionale soziale, politische und ökologische Einflüsse) in den einzelnen Abbaugebieten zu rechnen.

Insbesondere die bolivianische Regierung unter dem Präsidenten Evo Morales, dessen sozialistische Partei eine mehrheitliche Unterstützung unter der indigenen Bevölkerung besitzt, will eine Ausbeutung inländischer Ressourcen durch ausländische Unternehmen entgegen wirken bzw. verhindern. Da Bolivien gemessen am Pro-Kopf-Bruttoinlandsprodukt eine der ärmsten Volkswirtschaft Südamerikas ist, für den Abbau der Lithium-haltigen Solen jedoch aus-

ländisches Kapital und technisches Know-how benötigt wird, müssen zukünftig geeignete Kooperationsmöglichkeiten auf wirtschaftlicher und politischer Ebene gefunden werden. Nur so kann eine zukünftig steigende Nachfrage nach Lithium langfristig befriedigt werden. Ein mittel- und langfristiges Ausweichen auf chinesische und australische Lithiumvorkommen ist aufgrund der vergleichsweise geringen Reserven und der kurzfristig zu tätigenden Investitionen zur Steigerung der Förderkapazitäten als unwahrscheinlich zu erachten.

Zudem zeichnet sich Chinas globale Ressourcenpolitik dadurch aus, dass der Abbau und Handel mit eigenen Ressourcen gegenüber Rohstoff importierenden Länder bewusst strategisch ausgerichtet werden, um die Versorgung des eigenen Landes langfristig sicher zu stellen. Dies führt zu der Schwierigkeit, dass sich der chinesische Lithiumanteil am Weltmarkt trotz eines zunehmenden Lithiumbedarfs langfristig nicht abschätzen lässt. Risiken, wie die Einführung von Abbauobergrenzen oder Zöllen, wie bei den Seltenerdoxid, (siehe Kapitel 4.2) führen auch hier zu Unsicherheiten in der Versorgung entsprechender Industriezweige.

Ausblick

Vor dem Hintergrund der stark einseitig konzentrierten Allokation zukünftig bedeutender Lithiumvorkommen auf Südamerika ist davon auszugehen, dass Lithium-haltige Erze und Solen aus China und Australien lediglich eine Ergänzung der Versorgung durch Bolivien, Chile und Argentinien darstellen werden. Angesichts des damit verbundenen unsicheren Zugangs sind zukünftig Strategien zur Wiederaufbereitung und des Recyclings von Lithium-Ionen-Akkumulatoren aus strategischer Sicht anzuraten. Derzeit können weltweit lediglich etwa 300 Mio. Lithium-Zellen aufgearbeitet werden und die darin enthaltenen Materialien als Sekundärrohstoffe zurück gewonnen werden (vgl. Angerer 2009). Zwar sind heutige Recyclingkapazitäten für Lithium-Ionen-Akkumulatoren noch weitgehend unbedeutend, aufgrund zukünftiger Steigerungsraten des Lithium-Batteriemarktes indes von wirtschaftlicher Relevanz.

Neben der Ausrichtung des Energiespeichermarktes auf Lithium basierende Systeme müssen auch alternative Energiespeichertechnologien verstärkt in den Fokus der Entwicklung und Anwendung geraten. Insbesondere Batterietechnologien auf der Basis von ZnAir (Zink-Luft) und NaNiCl (Natrium-Nickel Chlorid) weisen schon heute viel versprechende Potenziale für vergleichsweise sehr gute Energiedichten auf und besitzen aufgrund einer weit gestreuten Verteilung der Lagerstätten und der quantitativ höheren Reichweiten der dafür benötigten Rohstoffe eine höhere Sicherheit hinsichtlich der Ressourcenverfügbarkeit (vgl. Tahil 2007). Für eine zukünftige Industrialisierung elektrotriebener Kraftfahrzeuge müssen derartige alternative Batterietechnologien ebenfalls prioritär in Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten einbezogen werden.

05.2 Fallstudie 2 – Seltenerdmetalle und Beleuchtungssysteme

Zu den Seltenerdmetallen (SE) gehören neben den chemischen Elementen der dritten Hauptgruppe des Periodensystems Scandium (21), Yttrium (39) und Lanthan (57) die 14 auf Lanthan folgenden Elemente, die so genannten Lanthanoide (Cer (Ce), Praseodym (Pr), Neodym (Nd), Promethium (Pm), Samarium (Sm), Europium (Eu), Gadolinium (Gd), Terbium (Tb), Dysprosium (Dy), Holmium (Ho), Erbium (Er), Thulium (Tm), Ytterbium (Yb) und Lutetium (Lu)). Die Lanthanoide besitzen zwar unterschiedliche physikalische Eigenschaften, aufgrund der Gemeinsamkeit einer vollständigen Besetzung der äußersten Elektronenschale verfügen die Lanthanoide jedoch über sehr ähnliche chemische Eigenschaften. Dies prädestiniert sie für den Einsatz bei einer Vielzahl von technischen Anwendungen.

Von den 17 Elementen besitzen vorwiegend Lanthan, Cer, Praseodym, Neodym, Samarium, Europium und Gadolinium eine industriell-wirtschaftliche Bedeutung. SE werden zumeist als Leuchtstoffe, Magnete, in der Metallurgie, als Additive in der Keramik- und Glasherstellung, in der Katalysatorindustrie und sonstigen Anwendungen, u. a. als Futtermittelzusatz in der Viehwirtschaft zur Leistungssteigerung, Verbesserung der Futtermittelverwertung und damit einer beschleunigten Gewichtszunahme der Nutztiere, eingesetzt (vgl. Gupta & Krishnamurthy 2005). Da zur weltweiten Verwendung von SE keine gesicherten Daten zur Verfügung stehen, sollen exemplarisch die SE-Bereiche in den USA für einen ersten Überblick herangezogen werden: Glaspolierung und Keramik (37 Prozent), Katalysatoren für die Automobilindustrie (30 Prozent), Leuchtstoffe (14 Prozent), Katalysatoren für die Erdölraffination (11 Prozent), medizinische Anwendungen und Laser (5 Prozent), Permanentmagnete (2 Prozent), sonstige Anwendungen (1 Prozent).

Trotz der vielfältigen Anwendungsbereiche und der wirtschaftlich-technischen Bedeutung wurde den SE und deren Verfügbarkeit bislang nur eine geringe Aufmerksamkeit entgegen gebracht (vgl. Säuberlich 2008). Erst mit dem

sich andeutenden zunehmenden Bedarf für mobile Elektronikgeräte, neue zukunftsweisende Elektroantriebstechnologien bei Hybridkraftfahrzeugen sowie des zunehmenden Bedarfs an SE für die Entwicklung und industrielle Anwendung neuer, energieeffizienter Beleuchtungssysteme wurde den SE ein strategischer Status verliehen. Denn mittlerweile kommen SE in vielen alltäglichen Elektronikgeräten vor und übernehmen dort wichtige funktionelle Aufgaben in Form von Magneten, Glasadditiven oder Leuchtstoffen in Flachbildschirmen.

Darüber hinaus kommen viele SE in der neuen Generation von elektrobetriebenen Fahrzeugen zum Einsatz. So enthält beispielsweise ein typisches Hybridfahrzeug zwischen zehn und zwölf Kilogramm an Seltenerdmetallen (Heinritzi 2008). Die Anwendungen reichen von der Batterie über starke Permanentmagnete in den Elektromotoren bis hin zur UV-Strahlenundurchlässigkeit der Scheiben (siehe Abbildung 5-2). Neben dem bereits genannten Lithium kommen in Hybridfahrzeugen somit eine Reihe von Seltenerdmetallen zum Einsatz, deren stetige Verfügbarkeit für die industrielle Anwendung neuer Technologiebündel von essentieller Bedeutung ist.

Abbildung 5-2
SE-Einsatz in Fahrzeugen mit Hybridantrieb

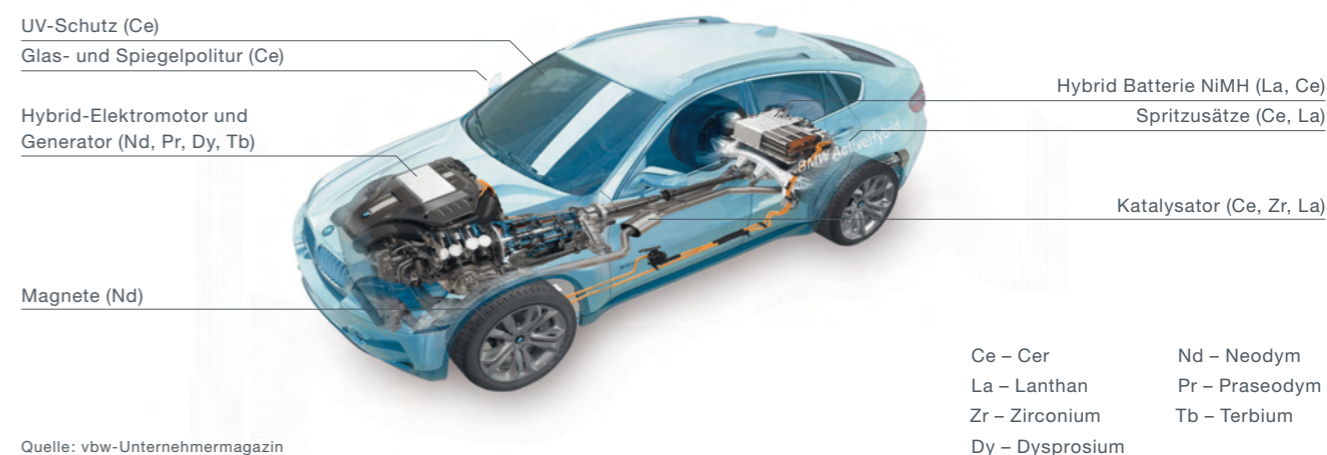









Abbildung 5-3
Beleuchtungstechnologien und Einsparpotenziale

bei einer Systemumstellung für gebräuchliche Anwendungen bei einem angenommenen Energie-Mix von 0,5 kg CO₂/kWh

Anwendung in der Allgemeinbeleuchtung	Energiesparen durch innovative Lampen	circa Einsparung / Lampe / Jahr
Straßenbeleuchtung	Quecksilberdampf- lampe  Natriumdampf- Hochdrucklampe	220 kWh / 110 kg CO ₂
Büro- und Industriebeleuchtung	LLp mit Halophosphat- leuchtstoff  LLp mit 3-Bandleucht- stoff EVG + Steuerung	180 kWh / 90 kg CO ₂
Beleuchtung von Geschäften	2 x Standard Halogen  Halogen-Metallampf mit Keramikbrenner	350 kWh / 175 kg CO ₂
Gast-Gewerbe Akzentbeleuchtung	KLR-Reflektor-Lampe  KLR-Energy-Saver IRC-Technologie	60 kWh / 30 kg CO ₂
Beleuchtungen im privaten Bereich	 Kompakt-Leuchtstoff- lampe	50 kWh / 25 kg CO ₂
	 Halogen Energy-Saver (ES)	18 kWh / 9 kg CO ₂
Licht-Design	KLR-Reflektor-Lampe  COINight OSTAR	45 kWh / 22 kg CO ₂

Quelle: Wacker (2007)

Aufgrund ihrer besonderen Stabilität gegenüber thermodynamischen Reaktionen kommen Lanthanoide mittlerweile auch bevorzugt in der Beleuchtungsindustrie als Lumineszenzfarbstoffe zum Einsatz. Insbesondere SE-haltige Beleuchtungssysteme zeichnen sich gegenüber herkömmlichen Technologien durch eine hohe Energieeffizienz und -sparsamkeit aus, die im Rahmen der Diskussion um Klimaschutzmassnahmen, möglicher Energieeinsparpotenziale und der Reduzierung von negativen Umweltauswirkungen zunehmend an Bedeutung gewinnen werden.

Abbildung 5-3 zeigt die gängigsten Anwendungsbereiche in der Allgemeinbeleuchtung und die mit einer Technologieumstellung zu erwartenden Energieeinsparpotenziale. Diese haben Einfluss auf die Straßen-, Büro- und Industrie- sowie auf private und gewerbliche Beleuchtung. Alte und vergleichsweise ineffiziente Technologien wie z. B. Quecksilberhochdrucklampen, Halophosphatlampen, Quecksilberdampf lampen und Glühlampen werden in den kommenden Jahren zunehmend durch neuere effizientere Lichtsysteme ersetzt. In Zukunft wird die Beleuchtungsindustrie verstärkt auf Natriumdampfhochdrucklampen, Halogenmetallampfen, Dreibandleuchtstoffe, Kompaktleuchtstofflampen und LED's (Light Emitting Diode) setzen (vgl. Säuberlich 2008).

Besonderes Augenmerk wird auf Leuchtstofflampen, Kompaktleuchtstofflampen und LED's gelegt. Alle drei Lampensysteme weisen eine besonders hohe Effizienz, Lichtausbeute und Lebensdauer auf. Aufgrund der hohen Lichtausbeute sparen Leuchtstofflampen gegenüber herkömmlichen Glühlampen bis zu 80 Prozent Energie und damit Stromkosten. Ihre Lebensdauer ist mehr als zehnfach so lang wie die einer entsprechenden Glühlampe. Im Sinne der Nachhaltigkeit wird diesen Lampen in Zukunft besondere Bedeutung beigemessen.

Vor diesem Hintergrund wird eine großflächige Umstellung der Beleuchtungstechnologien auf energieeffizientere und -sparsamere Technologien den Bedarf an entsprechenden SE erhöhen. Diese Neuorientierung der Beleuchtungsindustrie hat jedoch nicht nur zur Folge, dass vermehrt auf die SE-Leuchtstoffe zurückgegriffen werden muss, sondern für die Herstellung von LED-Komponenten ebenfalls auf strategisch zu bewertende Metalle wie Indium und Gallium.

Seltene Erden werden vorwiegend in Form von Seltene Erden Oxide (SEO) und Seltenerdmetalle (SEM) als Einzelmetall oder Mischmetall produziert, gehandelt und verwendet. Für die Bereitstellung der SEO und SEM sind aufwendige Verarbeitungsschritte notwendig, da die Ähnlichkeit der chemischen Eigenschaften der SE ihre Trennung sehr schwierig und kostspielig macht.

Ausgangsbasis für die Gewinnung von Seltenerdmetallen sind in erster Linie Silikate, Carbonate oder Phosphate, deren Varietäten je nach Zusammensetzung verschiedene Anteile und Konzentrationen an SE aufweisen. Aufgrund der großen Ähnlichkeit der physikalischen und chemischen Eigenschaften kommen SE meist vergesellschaftet in Form von Oxiden vor. Von den über 200 bekannten SE-haltigen Mineralen, deren Anteil an Seltenerdoxiden (SEO) teilweise beträchtlichen Schwankungen unterliegt, eignen sich nur wenige für einen kommerziellen Abbau.

Abbildung 5-4 zeigt die bedeutendsten Lagerstätten und Fördergebiete von Seltene Erden Oxiden. In China sind rund 59,3 Prozent der weltweiten SE-Ressourcen lokalisiert, die sich vornehmlich im Westen des Landes befinden. Zudem verfügt China über sämtliche Typen von wirtschaftlich bedeutenden SE-Mineralen. Die weltweit größten Ressourcenlager mit 48. Mio. t SE-Oxiden befinden sich in der chinesischen Provinz Innere Mongolei im Nordwesten des Landes in Bayan Obo. Die dortige Ablagerung besteht aus zwei großen Erzkörpern mit zusammen 600 Mio. t Erzgestein mit einem durchschnittlichen SE-Gehalt von 4 Prozent. Die chinesische Regierung hat trotz der umfangreichen Vorkommen der Region eine Obergrenze für die Produktion von derzeit 48.000 t festgelegt.

Die geförderten Erze werden größtenteils im eigenen Land und in geringen Anteilen in Malaysia raffiniert. China benötigt dabei rund die Hälfte der Eigenproduktion für eigene Industriezweige. Mit einer Produktionsmenge von rund 120.000 t pro Jahr dominiert China aktuellen Statistiken zufolge mit 96,8 Prozent vor Indien (2.700 t), Brasilien (650 t) und den restlichen Förderländern den Weltmarkt. Insbesondere über den Umfang der Förder- und Raffinationstätigkeiten in den USA, Australien, Indien und den GUS-Staaten gestaltet sich die Datenlage sehr intransparent. Schätzungen der Autoren zufolge lässt sich der von diesen Ländern geleistete Beitrag für den SE-Oxid-Weltmarkt als eher vernachlässigbar einordnen. Unter Einbezug dieser

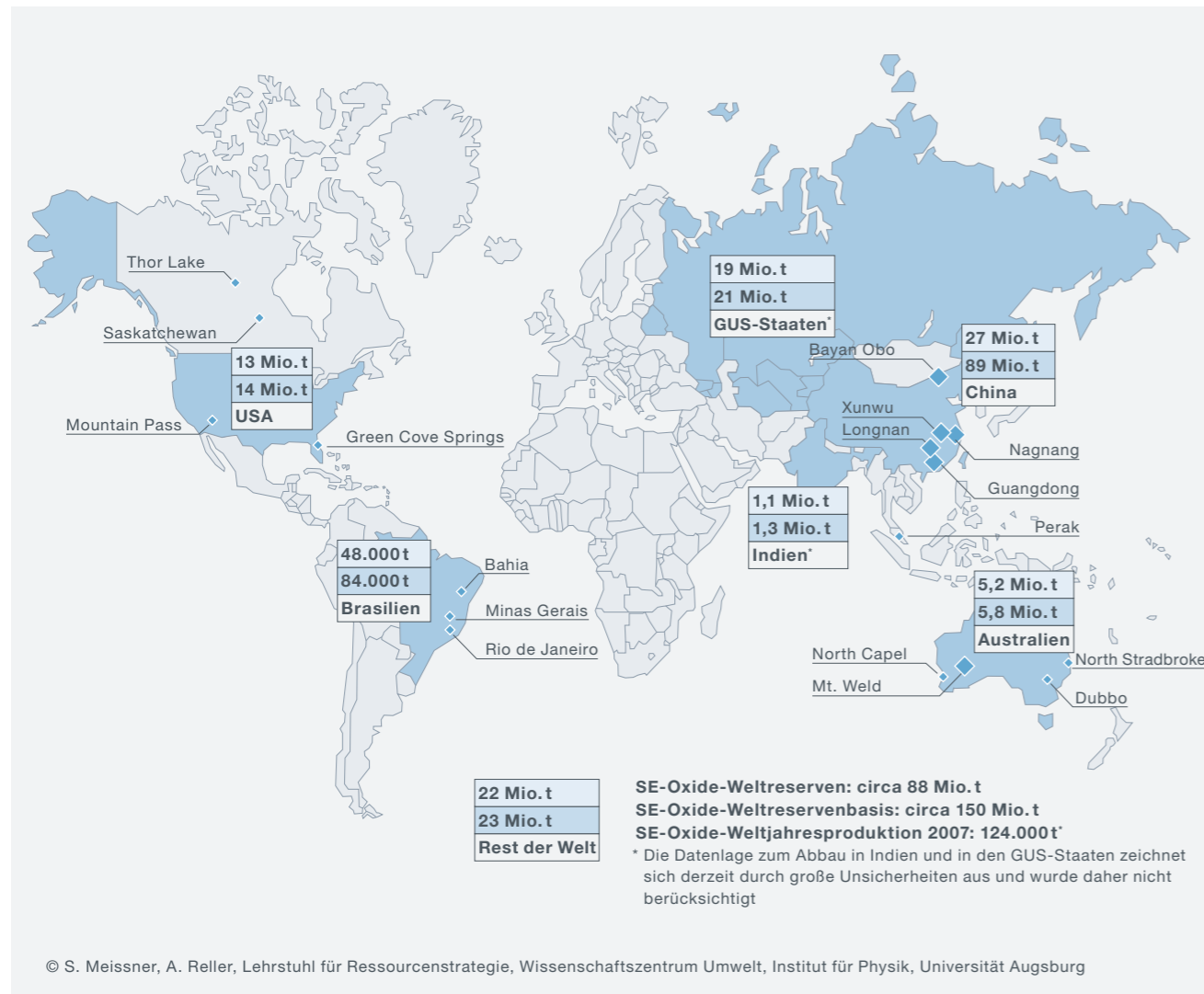
Schätzungen lässt sich der Weltmarktanteil Chinas in der Produktion auf etwa 97 Prozent schätzen.

Ausblick

Die Verfügbarkeit von SE und deren Zugang ist aufgrund der derzeitigen Förderstruktur zu 97 Prozent von der chinesischen Ressourcenpolitik abhängig. Um einer mittel- und langfristigen Abhängigkeit des Weltmarktes und damit betroffener Technologiebranchen von der chinesischen Ressourcenpolitik hinsichtlich der SE-Produktion entgegen zu wirken, wird zukünftig ein Ausbau der Förderkapazitäten der nach China ebenfalls als Ressourcenreich an SE-Mineralen einzustufenden Länder wie den GUS-Staaten, USA und Australien von essentieller Bedeutung sein. Ein alternativer Ersatz für Seltenerdmetalle in Form von Substituten ist aufgrund der Funktionsvielfalt der SE in elektronischen Geräten und Zukunftstechnologien sowie ohne große Leistungseinbußen der betroffenen Technologien zurzeit nicht absehbar. Vor diesem Hintergrund sind zudem Maßnahmen einer verstärkten Stoffkreislaufwirtschaft mit der Gewinnung von SE-Sekundärrohstoffen von größter Bedeutung.

So werden beispielsweise im Bereich der Beleuchtung heutzutage bereits circa 70 Prozent des künstlichen Lichts mittels Leuchtstofflampen erzeugt. Eine vermehrte Einbindung entsprechender Beleuchtungssysteme in einen Recyclingprozess ist zwar aufgrund der Formen- und Artenvielfalt der verwendeten Leuchtstofflampen und der Menge an eingesetzten Materialien, insbesondere der Gehalt an gesundheits- und umweltschädlichen Substanzen wie z. B. Quecksilber, sehr aufwendig und kostspielig, die Alt-Leuchtstoffe stellen jedoch ein erhebliches Sekundärrohstoffpotential für SE dar, welches genutzt werden sollte. So besitzen herkömmliche stabförmige Leuchtstofflampen auf der Innenseite des Leuchtkörperrohres je nach Größe eine dreilagige und zwei bis vier Gramm schwere Leuchtstoffschicht mit einem geringen Anteil aus SE-Verbindungen. So gelangten 2006 in Deutschland rund 110 Mio. Leuchtstofflampen auf den Markt, wovon allerdings nur 25,2 Prozent in den Recyclingprozess zurückgeführt wurden. Mit dieser Rücklaufmenge konnten etwa 130 t an Leuchtstoffen gewonnen werden. Da sich der SE-Gehalt in den Leuchtstoffabfällen durchschnittlich auf circa 10 Prozent beläuft, sind bei der Anwendung moderner Extraktionsverfahren mit einem Reinheitsgrad von 95 Prozent fast 13 t an SE-Konzentrationen in Form von Oxiden denkbar (Säuberlich 2008). Bei einer Steigerung der Rücklaufquote leuchtstoffhaltiger Produkte wäre somit auch eine Steigerung in der Rückgewinnung wertvoller SE möglich. Allerdings ist dabei zu berücksichtigen, dass für eine Rückgewinnung verschiedene chemische Verfahren unter Verwendung von verschiedenen Säuren und Laugen sowie trockener Aufschlussverfahren zum Einsatz kommen, die aus ökologischer Sicht als nicht unbedenklich einzustufen sind.

Abbildung 5-4
Globale Verteilung von SE-Oxiden und Produktion nach Ländern



Erzlagertstätten / Abbaugebiete*	
◆	Erzlagertstätten mit sehr hohen Fördermengen an SE-Oxiden
◆	Erzlagertstätten mit hohen Fördermengen an SE-Oxiden
◆	Erzlagertstätten mit geringen Fördermengen an SE-Oxiden

Reserven an SE-Oxiden	
■	Länder mit bedeutenden Reserven
500 t	(derzeit wirtschaftlich abbauwürdige) Reserven
1.000 t	
Land	Reservenbasis (= derzeit wirtschaftlich abbauwürdige Reserven und zukünftig wirtschaftlich und technisch mögliche abbauwürdige Reserven)

Jahresproduktion von SE-Oxiden (in 2008)	
1. Chile:	120.000 t
2. Indien:	2.700 t
3. Brasilien:	650 t
4. Malaysia:	350 t
5. USA:	k. A
6. Australien:	k. A
7. GUS-Staaten:	k. A
8. Kanada:	k. A
9. Sonstige Länder:	k. A.

Quelle: WZU Augsburg (2009)

Die Lösungspyramide

06

Ein Ziel des Gutachtens ist es, Themenfelder und Akteure zu identifizieren, die zur Reduktion von Rohstoffrisiken beitragen können. Hierfür wurde eine Lösungspyramide entwickelt, die drei Ebenen hat: Die Unternehmensebene, eine Interaktionsebene und eine staatliche Ebene. Man könnte ebenfalls von einer Mikro-, einer Meso- und einer Makroperspektive sprechen (siehe Abbildung 6-1).

Bevor aber die Möglichkeit besteht, auf die konkrete Handlungsebene zu gelangen, müssen zunächst die notwendigen Informationen in den Unternehmen gesammelt und systematisch analysiert werden. Um den Unternehmen hierfür eine Hilfestellung zu leisten, hat die IW Consult im Auftrag der Vereinigung der bayerischen Wirtschaft ein Online-Tool entwickelt, auf dessen Grundlage die Unternehmen einschätzen können, wie genau sie über ihre Rohstoffsituation Bescheid wissen und welche Maßnahmen von ihnen eingeleitet werden sollten, um in Zukunft ihre Rohstoffversorgung zu sichern.³

Haben die Unternehmen dann genaue Kenntnis über ihre Rohstoffsituation, hilft die oben gezeigte Pyramide, die Themenfelder zu strukturieren. So lassen sich einfacher die jeweils betroffenen Akteure benennen und konkrete Handlungsvorschläge für die jeweiligen Themen und Entscheidungsträger formulieren.

Die Unternehmensebene

Zu allererst können die Unternehmen dazu beitragen, die kommenden Versorgungsprobleme bei den Rohstoffen zu lindern. Es bietet sich eine Vielzahl von Möglichkeiten an. Der entscheidende erste Schritt ist allerdings, die Aufmerksamkeit für dieses Thema herzustellen. Solange die Tragweite der Rohstoffversorgung nicht in den Köpfen der Akteure angekommen ist, wird auch niemand nennenswerte Ressourcen für deren Lösung bereitstellen.

Entscheidend für einzelne Unternehmen ist zunächst einmal, die jeweiligen Risiken der eigenen Rohstoffversorgung zu analysieren, um daraufhin entsprechende Maßnahmen planen zu können. Zu diesem Zweck ist es zunächst notwendig, die Wertschöpfungsketten zu identifizieren, die kritische Rohstoffe beinhalten. Szenarien für den Ausfall einzelner Stoffe könnten den Handlungsbedarf signalisieren.

Ein wichtiger Lösungsansatz ist die Stärkung von **Forschung und Entwicklung** auf Unternehmensebene. Unternehmen sollten ihre Aufwendungen bezüglich der Rohstoffforschung überprüfen und gegebenenfalls anpassen. Um Prioritäten zu klären, könnten zwei Schritte helfen. Zunächst sollten die Unternehmen gefährdete Wertschöpfungsketten ausmachen, ohne die ein Teil ihrer Produktion wegfiel. Dann könnten sie das akute Risiko der in der

Kette benötigten Rohstoffe mit Hilfe des Rohstoffrisikoindexes feststellen. So ließe sich eine Prioritätenliste erstellen, für welchen Rohstoff dringend Maßnahmen getroffen werden müssen und welche Rohstoffe auch mittelfristig noch relativ unproblematisch zu beziehen sind.

Eine weitere Möglichkeit, die Forschung mit einschließen kann, ist die **Substitution** von gefährdeten Rohstoffen. Auch hier können sich Unternehmen umfassend bei Forschungsinstituten oder Kongressen informieren, inwieweit Substitutionsmaterialien für ihre Rohstoffe vorhanden sind bzw. an welchen Materialien überhaupt geforscht wird. Dabei wäre es beispielsweise für Großunternehmen denkbar, Aufträge an Forschungsinstitute zu vergeben, die sich dann konkret mit Substitutionsmöglichkeiten eines bestimmten Rohstoffs beschäftigen. So ließe sich ein fruchtbarer Austausch zwischen Praxis und Wissenschaft etablieren. Gleiches gilt für die **effiziente Verwendung** der Rohstoffe.

Eine weitere Maßnahme zur Rohstoffsicherung stellt die **Vertikalintegration** dar. Das Unternehmen kauft (oder beteiligt sich maßgeblich) an Zulieferern, die direkten Zugang zu einer Abbaquelle haben. So ist die eigene Rohstoffversorgung gesichert. Als Einzelunternehmen kommt dieses Unternehmen natürlich nur dann in Frage, wenn es hinreichend

3: siehe www.rohstoff-check-bayern.de

groß ist und relativ große Mengen von dem jeweiligen Rohstoff verbraucht.

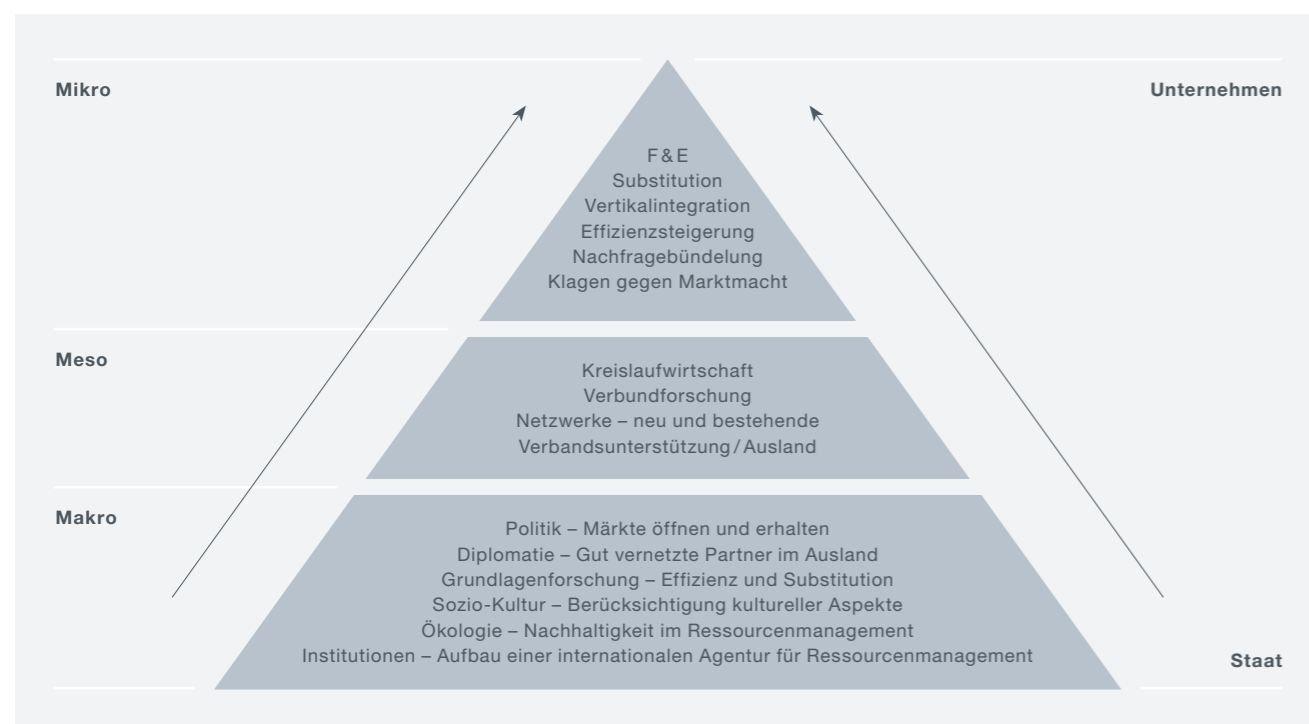
Wenn eine Rohstoffsicherung durch eine Vertikalintegration zu kostspielig ist, könnten zunächst durch eine **Nachfragebündelung** Kosteneinsparungen durchgesetzt werden. So ließe sich der Quasi-Monopolmacht einzelner marktbeherrschender Rohstoffanbieter durch eine Quasi-Monopsonmacht (nur ein Nachfrager) von vielen Unternehmen, die als ein Einkäufer auftreten, wirkungsvoll entgegenzutreten. Dies hätte günstigere Einkaufspreise und eine stärkere Verhandlungsposition zur Folge.

Die schwierigste, kostenträchtigste und langatmigste Methode ist eine **Klage** gegen die Ausnutzung der Marktmacht (durch Konzerne mit einem Quasi-Monopol). Länderübergreifende Rechtsstreitigkeiten mit den Notwendigkeiten von stichhaltigen Indizien zur Überführung einer solchen Ausnutzung der Marktstellung sind aber selten mit Erfolg gekrönt. Gleichwohl gibt es immer wieder Präzedenzfälle, in denen Unternehmen zur Zahlung hoher Geldstrafen verurteilt werden.

Die interaktive Ebene

Unternehmen sollten auch im **Verbund** mit anderen Unternehmen und Forschungseinrichtungen über Effizienzsteigerungen oder Substitutionsstoffe **forschen**. Diese Zusammenschlüsse wären aus Kostensicht sinnvoll. Es könnten sich sogar kleinere Unternehmen, für die Einzelforschung nicht lohnt, zusammenschließen und für ein gemeinsames Ziel forschen. Für diesen Zweck könnten bestehende Netzwerke stärker genutzt werden bzw. neue **Netzwerke** – auch mit Verbandsunterstützung – gegründet werden. Solche wissensorientierten Netzwerke wirken sich oftmals positiv auf den Geschäftserfolg aus. Bei früheren Unternehmensbefragungen konnte die IW Consult zeigen, dass Unternehmen, die in Wissensnetzwerke eingebunden sind, eine bessere Performance aufweisen konnten als andere. Bestenfalls könnten so also mehrere Fliegen mit einer Klatsche geschlagen werden: Die Kosten für die Erforschung von Effizienzpotenzialen und Substitutionsstoffen wären geringer, durch den Austausch könnten schneller Ergebnisse erzielt werden und die Erfolgsperspektive des Unternehmens wäre grundsätzlich verbessert.

Abbildung 6-1
Lösungspyramide
Die drei Lösungsebenen



Quelle: IW Consult (2011)

Innerhalb von Netzwerken könnten auch Einkaufsgemeinschaften gebildet werden, um einen strategischen Vorrat kritischer Metalle aufzubauen. In China, Japan und Korea werden schon jetzt Vorratslager geschaffen. So ließen sich Preisschwankungen und weitere Preissteigerungen abfedern, während intensiv an der Forschung zu Sekundärrohstoffen weiter gearbeitet werden kann.

Ein gemeinsames Vorgehen von Unternehmen und der Regierung ist auch bei dem Umgang mit **Recycling** sinnvoll. Durch einen Zusammenschluss ließe sich ein wirksames Konzept auf die Beine stellen, mit Hilfe dessen höhere Recyclingquoten erreicht werden könnten. Der Rat für nachhaltige Entwicklung hat aktuell eine Vision entworfen, mit Hilfe derer mittelfristig ein fast vollständiges Recycling möglich sein könnte.⁴

Hier sind zwei Wege zu gehen: Zum einen muss den Konsumenten die Notwendigkeit des Recyclens näher gebracht werden und zum anderen den Unternehmen. Dies könnte bspw. mit einer Marketingkampagne zu Informationen über die Notwendigkeit des Recyclens von bestimmten Produkten beginnen. Zum anderen sollte eine Recyclingpflicht eingeführt werden. Produkte würden so von vorneherein anders konzipiert. Zudem sollte es stärkere Anreize geben, neue, wiederverwertbare Materialien und Recyclingtechnologien zu entwickeln.

Die staatliche Ebene

Wie schon die Umfrage gezeigt hat, sehen Unternehmen es als die wichtigste Aufgabe des Staates an, die **Märkte offen zu halten** und **gute Beziehungen zu den Quellenländern** zu unterhalten.

Ersteres ist wichtig, weil viele Rohstoffvorkommen in Ländern liegen, die als eher instabil oder zu protektionistischen Maßnahmen tendieren – hierunter fallen viele Länder in Afrika, hinsichtlich der Gefahr des Protektionismus aber auch China. Wenn diese Länder Ausfuhrzölle erheben oder andere Handelsschranken errichten, kann dies zu einer sofortigen Preisexplosion der betroffenen Rohstoffe führen, was schlimmstenfalls der Ausfall von ganzen Wertschöpfungsketten bedeuten würde.

Auch hierfür ist es essentiell, gute diplomatische Beziehungen vor Ort zu unterhalten. Oftmals sind persönliche Kontakte zu Entscheidungsträgern vor Ort notwendig, um die Umsetzungschance von Anliegen ausländischer Unternehmen zu erhöhen. Generell gilt: Je besser die Kontakte vor Ort sind, desto reibungsloser läuft das Geschäft der Unternehmen.

Vor diesem Hintergrund sollte ein geeigneter institutioneller Rahmen geschaffen werden, indem beispielsweise eine **internationale Agentur für Ressourcenmanagement** gegründet würde. Eine solche Agentur sollte umfassende Daten bereitstellen (insbesondere die Datenlage zu den Spezialmetallen und Seltenerdmetalle ist intransparent und unvollständig).

4: Rat für nachhaltige Entwicklung (2011): Wie Deutschland zum Rohstoffland wird, Empfehlungen des Rates für Nachhaltige Entwicklung an die Bundesregierung, texte Nr. 39, Juni 2011

Neben der Aufklärungskampagne könnte eine günstige Infrastruktur von einem Unternehmensnetzwerk eingerichtet werden, die das Recycling der vorgestellten Produkte für die Bürger erleichtert. Generell wäre ein solches Netzwerk sinnvoll, um Erfolg versprechende Ideen zu diskutieren und eine Plattform für weitere Schritte zu schaffen. Die Realität zeigt, dass es ohne eine konzertierte Aktion sehr schwierig sein kann, die Bürger von nachhaltigen Konzepten zu überzeugen – siehe Dosenpfand und Mehrwegflaschen. Gleichwohl gibt es derzeit ein Umdenken in der Bevölkerung, hin zu mehr Nachhaltigkeit und Umweltbewusstsein – auch befördert durch die Atomkatastrophe in Fukushima. Die Einführung intelligenter und einfacher Recyclingsysteme erschiene vor diesen Hintergründen mit geeigneten flankierenden Maßnahmen im Marketingbereich Erfolg versprechend.

Bleibt die Herausforderung, den Bürgern bewusst zu machen, welche Rohstoffmengen durch besseres Recycling gespart werden könnten. Dass die Gewinnung der Aufmerksamkeit bei einem durchdachten Konzept nicht unwahrscheinlich ist, sieht man an der Mülltrennung, bei der Deutschland federführend ist.

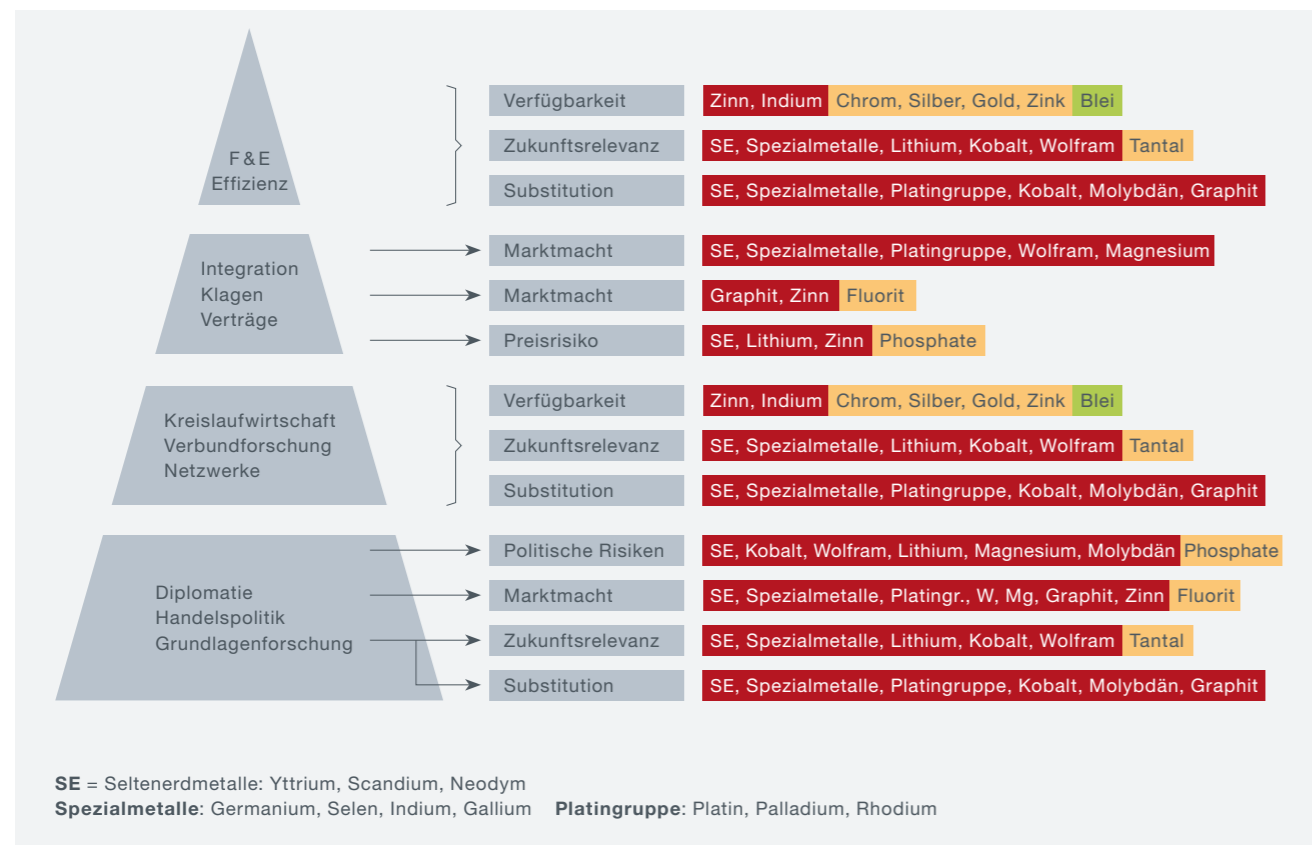
dig) und Projekte zum nachhaltigen Ressourcenmanagement vor allem in Entwicklungsländern entwickeln. Langfristig könnte sich so eine stabilere und kontinuierlichere Preisentwicklung etablieren. Dabei muss eine effiziente und komplementäre Zusammenarbeit mit nationalen Institutionen wie der Deutschen Rohstoffagentur gewährleistet werden.

Wie schon weiter oben erwähnt, kann die Politik neben dieser **geopolitischen Sicht** auch noch in **technologischer Sicht** die Rohstoffsicherung in Deutschland verbessern. Neben den schon bestehenden Forschungsförderungen ließe sich ein präziser Katalog erstellen, mit Hilfe dessen eine Prioritätsliste entwickelt werden könnte. Diese Liste wäre dazu dienlich, die drängenden Probleme zuerst mit Projektgeldern zu fördern. Eine solche zielorientierte Grundlagenforschung wäre zudem hilfreich, um den Unternehmen zu signalisieren, dass die Gefahren erkannt worden sind und größere Anstrengungen unternommen werden,

um sie – wenn nicht zu bannen – dann doch zu lindern. Die Befragung zeigt ja die große Unzufriedenheit der Unternehmen mit den bisherigen politischen Maßnahmen.

Hinzu kommen noch die ökologische und die sozio-kulturelle Sicht, die bestimmte Begrenzungen der Handlungsmöglichkeiten bedeuten können. **Ökologisch** gesehen ist es notwendig, die Rohstoffsicherung mit nachhaltigen Konzepten zu verfolgen. Rohstoffausbeutung geht oftmals mit ökologischen Problemen einher. Hier gilt es einen Weg zu finden, supranationale Standards zu definieren und zu kontrollieren, die eine sinnvolle Rohstoffausbeutung ermöglichen. Ein Beispiel mit ökonomischem Hintergrund – wobei die konkrete Ausgestaltung noch umstritten ist – ist das REDD-Konzept. Hierbei geht es um die Sicherung von Teilen des Regenwaldes durch Unternehmen aus den Industrieländern, die hierfür Emissionszertifikate ausgestellt bekommen. So könnte der Grenzertrag der Reduktion von Kohlenstoffemissionen signifikant gesteigert werden.

Abbildung 6-2
Lösungspyramide II
Instrument – Problem – Rohstoff



Quelle: IW Consult (2011)

Zu guter Letzt müssen natürlich auch die **sozio-kulturellen** Belange der jeweiligen Länder berücksichtigt werden. Nur so können langfristig erfolgreiche vertrauensvolle Lieferbeziehungen aufgebaut werden.

Die unterschiedlichen Ebenen – mikro, meso und makro – müssen bei unterschiedlichen Rohstoffen und unterschiedlichen Risikoarten unterschiedlich stark zum Einsatz kommen (Abbildung 6-2). So kann auf Marktmacht beispielsweise unternehmensseitig durch Integration, unter Umständen aber auch durch juristisches Vorgehen reagiert werden. Auf politischer Ebene ist hier vor allem die Handelspolitik gefragt. Preisrisiken, beispielsweise für Seltenerdmetallen und Spezialmetallen, können hingegen nur auf Unternehmensebene, insbesondere durch Vertragsgestaltung und Preissicherungsgeschäfte, beantwortet werden.

Die aktuelle Rohstoffsituation der Unternehmen in Bayern und Deutschland stellt eine massiv unterschätzte Herausforderung dar. Auf diese kann nur mit einem differenzierten Ansatz von Unternehmen und politischen Institutionen reagiert werden. Jeder Rohstoff hat einen anderen spezifischen Mix von Problemsituationen, so dass hier ein jeweils spezifisches Vorgehen notwendig ist. Der hier vorgestellte Ansatz eines Dreiklangs der potenziellen Akteursgruppen soll einen Rahmen für weitere Arbeiten bieten, mit denen die Rohstoffsicherung auf eine nachhaltige Basis gestellt werden kann.

Literaturverzeichnis

- **Bardt**, Hubertus, 2011, Rohstoffpreise–Entwicklung und Bedeutung für die deutsche Wirtschaft, *IW Trends*, 2/2011
- **Biebeler**, Hendrik/**Mahammadzadeh**, Mahammad/**Selke**, Jan-Welf, 2008, Globaler Wandel aus Sicht der Wirtschaft: Chancen und Risiken, Forschungsbedarf und Innovationshemmnisse, *IW-Analysen*, Nr. 36, Köln
- **British Geological Survey** (BGS), 2008, World Mineral Production 2003–2007, Keyworth, Nottingham, 2008
- **Bublies**, T., 2006, Ressourcengeographie des Metalls Indium–Raumzeitliche Verflechtungen und Stoffströme, *Geographica Augustana*, Band 1, Universität Augsburg, Augsburg
- **Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe**, 2007, Kurzbericht zur Konzentration der Weltbergbaukonzentration, Fortschreibung Februar 2007, Hannover
- **Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe**, 2007 und 2005, Rohstoffwirtschaftliche Steckbriefe für Metall- und Nichtmetallrohstoffe, Hannover
- **Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie** (BMWi), **Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung** (BMVBS), **Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit** (BMU), **Bundesministerium für Bildung und Forschung** (BMBF), **Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz** (BMELV): Auszug aus dem Bericht an den Haushaltsausschuss Konjunkturpaket II, Ziffer 9 Fokus „Elektromobilität“ vom 10.03.2009. http://www.bmvbs.de/Anlage/original_1068856/Massnahmen-Elektromobilitaet-im-Konjunkturpaket-II.pdf (12.06.2009)
- **Commodity Research Bureau** (CRB), 2008, The CRB Commodity Yearbook, Wiley, Chicago
- **Corbett**, S., 2009, Das Ohr zur Welt, In: *GEO*, Ausgabe 06/Juni 2009, S. 80–92, Hamburg
- **Curtis**, N., 2009, Sydney Resources Round-up Presentation, Sydney, 9. Mai 2007, Lynas Media Centre, http://www.lynascorp.com/content/upload/files/Presentations/Resources_Round_Up_May_2007_FINAL.pdf (12.06.2009)
- **Endres**, A.; Querner, I., 2000, Die Ökonomie natürlicher Ressourcen, 2., vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage, Kohlhammer Verlag, Stuttgart
- **Engel-Bader**, M., 2007, Speciality Chemicals, Presentation auf dem Rockwood-Workshop “Focused on Organic Growth and Productivity”, 8. Oktober 2007
- **Evans**, R.K., 2008, An Abundance of Lithium, http://www.worldlithium.com/AN_ABUNDANCE_OF_LITHIUM_-_Part_2.html (09.06.2009)
- **Evans**, R. K., 2009, Lithium Resources, Are They Adequate?
- **Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung**, 2009, Rohstoffe für Zukunftstechnologien, Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart
- **Grafton**, Q.; **Adamowicz**, W.; **Dupont**, D.; **Nelson**, H.; **Hill**, R. J.; **Renzetti**, S., 2004, The Economics of the Environment and Natural Resources, Blackwell Publishing, Cornwall
- **Gobrecht**, Jürgen/**Rumpler**, Erhard, 2006, Werkstofftechnik–Metalle, 2. Auflage, Oldenbourg Wissenschaftsverlag
- **Gupta**, C. K.; Krishnamurthy, N., 2005, Extractive Metallurgy of Rare Earths, CRC Press, Boca Raton
- **Haas**, H.-D.; **Schlesinger**, D. M., 2007, Umweltökonomie und Ressourcenmanagement, Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt
- **Heinritzi**, J., 2008, Seltene Substanzen vor Nachfrageboom, Focus Online, http://www.focus.de/finanzen/boerse/aktien/tid-8730/rohstoffe_aid_235823.html (04.06.2009)
- **International Telecommunication Union** (ITU), 2008, World telecommunication/ICT database, 12th Edition, Genf
- **International Telecommunication Union** (ITU), 2009, Key global telecom indicators for the world, http://www.itu.int/ITU-D/ict/statistics/at_glance/KeyTelecom99.html (15.05.2009)
- **Jäger**, J., 2007, Was trägt unsere Erde noch? Wege in die Nachhaltigkeit, Fischer Verlag, Frankfurt a. M.

07

- **Pohl**, W. L., 2005, Mineralische und Energierohstoffe, Eine Einführung zur Entstehung und nachhaltigen Nutzung von Lagerstätten, Petrascheck’s Lagerstättenlehre, 5. Auflage, Schweizerbart’sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart
- **Rat für nachhaltige Entwicklung**, 2011, Wie Deutschland zum Rohstoffland wird, *texte* Nr. 39, Juni 2011, S. 4–9
- **Raw Materials Group**, 2009, Raw Material Data, Stockholm
- **Reller**, A.; **Bublies**, T., 2009, **Staudinger**, T.; **Oswald**, I.; **Meissner**, S.; **Allen**, M.: The Mobile Phone: Powerful Communicator and Potential Metal Dissipator, In: *GAIA*, 18/2 (2009), S. 127–135, Oekom-Verlag, München
- **Roskill**, 2007, The Economics of Rare Earths and Yttrium, Outline, Roskill Information Services, London, <http://www.roskill.com/reports/rare> (12.06.2009)
- **Roskill**, 2009, The Economics of Lithium, Outline, Roskill Information Services, London, Februar, <http://www.roskill.com/reports/lithium> (12.06.2009)
- **Säuberlich**, E., 2008, Ressourcenmanagement seltener Metalle in der Lampenindustrie am Beispiel der Seltenen Erden, Unveröffentlichte Diplomarbeit, Universität Augsburg, Augsburg
- **Schätzl**, L., 1996, Wirtschaftsgeographie 1. Theorie, 6. überarbeitete und erweiterte Auflage, UTB, Schöningh-Verlag, Paderborn, München, Wien, Zürich
- **Schmidt-Bleek**, F., 2007, Nutzen wir die Erde richtig? Die Leistungen der Natur und die Arbeit des Menschen, Fischer Verlag, Frankfurt a. M.
- **Staudinger**, T., 2005, Geographie der Ressourcenströme–Konzept einer Forschungsmethodik am Beispiel der natürlichen Ressourcen, Unveröffentlichte Diplomarbeit, Universität Augsburg, Augsburg
- **Tahil**, W., 2007, The Trouble with Lithium, Implications of Future PHEV Production for Lithium Demand, http://www.meridian-int-res.com/Projects/Lithium_Problem_2.pdf (09.06.2009)
- **Theis**, T.N., 2007, Energy-Conserving Classical Computation: Prospects and Challenges http://pitpas1.phas.ubc.ca/varchive/asilomar/pitp_asilomar_theis.pdf (12.06.2009)
- **USGS**, 2009, Mineral Commodity Summaries 2009, United States Geological Survey, Reston
- **Wacker**, A., 2007, Energieeinsparpotentiale durch innovative Beleuchtungstechnik, Präsentation vom 31.08.2007 der OSRAM GmbH, München
- **Weber**, L.; **Zsak**, G.; **Reichl**, C.; **Schatz**, M., 2009, World Mining Data, Volume 24, Vienna

Anhang – Rohstoffsteckbriefe

08

Metalle

Aluminium
Blei
Chrom
Eisen
Kadmium
Kobalt
Kupfer
Lithium
Magnesium
Mangan
Molybdän
Nickel
Niob
Tantal
Titan
Wolfram
Zink
Zinn

Edelmetalle

Gold
Palladium
Platin
Rhodium
Silber

Industriemineralien

Baryt
Bentonit
Feldspat
Fluorit
Gips und Anhydrit
Glimmer
Graphit
Kalisalz
Kaolin
Phosphate
Quarzsand
Schwefel
Steinsalz
Zement
Zirkon

Seltene Erden*

Scandium
Yttrium
Neodym

Spezialmetalle*

Indium
Germanium
Gallium
Selen

* nur ein Factsheet wegen intransparenter Datenlage

Aluminium

Risikoklasse
3er Skala mittel

Einsatzfelder Luft- und Raumfahrt, Fahrzeugbau, Bauindustrie, Elektroindustrie, Verpackungen, Lebensmittelindustrie

Vorräte und Verbrauch Aluminium wird in Form seines Erzes Bauxit gewonnen und als Metall gehandelt. Der weltweite Verbrauch belief sich 2009 auf 37,3 Mio. Tonnen Metallinhalt; Bauxitproduktion 200 Mio. Tonnen; Reserven 27 Mrd. Tonnen; statische Reichweite 130 Jahre

Abbauländer und Konzentration Die Bauxit-Produktion (2009) entfällt zu 95 Prozent auf zehn und zu 83 Prozent auf fünf Länder: Australien (33 Prozent), China (20 Prozent), Brasilien (14 Prozent), Indien und Guinea (jeweils 8 Prozent). Der Weltmarktanteil der TOP 10 Unternehmen liegt bei 65 Prozent.

Preisentwicklung Der Preis für Aluminium ist in den letzten Jahren sehr volatil verlaufen. Lag er Ende 2005 noch bei rund 2.000 US-Dollar je Tonne, erreichte er Mitte 2008 deutlich über 3.000 Dollar. Nach einem Rückgang auf unter 1.500 Dollar Anfang 2009 liegt der Preis in 2011 wieder bei über 2.500 Dollar. Der Preis von Bauxit stieg zwischen Ende 2005 und Herbst 2008 von gut 200 Dollar auf fast 600 US-Dollar. Anfang 2011 sind immer noch etwa 485 Dollar je Tonne zu bezahlen.

Substitutionsmöglichkeiten Aluminium kann in bestimmten Verwendungen durch andere Stoffe wie Kupfer, Magnesium, Titan, Verbundwerkstoffe, Glas, Papier und Stahl ersetzt werden.

Zukunftsrelevanz Mittelhoch wegen der hohen Bedeutung im Bereich klassischer Industrieprodukte; weniger relevant als Rohstoff für Zukunftstechnologien.


Politische Risiken Für niedriges Risiko spricht, dass der Rohstoff in westlichen Ländern (z. B. Australien) vorhanden ist; riskant ist, dass China bedeutende Lagerstätten hat und diese strategisch nutzen könnte.

Bedeutung für Bayern Sehr hoch, insbesondere wegen Bedeutung für die Metall- und Elektroindustrie.

Blei

Risikoklasse 3er Skala	niedrig	
Einsatzfelder	Hauptsächliche Verwendung liegt in der Produktion von Akkumulatoren oder Legierungen, in der Elektrotechnik und der Radiologie	
Vorräte und Verbrauch Risikoklasse: sehr hoch	Die weltweite Bleiproduktion belief sich 2009 auf etwa 4 Mio. Tonnen Metallinhalt, während sich die sicheren und wahrscheinlichen Vorräte auf 80 Mio. Tonnen belaufen. Bei heutigem Produktionsniveau würden die Vorräte daher noch etwa 20 Jahre ausreichen.	
Abbauländer und Konzentration Risikoklasse: eher niedrig	Die Produktion (2009) konzentriert sich zu fast 90 Prozent auf zehn Länder, zu knapp 80 Prozent auf fünf Länder. Diese sind China (43 Prozent), Australien (14 Prozent), USA (10 Prozent), Peru (9 Prozent) und Mexiko (3 Prozent). Niedriger ist hingegen die Konzentration der Unternehmen. Zehn Unternehmen vereinen einen Weltmarktanteil von 32 Prozent auf sich.	
Preisentwicklung Risikoklasse: niedrig	Der Preis für Blei ist in den letzten Jahren deutlich gestiegen. Lag er 2005 noch bei rund 1.000 US-Dollar, erreichte er im Oktober 2007 knapp 4.000 Dollar. Anfang 2011 sind über 2.500 Dollar pro Tonne Blei zu bezahlen.	
Substitutionsmöglichkeiten Risikoklasse: niedrig	Blei kann in bestimmten Verwendungen durch andere Stoffe wie Plastik, Aluminium, Eisen oder Zinn ersetzt werden.	
Zukunftsrelevanz Risikoklasse: niedrig	Keine hohe Bedeutung für Zukunftstechnologien; Blei wird – auch aufgrund seiner Toxizität – immer stärker durch andere Rohstoffe ersetzt.	
Politische Risiken Risikoklasse: niedrig	Eher geringe Gefahr; lediglich China könnte seine hohe Bedeutung als Lagerstätte industriepolitisch nutzen.	
Bedeutung für Bayern	Keine strategische Bedeutung	


Chrom

Risikoklasse 3er Skala	mittel	
Einsatzfelder	Verwendung bei der Produktion von Edelstählen, in der Feuerfestindustrie, der Chemischen Industrie und der Farbindustrie.	
Vorräte und Verbrauch Risikoklasse: hoch	Die weltweite Produktion von Chrom lag 2009 bei knapp 20 Mio. Tonnen, während die sicheren und wahrscheinlichen Vorräte bei über 350 Mio. Tonnen lagen. Bei heutigem Produktionsniveau würden die Vorräte damit noch 15–20 Jahre ausreichen.	
Abbauländer und Konzentration Risikoklasse: mittel	Die Produktion (2008) konzentriert sich zu über 80 Prozent auf fünf Länder: Republik Südafrika (40 Prozent), Indien (16 Prozent), Kasachstan (15 Prozent), Türkei (8 Prozent) und Russland (3 Prozent). Verhältnismäßig hoch liegt auch die Unternehmenskonzentration. Zehn Unternehmen vereinen einen Weltmarktanteil von zwei Drittel auf sich, die fünf größten Unternehmen kommen auf über 50 Prozent.	
Preisentwicklung Risikoklasse: niedrig	Der Preis für eine Tonne Metallinhalt hat sich in den letzten 5 Jahren nahezu verdoppelt. Während Ende 2005 noch etwa 6.500 Dollar je Tonne zu bezahlen waren, lag der Preis Ende 2010 bei weit über 12.000 Dollar.	
Substitutionsmöglichkeiten Risikoklasse: sehr hoch	Chrom kann nicht durch andere Stoffe substituiert werden.	
Zukunftsrelevanz Risikoklasse: eher niedrig	Wichtig für einige Zukunftstechnologien (Meerwasserentsalzung, marine Techniken)	
Politische Risiken Risikoklasse: eher niedrig	Eher geringe Gefahr, sofern Südafrika und Indien weiterhin stabil bleiben.	
Bedeutung für Bayern	Eher niedrig	

Eisen

Risikoklasse 3er Skala	mittel	
Einsatzfelder	Verwendung vorwiegend im Fahrzeugbau, der Bauindustrie sowie im Maschinen- und Anlagenbau.	
Vorräte und Verbrauch Risikoklasse: mittel	Die weltweite Roheisenproduktion belief sich 2009 auf 935 Mio. Tonnen, von Rohstahl auf rund 1,2 Milliarden Tonnen Metallinhalt. Bei heutigem Produktionsniveau würden die Vorräte an Eisenerz noch einige Jahrzehnte ausreichen.	
Abbauländer und Konzentration Risikoklasse: niedrig	Die Produktion (2009) konzentriert sich zu 94 Prozent auf zehn Länder, zu 82 Prozent auf fünf Länder. Diese sind Australien (23 Prozent), China (20 Prozent), Brasilien (19 Prozent), Indien (15 Prozent) und Russland (5 Prozent). Die Konzentration der Unternehmen liegt hingegen niedriger. Zehn Unternehmen vereinen einen Weltmarktanteil von 45 Prozent auf sich, die fünf größten Unternehmen kommen bereits auf 37 Prozent.	
Preisentwicklung Risikoklasse: niedrig	Der Preis für Feinerz (Europa) ist in den letzten Jahren deutlich gestiegen. Lag er Ende 2005 noch bei 62 US-Dollar pro Tonne, erreichte er Mitte 2007 bereits über 80 Dollar. Am deutlichsten war der Preisauftrieb allerdings 2008, wo im Herbst über 220 US-Dollar pro Tonne bezahlt werden musste. Anfang 2001 lag der Preis immer noch bei etwa 180 Dollar.	
Substitutionsmöglichkeiten Risikoklasse: niedrig	Substitutionsmöglichkeiten bestehen teilweise durch Aluminium, Plastik und Verbundwerkstoffe.	
Zukunftsrelevanz Risikoklasse: niedrig	Keine hohe Bedeutung für Zukunftstechnologien; Bedeutung wird durch Wirtschaftswachstum bestimmt.	
Politische Risiken Risikoklasse: eher niedrig	Förderländer insgesamt mit durchschnittlichem Risiko; aber bedeutende Reserven in China, Russland und der Ukraine (Länder mit Handels- und Wettbewerbsbeschränkungen).	
Bedeutung für Bayern	Aufgrund der Bedeutung für die metallverarbeitende Industrie eher hoch	


Kobalt

Risikoklasse 3er Skala	hoch	
Einsatzfelder	Kobalt wird hauptsächlich zur Herstellung von Hochtemperaturlegierungen, Hartmetallen, Dauermagnetwerkstoffen, Katalysatoren, Farben, Batterien und in der Radiologie verwendet.	
Vorräte und Verbrauch Risikoklasse: mittel	Die weltweite Kobaltproduktion belief sich 2009 auf 72.000 Tonnen Metallinhalt, während die sicheren und wahrscheinlichen Vorräte 7,3 Mio. Tonnen betragen. Bei heutigem Produktionsniveau würden die Vorräte daher noch rund 100 Jahre ausreichen.	
Abbauländer und Konzentration Risikoklasse: hoch	Die Produktion (2009) konzentriert sich zu 97 Prozent auf zehn Länder, zu 86 Prozent auf fünf Länder. Diese sind die Demokratische Republik Kongo (64 Prozent), Australien, Russland, Sambia und Kuba (jeweils etwa 5–6 Prozent). Die Konzentration der Unternehmen liegt hingegen deutlich niedriger. Zehn Unternehmen vereinen einen Weltmarktanteil von knapp 50 Prozent auf sich, die fünf größten Unternehmen kommen alleine auf 36 Prozent.	
Preisentwicklung Risikoklasse: niedrig	Der Preis für Kobalt ist in den letzten Jahren zwischenzeitlich deutlich gestiegen. Anfang 2006 lag er noch bei rund 30.000 US-Dollar pro Tonne und erreichte Anfang 2008 die 100.000-Dollar-Grenze. In den Jahren 2009 und 2010 lag der Preis in einer Spanne von 30.000 und 50.000 Dollar pro Tonne.	
Substitutionsmöglichkeiten Risikoklasse: hoch	Kobalt kann ohne deutliche Leistungseinbuße derzeit nicht substituiert werden.	
Zukunftsrelevanz Risikoklasse: hoch	Insbesondere der Bedarf an Lithium-Ionen-Akkumulatoren (in Form von Lithium-Cobalt-Oxid) und die Verwendung für Superlegierungen machen Kobalt in der Zukunft sehr bedeutend.	
Politische Risiken Risikoklasse: sehr hoch	Der Kongo hat einen Anteil an der Weltproduktion von fast zwei Drittel und verfügt mit Abstand über die größten Reserven. Das Land ist politisch instabil.	
Bedeutung für Bayern	Hoch	

Kadmium

Risikoklasse 3er Skala	mittel	
Einsatzfelder	Kadmium wird beispielsweise in der Produktion von Lampen, Solarzellen und Halbleitern eingesetzt. Wegen der hohen Toxizität von Kadmium und seinen Verbindungen ist deren Bedeutung allerdings abnehmend.	
Vorräte und Verbrauch Risikoklasse: hoch	Kadmium wird fast ausschließlich als Nebenprodukt bei der Zinkverhüttung, in kleinem Umfang auch bei der Blei- und Kupferverhüttung gewonnen. Als gediegenes Metall kommt Kadmium nur äußerst selten vor. Die statische Reichweite ist – bei einer Jahresproduktion von etwa 19.000 Tonnen und Reserven von 660.000 Tonnen – zudem gering.	
Abbauländer und Konzentration Risikoklasse: niedrig	Die fünf größten Abbauländer vereinigen einen Anteil von 65 Prozent auf sich. Dazu gehören China, Südkorea, Japan, Kasachstan und Mexico.	
Preisentwicklung Risikoklasse: niedrig	Der Preis für Kadmium schwankt seit Jahren relativ stark. Während Anfang 2006 etwa 3–4 Dollar je Kilo für dieses Metall zu bezahlen war, stieg der Preis Mitte 2007 auf etwa 13 Dollar um bis Ende 2010 wieder in den Bereich von 3–4 Dollar je Kilogramm zurückzufallen.	
Substitutionsmöglichkeiten Risikoklasse: mittel	Kadmium kann substituiert werden durch Lithium, Nickel, Zink und Aluminium.	
Zukunftsrelevanz Risikoklasse: mittel	Zwar wird Kadmium auch für bestimmte Zukunftsprodukte verwendet, nimmt aber in der Verwendung aufgrund seiner Toxizität ab.	
Politische Risiken Risikoklasse: mittel	Die Länderkonzentration ist relativ hoch und wird von politisch eher instabilen Ländern dominiert.	
Bedeutung für Bayern	Mittel	

Kupfer

Risikoklasse 3er Skala	niedrig	
Einsatzfelder	Kupfer kommt hauptsächlich in der Elektroindustrie, der Bauindustrie, im Maschinenbau und im Münzwesen zum Einsatz.	
Vorräte und Verbrauch Risikoklasse: hoch	Die weltweite Produktion für Kupfer belief sich 2009 auf 16 Mio. Tonnen Metallinhalt, während sich die sicheren und wahrscheinlichen Vorräte auf über 600 Mio. Tonnen belaufen. Bei heutigem Produktionsniveau würden die Vorräte damit noch über 35 Jahre ausreichen.	
Abbauländer und Konzentration Risikoklasse: mittel	Die Produktion (2009) konzentriert sich zu 82 Prozent auf zehn Länder und zu 62 Prozent auf fünf Länder. Diese sind Chile (34 Prozent), Peru (9 Prozent), USA (8 Prozent), Indonesien und China (beide 6 Prozent). Bei der Unternehmenskonzentration vereinigen zehn Unternehmen einen Weltmarktanteil von etwa 55 Prozent auf sich, die fünf größten Unternehmen kommen auf 40 Prozent.	
Preisentwicklung Risikoklasse: mittel	Der Preis für Kupfer ist in den letzten Jahren deutlich gestiegen. Lag er Ende 2005 noch bei rund 4.500 US-Dollar pro Tonne, erreichte er Mitte 2007 8.000 Dollar und fiel bis Ende 2008 unter 3.000 Dollar. Ende 2010 lag der Preis bei fast 10.000 Dollar.	
Substitutionsmöglichkeiten Risikoklasse: niedrig	Kupfer kann in bestimmten Verwendungen durch andere Stoffe wie Aluminium, Titan, Stahl, Glasfaser oder Plastik ersetzt werden.	
Zukunftsrelevanz Risikoklasse: eher niedrig	Keine hohe Bedeutung für Zukunftstechnologien; Bedeutung wird durch Wirtschaftswachstum bestimmt	
Politische Risiken Risikoklasse: eher niedrig	Hauptproduzent ist Chile, das auch die größten Reserven weltweit besitzt. Von diesem Land sind keine strategischen Aktionen zu erwarten.	
Bedeutung für Bayern	Hoch	


Lithium

Risikoklasse 3er Skala	hoch	
Einsatzfelder	Lithium wird hauptsächlich als Flussmittel in Aluminium-Hütten und zur Herstellung von Keramik, Glaswaren, Akkumulatoren und Batterien benötigt. Er ist ein wichtiger Rohstoff in der Reaktorindustrie, der Medizin sowie der organischen Chemie.	
Vorräte und Verbrauch Risikoklasse: niedrig	Die weltweite Lithiumproduktion belief sich 2009 auf fast 19.000 Tonnen Metallinhalt, während die sicheren und wahrscheinlichen Vorräte mindestens 13 Mio. Tonnen betragen. Bei heutigem Produktionsniveau würden die Vorräte daher noch über 500 Jahre ausreichen.	
Abbauländer und Konzentration Risikoklasse: hoch	Die Produktion (2009) von Lithium ist regional stark konzentriert. Sie verteilt sich zu über 90 Prozent auf fünf Länder. Diese sind Chile (41 Prozent), Australien (24 Prozent), China (13 Prozent), Argentinien (12 Prozent) und die USA (3 Prozent). Die Konzentration der Unternehmen liegt ähnlich hoch. Die fünf größten Unternehmen teilen sich rund 80 Prozent der weltweiten Produktion.	
Preisentwicklung Risikoklasse: hoch	Der Preis für Lithiumoxid liegt seit Anfang 2006 konstant bei 212 US-Dollar pro Tonne. Für das Metall liegen keine Preisinformationen vor.	
Substitutionsmöglichkeiten Risikoklasse: mittel	In einigen Verwendungen kann Lithium durch Kalzium, Magnesium, Quecksilber oder Zink ersetzt werden.	
Zukunftsrelevanz Risikoklasse: hoch	Im Bereich der alternativen Mobilitätsformen (Elektro/Hybrid) derzeit nicht zu ersetzen.	
Politische Risiken Risikoklasse: eher hoch	Die bedeutendsten, zukünftig relevanten Vorkommen von Lithium (-sole) liegen in Bolivien, von dem aufgrund der sozialistischen Regierung mit Zugangerschwernissen zu rechnen ist.	
Bedeutung für Bayern	Eher hoch, da unter anderem Batterien bzw. Akkus mit Lithium derzeit die höchste Energiedichte aufweisen.	

Magnesium

Risikoklasse 3er Skala	hoch	
Einsatzfelder	Magnesium dient zur Herstellung von Legierungen und als Reduktionsmittel in der Metallurgie und wird vorwiegend in der chemischen Industrie sowie im Flugzeug- und Fahrzeugbau eingesetzt.	
Vorräte und Verbrauch Risikoklasse: niedrig	Die weltweite Produktion von Magnesium belief sich 2009 auf über 600.000 Tonnen Metallinhalt, während die sicheren und wahrscheinlichen Vorräte von Magnesit 2,4 Milliarden Tonnen betragen. Bei gleichbleibendem Produktionsniveau wären die Vorräte wahrscheinlich für weit mehr als 1.000 Jahre ausreichend. Zudem wird nicht nur aus Erzen, sondern auch aus Meereswasser Magnesium gewonnen, womit der Vorrat letztlich als unbegrenzt angenommen werden kann.	
Abbauländer und Konzentration Risikoklasse: hoch	Die Produktion (2009) von Magnesium ist hoch konzentriert. Fünf Länder kommen stehen für nahezu 100 Prozent der Herstellung dieses Metalls. China (82 Prozent), Russland (6 Prozent), Israel (5 Prozent), Kasachstan (4 Prozent) und Brasilien (3 Prozent). Die Konzentration der Unternehmen liegt etwas niedriger.	
Preisentwicklung Risikoklasse: mittel	Der Preis für Magnesium ist in den letzten Jahren zwischenzeitlich deutlich gestiegen. Lag dieser Ende 2005 noch bei 1.500 US-Dollar pro Tonne, erreichte er Mitte 2008 über 6.000 Dollar. Ende 2010 kostete eine Tonne dieses Metalls etwa 3.000 Dollar.	
Substitutionsmöglichkeiten Risikoklasse: niedrig	Magnesium kann in einigen Verwendungen durch Aluminium, Kalziumkarbid oder Zink ersetzt werden.	
Zukunftsrelevanz Risikoklasse: mittel	Wichtiger Werkstoff in der Flugzeug- und Fahrzeugindustrie, sowie Reduktionsmittel zur Gewinnung von Metallen	
Politische Risiken Risikoklasse: hoch	Produktion derzeit zu über 80 Prozent in China konzentriert, das bei vielen Rohstoffen mit Handels- und Wettbewerbsbeschränkungen agiert.	
Bedeutung für Bayern	Hoch	


Mangan

Risikoklasse 3er Skala	mittel	
Einsatzfelder	Mangan wird vorwiegend zur Herstellung von Batterien sowie in der Eisen- und Stahlindustrie eingesetzt.	
Vorräte und Verbrauch Risikoklasse: eher hoch	Die weltweite Manganproduktion belief sich 2009 auf 10,8 Mio. Tonnen Metallinhalt, während sich die sicheren und wahrscheinlichen Vorräte auf über 600 Mio. Tonnen belaufen. Bei heutigem Produktionsniveau würden die Vorräte daher noch etwa 60 Jahre ausreichen.	
Abbauländer und Konzentration Risikoklasse: mittel	Die Produktion (2007) konzentriert sich zu über 90 Prozent auf zehn Länder, zu 76,0 Prozent auf fünf Länder. Diese sind Republik Südafrika (20,7 Prozent), Australien (20,2 Prozent), China (15,9 Prozent), Gabun (11,8 Prozent) und Brasilien (7,4 Prozent). Niedriger ist hingegen die Konzentration der Unternehmen. Zehn Unternehmen vereinen einen Weltmarktanteil von 53,3 Prozent auf sich, die fünf größten Unternehmen kommen auf 35,3 Prozent.	
Preisentwicklung Risikoklasse: mittel	Der Preis für Ferromangan stieg in den vergangenen Jahren zwischenzeitlich deutlich. Er betrug Anfang 2006 noch rund 500 Euro pro Tonne. Mitte 2008 lag er bereits bei etwa 2.000 Euro, fiel aber bis Anfang 2001 wieder auf 1.125 Dollar. Die Preisentwicklung für Manganerz verlief annähernd parallel bei Preisen zwischen 3 US-Dollar Anfang 2006 und 7 Dollar zu Beginn des Jahres 2011.	
Substitutionsmöglichkeiten Risikoklasse: hoch	Mangan kann bislang nicht durch andere Stoffe substituiert werden.	
Zukunftsrelevanz Risikoklasse: eher niedrig	Keine bedeutenden Zukunftstechnologien	
Politische Risiken Risikoklasse: eher niedrig	Abbauländer lassen keine besonderen Risiken erwarten	
Bedeutung für Bayern	Eher niedrig	

Molybdän

Risikoklasse 3er Skala	hoch	
Einsatzfelder	Molybdän wird vorwiegend im Flugzeug- und Raketenbau sowie in der Elektrotechnik eingesetzt und dient der Herstellung von Edelstählen, Schmierstoffen, Farben und Katalysatoren.	
Vorräte und Verbrauch Risikoklasse: eher hoch	Die weltweite Produktion von Molybdän belief sich 2009 auf über 200.000 Tonnen Metallinhalt, während die sicheren und wahrscheinlichen Vorräte knapp 10 Mio. Tonnen betragen. Die Vorräte würden bei heutigem Produktionsniveau damit noch über 40 Jahre ausreichen.	
Abbauländer und Konzentration Risikoklasse: eher mittel	Die Produktion (2009) von Molybdän konzentriert sich zu über 99 Prozent auf zehn Länder; zu 90 Prozent auf nur fünf Länder. Diese sind China (37 Prozent), USA (26 Prozent), Chile (15 Prozent), Peru (8 Prozent) und Kanada (4 Prozent). Die Konzentration der Unternehmen liegt etwas niedriger. Die zehn größten Unternehmen vereinen einen Weltmarktanteil von knapp 60 Prozent auf sich, die fünf größten kommen auf über 40 Prozent.	
Preisentwicklung Risikoklasse: niedrig	Anfang 2006 lag der Preis für eine Tonne Ferromolybdän noch bei rund 55.000 US-Dollar pro Tonne und erreichte Anfang 2008 knapp 80.000 Dollar bevor er Ende 2010 auf etwa 40.000 Dollar zurückfiel. Die Preise für Ferromolybdän und Molybdänoxid entwickelten sich weitestgehend parallel.	
Substitutionsmöglichkeiten Risikoklasse: hoch	Molybdän ist in bestimmten Eigenschaften nicht substituierbar.	
Zukunftsrelevanz Risikoklasse: mittel	Wichtiger Bestandteil von Stahl in der Flugzeug- und Fahrzeugindustrie (hart und hitzebeständig)	
Politische Risiken Risikoklasse: hoch	China als bedeutender Produzent mit Handels- und Wettbewerbsbeschränkungen; andere Förderländer eher unkritisch	
Bedeutung für Bayern	Hoch	


Nickel

Risikoklasse 3er Skala	niedrig	
Einsatzfelder	Nickel wird vorwiegend zur Herstellung von korrosionsbeständigem Stahl, anderen Legierungen, Gasturbinen, Metallüberzügen, Münzen, Katalysatoren und Batterien verwendet.	
Vorräte und Verbrauch Risikoklasse: eher hoch	Die weltweite Nickelproduktion belief sich 2009 auf etwa 1,4 Mio. Tonnen Metallinhalt, während sich die sicheren und wahrscheinlichen Vorräte auf über 75 Mio. Tonnen belaufen. Bei heutigem Produktionsniveau würden die Vorräte daher noch über 50 Jahre ausreichen.	
Abbauländer und Konzentration Risikoklasse: mittel	Die Nickelproduktion (2009) konzentriert sich zu 90 Prozent auf zehn Länder, zu zwei Drittel auf fünf Länder. Diese sind Russland (20 Prozent), Indonesien (14 Prozent), Australien (12 Prozent), Philippinen und Kanada (beide 10 Prozent). Die zehn größten Unternehmen kommen dabei auf einen Weltmarktanteil von knapp 70 Prozent, die fünf größten Unternehmen auf etwa 50 Prozent.	
Preisentwicklung Risikoklasse: mittel	Der Nickelpreis ist in den vergangenen Jahren stark geschwankt. Ende 2005 lag er bei rund 12.000 US-Dollar pro Tonne und stieg bis Mitte 2007 auf fast 40.000 Dollar. Bis Anfang 2011 hat sich der Preis allerdings wieder halbiert.	
Substitutionsmöglichkeiten Risikoklasse: mittel	In der EU-15 liegt die Recyclingrate von Nickel bei 35-45 Prozent. Es wird vorwiegend zur Herstellung von korrosionsbeständigem Stahl, anderen Legierungen, Gasturbinen, Metallüberzügen, Münzen, Katalysatoren und Batterien verwendet. Substitutionsmöglichkeiten bestehen teilweise durch Aluminium, beschichteten Stählen, Plastik und Titanlegierungen.	
Zukunftsrelevanz Risikoklasse: niedrig	Vorwiegend nur Funktion als Legierungsmetall.	
Politische Risiken Risikoklasse: eher niedrig	Von Förder- und Reserveländern sollten keine Erschwernisse zu erwarten sein.	
Bedeutung für Bayern	Mittel	


Niob

Risikoklasse 3er Skala	hoch	
Einsatzfelder	Niob wird hauptsächlich zur Herstellung von Edeltählen und Superlegierungen beispielsweise für Flugzeugturbinen verwendet.	
Vorräte und Verbrauch Risikoklasse: eher hoch	Die weltweite Produktion von Niob lag 2009 bei 63.000 Tonnen Metallinhalt, während sich die sicheren und wahrscheinlichen Vorräte auf 2,9 Mio. Tonnen belaufen. Bei heutigem Produktionsniveau würden die Vorräte daher noch über 40 Jahre ausreichen.	
Abbauländer und Konzentration Risikoklasse: eher hoch	Die Produktion (2009) verteilt sich auf praktisch nur auf zwei Länder. Diese sind Brasilien (93 Prozent) und Kanada (7 Prozent). Die Unternehmenskonzentration ist ebenfalls extrem hoch. Lediglich drei Unternehmen vereinen nahezu die komplette Weltproduktion auf sich (nach Angaben der Raw Materials Group).	
Preisentwicklung Risikoklasse: mittel	Der Niobpreis (für Ferro-Niob) lag Anfang 2006 bei rund 17 Dollar je Kilo und stieg bis Mitte 2007 auf knapp 60 Dollar. Aktuell liegt der Preis bei etwa 50 Dollar.	
Substitutionsmöglichkeiten Risikoklasse: hoch	Die Recyclingrate von Niob beträgt in Deutschland 20 Prozent. Es kann nicht ohne erhebliche Leistungseinbußen und Kostensteigerungen substituiert werden.	
Zukunftsrelevanz Risikoklasse: eher mittel	Keine bedeutenden Zukunftstechnologien, aber als Legierungszuschlag z.B. für den Bau von Gasturbinen nahezu unersetzlich (Superlegierungen).	
Politische Risiken Risikoklasse: mittel	Zwar ist von Brasilien kein strategischer Einsatz von Niob zu erwarten, aber die starke Konzentration auf ein Schwellenland birgt Gefahren (Weltmarktanteil > 90 Prozent).	
Bedeutung für Bayern	Mittel	


Tantal

Risikoklasse 3er Skala	mittel	
Einsatzfelder	Tantal kommt vorwiegend in der Medizintechnik zur Herstellung von Instrumenten und Implantaten sowie dem chemischen Apparatebau zum Einsatz. Weiterhin wird es bei der Produktion von Kondensatoren, Karbiden und Superlegierungen benötigt.	
Vorräte und Verbrauch Risikoklasse: eher niedrig	Die weltweite Tantalproduktion belief sich 2009 auf 665 Tonnen Metallinhalt, während sich die sicheren und wahrscheinlichen Vorräte auf 110.000 Tonnen belaufen. Bei heutigem Produktionsniveau würden die Vorräte daher noch über 150 Jahre ausreichen.	
Abbauländer und Konzentration Risikoklasse: hoch	Die Produktion (2009) konzentriert sich auf nur einige wenige Länder; zu 76 Prozent auf die folgenden Fünf: Brasilien (27 Prozent), Mozambique (17 Prozent), Ruanda (16 Prozent), Australien (12 Prozent) und Kanada (4 Prozent). Dabei vereinen nur zwei Unternehmen einen Weltmarktanteil von 61,3 Prozent auf sich.	
Preisentwicklung Risikoklasse: mittel	Der Preis für Tantal-Konzentrat beträgt seit 2006 zwischen 77.000 und 81.000 Dollar je Tonne.	
Substitutionsmöglichkeiten Risikoklasse: eher niedrig	Substitutionsmöglichkeiten bestehen teilweise durch Niob, Aluminium, Keramik, Platin, Titan oder Zirkonium.	
Zukunftsrelevanz Risikoklasse: hoch	Vor allem bei mikroelektronischen Kondensatoren derzeit noch nicht ersetzbar.	
Politische Risiken Risikoklasse: eher niedrig	Eher kein Einsatz strategischer Industriepolitik zu erwarten, aber hohe Konzentration birgt Gefahren.	
Bedeutung für Bayern	Hoch – Bedeutender Rohstoff für die Elektroindustrie (Kondensatoren) und die Medizintechnik.	

Titan

Risikoklasse 3er Skala	niedrig	
Einsatzfelder	Mit Titan werden Edelstähle, Superlegierungen und Titanmetall hergestellt. In dieser Form kommt es im Flugzeugbau, der Weltraumfahrt, dem Schiffs- und Bootsbau, der Reaktortechnik, dem Anlagenbau und der Medizintechnik zum Einsatz. Als Pigment wird Titan zur Herstellung von Farben, Papier und Plastik verwendet.	
Vorräte und Verbrauch Risikoklasse: niedrig	Die weltweite Produktion von Titan belief sich 2007 auf 2,5 Mio. Tonnen Metallinhalt, während sich die sicheren und wahrscheinlichen Vorräte auf 390 Mio. Tonnen belaufen. Bei heutigem Produktionsniveau würden die Vorräte daher noch über 150 Jahre ausreichen.	
Abbauländer und Konzentration Risikoklasse: eher hoch	Die Titanproduktion (2007) konzentriert sich zu 95,4 Prozent auf fünf Länder. Diese sind Australien (35,6 Prozent), die Republik Südafrika (26,0 Prozent), Kanada (19,2 Prozent), Norwegen (9,3 Prozent) und die USA (5,3 Prozent). Etwas niedriger ist die Unternehmenskonzentration. Die fünf größten Unternehmen vereinen einen Weltmarktanteil von 68,5 Prozent.	
Preisentwicklung Risikoklasse: niedrig	Der Preis für Ferrotitan ist in den vergangenen Jahren deutlich gesunken. Anfang 2006 lag er noch bei rund 20.000 US-Dollar pro Tonne und sank bis Mitte 2009 bis auf unter 3.000 Dollar. Anfang 2011 stieg der Preis wieder bis auf etwa 8.000 Dollar. Die Preise der Titanminerale Ilmenit (Titaneisenerz) und Rutil (Titanoxid) stiegen dagegen von 2006 bis 2009 jeweils leicht an.	
Substitutionsmöglichkeiten Risikoklasse: niedrig	Die Recyclingrate des Titan-Metalls liegt bei 50 Prozent. Als Pigment bestehen Substitutionsmöglichkeiten durch Kalziumkarbonat, Kaolin oder Talk.	
Zukunftsrelevanz Risikoklasse: mittel	Aufgrund seiner besonderen Eigenschaften als Legierungszuschlag (leicht aber fest) vor allem in der Luft- und Raumfahrttechnik verwendet.	
Politische Risiken Risikoklasse: niedrig	Kein Einsatz strategischer Industriepolitik zu erwarten, aber hohe Konzentration birgt Gefahren.	
Bedeutung für Bayern	Hoch – Wichtiger Zusatz im Maschinen- und Anlagenbau	

Wolfram

Risikoklasse 3er Skala	hoch	
Einsatzfelder	Wolfram wird vorwiegend zur Herstellung von Edelstählen, Karbiden und Leuchtmitteln verwendet.	
Vorräte und Verbrauch Risikoklasse: mittel	Die weltweite Produktion von Wolfram belief sich 2009 auf 61.300 Tonnen Metallinhalt, während sich die sicheren und wahrscheinlichen Vorräte auf fast 3 Mio. Tonnen belaufen. Bei heutigem Produktionsniveau würden die Vorräte daher noch etwa 50 Jahre ausreichen.	
Abbauländer und Konzentration Risikoklasse: hoch	Die Wolframproduktion (2009) konzentriert sich zu 94 Prozent auf fünf Länder. Diese sind China (83 Prozent), Russland (4 Prozent), Kanada (3 Prozent), Bolivien und Österreich (jeweils 2 Prozent). Angaben zur Unternehmenskonzentration sind kaum vorhanden. Im Hauptabbauland China sind jedoch eine Menge Unternehmen an der Produktion beteiligt.	
Preisentwicklung Risikoklasse: niedrig	Der Preis für Ferrowolfram schwankte von 2006 bis Mitte 2008 in einer Bandbreite von 27.000 bis 40.000 Dollar je Tonne. Im folgenden Zeitraum bis Anfang 2011 fiel der Preis in eine Range von etwa 25.000 bis 30.000 Dollar zurück. Der Preis für Wolfram-Erz lag seit Mitte 2006 bei 165 US-Dollar pro Tonne. Anfang 2009 fiel der Preis auf 150 Dollar und blieb seitdem konstant.	
Substitutionsmöglichkeiten Risikoklasse: mittel	Die Recyclingrate von Wolfram liegt bei 20–25 Prozent. In bestimmten Verwendungen kann es durch keramisch-metallische Verbundwerkstoffe ersetzt werden.	
Zukunftsrelevanz Risikoklasse: hoch	Essentiell für die Leuchtmittelindustrie und als Legierungszuschlag für härteste Stähle.	
Politische Risiken Risikoklasse: sehr hoch	China besitzt die weltweit größten Reserven und ist derzeit auch Hauptproduzent von Wolfram. Wolframerze sind mit einem Exportverbot belegt.	
Bedeutung für Bayern	Hoch	

Zink

Risikoklasse 3er Skala	mittel	
Einsatzfelder	Die hauptsächliche Verwendung von Zink liegt bei der Galvanik in Fahrzeugbau und Bauindustrie sowie in der Herstellung von NE-Legierungen, pharmazeutischen Präparaten, Trockenbatterien und Pigmenten.	
Vorräte und Verbrauch Risikoklasse: hoch	Die weltweite Zinkproduktion belief sich 2009 auf 11,2 Mio. Tonnen Metallinhalt, während sich die sicheren und wahrscheinlichen Vorräte auf 250 Mio. Tonnen belaufen. Bei heutigem Produktionsniveau würden die Vorräte daher noch über 20 Jahre ausreichen.	
Abbauländer und Konzentration Risikoklasse: mittel	Die Produktion (2009) konzentriert sich zu 87 Prozent auf zehn Länder, zu zwei Drittel auf fünf Länder. Diese sind China (28 Prozent), Peru (14 Prozent), Australien (11 Prozent), USA (7 Prozent) und Kanada (6 Prozent). Die Konzentration der Unternehmen liegt niedriger. Zehn Unternehmen vereinen einen Weltmarktanteil von 44 Prozent auf sich, die fünf größten Unternehmen kommen auf knapp über 30 Prozent.	
Preisentwicklung Risikoklasse: niedrig	Der Preis für Zink ist insbesondere in 2006 deutlich gestiegen. Lag er im Ende 2005 noch unter 2.000 US-Dollar pro Tonne, erreichte er ein Jahr später mehr als 4.400 Dollar. Anfang 2009 fiel er auf rund 1.000 Dollar um bis Ende 2010 wieder auf 2.500 Dollar anzusteigen.	
Substitutionsmöglichkeiten Risikoklasse: eher niedrig	Zink hat in Deutschland eine Recyclingrate von 41 Prozent und kann in bestimmten Verwendungen durch andere Stoffe wie Aluminium, Plastik, Stahl oder Magnesium ersetzt werden.	
Zukunftsrelevanz Risikoklasse: niedrig	Keine bedeutenden Zukunftstechnologien	
Politische Risiken Risikoklasse: niedrig	China ist wichtigster Lieferant, weitere Reserven sind aber breit gestreut. Kaum Ansatzpunkte für strategische Industriepolitik.	
Bedeutung für Bayern	Hoch (Verwendung in den Bereichen Galvanik, NE-Legierungen, Pharmazie, Batterie und Pigmente)	

Zinn

Risikoklasse 3er Skala	hoch	
Einsatzfelder	Zinn wird hauptsächlich zur Herstellung von Elektronik (LCD-Displays), Weißblechen, Lote, Legierungen, Chemikalien und Pigmenten verwendet.	
Vorräte und Verbrauch Risikoklasse: hoch	Die weltweite Zinnproduktion belief sich 2009 auf rund 260.000 Tonnen Metallinhalt, während sich die sicheren und wahrscheinlichen Vorräte auf 5,2 Mio. Tonnen belaufen. Bei heutigem Produktionsniveau würden die Vorräte daher noch etwa 20 Jahre ausreichen.	
Abbauländer und Konzentration Risikoklasse: hoch	Die Produktion (2009) konzentriert sich zu über 90 Prozent auf nur fünf Länder. Diese sind China (44 Prozent), Indonesien (21 Prozent), Peru (14 Prozent), Bolivien (7 Prozent) und Brasilien (5 Prozent). Niedriger liegt hingegen die Konzentration der Unternehmen. Zehn Unternehmen vereinen einen Weltmarktanteil von 51,1 Prozent auf sich, die fünf größten Unternehmen kommen auf 46,1 Prozent.	
Preisentwicklung Risikoklasse: hoch	Der Preis für Zinn ist in den letzten Jahren erheblich gestiegen. Lag er im Ende 2005 noch bei rund 6.500 US-Dollar pro Tonne, betrug er im Mitte 2008 bereits über 20.000 Dollar und erreichte Anfang 2011 sogar die 30.000 Dollar-Marke.	
Substitutionsmöglichkeiten Risikoklasse: niedrig	Zinn hat in Deutschland eine Recyclingrate von 10–20 Prozent und kann in bestimmten Verwendungen durch andere Stoffe wie Aluminium, Glas, Plastik, Epoxidharze und Alu- bzw. Kupferlegierungen ersetzt werden.	
Zukunftsrelevanz Risikoklasse: mittel	Bedeutend für Zukunftstechnologien, aber z.B. für das Löten (vor allem bei Platinen) zunehmend wichtiger, da kein Blei mehr in elektronischen Bauteilen verwendet werden darf.	
Politische Risiken Risikoklasse: mittel	China ist wichtigster Lieferant; weitere Reserven sind aber breit gestreut; kaum Ansatzpunkte für strategische Industriepolitik	
Bedeutung für Bayern	Hoch – Wichtig für Elektroindustrie und die Chemiebranche	

Gold

Risikoklasse 3er Skala	mittel	
Einsatzfelder	Gold wird vorwiegend zur Herstellung von Schmuckwaren, als Zahlungsmittel sowie in der Zahntechnik und Elektroindustrie verwendet.	
Vorräte und Verbrauch Risikoklasse: hoch	Die Produktion von Gold belief sich 2009 weltweit auf rund 2.450 Tonnen Metallinhalt, während sich die sicheren und wahrscheinlichen Vorräte auf 51.000 Tonnen belaufen. Bei heutigem Produktionsniveau würden die Vorräte daher noch etwa 20 Jahre ausreichen.	
Abbauländer und Konzentration Risikoklasse: eher niedrig	Die Produktion (2009) konzentriert sich zu 70 Prozent auf zehn Länder, zu knapp 50 Prozent auf fünf Länder. Diese sind China (13 Prozent), Australien, USA, die Republik Südafrika (jeweils 9 Prozent) und Russland (8 Prozent). Die Konzentration der Unternehmen liegt etwas niedriger. Zehn Unternehmen vereinen einen Weltmarktanteil von 43 Prozent auf sich, die fünf größten Unternehmen kommen auf etwas über 30 Prozent.	
Preisentwicklung Risikoklasse: mittel	Der Goldpreis ist in den letzten Jahren kontinuierlich gestiegen. Ende 2005 lag er bei rund 500 US-Dollar je Feinunze, im Herbst 2009 erreichte er 1.000 Dollar und Anfang 2011 sogar ein Allzeithoch bei über 1.500 Dollar.	
Substitutionsmöglichkeiten Risikoklasse: eher niedrig	Gold ist vollständig wieder verwertbar und kann in bestimmten Verwendungen durch Palladium, Platin oder Silber substituiert werden.	
Zukunftsrelevanz Risikoklasse: mittel	Für Zukunftstechnologien nicht von hoher Bedeutung, aber als Spekulationsobjekt und Instrument gegen Inflation.	
Politische Risiken Risikoklasse: mittel	China und Russland gehören zu den größten Goldproduzenten. Beide Länder warten derzeit mit (Handels-) Beschränkungen bei Edelmetallen auf.	
Bedeutung für Bayern	Niedrig	

Palladium

Risikoklasse hoch 
3er Skala

Einsatzfelder Palladium findet hauptsächlich in der Autoindustrie, der chemischen Industrie, der Schmuckindustrie, in der Luftfahrt, der Medizintechnik, der Dentalindustrie sowie bei der Herstellung von Brennstoffzellen Verwendung.

Vorräte und Verbrauch Die weltweite Produktion von Palladium belief sich 2009 auf 192 Tonnen Metallinhalt, während sich die sicheren und wahrscheinlichen Vorräte auf 66.000 Tonnen belaufen (Platingruppenmetalle insgesamt). Bei heutigem Produktionsniveau sollten die Vorräte noch deutlich über 100 Jahre ausreichen.
Risikoklasse: mittel

Abbauländer und Konzentration Die Produktion (2009) konzentriert sich zu 97 Prozent auf nur fünf Länder. Diese sind vor allem Russland (44 Prozent) und Südafrika (39 Prozent) sowie die USA (7 Prozent), Kanada (4 Prozent) und Simbabwe (3 Prozent). Ebenfalls hoch ist die Konzentration der Unternehmen. Zehn Unternehmen vereinen einen Weltmarktanteil von 95 Prozent auf sich, die fünf größten Unternehmen kommen allein fast schon auf 90 Prozent.
Risikoklasse: hoch

Preisentwicklung Der Preis für Palladium ist in den letzten Jahren kontinuierlich gestiegen. Lag er Ende 2005 noch bei 250 US-Dollar je Feinunze so erreichte er im Verlauf des Jahres 2008 Werte deutlich über 400 Dollar. Zu Beginn des Jahres 2011 lag der Preis sogar bei über 800 Dollar.
Risikoklasse: mittel


Substitutionsmöglichkeiten Palladium kann teilweise durch Platin ersetzt werden, das jedoch auch selten und vor allem teuer ist. Das große Problem ist, dass die Platingruppenmetalle nur untereinander austauschbar sind.
Risikoklasse: hoch

Zukunftsrelevanz Palladium ersetzt zunehmend das teurere Platin bei den Abgaskatalysatoren.
Risikoklasse: mittel

Politische Risiken Russland arbeitet als wichtigster Produzent mit Exportbeschränkungen und Ausfuhrsteuer.
Risikoklasse: mittel

Bedeutung für Bayern Hoch – Automobilindustrie, Chemische Industrie und Medizintechnik

Platin

Risikoklasse hoch 
3er Skala

Einsatzfelder Die Hauptverwendung für Platin liegt in der Autoindustrie zur Herstellung von Katalysatoren sowie der chemischen Industrie, der Schmuckindustrie, der Elektrotechnik und der Dentalindustrie.

Vorräte und Verbrauch Die Produktion von Platin belief sich 2009 weltweit auf 181 Tonnen Metallinhalt, während sich die sicheren und wahrscheinlichen Vorräte auf 66.000 Tonnen belaufen (Platingruppenmetalle insgesamt). Bei heutigem Produktionsniveau sollten die Vorräte daher noch deutlich über 100 Jahre ausreichen.
Risikoklasse: mittel

Abbauländer und Konzentration Die Produktion (2009) ist regional stark konzentriert und zwar zu 97 Prozent auf nur fünf Länder. Diese sind die Republik Südafrika (76 Prozent), Russland (14 Prozent), Simbabwe (4 Prozent), sowie Kanada und die USA (jeweils 2 Prozent). Ebenfalls hoch ist die Konzentration der Unternehmen. Zehn Unternehmen vereinen einen Weltmarktanteil von 93 Prozent auf sich, die fünf größten Unternehmen kommen auf 84 Prozent.
Risikoklasse: seh hoch

Preisentwicklung Der Preis für Platin ist in den letzten Jahren kontinuierlich gestiegen. Lag er Ende 2005 noch bei knapp 1.000 US-Dollar je Feinunze so erreichte er im Anfang 2008 einen Preis von über 2.000 Dollar. Anfang 2011 waren etwa 1.800 Dollar für eine Feinunze dieses Edelmetalls zu bezahlen.
Risikoklasse: mittel

Substitutionsmöglichkeiten Platin ist vollständig wieder verwertbar und kann teilweise durch Palladium ersetzt werden. Das große Problem ist, dass die Platingruppenmetalle nur untereinander austauschbar sind.
Risikoklasse: hoch

Zukunftsrelevanz Hauptverwendung von Platin ist zwar der Einsatz als Katalysator, aber der Bedarf vor allem in der Brennstoffzellentechnik wird zunehmen. Hier wird aufgrund des hohen Preises von Platin verstärkt nach Substituten geforscht.
Risikoklasse: mittel


Politische Risiken Südafrika ist mit weitem Abstand der größte Produzent von Platin. Von diesem Land ist der Einsatz von Rohstoffen als politisches Instrument nicht bekannt und derzeit auch nicht zu erwarten.
Risikoklasse: mittel

Bedeutung für Bayern Hoch – Automobilindustrie, Chemische und elektronische Industrie


Rhodium

Risikoklasse 3er Skala	mittel	
Einsatzfelder	Die Hauptverwendung für Rhodium liegt in der Autoindustrie zur Herstellung von Katalysatoren sowie der chemischen Industrie, der Schmuckindustrie, der Elektrotechnik und der Dentalindustrie.	
Vorräte und Verbrauch Risikoklasse: mittel	Die Produktion von Rhodium belief sich 2009 auf 24 Tonnen Metallinhalt weltweit, während sich die sicheren und wahrscheinlichen Vorräte auf 66.000 Tonnen belaufen (Platingruppenmetalle insgesamt). Bei heutigem Produktionsniveau sollten die Vorräte daher noch einige 100 Jahre ausreichen.	
Abbauländer und Konzentration Risikoklasse: sehr hoch	Die Produktion (2009) ist regional sehr stark konzentriert und zwar nahezu ausschließlich auf nur vier Länder. Diese sind die Republik Südafrika (83 Prozent), Russland (12 Prozent), Kanada (3 Prozent) und Simbabwe (2 Prozent). Ebenfalls hoch ist die Konzentration der Unternehmen. Fünf Unternehmen vereinen einen Weltmarktanteil von über 80 Prozent auf sich.	
Preisentwicklung Risikoklasse: mittel	Der Preis für Rhodium ist in den letzten Jahren extremen Schwankungen unterlegen gewesen. Lag er Ende 2005 noch bei rund 3.000 US-Dollar je Feinunze, stieg er bis Mitte 2008 auf etwa 10.000 Dollar. Bereits 6 Monate später kostete die Feinunze nur noch rund 1.000 Dollar. Anfang 2011 lag der Preis bei etwa 2.500 Dollar.	
Substitutionsmöglichkeiten Risikoklasse: hoch	Rhodium kann teilweise durch Palladium ersetzt werden. Das große Problem ist, dass die Platingruppenmetalle nur untereinander austauschbar sind.	
Zukunftsrelevanz Risikoklasse: mittel	Rhodium findet derzeit kaum in Zukunftstechnologien Verwendung, ist aber für Fahrzeugkatalysatoren nahezu unersetzlich.	
Politische Risiken Risikoklasse: mittel	Südafrika ist mit weitem Abstand der größte Produzent von Rhodium. Von diesem Land ist der Einsatz von Rohstoffen als politisches Instrument nicht bekannt und derzeit auch nicht zu erwarten.	
Bedeutung für Bayern	Hoch – Über 80 Prozent der Weltproduktion wird für KFZ-Abgaskatalysatoren verwendet.	

Silber

Risikoklasse 3er Skala	mittel	
Einsatzfelder	Silber wird zur Herstellung von Schmuck- und Tafelwaren, Münzen und Legierungen verwendet. Weitere Hauptverwendungen finden sich in der Film- und Photoindustrie sowie der Elektronikindustrie.	
Vorräte und Verbrauch Risikoklasse: hoch	Die Produktion von Silber belief sich 2009 auf 21.800 Tonnen Metallinhalt weltweit, während sich die sicheren und wahrscheinlichen Vorräte auf 510.000 Tonnen belaufen. Bei heutigem Produktionsniveau würden die Vorräte daher noch etwa 20 Jahre ausreichen.	
Abbauländer und Konzentration Risikoklasse: niedrig	Die Produktion (2009) konzentriert sich zu 86 Prozent auf zehn Länder, zu 60 Prozent auf fünf Länder. Diese sind Peru (19 Prozent), Mexiko (15 Prozent), China (13 Prozent), Australien (7 Prozent) und Russland (6 Prozent). Die Konzentration der Unternehmen liegt hingegen niedriger. Zehn Unternehmen vereinen einen Weltmarktanteil von fast 40 Prozent auf sich, die fünf größten Unternehmen kommen auf rund 25 Prozent.	
Preisentwicklung Risikoklasse: mittel	Der Preis für Silber ist in den letzten Jahren deutlich gestiegen. Ende 2005 lag er bei unter 10 US-Dollar je Feinunze und erreichte Anfang 2008 die 20 Dollar-Marke. Nach einem Rückgang bis Ende 2008 auf unter 10 Dollar, stieg der Preis für eine Feinunze seitdem kontinuierlich bis auf weit über 30 Dollar Anfang 2011.	
Substitutionsmöglichkeiten Risikoklasse: niedrig	Silber kann vollständig wieder verwendet und in einigen Verwendungen durch Aluminium, Rhodium, Tantal oder Edelstahl ersetzt werden.	
Zukunftsrelevanz Risikoklasse: mittel	Kein anderer Rohstoff leitet Strom so gut wie Silber und daher ist mit einer hohen Nachfrage dieses Materials in der RFID- und allgemein in der IuK-Technologie zu rechnen. Die Mengen sind aber überschaubar.	
Politische Risiken Risikoklasse: mittel	Silber wird überwiegend in südamerikanischen Ländern abgebaut, in denen nicht mit einer Instrumentalisierung zu rechnen ist. Aber auch China fördert verstärkt.	
Bedeutung für Bayern	Eher niedrig	


Baryt

Risikoklasse 3er Skala	niedrig 
Einsatzfelder	Baryt wird hauptsächlich als Bohrspülung und Füllstoff (u. a. in Papier und Farbe) verwendet und außerdem zur Herstellung von BA-Chemikalien, Schwerbetonzuschlag oder Röntgenkontrastmitteln.
Vorräte und Verbrauch Risikoklasse: eher hoch	Die weltweite Barytproduktion belief sich 2009 auf etwa 6 Mio. Tonnen, während sich die sicheren und wahrscheinlichen Vorräte auf 240 Mio. Tonnen belaufen. Bei heutigem Produktionsniveau würden die Vorräte daher noch knapp 40 Jahre ausreichen.
Abbauländer und Konzentration Risikoklasse: eher mittel	Die Produktion (2008) konzentriert sich zu 85 Prozent auf fünf Länder. Diese sind China (52 Prozent), Indien (12 Prozent), Marokko (8 Prozent), USA (7 Prozent) und Kasachstan (6 Prozent).
Preisentwicklung Risikoklasse: niedrig	Der Preis für Baryt lag von Ende 2005 bis Anfang 2009 bei 145 Britischen Pfund je Tonne. Für den weiteren Zeitraum liegen keine Informationen vor.
Substitutionsmöglichkeiten Risikoklasse: niedrig	In der Herstellung von BA-Chemikalien kann es durch Witherit ersetzt werden. In seiner Funktion als Bohrspülung sind Hämatit, Pyrit, Siderit, Witherit, Coelestin oder Eisenoxid-schlacke aus Pyritröstung geeignete Ersatzstoffe. In Farben kann es durch Kalkstein, Kaolin oder Titandioxid und als Füllstoff durch Kalkstein oder Dolomitstein substituiert werden.
Zukunftsrelevanz Risikoklasse: niedrig	Für Zukunftstechnologien spielt Baryt voraussichtlich keine große Rolle.
Politische Risiken Risikoklasse: niedrig	Auch die Gefahr, dass Baryt strategisch eingesetzt werden könnte, ist eher gering.
Bedeutung für Bayern	Eher niedrig


Bentonit

Risikoklasse 3er Skala	niedrig 
Einsatzfelder	Bentonit findet in vielen Bereichen Verwendung. Hauptsächlich jedoch in der Gießereiindustrie (33 Prozent), bei der Pelletisierung von Eisenerzen (21 Prozent), zur Herstellung von Katzenstreu (19 Prozent), als Dichtemittel in der Bauindustrie (8 Prozent), als Spü-lungszusatz in der Bohrindustrie (6 Prozent) und in der Papierherstellung (2 Prozent). Weitere Verwendung (11 Prozent) findet Bentonit beispielsweise in der Herstellung von Margarine, Speiseöl, Kosmetika, Salben oder als Katalysator und Füllstoff in der Chemi-schen Industrie.
Vorräte und Verbrauch Risikoklasse: eher niedrig	Die weltweite Bentonitproduktion belief sich 2009 auf knapp 10 Mio. Tonnen, während sich die sicheren und wahrscheinlichen Vorräte auf 1,4 Milliarden Tonnen belaufen. Bei heutigem Produktionsniveau würden die Vorräte daher noch über 100 Jahre ausreichen.
Abbauländer und Konzentration Risikoklasse: eher niedrig	Die Produktion (2007) konzentriert sich zu 67,6 Prozent auf fünf Länder bzw. Regionen. Diese sind USA (40,5 Prozent), China (k.A.), Griechenland (8,0 Prozent), Türkei (7,8 Pro-zent), die GUS (6,3 Prozent) und Italien (5,0 Prozent).
Preisentwicklung Risikoklasse: niedrig	Der Preis für Bentonit ist in den letzten Jahren gestiegen. Lag er von Ende 2005 bis Juli 2006 noch bei rund 69 US-Dollar pro Tonne, stieg er anschließend auf etwa 74,5 Dollar. Dieser Preis blieb konstant bis März 2008. Seit diesem Zeitpunkt kostet ein Tonne Bentonit rund 88 Dollar.
Substitutionsmöglichkeiten Risikoklasse: eher niedrig	Substitutionsmöglichkeiten bestehen teilweise durch Palygorskit, Sepiolith, Halloysit, Kaolinit oder synthetische Chemikalien.
Zukunftsrelevanz Risikoklasse: niedrig	Für Zukunftstechnologien spielt Bentonit voraussichtlich keine große Rolle.
Politische Risiken Risikoklasse: niedrig	Auch die Gefahr, dass Bentonit strategisch eingesetzt werden könnte, ist eher gering.
Bedeutung für Bayern	Eher niedrig


Feldspat

Risikoklasse 3er Skala	niedrig	
Einsatzfelder	Feldspat wird vorwiegend bei der Herstellung von Keramik (55 Prozent) und Glas (35 Prozent), sowie untergeordnet in Glasuren, als Füllstoff, in Seifen und Scheuermitteln verwendet.	
Vorräte und Verbrauch Risikoklasse: niedrig	Die weltweite Produktion von Feldspat belief sich 2009 auf 20 Mio. Tonnen Metallinhalt, während die sicheren und wahrscheinlichen Vorräte als praktisch unbegrenzt angenommen werden.	
Abbauländer und Konzentration Risikoklasse: eher niedrig	Die Produktion (2008) konzentriert sich etwa zwei Drittel auf fünf Länder. Diese sind Italien (22 Prozent), Türkei (17 Prozent), Deutschland (15 Prozent), China (11 Prozent) und Japan (3 Prozent).	
Preisentwicklung Risikoklasse: niedrig	Der Preis für Feldspat lag seit Ende 2005 bis einschließlich Anfang 2009 bei 74,41 US-Dollar je Tonne.	
Substitutionsmöglichkeiten Risikoklasse: niedrig	Feldspat kann in einigen Verwendungen durch Soda, Baryt oder feldspatreiche Gesteine ersetzt werden.	
Zukunftsrelevanz Risikoklasse: eher niedrig	Für Zukunftstechnologien spielt Feldspat voraussichtlich keine große Rolle.	
Politische Risiken Risikoklasse: niedrig	Auch die Gefahr, dass Feldspat strategisch eingesetzt werden könnte, ist eher gering bzw. kaum möglich, da weltweit große Vorkommen vorhanden sind.	
Bedeutung für Bayern	Niedrig	

Fluorit

Risikoklasse 3er Skala	mittel	
Einsatzfelder	Hauptverwendung findet Fluorit als Flussmittel bei der Stahl- und Gusseisenerzeugung, bei der Herstellung von Schweißelektroden, in der chemischen Industrie (Fluorkohlenwasserstoff), bei der Herstellung von Fritten, Emailen, Glasuren und für optische Anwendungen (Gläser für Linsen und Prismen, Spektroskopie).	
Vorräte und Verbrauch Risikoklasse: eher hoch	Die weltweite Produktion von Fluorit belief sich 2009 auf 5,5 Mio. Tonnen, während die sicheren und wahrscheinlichen Vorräte etwa 230 Mio. Tonnen betragen. Bei heutigem Produktionsniveau würden die Vorräte daher noch etwa 40 Jahre ausreichen.	
Abbauländer und Konzentration Risikoklasse: eher mittel	Die Produktion konzentriert sich zu 86 Prozent auf fünf Länder. Diese sind China (54 Prozent), Mexiko (17 Prozent), Mongolei (6 Prozent), Südafrika (5 Prozent) und Russland (4 Prozent).	
Preisentwicklung Risikoklasse: mittel	Der Preis für Fluorit ist in den letzten Jahren teilweise gestiegen. Ende 2005 lag er bei 235 US-Dollar je Tonne, Ende 2008 bei 540 Dollar und Anfang 2011 wieder deutlich tiefer bei 385 Dollar.	
Substitutionsmöglichkeiten Risikoklasse: mittel	Fluorit kann in seiner Verwendung als Hüttenspat bedingt durch Borate, Kalk- und Dolomitstein, Bauxit, Olivin, Serpentin, Mn-Erze, Fe/Mn-Erze, Titanerze oder Soda ersetzt werden. Als Keramikspat teilweise durch synthetisches Kryolith.	
Zukunftsrelevanz Risikoklasse: mittel	Breiter Einsatz, selten kritisch für Hochtechnologien	
Politische Risiken Risikoklasse: mittel	Über die Hälfte der Weltproduktion kommt aus China.	
Bedeutung für Bayern	Eher niedrig	


Gips und Anhydrit

Risikoklasse 3er Skala	niedrig	
Einsatzfelder	Die Verwendungsmöglichkeiten für Gips und Anhydrit sind vielseitig. Sie dienen unter anderem der Herstellung von Bauelementen, als Bindemittel für Innenausbau und Tiefbau, als Abbindeverzögerer für Zement, als verfahrenstechnische Hilfsmittel, als Entsorgungshilfsstoffe, zur Herstellung von Spezialgipsen, Füll- und Trägerstoffen sowie als Düngemittel und Schmierrohstoff.	
Vorräte und Verbrauch Risikoklasse: niedrig	Die weltweite Produktion belief sich 2009 auf 148 Mio. Tonnen, während die sicheren und wahrscheinlichen Vorräte in den Statistiken nicht genannt sind, aber als ausreichend bezeichnet werden.	
Abbauländer und Konzentration Risikoklasse: niedrig	Die Produktion (2009) konzentriert sich zu knapp 60 Prozent auf fünf Länder. Diese sind China (30 Prozent), Iran (9 Prozent), Spanien (8 Prozent), die USA und Thailand (jeweils 6 Prozent).	
Preisentwicklung Risikoklasse: niedrig	Die Datenlage ist intransparent. Aufgrund von Expertenschätzungen wird Gips und Anhydrit aber in eine niedrige Risikoklasse eingestuft.	
Substitutionsmöglichkeiten Risikoklasse: niedrig	In einigen Verwendungen kann alternativ REA-Gips verwendet werden. Bei der Herstellung chemischer Produkte bestehen Substitutionsmöglichkeiten durch Schwefel, in der Glasindustrie durch Natriumsulfat. Kalk oder Zement können als Basis für alternative Putze und Bindemittel genutzt werden.	
Zukunftsrelevanz Risikoklasse: niedrig	Für Zukunftstechnologien spielt Gips voraussichtlich keine große Rolle.	
Politische Risiken Risikoklasse: niedrig	Aufgrund seiner breiten Vorkommen und seiner Eigenschaft als einer der größten Sekundärrohstoffe ist von der politischen Seite keine Gefahr zu erwarten.	
Bedeutung für Bayern	Mittel – viel verwendeter Baustoff	

Glimmer

Risikoklasse 3er Skala	niedrig	
Einsatzfelder	Glimmer wird als Farb- und Putzzusatz, als Füllstoff (Papier, Kunststoff, Gummi, Spachtelmasse), zur Herstellung von Schalldämmstoffen, Kosmetikartikeln, Keramik, Isoliermaterial in der Elektronik, Feuerlöschpulver, Korrosionsschutzgrundierungen und Bohrspülungen verwendet.	
Vorräte und Verbrauch Risikoklasse: niedrig	Die weltweite Produktion belief sich 2009 auf etwa 380.000 Tonnen, während die sicheren und wahrscheinlichen Vorräte sehr groß sind und daher allgemein nicht beziffert werden.	
Abbauländer und Konzentration Risikoklasse: niedrig	Die Produktion konzentriert sich zu 84 Prozent auf fünf Länder. Diese sind Russland (26 Prozent), USA (24 Prozent), Finnland (18 Prozent), Südkorea (11 Prozent) und Frankreich (5 Prozent).	
Preisentwicklung Risikoklasse: niedrig	Die Datenlage ist intransparent. Aufgrund von Expertenschätzungen wird Glimmer aber in eine niedrige Risikoklasse eingestuft.	
Substitutionsmöglichkeiten Risikoklasse: niedrig	Abhängig vom Einsatzgebiet bestehen vielseitige Substitutionsmöglichkeiten. Für elektronische Anwendungen beispielsweise kann er durch synthetischen Glimmer, als Füllstoff durch ATH, Baryt, Calciumcarbonat, Diatomit, Feldspat, Kaolin, Nephelinsyenit, Perlit, Talk, Quarz- / Cristobalitmehle, Wollastonit und als Schmierstoff u. a. durch Graphit und Li-Fette ersetzt werden.	
Zukunftsrelevanz Risikoklasse: niedrig	Für Zukunftstechnologien spielt Glimmer voraussichtlich keine große Rolle.	
Politische Risiken Risikoklasse: niedrig	Die Gefahr, dass Glimmer strategisch eingesetzt werden könnte, ist eher gering bzw. kaum möglich, da weltweit große Vorkommen vorhanden sind.	
Bedeutung für Bayern	Mittel – als Baustoff und in der Keramikfertigung	

Graphit

Risikoklasse 3er Skala	hoch	
Einsatzfelder	Graphit wird vorwiegend zur Herstellung von Schmelzriegeln und Feuerfestprodukten (45 Prozent), Reibbelägen und Kohlebürsten, Batterien und Brennstoffzellen, Kunststoffen, Bleistiften, für Graphitdispersionen und in der Pulvermetallurgie verwendet.	
Vorräte und Verbrauch Risikoklasse: niedrig	Die weltweite Graphitproduktion belief sich 2009 auf rund 1,1 Mio. Tonnen Metallinhalt, während die sicheren und wahrscheinlichen Vorräte 800 Mio. Tonnen betragen. Bei heutigem Produktionsniveau würden die Vorräte damit noch über 700 Jahre ausreichen.	
Abbauländer und Konzentration Risikoklasse: hoch	Die Produktion (2008) konzentriert sich zu knapp 95 Prozent auf fünf Länder. Diese sind China (71 Prozent), Indien (12 Prozent), Brasilien (7 Prozent), Nordkorea (3 Prozent) und Kanada (2 Prozent).	
Preisentwicklung Risikoklasse: mittel	Der Preis für Graphit ist in den letzten Jahren deutlich gestiegen. Lag er Anfang 2006 noch bei rund 730 US-Dollar pro Tonne, überschritt er Ende 2007 die 1000 Dollar-Marke und betrug Ende 2010 rund 1.400 Dollar.	
Substitutionsmöglichkeiten Risikoklasse: hoch	In den meisten Verwendungen ist Graphit schwer zu ersetzen. Bedingte Substitutionsmöglichkeiten liegen in der Verwendung von synthetischem Graphit, Molybdändisulfid, Talk oder Lithium (bei Batterien).	
Zukunftsrelevanz Risikoklasse: mittel	Graphit ist sehr vielfältig einsetzbar und daher ein Grundstoff vieler Zukunftstechnologien.	
Politische Risiken Risikoklasse: mittel	China und Indien stellen über 80 Prozent der Weltproduktion her. Beide Länder setzen Rohstoffe bereits strategisch ein; es gibt jedoch auch in andern Teilen der Welt ausreichend Graphit.	
Bedeutung für Bayern	Mittel – Graphit wird unter anderem auch für Brennstoffzellen und Batterien benötigt (als Elektrode).	


Kalisalz

Risikoklasse 3er Skala	niedrig	
Einsatzfelder	Kalisalz wird hauptsächlich als Düngemittel, Industriechemikalie und zur Herstellung von Kalium und seinen Verbindungen verwendet.	
Vorräte und Verbrauch Risikoklasse: niedrig	Die weltweite Produktion von Kalisalz belief sich 2009 auf knapp 21 Mio. Tonnen K ₂ O, während die sicheren und wahrscheinlichen Vorräte etwa 9,5 Milliarden Tonnen betragen. Bei heutigem Produktionsniveau würden die Vorräte damit noch über 450 Jahre ausreichen.	
Abbauländer und Konzentration Risikoklasse: niedrig	Die Produktion konzentriert sich zu etwa 70 Prozent auf fünf Länder. Diese sind Kanada (20 Prozent), Weißrussland (15 Prozent), Russland (14 Prozent), China (11 Prozent) und Deutschland (9 Prozent).	
Preisentwicklung Risikoklasse: mittel	Der Preis für Kalisalz ist in den letzten Jahren zum Teil deutlich gestiegen. Lag er Anfang 2006 noch bei rund 153 US-Dollar je Tonne, stieg er bis Mitte 2008 auf über 800 Dollar. Bis Ende 2010 halbierte sich der Preis jedoch wieder.	
Substitutionsmöglichkeiten Risikoklasse: hoch	Kalisalz kann nicht durch andere Stoffe ersetzt werden.	
Zukunftsrelevanz Risikoklasse: niedrig	Kalisalz wird vorwiegend als Düngemittel eingesetzt. Für Zukunftstechnologien wird der Rohstoff daher keine wichtige Rolle spielen, gleichwohl aber bei einer zunehmenden Intensivierung der Landwirtschaft.	
Politische Risiken Risikoklasse: niedrig	Aufgrund der reichhaltigen Vorkommen sind hier keine Komplikationen zu erwarten. Kalisalz ist einer der wenigen Rohstoffe, die in Deutschland in großen Mengen abgebaut werden können.	
Bedeutung für Bayern	Niedrig	

Kaolin

Risikoklasse 3er Skala	niedrig	
Einsatzfelder	Hauptverwendungen für Kaolin liegen in der Beschichtung von Papier (45 Prozent) sowie in der Nutzung als Keramikrohstoff, Füllstoff, Extender, Adsorptionsmittel, zur Synthese von Aluminium und der Herstellung von Spezialzementen.	
Vorräte und Verbrauch Risikoklasse: niedrig	Die weltweite Rohkaolinproduktion belief sich 2009 auf 33 Mio. Tonnen, während die sicheren und wahrscheinlichen Vorräte mehrere Milliarden Tonnen betragen. Bei heutigem Produktionsniveau sollten die Vorräte damit noch einige 100 Jahre ausreichen.	
Abbauländer und Konzentration Risikoklasse: niedrig	Die Produktion konzentriert sich zu etwa zwei Drittel auf fünf Länder bzw. Regionen. Diese sind USA (25 Prozent), China (15 Prozent), Deutschland (14 Prozent), Brasilien (10 Prozent) und Großbritannien (5 Prozent).	
Preisentwicklung Risikoklasse: niedrig	Der Preis für Kaolin war in den letzten Jahren konstant. Er lag seit Anfang 2006 bis Mitte 2009 bei 99,21 US-Dollar pro Tonne.	
Substitutionsmöglichkeiten Risikoklasse: niedrig	In einigen Verwendungen kann Kaolin u. a. durch Talk, Baryt, Kalkstein, Diatomit, Glimmer, Zeolithe oder Pyrophyllit ersetzt werden.	
Zukunftsrelevanz Risikoklasse: niedrig	Für Zukunftstechnologien spielt Kaolin voraussichtlich keine große Rolle.	
Politische Risiken Risikoklasse: niedrig	Aufgrund der weltweiten Vorkommen kann Kaolin kaum als politisches Instrument eingesetzt werden.	
Bedeutung für Bayern	Niedrig	

Phosphate

Risikoklasse 3er Skala	mittel	
Einsatzfelder	Phosphate werden hauptsächlich zur Herstellung von Düngemitteln und Phosphorsäure verwendet.	
Vorräte und Verbrauch Risikoklasse: eher niedrig	Die weltweite Phosphatproduktion belief sich 2009 auf 166 Mio. Tonnen, während die sicheren und wahrscheinlichen Vorräte 65 Milliarden Tonnen betragen. Bei heutigem Produktionsniveau würden die Vorräte damit noch fast 400 Jahre ausreichen.	
Abbauländer und Konzentration Risikoklasse: mittel	Die Produktion (2009) konzentriert sich zu etwa drei Viertel auf fünf Länder. Diese sind China (35 Prozent), USA (17 Prozent), Marokko (15 Prozent), Russland (6 Prozent) und Tunesien (4 Prozent).	
Preisentwicklung Risikoklasse: hoch	Der Preis für Phosphate lag seit Anfang 2006 konstant bei 46 US-Dollar pro Tonne. Im September 2008 stieg er sprunghaft auf 100 Dollar an und blieb bis Anfang 2009 konstant. Für den folgenden Zeitraum liegen keine Daten vor.	
Substitutionsmöglichkeiten Risikoklasse: hoch	Phosphate können nicht durch andere Stoffe substituiert werden.	
Zukunftsrelevanz Risikoklasse: mittel	Hoch, weil der Rohstoff essentiell für die Nahrungsmittelproduktion (bei einer wachsenden Weltbevölkerung) und nicht substituierbar ist.	
Politische Risiken Risikoklasse: hoch	Wesentliche Reserven liegen in Nordafrika und China.	
Bedeutung für Bayern	Eher niedrig	

Quarzsand

Risikoklasse 3er Skala	niedrig	
Einsatzfelder	Quarzsande werden als Formmedium in der Glas- und der Gießereiindustrie verwendet. Darüber hinaus werden Quarzsande beispielsweise bei der Herstellung von Keramik und Glasfasern benötigt.	
Vorräte und Verbrauch Risikoklasse: niedrig	Die weltweiten Vorräte von Quarzsand werden als praktisch unbegrenzt angegeben. Daten zu Produktion und Reserven sind nicht vorhanden.	
Abbauländer und Konzentration Risikoklasse: niedrig	Die Länder mit den größten Förderungen sind die USA (25 Prozent), Slowenien (11 Prozent) und Deutschland (8 Prozent). Die Konzentration ist aufgrund der großen Vorkommen unkritisch.	
Preisentwicklung Risikoklasse: niedrig	Die Datenlage ist intransparent. Aufgrund von Expertenschätzungen wird Gips und Anhydrit aber in eine niedrige Risikoklasse eingestuft.	
Substitutionsmöglichkeiten Risikoklasse: hoch	Eine Substitution ist nicht notwendig aufgrund der großen Vorräte.	
Zukunftsrelevanz Risikoklasse: mittel	Die Zukunftsrelevanz von Quarzsanden wird als eher unterdurchschnittlich bewertet. Zukunftsrelevant sind Glasfasern und möglicherweise generell spezifische Glasformen für die Photovoltaik.	
Politische Risiken Risikoklasse: niedrig	Aufgrund der fast ubiquitären Verfügbarkeit sind keine politischen Risiken erkennbar.	
Bedeutung für Bayern	Mittel	

Schwefel

Risikoklasse 3er Skala	niedrig	
Einsatzfelder	Schwefel wird in der chemischen und der pharmazeutischen Industrie genutzt. Schwefelsäure, Farbstoffe, Insektizide und Kunstdünger brauchen das Mineral als Grundstoff.	
Vorräte und Verbrauch Risikoklasse: niedrig	Schwefel kommt sehr häufig vor. Bei einer Jahresproduktion von etwa 68 Mio. Tonnen ist die Reichweite dieses Nichtmetalls als unproblematisch einzustufen.	
Abbauländer und Konzentration Risikoklasse: niedrig	Die fünf größten Produktionsländer vereinen über 50 Prozent der Weltproduktion auf sich: USA und China (jeweils rund 14 Prozent), Russland und Kanada (jeweils rund 10 Prozent), Kanada und Deutschland (6 Prozent).	
Preisentwicklung Risikoklasse: niedrig	Die Datenlage ist intransparent. Aufgrund von Expertenschätzungen wird Gips und Anhydrit aber in eine niedrige Risikoklasse eingestuft.	
Substitutionsmöglichkeiten Risikoklasse: niedrig	Eine Substitution ist nicht notwendig aufgrund der großen Vorräte.	
Zukunftsrelevanz Risikoklasse: mittel	Schwefel kann als Legierungselement für Stahl genutzt werden. Insgesamt ist die zukünftige Bedeutung aber eher durchschnittlich einzustufen.	
Politische Risiken Risikoklasse: niedrig	Politische Risiken sind nicht erkennbar.	
Bedeutung für Bayern	Mittel	

Steinsalz

Risikoklasse 3er Skala	niedrig	
Einsatzfelder	Steinsalz macht rund 70 Prozent der gesamten Weltsalzproduktion aus. Steinsalz wird insbesondere in der Industrie verarbeitet, um Chlor oder Natrium zu gewinnen. Der Rest wird zu Speisesalz verarbeitet.	
Vorräte und Verbrauch Risikoklasse: niedrig	Die weltweiten Vorräte von Steinsalz sind als nahezu unbegrenzt einzustufen. Die Weltproduktion betrug 2009 etwa 280 Mio. Tonnen.	
Abbauländer und Konzentration Risikoklasse: niedrig	Die fünf größten Produktionsländer vereinen rund 60 Prozent der Weltproduktion auf sich: USA (24 Prozent), China (19 Prozent), Indien und Deutschland (jeweils etwa 6 Prozent) und Australien (5 Prozent).	
Preisentwicklung Risikoklasse: niedrig	Die Datenlage ist intransparent. Aufgrund von Expertenschätzungen wird Gips und Anhydrit aber in eine niedrige Risikoklasse eingestuft.	
Substitutionsmöglichkeiten Risikoklasse: niedrig	Eine Substitution ist nicht notwendig aufgrund der großen Vorräte.	
Zukunftsrelevanz Risikoklasse: niedrig	Steinsalz wird für Zukunftstechnologien eine untergeordnete Rolle spielen.	
Politische Risiken Risikoklasse: niedrig	Aufgrund der reichen Vorkommen sind keine politischen Risiken erkennbar.	
Bedeutung für Bayern	Niedrig	


Zement

Risikoklasse 3er Skala	niedrig	
Einsatzfelder	Zement wird für Infrastrukturprojekte benötigt. Der Jahresverbrauch an Zement zeigt somit vor allem die Intensität der Bautätigkeit in einer Region.	
Vorräte und Verbrauch Risikoklasse: niedrig	Die Rohstoffe für Zement sind in der Regel Kalkstein, Ton, Sand und Eisenerz, die mit Gips und Anhydrit zu Zement vermahlen werden. Den größten Bedarf an Zement hat derzeit China, dort werden rund die Hälfte der Weltproduktion von etwa 3 Mrd. Tonnen verbaut. Die statische Reichweite der benötigten Rohstoffe ist sehr hoch.	
Abbauländer und Konzentration Risikoklasse: niedrig	China ist mit über 50 Prozent das größte Produktionsland. Es folgt Indien mit etwa 5 Prozent. Die weiteren Länder stellen jeweils 2 Prozent oder weniger der Weltproduktion her.	
Preisentwicklung Risikoklasse: niedrig	Die Datenlage ist intransparent. Aufgrund von Expertenschätzungen wird Gips und Anhydrit aber in eine niedrige Risikoklasse eingestuft.	
Substitutionsmöglichkeiten Risikoklasse: niedrig	Eine Substitution ist nicht notwendig aufgrund der großen Vorräte.	
Zukunftsrelevanz Risikoklasse: niedrig	Zement wird für Zukunftstechnologien eine untergeordnete Rolle spielen.	
Politische Risiken Risikoklasse: niedrig	Aufgrund der reichen Vorkommen sind keine politischen Risiken erkennbar.	
Bedeutung für Bayern	Eher niedrig	


Zirkon

Risikoklasse 3er Skala	mittel	
Einsatzfelder	Aufgrund des sehr hohen Schmelzpunktes wird Zirkon zur Herstellung von Schmelzriegeln und abrasionsfesten Werkstoffen wie Zahnbrücken verwendet.	
Vorräte und Verbrauch Risikoklasse: niedrig	Zirkon hat derzeit noch eine statische Reichweite von etwa 50 Jahren. 2009 wurden weltweit etwa 1,2 Mio. Tonnen Zirkonium produziert.	
Abbauländer und Konzentration Risikoklasse: mittel	Die größten Produktionsländer sind Australien (39 Prozent), Südafrika (29 Prozent), USA (7 Prozent).	
Preisentwicklung Risikoklasse: niedrig	Die Datenlage ist intransparent. Aufgrund von Expertenschätzungen wird Gips und Anhydrit aber in eine niedrige Risikoklasse eingestuft.	
Substitutionsmöglichkeiten Risikoklasse: mittel	Eine Substitution erscheint in mittelfristiger Zukunft nicht notwendig aufgrund der großen Vorräte – generell sind die Substitutionsmöglichkeiten aber stark eingeschränkt.	
Zukunftsrelevanz Risikoklasse: mittel	Zirkon kann für Zukunftstechnologien aufgrund des hohen Schmelzpunktes eine Rolle spielen.	
Politische Risiken Risikoklasse: mittel	Aufgrund der reichen Vorkommen sind kaum politische Risiken erkennbar.	
Bedeutung für Bayern	Mittel	

Seltenerdmetalle

Risikoklasse 3er Skala	hoch	
Einsatzfelder	Seltenerdmetalle, oft auch verkürzt Seltene Erden genannt, werden insbesondere in Katalysatoren, Leuchtstoffen, Lasertechnik, Handys, MP3-Spielern, Windkraftturbinen oder Festplatten verwendet.	
Vorräte und Verbrauch Risikoklasse: niedrig	Die weltweite Produktion von Seltenerdmetallen belief sich 2009 auf mindestens 124.000 Tonnen, während die sicheren und wahrscheinlichen Vorräte 99 Mio. Tonnen betragen. Bei heutigem Produktionsniveau würden die Vorräte daher noch mehrere hundert Jahre ausreichen. Problematisch ist, dass die Metalle in sehr geringen Konzentrationen vorkommen und dementsprechend nur unter hohem Aufwand gewonnen werden können. Bei einer jährlichen zehnprozentigen Steigerung des Verbrauchs bei gleichbleibender Produktion wären die Vorkommen allerdings schon in 46 Jahren erschöpft.	
Abbauländer und Konzentration Risikoklasse: seh hoch	Die Produktion konzentriert sich zu rund 97 Prozent auf China. Auch die Reserven liegen zu einem großen Teil in China sowie den GUS-Staaten. China produzierte rund 120.000 Tonnen.	
Preisentwicklung Risikoklasse: seh hoch	Insbesondere im letzten Jahr gab es exorbitante Preissteigerungen von teilweise über 1.000 Prozent gegenüber den Vorjahren bei den Seltenerdmetallen Yttrium, Scandium und Neodym.	
Substitutionsmöglichkeiten Risikoklasse: hoch	Ohne Leistungseinbußen ist eine Substitution von Seltenerdmetallen derzeit für viele Anwendungen nicht absehbar.	
Zukunftsrelevanz Risikoklasse: seh hoch	Seltenerdmetallen werden für moderne und effiziente Leuchtmittel, für neue Antriebskonzepte (Hybridfahrzeuge) und verschiedene elektronische Anwendungen benötigt.	
Politische Risiken Risikoklasse: seh hoch	Die hohe Konzentration in China stellt ein hohes Risiko strategischer Handelspolitik dar. Hier bestehen bisher schon erhebliche Beschränkungen.	
Bedeutung für Bayern	Aufgrund der hohen Bedeutung für High-Tech Branchen, die in Bayern tätig sind, ist die Bedeutung für Bayern sehr hoch einzuschätzen.	

Spezialmetalle (Germanium, Gallium, Indium, Selen)

Risikoklasse 3er Skala	hoch	
Einsatzfelder	Spezialmetalle werden in notwendigen Kleinstmengen etwa für die Herstellung von Leuchtdioden, Solarzellen oder Halbleitern verwendet.	
Vorräte und Verbrauch Risikoklasse: mittel	Spezialmetalle werden fast ausschließlich als Nebenprodukte bei der Produktion von Zink, Blei, Kupfer oder Aluminium gewonnen. Die statische Reichweite der Metalle variiert sehr stark, für Indium werden beispielsweise nur 18 Jahre angegeben, während Gallium mit heutigem Produktionsniveau noch mehrere hundert Jahre abgebaut werden kann.	
Abbauländer und Konzentration Risikoklasse: sehr hoch	Die Produktion konzentriert sich zu einem großen Teil auf China	
Preisentwicklung Risikoklasse: hoch	In den letzten Jahren stiegen die Preise vieler Spezialmetalle deutlich an, blieben aber dennoch weit hinter den Preissteigerungen von Seltenerdmetallen zurück.	
Substitutionsmöglichkeiten Risikoklasse: hoch	Spezialmetalle können nach heutigem Kenntnisstand aufgrund ihrer meist sehr spezifischen Verwendung zum Großteil nicht substituiert werden.	
Zukunftsrelevanz Risikoklasse: sehr hoch	Spezialmetalle werden für moderne und effiziente Leuchtmittel, für Solarzellen und in der Computer- und Elektrotechnik (Halbleiter) verwendet.	
Politische Risiken Risikoklasse: sehr hoch	Die hohe Konzentration in China stellt ein hohes Risiko strategischer Handelspolitik dar. Hier bestehen bisher schon erhebliche Beschränkungen.	
Bedeutung für Bayern	Aufgrund der hohen Bedeutung für High-Tech Branchen, die in Bayern tätig sind, ist die Bedeutung für Bayern sehr hoch einzuschätzen.	

Ansprechpartner

Dr. Peter Pflieger
Abteilung Wirtschaftspolitik

Telefon 089-55178-253
Telefax 089-55178-249
peter.pflieger@vbw-bayern.de

IW Consult GmbH
Dr. Karl Lichtblau
Sprecher der Geschäftsführung

Telefon 0221-4981-759
lichtblau@iwkoeln.de

www.iwconsult.de

IW Consult GmbH
Hanno Kempermann
Referent

Telefon 0221-4981-683
kempermann@iwkoeln.de

www.iwconsult.de

Institut der deutschen Wirtschaft Köln
Dr. Hubertus Bardt
Leiter der Forschungsstelle Umwelt, Energie,
Ressourcen

Telefon 0221-4981-755
bardt@iwkoeln.de

www.iwconsult.de

Impressum

Alle Angaben dieser Publikation beziehen sich grundsätzlich sowohl auf die weibliche als auch auf die männliche Form.
Zur besseren Lesbarkeit wurde meist auf die zusätzliche Bezeichnung in weiblicher Form verzichtet.

Eine Studie der IW Consult GmbH
im Auftrag der vbw.

Herausgeber:

vbw
Vereinigung der Bayerischen
Wirtschaft e. V.

Max-Joseph-Straße 5
80333 München

www.vbw-bayern.de

© vbw 07/2011

Konzeption und Realisation:

gr_consult gmbh
vbw@gr-consult.net

Druck:

Druck & Medien Schreiber GmbH
Oberhaching

