

Rohstoffe und Ressourcen

Rohstoffsituation der bayerischen Wirtschaft

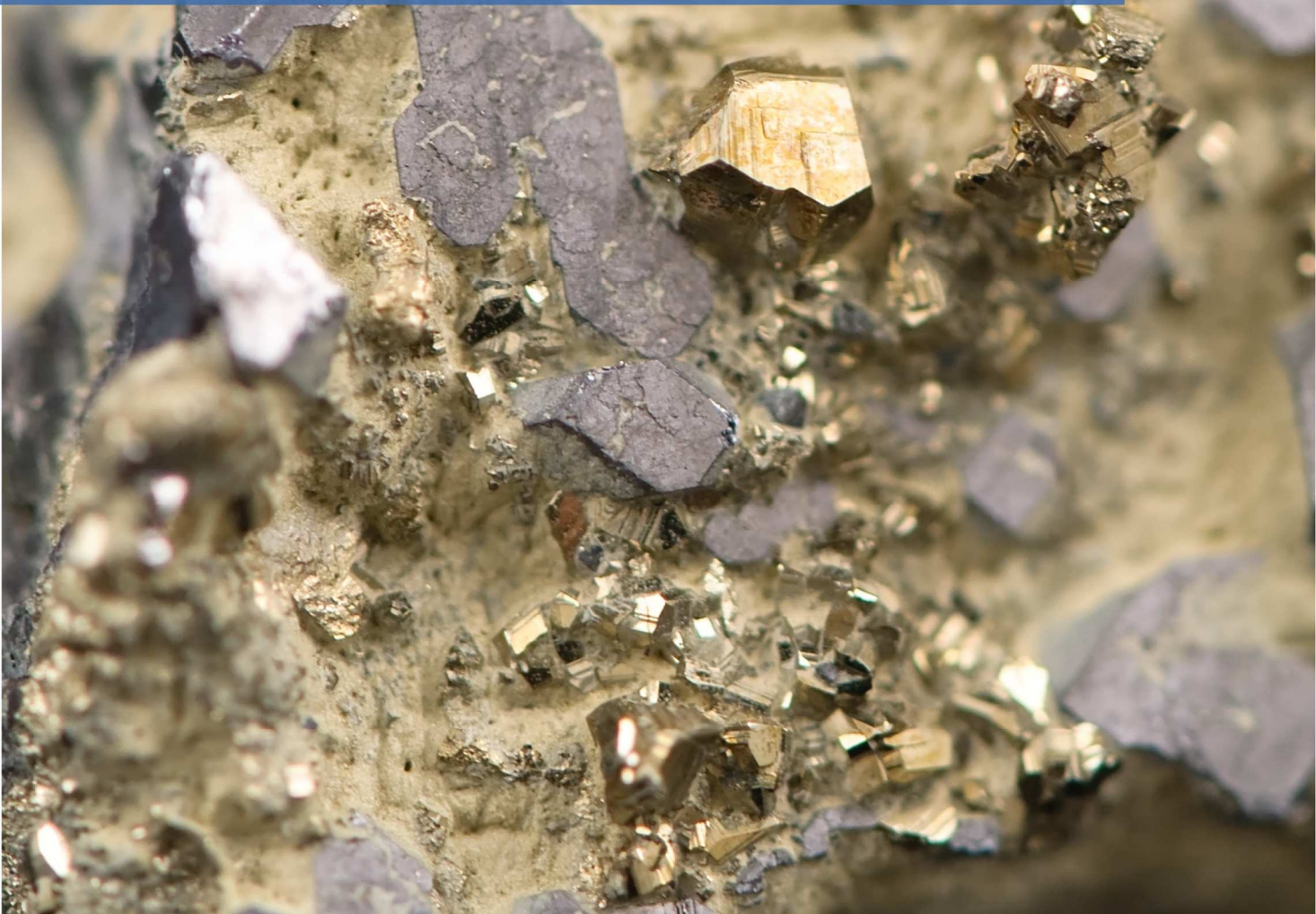
Studie

Stand: Oktober 2019

Eine vbw Studie, erstellt von Institut der deutschen Wirtschaft Köln Consult GmbH

Die bayerische Wirtschaft

vbw



Hinweis

Zitate aus dieser Publikation sind unter Angabe der Quelle zulässig.

Vorwort

Sichere Rohstoffversorgung ist Basis einer erfolgreichen Wirtschaft

Für die bayerische Industrie ist die zuverlässige Versorgung mit Rohstoffen eine wichtige Grundlage ihrer Wettbewerbsfähigkeit. Die Verfügbarkeit von Rohstoffen in ausreichender Menge und zu wirtschaftlich vertretbaren Kosten muss gesichert sein.

Die natürlichen Ressourcen sind begrenzt, gleichzeitig nimmt der Rohstoffbedarf weltweit zu. Viele Erzeugnisse der Industriebetriebe in Bayern enthalten Rohstoffe, die nur in wenigen Regionen der Welt vorkommen, wie zum Beispiel Seltene Erden. Ein Versorgungsengpass bei diesen Rohstoffen kann ganze Wertschöpfungsketten lahmlegen und damit enormen Schaden verursachen. Solche Rohstoffe kommen insbesondere bei allen Zukunftstechnologien zum Einsatz, beispielsweise für Energiespeicher, Beleuchtungssysteme oder in der Informationstechnologie.

Die vorliegende Version ist eine weitere Aktualisierung der Rohstoffstudie, die von der vbw – Vereinigung der Bayerischen Wirtschaft e. V. im September 2009 erstmals vorgelegt wurde, um Politik und Unternehmen für die zunehmende Herausforderung zu sensibilisieren. Sie analysiert die aktuelle Situation bei den einzelnen metallischen und mineralischen Rohstoffen, illustriert an den Fallbeispielen Elektromobilität und 3D-Druck, welche Verschiebungen sich im Zuge des technologischen Wandels ergeben können und zeigt entscheidende Weichenstellungen für eine sichere Rohstoffversorgung auf.

Die Sicherung der Versorgung mit Rohstoffen ist zunächst einmal Aufgabe jedes einzelnen Unternehmens. Mit langfristigen Lieferverträgen, diversifizierten Bezugswegen und einer laufenden Erforschung und Entwicklung von Substitutions- und Recyclingstrategien kommen sie ihr nach. Die betrieblichen Möglichkeiten stoßen jedoch an Grenzen.

Wichtigste Aufgaben der Europäischen Union sowie nationaler politischer Institutionen sind daher das Offenhalten der Rohstoffmärkte sowie die Pflege guter Beziehungen zu rohstoffreichen Ländern. Protektionistischen Tendenzen muss entgegengetreten und auf einen Abbau von Handelshemmnissen gedrungen werden. Zudem müssen die Grundlagenforschung zum effizienten Rohstoffeinsatz gefördert und in Zusammenarbeit mit der Wirtschaft zukunftsfeste Recyclingkonzepte entwickelt werden.

Bertram Brossardt
01. Oktober 2019

Inhalt

1	Wesentliche Ergebnisse	1
2	Die Rohstoffbasis der deutschen Wirtschaft in der Diskussion	4
3	Rohstoffe – Bedeutung und Risiken	7
3.1	Globales Wirtschaftswachstum erhöht Rohstoffnachfrage und -preise	8
3.2	Konjunktur- und Rohstoffzyklen führen zu Preisschwankungen	8
3.3	Die Rohstoffverfügbarkeit ist begrenzt	9
3.4	Steigende Grenzkosten des Rohstoffabbaus	10
3.5	Recycling als Antwort auf begrenzte Rohstoffvorkommen	10
3.6	Rohstoffvorkommen befinden sich häufig in Risikoländern	11
3.7	Rohstoffe sind Instrumente strategischer Industriepolitik	12
3.8	Preis- und Lieferkonditionen hängen von der Marktmacht einzelner Unternehmen ab	13
3.9	Große Bedeutung der Rohstoffe für Zukunftstechnologien	13
3.10	Substituierbarkeit von Rohstoffen nur begrenzt möglich	14
4	Ergebnisse des Rohstoff-Risiko-Indexes	15
4.1	Rote Gruppe	16
4.2	Orangefarbene Gruppe	21
4.3	Grüne Gruppe	24
5	Fallstudien	28
5.1	Fallstudie 1: 3D-Druck	28
5.1.1	Verfahren und Technologien	28
5.1.2	Vorteile additiver Fertigungsverfahren	30
5.1.3	Multiple Anwendungsbereiche	31
5.1.4	Verwendete Rohstoffe	33
5.2	Fallstudie 2: Batterie	37
5.2.1	Anwendungsbereiche heute und in Zukunft	37

5.2.2	Ableitung des Rohstoffbedarfs	40
5.2.3	Globaler Kapazitätsaufbau in der Batteriezellproduktion für Elektromobilität	43
5.2.4	Technologischer Wandel – Alternativen zur Lithium-Ionen-Batterie	46
6	Politische Initiativen der Rohstoffpolitik	49
6.1	Die Rohstoffstrategie der Bundesregierung	49
6.1.1	Deutsche Rohstoffagentur (DERA)	50
6.1.2	Rohstoffpartnerschaften	50
6.1.3	Netzwerk Rohstoffe	51
6.1.4	Unterstützung unternehmerischer Rohstoffstrategien	51
6.1.5	Interministerieller Ausschuss (IMA) Rohstoffe	52
6.1.6	Deutsches Ressourceneffizienzprogramm (ProgRess)	52
6.1.7	Transparenz in der Rohstoffbeschaffung	53
6.2	Die Rohstoffstrategie der Europäischen Union	55
6.3	Die Rohstoffpolitik der US-Regierung	57
7	Fazit und Handlungsempfehlungen	59
7.1	Unternehmensebene	60
7.2	Interaktive Ebene	61
7.3	Staatliche Ebene	62
	Literaturverzeichnis	66
	Abbildungsverzeichnis	70
	Tabellenverzeichnis	71
	Anhang – Aufbau des Rohstoff-Risiko-Index	72
	Anhang – Rohstoff-Steckbriefe	76
	Ansprechpartner / Impressum	119

1 Wesentliche Ergebnisse

Die Rohstoffversorgung der Wirtschaft ist eine mehrdimensionale Aufgabe

Rohstoffe stellen die Grundlage für die Produktion von Waren dar. Für einen modernen Industriestandort ist die Verfügbarkeit von Rohstoffen aller Art essenziell. Aber auch die Erbringung von Dienstleistungen setzt häufig eine solide Rohstoffversorgung voraus. Sei es, weil die Ausstattung mit Produktionsmitteln oder mit IKT-Infrastruktur eine Voraussetzung für die Dienstleistungen ist oder weil Dienstleistungen heute die Industrieprodukte vielfach im Rahmen hybrider Wertschöpfung begleiten.

Die sichere Rohstoffversorgung ist verschiedenen Risiken in unterschiedlichen Dimensionen ausgesetzt. Der hier vorgestellte Rohstoff-Risiko-Index macht die Risiken soweit wie möglich transparent und setzt sie zueinander in Verhältnis.

Zu den Risiken zählt die regionale Konzentration von Rohstoffen, die eine Importabhängigkeit Deutschlands und Europas bei vielen metallischen und mineralischen Rohstoffen begründet. Häufig bestehen in den Förderländern politische und wirtschaftliche Risiken. Politische Erwägungen können zu weiteren künstlichen Verknappungen bei der Rohstoffversorgung führen. Dieses Risiko wächst mit den zunehmenden Spannungen in der internationalen Handelspolitik. Diese Entwicklungen bleiben nicht ohne Rückwirkung auf das Preisrisiko der Rohstoffversorgung. Auch die Rolle der Rohstoffe für die zukünftige Produktion und die Möglichkeit zur Substitution bestimmen die Rohstoffrisiken mit.

Die Ergebnisse des Rohstoff-Risiko-Indexes zeigen deutlich die aktuellen und die sich verändernden Risiken der Rohstoffversorgung auf. So ist in der aktuellen Version des Rohstoff-Risiko-Indexes Kobalt als wesentlicher Bestandteil der heutigen Lithium-Ionen-Batterien der Rohstoff mit dem höchsten Versorgungsrisiko. Die Risikoeinschätzung für andere wichtige Batterierohstoffe, wie Lithium und Graphit, hat sich deutlich verschärft. Dagegen hat sich die Lage bei den Seltenen Erden gegenüber Vorgängerversionen des Rohstoff-Risiko-Indexes entspannt – auch wenn sie weiterhin zu den Hoch-Risiko-Rohstoffen zählen.

Neue Technologien können den Rohstoffbedarf nachhaltig verändern. In zwei Fallstudien werden die Wirkungen solcher Technologien erörtert:

- Der 3D-Druck verändert Produktionsprozesse und den damit verbundenen Materialbedarf. Die passgenaue Fertigung einzelner Teile vermindert den Materialausschuss und flexibilisiert die Produktion. Gleichzeitig verändern sich die Produktionsmaterialien oder die notwendige Aufbereitung des Ausgangsmaterials. Die Technologie erobert immer mehr Industriezweige und kann zur dauerhaften Veränderung der Organisation von Wertschöpfungsketten führen.

Wesentliche Ergebnisse

- Der Ausbau der Elektromobilität verändert den Materialbedarf im Bereich der wieder-aufladbaren Batterien massiv. Vor allem die Nachfrage bei Kobalt und Lithium wird sich in den nächsten fünf bis zehn Jahren vervielfachen. Der Rohstoff-Risiko-Index zeigt gleichzeitig deutlich auf, dass die Förderung dieser Rohstoffe mit hohen Risiken behaftet ist. Dabei handelt es sich vor allem um Versorgungsrisiken, die sich aus der Konzentration dieser Rohstoffe auf weniger Förderländer ergeben. Vor allem bei der Kobaltförderung sind zudem die Einhaltung von Menschenrechten, Sozial- und Umweltstandards nicht gewährleistet.

Die Bundesregierung verfolgt eine eigene Rohstoffstrategie, mit der die Unternehmen in Deutschland in ihrer Rohstoffversorgung unterstützt werden sollen, etwa durch die Verbreitung von Informationen oder die Unterstützung der Entwicklung in Förderländern. Gleichzeitig stellt die Regierung Anforderungen an die Transparenz der Rohstoffbeschaffung in der privaten Wirtschaft. Die Rohstoffpolitik der Bundesregierung steht in einem internationalen Kontext. So ist die Abstimmung mit der Europäischen Union entlang verschiedener Politikfelder eine institutionelle Notwendigkeit. Die internationale Zusammenarbeit mit Drittstaaten soll die Funktionsfähigkeit internationaler Märkte verbessern. Gleichzeitig haben Politikmaßnahmen anderer Staaten teilweise direkte Wirkung für deutsche und europäische Unternehmen.

Aus der Studie ergeben sich einige wesentliche Handlungsempfehlungen, die sich einzelnen Akteursebenen zuordnen lassen:

- Unternehmensebene: Hier zählt die kontinuierliche Analyse der eigenen Rohstoffsituation zu den wesentlichen Aufgaben. Auf Basis der gewonnenen Erkenntnisse lassen sich dann die wichtigsten Aktionsfelder identifizieren, kategorisieren und priorisieren. Der Umgang etwa mit direkten und indirekten Rohstoffabhängigkeiten, Preis- oder Versorgungsrisiken erfordern je eigene Strategien. Dazu zählen beispielsweise die Berücksichtigung von Rohstoffrisiken schon in der Konstruktion und Planung der Produkte, die Absicherung der Lieferkette durch mehrere Bezugsquellen oder die Absicherung von Preisrisiken durch Hedging oder langfristige Lieferverträge.
- Interaktive Ebene: Unternehmen, Forschungseinrichtungen und staatliche Akteure interagieren in vielfältigen Kombinationen. Durch die Zusammenarbeit lassen sich individuelle Rohstoffrisiken leichter erkennen und minimieren. Konkrete Maßnahmen sind hier unter anderem die Bildung von Einkaufskooperationen zwischen Unternehmen zur Verringerung von Liefer- und Preisrisiken, Forschungsk Kooperationen mit dem Ziel der Optimierung des Materialbedarfs oder die Unterstützung von Unternehmen bei der Informationsbeschaffung in Rohstofffragen durch staatliche Akteure wie die eigens zu diesem Zweck gegründete Deutsche Rohstoffagentur (DERA).
- Staatliche Ebene: Auf der staatlichen Ebene sind solche Maßnahmen angesiedelt, die in der Interaktion zwischen staatlichen Akteuren oder in der Wahrnehmung von Aufgaben im gesamtgesellschaftlichen Interesse liegen. Das Bemühen um die Aufrechterhaltung eines offenen und fairen Welthandels, die Unterstützung von Unternehmen im

[Wesentliche Ergebnisse](#)

internationalen Umfeld, die Flankierung gesicherter Rohstoffzugänge für die Unternehmen im Ausland zählen dazu genauso wie die staatliche Förderung der Grundlagenforschung.

2 Die Rohstoffbasis der deutschen Wirtschaft in der Diskussion

Eine sichere Rohstoffversorgung steht vor neuen Herausforderungen

Zu Beginn des Jahrzehnts stand das Thema Rohstoffversorgungssicherheit relativ weit oben auf der politischen Agenda. Hintergründe waren einerseits der starke Anstieg der Rohstoffpreise bis 2011 – mit einem nur kurzen Einbruch aufgrund der Wirtschafts- und Finanzkrise – und andererseits die chinesischen Exportrestriktionen und die dominante Stellung Chinas beim Angebot Seltener Erden. Entsprechend wurden damals auf unternehmerischer und politischer Ebene eine Reihe von Aktivitäten entfaltet.

Seit dem Preishöhepunkt Anfang 2011 wurden die wichtigsten Rohstoffe kontinuierlich billiger und sind seit zwei Jahren weitgehend stabil. Abbildung 1 zeigt dies anhand des monatlich vom Institut der deutschen Wirtschaft vorgelegten Industriemetallpreisindex (IMP-Index), der die Preise der wichtigsten Industriemetalle in Euro abbildet und damit die Perspektive der metallverarbeitenden Industrie in Deutschland einnimmt.

Abbildung 1
Industriemetallpreisindex



Quelle: IW, 2019

In Folge der moderateren Preisentwicklung ist auch das öffentliche Interesse an den

Herausforderungen der Rohstoffversorgung zurückgegangen. Geblieben sind jedoch die Rohstoffrisiken, die politisch und unternehmerisch kaum reduziert werden können:

- An der Konzentration vieler Rohstoffvorkommen in wenigen Ländern hat sich nichts geändert. Marktmacht bleibt nach wie vor ein Versorgungsrisiko.
- Der globale Rohstoffbedarf besteht weiter auf hohem Niveau.
- Recycling und Substitution sind vielfach immer noch nicht wirtschaftlich.
- Die Restriktionen im Rohstoffhandel sind nicht zurückgegangen. In einem Klima zunehmenden Protektionismus ist damit auch in nächster Zeit nicht zu rechnen.
- Die politische und soziale Stabilität in verschiedenen Förderländern ist nach wie vor kritisch, Investitionen in umweltverträglichen und sozial akzeptablen Rohstoffabbau sind in diesen Ländern weiter schwierig.

Neue Technologien verändern die Nachfrage nach bestimmten Rohstoffen teilweise gravierend. Dies zeigt sich mit Vehemenz auf dem Feld der individuellen Mobilität. Derzeit konzentriert sich die Diskussion hier auf die Batterietechnologien und die teilweise erhebliche Nachfrageausweitung für Lithium und Kobalt. Zuvor standen die Seltenen Erden wegen ihrer Bedeutung für die Fertigung leistungsfähiger Elektromotoren und der Konkurrenz zur Fertigung von Generatoren für erneuerbare Energien im Zentrum der Aufmerksamkeit.

Gemeinsam haben diese Anwendungen mit vielen weiteren Hochleistungstechnologien, dass sie auf nicht-heimischen Rohstoffen basieren. Die Risiken der Rohstoffversorgung bestehen unabhängig davon, ob die Rohstoffe für die Produktion in Deutschland selbst eingeführt werden oder ob Produkte und Zulieferungen entlang der Wertschöpfungskette aus dem Ausland stammen. Mit einer zusätzlichen Nachfrage nach Rohstoffen ergeben sich weitere Fragen:

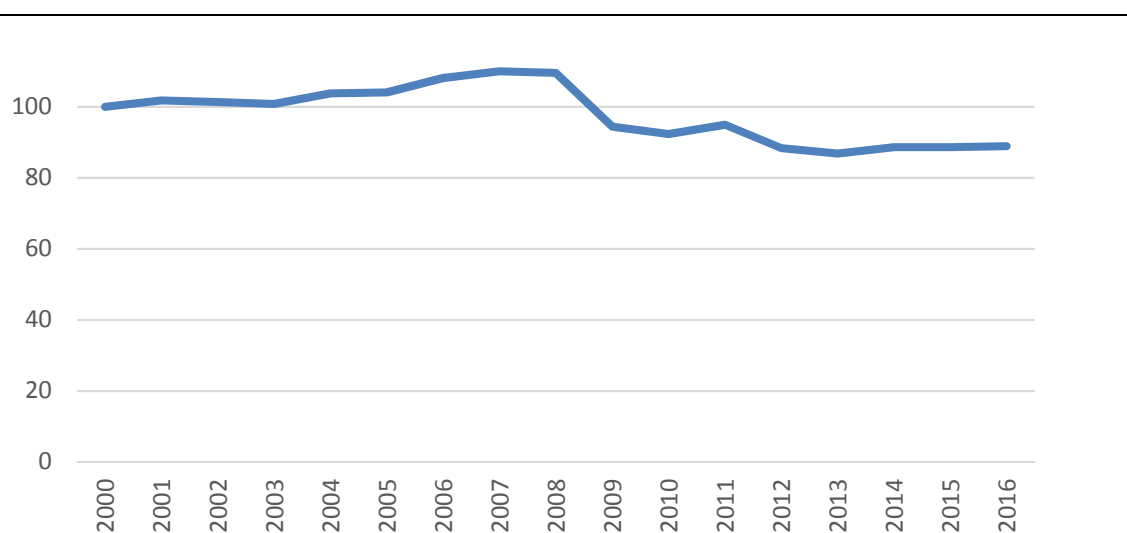
- Wer kann sein Angebot ausweiten?
- Kommen neue Akteure auf den Markt?
- Werden die Rohstoffpreise steigen?
- Ändern durch Knappheiten ausgelöste Produktinnovationen die Rohstoffnachfrage grundsätzlich?
- Wird ein sozial und ökologisch verantwortbarer Abbau möglich und nachweisbar sein?
- Kann die Sicherheit des Abbaus und die Zuverlässigkeit der Lieferketten gewährleistet werden?
- Können die Abbauländer weitere Verarbeitungsstufen im Land ansiedeln und damit in den Wettbewerb mit traditionellen Industriestandorten treten?
- Können Recyclingkreisläufe geschlossen werden und kann eine wirtschaftliche Wiederverwertung einen nennenswerten Teil der Stoffströme abdecken und damit den Primärbedarf begrenzen?

Diese Fragen haben für die unterschiedlichen Rohstoffe eine unterschiedliche Bedeutung. Die Rohstoffbasis der deutschen Volkswirtschaft wird im Prozess des technologischen Fortschritts aber generell breiter und komplexer. Ihre Bedeutung für die industrielle Hightech-Produktion nimmt zu.

Gleichzeitig gewinnt die Diskussion um verantwortliche Beschaffung und ökologische Knappheiten an Bedeutung. Dies gilt auf der internationalen Ebene bei der Kooperation mit lokalen Bergbauunternehmen, aber auch im nationalen Diskurs spielen Klimaschutz und Rohstoffeffizienz eine immer wichtigere Rolle. Hier sind auch schon Erfolge zu erkennen. So ist der Rohstoffverbrauch, der im europäischen Konsum beinhaltet ist, über die letzten Jahre immer weiter gesunken. Bei steigendem Bruttoinlandsprodukt (BIP) ist der Rohstoffverbrauch zwischen 2000 und 2016 in der EU um elf Prozent zurückgegangen. Die umweltpolitische angestrebte Entkopplung von Wohlstand und Rohstoffkonsum ist hier eingetreten¹.

Abbildung 2

Rohstoffverbrauch in Europa, 2000=100
RMC=Raw Material Consumption



Quelle: Bardt/Neligan, 2019

Die Rohstoffbasis der deutschen Wirtschaft und der deutschen Gesellschaft darf aber nicht nur unter Risiko- und Reduktionsgesichtspunkten beleuchtet werden. Moderne Technologien bieten gleichzeitig das Potenzial, den Rohstoffeinsatz zu begrenzen oder bestehende Herausforderungen durch den Einsatz von Rohstoffen zu lösen. Materialien zur Speicherung von elektrischer Energie können zu einem wichtigen „Ermöglicher“ für den Klimaschutz werden. Digitalisierungsprozesse können Emissionen verhindern und den Ressourceneinsatz auf das reduzieren, was notwendig, effizient und nachhaltig ist.

¹ Bardt/Neligan, 2019

3 Rohstoffe – Bedeutung und Risiken

Rohstoffe sind die Grundlage der Warenproduktion. Versorgungsrisiken haben viele Facetten

Rohstoffe sind die Grundlage und der Ausgangspunkt der Produktion von Waren. Sie wandern über die Zwischenprodukte entlang der Wertschöpfungskette durch die ganze Produktion. Auch Hersteller von Endprodukten, die selbst nie direkt Rohstoffe beziehen, sind so von einer sicheren Versorgung mit Rohstoffen abhängig. Dies gilt unabhängig davon, wo diese Rohstoffe zum ersten Mal verarbeitet werden.

Die industrielle Fertigung von Waren ist auch heute noch ein wesentlicher Pfeiler von Wertschöpfung, Beschäftigung und Löhnen – mithin des Wohlstands der Gesellschaft in Deutschland. Sie bleibt auf eine verlässliche Rohstoffversorgung hinsichtlich der Kriterien Menge, Qualität und preisliche Wettbewerbsfähigkeit angewiesen. Auch viele Dienstleistungen in der analogen und digitalen Wirtschaft sind heute als produktbegleitende Dienstleistungen anzusehen. Sie hängen letztlich ebenfalls davon ab, dass die Rohstoffversorgung für die Produktion der Waren gesichert ist.

Entlang der Wertschöpfungskette – von der Förderung der Rohstoffe über ihre Aufbereitung bis hin zu ihrer Verarbeitung zu Endprodukten – hat sich über lange Zeit eine Arbeitsteilung etabliert. Diese Spezialisierung auf Abbau und Weiterverarbeitung unter der Prämisse eines freien Handels entspricht den ökonomischen Ideen von Arbeitsteilung und Spezialisierung und ermöglicht die Entstehung von Effizienz- und Wohlfahrtsgewinnen.

Sie erzeugt aber gleichzeitig eine ungleiche Verteilung der Risiken entlang der Wertschöpfungskette. In den Abbauländern besteht das Risiko, dass die Abnahme der Rohstoffe nicht zu auskömmlichen Preisen gesichert ist. Zudem tragen diese Länder auch in erster Linie die ökologischen Risiken, die mit dem Abbau vieler mineralischer und metallischer Rohstoffe verbunden sind. Für die Weiterverarbeiter bestehen dagegen Risiken im Hinblick auf die gesicherte Versorgung und die Preisentwicklung für die Rohstoffe.

Den Abbauländern steht es prinzipiell offen, mittels Handelsbeschränkungen Druck auf die Abnehmer auszuüben. Diese Strategie ist aber davon abhängig, dass die eigene Marktposition stark genug ist oder eine Kooperation mit anderen Anbietern gelingt. Ihr steht auch ein nicht unerhebliches Reputationsrisiko gegenüber. Die Abnehmerländer können demgegenüber – wo dies technisch möglich ist – ihre Abhängigkeit durch eine Erhöhung der Wiederverwendung verringern.

Die Versorgungsrisiken bei Rohstoffen ergeben sich aus dem Zusammenspiel einer Reihe verschiedener Determinanten. Je nach Rohstoff ergibt sich so ein spezifischer Risikomix. Der Rohstoff-Risiko-Index bewertet und gewichtet die einzelnen Determinanten für Angebot und Nachfrage nach Rohstoffen. Der aggregierte Wert des Rohstoff-Risiko-Indexes ermöglicht einen Vergleich des Risikoprofils der einzelnen Rohstoffe untereinander.

3.1 Globales Wirtschaftswachstum erhöht Rohstoffnachfrage und -preise

Das weltweite Wirtschaftswachstum führt zu einer Zunahme der Produktion und einem steigenden Konsum von Waren und Dienstleistungen. Bevölkerungswachstum und steigender Wohlstand in großen Ländern wie Indien und China, aber auch in vielen anderen Schwellenländern, werden in absehbarer Zukunft weiterhin mit einer zunehmenden Ausstattung der Menschen mit materiellen Gütern einhergehen. Dies bringt eine steigende Nachfrage nach Rohstoffen mit sich.

Gerade in den Schwellenländern muss weiter mit einem rohstoffintensiven Wachstum gerechnet werden. Die Menschen fragen einerseits bei steigendem Wohlstand in zunehmendem Maße Güter für den persönlichen Konsum nach. Andererseits verbessert sich auch die infrastrukturelle Ausstattung – z. B. in Bezug auf Gebäude oder Verkehr, Energie und Kommunikation.

In vielen Fällen ist für die Befriedigung dieser Nachfrage die Verwendung metallischer oder mineralischer Rohstoffe notwendig. So werden Zement und Gips für Gebäude und die Verkehrsinfrastruktur benötigt. Der Ausbau der Verkehrs- und Energieinfrastruktur zieht den Verbrauch von Stahl und Kupfer nach sich. Die Kommunikationsinfrastruktur beruht auch auf der Verwendung von Kupfer, Edelmetallen und Seltenen Erden, die in Kommunikationsgeräten und Computern zum Einsatz kommen. Wann und inwieweit die Entkopplung von Rohstoffverbrauch und Wirtschaftswachstum hier gelingen kann, ist eine offene Frage.

Auch ein steigender Konsum von Dienstleistungen kann die Rohstoffnachfrage erhöhen. Gerade wenn die Dienstleistungen im Zusammenhang mit der zunehmenden Digitalisierung stehen, erfordert deren Erbringung materielle Investitionen in Rechenzentren und Kommunikationsinfrastruktur, die wiederum die Nachfrage nach Rohstoffen erhöhen.

Bei gleichbleibendem Angebot führt eine steigende Nachfrage automatisch zu steigenden Preisen. Ähnliche Wirkung zeigt die wachsende Kaufkraft von Menschen in Schwellen- und Entwicklungsländern. Die Ausweitung des Rohstoffangebots ist gleichzeitig nicht kostenneutral möglich (vgl. Kapitel 3.3 und 3.4).

3.2 Konjunktur- und Rohstoffzyklen führen zu Preisschwankungen

Ein weiteres Risiko der Rohstoffversorgung besteht neben dem Anstieg der Rohstoffpreise in deren Preisschwankungen. Diese Preisvolatilität kann bei Rohstoffen größer ausfallen als bei anderen Gütern. Weil die Rohstoffproduktion oftmals mit hohen Kapitalkosten einhergeht, passt sich die Produktion häufig langsamer an eine schwankende Nachfrage an als bei vielen anderen Gütern. Rohstoffe sind zwar in der Regel nicht verderblich. Ihre Lagerung ist aber aufgrund der relativ großen Mengen, in denen sie gehandelt und verbraucht werden, kostspielig.

Nachfrageschwankungen bei Rohstoffen sind häufig mit Konjunkturschwankungen verbunden. Schwächt sich die Konjunktur ab, werden weniger materielle Güter produziert und die Nachfrage nach Rohstoffen sinkt. Das Gegenteil passiert im Boom. Reagiert die Produktion träge auf solche Schwankungen, sinken oder steigen die Preise überproportional, bis sie sich durch die langsame Anpassung der Produktion wieder auf einen Gleichgewichtspreis zurückbewegen.

Rohstoffzyklen beziehen sich auf die mittel- bis langfristige Entwicklung. Mit dem Begriff wird das Phänomen bezeichnet, dass die Nachfrage nach einzelnen Rohstoffen überproportional steigt, weil einzelne Produktinnovationen die Nachfragestruktur nach Rohstoffen verändern. Preiseffekte werden ausgelöst, wenn das Rohstoffangebot nicht schnell genug auf die Nachfrageveränderung reagiert, beispielsweise wenn die Ausweitung des Angebots durch Investitionen in größere Förderkapazitäten nicht schnell genug erfolgt. Beispiele sind die steigende Nachfrage nach Seltenen Erden, Kobalt und Graphit durch die Entwicklung erneuerbarer Energien, Elektromobilität und Digitalisierung.

Für die rohstoffnachfragenden Unternehmen besteht dann ein Problem, wenn sie sich selbst nicht schnell genug an die steigenden Preise anpassen können. In diesem Fall ist der Anstieg der Rohstoffpreise in den Preiskalkulationen nicht ausreichend erfasst und eine kurzfristige Überwälzung der höheren Beschaffungspreise an die Kunden gelingt nicht.

3.3 Die Rohstoffverfügbarkeit ist begrenzt

Bei Rohstoffen lassen sich endliche und nachwachsende Rohstoffe unterscheiden. In beiden Kategorien kann es zu einer begrenzten Verfügbarkeit kommen. Bei nachwachsenden Rohstoffen – wie z. B. Nahrungsmitteln oder Energiepflanzen – wird die Verfügbarkeit durch die Anbauflächen und den Ressourceneinsatz an Wasser oder Düngemitteln begrenzt.

Endliche Rohstoffe lassen sich dagegen nicht durch anderen Ressourceneinsatz vermehren. Sie können theoretisch endgültig verbraucht werden. Endliche Rohstoffe sind zwar häufig prinzipiell in so großen physikalischen Mengen vorhanden, dass ihre Erschöpfung unwahrscheinlich ist. Die Verfügbarkeit dieser Rohstoffe wird aber durch die technologischen und ökonomischen Potenziale ihrer Förderung begrenzt. Einige Rohstoffe – wie z. B. die sogenannten Seltenen Erden – sind zwar physisch in reichem Maße vorhanden. Sie kommen aber in so geringer Konzentration vor, dass sich eine Gewinnung nur an wenigen Stellen lohnt.

Die Rohstoffverfügbarkeit auf den Märkten wird daher auch stark von Preiseffekten und Verhaltensänderungen bestimmt. So sorgen steigende Preise wegen der zunehmenden Knappheit eines Rohstoffs einerseits für eine Ausweitung der Gewinnung dieses Rohstoffs. Andererseits wirken sie auch als Bremse der Nachfrage. Gleichzeitig können verstärkte Bemühungen um eine Wiederverwendung von Rohstoffen aus nicht mehr benötigten Produkten – Recycling – für eine Erhöhung des Rohstoffangebots sorgen.

Das Konzept der statischen Reichweite bezieht den aktuellen Rohstoffverbrauch auf die ökonomisch und technologisch verfügbaren Reserven eines Rohstoffs. Die statische Reichweite zeigt den Investitionsbedarf in eine Ausweitung der Fördermöglichkeiten an. Der technologische Fortschritt der Abbautechniken hilft bei der Erschließung neuer Vorkommen und kann die zukünftige Förderung bisher ökonomisch und technologisch nicht förderwürdiger Vorkommen ermöglichen. Die endgültige Erschöpfung eines nicht erneuerbaren Rohstoffs hätte dagegen erhebliche negative wirtschaftliche Folgen.

3.4 Steigende Grenzkosten des Rohstoffabbaus

Kennzeichnend für den Rohstoffabbau ist das Vorgehen, dass jene Vorkommen zuerst ausgebeutet werden, deren Erschließung und Abbau mit besonders geringen Kosten zu erreichen ist. Die Abbaukosten steigen mit geringerer Konzentration der Rohstoffe in den Vorkommen oder mit erschwerter Zugänglichkeit der Ressourcen – etwa, weil die Lagerstätten in geografisch schwierigen Regionen oder besonders tief in der Erdkruste oder unter Wasser liegen.

Die steigenden Grenzkosten des Rohstoffabbaus lassen den Angebotspreis eines Rohstoffs steigen. Reagiert auch die Nachfrageseite auf die zunehmende Knappheit eines Rohstoffs mit einer Erhöhung der Zahlungsbereitschaft, lassen sich die zunehmenden Grenzkosten des Rohstoffabbaus über höhere Preise finanzieren.

Die Grenzkosten des Rohstoffabbaus werden auch dadurch beeinflusst, dass die meisten Rohstoffe in der Natur nicht isoliert, sondern in Vergesellschaftung mit anderen Rohstoffen vorkommen. Werden einzelne Rohstoffe nicht gezielt selbst abgebaut, sondern entstehen als Kuppelprodukt anderer Rohstoffgewinnung, wird dies als „Beifang“ bezeichnet. Können die zusätzlich gewonnenen Rohstoffe mit Erlös verkauft werden, stellt dies einen positiven Beifang dar. Ein Beispiel dafür ist Platin, das auch als Nebenprodukt von Nickel gewonnen wird. Negativer Beifang bezeichnet hingegen solche Rohstoffe, die als Belastung auftreten, weil sie zu höheren Kosten aus dem primären Rohstoff entfernt werden müssen. Dies ist beispielsweise bei Kadmium und anderen Schwermetallen beim Phosphatabbau der Fall.

Fallen einzelne Rohstoffe hauptsächlich als Beifang bei der Gewinnung anderer Rohstoffe an, kann es sein, dass die Knappheitspreise aus Angebot und Nachfrage nach dem Rohstoff nicht ausreichen, um Investitionen in die Erweiterung der Produktionskapazitäten auszulösen. Dies kann zu nicht unerheblichen Preisspitzen auf den Rohstoffmärkten führen.

3.5 Recycling als Antwort auf begrenzte Rohstoffvorkommen

Neben der Gewinnung von Rohstoffen im Bergbau spielt das Recycling in zunehmendem Maße eine Rolle für die Rohstoffversorgung. Ausschlaggebend für diese Entwicklung sind mehrere Phänomene.

Ein zunehmendes Umweltbewusstsein der Verbraucher in den Industrieländern erhöht die Wiederverwendung von Rohstoffen aus Altgeräten. Sie reduziert die Umweltauswirkungen des Konsums auf zwei Wegen. Einerseits werden die Eingriffe in die Natur durch Bergbauaktivitäten verringert. Andererseits werden die zu entsorgenden Abfallmengen verkleinert. Gleichzeitig sinkt der Bedarf an Rohstoffen aus Primärproduktion. Diese Art der Rückgewinnung wird auch als „Urban Mining“ bezeichnet.

Der technologische Fortschritt in der Recyclingwirtschaft erweitert die Möglichkeiten zur stofflich hinreichend reinen Zurückgewinnung einzelner Rohstoffe. Das Recycling wird durch verbesserte Verfahren günstiger und die Rohstoffgewinnung aus Recycling dadurch gegenüber der Rohstoffgewinnung im Bergbau wettbewerbsfähiger. Dazu trägt auch bei, dass die Wiederverwendung von Rohstoffen nach Ende der Nutzungsdauer eines Produkts heute häufiger schon beim Produktdesign berücksichtigt und so der Aufwand für das Recycling verringert wird.

Verstärktes Recycling kann auch die Autarkie der Rohstoffversorgung in rohstoffarmen Industrieländern erhöhen. Aus dieser Perspektive ergibt sich zudem eine Begründung aus rohstoffpolitischer Sicht, höhere Recyclingraten anzustreben. Die Nutzung solcher „heimischer“ Rohstoffvorkommen verringert die Anfälligkeit gegenüber einer strategischen Rohstoffpolitik der rohstoffreichen Länder.

3.6 Rohstoffvorkommen befinden sich häufig in Risikoländern

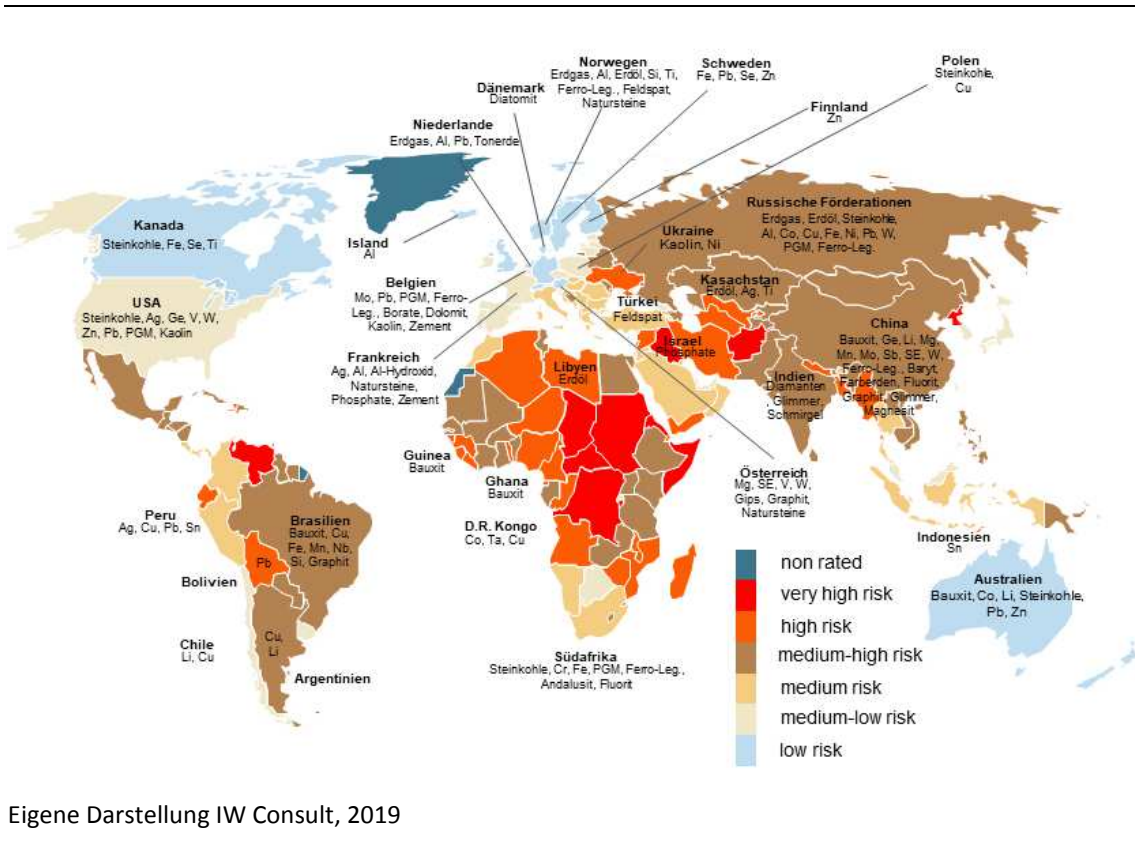
Zu den Risiken der Rohstoffversorgung vor allem in Europa trägt bei, dass sich die Lagerstätten vieler Rohstoffe nicht in Europa befinden. Dies liegt daran, dass bestimmte Rohstoffe nur in spezifischen geologischen Strukturen vorkommen. Für die Förderwürdigkeit von Rohstoffen ist auch eine hinreichend große Konzentration der Rohstoffe notwendig. Dies führt bei einigen Rohstoffen zu einer Fokussierung auf wenige Förderländer. Gerade bei Rohstoffen, die eine hohe und spezifische technologische Bedeutung haben – wie z. B. Seltene Erden, Lithium oder Kobalt – müssen Europa und Deutschland in großem Umfang auf Importe aus anderen Ländern zurückgreifen.

Das Risiko der stofflichen Konzentration von Rohstoffen erhöht sich weiter, wenn sich die Lagerstätten in Ländern mit politischen und wirtschaftlichen Risiken befinden. Zu diesen Risiken zählen z. B. eine unsichere wirtschaftliche oder politische Lage, Korruption, fehlende Rechtssicherheit oder eine mangelhafte Transportinfrastruktur. In einigen Ländern kommen auch aktuelle oder potenzielle militärische Konflikte als Risiko hinzu. In diesen Ländern ist einerseits die Sicherheit der Investitionen in den Rohstoffabbau nicht gewährleistet. Andererseits drohen willkürliche Steuern, Abgaben oder Zölle sowie Korruption als zusätzliche Kostenrisiken. Eingriffe in bestehende Verträge sind nicht ausgeschlossen.

Die zunehmende Sensibilität der Öffentlichkeit in den westlichen Industrieländern führt dazu, dass Verletzungen von Standards bei Menschenrechten oder ökologischen oder

sozialen Bedingungen sich zu Reputationsrisiken für die weiterverarbeitenden Unternehmen entwickeln können. Das Rohstoffversorgungsrisiko bei Rohstoffen aus kritischen Förderländern erhält so eine weitere Dimension.

Abbildung 3
Länderrisiko und Rohstoffvorkommen 2018



Eigene Darstellung IW Consult, 2019

3.7 Rohstoffe sind Instrumente strategischer Industriepolitik

Mit strategischer Industriepolitik verfolgen Regierungen vor allem das Ziel, der heimischen Industrie einen Wettbewerbsvorteil gegenüber der internationalen Konkurrenz zu verschaffen. Dies erfolgt vor allem aus zwei Gründen. Die betreffenden Wirtschaftszweige werden entweder wegen ihrer Größe, Wertschöpfung und Bedeutung für die Beschäftigung, den Wohlstand oder die Entwicklung des Heimatlandes als besonders bedeutend erachtet oder sie gelten wegen ihrer in der Zukunft erwarteten Bedeutung als entscheidend für Wohlstand und Entwicklung des Landes.

Zu den Instrumenten solch einer strategischen Industriepolitik zählen unter anderem Handelsbeschränkungen und Subventionen für Unternehmen. Die Beschränkung der Ausfuhr von bedeutenden Rohstoffen für die Produktion in bestimmten Branchen wird ebenfalls dem Instrumentarium strategischer Industriepolitik zugerechnet.

Ein Beispiel sind Ausfuhrbeschränkungen für Seltene Erden aus China in den 2000er Jahren. Aber auch das Vorgehen Chinas in einigen Ländern Asiens und Afrikas, Investitionen in die Infrastruktur an langfristige Lieferverträge für bestimmte Rohstoffe zu knüpfen, muss dazu gezählt werden. Weiterhin wäre noch der strategische Erwerb von Weiterverarbeitungskapazitäten zu nennen.

Die politischen Risiken steigen derzeit auch durch eine zunehmende Unsicherheit des handelspolitischen Umfelds, das durch eine eskalierende Einführung wechselseitiger Zölle und Einfuhrbeschränkungen gekennzeichnet ist.

3.8 Preis- und Lieferkonditionen hängen von der Marktmacht einzelner Unternehmen ab

Neben der Marktmacht einzelner Länder kann auch die Konzentration der Rohstoffgewinnung auf wenige Unternehmen zum Risiko für die Rohstoffversorgung der Industrie werden. Kontrollieren einzelne oder wenige Unternehmen die Produktion oder Weiterverarbeitung von Rohstoffen, können sie gegenüber den Nachfragern Preise und Lieferkonditionen bestimmen und Monopolgewinne erzielen.

Für die Nachfrager spielt neben den höheren Kosten zudem eine Rolle, dass die Produzenten auch mit Lieferverzögerungen drohen können, wenn Preiserhöhungen nicht akzeptiert werden. Die Konzentration mancher Rohstoffe auf wenige kostengünstige nutzbare Lagerstätten und der relativ hohe Kapitalbedarf der Rohstoffgewinnung begünstigen die Entwicklung hin zu einer hohen Unternehmenskonzentration.

3.9 Große Bedeutung der Rohstoffe für Zukunftstechnologien

Zukunftstechnologien sind durch ihre hohe Bedeutung für die zukünftige Produktion und den zukünftigen Konsum gekennzeichnet. Sie resultieren in technologisch anspruchsvollen und komplexen Produkten, die häufig den Einsatz einer Vielzahl verschiedener Rohstoffe erfordern – wenn auch häufig in geringen Mengen. Beispiele finden sich in der Medizintechnik, in erneuerbaren Energien, in der Elektromobilität und in Informations- und Kommunikationstechnologien.

Eine wesentliche Eigenschaft dieser Zukunftstechnologien besteht darin, dass häufig sehr spezifische Rohstoffe oder Legierungen für die Funktionsweise der Produkte essenziell sind oder zumindest die Produkteigenschaften entscheidend verbessern. Ist das der Fall, hat die Versorgung mit diesen Rohstoffen für den Produktionsprozess kritische Bedeutung. Gerade für ein Hochtechnologieland wie Deutschland ist eine reibungslose Versorgung mit den relevanten Rohstoffen von entscheidender Bedeutung.

3.10 Substituierbarkeit von Rohstoffen nur begrenzt möglich

Einzelne Rohstoffe können in ihrer Anwendung mehr oder weniger gut durch den Einsatz anderer Rohstoffe ersetzt werden. Inwieweit die Substitution möglich ist, hängt vom Rohstoff und seinen Einsatzgebieten ab. Je spezifischer die Eigenschaften für eine bestimmte Anwendung sind, desto geringer ist in der Regel die Substituierbarkeit.

Das Versorgungsrisiko steigt mit geringerer Substituierbarkeit. Häufig besteht zudem das Problem, dass ein Rohstoff mit hohem Versorgungsrisiko nur durch einen anderen mit ebenfalls hohem Versorgungsrisiko ersetzt werden kann.

4 Ergebnisse des Rohstoff-Risiko-Indexes

Der Rohstoff-Risiko-Index bündelt verschiedene Elemente des Versorgungsrisikos einzelner Rohstoffe in einer einzelnen Maßzahl

Im Rohstoff-Risiko-Index werden die im Kapitel 3 diskutierten Determinanten für die Bedeutung und die Risiken der Rohstoffversorgung aufgegriffen und mittels acht qualitativer und quantitativer Einzelindikatoren gemessen. Diese Indikatoren – Statische Reichweite, Länderrisiko, 3-Länder-Konzentration, 3-Unternehmen-Konzentration, Preisrisiko, Bedeutung für Zukunftstechnologien, Gefahr des strategischen Einsatzes und Substituierbarkeit – werden in einen gemeinsamen Wertebereich transformiert und gewichtet aggregiert. Eine genauere Beschreibung der Indikatoren und der Methodik findet sich im Anhang.

Für den Rohstoff-Risiko-Index wurden jene 45 Rohstoffe ausgewählt, die auch in den vorherigen Auflagen der vbw Rohstoffstudie enthalten waren. Die Auswahl der Rohstoffe orientiert sich an den „Rohstoffwirtschaftlichen Steckbriefen“ der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR). In den Index werden auch drei Seltenerdmetalle – Scandium, Yttrium und Neodym – sowie vier Spezialmetalle – Selen, Indium, Germanium, Gallium – aufgenommen.

Die Metalle und Mineralien werden auf Basis der Ergebnisse des Rohstoff-Risiko-Indexes in drei Gruppen aufgeteilt. Der Risiko-Index kann Werte zwischen 25 (höchstes Risiko) und 0 (geringstes Risiko) annehmen. In der roten Gruppe (sehr hohes Risiko) befinden sich 23 Rohstoffe, die einen Wert von mindestens 15 erreichen. Die orangefarbene Gruppe (mittleres Risiko) besteht aus 13 Rohstoffen mit Risikowerten zwischen 15 und 10. Für die 9 Rohstoffe in der grünen Gruppe (geringes Risiko) ergaben sich Risikowerte von weniger als 10. Bei diesen Rohstoffen ist aktuell nicht mit einem Versorgungsrisiko oder einer Zukunftsgefährdung zu rechnen.

Bei der Interpretation der Ergebnisse des Rohstoff-Risiko-Indexes müssen zwei Einschränkungen beachtet werden:

- Ein direkter Vergleich der Punktzahlen mit dem Vorgängergutachten ist nur bedingt aussagekräftig, da sich die Punktwerte auch in Relation zur Bewertung der anderen Rohstoffe ergeben. Eine Veränderung des Punktwerts eines Rohstoffs kann daher theoretisch auch nur durch Änderungen in den Bedingungen bei anderen Rohstoffen verursacht sein.
- Die Unterschiede in der Punktwertung und den Rängen zwischen einzelnen Rohstoffen sind häufig klein, sodass die konkreten Ränge der Kritikalität nicht immer als absolut trennscharf interpretiert werden sollten. Geringe Änderungen in der Bewertung der Versorgungsbedingungen können Rangänderungen auslösen.

4.1 Rote Gruppe

In der roten Gruppe (Abbildung 4) befinden sich insgesamt 23 Rohstoffe, darunter die Seltenerdmetalle, die Platingruppenmetalle (Palladium, Platin, Rhodium) sowie einige Metalle mit besonderer Bedeutung für die Batterieherstellung (Kobalt, Lithium, Graphit).

Mit 20,8 Punkten ist Kobalt der Rohstoff mit dem höchsten Risikowert. Kobalt wird schon heute in der wichtigsten Verwendung in Batterien eingesetzt. In absehbarer Zukunft wird seine Bedeutung als Kathodenmaterial in Lithium-Ionen-Batterien noch weiter zunehmen. Ein hohes Risiko wird Kobalt in fast allen Kategorien des Rohstoff-Risiko-Indexes zugeordnet. Die hohe Konzentration von Förderung und Vorkommen in Risikoländern wie der Demokratischen Republik Kongo, Russland und Kuba spielt für die hohe Risikobewertung eine wichtige Rolle. Hinsichtlich der Länderkonzentration und der statischen Reichweite erhält Kobalt nur knapp mittlere Risikowerte. Die statische Reichweite berücksichtigt in dieser Berechnung aber noch nicht die zukünftigen, jedoch absehbaren Steigerungen der Produktionsmenge. Kleine Änderungen an den letztgenannten Werten könnten den Risikowert von Kobalt auf über 22 Punkte steigern. Für die bayerische und deutsche Industrie ist Kobalt ein entscheidender Rohstoff für die Realisierung der Ziele im Bereich der Elektromobilität. Dies gilt unabhängig davon, ob die Batteriezellfertigung in Deutschland stattfindet oder fertige Batteriezellen importiert werden.

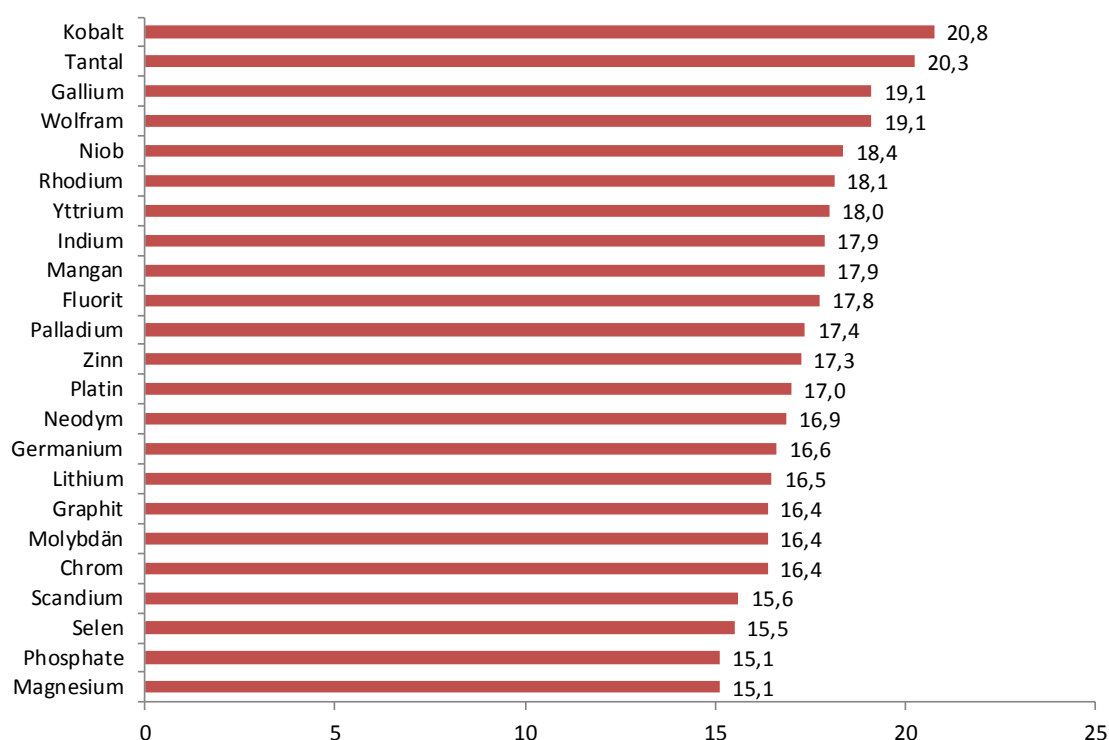
Tantal als Rohstoff mit dem zweithöchsten Risiko (20,3 Punkte) teilt mit Kobalt die relativ hohe Konzentration auf wenige riskante Förderländer. Auch die statische Reichweite ist hier ein wichtiger Risikofaktor. Tantal ist für die Herstellung von Instrumenten und Implantaten in der Medizintechnik, für den Bau von Apparaten für die Chemieindustrie und für Kondensatoren von Bedeutung. Aus diesen Einsatzfeldern ergibt sich eine hohe Bedeutung Tantals für Bayern.

Gallium auf Rang 3 (19,1 Punkte) gehört mit Indium (Rang 8; 17,9 Punkte), Germanium (Rang 15; 16,6 Punkte) und Selen (Rang 21; 15,5 Punkte) zur Gruppe der Spezialmetalle. Sie finden überwiegend Anwendung in der Optik und Elektronik. Daraus lässt sich eine hohe Bedeutung dieser Rohstoffe für Bayern ableiten. Germanium und Gallium weisen hohe Risiken besonders im Hinblick auf die Substituierbarkeit, die Bedeutung für Zukunftstechnologien und die politischen Risiken auf. Sie werden auch in hohem Maße in riskanten Ländern (vor allem China) gefördert. Bei Indium und Selen ist zudem die geringe statische Reichweite problematisch.

Wolfram (Rang 4; 19,1 Punkte) weist ebenfalls wegen der hohen Konzentration der Vorkommen und Produktion auf wenige riskante Förderländer ein hohes Risiko auf. Fast vier Fünftel der Produktion stammen aus China. Die mögliche weitere Eskalation von Handelskonflikten ist dabei noch nicht explizit berücksichtigt. Wolfram findet besonders in der Leuchtmittelindustrie sowie in Hartmetallen, Stählen und Legierungen Verwendung, die sich durch Härte und hohe Temperaturbeständigkeit auszeichnen. Diese werden besonders in Turbinen, Brennstoffzellen oder Hochtemperaturöfen benötigt. Die Einsatzfelder sprechen für eine hohe Bedeutung für Bayern.

Auf Rang 5 des Rohstoff-Risiko-Indexes findet sich mit Niob (18,4 Punkte) ein Rohstoff, der häufig in Verbindung mit Tantal abgebaut wird. Niob wird ähnlich wie Tantal und Wolfram in der Stahlindustrie zur Veredelung der Materialien und zur Optimierung des Stahls für spezifische Einsatzzwecke verwendet. Die Bedeutung für Bayern ist daher ebenso als hoch einzuschätzen. Die hohe Risikobewertung ergibt sich aus einer besonders hohen Länderkonzentration in Verbindung mit hohen bis mittleren Risiken in allen anderen Bereichen.

Abbildung 4
Gefahrenklasse I der Rohstoffe – rote Gruppe



Eigene Darstellung IW Consult, 2019

Rhodium (Rang 6; 18,1) gehört gemeinsam mit Palladium (Rang 11; 17,4) und Platin (Rang 13; 17,0) zu den Platingruppenmetallen. Sie kommen in ähnlichen Lagerstätten vor und lassen sich praktisch nur untereinander substituieren. Wichtige Einsatzfelder sind die Verwendung in Katalysatoren der Abgasbehandlung und in Brennstoffzellen. Die Rohstoffe spielen damit eine besondere Rolle für zukünftige Mobilitätsanwendungen. Daraus ergibt sich eine hohe Bedeutung für die bayerische Industrie. Diese Bedeutung für Zukunftstechnologien, die engen Substitutionsbeziehungen nur innerhalb der Platingruppenmetalle sowie die hohe Konzentration der Förderung auf kritische Länder wie Südafrika, Russland und Simbabwe führen zu einer hohen Kritikalität dieser Rohstoffe.

Ergebnisse des Rohstoff-Risiko-Indexes

Yttrium auf Rang sieben (18,0 Punkte) lag im letzten Rohstoff-Risiko-Index noch auf Rang 1. Das geringere Risiko ergibt sich – wie bei den anderen beiden untersuchten Seltenen Erden Neodym (Rang 14; 16,9 Punkte) und Scandium (Rang 20; 15,6 Punkte) – vor allem durch eine extreme Verringerung des Preisrisikos. Auch die Experteneinschätzungen hinsichtlich der Substitutionsmöglichkeiten, der Bedeutung für Zukunftstechnologien und der politischen Risiken deuten zwar auf eine Risikominderung hin – insgesamt bleibt das Risiko in diesen Bereichen aber hoch. Die Bedeutung Chinas für die Förderung Seltener Erden hat sich in den vergangenen Jahren zwar stetig verringert. China bleibt jedoch weiterhin weltweit der mit Abstand wichtigste Lieferant Seltener Erden. Eine Verschärfung der Handelskonflikte zwischen China und den USA kann die Versorgung mit Seltenen Erden kurzfristig einschränken. Dies hätte vermutlich sofortige Rückwirkungen auf die Preise und würde die Bewertung im Rohstoff-Risiko-Index entsprechend beeinflussen. Die Verwendung der Seltenen Erden in vielen Hochtechnologiebereichen – etwa hochleistungsfähige Elektromotoren und -generatoren, Katalysatoren, Leuchtstoffen oder Lasertechnik – spricht für eine hohe Bedeutung für Bayern.

Die Risikobewertung von Mangan (Rang 9; 17,9 Punkte) und Fluorit (Rang 10; 17,8 Punkte) hat sich im Vergleich zur letzten Version des Rohstoff-Risiko-Indexes stark erhöht. Beide Rohstoffe wechseln von der orangefarbenen in die rote Gruppe. Ihre Bedeutung für Bayern wird als niedrig (Mangan) und mittel (Fluorit) eingestuft. Bei Fluorit gelten die hohe Konzentration der Förderung auf wenige Länder mit einem hohen politischen Risiko sowie hohe Preissteigerungen bei großer Volatilität als wichtige Risikofaktoren. Mangan weist eine sehr kurze statische Reichweite, geringe Substitutionsmöglichkeiten, hohe Bedeutung für Zukunftstechnologien, hohe politischen Risiken sowie ein hohes Länderrisiko auf.

Auf Rang 12 des Rohstoff-Risiko-Indexes liegt mit 17,3 Punkten Zinn. Die geringe statische Reichweite, eine hohe Konzentration auf kritische Förderländer – China, Indonesien, Myanmar – sowie eine relativ hohe Bedeutung für Zukunftstechnologien tragen zu dieser Bewertung bei. Verwendung findet Zinn in der Elektronik und Optik – etwa in der Herstellung von LCDs und Flachbildschirmen. Ein weiteres Anwendungsfeld ist die Substitution von Blei in elektrotechnischen Loten. Die Bedeutung für Bayern ist hoch.

Auch Lithium (Rang 16; 16,5 Punkte) gehört zu den Rohstoffen, deren Versorgungsrisiko deutlich gestiegen ist und die von der orangefarbenen Gruppe in die rote Gruppe der besonders riskanten Rohstoffe gewechselt sind. Dies liegt maßgeblich an der wichtigen Rolle des Rohstoffs in der Produktion von Lithium-Ionen-Batterien für die Elektromobilität, die einen stark steigenden Verbrauch der Rohstoffe nach sich zieht. So hat sich insbesondere die statische Reichweite des Lithiums stark verringert, das Preisrisiko stieg wegen zunehmender Volatilität der Preisentwicklung. Die Länderkonzentration ist weiterhin hoch. Die besondere Rolle für die Elektromobilität macht Lithium zu einem essenziellen Rohstoff für die künftige Entwicklung der Automobilindustrie. Seine Bedeutung für Bayern und Deutschland ist daher hoch.

Ähnlich, aber weniger stark ausgeprägt ist die Situation bei Graphit auf Rang 17 (16,4 Punkte). Auch dieser Rohstoff ist essenziell für die aktuelle Batterietechnologie.

Insofern kommt ihm eine zentrale Bedeutung für die bayerische und deutsche Automobilindustrie zu. Die weltweiten Vorkommen sind aber um ein Vielfaches höher als bei Lithium und die Fördermenge ist nicht im selben Maße gestiegen. Der Rohstoff wechselt bei einer kleineren Veränderung des Punktwerts dennoch die Risikoklasse. Als kritisch gilt die Bedeutung für Zukunftstechnologien sowie die hohe Konzentration in unsicheren Förderländern wie China, Brasilien und Indien. Letzteres erhöht gleichzeitig das Risiko gegenüber einer strategischen Rohstoffpolitik.

Molybdän (Rang 18; 16,4 Punkte), Chrom (Rang 19; 16,4 Punkte) und Magnesium (Rang 23; 15,1 Punkte) zählten auch in der letzten Version des Rohstoff-Risiko-Indexes zur roten Gruppe. Bei Molybdän tragen der hohe Förderanteil Chinas, die Preisentwicklung sowie die geringen Substitutionsmöglichkeiten und die hohe Bedeutung für Zukunftstechnologien wesentlich zum erhöhten Risiko bei. Bei Chrom sind die geringe statische Reichweite, die hohe Länderkonzentration und geringe Substitutionsmöglichkeiten maßgebliche Risikofaktoren. Bei Magnesium wird das Risiko einer hohen Länderkonzentration durch die kritische Einstufung der Förderländer verstärkt. Die Bedeutung für Zukunftstechnologien und geringe Substitutionsmöglichkeiten erhöhen das Risiko weiter. Molybdän wird als Härtungsmittel in Legierungen für die Eisen- und Stahlindustrie und in der Batteriefertigung genutzt. Chrom wird in Zukunft in der Meerwasserentsalzung und bei Hochtemperatursupraleitern benötigt. Magnesiumussteile werden bei der Leichtbauweise im Fahrzeug- und Luftfahrzeugbau verwendet. Den drei Rohstoffen wird eine niedrige (Molybdän) bis mittlere (Chrom, Magnesium) Bedeutung für Bayern zugeordnet.

Phosphate (Rang 22; 15,1 Punkte) sind – wie Kalisalz aus der orangefarbenen Gruppe (Rang 27; 13,6 Punkte) – ein wichtiges Vorprodukt in der Düngemittelproduktion. Die beiden Rohstoffe sind dabei aber dennoch nicht wechselseitig substituierbar, da sie verschiedene Funktionen erfüllen. Aus dieser Anwendung erwächst den beiden Rohstoffen aber eine hohe Zukunftsrelevanz bei wachsender Weltbevölkerung und Nahrungsmittelproduktion. Bei beiden Rohstoffen ist die Unternehmenskonzentration als eher hoch einzustufen. Auch die Länderkonzentration ist nicht gering. Zu den wichtigsten Produzenten der Phosphate zählen China und Marokko, bei Kalisalz sind es Kanada, Weißrussland und Russland. Die Bedeutung für die bayerische Industrie ist mittel.

Insgesamt zeigt sich, dass für die Rohstoffe in der roten Gruppe die Kriterien Länderkonzentration und Bedeutung für Zukunftstechnologien die wichtigsten Risikotreiber sind. Beide Kriterien stehen wiederum in Zusammenhang mit anderen Elementen des Rohstoffrisikos. Eine hohe Länderkonzentration ist dann besonders schädlich, wenn die infrage kommenden Förderländer selbst ein hohes Länderrisiko aufweisen. Ist ein Rohstoff wichtig für Zukunftstechnologien, trifft eine steigende Rohstoffnachfrage auf nur gering entwickelte Förderkapazitäten. Dies greift umso mehr, je weniger der Rohstoff in anderen Anwendungen gefragt war. Die Bedeutung für Zukunftstechnologien macht einen Rohstoff zudem besonders anfällig für eine strategische Rohstoffpolitik. Die Anfälligkeit wird umso größer, je schlechter die Substitutionsmöglichkeiten und je höher die Konzentration auf wenige Förderländer sind. Besonders schwierig wird eine Steigerung der Fördermengen, wenn Rohstoffe vergesellschaftet vorkommen – wie z. B. die Seltenen Erden – oder überwiegend als Beifang anderer Rohstoffe gefördert werden – wie z. B. Germanium, Gallium

oder Indium. Dann reichen die Preissignale bei einem Rohstoff unter Umständen nicht aus, um eine adäquate Erhöhung der Fördermengen auszulösen.

In der Tabelle 1 sind die Verwendungsarten und die Bedeutung der Rohstoffe für die bayerische Industrie zusammengefasst. 16 von 23 Rohstoffen der roten Gruppe weisen eine hohe Bedeutung für die bayerische Industrie auf. Dies unterstreicht die Bedeutung einer gesicherten Rohstoffversorgung für die bayerische Wirtschaft.

Tabelle 1

Bedeutung der Rohstoffe Gefahrenklasse I für Bayern

Rohstoffe	Verwendung	Bedeutung für Bayern
Kobalt	Batterien, Superlegierungen, Katalysatoren, Hartmetalle	hoch
Tantal	Medizintechnik	hoch
Gallium	Dünnschicht-Photovoltaik, Elektronik, WLED	hoch
Wolfram	Leuchtmittelindustrie, Metallurgie, Militär	hoch
Niob	Stahlindustrie (Superlegierungen, Edelstahl), Elektronik, Turbinen	hoch
Rhodium	Auto-, Chemie und Schmuckindustrie, Elektro- und Dentaltechnik	hoch
Yttrium	Reaktortechnik, Magnete, Metallurgie, Röhrentechnik, Leuchtstoffe	hoch
Indium	Optik, Elektronik, Photovoltaik	hoch
Mangan	Eisen- und Stahlindustrie, Batterien (Knopfzellen)	niedrig
Fluorit	Stahlindustrie, Gießereien, Chemie	mittel
Palladium	Abgaskatalysatoren, Brennstoffzellen, Chemie- und Schmuckindustrie, Medizin- und Dentaltechnik	hoch
Zinn	Elektronik, Weißblech, LCD, Chemie, Legierungen	hoch
Platin	Katalysatoren (Abgasbehandlung, Chemie), Herstellung von Brennstoffzellen, Elektro- und Schmuckindustrie, Medizin- und Dentaltechnik	hoch

– Fortsetzung auf Seite auf der folgenden Seite –

– Fortsetzung von Tabelle 1: Bedeutung der Rohstoffe Gefahrenklasse I für Bayern –

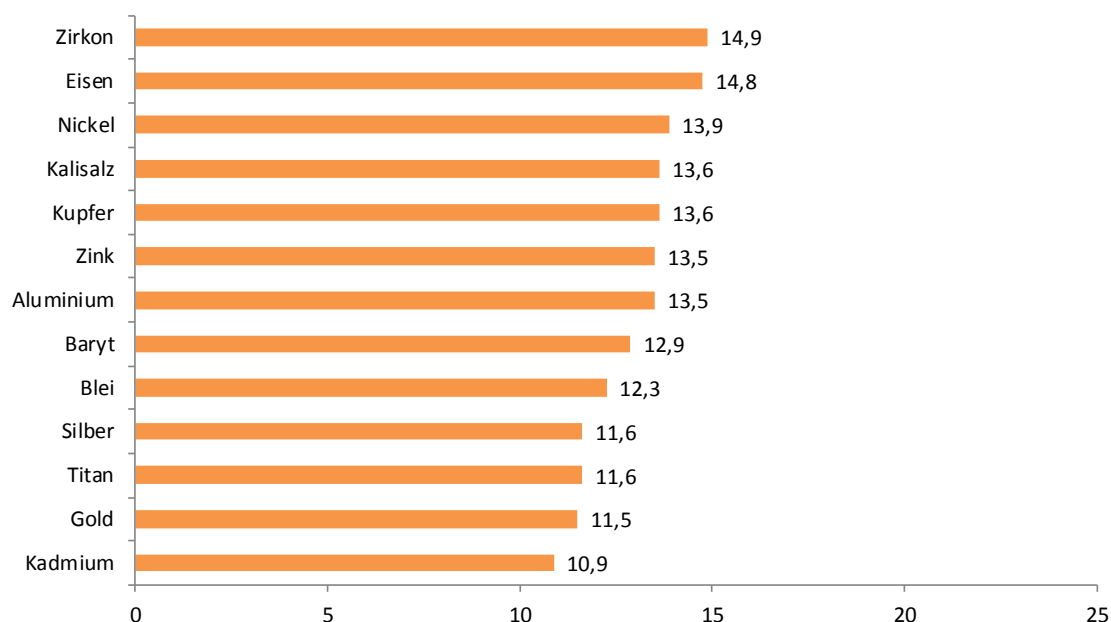
Rohstoffe	Verwendung	Bedeutung für Bayern
Neodym	Magnete, Lasertechnik, Glas- und Porzellanfärbung	hoch
Germanium	Glasfaser, Halbleiter, Infrarotoptik, Polymer-Katalysatoren	hoch
Lithium	Akkumulatoren/Batterien, Metallurgie, Reaktorsicherheit, Chemie	hoch
Graphit	Batterien, Feuerfestindustrie, Brennstoffzellen, Kunststoffe, Bleistifte, Beläge	hoch
Molybdän	Flugzeug- und Raketenbau, Elektrotechnik, Edelmehle, Schmierstoffe, Farben und Katalysatoren	niedrig
Chrom	Edelstahl, Feuerfestindustrie, Chemie, Farbe	mittel
Scandium	Flugzeugbau, Quecksilberdampf Lampen	mittel
Selen	Chemikalien und Pigmente, Elektronik, Metallurgie	hoch
Phosphate	Landwirtschaft	mittel
Magnesium	Metallurgie, chemische Industrie, Flugzeug- und Fahrzeugbau	mittel

Eigene Zusammenstellung der IW Consult, 2019

4.2 Orangefarbene Gruppe

Insgesamt auf Rang 24 ist Zirkon innerhalb der orangefarbenen Gruppe (Abbildung 5) der Rohstoff mit dem höchsten Versorgungsrisiko (14,9 Punkte). Wegen seiner hohen Temperaturbeständigkeit wird Zirkon in Schmelztiegeln und wegen seiner Festigkeit in der Dentaltechnik eingesetzt. Zirkon liegt bei fast allen Indikatoren im mittleren Risikobereich. Zwar ist die Länder- und Unternehmenskonzentration relativ hoch, das Länderrisiko aber wegen des hohen Förderanteils Australiens begrenzt.

Abbildung 5
Gefahrenklasse II der Rohstoffe – orangefarbene Gruppe



Eigene Darstellung IW Consult, 2019

Die Metalle Eisen, Nickel, Kupfer, Zink und Aluminium belegen die Ränge 25 und 26 sowie 28 bis 30 mit Punktwerten zwischen 14,8 und 13,5. Bei Kupfer, Nickel und Zink werden die statischen Reichweiten als hohes Risiko gewertet. Zum erhöhten Risiko trägt in allen Fällen auch die Bedeutung für Zukunftstechnologien bei. Kupfer hat eine besondere Rolle im Bereich der Elektromobilität. Aluminium wird als Material im Leichtbau benötigt. Nickel ist Bestandteil der aktuellen Batterietechnik bei Lithium-Ionen-Akkus.

Weiterhin gelten bei allen fünf Metallen Länderrisiko und Länderkonzentration als geringes bis mittleres Risiko. Bei der Preisentwicklung gilt dies für die vier Metalle Zink, Nickel, Kupfer und Aluminium. Bei Eisen ist die Preisentwicklung der letzten drei Jahre kritisch. Die Unternehmenskonzentration ist nur im Fall von Eisen relativ hoch. Die breite Verteilung der Förderung reduziert auch die Gefährdung durch strategische Rohstoffpolitik. Größere Substitutionsprobleme werden nur Kupfer zugeschrieben. Die Metalle haben zudem eine hohe Bedeutung für die bayerische Wirtschaft – maßgeblich auf Basis der Bedeutung der für Bayern wichtigen Metall- und Elektroindustrie.

Kalisalz (Rang 27; 13,6 Punkte) ist wie die Phosphate ein wichtiges Vorprodukt in der Düngemittelproduktion (vgl. Ausführungen oben).

Baryt (Rang 31; 12,9 Punkte) ist ein Mineral, das als Bohrspülmittel, Füllstoff oder in der Betonherstellung Verwendung findet. Zum erhöhten Risiko tragen eine relativ kurze

statische Reichweite und eine hohe Konzentration der Förderung auf kritische Länder wie China, Indien und Marokko bei.

Mit Blei (Rang 32; 12,3 Punkte), Silber (Rang 33; 11,6 Punkte), Titan (Rang 34; 11,6 Punkte), Gold (Rang 35; 11,5 Punkte) und Kadmium (Rang 36; 10,9 Punkte) befinden sich fünf weitere Metalle in der orangefarbenen Gruppe.

Die Edelmetalle Silber und Gold werden als gute elektrische Leiter in der Elektroindustrie sowie als Schmuck und Wertaufbewahrungsmittel eingesetzt. Die Verwendung in der Elektroindustrie begründet ihre hohe Bedeutung für Zukunftstechnologien. Beide weisen eine relativ kurze statische Reichweite auf.

Bei den Schwermetallen Blei und Kadmium ist die kurze statische Reichweite der entscheidende Risikofaktor. Bei Kadmium kommt ein hohes Preisrisiko dazu.

Titan wird vielfältig verwendet. Seine Festigkeit bei geringem Gewicht stellt für die Luft- und Raumfahrt eine besonders wichtige Eigenschaft dar und verleiht dem Metall eine hohe Bedeutung für Zukunftstechnologien. Auf Basis dieser Zuordnung wird auch Titan eine hohe Bedeutung für Bayern zugemessen.

In der Tabelle 2 sind die wichtigsten Verwendungen der Rohstoffe der orangefarbenen Gruppe sowie ihre Bedeutung für die bayerische Industrie zusammengefasst. Sechs der 13 Rohstoffe weisen eine hohe Bedeutung auf.

Tabelle 2

Bedeutung der Rohstoffe Gefahrenklasse II für Bayern

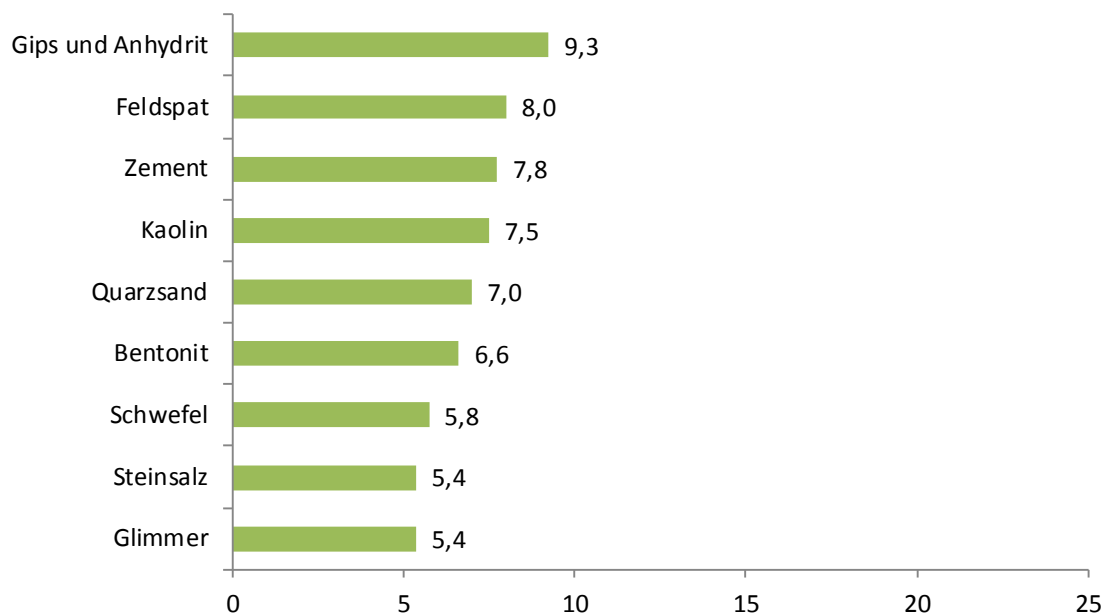
Rohstoffe	Verwendung	Bedeutung für Bayern
Zirkon	Schmelztiegel, Dentaltechnik	mittel
Eisen	Metall- und Elektroindustrie, Bauwirtschaft	hoch
Kalisalz	Düngemittel, Industriechemikalien	mittel
Zink	Galvanik, NE-Legierungen, Pharmazie, Batterie, Pigmente	hoch
Kupfer	Elektroindustrie, RFID, Windkraft	hoch
Nickel	Legierungen, Gasturbinen, Katalysatoren, Batterien	hoch
Aluminium	Fahrzeugbau, Luft- und Raumfahrt, Bau, Elektroindustrie, Windkraft	hoch
Baryt	Bohrspülung, Füllstoff, BA-Chemikalien, Schwerbetonzuschlag oder Röntgenkontrastmittel	niedrig
Blei	Akkumulatoren, Halbzeug, Kabel, Glasindustrie, Chemie, Farbstoffe, Legierungen, Elektrotechnik, Radiologie und Munition	mittel
Silber	Schmuck- und Tafelwaren, Münzen und Legierungen, Film-, Foto- und Elektroindustrie	niedrig
Titan	Pigmente, Legierungen, Flugzeugbau, Anlagenbau, Medizintechnik, Meerwasserentsalzung	hoch
Gold	Schmuck, Zahntechnik, Elektroindustrie	niedrig
Kadmium	Solarzellen, Halbleiter	mittel

Eigene Zusammenstellung der IW Consult, 2019

4.3 Grüne Gruppe

Es verbleiben neun Rohstoffe in der grünen Gruppe der Rohstoffe mit einem geringen Versorgungsrisiko. Es handelt sich bei allen Rohstoffen um Mineralien, deren statische Reichweite sehr hoch ist. Diese Rohstoffe werden jeweils in vielen Ländern gefördert, sodass Länderkonzentration, Länderrisiko und Unternehmenskonzentration gering ausfallen.

Abbildung 6
 Gefahrenklasse III der Rohstoffe – grüne Gruppe



Eigene Darstellung IW Consult, 2019

Aus den Informationen in der Tabelle 3 zu wesentlichen Verwendungen der Rohstoffe der grünen Gruppe und ihrer Bedeutung für die bayerische Wirtschaft wird deutlich, dass neben dem geringen Risiko auch die Abhängigkeit der bayerischen Wirtschaft von diesen Rohstoffen nicht hoch ist.

Tabelle 3

Bedeutung der Rohstoffe Gefahrenklasse III für Bayern

Rohstoffe	Verwendung	Bedeutung für Bayern
Gips und Anhydrit	Baumaterial	mittel
Feldspat	Keramik- und Glasindustrie	niedrig
Zement	Infrastruktur	mittel
Kaolin	Beschichtung von Papier und Keramik	mittel
Quarzsand	Glas- und Gießerei-Industrie	mittel
Bentonit	Gießerei, Eisenindustrie	niedrig
Schwefel	Chemische und pharmazeutische Industrie	mittel
Steinsalz	Gewinnung von Chlor und Natrium	niedrig
Glimmer	Farbstoffe, Füllstoffe, Dämmung, Kosmetik, Keramik, Isolierung	mittel

Eigene Zusammenstellung der IW Consult, 2019

Die Abbildung 7 bietet eine Synopse des Rohstoffrisikos und der Bedeutung der Rohstoffe für die bayerische Industrie. Es zeigt sich eine Häufung der Rohstoffe mit hoher Bedeutung und hohem Risiko. Dabei handelt es sich oftmals um Rohstoffe mit einer hohen Bedeutung für Zukunftstechnologien, die für die technologieorientierte bayerische Industrie wichtig sind. Mit Kobalt, Lithium und Graphit finden sich hier etwa drei wichtige Elemente für die Produktion von Batterien für die Elektromobilität. Die Elemente der Platingruppe – Rhodium, Palladium und Platin – spielen ebenso eine wichtige Rolle für heutige und zukünftige Mobilitätskonzepte.

Abbildung 7
Bedeutungs-Risiko-Matrix

Bedeutung für Bayern Gefahrenklasse	Hoch	Mittel	Niedrig
Hoch	Kobalt, Tantal, Gallium, Wolfram, Niob, Rhodium, Yttrium, Indium, Palladium, Zinn, Platin, Neodym, Germanium, Lithium, Graphit, Selen	Fluorit, Chrom, Scandium, Phosphate, Magnesium	Mangan, Molybdän
Mittel	Eisen, Zink, Nickel, Kupfer, Aluminium, Titan	Zirkon, Kalisalz, Blei, Kadmium	Baryt, Silber, Gold
Niedrig		Gips und Anhydrit, Zement, Kaolin, Quarzsand, Schwefel, Glimmer	Feldspat, Betonit, Steinsalz

Eigene Darstellung IW Consult, 2019

Zu den besonderen Risiken bei diesen Rohstoffen zählen häufig eine hohe Länderkonzentration der Vorkommen und eine besondere Kritikalität der Förderländer wegen mangelnder politischer und wirtschaftlicher Stabilität, Menschenrechtsproblemen oder Risiken einer (möglichen) strategischen Handelspolitik. Die Verringerung der Rohstoffrisiken durch eine Diversifizierung der Bezugsquellen, die Unterstützung der Förderländer hinsichtlich einer höheren Stabilität oder einer ausgleichenden Handelspolitik stellen wichtige Maßnahmen für die Sicherung einer kontinuierlichen Rohstoffversorgung dar.

5 Fallstudien

3D-Druck und Batterien verändern den Rohstoffbedarf der Wirtschaft

5.1 Fallstudie 1: 3D-Druck

Flugzeugteile, Zahnbrücken, Autokarosserien sowie Bau- und Ersatzteile für Häuser, Flugzeuge und Maschinen kommen bereits aus dem 3D-Drucker. Die Technologie erobert immer mehr Industriezweige und kann zur dauerhaften Veränderung der Organisation von Wertschöpfungsketten führen. Vielfach wird sogar davon gesprochen, dass mit additiven Fertigungsverfahren – auch 3D-Druck genannt – ein neues Produktionszeitalter eingeläutet wird, das ebenso weitreichende Veränderungen mit sich bringen könnte wie die Erfindung der Dampfmaschine, des Mikrochips oder des Internets.

In den vergangenen Jahren wuchs der 3D-Druck-Markt kontinuierlich. Allein 2017 verzeichnete der weltweite Markt additiver Fertigungsverfahren und Dienstleistungen einen Anstieg um weitere 21 Prozent auf 7,3 Milliarden US-Dollar. In den vergangenen zehn Jahren haben sich die Umsätze für 3D-Druck-Güter und -Dienstleistungen nahezu versiebenfacht (Umsatz 2007: 1,1 Milliarden US-Dollar). Dabei entfaltet sich das Wachstum am stärksten in zwei unterschiedlichen Bereichen: beim industriellen Metall-3D-Druck und bei Desktop-3D-Druckern².

Die Prognosen für die zukünftige Entwicklung des 3D-Drucks variieren von Jahr zu Jahr stark. Laut dem Beratungsunternehmen IDC soll der Markt der additiven Fertigung bis 2022 auf 22,7 Milliarden US-Dollar weiter steigen³. Für den Umsatz von 3D-Druck-Materialien wird bis 2022 ein jährliches Wachstum von 20,3 Prozent erwartet⁴. Das volle Potenzial und die Auswirkungen dieser neuartigen Technologie können zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht genau bewertet werden, da kontinuierlich neue Materialien, Technologien und Anwendungsfelder entdeckt werden.

5.1.1 Verfahren und Technologien

Die additive Fertigung bezeichnet ein Produktionsverfahren, bei dem auf der Basis digitaler 3D-Konstruktionsdaten durch das Ablagern von Material schichtweise ein Bauteil aufgebaut wird. Immer häufiger wird der Begriff 3D-Druck als Synonym für die additive Fertigung verwendet. Statt ein Werkstück aus einem festen Block heraus zu fräsen, baut die additive Fertigung Bauteile Schicht für Schicht aus Werkstoffen auf, die als feines Pulver vorliegen.

² Wohlers Associates, 2018

³ Wohlers Associates, 2018

⁴ 3D-Druck.com, 2019

Die Aufmerksamkeit, die den additiven Fertigungsverfahren derzeit zuteilwird, lässt oftmals vergessen, dass es bereits eine lange Entwicklungsgeschichte dieser Technologie gibt. Diese werden seit über 50 Jahren erforscht. Das erste kommerzielle 3D-Druck-System gab es bereits Ende der 1980er Jahre. Dementsprechend gibt es eine Vielzahl an Materialien und Technologien, mittels welcher das Endprodukt gefertigt werden kann. Es gibt viele Fertigungsverfahren, die mit unterschiedlichen Technologien umgesetzt werden können⁵.

Zu den fünf gängigsten Technologien gehören:

1. Lasertechnologien wie Stereolithographie (SLA), Selektives Lasersintering (SLS) oder Selektives Lasermelting (SLM): Das Rohmaterial (Kunststoffe oder Metalle wie Stahl und Titan) wird als Pulver verarbeitet. Ein Laser verschmilzt oder sintert schichtweise die Körnchen, welche mit einem Druckkopf nach jeder Schicht in die entsprechende Form verfestigt werden. SLS- und SLM-Drucke haben oft eine raue Oberfläche und sind geeignet für robuste, elastische oder filigrane Objekte.
2. Elektronenstrahlschmelzen (EBM): Ähnlich wie beim SLS, wird das Pulver – in diesem Fall Metallpulver – schichtweise aufgetragen und von einem Elektronenstrahl gezielt aufgeschmolzen.
3. 3D-Tintenstrahl-Pulverdruck (Binder Jetting): Eignet sich zum Drucken komplexer Teile aus industrietauglichen Materialien. Hierbei wird abwechselnd ein flüssiges Bindemittel auf eine Pulverschicht aufgetragen, um sich mit dem Material zu verbinden. Als Rohmaterial können verschiedene Materialien verwendet werden (Metallpulver, Sand, Keramik, Lebensmittel oder temperaturempfindliche Stoffe). Bei Sand ist keine Nachbearbeitung notwendig, bei Metallen muss jedoch nachträglich der Binder entfernt und das Werkstück gesintert werden, um eine ausreichende Festigkeit zu erzielen. Beim Binder Jetting ist während der Bearbeitung kein Stützmaterial notwendig und es ist deutlich schneller als andere 3D-Druck-Verfahren.
4. Thermischer 3D-Druck (FDM Fused Deposition Modeling/FFM Fused Filament Fabrication): Kann ausschließlich bei Stoffen verwendet werden, die unter Hitze formbar sind (beispielsweise Acrylnitril-Butadien-Styrol, Polylactide und Modellierwachs). Das Rohmaterial wird durch eine Düse gepresst und als verflüssigter, dünner Faden aufgetragen. FDM-Druck ist vergleichsweise schnell und liefert belastbare Kunststoffteile. Die Oberfläche weist jedoch häufig eine sichtbare Riffelung auf.
5. Polyjet (PJ): Mehrere parallel angebrachte Düsen und Köpfe drucken tröpfchenweise das Material auf, welches anschließend sofort per UV-Licht gehärtet wird. Bereits im Druckprozess können Materialien unterschiedlicher ästhetischer, haptischer und physikalischer Eigenschaften verarbeitet werden. Darüber hinaus ist es möglich, Kunststoffe mit beliebig wählbaren Eigenschaften zu mischen, sodass Elastizität und Farbe flexibel variiert werden können. Dies ist insbesondere für Prototypen bei der Produktentwicklung hilfreich.

Die ersten drei Methoden werden am häufigsten für metallische und mineralische Rohstoffe angewendet. Mit voranschreitender Entwicklung der Technologien ändern sich

⁵ für ausführliche Informationen zu den Fertigungsverfahren vgl. ASTM, 2012

jedoch auch die verwendeten Rohstoffe und Anwendungsfelder additiver Fertigungsverfahren. Werden Edelmetalle wie Gold oder Silber für den 3D-Druck verwendet, kommt häufig ein indirektes Verfahren zum Einsatz: Die Gussform wird zunächst aus Modellierwachs in 3D gedruckt und dann konventionell im Wachsausschmelzverfahren abgegossen.

5.1.2 Vorteile additiver Fertigungsverfahren

Die vielfältigen Vorteile des 3D-Drucks hat die deutsche Wirtschaft bereits erkannt: Mehr als jedes vierte deutsche Industrieunternehmen (28 Prozent) nutzt bereits 3D-Druck-Technologien⁶. Diese ermöglichen es den Unternehmen, die Produktentwicklung zu beschleunigen und Fertigungsprozesse zu optimieren. Der 3D-Druck bietet damit vielen Unternehmen die Chance, in Niedriglohnländer abgewanderte Wertschöpfung nach Deutschland zurückzuholen. Der 3D-Druck ist ein Innovationsbeschleuniger und hat viele Vorteile, die insgesamt zu Kostenreduktionen und höherer Wettbewerbsfähigkeit führen:

- Die Produktion von Einzelanfertigungen und geringen Losgrößen wird wirtschaftlich, da keine Rüstkosten für Werkzeuge und Maschinen oder Maschinenumstellungen anfallen.
- Entwicklungs- und Innovationsprozesse können beschleunigt und kostengünstiger werden, da Fehler und Schwächen noch in der Planungs- und Entwicklungsphase an einzelnen Prototypen erkannt werden (Rapid Prototyping).
- Der Materialverbrauch sinkt, da eine passgenaue Produktion möglich ist.
- Es können komplexe Strukturen und bionische Designs nachgebildet werden, da mehr Funktionalitäten oder ein effizienteres Design direkt in ein Produkt integriert werden können.
- Es entstehen geringere Transportkosten sowie kürzere Lieferketten und Produktionszeiten, da Produkte lokal selbst produziert werden können und Vor- und Endmontageaktivitäten entfallen.
- Die Lebensdauer von Produkten wird durch die individuelle Herstellung spezifischer Einzelteile vor Ort verlängert.
- Unternehmen erlangen eine höhere Agilität und Flexibilität und können vielseitigere Kundenwünsche umsetzen, da sie Einzelkomponenten selbst herstellen.
- Die Lagerkosten für Ersatzteile können eingespart werden, da diese zielgerichtet für den Gebrauch gedruckt werden können, ohne sie auf Vorrat lagern zu müssen.
- Die dezentrale Fertigung (Cloud Producing) sowie die Fertigung ausschließlich auf Bedarf bieten Chancen in der Nachhaltigkeit.
- Der 3D-Druck ermöglicht neue Recyclingkonzepte, vor allem bei Kunststoffen, da Kunststoffabfall verwendet werden kann, um neue Druckmaterialien herzustellen.

3D-Druck-Technologien besitzen außerdem ein enormes Potenzial im Kontext von Umweltschutz. Einerseits kann die Umwelt durch rohstoffeffizientere Verfahren entlastet werden. Andererseits können Biokunststoffe, die aus erneuerbaren Ressourcen wie u. a. Zuckerrüben, gewonnen werden und biologisch abbaubar sind, für den 3D-Druck genutzt

⁶ BITKOM, 2018

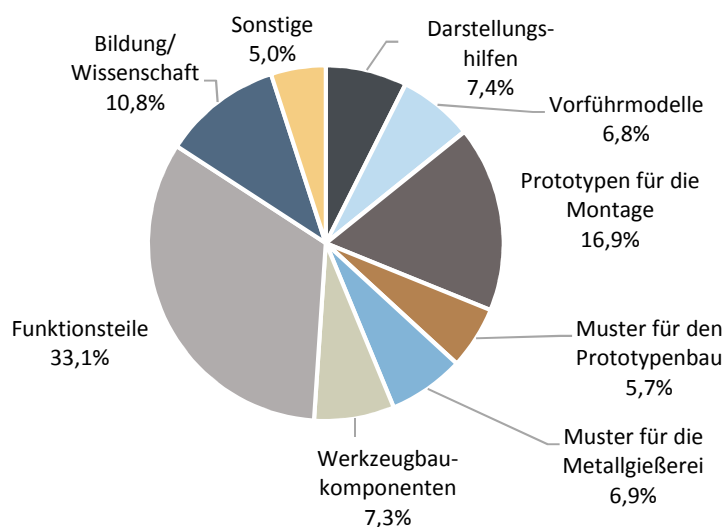
werden. Bei der Verwendung metallischer Rohstoffe kann deren Aufbereitung zu den Metallpulvern, die im 3D-Druck verwendet werden, allerdings auch mit einem insgesamt erhöhten Energieaufwand einhergehen. Die Bewertung des gesamten Ressourceneinsatzes bedarf weiterer Untersuchungen im Einzelfall.

5.1.3 Multiple Anwendungsbereiche

Additive Fertigungsverfahren kommen in vielen Bereichen zur Anwendung. Die häufigste Verwendung finden additiv hergestellte Funktionsteile (33,1 Prozent). Es folgen Prototypen für die Montage (16,9 Prozent) und die Wissenschaft (10,8 Prozent). Abbildung 8 verdeutlicht, wie vielseitig und unterschiedlich die Anwendung additiver Fertigungsverfahren ist. Dies ist zugleich Ausdruck des großen Potenzials, da dadurch im großen Maße verschiedene Bereiche der Industrie, Forschung, Wertschöpfungs- und Lieferkette, Zuliefer- und Endprodukte verändert werden können⁷.

Abbildung 8

Anwendungsbereiche additiver Fertigungsverfahren



Quelle: Wohlers Associates, 2018

Für die Serienfertigung wird der 3D-Druck bereits in der Luft- und Raumfahrtindustrie, der Medizin- und Zahntechnik, der Verpackungsindustrie und dem Bio-Printing eingesetzt. Das

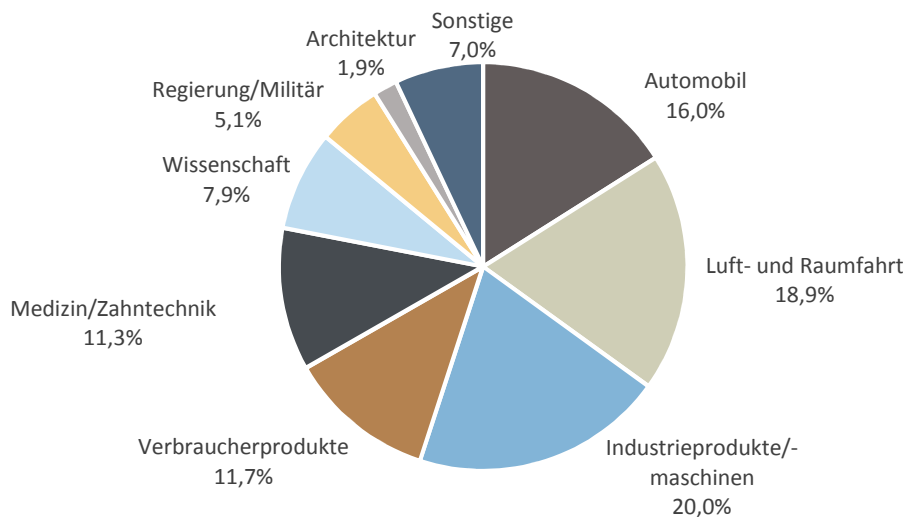
⁷ Wohlers Associates, 2018

Bio-Printing ist eine spezielle Form des 3D-Drucks, bei dem Gewebe aus zuvor gezüchteten einzelnen Zellen verwendet wird, um regelmäßige Strukturen zu erzeugen. Die Technik soll zukünftig in der Lage sein, ganze Organe oder synthetische Lebewesen herzustellen. Besonders in der Luft- und Raumfahrt und der Medizintechnik wuchs der Markt anspruchsvoller 3D-Druck-Systeme in den vergangenen Jahren stark⁸.

Anhand der Umsatzerlöse additiver Fertigungssysteme lässt sich veranschaulichen, in welchen Branchen diese in großem Maße nachgefragt werden und zum Einsatz kommen. 2017 wurde jedes fünfte additive Fertigungssystem im Bereich Industrieprodukte und -maschinen verwendet (Abbildung 9). Doch auch im Bereich der Luft- und Raumfahrt wie auch der Automobilindustrie kommen additive Fertigungssysteme ähnlich stark zum Einsatz. 11,7 Prozent der 3D-Druck-Systeme werden bereits dazu verwendet, fertige Verbraucherprodukte herzustellen.

Abbildung 9

Nachfrage nach additiven Fertigungssystemen nach Branchen



Quelle: Wohlers Associates, 2018

Es bestehen noch einige Hemmnisse für eine größere Verbreitung additiver Verfahren in der Serienproduktion. So ist die Prozessgeschwindigkeit noch langsam und die Palette der verarbeitbaren Materialien sowie die Anzahl von verwendbaren Legierungen limitiert. Die Reproduzierbarkeit ist eingeschränkt, weil die Materialeigenschaften gleicher Bauteile oft minimal voneinander abweichen. Dies führt dazu, dass ein Teil nicht mehr mit dem anderen austauschbar ist. Abgesehen davon müssen Bauteile, wenn sie etwa hohen Belastungen ausgesetzt sind, eine gleichbleibende Qualität aufweisen. Der hohe Wärmeeinsatz bei

⁸ Wohlers Associates, 2018

einigen additiven Fertigungsverfahren kann die Materialeigenschaften negativ beeinflussen. Der verfahrensbedingt schichtweise Aufbau der Bauteile führt zu weniger glatten Kanten. Nachbearbeitungsschritte dazu sowie für zusätzliche Bohrungen, Gewinde und Passungen entfallen auch beim 3D-Druck nicht vollständig.

Damit die additive Fertigung auch für die industrielle Serienproduktion von größeren Stückzahlen attraktiver werden kann, muss die Leistungsfähigkeit der Verfahren weiter gesteigert werden. Erforderlich ist dabei nicht nur eine Beschleunigung des additiven Fertigungsverganges selbst, sondern auch die Minimierung bzw. Automatisierung der heute noch manuell vorzunehmenden vor- und nachgelagerten Produktionsschritte. Gerade in Branchen mit hohen Qualitätsanforderungen, wie der Luft- und Raumfahrt oder der Medizintechnik, sind die Standardisierung von Materialien und Prozessen für die notwendige Zertifizierung einzelner Produkte eine zwingende Voraussetzung.

Auf Unternehmensebene bestehende Engpässe bei Fachkräften mit digitalen und technischen Fähigkeiten, die für die Anwendung additiver Fertigungsverfahren benötigt werden, verzögern. Um der zunehmenden Nachfrage nach additiv gefertigten Produkten gerecht zu werden, müssen produzierende Unternehmen neue Digitalkompetenzen häufig erst aufbauen.

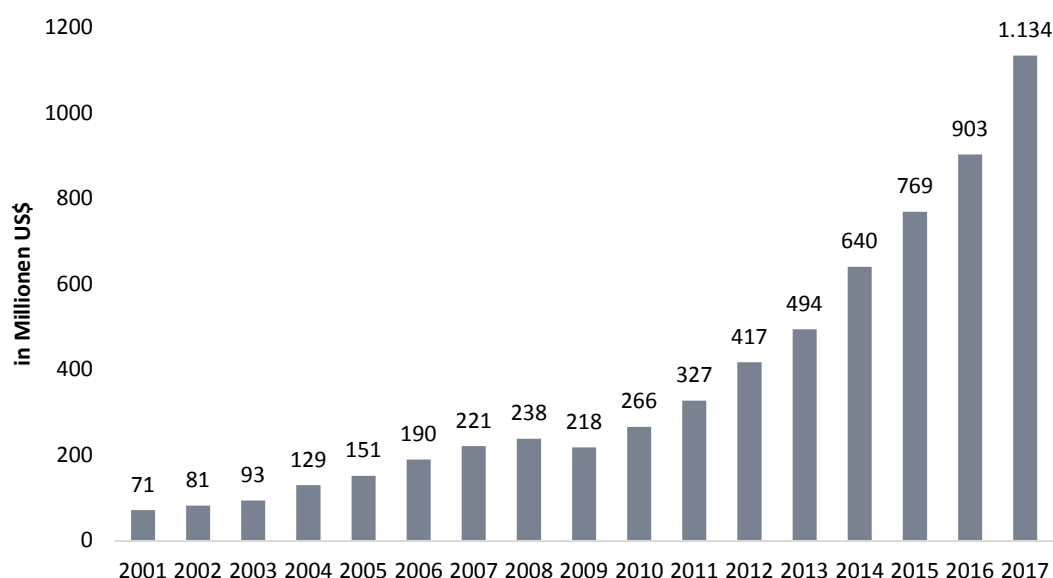
5.1.4 Verwendete Rohstoffe

Die Entwicklung der 3D-Druckmaterialien hat sich im Laufe der Zeit gewandelt, da die Materialien immer wieder an die entsprechenden Technologien angepasst werden müssen. Diese reichen von Plastik über Metall und Nylon bis hin zu essbaren Materialien. Neue Formate und Materialien werden ständig weiterentwickelt, um die Materialien noch widerstandsfähiger zu machen und eine noch bessere Druckqualität zu liefern. Der Markt für 3D-Druckmaterialien soll 2019 ein Volumen von 5,3 Milliarden US-Dollar erreichen und bis 2022 jährlich um 20,3 Prozent steigen⁹.

Im folgenden Kapitel werden ausschließlich metallische und mineralische Stoffe untersucht, da sie Auswirkungen auf die hier betrachteten Rohstoffmärkte haben. Kunststoffe und organische Materialien wie Nylon, Polyactide (PLA) oder Acrylnitril-Butadien-Styrol (ABS) werden trotz ihrer häufigen Verwendung beim FDM oder der Stereolithographie daher nur am Rande betrachtet.

⁹ 3D-Druck.com, 2019

Abbildung 10
Rohstoffausgaben für die additive Fertigung



Quelle: Wohlers Associates, 2018

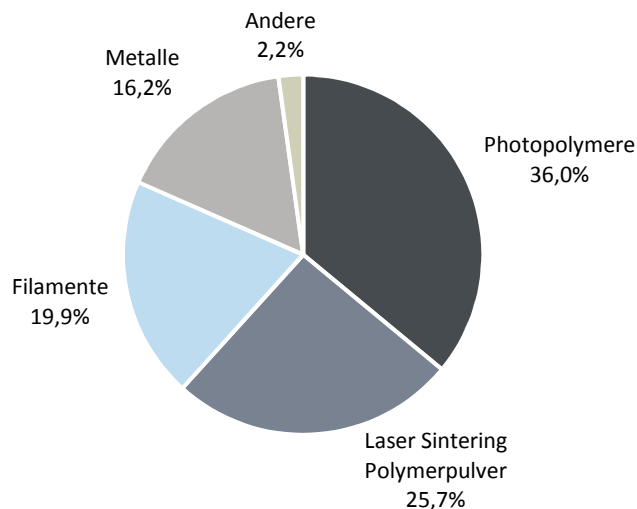
2017 wurden weltweit 1.134 Millionen US-Dollar für Materialien im Rahmen der additiven Fertigung ausgegeben (Abbildung 10). In diese Berechnung gingen Materialien für alle additiven Fertigungsverfahren ein. In den vergangenen 15 Jahren vervierzehnfachte, in den vergangenen zehn Jahren verfünffachte sich die Marktgröße, wobei insbesondere seit 2010 die jährliche Wachstumsrate zwischen 20 und 30 Prozent lag.

Der Umsatz mit Metallen für den 3D-Druck lag 2017 bei 183,4 Millionen US-Dollar und wuchs allein 2017 um 44,6 Prozent. Gegenüber 2015 hat sich der Umsatz (2015: 88,1 Millionen US-Dollar) sogar mehr als verdoppelt, gegenüber 2011 (Umsatz: 11,0 Millionen US-Dollar) sogar verzehnfacht¹⁰. Dies verdeutlicht die gegenwärtige enorme Dynamik im Markt. Die wachsende Nachfrage der Luft- und Raumfahrt- sowie Automobilindustrie und Fortschritte hybrider Metalle und Legierungen werden die Nachfrage nach metallischen Rohstoffen im 3D-Druck zukünftig weiter steigern.

Der Anteil der Metalle an allen Rohstoffen für additive Fertigungsverfahren ist immer weiter gestiegen. Lag er 2013 bei sechs Prozent und 2015 bei 11,5 Prozent, waren es 2017 schon 16,2 Prozent (Abbildung 11). Dies liegt zum einen daran, dass die Technologien für metallischen 3D-Druck erst seit 2009 in größerem Maße für die Produktion zum Einsatz kommen und daher erst in jüngster Zeit ihr Nischendasein verlassen.

¹⁰ Wohlers Associates, 2018

Abbildung 11
Rohstoffe für die additive Fertigung



Andere: Material für Binder Jetting, Solidscape Machines und Sheet Lamination.

Quelle: Wohlers Associates, 2018

Im Folgenden werden verschiedene Metalle und ihre Eignung für den Einsatz beim 3D-Druck näher beleuchtet:

- Aufgrund der Stabilität und Leichtigkeit wird *Aluminium* häufig für 3D-Drucke eingesetzt. Besonders dann, wenn ein geringes Gewicht gefragt ist, wird auf Aluminium zurückgegriffen. So wird es unter anderem für mechanische Bauteile in der Luft- und Raumfahrtindustrie, in Fahrzeugen und bei Fahrrädern eingesetzt. Aluminium wird meist als Legierung mit weiteren Metallen verwendet. Zu diesen gehören beispielsweise Silizium und Magnesium. Diese Legierungen sorgen für eine Verbesserung physikalischer und mechanischer Eigenschaften. Aluminium gehört zu den Rohstoffen mit einem mittleren Versorgungsrisiko. Gerade seine Bedeutung für Zukunftstechnologien gehört zu den besonderen Risikofaktoren.
- *Titan* verfügt über eine ideale Kombination aus Festigkeit und Leichtigkeit. Zugleich ist es korrosionsbeständig. Besonders in den Bereichen Luft- und Raumfahrt sowie in der Medizin ist dieser Stoff sehr gefragt. Genau wie Aluminiumlegierungen besitzen auch Titanlegierungen bessere chemische und mechanische Eigenschaften. Bauteile aus Titan können durch den 3D-Druck in komplexeren Formen hergestellt werden. Ein Nachteil des Materials liegt jedoch im sehr hohen Anschaffungspreis. Das Versorgungsrisiko bei Titan liegt im mittleren Bereich. Zu den kritischen Faktoren der Rohstoffversorgung zählen die Bedeutung für Zukunftstechnologien und die Unternehmenskonzentration.
- Auch *Stahl* zählt zu einem der beliebtesten Materialien in der Fertigungsindustrie, weil es eine ebene Oberfläche und gute mechanische Eigenschaften bietet. Es zählt zu

den am häufigsten verwendeten Materialien im Metall-3D-Druck. Die Variante *Rostfreier Stahl* ist eine erschwingliche Alternative und kommt daher in einer Vielzahl von industriellen Anwendungen zum Einsatz. Rostfreier Stahl ist besonders in Kombination mit Kobalt und Nickel widerstandsfähig und stabil, während er gleichzeitig elastische Eigenschaften hat.

Der wichtigste Bestandteil von Stahl ist Eisen, das eine mittlere Risikobewertung aufweist. Als kritische Faktoren werden allerdings die Bedeutung für Zukunftstechnologien, die Preisentwicklung der vergangenen drei Jahre und die Unternehmenskonzentration der Förderung eingestuft. Bei Stahl besteht eine Vielzahl von Varianten, die sich durch die Zugabe verschiedener Legierungselemente wie zum Beispiel Kobalt, Nickel, Chrom, Kupfer oder Mangan. Diese Legierungselemente weisen ein je eigenes Risikoprofil auf.

- *Eisen* wird daneben auch als Zusatzstoff für Polyactide (PLA) im 3D-Druck verwendet.
- *Kobalt* und Kobalt-Chrom-Legierungen haben eine hohe spezifische Festigkeit. Sie werden häufig für Turbinen, Zahnimplantate und andere orthopädische Implantate verwendet.

Kobalt und Chrom gehören zu den Rohstoffen der höchsten Risikoklasse. Kobalt weist beim Länderrisiko, der Preisentwicklung, der Bedeutung für Zukunftstechnologien und der Gefahr, Objekt einer strategischen Rohstoffpolitik zu werden besonders hohe Risiken auf. Bei Chrom sind die statische Reichweite, die Länderkonzentration und die Substitutionsmöglichkeiten die wesentlichen Risikotreiber.

- Bei *Inconel* handelt es sich um eine Nickellegierung, die hauptsächlich aus Nickel und Chrom besteht. Sie zeichnet sich durch eine gute Widerstandsfähigkeit selbst bei hohen Temperaturen aus und wird daher häufig in der Öl-, Chemie- und Raumfahrtindustrie eingesetzt.

Nickel weist ein mittleres Versorgungsrisiko auf. Die Statische Reichweite und die Bedeutung für Zukunftstechnologien sind die größten Risikofaktoren.

- *Kupfer* und *Bronze* sind weniger geeignet für die industrielle Anwendung, weshalb sie häufiger im Kunsthandwerk verwendet werden. Dabei kommen am häufigsten Wasserausschmelzverfahren und weniger das pulverbettbasierte 3D-Drucken zum Einsatz. Kupfer, das auch Hauptbestandteil von Bronze ist, wird ein mittleres Versorgungsrisiko zugeordnet. Kritisch sind die statische Reichweite, die Bedeutung für Zukunftstechnologien und die Substitutionsmöglichkeiten.

- Es gibt auch pulverbettbasierte 3D-Druckverfahren, bei denen Gold, Silber, Platin und andere *Edelmetalle* als Ausgangsstoffe verarbeitet werden. Da bei diesen Stoffen jedoch große Herausforderungen bestehen, die ästhetischen Eigenschaften zu erhalten, werden sie meist nur für Schmuck, medizinische oder elektronische Anwendungen herangezogen.

Die Versorgungsrisiken der Edelmetalle unterscheiden sich deutlich. Für Gold und Silber bestehen nur mittlere Versorgungsrisiken wegen der jeweiligen statischen Reichweiten und der Bedeutung für Zukunftstechnologien. Bei Platin, Palladium und Rhodium bestehen neben der Bedeutung für Zukunftstechnologien geringe Substitutionsmöglichkeiten und hohe Länderrisiken der Förderung. Bei Palladium und Rhodium war auch die Preisentwicklung der vergangenen drei Jahre ein Risikofaktor.

Inwiefern ein zunehmender Einsatz additiver Fertigungsverfahren den Rohstoffeinsatz in der Produktion insgesamt verändern wird, lässt sich nur schwer quantifizieren. Geht man

davon aus, dass für die Produktion lediglich das Fertigungsverfahren geändert wird, die Struktur und das Material der Bauteile aber beibehalten wird, ist durch den Einsatz additiver Fertigungsverfahren eine Verringerung des Materialeinsatzes zu erwarten. Weil additive Fertigungsverfahren die Konstruktionsfreiheit erhöhen, kann die effizientere Konstruktion von Bauteilen zu einer weiteren Reduzierung des Materialbedarfs führen. In der Folge verringerte eine reduzierte Rohstoffnachfrage auch die einzelnen Rohstoffrisiken. Inwiefern die neuen Möglichkeiten zu einer Substitution einzelner Rohstoffe durch andere führen wird, lässt sich nicht prognostizieren.

5.2 Fallstudie 2: Batterie

Im Bereich Batterien lassen sich nach Technologie und daraus abgeleitetem Rohstoffbedarf drei verschiedene Untersuchungsbereiche differenzieren:

- Anwendung: Hier werden die aktuellen und in Zukunft wichtigsten Einsatzbereiche skizziert und die davon abgeleitete Nachfrage analysiert.
- Globaler Kapazitätsaufbau: Derzeit wird sowohl in Europa als auch darüber hinaus ein massiver Kapazitätsaufbau bezüglich der Batteriezellfertigung für die Elektromobilität geplant und angegangen. Teslas Gigafactory für Lithium-Ionen-Batterien ist hier ein Vorbild und hat sich schon fast als eigene Mengeneinheit etabliert. Im Folgenden wird ein Überblick über wichtige Vorhaben in Deutschland und Europa gegeben.
- Technologische Weiterentwicklungen: An der aktuellen Lithium-Ionen-Technologie wird intensiv geforscht. Gleichzeitig gibt es viele Forschungsvorhaben für ergänzende und ersetzende Speichertechnologien, die leistungsstärker sind. Hier wird ein Überblick der in Rede stehenden Alternativen gegeben.

5.2.1 Anwendungsbereiche heute und in Zukunft

Zwei wichtige Einsatzgebiete für Batteriespeicher sind die Elektromobilität und die (Zwischen-)Speicherung von Elektrizität im Stromnetz im Zusammenhang mit dem weiteren Anstieg der Stromproduktion aus erneuerbaren Energien. Hier wird ein enormer Produktionszuwachs in den nächsten Jahren erwartet.

Weitere Anwendungsfelder sind Stromspeicher für alle Arten mobiler Datenverarbeitungs- und Kommunikations- sowie Unterhaltungsgeräte (sogenannte 3C-Anwendungen: Computer, Communication devices, Consumer electronics). Letztere kommen zwar in vergleichsweise großen Stückzahlen auf den Markt. Bei diesen Geräten sind aber der Stromspeicherbedarf (Kapazität) und die Anforderungen an die Leistungsfähigkeit (Energieabgabe pro Zeiteinheit, Differenzierung des Lastprofils) deutlich geringer als in den anderen Anwendungen.

5.2.1.1 Elektromobilität

Die Umstellung auf die Elektromobilität wird derzeit auf politischer und gesellschaftlicher Ebene stark vorangetrieben. Die Bundesregierung geht davon aus, das ursprünglich für das Jahr 2020 angesetzte Ziel für die Durchdringung der Kraftfahrzeugflotte mit Elektroautos von einer Million Fahrzeuge im Jahr 2022 zu erreichen. Für das Jahr 2030 wurde das Ziel auf einen Bestand von zehn Millionen Fahrzeugen erhöht.

In einer Studie für die vbw – Vereinigung der Bayerischen Wirtschaft e. V.¹¹ beziffern Fraunhofer IAO und IW Consult die jährlichen Fahrzeugneuzulassungen auf rund 116 Millionen Fahrzeuge im Jahr 2030 – ein Anstieg von knapp 30 Prozent gegenüber 90 Millionen Fahrzeugneuzulassungen im Jahr 2016. Die Entwicklung wird von einer massiven Veränderung der Antriebsarten dieser Fahrzeuge begleitet. Während im Jahr 2016 gut 96 Prozent der neu zugelassenen Fahrzeuge mit konventionellen Antrieben ausgestattet waren, wird – entsprechend des Basis-Szenarios in der Studie – im Jahr 2030 ein Anteil von 60 Prozent der weltweiten Neuzulassungen in signifikantem Ausmaß elektrifiziert sein. Dazu zählen sowohl batterie-elektrisch betriebene Fahrzeuge als auch verschiedene Hybrid-Varianten (Mild-Hybrid-, Plug-In-Hybrid- und Full-Hybrid-Fahrzeuge). Alle diese Antriebskonzepte benötigen einen Energiespeicher als Traktionsbatterie.

Die Politik im In- und Ausland setzt mit der aktuellen Regulierung und absehbaren weiteren Maßnahmen zunehmend Anreize zur schnelleren Marktdurchdringung der Elektrofahrzeuge. Dazu zählen unter anderem:

- die EU-Regulierung der Flottengrenzwerte für die Automobilindustrie;
 - Pläne und Ankündigungen für Zulassungsverbote von Kraftfahrzeugen mit Verbrennungsmotoren mit unterschiedlichem Zeithorizont (beispielsweise 2025: Norwegen; 2030: Dänemark und Schweden; 2040: Frankreich und Großbritannien¹²;
 - Vorteile für Elektrofahrzeuge bei der Zulassung in Agglomerationsräumen in China¹³;
- Änderungen in der Mobilitätsnachfrage (wie z. B. Car-Sharing) können darüber hinaus besonders in den Großstädten auch in Deutschland den verstärkten Einsatz von Elektrofahrzeugen begünstigen¹⁴.

Die Automobilbauer folgen ebenfalls verstärkt dem Trend zur Elektromobilität. In Deutschland setzten die Nischenanbieter StreetScooter (DHL/Post) und e.Go früh konsequent ausschließlich auf batterie-elektrische Fahrzeuge. Volvo beschloss im Jahr 2017 als erster etablierter Autohersteller die Elektrifizierung aller zukünftigen Modelle – zumindest in Form von Hybridvarianten. Inzwischen haben aber auch alle großen deutschen OEMs (VW-Gruppe, BMW, Daimler) eine ausgeprägte Neuausrichtung ihrer Modellpalette mit einer deutlichen Ausweitung elektrischer Antriebe angekündigt. VW setzt dabei ausschließlich auf den Einsatz von Batterien zur Energieversorgung. Die Änderungen in der Modellpalette gehen einher mit Strategien zur Beteiligung an Unternehmen der Batteriezellfertigung oder dem Aufbau eigener Kapazitäten zur Batteriezellfertigung.

¹¹ vbw, 2018

¹² tagesschau.de, 2019a; automobilwoche.de, 2019

¹³ EESI 2018

¹⁴ vbw, 2018

Die dominierende Technologie für die Energieversorgung der Elektromotoren stellt aktuell die Lithium-Ionen-Batterie dar. Sie vereint die wesentlichen Anforderungen einer hohen Energiedichte, Sicherheitsaspekten, einer relativ hohen Flexibilität beim Aufladen und der Leistungsabgabe sowie einer relativ geringen Sensibilität für Temperaturschwankungen derzeit am besten mit der Wirtschaftlichkeit in der Herstellung.

Allerdings kommen in Lithium-Ionen-Batterien gleich drei Rohstoffe zum Einsatz, die der roten Gruppe der Rohstoffe mit besonders hohen Versorgungsrisiken zugeordnet sind: Lithium, Kobalt und Graphit. Auch Nickel als Rohstoff der orangefarbenen Gruppe spielt eine wichtige Rolle¹⁵. Derzeit dominieren zwei Batterietypen, die sich anhand des Kathodenmaterials unterscheiden. Die Nickel-Kobalt-Aluminium-Batterie (NCA) enthält einen geringeren Kobaltanteil, ist aber in der Herstellung teurer. Die Nickel-Mangan-Kobalt-Batterie ist in der Herstellung günstiger, benötigt aber einen höheren Kobaltanteil. Die Forschungs- und Entwicklungsbemühungen bei diesen Batterietypen richten sich insbesondere auf die Reduzierung des Kobalteinsatzes¹⁶.

5.2.1.2 Speicherung regenerativer Energien zur Stabilisierung der Elektrizitätsversorgung

Auch die Anwendung für elektrische Energiespeicher wird wegen der Klimapolitik in Zukunft maßgeblich an Bedeutung gewinnen. Der Ausgleich einer zunehmenden Stromerzeugung mittels erneuerbarer Energien und dem aktuellen Stromverbrauch ist auf die Zwischenspeicherung der elektrischen Energie angewiesen. Die Stromerzeugung mittels Windkraft und Photovoltaik hängt eng mit Windverfügbarkeit und Sonneneinstrahlung zusammen und lässt sich nicht immer automatisch mit dem Stromverbrauch synchronisieren. Je höher der Anteil dieser regenerativ gewonnenen Kapazitäten an allen Erzeugungskapazitäten wird, desto wichtiger werden die Möglichkeiten, deren Stromerzeugung zu speichern, falls sie die aktuelle Nachfrage übersteigt.

Die Speicherung kann dabei dezentral am Ort der Erzeugung – also nahe an den Windparks oder den Photovoltaikanlagen – oder stärker zentralisiert erfolgen. Für die dezentrale Speicherung werden Batterien genutzt und für die zentrale Speicherung traditionell Pumpspeicherkraftwerke eingesetzt. Es werden hier aber in zunehmendem Maße auch Batteriespeicher infrage kommen. Derzeit stellt bei den Batteriespeichern für die Elektrizitätsversorgung ebenfalls die Lithium-Ionen-Batterie die vorherrschende Technologie dar.

Momentan ist ein Batteriespeicher in Südaustralien das größte Referenzprojekt für die Stromspeicherung in Lithium-Ionen-Batterien. Das französische Unternehmen Neoen betreibt in Südaustralien (Hornsedale Power Reserve) einen Batteriespeicher mit einer

¹⁵ DERA, o. J.

¹⁶ DERA, o. J.

Kapazität von 129 MWh und einer Leistung von bis zu 100 MW, der – von Tesla gebaut – seit Ende 2017 in Betrieb ist¹⁷. Der Lausitzer Energieerzeuger LEAG hat im Sommer 2019 den Bau einer Speicheranlage auf Basis der Lithium-Ionen-Technologie (Big Battery Lausitz) am Kraftwerksstandort Schwarze Pumpe begonnen. Die Anlage mit einer Leistung von 50 MW und einer Kapazität von 53 MWh soll im Jahr 2020 den Betrieb aufnehmen¹⁸. Dieses Vorhaben ist auch vor dem Hintergrund des Kohlekompromisses und entsprechender regionaler Ausgleichsmaßnahmen zu sehen.

5.2.1.3 3C-Anwendungen: Smartphones, Laptops, Tablets

Die sogenannten 3C-Anwendungen – vor allem Smartphones, Laptops, Tablets – sind die Technologien, in denen Lithium-Ionen-Batterien zuerst flächendeckend zum Einsatz kamen. Die einzelnen Batterien sind hier zwar deutlich kleiner als in den anderen beiden Anwendungen. Aufgrund der hohen Stückzahl der Geräte stellen sie derzeit aber noch die bedeutendste Verwendung für Lithium-Ionen-Batterien dar. Sie bestimmten auch maßgeblich die Höhe und das Wachstum des Rohstoffverbrauchs für Lithium-Ionen-Batterien in den letzten Jahren.

Die Entwicklung des Rohstoffverbrauchs in diesen Anwendungen wird weiterhin wachsen, jedoch weit weniger dynamisch als im Bereich der Elektromobilität. Bis zum Jahr 2026 wird den Prognosen zufolge die Elektromobilität die 3C-Anwendungen als wichtigstes Einsatzgebiet von Lithium-Ionen-Batterien abgelöst haben.

5.2.2 Ableitung des Rohstoffbedarfs

Für die Rohstoffe Lithium und Kobalt werden in den kommenden Jahren Lithium-Ionen-Batterien in jedem Fall die dominierende Anwendung sein. Die Entwicklung wird dabei am stärksten von der Entwicklung der Elektromobilität beeinflusst. Für die Ableitung des Rohstoffbedarfs für Elektrofahrzeuge sind die prognostizierte Kapazität der Batterien und der dafür benötigte spezifische Rohstoffbedarf zentrale Stellgrößen.

Die Batteriekapazität wird von den prognostizierten Stückzahlen von Elektroautos und deren Energiebedarf bestimmt. Ein höherer Anteil von batterie-elektrischen Fahrzeugen erhöht dabei die notwendige Kapazität gegenüber einem stärkeren Besatz von Hybridfahrzeugen, da in Letzteren kleinere Batterien verbaut sind.

Der spezifische Rohstoffbedarf hängt von der angewendeten Batterie-Technologie ab. Auch innerhalb der Klasse der Lithium-Ionen-Batterien variieren die Zusammensetzung des

¹⁷ heise.de, 2019

¹⁸ LEAG, 2019, 2019a

Kathoden- und Anodenmaterials und damit der Einsatz der jeweiligen Rohstoffe. Die Hersteller sind bemüht, den Einsatz vor allem der kritischen Rohstoffe Kobalt und Lithium zu verringern.

Die DERA publiziert derzeit zwei Szenarien¹⁹. Das konservativere BASE-Szenario geht von einer Lithium-Ionen-Batterie-Nachfrage für die Elektromobilität von 428 Gigawattstunden (GWh) im Jahr 2026 aus. Dies bedeutet gegenüber einem Ausgangsvolumen von 31 GWh im Jahr 2016 eine Steigerung auf die rund 14-fache Kapazität. Das dynamischere DRIVE-Szenario geht von einer größeren Menge an Lithium-Ionen-Batterien für die Elektromobilität von 726 GWh im Jahr 2026 aus. Die weltweit nachgefragte Batterie-Kapazität stiege auf rund die 24-fache Menge. Hinter diesen Prognosen stehen rund elf bzw. 18 Millionen Neuzulassungen batterie-elektrischer Fahrzeuge weltweit im Jahr 2026.²⁰

Auf Basis dieser Annahmen prognostiziert die DERA eine Kobaltnachfrage von 50.125 Tonnen (BASE) bis 84.848 Tonnen (DRIVE) für die Elektromobilität (Abbildung 12) – eine Steigerung um den Faktor fünf bis acht gegenüber dem Jahr 2016. Der Anteil der Elektromobilität an der Gesamtnachfrage nach Kobalt stiege von elf auf 38 Prozent. Die Nachfrage nach Kobalt für wiederaufladbare Batterien insgesamt stiege von rund 47.600 Tonnen auf 103.300 Tonnen (BASE) bzw. 140.400 Tonnen (DRIVE). Der wesentliche Treiber dieses Anstiegs wäre die Elektromobilität, selbst wenn annahmegemäß der Kobaltanteil in den Batterien deutlich sinkt.²¹

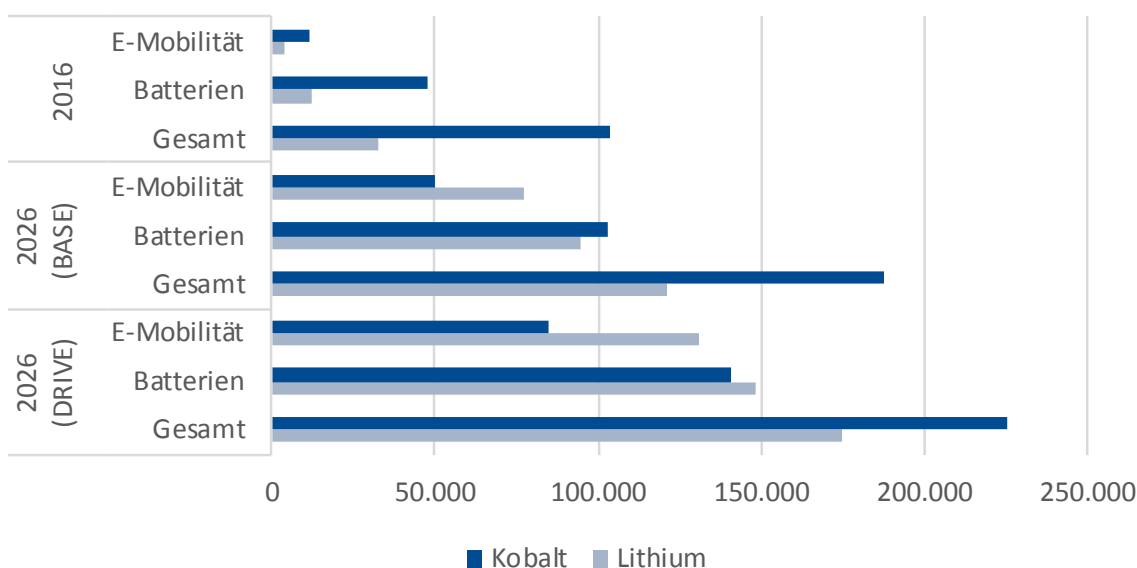
¹⁹ DERA, 2018

²⁰ Diese Zulassungszahlen entsprechen Marktanteilen von 12 bzw. 20 Prozent. Auch die Zahl der insgesamt neu zugelassenen Fahrzeuge variiert in diesen Szenarien.

²¹ Die Prognosen der DERA unterscheiden bei den Nickel-Mangan-Kobalt-Batterien (NMC) zwischen den Typen NMC 1:1:1, NMC 5:3:2, NMC 6:2:2 und NMC 8:1:1. Die Ziffern bezeichnen jeweils den Mengenanteil der Rohstoffe Nickel (N), Mangan (M) und Kobalt (C). Bei dem Typ NMC 8:1:1 ist der Kobalteinsatz um rund 80 Prozent geringer als beim Typ NMC 1:1:1. Die Modellrechnung unterstellt einen steigenden Anteil des Typs NMC 8:1:1. Der Kobaltanteil je Speicherkapazität sinkt daher annahmegemäß zwischen 2016 und 2026 von ungefähr 370 g/kwh auf rund 120 g/kwh.

Abbildung 12

Rohstoffbedarf von Kobalt und Lithium für Batterien in den Jahren 2016 und 2026



Angaben in Tonnen Metallinhalt. Prognosen auf Basis von DERA, 2017; DERA 2018.

Eigene Berechnungen IW Consult, 2019

Auch der Lithiumbedarf für die Speichertechnologien wird deutlich zunehmen. Die DERA-Lithiumprognose aus dem Jahr 2017²² geht noch von geringeren Wachstumsraten der Elektromobilität aus. Bezieht man die dortigen Angaben auf die DERA-Szenarien BASE und DRIVE²³ stiege der Lithiumbedarf für die Elektromobilität auf 77.000 Tonnen (BASE) bzw. 130.700 Tonnen (DRIVE) im Jahr 2026. Dies entspräche einer Zunahme auf das 20 bis 35-Fache seit 2016. Der Anteil der Lithiumverwendung für die Elektromobilität stiege von elf Prozent auf 64 bis 75 Prozent. Die Nachfrage für Batterien läge im Jahr 2026 bei rund 94.500 Tonnen (BASE) bzw. 148.100 Tonnen (DRIVE).

Die DERA weist explizit darauf hin, dass die eingesetzten Mengen maßgeblich von der technologischen Entwicklung abhängen. Die benötigten Mengen der Rohstoffe können bei anderen Batterietypen anders ausfallen. Die Anreize zur technologischen Weiterentwicklung hängen dabei neben den Kosten für Forschung und Entwicklung (FuE) maßgeblich von den Marktbedingungen und den sich ergebenden Knappheiten auf den Rohstoffmärkten ab.

²² DERA, 2017

²³ DERA, 2018

Das hohe Rohstoffrisiko für die Batterienachfrage speist sich somit auch aus der zu erwartenden hohen und steigenden Nachfrage nach diesen Rohstoffen. Zu den Risiken zählen die räumlich stark konzentrierten Rohstoffvorkommen in wenigen Ländern. Die konkrete Auswahl dieser Länder führt gleichzeitig zu weiteren Risiken. So ist die politische Lage im Kongo seit Jahren instabil. Die Rohstoffförderung dort geht zudem mit hohen sozialen, menschenrechtlichen und ökologischen Risiken einher. So erfolgen zehn bis 20 Prozent des Kobaltabbaus in der Demokratischen Republik Kongo im artisanalen Kleinbergbau häufig in ausschließlich manueller Arbeit. Die Einhaltung von Menschenrechten sowie Arbeits- und Umweltstandards ist hier nicht gewährleistet. Die Kontrolle wird durch Korruption in staatlichen Stellen und die inoffizielle Vermarktung des gewonnenen Rohstoffs erschwert²⁴.

Die Lithiumproduktion in Südamerika, wo große Anteile der förderwürdigen Vorkommen liegen, gerät wegen ökologischen Begleiterscheinungen traditioneller Fördertechniken immer stärker in die Kritik. Der hohe Wasserverbrauch in Gegenden mit geringen Niederschlägen führt wegen der Grundwasserabsenkungen zu Nutzungskonflikten mit der Bevölkerung und ökologischen Problemen. Sowohl bei Lithium als auch bei Kobalt kann derzeit als risikoarmes Land nur Australien nennenswerte Mengen der Rohstoffe bereitstellen.

5.2.3 Globaler Kapazitätsaufbau in der Batteriezellproduktion für Elektromobilität

5.2.3.1 Kapazitäten heute

Derzeit sind die globalen Kapazitäten in der Zellfertigung für Batterien stark in Asien konzentriert. Dies liegt mit an den Unterschieden in der Prioritätensetzung der Automobilindustrie in Europa und Asien. Die Speicher für die 3C-Anwendungen werden schon länger vor allem in Asien produziert.

Die chinesische Regierung unterstützte die Entwicklung der Produktion von Elektrofahrzeugen in China schon früh sehr stark unter industriepolitischen Zielsetzungen. Der chinesischen Automobilwirtschaft sollte zu einer stärkeren Führungsrolle – sowohl in technologischer Perspektive als auch in Bezug auf die Stückzahlen – auf den weltweiten Märkten verholfen werden. Daneben verfolgt die chinesische Regierung auch die umweltpolitische Zielsetzung einer lokalen Emissionsminderung in chinesischen Metropolen. Es fand aber ebenso eine frühere und stärkere Verwendung alternativer Antriebe (Elektro, Hybrid, Brennstoffzelle) durch nicht-chinesische asiatische Automobilbauer als in Deutschland oder Europa statt.

Nach Angaben von McKinsey bestanden im Jahr 2018 weltweit Erzeugungskapazitäten für Lithium-Ionen-Akkus für Pkws von rund 65 GWh. Rund 80 Prozent dieser Kapazitäten gehörten asiatischen Unternehmen (vgl. Tabelle 4).

²⁴ Deutscher Bundestag, 2019a

Tabelle 4

Produktionskapazitäten für Lithium-Ionen-Akkus 2018

Unternehmen	Sitz	Kapazität (GWh)
Panasonic	Japan	24,1
LG Chem	Südkorea	7,8
CATL	China	6,5
BYD	China	4,2
Automotive Energy Supply Corporation	Japan	4,1
Samsung	Südkorea	3,9
Gesamt	–	65,1

Quelle: McKinsey, 2019

5.2.3.2 Projektierter Kapazitätsaufbau in Deutschland und Europa

Die Schlüsselrolle der Batterieproduktion für die automobilen Wertschöpfung bei einem massiven Wandel hin zur Elektromobilität wird in Deutschland und Europa zunehmend erkannt und der Mangel an eigenen nennenswerten Produktionskapazitäten in diesem Bereich entsprechend problematisiert.

In diesem Zusammenhang entstehen einerseits verstärkt unternehmerische Initiativen zur Etablierung eigener Batteriezellfertigungen in Deutschland und Europa. Andererseits werden auf nationaler und europäischer Ebene Fördermaßnahmen ins Leben gerufen, um entsprechende Kapazitäten in Deutschland und Europa zu etablieren. Das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) erachtet einen Weltmarktanteil von 30 Prozent für Deutschland und Europa an der weltweiten Batteriezellfertigung für erstrebenswert. Dabei rechnet das BMWi mit mehr als einer Verzehnfachung der Nachfrage nach Kapazitäten zur Batteriezellfertigung bis zum Jahr 2030. Dies entspräche einer Produktionskapazität von mehr als 650 GWh. Der Zielanteil für Deutschland und Europa von 30 Prozent betrage dann mehr als 195 GWh. Zur Unterstützung der Zielerreichung hat das BMWi eine Fördersumme von einer Milliarde Euro bis zum Jahr 2021 bereitgestellt (BMWi, 2018).

Um die Förderfähigkeit im Rahmen der EU-Beihilfekriterien zu gewährleisten unterstützt das BMWi gemeinsam mit anderen europäischen Ländern die Bildung von zwei Konsortien als Projekte im Gemeinschaftsinteresse („Important Projects of Common European Interest“, IPCEI).

In der Öffentlichkeit wurden in der jüngeren Vergangenheit verschiedene weitere Kooperationen von Unternehmen aus verschiedenen Branchen diskutiert. Die Vorschläge unterliegen derzeit noch ständigen Änderungen. Die Auflistung hat daher keinen abschließenden oder wertenden Charakter.

- Der chinesische Konzern CATL plant derzeit in der Nähe von Erfurt ein Werk für die Herstellung von Lithium-Ionen-Batteriezellen, dessen Hauptabnehmer BMW sein wird. Der Baubeginn soll noch im Jahr 2019 erfolgen und die Produktion im Jahr 2021 starten. Die Produktionskapazität soll bei 14 GWh liegen und bis 2026 auf bis zu 60 GWh erweitert werden. Die Investitionspläne dafür wurden im Juni 2019 von 240 Millionen Euro auf 1,8 Milliarden Euro erhöht²⁵. Voraussetzung war ein Auftrag für Batteriezellen in Höhe von 1,5 Milliarden Euro. BMW will darüber hinaus rund 200 Millionen Euro in ein eigenes Kompetenzzentrum investieren.
- Das VW-Ziel für die Produktion von E-Autos entspricht mit einer benötigten Batteriekapazität von rund 150 GWh den Produktionskapazitäten für vier große Zellfabriken. VW plant in einem neuen Joint Venture mit dem schwedischen Batteriehersteller Northvolt die Errichtung einer eigenen Batteriezellfertigung in Salzgitter²⁶. Im ersten Schritt ist eine Fertigungskapazität von zwölf Gigawattstunden jährlich geplant²⁷.
- Eine Kooperation der Unternehmen Saft, Siemens, Solvay und Manz plant in der ersten Hälfte des Jahres 2020 die Serienproduktion von Lithium-Ionen-Batterien zu starten und ab 2024 die Produktion von Festkörper-Akkus aufzunehmen²⁸.

McKinsey rechnet mit einem Kapazitätsaufbau in der Batteriezellproduktion in Deutschland und Europa auf 135 GWh bis zum Jahr 2025²⁹. Dabei werden unter anderem Produktionskapazitäten von LG Chem (Breslau, 45 GWh), Northvolt (Skellefteå, 32 GWh), SK Innovation (Komárom, 20 GWh), Samsung (Göd, 16 GWh), CATL (Erfurt, 14 GWh) sowie BMZ (ohne Ort, 8GWh) erwartet. Diese Prognose berücksichtigt noch nicht alle der in Deutschland neu angekündigten Projekte. Den Betrieb aufgenommen haben bislang aber auch nur die Werke der etablierten Batteriezellproduzenten LG Chem und Samsung.

5.2.3.3 Ausbau der Zellfertigung in Europa erhöht Importbedarf kritischer Rohstoffe

Die zunehmende Nutzung der Elektromobilität mit batteriebetriebenen Fahrzeugen erhöht die globale Nachfrage nach den relevanten Rohstoffen. Erfolgt der Ausbau der Erzeugungskapazitäten in der Batteriezellfertigung auch in Deutschland und Europa, steigt parallel der Importbedarf der entsprechenden Rohstoffe – Lithium, Kobalt, Nickel, Graphit. Keiner dieser Rohstoffe wird in Deutschland oder Europa derzeit in nennenswerten Mengen abgebaut. Ebenso wenig sind förderwürdige Vorkommen im notwendigen Ausmaß bekannt.

²⁵ Witsch, 2019

²⁶ handelsblatt.de, 2019

²⁷ Menzel et al., 2019

²⁸ electrive.net, 2018

²⁹ Automobilwoche, 2019

Die im vorherigen Abschnitt abgeleiteten Rohstoffbedarfe übersteigen die heutige Förderung deutlich. Fraglich ist, ob der Ausbau der Förderkapazitäten ebenso schnell gelingt und ob die Investitionsbereitschaft und -voraussetzungen dafür ausreichen. Viele der bekannten und heute genutzten Lagerstätten liegen in riskanten Ländern (z. B. Kobalt in der Demokratischen Republik Kongo). Zudem müssen die Rohstoffe nicht nur abgebaut, sondern auch für die Weiterverarbeitung aufbereitet werden. Auch diese Kapazitäten bedürfen entsprechender Erweiterung. Derzeit kontrolliert China bei den beiden wichtigen Rohstoffen Kobalt und Lithium große Teile dieser Raffinadekapazitäten.

Nicht zu unterschätzen sind zudem die Risiken und Anforderungen für die Unternehmen, den schnellen Ausbau des Rohstoffbezugs mit der gesellschaftlich und politisch erwarteten Einhaltung von Arbeitsnormen, Sozial- und Umweltstandards in Einklang zu bringen. Schon beim Rohstoffbezug in heutigen Dimensionen sehen sich die Unternehmen großen Herausforderungen gegenüber. Angesichts der prognostizierten Rohstoffbedarfe erscheinen einfachere Lösungen wie der komplette Verzicht auf Kobalt aus der Demokratischen Republik Kongo nicht langfristig tragfähig.

Die prognostizierten Wachstumspfade, die Lebensdauer der Batterien für die Elektromobilität von mindestens acht Jahren sowie der Stand der Recyclingtechnologie lassen in der kurzen Frist keine nennenswerte Rohstoffversorgung aus der Wiederverwendung ausgedienter Batterien zu. Erst nach Hochlauf der Produktion und des Absatzes von Batterien ist mit entsprechender Zeitverzögerung überhaupt mit ausreichend viel Recyclingmaterial zu rechnen, um eine Produktion nennenswert zu unterstützen.

5.2.4 Technologischer Wandel – Alternativen zur Lithium-Ionen-Batterie

Derzeit ist die Lithium-Ionen-Batterie die wichtigste Technologie für wiederaufladbare Speicher. Die Erforschung und Erprobung alternativer Batterietechnologien setzt sich dennoch fort. Die wichtigsten Ziele sind dabei die Erhöhung der Leistungsfähigkeit und die Substitution kritischer Rohstoffe. Ferner ist es durchaus vorstellbar, dass sich Technologien entsprechend der geplanten Anwendungen differenzieren³⁰:

- Hinsichtlich der Substitution kritischer Rohstoffe lassen sich folgende Beispiele alternativer Technologien benennen:
 - Zusätzliche Verwendung von Siliziumoxid als teilweiser Ersatz für Graphit als Trägermaterial der Elektroden.
 - Lithium-Schwefel-Akku: Der Lithium-Schwefel-Akku stellt eine Variante des Lithium-Ionen-Akkus dar, bei der als Kathode statt einer kobalthaltigen Metallverbindung Schwefel eingesetzt wird. Hinsichtlich der Rohstoffversorgung verringert dies die Risiken, da Schwefel nur ein sehr geringes Rohstoffrisiko aufweist. Der Lithium-Schwefel-Akku befindet sich in der Phase von Forschung und Entwicklung (FuE). Bezogen auf das Gewicht ist die Energiedichte ähnlich, bezogen

³⁰ Michaely, 2019; Fraunhofer ISI, 2017

- auf das Volumen aber deutlich geringer als bei vergleichbaren Akkus mit kobalthaltiger Kathode.
- Lithium-Luft-Akku: Ähnlich wie der Lithium-Schwefel-Akku befindet sich der Lithium-Luft-Akku momentan in der FuE-Phase. Gegenüber den Lithium-Ionen-Akkus weist er eine sehr hohe Energiedichte auf. Auch hier reduzieren sich die Rohstoffrisiken durch den Verzicht auf Kobalt stark. Für die Verwendung in der Elektromobilität ist derzeit besonders die geringe Zahl der möglichen Ladezyklen problematisch.
 - Lithium-Eisen- oder Lithium-Mangan-Phosphat-Akku: Auch bei diesen Versionen des Lithium-Ionen-Akkus besteht aus der Perspektive des Rohstoff-Risikos der Vorteil in der Substitution von Kobalt. Der Einsatz von Eisen oder Mangan reduziert zudem die Herstellungskosten. Die Energiedichte ist allerdings geringer als in den kobalthaltigen Versionen des Lithium-Ionen-Akkus.
 - Natrium-Ionen-Akku: Beim Natrium-Ionen-Akku wird der Einsatz von Lithium durch Natrium substituiert. Die Energiedichte dieses Akku-Typs ist geringer als jene der Lithium-Ionen-Akkus. Die Substitution von Lithium durch das leicht verfügbare Natrium senkt allerdings die Rohstoffrisiken und die Kosten deutlich. Diese Form der Akkus stellt insbesondere eine kostengünstige Alternative für die stationäre Stromspeicherung oder kostengünstige Elektronikprodukte für Verbraucher dar. In der Variante der Natrium-Nickel-Chlorid- oder Zebra-Batterie kam eine ähnliche Technologie schon in früheren Elektroautos zum Einsatz.
 - Steigerung der Leistungsfähigkeit:
Dem Festkörper-Akku wird derzeit das größte Potenzial im Bereich der Elektromobilität für die nähere Zukunft zugeschrieben. Es besteht vor allem bezüglich einer besseren Leistung und höheren Energiedichte. Die Substitution von Rohstoffen ist nicht das zentrale Ziel. Eine Einsparung des spezifischen Rohstoffeinsatzes bei gegebenem Verwendungszweck kann sich aber über die besseren physikalischen Eigenschaften ergeben. Toyota kündigte kürzlich eine deutlich beschleunigte Markteinführung und die Präsentation eines serienreifen Modells im Jahr 2020 an³¹.
 - Alternative Verwendungszwecke:
Redox-Flow-Batterien stellen eine Alternative für stationäre Batteriespeicher dar. Sie basieren auf der mechanischen Umwälzung zweier Elektrolyte, die in ihrer Wechselwirkung elektrischen Strom speichern und wieder abgeben können. Ein Einsatz von Rohstoffen mit hohem Versorgungsrisiko ist nicht notwendig. Redox-Flow-Batterien sind besonders als Speichersysteme für den Ausgleich von Stromerzeugung und Stromverbrauch im Elektrizitätsnetz geeignet.

Bei einer steigenden Nachfrage nach Speichertechnologien ist es denkbar, dass sich mehrere Technologien parallel durchsetzen. Je nach Eigenschaften können verschiedene Technologien mit ihren je eigenen Vor- und Nachteilen für unterschiedliche Einsatzfelder optimiert werden. Wachsende Märkte können sich für verschiedene Anwendungsfelder separieren und dennoch eine ausreichende Mindestgröße für eine effiziente Produktion und einen zielgerechten Mitteleinsatz für FuE-Aktivitäten erreichen. Eine größere Differenzierung der Einsatzgebiete und der darauf gerichteten Technologien kann – je nach

³¹ Knauer, 2019

angewandter Technologie – auch zu einer Differenzierung der Rohstoffnachfrage und einer Verkleinerung des Knappheitsproblems führen.

6 Politische Initiativen der Rohstoffpolitik

Die Maßnahmen der Politik zur Rohstoffsicherung verfolgen verschiedene Ziele

Rohstoffe sind die Basis für die industrielle Wertschöpfung. Als wichtige Industrienation zählt Deutschland weltweit zu den größten Rohstoffkonsumenten. Baurohstoffe (vor allem Sand und Kies, Kalk- und Mergelsteine) sowie verschiedene Industriemineralien (insbesondere Steinsalz, Kalisalze, Quarzsand/-kies) werden in Deutschland aus heimischen Lagerstätten gewonnen. Bei zahlreichen Rohstoffen wie Metallen, wichtigen Industriemineralen, Seltenen Erden und fossilen Rohstoffen ist Deutschland aber stark von Importen abhängig.

Die deutsche Wirtschaft braucht Rohstoffe, um Wachstum und Arbeitsplätze in Deutschland zu sichern. Der Zugang zu Rohstoffen ist nicht allein von technologischen Möglichkeiten abhängig, sondern auch von den wirtschaftlichen und politischen Rahmenbedingungen. Daher hat die Bundesregierung ein vielfältiges Maßnahmenpaket auf den Weg gebracht, das wirtschaftlich attraktive und sichere Rahmenbedingungen für Rohstoffmärkte schaffen soll. Hierzu wurden verschiedene Institutionen und Initiativen ins Leben gerufen, die die Maßnahmen umsetzen, beratend begleiten oder mit entwicklungspolitischen Zielen verknüpfen. In den folgenden Unterkapiteln werden die wichtigsten deutschen, europäischen und amerikanischen Initiativen zur Rohstoffsicherung überblicksartig dargestellt.

6.1 Die Rohstoffstrategie der Bundesregierung

Die Rohstoffstrategie der Bundesregierung wurde im Jahr 2010 unter Federführung des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie (das heutige Bundesministerium für Wirtschaft und Energie – BMWi) entwickelt, um die nachhaltige Versorgung Deutschlands mit Rohstoffen zu sichern. Dabei sieht die Bundesregierung ihre Aufgabe lediglich in der Gestaltung der Rahmenbedingungen und richtet ihre Strategie ergänzend zur eigenverantwortlichen Rohstoffsicherung der Unternehmen aus.

Die Bundesregierung verfolgt mit ihrer Rohstoffstrategie vier wesentliche Ziele:

1. Unterstützung der deutschen Wirtschaft bei der Diversifizierung der Rohstoffbezugquellen
2. Stärkung der nachhaltigen Ressourcenwirtschaft durch verstärktes Recycling und erhöhte Ressourceneffizienz
3. Verbesserung der Zusammenarbeit mit den Rohstoffpartnerländern
4. Unterstützung der Entwicklung innovativer Technologien und der Ausbau der Forschung

Ergänzend zur Rohstoffstrategie engagiert sich die Bundesregierung in internationalen Organisationen wie der Welthandelsorganisation (WTO) und der Organisation für

wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (OECD). Zudem treibt sie die Förderung des Rohstoffhandels sowie die Reduzierung von Handelsbeschränkungen auch auf internationaler Ebene voran, insbesondere auf Ebene der G7, G20 und der EU. Zudem setzt Deutschland mit der Mitgliedschaft bei der internationalen „Initiative für Transparenz in der Rohstoffwirtschaft“ (Extractive Industries Transparency Initiative – EITI) eine Steigerung der Transparenz in Rohstoffmärkten auch selbst proaktiv um.

In der Sitzung des Interministeriellen Ausschusses (IMA) Rohstoffe im April 2018 wurde zwischen den beteiligten Ressorts entschieden, die Rohstoffstrategie aus dem Jahr 2010 fortzuschreiben. Neben wirtschaftlichen Fragen der Rohstoffversorgung werden vor allem Umwelt- und soziale Aspekte der Rohstoffgewinnung bei der Fortschreibung der Rohstoffstrategie eine Rolle spielen. Die Bundesregierung kündigte im Oktober 2018 an, noch im Jahr 2019 einen zwischen den Ressorts abgestimmten Entwurf vorzulegen.

6.1.1 Deutsche Rohstoffagentur (DERA)

Die Deutsche Rohstoffagentur (DERA) ist Bestandteil der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) und wurde im Jahr 2010 gegründet. Die DERA ist das rohstoffwirtschaftliche Kompetenzzentrum und die zentrale Informations- und Beratungsplattform zu mineralischen und Energierohstoffen für die deutsche Wirtschaft. Dazu gehört die spezifische Beratung einzelner Unternehmen sowie die Einrichtung eines interaktiven Rohstoffinformationssystems (ROSYS), das Unternehmen, politischen Entscheidungsträgern, Journalisten und der interessierten Öffentlichkeit für Rohstofffragen zur Verfügung steht. Mithilfe interaktiver Karten und Diagramme lassen sich aktuelle Entwicklungen auf den Rohstoffmärkten verfolgen, analysieren und bewerten. Hierfür analysiert die DERA Rohstoffmärkte kontinuierlich, identifiziert neue Rohstoffpotenziale und kritische Rohstoffe und deckt Versorgungsrisiken frühzeitig auf. Darüber hinaus unterstützt die DERA im Rahmen ihres Rohstoffmonitorings deutsche Unternehmen bei der Bewertung von Preis- und Lieferrisiken auf den internationalen Rohstoffmärkten und stellt Informationen für die Diversifizierung von Rohstoffbezugsquellen sowie für ein unternehmerisches Engagement im Umfeld der Primärproduktion zur Verfügung. Zusätzlich berät die DERA die Bundesregierung bei der Durchführung von Rohstoff-Förderprogrammen. So nimmt die DERA die Anträge des Explorationsförderprogramms entgegen und bewertet diese. Außerdem erstellt die DERA für das BMWi fachliche Stellungnahmen über die Förderfähigkeit der Anträge zu den UFK-Garantien.

6.1.2 Rohstoffpartnerschaften

Da der Zugang zu Rohstoffen nicht allein von technologischen Möglichkeiten, sondern auch von wirtschaftlichen und politischen Rahmenbedingungen abhängt, sind Rohstoffpartnerschaften ein zentrales Element der Rohstoffstrategie der Bundesregierung. Sie sollen deutschen Unternehmen ein sicheres Umfeld bei der Erschließung von Rohstoffen und Handelskontakten im Ausland geben. Dies soll die Möglichkeiten der Unternehmen verbessern, Bezugsquellen zu diversifizieren und deutschen Unternehmen

Investitionsmöglichkeiten in den Partnerländern zu verschaffen. Im Gegenzug verpflichtet sich die Bundesregierung dazu, den Aufbau von rohstoffverarbeitenden Industrien in den Partnerländern durch Beratungsleistungen zu unterstützen. Bislang hat Deutschland solche Kooperationsabkommen mit Kasachstan, der Mongolei und Peru geschlossen. Weitere bilaterale Partnerschaften, basierend auf gemeinsamen Erklärungen, existieren mit Australien, Chile und Kanada.

Völkerrechtliche, bilaterale Rohstoffpartnerschaften mit Produzentenländern schaffen die wirtschaftlichen und politischen Rahmenbedingungen, um Unternehmen bestmöglich in der Umsetzung ihrer Rohstoffstrategie zu unterstützen. Die Abkommen stehen nicht in Widerspruch zu bestehenden multilateralen Freihandelsabkommen, da fest vereinbarte Liefermengen oder ein exklusiver Rohstoffzugang nicht existieren. Die Unternehmen schließen in eigener Verantwortung privatrechtliche Verträge, die dann mit außenwirtschaftlichen und außenpolitischen Instrumentarien abgesichert und flankiert werden können. Regelmäßige Sitzungen von bilateralen Regierungsarbeitsgruppen, bilateralen Wirtschaftsausschüssen oder Rohstoffforen begleiten die Umsetzung der Rohstoffpartnerschaften.

Darüber hinaus gibt es verschiedene Plattformen wie beispielsweise das Netzwerk Ressourceneffizienz (NeRes) oder das VDI Zentrum Ressourceneffizienz, welche der Wirtschaft wissenschaftliche Erkenntnisse über einen effizienten Rohstoffeinsatz aus der Forschung und Entwicklung zur Verfügung stellen und die praktische Umsetzung in den Unternehmen vorantreiben sollen.

6.1.3 Netzwerk Rohstoffe

Das Netzwerk Rohstoffe ist ein Beratungs- und Unterstützungsinstrument für die deutsche Wirtschaft, das von den vom BMWi geförderten Auslandshandelskammern (AHK) in ausgewählten rohstoffreichen Ländern, gemeinsam mit der DERA und der Germany Trade and Invest (GTAI), errichtet wurde. Das Netzwerk soll Chancen, Risiken, Potenziale und Hemmnisse, die die Rohstoffversorgung deutscher Unternehmen beeinflussen, frühzeitig erkennen, analysieren und kommunizieren. Zudem dient das Netzwerk der Pflege und Vermittlung relevanter Kontakte. Hierzu wurden in den jeweiligen AHKs Kompetenzzentren für Bergbau und Rohstoffe eingerichtet. Diese Kompetenzzentren existieren in Australien, Brasilien, Chile, Kanada, Peru und Südafrika, mit Zuständigkeit für das südliche Afrika – zusätzlich zur Republik Südafrika selbst also Sambia, Simbabwe und die Demokratische Republik Kongo.

6.1.4 Unterstützung unternehmerischer Rohstoffstrategien

Gezielte politische Flankierungen sollen die Unternehmen bei der Rohstoffsicherung unterstützen, beispielsweise über Lieferverträge, Explorations- und Bergbauengagements, Beteiligungen oder Konzessionserwerb. Hierzu führte die Bundesregierung verschiedene Finanzinstrumente ein, etwa Ungebundene Finanzkredite (UFK), Exportkreditgarantien

(Hermesdeckungen). Außerdem unterstützt die Bundesregierung mit den Investitionsgarantien im Rahmen der Außenwirtschaftsförderung Direktinvestitionen deutscher Unternehmer in Entwicklungs- und Schwellenländern. Auf nationaler Ebene soll die Sicherung der Rohstoffversorgung bei möglichen Konflikten in der Raumplanung auf Ebene der Länder und Kommunen angemessen berücksichtigt werden.

Als Basis der Forschung und Entwicklung im Material- und Rohstoffbereich stärkt die Bundesregierung die staatliche Grundlagenforschung in diesen Themen an Universitäten und Forschungseinrichtungen sowie die Innovationsförderung in Unternehmen. Darüber hinaus werden Projekte mit Industrieverbänden und Unternehmen gefördert, die die allgemeine Wahrnehmung des Themas Ressourceneffizienz verbessern sollen. Zu diesen Projekten zählen beispielsweise die Innovationsgutscheine „go-Inno“ des BMWi für Material-effizienzberatungen kleiner und mittelständischer Unternehmen oder die Deutsche Rohstoffagentur (DERA), die Förderprogramme begleitet, internationale Rohstoffkooperationen einget, Rohstoffmärkte analysiert und mögliche neue Rohstoffpotenziale aufzeigt.

6.1.5 Interministerieller Ausschuss (IMA) Rohstoffe

Da die Rohstoffpolitik eine Querschnittsaufgabe verschiedener Politikbereiche ist, arbeiten die unterschiedlichen Politikressorts (Außen- und Sicherheits-, Forschungs- und Technologie-, Außenwirtschafts- und Handels-, Entwicklungs-, Industrie-, Umwelt-, Agrar- und Forst- sowie Europapolitik) in einem Interministeriellen Ausschuss (IMA) zusammen. Unter der Leitung des BMWi sind neben den genannten Ressorts die DERA und die Wirtschaft aktiv, um den Austausch zwischen Politik und Wirtschaft zu fördern und Informationen an die betroffenen Unternehmen weiterzuleiten.

6.1.6 Deutsches Ressourceneffizienzprogramm (ProgRes)

Deutschland hat sich mit der Verabschiedung des Deutschen Ressourceneffizienzprogramms (ProgRes) als einer der ersten Staaten auf Leitideen und Handlungsansätze zum Schutz der natürlichen Ressourcen festgelegt. Mit dem 2012 veröffentlichten und 2016 fortgeschriebenen Programm zur nachhaltigen Nutzung und zum Schutz der natürlichen Ressourcen (ProgRes I und II) verpflichtete sich die Bundesregierung, alle vier Jahre über die Entwicklung der Ressourceneffizienz in Deutschland zu berichten, die Fortschritte zu bewerten und das Ressourceneffizienzprogramm fortzuentwickeln.

Das Programm zielt seit 2016 darauf ab, eine nachhaltige Rohstoffversorgung zu sichern, Ressourceneffizienz in der Produktion zu steigern, Produkte und Konsum ressourcenschonender zu gestalten und die Kreislaufwirtschaft ressourceneffizient auszubauen. Dies soll unter anderem durch einen reduzierten Verbrauch an nicht-energetischen Rohstoffen in Deutschland erreicht werden. Hierbei gibt es die konkrete Vorgabe die Rohstoffproduktivität bis zum Jahr 2030 im Vergleich zum Jahr 2000 zu verdoppeln³².

³² BMUB, 2016

Ein wesentlicher Schwerpunkt des Programms ist es, Anreize für Unternehmen zu setzen, damit diese unter geringerem Ressourceneinsatz produzieren. Hierfür gibt es eine Vielzahl an Programmen verschiedener Ministerien, deren Fokus auf der Förderung von Forschung und Entwicklung in den Bereichen Effizienz, Recycling und Substitution liegt. Beispielhaft zu nennen sind Initiativen, wie das Umweltinnovationsprogramm des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) und das Zentrale Innovationsprogramm Mittelstand (ZMI) des BMWi.

Zudem sollen die Informationsbasis für Unternehmer und Verbraucher verbessert sowie die Ressourcentransparenz erhöht werden. Auf Unternehmensseite steht dabei der Wissensaustausch im Bereich Forschung und Entwicklung sowie die konkrete Beratung einzelner Betriebe im Vordergrund. Für Konsumenten werden spezielle Schul- und Erwachsenenbildungsprogramme und Zertifizierungssysteme geschaffen, um ihr Bewusstsein für Ressourceneffizienz und Rohstoffrecycling zu stärken.

Die Steigerung der Ressourceneffizienz wird teilweise auch gesetzlich forciert. Beispiele sind das Elektro- und Elektronikgerätegesetz, das als nationale Umsetzung einer EU-Richtlinie eine Reihe an Vorschriften zur Rücknahme und Entsorgung alter Elektrogeräte enthält sowie das Anfang 2019 in Kraft getretene Verpackungsgesetz, das die Recyclingquoten erhöht. Bis 2020 wird bei Kunststoff eine Wiederverwertung von 63 Prozent angestrebt, bei Metall sogar 90 Prozent.

Im Februar 2020 ist der nächste Bericht (ProgRess III) vorzulegen. Im Rahmen der Fortschreibung werden jeweils aktuelle Herausforderungen aufgegriffen, um die Wirksamkeit des Programms zu verbessern. Für ProgRess II war dies etwa die gemeinsame Betrachtung von Ressourcen- und Energieeffizienz. ProgRess III wird unter anderem das Thema Digitalisierung verstärkt in den Blick nehmen.

6.1.7 Transparenz in der Rohstoffbeschaffung

Deutschland engagiert sich mit der Mitgliedschaft bei der internationalen „Initiative für Transparenz in der Rohstoffwirtschaft“ (Extractive Industries Transparency Initiative – EITI) für Steigerung der Transparenz auf den internationalen Rohstoffmärkten. Die Bundesregierung sieht dies als Zeichen zur Stärkung der Entwicklungs- und Schwellenländer im gemeinsamen Kampf gegen Korruption.

Im August 2017 hat Deutschland den ersten EITI-Bericht veröffentlicht, der kontextbezogene Informationen über den deutschen Rohstoffsektor sowie eine Offenlegung der staatlichen Rohstofferlöse und weiterer Zahlungen – wie beispielsweise Lizenzgebühren, Dividenden oder Steuern – von in Deutschland aktiven Öl-, Gas- und Bergbauunternehmen an die deutsche Regierung enthält. Eine aktualisierte zweite Auflage des Berichts wurde im Oktober 2018 veröffentlicht.

Dieses Jahr hat Deutschland als erstes EU-Mitglied und als achttes von weltweit 52 EITI-Mitgliedsländern das Prädikat EITI-konformes Land erhalten. Als erstes Land erfüllte

Deutschland dabei alle Anforderungen bereits mit seinem ersten EITI-Bericht. Besonders hervorzuheben ist hierbei, dass alle Unternehmen für den Zahlungsabgleich einer Befreiung vom Steuergeheimnis zugestimmt haben. Fortan wird Deutschland jedes Jahr einen EITI-Bericht veröffentlichen und alle drei Jahre erneut validieren.

Von zunehmender Bedeutung in der Rohstoffdiskussion ist die Frage der Nachhaltigkeit der Rohstoffversorgung im Hinblick auf soziale und ökologische Standards sowie Menschenrechte. Entwicklungen, die aus den Bereichen der Textil- oder Nahrungsmittelindustrie schon länger bekannt sind, erlangen für mineralische und metallische Rohstoffe zunehmende Bedeutung. Hier treffen zwei Entwicklungen aufeinander.

Einerseits erhöht sich die direkte und indirekte Abhängigkeit der deutschen Wirtschaft von Rohstoffen aus Risikoländern, z. B. wegen der steigenden Kobaltnachfrage für die Elektromobilität. Andererseits verfolgt die Bundesregierung mit der Verabschiedung des Nationalen Aktionsplans Wirtschaft und Menschenrechte im Dezember 2016 die Umsetzung der UN-Leitprinzipien für Wirtschaft und Menschenrechte und verpflichtet darin deutsche Unternehmen, Strategien zu entwickeln, die die Einhaltung dieser Prinzipien in den eigenen Liefer- und Wertschöpfungsketten gewährleisten.

Innerhalb der Bundesregierung wird das konkrete Vorgehen für die Umsetzung diskutiert. Die Positionen des BMWi einerseits und des Bundesministeriums für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (BMZ) und des Auswärtigen Amtes (AA) andererseits stehen sich gegenüber. Es steht die Frage im Raum, ob die Umsetzung durch freiwillige Maßnahmen der Unternehmen erreicht werden kann oder gesetzgeberische Maßnahmen erfolgen sollen. Eine Entscheidung verzögert sich, da momentan noch keine Übereinstimmung besteht, wie die Zielerreichung ermittelt werden soll.

Die Bundesvereinigung der Deutschen Arbeitgeberverbände (BDA) und der Deutsche Industrie- und Handelskammertag (DIHK) lehnen ähnlich wie das BMWi eine gesetzliche Verpflichtung der deutschen Unternehmen ab. Sie verweisen einerseits auf die Verpflichtung der jeweiligen Nationalstaaten, die UN-Leitprinzipien auf ihrem Territorium umzusetzen. Andererseits betonen sie die Komplexität, die Standards in Lieferketten mit Tausenden Zulieferern über mehrere Prozessschritte hinweg durchzusetzen³³.

Parallel zu den Diskussionen auf politischer Ebene führen einige größere Unternehmen vor allem im Automobilssektor schon eigene Standards ein. So überprüft BMW die Herkunft des in der eigenen Produktion verwendeten Kobalts. VW hat zum 01. Juli 2019 für seine Zulieferer eine weltweite Prüfung der Einhaltung von Nachhaltigkeitsvorgaben in den Bereichen Umwelt und Soziales sowie Compliance und Anti-Korruption eingeführt³⁴. Daimler verspricht sich von der Einführung einer Regulierung die Etablierung einheitlich akzeptierter Standards, die für die eigenen Nachhaltigkeitsanforderungen entlang der Lieferkette hilfreich sein könnten³⁵.

³³ Doll, 2019

³⁴ Kroch, 2019; Volkswagen AG, 2019

³⁵ Specht et al., 2019

Gerade für größere international agierende Unternehmen geht es dabei auch um die Frage einer zumindest europaweit möglichst einheitlichen Regulierung. Sie sehen sich an anderen Standorten schon entsprechenden Gesetzen gegenüber, etwa dem „Modern Slavery Act“ (2015) im Vereinigten Königreich oder dem „Loi sur le Devoir de Vigilance“ (2017) in Frankreich. Kleine und mittlere Unternehmen sind dann von den gleichen Regulierungen betroffen, wenn sie über die Einbindung in die Liefer- und Wertschöpfungsketten der größeren Unternehmen indirekt reguliert werden.

6.2 Die Rohstoffstrategie der Europäischen Union

Unterschiede in den Rohstoffstrategien der EU und der Bundesregierung ergeben sich vor allem in der Zielgruppe. Der Fokus der EU liegt auf der Beseitigung von Handelsbarrieren, während sich die Bundesregierung auf eine deutlich konkretere Unterstützung und Beratung der Unternehmen spezialisiert.

Die EU-Kommission startete im Jahre 2008 die „Rohstoffinitiative“ (Raw Materials Initiative – RMI) und formulierte damit eine integrierte Strategie als Antwort auf die unterschiedlichen Herausforderungen im Zusammenhang mit der Versorgung mit nicht-landwirtschaftlichen und nicht-energetischen Rohstoffen. Ziel des Programms ist es, den Zugang zu Rohstoffen auf dem Weltmarkt anhand eines Drei-Säulen-Ansatzes zu verbessern:

- Gewährleistung gleicher Wettbewerbsbedingungen beim Zugang zu Ressourcen in Drittländern;
- Förderung einer nachhaltigen Rohstoffversorgung aus europäischen Quellen;
- Steigerung der Ressourceneffizienz und Förderung des Recyclings, um den Rohstoffverbrauch der EU zu senken und ihre Importabhängigkeit zu mindern.

Zentrales Element der europäischen Politik sind bi- und multilaterale Freihandelsabkommen zur Absicherung des günstigen Rohstoffzugangs. Dabei sollen Ausfuhrbeschränkungen auf Rohstoffmärkten stärker berücksichtigt werden, um Handelsbeschränkungen möglichst vollständig abzubauen. Als Vorbild gilt CETA – ein Abkommen in Kooperation mit Kanada, das die Rohstoffmärkte offener, transparenter, diskriminierungsfreier, regelbasierter und wettbewerbsfreundlicher gestalten soll.

Die EU setzt sich für die Schaffung transparenterer Rohstoffmärkte und internationaler Richtlinien zur Erfassung von Handels- und Finanzdaten ein, um die Einhaltung der getroffenen Vereinbarungen überprüfen zu können. Verstöße gegen solche Vereinbarungen haben Streitbeilegungsverfahren zur Folge. Dazu hat die EU-Kommission Country-by-Country-Reporting verabschiedet. Als Vorbild diente der amerikanische Dodd-Frank Act. Unternehmen der mineralgewinnenden Industrie werden dazu verpflichtet, Daten über ihre Zahlungen an Regierungen auf Länder- oder Projektbasis zu melden, um Korruption einzudämmen, eine sachgerechte Besteuerung zu ermöglichen und für eine transparente Berichterstattung auch gegenüber den Bevölkerungen der rohstoffexportierenden Länder zu sorgen. Diese Daten werden von den EU-Mitgliedstaaten zudem für die Erfüllung ihrer Verpflichtungen gegenüber der EITI verwendet.

Zudem nutzt die EU die von den Unternehmen und Mitgliedsländern übertragenen Daten zur Nachfrage nach Rohstoffen und geologischen Daten, um eine harmonisierte, europäische Datenbank zu erstellen, die zu effizienteren Rohstoffstrategien in der EU und den Mitgliedstaaten führen soll.

Der sichere Zugang zu Rohstoffen soll außerdem über Entwicklungshilfe für rohstoffreiche Entwicklungsländer sichergestellt werden. Dabei sollen die Entwicklungsländer Unterstützung bei der Verbesserung der Regierungsführung, dem Kampf gegen Korruption und der Entwicklung nachhaltiger Wirtschaftsstrukturen bekommen. Ziel ist es, dass die betroffenen Länder selbst dauerhaft von ihrem Rohstoffreichtum profitieren und zugleich zu verlässlichen Lieferanten für die Industriestaaten der EU werden.

Die EU fördert Ressourceneffizienz und Recycling mit finanzieller Forschungsförderung. Seit 2014 läuft das achte EU-Forschungsrahmenprogramm (Horizon 2020) mit einer Laufzeit bis 2020 und einem Gesamtbudget von circa 70 Milliarden Euro. Ziel ist es, für die nachhaltige Nutzung, die Erhaltung und die Wiederverwertung von Ressourcen neue Wege zu beschreiten. Es werden primär Lösungen gesucht, um die Auswirkungen menschlicher Einflüsse auf natürliche Ressourcen zu minimieren oder zu vermeiden.

Um das Recycling auf europäischer Ebene voranzutreiben, soll vor allem der legale und illegale Export von wiederverwertbaren Abfällen aus der EU reduziert werden. Als weitere Maßnahmen sollen die Ursachen der deutlichen Unterschiede von Recyclingquoten in den Mitgliedstaaten untersucht und behoben sowie geltende Abfallvorschriften konsequenter angewendet und durchgesetzt werden. Die EU-Richtlinie über Elektro- und Elektronik-Altgeräte (WEEE und WEEE II) – in Deutschland durch die Elektrogesetze ElektroG und ElektroG2 umgesetzt – regelt das Inverkehrbringen, die Rücknahme und die Entsorgung von Elektro- und Elektronikgeräten. Die Zuständigkeit liegt innerhalb der Bundesregierung beim BMUB, während die Rechts- und Fachaufsicht sowie die Marktüberwachung dem Umweltbundesamt (UBA) unterliegen.

Seit Juli 2016 ist der Handel verpflichtet, alte Elektrogeräte zurückzunehmen, um eine sachgerechte Entsorgung der Haushalts- und Hightech-Utensilien und die Verwertung der darin verwendeten Rohstoffe voranzutreiben. Große Händler (ab einer Lager-/Laden- oder Verkaufsfläche für Elektro- und Elektronikgeräte von mindestens 400 Quadratmetern) sind verpflichtet, beim Verkauf eines neuen Elektro- oder Elektronikgerätes an einen Endnutzer ein Altgerät der gleichen Geräteart unentgeltlich zurückzunehmen (1:1 Rücknahme). Altgeräte, die in keiner äußeren Abmessung größer als 25 Zentimeter sind, müssen in haushaltsüblichen Mengen unentgeltlich zurückgenommen werden. Die Rücknahme darf nicht an den Kauf eines Elektro- oder Elektronikgerätes geknüpft werden (0:1 Rücknahme). Mit Wirkung zum August 2018 wurden mit der Einführung des sogenannten offenen Anwendungsbereichs „Open Scope“ bisher nicht erfasste Produkte – wie etwa strombetriebene Möbel (z. B. ein elektrisch einstellbarer Schreibtisch) oder Bekleidung mit elektronischen Funktionen (z. B. ein blinkender LED-Turnschuh) – unter die Regelungen der WEEE II gefasst.

Seit 2016 gilt eine Mindestsammelquote von Altgeräten. Bis 2018 betrug dieser Wert

zunächst 45 Prozent des Durchschnittsgewichts der in den drei Vorjahren in den Verkehr gebrachten Elektro- und Elektronikgeräte. Ab 2019 müssen 65 Prozent gesammelt werden. Im Jahr 2017 erreichte Deutschland eine Sammelquote von rund 45 Prozent.

6.3 Die Rohstoffpolitik der US-Regierung

Die Rohstoffpolitik anderer Staaten beeinflusst die Rohstoffverfügbarkeit für die Unternehmen in Deutschland mit. Der Rohstoffpolitik der US-Regierung kommt dabei eine besondere Bedeutung zu. Auf die USA entfällt ein großer Teil der weltweiten Nachfrage nach metallischen und mineralischen Rohstoffen. Der Einfluss der USA auf die internationalen Handelsbeziehungen ist aufgrund ihrer Rolle in internationalen Organisationen wie der Welthandelsorganisation (WTO) bedeutend. Die US-Gesetzgebung und -Rechtsprechung entfaltet wegen ihrer direkten Wirkung auf die in den USA tätigen Unternehmen auch transnationale Bedeutung.

Grundgerüst der Rohstoffpolitik der US-Regierung bildet der 2011 vom US Department of Energy veröffentlichte Report zur „Critical Materials Strategy“, welche der deutschen Rohstoffstrategie ähnelt. Hierzu wurden die Wichtigkeit und das Versorgungsrisiko der Rohstoffe identifiziert und analysiert, der Fokus lag auf den für erneuerbare Energien wichtigen Rohstoffen. Die Strategie wurde im Wesentlichen auf drei Säulen verteilt.

1. Globale Versorgungsketten sollen diversifiziert werden, um Versorgungsrisiken zu minimieren. Zudem soll möglichst viel aus inländischen Quellen bezogen werden.
2. Substitute sollen identifiziert werden, um die Flexibilität zu erhöhen und die steigende Nachfrage zu versorgen.
3. Die dritte Säule der Critical Materials Strategy ist Recycling, Wiederverwertung und effizienterer Verbrauch. Hierdurch sollen die Nachfrage verringert und das Recycling durch Forschung langfristig ökonomisch profitabel gemacht werden.

Die Rohstoffpolitik der USA ist seit jeher auch stark militärisch geprägt. So verfügen die USA durch das Defense National Stockpile Center (DNSC) über einen großen Vorrat an Rohstoffen. Zielsetzung ist es, beim Bruch einer Versorgungskette hohe Kostenschwankungen ausgleichen zu können sowie bei einem Ausfall für einen ausgedehnten militärischen Konflikt versorgt zu sein. Hierbei relevant sind insbesondere strategische Rohstoffe, welche importiert werden müssten.

In jüngster Vergangenheit wurde die Rohstoffpolitik auch durch den Handelskrieg mit China geprägt. So wurden Zölle auf aus China importiertes Bismut, Baryt, Cobalt oder Titan und einige mehr erhoben. Der Handelskrieg mit China ist in Bezug auf die Rohstoffpolitik besonders brisant, da die USA bei manchen Rohstoffen hochgradig von China abhängig sind. So kommen 77 Prozent der Bismut-Importe und 69 Prozent der Baryt-Importe in den

USA aus China³⁶. Anfang Juni 2019 kündigte China an, die Ausfuhr Seltener Erden in die USA zu beschränken³⁷. Seltene Erden werden unter anderem in leistungsfähigen Permanentmagneten eingesetzt, die in Elektromotoren und -generatoren für die Elektromobilität oder die Windstromerzeugung genutzt werden.

Der 2010 in Kraft getretene Dodd-Frank Act nimmt auch Einfluss auf die US-Rohstoffpolitik. Kernziel war die Reform des Finanzmarktes als Reaktion auf die Krise 2007, ein Unterkapitel (Section 1502) bezieht sich aber auch auf den Import von Ressourcen. Ziel der Section 1502 ist die Unterbindung der Finanzierung bewaffneter Gruppen in der Demokratischen Republik Kongo. Hierbei sind alle Unternehmen, deren Aktien an US-Börsen gehandelt werden, verpflichtet, offenzulegen, ob sogenannte Konfliktmaterialien aus der Demokratischen Republik Kongo oder Nachbarländern stammen. Mit Konfliktmaterialien sind z. B. Coltan, Zinnerz, Gold oder Wolframit gemeint, welche im Verdacht stehen, von bewaffneten Gruppen zur Eigenfinanzierung verkauft zu werden. Falls ein Unternehmen Konfliktmaterialien aus den betroffenen Ländern bezieht, ist ein Bericht bezüglich der Sorgfalt („Due Dilligence“) der Auswahl seiner Beschaffungsquellen vorzulegen. Allerdings untersagt der Dodd-Frank Act den Handel von Konfliktmaterialien aus dem Kongo nicht – selbst mit unzureichendem Bericht über die Sorgfalt. Er soll aber dafür sorgen, dass ein solcher Handel von Unternehmen vermieden wird, um kein Reputationsrisiko einzugehen.

Folglich wirkt die Section 1502 des Dodd-Frank Acts als großes Hindernis für Rohstoffe aus dem Kongo und für Investitionen in den dortigen Rohstoffabbau. Denn die tatsächliche Herkunft von Mineralien kann in der Praxis oft schlecht nachgewiesen werden, zudem sind die Dokumentationspflichten umfangreich. Auch europäische Unternehmen sind unmittelbar betroffen, wenn sie an der US-Börse notiert sind. Darüber hinaus sind Unternehmen durch Handelsverflechtungen mit US-amerikanischen Firmen indirekt betroffen.

³⁶ Reuters, 2018

³⁷ tagesschau.de, 2019; Bardt, 2019

7 Fazit und Handlungsempfehlungen

Die Kooperation zwischen den Akteuren ist der Schlüssel für eine erfolgreiche Rohstoffpolitik

Die Risiken für eine gesicherte und preislich wettbewerbsfähige Rohstoffversorgung für die Industrie in Deutschland und Bayern haben mehrere Dimensionen. Je nach Rohstoff ergibt sich eine spezifische Kombination der Risiken. Die Konzentration einzelner Rohstoffe auf wenige Förderländer birgt besondere Gefahren, wenn die Förderländer politisch oder wirtschaftlich instabil sind, keine verlässlichen Institutionen aufweisen oder eine strategische Verknappung des Rohstoffangebots droht. Während die geografische Lage der Vorkommen kaum zu beeinflussen ist, erhöhen die Zunahme handelspolitischer Konflikte und eine stärker konfrontative politische Situation insgesamt diese Risiken.

Eine rapide Zunahme des Verbrauchs einzelner Rohstoffe – aktuell vor allem Rohstoffe für die Batterieproduktion – verschärft die Unsicherheiten einer ausreichenden stofflichen Versorgung. Die Verbrauchszunahme und die Risiken aus strategischer Rohstoffpolitik und Handelskonflikten haben jeweils das Potenzial, die in den letzten Jahren überschaubaren Preisrisiken deutlich zu erhöhen. Die Importabhängigkeit Deutschlands bei den meisten metallischen Rohstoffen unterstreicht die Notwendigkeit für Unternehmen und Politik, Lösungen auf internationaler Ebene zu suchen.

Aus marktwirtschaftlicher Perspektive ist es in erster Linie Aufgabe der Unternehmen, den eigenen Rohstoffbedarf zu analysieren und geeignete Maßnahmen zur Sicherung der eigenen Rohstoffversorgung zu ergreifen. Wie in anderen Bereichen kann für die einzelnen Unternehmen eine Kooperation entlang der Wertschöpfungskette sinnvoll sein, um gemeinsame Herausforderungen besser zu bewältigen.

Eine aktive Rolle für den Staat lässt sich aus marktwirtschaftlicher Perspektive unter anderem dann begründen, wenn sich die Unternehmen Behinderungen anderer staatlicher Akteure gegenübersehen – etwa beim Zugang zu ausländischen Märkten oder Zöllen und Handelsbeschränkungen. Deutschland und die EU sollten sich auf internationaler Ebene für freie Marktzugänge und eine Aufrechterhaltung eines freien Welthandels einsetzen. Die Sicherung des Rohstoffzugangs für einzelne Unternehmen wird durch die nationale und internationale Verflechtung der Wertschöpfungsketten zu einer gesamtgesellschaftlichen Aufgabe. Von einer Verknappung des Rohstoffzugangs sind auch die Unternehmen auf nachgelagerten Stufen der Wertschöpfungskette betroffen.

Darüber hinaus lässt sich eine aktive Rolle des Staates bei der Sicherung der Rohstoffversorgung dann begründen, wenn er mit Regulierung und Anreizen auf anderen Politikfeldern die Rohstoffnachfrage wesentlich beeinflusst. Ein aktuelles Beispiel ist der forcierte Wandel bei den Antriebstechnologien, der eine zusätzliche Rohstoffnachfrage bei Metallen wie Lithium und Kobalt nach sich zieht.

Zu den gesamtgesellschaftlichen Aufgaben des Staates gehören auch Maßnahmen wie die Unterstützung von Unternehmen bei Ausbildung und Grundlagenforschung oder die Bereitstellung von Informationen über Rohstoffe und Förderländer. Auch wenn die Politik die Unternehmen an der Erreichung gesamtgesellschaftlicher Ziele beteiligt – z. B. der Einhaltung von Standards in der eigenen Lieferkette – lässt sich begründen, dass staatlicherseits die Umsetzung in den Unternehmen unterstützt wird.

Die Ansatzpunkte für eine erfolgreiche Rohstoffpolitik lassen sich dementsprechend unterschiedlichen Akteursebenen zuordnen: der Unternehmensebene, der staatlichen und einer interaktiven Ebene, auf der Unternehmen untereinander, aber auch in Kooperation mit anderen Akteuren wie Forschungseinrichtungen oder staatlichen Agenturen zusammenarbeiten. In Tabelle 5 sind den Problemen der Rohstoffsicherung einzelne Maßnahmen auf den jeweiligen Akteursebenen zugeordnet.

7.1 Unternehmensebene

Auf Unternehmensebene lässt sich das Problem der Rohstoffabhängigkeit vom Ausland teilweise über die vertikale Integration des Unternehmens und die Inkorporierung des Rohstoffzugangs im In- und Ausland in die eigene Struktur angehen. Dies kann umso besser gelingen, je größer ein Unternehmen ist und je stärker es sich auf die Beschaffung weniger Rohstoffe konzentrieren kann.

Für andere Unternehmen besteht in der kontinuierlichen Analyse der eigenen Rohstoffsituation ein Ansatz, sich gegen die Unsicherheit auf den Rohstoffmärkten und ineffizientes Marktverhalten abzusichern. Dazu zählt wiederum für die meisten Unternehmen weniger die direkte Rohstoffbeschaffung als vielmehr das Monitoring der Rohstoffströme in der vorgelagerten Wertschöpfungskette.

Maßnahmen gegen die Abhängigkeit von Primärrohstoffen können sowohl bei Produktentwicklung und -design als auch in der Beschaffung und Produktion ansetzen. Materialeffizienz, die Nutzung von Recyclingmaterial oder die Substitution der Primärrohstoffe können jeweils an verschiedenen Ansatzpunkten greifen.

Preis- und Versorgungsrisiken lassen sich mit ähnlichen Instrumenten begegnen. Diversifikation der Lieferanten und Vorratshaltung verringern das Drohpotenzial einzelner Lieferanten. Langfristige Lieferverträge und die Nutzung von Finanzinstrumenten wie Optionen oder Futures stellen zusätzliche Maßnahmen zur Verringerung von Preisrisiken dar.

Hinsichtlich ökonomischer und politischer Probleme in den Rohstoffländern verfügen die Unternehmen selbst nur über eingeschränkte Möglichkeiten. Direkten Einfluss auf Korruption oder Verstöße gegen Menschenrechte oder Arbeits-, Sozial- und Umweltstandards in den Förderländern insgesamt hat ein einzelnes Unternehmen kaum. Vor dem Hintergrund nationaler und internationaler Initiativen, die eine stärkere Verantwortung der Unternehmen für die Prozesse in ihren eigenen Liefer- und Wertschöpfungsketten einfordern,

gewinnt die Auseinandersetzung der Unternehmen mit Risiken im eigenen Vorleistungsbezug allerdings zunehmend an Bedeutung.

7.2 Interaktive Ebene

Die interaktive Ebene stellt auf die Kooperation zwischen Unternehmen untereinander, aber auch zwischen Unternehmen und Forschungseinrichtungen sowie zwischen Unternehmen und staatlichen Einrichtungen ab. Die Zusammenarbeit bietet sich besonders dann an, wenn die Aufgaben für ein Unternehmen zu groß oder zu komplex sind. Staatliche Institutionen können vor allem dann helfen, wenn regulatorische Fragen zu klären sind oder der Zugang zu staatlichen Stellen anderer Jurisdiktionen erforderlich ist.

Auf dem Feld der Rohstoffabhängigkeit wären staatlich geförderte Explorations- und Förderaktivitäten im Ausland gegebenenfalls in einem Konsortium aus Unternehmen und Forschungseinrichtungen ein Beispiel für Kooperationen auf der interaktiven Ebene.

Die Zusammenarbeit der Unternehmen entlang der Wertschöpfungskette kann verschiedene Formen annehmen und entsprechend unterschiedliche Versorgungsrisiken adressieren:

- Gemeinsame Lagerhaltung und die Nachfragebündelung in Einkaufsgemeinschaften können als Absicherung gegen Preis- und Lieferrisiken wirken.
- In Forschungsk Kooperationen zwischen Unternehmen und Forschungseinrichtungen können Themen wie Produktdesign, Materialeffizienz, Recycling und Substitution bearbeitet werden, um die Abhängigkeit von Primärrohstoffen zu verringern. Die Zusammenarbeit zwischen Grundlagenforschung, angewandter Forschung und Unternehmen ermöglicht eine schnellere Transformation wissenschaftlicher Erkenntnisse in anwendungsorientiertes Wissen. Die Ressourceneffizienzprogramme (ProgRes I – III) der Bundesregierung flankieren solche Maßnahmen. Die Wiederaufnahmen dieser Maßnahmen in eine aktualisierte Rohstoffstrategie der Bundesregierung erscheint dringend geboten. Geeignete Rahmenbedingungen, die den Aufbau einer Kreislaufwirtschaft entlang der gesamten Wertschöpfungskette fördern, gehören zum staatlichen Part innerhalb einer Aufgabenteilung auf der interaktiven Ebene.
- Für eine vollständige Analyse der Rohstoffsituation entlang der Wertschöpfungskette ist eine Kooperation der beteiligten Akteure notwendig. Die Identifikation der Rohstoffrisiken im Endprodukt gelingt am besten durch die Bündelung der Informationen der verschiedenen beteiligten Unternehmen. Dies gilt für die Versorgungsrisiken ebenso wie für die Risiken, die aus einer Verschärfung von Compliance-Anforderungen erwachsen. Neben den Unternehmen entlang der Wertschöpfungskette ergibt sich in diesem Bereich auch die Möglichkeit eines positiven Beitrags von staatlichen Akteuren wie der DERA. Dies gilt ebenfalls für Kooperationen wie das Netzwerk Rohstoffe, in dem DERA, GTAI, die Rohstoffkompetenzzentren der AHK sowie der DIHK rohstoffrelevante

Informationen für Unternehmen bereitstellen, sowie Forschungseinrichtungen oder Beratungsunternehmen.

Die Bildung und Unterstützung von Unternehmenskonsortien zur Etablierung einer europäischen Batteriezellproduktion ist ein Beispiel für eine aktive Industriepolitik mit direkten Auswirkungen auf die Rohstoffnachfrage der Unternehmen in Deutschland und Europa.

Das staatliche Handeln sollte dabei folgende Rahmenbedingungen beachten:

- Die Unterstützung der Unternehmen bei der notwendigen Rohstoffbeschaffung für die Produktion von Batteriezellen stellt eine konsequente Fortsetzung der Investitionsförderung in die Produktionskapazitäten dar. Die Etablierung internationaler Kooperationen mit den Abbauländern und die Aufrechterhaltung des offenen internationalen Handels gelten auch hier als wesentliche Pfeiler einer Rohstoffstrategie.
- Auch wenn die Prognosen für die Entwicklung der Elektromobilität sehr dynamisch sind und in der Tendenz bislang eher nach oben korrigiert wurden, sollte darauf geachtet werden, dass durch staatliche Interventionen keine Überkapazitäten bei der Batteriezellfertigung geschaffen werden.
- Eine stärkere Koordination der staatlichen Förderungen und der privaten Initiativen erscheint geboten. Durch die Erklärung der Förderung zu einer Maßnahme von wichtigem Gemeinschaftsinteresse der EU wird eine strenge Prüfung des Beihilfekriterien der EU zwar umgangen. Es stellt sich dennoch die Frage, ob die Fördermittel in allen Fällen maßgeblich für eine positive Investitionsentscheidung der privaten Akteure sind, wie es dem Zusätzlichkeitskriterium der europäischen Förderpolitik entspräche. Zu hinterfragen ist auch, inwiefern die immer wieder durchscheinende Verknüpfung der Standortentscheidungen mit den Strukturmaßnahmen für die Braunkohleregionen sachgerecht ist.
- Letztlich bleibt auch die Frage unbeantwortet, wie nachhaltig die Investitionen in Produktionskapazitäten der heute aktuellen Technologie der Batteriezellen sein werden. Einerseits ist es möglich, dass sich mit dem rapiden Wachstum der Märkte neue Batterietechnologien schneller durchsetzen als heute erwartet. Andererseits ist offen, inwiefern sich die Elektromobilität mit batterie-elektrischen Fahrzeugen langfristig gegenüber anderen kohlenstoffarmen Mobilitätskonzepten bewährt. Mit der Brennstoffzelle und E-Fuels bestehen hier durchaus Alternativen mit Potenzial.

7.3 Staatliche Ebene

Auf der staatlichen Ebene sind jene Maßnahmen angesiedelt, die eine internationale staatliche Zusammenarbeit voraussetzen oder bei denen es sich um klassische Staatsaufgaben handelt.

Im internationalen Kontext besteht eine Aufgabenteilung zwischen der EU und den Nationalstaaten. Für Fragen der Handelspolitik ist die EU zuständig. Wichtige Aufgaben sind hier die Aufrechterhaltung und Förderung eines möglichst freien Welthandels und eines gesicherten Marktzugangs deutscher und europäischer Unternehmen zu den internationalen Rohstoffmärkten. Dies kann im Rahmen der WTO oder auf Basis multi- oder bilateraler Vereinbarungen geschehen. Ein Aspekt dieser Maßnahmen ist es, die Sicherheit deutscher

und europäischer Investitionen in Förderländern zu unterstützen. In Bezug auf die Rohstoffrisiken ist die Beschränkung des strategischen Einsatzes von Marktmacht Ziel der Maßnahmen. Diese Zielsetzung sollte auch in der Aktualisierung der Rohstoffstrategie der Bundesregierung weiter eine wichtige Rolle einnehmen.

Schwierige politische und wirtschaftliche Verhältnisse in den Förderländern sind eines der Hauptrisiken für eine gesicherte Rohstoffversorgung in Deutschland und Bayern. Unterstützung bei der Entwicklung von Institutionen und der Etablierung guter Regierungsführung durch EU und Bundesrepublik verringert die Risiken der Rohstoffversorgung in Deutschland und Bayern. Technologische, politische und rechtliche Unterstützung bei der Rohstoffeffizienz, bei der Umsetzung internationaler Minen- und Bergbaustandards sowie bei Umwelt- und Sozialnormen verknüpft diesen Ansatz mit entwicklungspolitischen Zielsetzungen. Eine Maßnahme in diesem Kontext sind die Rohstoffpartnerschaften, die Deutschland derzeit mit Kasachstan, der Mongolei und Peru unterhält. Auch die internationale Zusammenarbeit im Rahmen der Initiative für Transparenz in der Rohstoffwirtschaft (EITI) ist hier ein Beitrag. Auch die Fortführung und Intensivierung dieser Maßnahmen sollte Teil einer aktualisierten Rohstoffstrategie sein.

Die Förderung der Grundlagenforschung ist eine klassische Staatsaufgabe. Dies gilt vor allem, wenn dadurch allgemein zugänglich geschaffenes Wissen generiert wird. Im Rohstoffbereich trifft dies am ehesten auf die als kritisch erachteten Rohstoffe zu. Auch die Ausbildung von Wissenschaftlern fällt darunter.

Ein Beispiel für die Unterstützung der Grundlagenforschung ist die Ende Juni 2019 bekanntgegebene Förderung einer Forschungsfabrik zur Batteriezellfertigung in Münster. Sie wird vom mit etwa 500 Millionen Euro und vom Bundesland Nordrhein-Westfalen mit weiteren 200 Millionen Euro gefördert³⁸. Damit soll die Neuordnung und Bündelung der Forschungsförderung für die Batterieforschung einhergehen. Zu den geförderten Projekten zählen die Initiative „Excellent Battery“ (Materialkonzepte, seit 2012, 40 Millionen Euro Förderung), der Forschungscluster „FestBatt“ (Festkörper-Batterien, seit 2018, 16 Millionen Euro Förderung), der Kompetenzcluster „ProZell“ (Batteriezellproduktion, seit 2016, 16 Millionen Euro Förderung) und die Forschungsproduktionslinie am Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW). Die Vernetzung dieses neu geförderten Schwerpunkts mit weiteren Akteuren der Batterie- und Batteriezellforschung, wie zum Beispiel dem Fraunhofer Institut für Silicatforschung in Würzburg, ist für den Erfolg des Vorhabens von großer Bedeutung. Die Bayerische Staatsregierung hat Anfang September 2019 das Zentrum Wasserstoff.Bayern (H2.B) gegründet. Mit diesem Kompetenz-Cluster am Energiecampus in Nürnberg sollen die Potenziale der Wasserstoffwirtschaft in Bayern gehoben werden. Das Wasserstoffzentrum hat die Aufgabe, unter Einbeziehung von Wirtschaft, Wissenschaft und Politik in den nächsten Monaten eine bayerische Wasserstoffstrategie zu erarbeiten. In Straubing soll ein Zentrum aufgebaut werden, um innovative Kraftstoffe unter dem Label „Bayern-Sprit“ zu entwickeln.

³⁸ Universität Münster, 2019

Zu den klassischen Staatsaufgaben kann auch die Verringerung allgemeiner Informationsdefizite gezählt werden. Zentrale Aufgabe der DERA ist die Analyse der Rohstoffversorgung der deutschen Wirtschaft und die Bereitstellung der notwendigen Informationen zur Rohstoffverfügbarkeit für Unternehmen, politische Entscheidungsträger und interessierte Öffentlichkeit. Sie erfüllt so auch eine klassische Staatsaufgabe. Dazu beteiligt sich die DERA weiterhin in internationalen Netzwerken von Rohstoffverbänden und Forschungseinrichtungen und repräsentiert die Bundesrepublik auf internationaler Ebene. In dem Ausmaß, in dem sich die Rohstoffrisiken für die Unternehmen durch die Zunahme von Compliance-Risiken der Rohstoffversorgung in der eigenen Liefer- und Wertschöpfungskette verändern, sollte auch eine staatliche Institution wie die DERA zur Analyse und Bereitstellung entsprechender Informationen für die Unternehmen befähigt werden.

Die Setzung von Rahmenbedingungen für den heimischen Rohstoffabbau zählt ebenso zu den staatlichen Aufgaben. Dabei gilt es nicht nur, die derzeit geförderten Rohstoffe zu bedenken. Wandelt sich in Folge technologischer Innovationen die Rohstoffnachfrage und ergeben sich daraus neue Knappheiten, kann auch die Förderung bislang unrentabler Rohstoffe in Deutschland von neuem Interesse sein. Ein Beispiel sind die Überlegungen zur Lithiumförderung im Erzgebirge. Effiziente Raumplanungs-, Genehmigungs- und Zulassungsverfahren sind eine wesentliche Voraussetzung für die wirtschaftliche Erschließung solcher Ressourcen.

Tabelle 5
 Maßnahmen zur Rohstoffsicherung

Adressiertes Problem	Ziel der Maßnahme	Maßnahmen auf der Ebene von		
		Unternehmen	Unternehmensverbund	Staat/EU
Rohstoffabhängigkeit vom Ausland	Zugang zu in- und ausländischem Bergbau	Vertikale Integration	Exploration und Projektentwicklung	<ul style="list-style-type: none"> – Investitionssicherheit – Partnerschaften – Exploration – Förderung der inländischen Primärrohstoffgewinnung
Unsicherheit und ineffizientes Marktverhalten	Transparente Preisbildung, Kritikalitätslisten	Analyse der eigenen Rohstoffsituation	Netzwerkbildung	Schaffung von Informationsangeboten
Abhängigkeit von Primärrohstoffen	Geringere Abhängigkeit von Primärrohstoffen	<ul style="list-style-type: none"> – Produktentwicklung – Materialeffizienz – Recycling – Substitution 	Verbundforschung	<ul style="list-style-type: none"> – Ausbildung – Grundlagenforschung
Preisvolatilität	Absicherung gegen Preisschwankungen	<ul style="list-style-type: none"> – Hedging – Langfristige Lieferverträge – Diversifikation von Lieferanten – Vorratshaltung 	<ul style="list-style-type: none"> – Nachfragebündelung – Gemeinsame Lagerhaltung 	
Versorgungsausfall	Absicherung gegen Versorgungsschwankungen	<ul style="list-style-type: none"> – Diversifikation von Lieferanten – Vorratshaltung 	Gemeinsame Lagerhaltung	
Strategischer Einsatz von Marktmacht	Freier Wettbewerb auf Rohstoffmärkten	Klage gegen Missbrauch von Marktmacht	Klage gegen Missbrauch von Marktmacht	Handelspolitik, u. a.: multilaterale und bilaterale Freihandelsverträge, WTO-Verfahren
Krisen, Korruption, fehlende Stabilität in Rohstoffländern	Politische und wirtschaftliche Stabilisierung der Rohstoffländer	<ul style="list-style-type: none"> – Technologietransfer – Analyse der eigenen Liefer- und Wertschöpfungskette 	<ul style="list-style-type: none"> – Technologietransfer – Informationen und Beratung für Unternehmen 	<ul style="list-style-type: none"> – Unterstützung für Rohstoffländer, z. B. Partnerschaften, Good Governance, Entwicklungshilfe – Informationen und Beratung für Unternehmen

Literaturverzeichnis

ASTM (2012):

Standard Terminology for Additive Manufacturing Technologies

Automobilwoche (2019):

Automobilwoche Datencenter

automobilwoche.de (2019):

Ab dem Jahr 2030: Schweden will Verkauf von Benzinern und Diesel verbieten, <https://www.automobilwoche.de/article/20190121/AGENTURMELDUNGEN/301219914/ab-dem-jahr--schweden-will-verkauf-von-benzinern-und-diesel-verbieten> [08.07.2019]

Bardt, Hubertus / Kempermann, Hanno / Lichtblau, Karl (2013):

Deutsche Unternehmen im Wettbewerb um Rohstoffe, IW-Analysen, Nr. 93, Köln

Bardt, Hubertus (2011):

Entwicklung und Bedeutung für die deutsche Wirtschaft, IW-Trends, Jg. 38, 2/2011, S. 19–30

Bardt, Hubertus (2019):

Das vergessene Risiko der Seltenen Erden. IW-Kurzbericht Nr. 34, 06. Juni 2019, <https://www.iwkoeln.de/studien/iw-kurzberichte/beitrag/hubertus-bardt-das-vergessene-risiko-der-seltenen-erden-431596.html> [07.06.2019]

Bardt, Hubertus / Neligan, Adriana (2019):

Der Rohstoffverbrauch in Europa nimmt ab, IW-Kurzbericht 25/2019, Köln

BDI (2018):

BDI-Präsident Kempf: Bundesregierung muss Rohstoffstrategie überdenken, Pressemitteilung vom 03.07.2018, https://bdi.eu/media/user_upload/2018-07-03_PM_19_Rohstoffkongress.pdf [03.04.2019]

BITKOM (2018):

Mehr als jedes vierte Industrieunternehmen setzt auf 3D-Druck, Pressemitteilung vom 13.06.2018, <https://www.bitkom.org/Presse/Presseinformation/Mehr-als-jedes-vierte-Industrieunternehmen-setzt-auf-3D-Druck.html> [20.03.2019]

BMUB (2016):

Deutsches Ressourceneffizienzprogramm II – Programm zur nachhaltigen Nutzung und zum Schutz der natürlichen Ressourcen, Berlin

BMW Group (2019):

Additive Fertigungsverfahren auf dem Vormarsch, <https://www.bmwgroup.com/de/unternehmen/bmw-group-news/artikel/Additive-Manufacturing.html> [04.07.2019]

BMWi (2018)

Thesen zur industriellen Batteriezellfertigung in Deutschland und Europa

DERA (o. J.):

Technologie Elektromobilität, Material, Berlin

DERA (2017):

Risikobewertung – Lithium. DERA Rohstoffinformationen 33. Berlin.

DERA (2018):

Risikobewertung – Kobalt. DERA Rohstoffinformationen 36. Berlin.

Deutscher Bundestag (2019):

Antwort der Bundesregierung auf die Kleine Anfrage der Abgeordneten Martin Sichert, Udo Theodor Hemmelgarn, Enrico Komning und der Fraktion der AfD – Drucksache 19/12169, Bundestags-Drucksache 19/11686 vom 15.07.2019.

Deutscher Bundestag (2019a):

Antwort der Bundesregierung auf die Kleine Anfrage der Abgeordneten Oliver Luksic, Frank Sitta, Torsten Herbst, weiterer Abgeordneter und der Fraktion der FDP – Drucksache 19/11137, Bundestags-Drucksache 19/12722 vom 27.08.2019.

Doll, Nikolaus (2019):

Koalition streitet über Menschenrechtscharta für Unternehmen, Die Welt, 29.05.2019

ecomento.de (2019):

PSA-Chef: Beteiligung an europäischem Batteriezell-Konsortium noch offen, <https://ecomento.de/2019/07/25/psa-beteiligung-an-eu-batteriezell-konsortium-offen/> [05.09.2019]

EESI (2018):

Comparing U.S. and Chinese Electric Vehicle Policies, <https://www.eesi.org/articles/view/comparing-u.s.-and-chinese-electric-vehicle-policies> [08.07.2019]

Electrive.net (2018):

Allianz will ab 2020 mit besseren Akkus in Serie gehen, <https://www.electrive.net/2018/09/13/allianz-will-ab-2020-mit-verbesserten-akkus-in-serie-gehen/> [08.07.2019]

Europäische Kommission (2008):

Mitteilung KOM (2008) 699 „Die Rohstoffinitiative – Sicherung der Versorgung Europas mit den für Wachstum und Beschäftigung notwendigen Gütern“

Fraunhofer ISI (2017):

Energiespeicher-Roadmap (Update 2017). Hochenergiebatterien 2030+ und Perspektiven zukünftiger Batterietechnologien. <https://batterie-2020.de/wp-content/uploads/2018/01/batterie-2020.de-energiespeicher-roadmap-2017-energiespeicher-roadmap-dezember-2017.pdf> [10.09.2019]

Frese, A. (2019):

Wohin die Milliarden für neue Batteriezellen-Fabriken fließen, Der Tagesspiegel, 27.05.2019, <https://www.tagesspiegel.de/wirtschaft/foerderung-der-e-mobilitaet-wohin-die-milliarden-fuer-neue-batteriezellen-fabriken-fliesen/24383978.html> [31.05.2019]

Handelsblatt.de (2019):

Batterie-Joint-Venture von VW und Northvolt ist gestartet, <https://www.handelsblatt.com/unternehmen/industrie/auto-von-morgen/elektromobilitaet-batterie-joint-venture-von-vw-und-northvolt-ist-gestartet/24987786.html?ticket=ST-22929223-AS5OFYmbGT2tQVKA4lp1-ap4> [10.09.2019]

Hanke, Thomas (2019):

Milliarden-Förderung: Deutschland und Frankreich starten Batterieprojekt, <https://www.handelsblatt.com/politik/international/industriestrategie-milliarden-foerderung-deutschland-und-frankreich-starten-batterieprojekt/24279690.html> [10.09.2019]

heise.de (2019):

Tesla: Weltgrößter Akku in Australien eröffnet, <https://www.heise.de/newsticker/meldung/Tesla-Weltgroesster-Akku-in-Australien-eroeffnet-3905951.html> [29.05.2019]

IW – Institut der deutschen Wirtschaft Köln (2019)**Knauer, Michael (2019):**

Japaner beschleunigen Elektrifizierung: Toyota meldet Durchbruch bei Festkörper-Akku. Automobilwoche, 07. Juni 2019, <https://www.automobilwoche.de/article/20190607/NACHRICHTEN/190609925/japaner-beschleunigen-elektrifizierung-toyota-meldet-durchbruch-bei-festkoerper-akku> [17.06.2019]

Kroch, Henning (2019):

VW droht Zulieferern, Automobilwoche, Ausgabe 12, 27.05.2019, S. 1

LEAG (2019):

Intelligentes Strom-Speichersystem entsteht im Industriepark Schwarze Pumpe, <https://www.leag.de/de/news/details/intelligentes-strom-speichersystem-entsteht-im-industriepark-schwarze-pumpe/> [05.09.2019]

LEAG (2019a):

Innovative Lösungen für eine sichere Energiewende, <http://www.leag.de/de/bigbattery/> [05.09.2019]

McKinsey (2019):

Automobilwoche, Sonderheft Edition „Generation E“, Februar 2019

Menzel, Stefan / Murphy, Martin / Fasse, Markus (2019):

Warum VW den Einstieg in die Batteriezellenfertigung wagt, <https://www.handelsblatt.com/unternehmen/industrie/elektromobilitaet-warum-vw-den-einstieg-in-die-batteriezellenfertigung-wagt/24340130.html> [10.09.2019]

Michaely, Peter (2019):

Die Batterie beim Elektroauto: Hersteller, Typen, Technik, <https://aiomag.de/die-batterie-beim-elektroauto-hersteller-typen-technik-7617> [08.07.2019]

Reuters (2018):

Business News, How U.S. tariffs on China minerals could hurt industry, consumers, <https://www.reuters.com/article/us-usa-trade-china-minerals/how-u-s-tariffs-on-china-minerals-could-hurt-industry-consumers-idUSKBN1KLOIX> [10.04.2019]

Specht, Frank et al. (2019):

Berlin will Unternehmen zu globaler Verantwortung zwingen, Handelsblatt, 12.03.2019

Stratmann, Klaus / Hoppe, Till (2019):

Zweites Großprojekt für Batteriezellfertigung steht – Vier deutsche Konzerne dabei, <https://www.handelsblatt.com/politik/deutschland/eu-industriepolitik-zweites-grossprojekt-fuer-batteriezellfertigung-steht-vier-deutsche-konzerne-dabei/24986594.html> [10.09.2019]

tagesschau.de (2019):

Handelskrieg mit den USA. Seltene Erden – Chinas neue Drohung, <https://www.tagesschau.de/wirtschaft/seltene-erden-usa-101.html> [17.06.2019]

tagesschau.de (2019a):

Norwegen gibt das Tempo vor, <https://www.tagesschau.de/wirtschaft/verbrennungsmotor-international-101.html> [08.07.2019]

Universität Münster (2019):

Standortwettbewerb: Batteriezellen-Forschungsfertigung kommt nach Münster, <https://www.uni-muenster.de/news/view.php?cmdid=10374> [04.07.2019]

vbw – Vereinigung der Bayerischen Wirtschaft e. V. (2018):

Veränderungen der bayerischen Automobilindustrie durch automobiler Megatrends. Eine vbw / bayme vbm Studie, erstellt von IW Consult GmbH und Fraunhofer IAO, https://www.bayme-vbm.de/Redaktion/Frei-zugaengliche-Medien/Abteilungen-GS/Wirtschaftspolitik/2018/Downloads/Studie-IW-Automobil_final-2.pdf [10.09.2019]

Volkswagen AG (2019):

Volkswagen Konzern verpflichtet Lieferanten zur Nachhaltigkeit, <https://www.volkswagen-nag.com/de/news/2019/06/volkswagen-group-commits-suppliers-to-sustainability.html> [04.07.2019]

Witsch, Kathrin (2019):

Batteriehersteller CATL erhöht Investitionen in Erfurter Fabrik massiv, <https://www.handelsblatt.com/unternehmen/energie/elektromobilitaet-batteriehersteller-catl-erhoeht-investitionen-in-erfurter-fabrik-massiv-/24505234.html> [05.09.2019]

Wohlers Associates (2018):

Wohlers Report 2018, 3D Printing and Additive Manufacturing State of the Industry, Annual Worldwide Progress Report

3D-Druck.com (2019):

IDC: 3D-Druck-Markt steigt 2019 auf 13,8 Mrd. US-Dollar, Marktbericht vom 11.01.2019, <https://3druck.com/marktbericht/idc-3d-druck-markt-steigt-2019-auf-138-mrd-us-dollar-0678797/> [20.03.2019]

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 01	Industriemetallpreisindex
Abbildung 02	Rohstoffverbrauch in Europa
Abbildung 03	Länderrisiko und Rohstoffvorkommen 2018
Abbildung 04	Gefahrenklasse I der Rohstoffe – rote Gruppe
Abbildung 05	Gefahrenklasse II der Rohstoffe – orangefarbene Gruppe
Abbildung 06	Gefahrenklasse III der Rohstoffe – grüne Gruppe
Abbildung 07	Bedeutungs-Risiko-Matrix
Abbildung 08	Anwendungsbereiche additiver Fertigungsverfahren
Abbildung 09	Nachfrage nach additiven Fertigungssystemen nach Branchen
Abbildung 10	Rohstoffausgaben für die additive Fertigung
Abbildung 11	Rohstoffe für die additive Fertigung
Abbildung 12	Rohstoffbedarf von Kobalt und Lithium für Batterien in den Jahren 2016 und 2026
Abbildung 13	Gewichtung des Rohstoff-Risiko-Indexes

Tabellenverzeichnis

Tabelle 01	Bedeutung der Rohstoffe Gefahrenklasse I für Bayern
Tabelle 02	Bedeutung der Rohstoffe Gefahrenklasse II für Bayern
Tabelle 03	Bedeutung der Rohstoffe Gefahrenklasse III für Bayern
Tabelle 04	Produktionskapazitäten für Lithium-Ionen-Akkus 2018
Tabelle 05	Maßnahmen zur Rohstoffsicherung

Anhang – Aufbau des Rohstoff-Risiko-Index

Aufbau

Der Aufbau des Rohstoff-Risiko-Indexes hat sich im Vergleich zur sechsten Auflage nicht verändert. Im Index werden acht einzelne Elemente des Versorgungsrisikos berücksichtigt. Die Bewertung dieser Elemente erfolgt entweder auf Basis quantitativer Daten aus einschlägigen Rohstoff- und Preisdatenbanken oder auf Basis qualitativer Einschätzungen, die hauptsächlich auf einer Expertenbefragung sowie ergänzend auf Einschätzungen in der einschlägigen Literatur beruhen.

Die acht Elemente lassen sich in zwei Gruppen von fünf quantitativen und drei qualitativen Indikatoren unterteilen:

Quantitative Indikatoren

- Statische Reichweite
- Länderrisiko
- 3-Länder-Konzentration
- 3-Unternehmen-Konzentration
- Preisrisiko

Qualitative Indikatoren

- Bedeutung für Zukunftstechnologien
- Gefahr des strategischen Einsatzes
- Substituierbarkeit

Um am Ende einen Index erstellen zu können, wird jeder Indikator auf einen Wertebereich zwischen 0 und 25 transformiert. Je höher der Wert, desto größer ist das Risiko eines Rohstoffs in dem betreffenden Indikator. Der Rohstoff-Risiko-Index spiegelt den Datenstand September 2019 wider.

Die folgenden Abschnitte enthalten kurze Beschreibungen der einzelnen Indikatoren.

Statische Reichweite

Die Statische Reichweite ist ein qualitativer Indikator und gibt das Verhältnis zwischen bekannten (ökonomisch und technisch nutzbaren und förderwürdigen) Reserven und aktueller Förderung in Jahren an. Beispielsweise wurden im Jahr 2018 etwa 20,5 Millionen Tonnen Kupfer produziert bei einem bekannten Vorkommen von weltweit über 800 Millionen Tonnen. Somit würde dieser Rohstoff rechnerisch noch rund 40 Jahre auf aktuellem Niveau gefördert werden können.

Entscheidend für die Interpretation des Wertes ist, dass er nur unter Konstanz der Rohstoffvorkommen und der aktuellen Förderung gilt. Änderungen sowohl auf der Angebotsseite (Erschließung neuer Vorkommen, verstärktes Recycling) als auch auf der Nachfrageseite (Substitution, Nachfrageänderung) können zu deutlichen Änderungen des jeweils aktuell errechneten Wertes führen. Dazu kommt der technologische Fortschritt, der die Entwicklung beider Marktseiten wesentlich beeinflussen kann.

Die statische Reichweite enthält somit weniger eine Aussage über ein definitives Ende der Produktionsmöglichkeiten bei einem Rohstoff, sondern zeigt eher die Notwendigkeit für angebots- und nachfrageseitige Änderungen an oder löst diese gar mit aus.

Länderrisiko

Die Lagerstätten vieler Rohstoffe und damit deren Produktion sind häufig auf wenige einzelne Länder begrenzt. Dies trifft umso eher zu, je geringer die geförderte Menge der Rohstoffe ist. Das politische und ökonomische Risiko wirtschaftlicher Tätigkeit unterscheidet sich zwischen den Ländern der Welt erheblich. Die Vorkommen vieler Rohstoffe sind in Ländern konzentriert, in denen diese Risiken überdurchschnittlich groß sind. Zu diesen Risiken zählen im Politischen z. B. die (In-)Stabilität des politischen Systems, die Gefahr von internen oder externen bewaffneten Konflikten oder die Sicherheit im Land. Im wirtschaftlichen Bereich werden Phänomene wie die Gefahr von Enteignungen oder das Korruptionniveau berücksichtigt.

Um das Risiko in den einzelnen Ländern zu bestimmen, wird eine Kombination von vier Indizes zusammengestellt, aus der sich die Note für das jeweilige Land ergibt. Der Gesamtindex setzt sich aus dem Heritage Index, der AON Political Risk Map, dem Transparency International Index und dem Fraser Index (Untergruppe Area 2) zusammen.

Der Vorteil an dieser Vorgehensweise ist, dass jeder der einzelnen Indizes allein schon ein breites Spektrum an Faktoren erfasst. Durch die Berücksichtigung aller vier Indizes ist es möglich, ein unabhängiges und umfassendes Risikobild zu zeichnen. Während sich der Heritage Index z. B. stärker auf die ökonomische Freiheit in einem Land konzentriert, erfasst die AON Political Risk Map vor allem das politische Risiko. Die vier Indizes werden auf eine einheitliche Skala transformiert und aggregiert.

Um das Länderrisiko eines Rohstoffs zu bestimmen, werden die zusammengefassten Bewertungen den jeweiligen Ländern zugeordnet und mit deren Anteil an der Weltproduktion des jeweiligen Rohstoffs gewichtet.

Länderkonzentration

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

Unternehmenskonzentration

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

Preisrisiko

Das Preisrisiko eines Rohstoffs wird für den Rohstoff-Risiko-Index als Mischung aus der Dynamik der Preisentwicklung und der Schwankungen der Preise im Betrachtungszeitraum verstanden. Zur Quantifizierung werden der Preisanstieg im Zeitraum von April 2016 bis April 2019 und die Preisvolatilität im gleichen Zeitraum herangezogen. Preisrückgänge gehen mit einem Wert von null ein. Aus diesen beiden Indikatoren wird ein Index gebildet, in den der Preisanstieg mit einem Gewicht von 25 Prozent und die Volatilität mit einem Gewicht von 75 Prozent eingehen. Bei einigen wenigen Rohstoffen müssen Experteneinschätzungen die konkreten Preisberechnungen ersetzen, da die Datenlage zu intransparent ist.

Bedeutung für Zukunftstechnologien

Die heutige und zukünftige Nachfrage nach Rohstoffen wird stark von der Entwicklung von Zukunftstechnologien geprägt. Weil sich diese Größe nicht quantitativ bestimmen lässt, wurden auch im Rahmen des diesjährigen Gutachtens externe Experten um eine Einschätzung der jeweiligen Bedeutung des Rohstoffs für Zukunftstechnologien gebeten. Die Einschätzung wurde auf einer sechsstufigen Skala für jeden Rohstoff gemessen.

Als weitere qualitative Grundlage wurden einschlägige Gutachten (Fraunhofer, DERA) zur Einordnung der einzelnen Rohstoffe verwendet.

Gefahr strategischer Rohstoffpolitik

Die Einordnung der Rohstoffe hinsichtlich einer Gefährdung der Versorgung durch strategische Rohstoffpolitik basiert auf der Einschätzung der Rohstoffexperten. Zusätzlich können Übersichten über bestehende Handels- und Wettbewerbsbeschränkungen auf Rohstoffmärkten als Orientierungshilfen für ausgewählte Metalle und Mineralien dienen. Angesichts der derzeitigen internationalen Entwicklungen in der Handelspolitik besteht hier allerdings ein hohes Risiko für plötzliche Änderungen. Für den Rohstoff-Risiko-Index wird jeder einzelne Rohstoff auf einer sechsstufigen Skala eingeordnet.

Substituierbarkeit

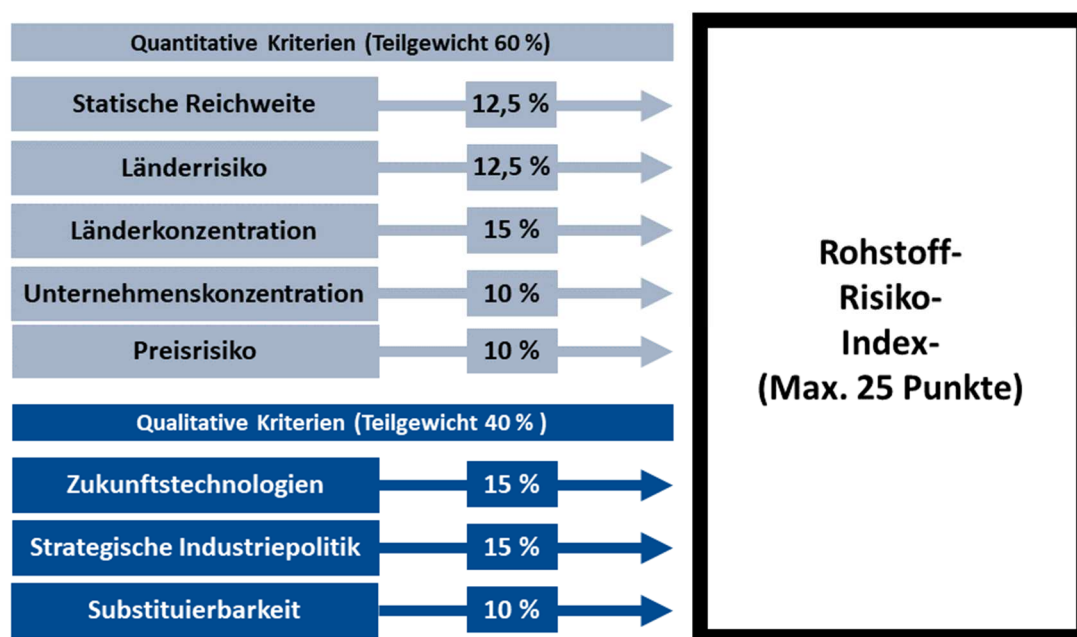
Rohstoffe können in Funktion und Eigenschaften unterschiedlich gut durch andere Rohstoffe ersetzt werden. Gleichzeitig sind diese Substitute selbst nicht immer einfach und ohne Risiko zu beschaffen. Eine einheitliche Quantifizierung der Rohstoffe besteht auch hier nicht, sodass das Rohstoffexpertenpanel auch zu einer Einordnung dieses Aspekts auf

einer sechsstufigen Skala aufgefordert wurde. Ein Abgleich mit der Einstufung im Rahmen der europäischen SCREEN Initiative³⁹ rundet das Bild ab.

Gewichtung

Im Rohstoff-Risiko-Index werden die verschiedenen Elemente des Versorgungsrisikos für jeden Rohstoff einzeln bewertet. Die Bewertung der einzelnen Elemente wird dann für jeden Rohstoff gewichtet aggregiert und bildet damit die Maßzahl des Risikos dieses Rohstoffs. Der Rohstoff-Risiko-Index kann Werte zwischen 25 (höchstes Risiko) und 0 (geringstes Risiko) annehmen. Die quantitativen Kriterien erreichen zusammen ein Gewicht von 60 Prozent des Indexes, die qualitativen Kriterien machen 40 Prozent der Gesamtbewertung aus.

Abbildung 13
Gewichtung des Rohstoff-Risiko-Indexes



Eigene Darstellung IW Consult, 2019

³⁹ Das Akronym SCREEN steht für Solution for Critical Raw Materials – a European Expert Network.

Anhang – Rohstoff-Steckbriefe

Die Rohstoff-Steckbriefe berücksichtigen den verfügbaren Datenstand von September 2019.

Metalle

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

Edelmetalle

Gold
Palladium
Platin
Rhodium
Silber

Industriemineralien

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

Seltene Erden

Scandium
Yttrium
Neodym

Spezialmetalle

Indium
Germanium
Gallium
Selen

ALUMINIUM



Bedeutung für Bayern: Hoch

(insbesondere wegen der Bedeutung für die Metall- und Elektroindustrie)

Einsatzfelder:

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

Risikoklasse (3er-Skala)

Vorräte und Verbrauch

Risikoklasse

2017 wurden rund 296 Mio. Tonnen des Aluminiumerzes Bauxit gewonnen.

Aluminium kann bei einer Bauxitreserve von etwa 30 Mrd. Tonnen noch über 100 Jahre produziert werden.

Abbauländer und Konzentration

Risikoklasse

- 95 % des Bauxitabbaus wurden 2017 von zehn Ländern geleistet.
- In fünf Ländern wurden 85 % des Bauxits gewonnen: Australien (29 %), China (21 %), Guinea (14 %), Brasilien (13 %) und Indien (8 %).
- Der Weltmarktanteil der Top-10-Unternehmen liegt bei über 75 %.

Preisentwicklung

Risikoklasse

Im Vergleich zum Rohstoffmarkt ist der Preis für Aluminium in den letzten drei Jahren moderat gestiegen.

- Preis pro Tonne August 2016: 1.640 US-Dollar
- Preis pro Tonne August 2019: 1.740 US-Dollar
- Anstieg von 6 %

Substitutionsmöglichkeiten

Risikoklasse

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

Zukunftsrelevanz

Risikoklasse

- Hoch wegen der hohen Bedeutung im Bereich klassischer Industrieprodukte.
- Weniger relevant als Rohstoff für Zukunftstechnologien, aber Verwendung z. B. in LCD-Panels und RFID-Chips.

Politische Risiken

Risikoklasse

- 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.

BLEI

Bedeutung für Bayern: Mittel



Einsatzfelder:

Akkumulatoren, Halbzeug, Kabel, Glasindustrie, Chemie, Farbstoffe, Legierungen, Elektrotechnik, Radiologie und Munition

Risikoklasse (3er-Skala)

Vorräte und Verbrauch

Risikoklasse



2018 wurden 4,7 Mio. Tonnen Blei produziert.

Blei kann bei bestehenden Reserven von rund 83 Mio. Tonnen noch rund 18 Jahre abgebaut werden.

Abbauländer und Konzentration

Risikoklasse



- 90 % der Bleiförderung wurden 2018 von zehn Ländern erbracht.
- In fünf Ländern wurden fast 80 % des Bleis gewonnen: China (49 %), Australien (11 %), USA (7 %), Peru (5 %) und Mexiko (5 %).
- Der Weltmarktanteil der Top-10-Unternehmen liegt bei rund 45 %.

Preisentwicklung

Risikoklasse



Der Bleipreis stieg in den letzten drei Jahren moderat und mit nur unterdurchschnittlichen Schwankungen.

- Preis pro Tonne August 2016: 1.840 US-Dollar
- Preis pro Tonne August 2019: 2.040 US-Dollar
- Anstieg von 11 %

Substitutionsmöglichkeiten

Risikoklasse



Blei kann in bestimmten Verwendungen durch andere Stoffe wie Plastik, Aluminium, Eisen oder Zinn ersetzt werden.

Verringerte Verwendung durch Nutzung von bleifreien Akkumulatoren, Batterien und Loten.

Zukunftsrelevanz

Risikoklasse



- Mäßige Bedeutung für Zukunftstechnologien.
- Blei wird – auch aufgrund seiner Toxizität – immer stärker durch andere Rohstoffe (wie z. B. Zinn) ersetzt.

Politische Risiken

Risikoklasse



- Hier droht mäßige Gefahr.
- China könnte seine hohe Bedeutung als Lagerstätte industriepolitisch nutzen.

CHROM

Bedeutung für Bayern: Mittel



Risikoklasse (3er-Skala)

Einsatzfelder:
Verwendung bei der Produktion von Edelstählen, in der Feuerfestindustrie, der chemischen Industrie und der Farbindustrie

Vorräte und Verbrauch

Risikoklasse

2017 wurden 37 Mio. Tonnen des Erzes Chromit gewonnen.

Chrom kann bei einer Chromitreserve von etwa 560 Mio. Tonnen bei gleichem Verbrauch nur für rund 15 Jahre produziert werden.

Abbauländer und Konzentration

Risikoklasse

- 98 % des Chromitabbaus wurden 2017 in zehn Ländern erbracht.
- In fünf Ländern wurden rund 90 % des Chromits abgebaut: Südafrika (44 %), die Türkei (18 %), Kasachstan (17 %), Indien (9 %) und Finnland (3 %).

Preisentwicklung

Risikoklasse

Der Preisanstieg war bei Chrom in den vergangenen drei Jahren geringer, die Preisvolatilität aber deutlich stärker ausgeprägt als bei den anderen Rohstoffen.

- Preis pro Tonne August 2016: 7.700 US-Dollar
- Preis pro Tonne August 2019: 7.950 US-Dollar
- Anstieg von 3 %

Substitutionsmöglichkeiten

Risikoklasse

Chrom kann nicht durch andere Stoffe substituiert werden.

Zukunftsrelevanz

Risikoklasse

Wichtig für einige Zukunftstechnologien (Meerwasserentsalzung, korrosionsfreier Stahl z. B. für marine Techniken).

Politische Risiken

Risikoklasse

Leicht erhöhte Gefahr aufgrund der Relevanz des Rohstoffs.

EISEN



Risikoklasse (3er-Skala)

Bedeutung für Bayern: Hoch
(aufgrund der Bedeutung für die metallverarbeitende Industrie)

Einsatzfelder:
Verwendung im Fahrzeugbau, der Bauindustrie
sowie im Maschinen- und Anlagenbau

Vorräte und Verbrauch

Risikoklasse

2018 wurden 2,2 Mrd. Tonnen Eisenerz gefördert.

Bei einem Eiseninhalt von rund 84 Mrd. Tonnen in den Eisenerzvorräten von rund 170 Mrd. Tonnen kann Eisen noch für rund 80 Jahre produziert werden.

Abbauländer und Konzentration

Risikoklasse

- 94 % des Eisenerzabbaus fanden 2018 in zehn Ländern statt.
- In fünf Ländern wurden rund 80 % des Eisenerzes gewonnen: Australien (39 %), Brasilien (19 %), China (9 %), Indien (8 %) und Russland (5 %).
- Die Top-10 Unternehmen vereinen einen Weltmarktanteil von über 70 % auf sich.

Preisentwicklung

Risikoklasse

Bei Eisen waren steigende Preise und höhere Preisschwankungen als im Marktdurchschnitt zu beobachten. Derzeit liegen die Preise so hoch wie seit Anfang 2014 nicht mehr.

- Preis August 2016: 61 US-Dollar je Tonne Feinerz
- Preis August 2019: 93 US-Dollar je Tonne Feinerz
- Anstieg von 53 %

Substitutionsmöglichkeiten

Risikoklasse

Substitutionsmöglichkeiten bestehen teilweise durch Aluminium, Plastik und Verbundwerkstoffe.

Zukunftsrelevanz

Risikoklasse

- Technologische Bedeutung eher gering; Bedeutung ergibt sich aus Materialbedarf durch das Wirtschaftswachstum bestimmt.
- Zunehmende Bedeutung durch Verwendung in Trink- und Abwasseraufbereitung sowie Leiterplatten.

Politische Risiken

Risikoklasse

- Bewertung durch Experten eher gering; aber substantielle Förderung in eher kritischen Ländern wie China, Russland, Brasilien, Indien, Ukraine, die sich teilweise in Konflikten befinden und zu ausgeprägten industriepolitischen Maßnahmen neigen (China, Indien).
- Erhöhte Unsicherheit über den zukünftigen politischen Kurs in Brasilien.

KADMIUM

Bedeutung für Bayern: Mittel



Risikoklasse (3er-Skala)

Einsatzfelder:
Produktion von Lampen, Solarzellen und Halbleitern;
abnehmende Bedeutung wegen der hohen Toxizität
von Kadmium und seinen Verbindungen

Vorräte und Verbrauch

Risikoklasse



2017 wurden rund 24.400 Tonnen Kadmium produziert.

Bei Kadmiumvorräten von rund 690.000 Tonnen kann Kadmium bei gleicher Produktion noch für rund 30 Jahre hergestellt werden.

Abbauländer und Konzentration

Risikoklasse



- 92 % des Kadmiumabbaus fanden 2017 in zehn Ländern statt.
- In fünf Ländern wurden rund 73 % des Kadmiums gewonnen: China (34 %), Südkorea (16 %), Japan (9 %), Kanada (8 %) und Russland (7 %).
- Die Unternehmenskonzentration ist eher gering.

Preisentwicklung

Risikoklasse



Bei Kadmium waren Preissteigerung und -schwankungen im Vergleich zu allen betrachteten Rohstoffen besonders groß.

- Preis pro Pfund August 2016: 0,68 US-Dollar
- Preis pro Pfund August 2019: 1,14 US-Dollar
- Anstieg von 68 %

Substitutionsmöglichkeiten

Risikoklasse



Kadmium kann durch Lithium, Nickel, Zink und Aluminium substituiert werden.

Zukunftsrelevanz

Risikoklasse



Zwar wird Kadmium auch für bestimmte Zukunftsprodukte verwendet, nimmt aber in der Verwendung aufgrund seiner Toxizität ab.

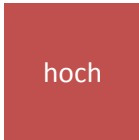
Politische Risiken

Risikoklasse



Die Länderkonzentration ist mäßig. Mit Südkorea, Kanada und Japan sind auch politisch stabile Länder unter den größeren Produzenten vertreten. Bei diesem Rohstoff ist nicht von einem verstärkten Einsatz als politisches Druckmittel auszugehen.

KOBALT



Risikoklasse (3er-Skala)

Bedeutung für Bayern: Hoch
(aufgrund der Bedeutung für die Batteriezellfertigung für die Elektromobilität)

Einsatzfelder:

Hochtemperaturlegierungen, Hartmetalle, Dauermagnetwerkstoffe, Katalysatoren, Farben, Batterien und Verwendung in der Radiologie; besondere Bedeutung für die Elektromobilität

Vorräte und Verbrauch

Risikoklasse



2018 wurden rund 136.000 Tonnen Kobalt produziert.

Die Vorräte belaufen sich auf rund 6,9 Mio. Tonnen und reichen theoretisch bei gleicher Produktion für weitere rund 50 Jahre. Im Zuge der steigenden Nachfrage für die Elektromobilität ist aber mit deutlich steigendem Verbrauch zu rechnen.

Abbauländer und Konzentration

Risikoklasse



- 94 % der Kobaltgewinnung konzentrierten sich 2018 auf zehn Länder.
- Die Demokratische Republik Kongo kam allein auf einen Anteil von rund zwei Dritteln der Produktion. Die nächstgrößeren vier Förderländer sind Russland (5 %), Kuba (4 %) Australien (4 %) und die Philippinen (4 %).

Preisentwicklung

Risikoklasse



Die Kobaltpreise stiegen etwas weniger als jene der anderen Rohstoffe. Mit Preisspitzen von über 90.000 US-Dollar pro Tonne (Frühjahr 2018) war die Volatilität aber besonders stark ausgeprägt.

- Preis August 2016: 26.250 US-Dollar pro Tonne
- Preis August 2019: 30.610 US-Dollar pro Tonne
- Anstieg von 17 %

Substitutionsmöglichkeiten

Risikoklasse



Kobalt kann ohne deutliche Leistungseinbuße derzeit nicht substituiert werden.

Zukunftsrelevanz

Risikoklasse



- Der Bedarf an Lithium-Ionen-Akkumulatoren (in Form von Lithium-Cobalt-Oxid) und die Verwendung für Superlegierungen machen Kobalt in der Zukunft sehr bedeutend.
- Kobalt wird auch in weiteren Zukunftstechnologien angewendet: Katalysatoren, CCS, synthetische Kraftstoffe, medizinische Implantate, Hochtemperatursupraleiter.

Politische Risiken

Risikoklasse



- Der Kongo hat einen Anteil an der Weltproduktion von fast zwei Dritteln und verfügt mit Abstand über die größten Reserven. Das Land ist politisch instabil.
- Chinesische Unternehmen spielen eine wichtige Rolle bei Kobaltgewinnung und -weiterverarbeitung.







KUPFER



Risikoklasse (3er-Skala)

Bedeutung für Bayern: Hoch
(Verwendung in wichtigen Branchen wie Elektroindustrie und Maschinenbau)

Einsatzfelder:
Elektroindustrie, Bauindustrie, Maschinenbau,
RFID, Windkraft, Münzwesen

<p>Vorräte und Verbrauch Risikoklasse ■</p>  <p>2018 wurden rund 20,5 Mio. Tonnen Kupfer gewonnen.</p> <p>Bei Vorräten von rund 830 Mio. Tonnen wäre die Produktion für weitere rund 40 Jahre gesichert.</p>	<p>Abbauländer und Konzentration Risikoklasse ■</p>  <ul style="list-style-type: none"> – 78 % des Kupferabbaus fanden 2018 in zehn Ländern statt. – Sechs Länder kamen zusammen auf einen Anteil von rund 63 %: Chile (27 %), Peru (12 %), China (8 %), USA (7 %), Sambia und die Demokratische Republik Kongo (je 5 %). – Die größten zehn Unternehmen erreichen einen Anteil von knapp 50 %.
<p>Preisentwicklung Risikoklasse ■</p>  <p>Die Preise für Kupfer stiegen etwas weniger als im Durchschnitt aller Rohstoffe, auch die Preisschwankungen waren geringer.</p> <ul style="list-style-type: none"> – Preis August 2016: 4.750 US-Dollar pro Tonne – Preis August 2019: 5.710 US-Dollar pro Tonne – Anstieg von 20 % 	<p>Substitutionsmöglichkeiten Risikoklasse ■</p>  <p>Kupfer kann nur in bestimmten Verwendungen durch andere Stoffe wie Aluminium, Titan, Stahl, Glasfaser oder Plastik ersetzt werden.</p>
<p>Zukunftsrelevanz Risikoklasse ■</p>  <p>Hohe Bedeutung für Zukunftstechnologien wie Windkraft oder Elektromobilität, induktive Elektrizitätsübertragung, CCS.</p>	<p>Politische Risiken Risikoklasse ■</p>  <p>Kupfer könnte aufgrund seiner Bedeutung für Zukunftstechnologien für strategische Industriepolitik genutzt werden. Die relativ breit gestreuten Vorkommen verringern dieses Risiko jedoch.</p>

LITHIUM



Risikoklasse (3er-Skala)

Bedeutung für Bayern: Hoch
(insbesondere wegen der Bedeutung für den Fahrzeugbau bei eigener Batteriezellfertigung)

Einsatzfelder:

Herstellung von Batterien und Akkumulatoren, Fahrzeugbau, Flussmittel in Aluminium-Hütten und zur Herstellung von Keramik, Glaswaren, Reaktorindustrie, Medizin, organische Chemie

Vorräte und Verbrauch

Risikoklasse

2018 wurden 432.000 Tonnen Lithium gewonnen. Gegenüber dem Jahr 2015 hat sich diese Menge mehr als verzehnfacht.

Lithium kann bei bestehenden Reserven von rund 14 Mio. Tonnen noch rund 30 Jahre abgebaut werden. Die statische Reichweite ist in den letzten Jahren stark gesunken.

Abbauländer und Konzentration

Risikoklasse

- 87 % des Lithiumabbaus wurden 2018 von drei Ländern geleistet.
- In fünf Ländern wurden 96 % des Lithiums gewonnen: Australien (59 %), Chile (20 %), Argentinien (8 %), China (7 %) und Brasilien (2 %).
- Der Weltmarktanteil der Top-10-Unternehmen liegt bei über 80 %.

Preisentwicklung

Risikoklasse

Die Lithiumpreise sind bei hohen Preisschwankungen vor allem am aktuellen Rand leicht zurückgegangen.

- Preis pro Tonne (Lithiumkarbonat)
August 2016: 11.500 US-Dollar
- Preis pro Tonne August 2019:
9.920 US-Dollar
- Rückgang von 14 %

Substitutionsmöglichkeiten

Risikoklasse

In einigen Verwendungen kann Lithium durch Kalzium, Magnesium, Quecksilber oder Zink ersetzt werden.

Zukunftsrelevanz

Risikoklasse

- Im Bereich der alternativen Mobilitätsformen (Elektro/Hybrid) derzeit nicht zu ersetzen.
- Alternative Technologien zur Lithium-Ionen-Batterie werden erforscht.
- Im Mobilitätsbereich eventuell mittelfristig auch Ersatz durch Brennstoffzelle oder E-Fuels.

Politische Risiken

Risikoklasse

- Für niedriges Risiko spricht, dass der Rohstoff in westlichen Ländern (z. B. Australien, Chile, Argentinien) vorhanden ist.
- Zunehmende Umweltrisiken in der Förderung.
- Die bedeutendsten zukünftig relevanten Vorkommen von Lithium(-sole) liegen in Bolivien, Kooperationsabkommen mit der Regierung sollen die Erschließung ermöglichen.

MAGNESIUM

Bedeutung für Bayern: Mittel



Risikoklasse (3er-Skala)

Herstellung von Legierungen und als Reduktionsmittel in der Metallurgie, in der chemischen Industrie sowie im Flugzeug- und Fahrzeugbau

Einsatzfelder:

<p>Vorräte und Verbrauch</p> <p>Risikoklasse </p> <p>2017 wurden rund 1,1 Mio. Tonnen Magnesiumerz gefördert.</p> <p>Der heutigen Produktion stehen sehr große Vorräte (rund 2,4 Mrd. Tonnen Magnesit) gegenüber. Sie können die derzeitige Produktion für mehrere hundert Jahre sichern.</p>	<p>Abbauländer und Konzentration</p> <p>Risikoklasse </p> <ul style="list-style-type: none"> – Praktisch die gesamte Magnesiumförderung konzentrierte sich 2017 auf weniger als zehn Länder. – Fünf Länder erreichten gemeinsam einen Anteil von 99 %: China (92 %), USA (3 %), Israel (2 %), Russland und Brasilien (je 1 %). – Die Unternehmenskonzentration kann nicht bestimmt werden.
<p>Preisentwicklung</p> <p>Risikoklasse </p> <p>Die Preisentwicklung und die Preisschwankungen waren bei Magnesium geringer ausgeprägt als bei anderen Rohstoffen.</p> <ul style="list-style-type: none"> – Preis August 2016: 2.160 US-Dollar pro Tonne – Preis August 2019: 2.350 US-Dollar pro Tonne – Anstieg von 9 % 	<p>Substitutionsmöglichkeiten</p> <p>Risikoklasse </p> <p>Magnesium kann in einigen Verwendungen durch Aluminium, Kalziumkarbid oder Zink ersetzt werden.</p>
<p>Zukunftsrelevanz</p> <p>Risikoklasse </p> <p>Wichtiger Werkstoff in der Flugzeug- und Fahrzeugindustrie sowie Reduktionsmittel zur Gewinnung von Metallen.</p>	<p>Politische Risiken</p> <p>Risikoklasse </p> <ul style="list-style-type: none"> – Die Produktion ist derzeit zu über 90 % in China konzentriert, das bei vielen Rohstoffen mit Handels- und Wettbewerbsbeschränkungen agiert. – Dafür sind die Vorräte aber fast unbegrenzt und auch auf andere Länder verteilt.

MANGAN

Bedeutung für Bayern: Niedrig




Risikoklasse (3er-Skala)

Einsatzfelder:

Herstellung von Batterien sowie in der Eisen- und Stahlindustrie eingesetzt, u. a. zum Härten

Vorräte und Verbrauch


Risikoklasse 



2017 wurden rund 61,2 Mio. Tonnen Mangan produziert.

Die Vorräte belaufen sich auf über 760 Mio. Tonnen. Das heutige Produktionsniveau ließe sich damit rund zwölf Jahre aufrechterhalten.


Abbauländer und Konzentration

Risikoklasse 



- 2017 vereinigten zehn Länder 97 % der Manganproduktion auf sich.
- Fünf Länder erreichten gemeinsam einen Anteil von 82 %: China (41 %), Südafrika (23 %), Gabun (7 %), Australien (7 %) und Ghana (4 %).
- Die Top-10-Unternehmen kommen auf einen Marktanteil von über 60 %.

Preisentwicklung


Risikoklasse 



Die Preisentwicklung bei Mangan war unterdurchschnittlich, die Preisschwankungen aber deutlicher als bei anderen Rohstoffen.

- Preis August 2016: 4,9 US-Dollar pro Tonne Mangan-Erz
- Preis August 2019: 5,3 US-Dollar pro Tonne Mangan-Erz
- Anstieg von 8 %


Substitutionsmöglichkeiten

Risikoklasse 



Mangan kann bislang nicht durch andere Stoffe substituiert werden.


Zukunftsrelevanz

Risikoklasse 



- Trockenbatterien (als Oxidationsmittel), Stahl- und Aluminiumindustrie.
- Korrosionsbeständige Edelstähle als relativ preisgünstiger Ersatz für Nickel.
- Steigender Verbrauch wegen Nachfrage aus Stahl- und Aluminiumindustrie prognostiziert.

Politische Risiken

Risikoklasse 



Hohe Konzentration auf wenige Länder mit relativ hohen politischen Risiken oder Tendenz zum strategischen Verhalten (China).

MOLYBDÄN

Bedeutung für Bayern: **Niedrig**



Risikoklasse (3er-Skala)

Einsatzfelder:

Flugzeug- und Raketenbau, Elektrotechnik
Edelstähle, Schmierstoffe, Farben und Katalysatoren

Vorräte und Verbrauch

Risikoklasse

2018 wurden 307.000 Tonnen Molybdän hergestellt.

Die Vorräte von rund 17 Mio. Tonnen reichen für eine unveränderte Produktion von weiteren 55 Jahren aus.

Abbauländer und Konzentration

Risikoklasse

- 98 % der Molybdänproduktion konzentrierten sich 2018 auf zehn Länder.
- Fünf Länder erreichten gemeinsam einen Anteil von 89 %: China (43 %), USA (15 %), Chile (17 %), Peru (10 %) und Mexiko (4 %).
- Die Top-10-Unternehmen kommen auf einen Marktanteil von rund 70 %.

Preisentwicklung

Risikoklasse

Preisanstieg und Preisschwankungen waren bei Molybdän in den letzten drei Jahren überdurchschnittlich.

- Preis August 2016: 154 CNY pro kg
- Preis August 2019: 279 CNY pro kg
- Anstieg von 81 %

Substitutionsmöglichkeiten

Risikoklasse

Molybdän ist in bestimmten Eigenschaften nicht substituierbar.

Zukunftsrelevanz

Risikoklasse

Wichtiger Bestandteil von Stahl in der Flugzeug- und Fahrzeugindustrie (hart und hitzebeständig).

Politische Risiken

Risikoklasse

- Hohe Länderkonzentration mit einem hohen Anteil in China und den USA.
- Im Rahmen von Handelskonflikten ein Gut mit hohem (wechselseitigem) Drohpotenzial.

NICKEL



Risikoklasse (3er-Skala)

Bedeutung für Bayern: Hoch
(Einsatz in Lithium-Ionen-Batterien)

Einsatzfelder:

korrosionsbeständiger Stahl, andere Legierungen, Gasturbinen, Metallüberzüge, Münzen, Katalysatoren und Batterien

Vorräte und Verbrauch

Risikoklasse



2018 wurden 2,1 Mio. Tonnen Nickel hergestellt.
Die Vorräte von rund 89 Mio. Tonnen decken eine unveränderte Produktion von weiteren 42 Jahren.

Abbauländer und Konzentration

Risikoklasse



- 85 % der Nickelförderung fanden 2018 in zehn Ländern statt.
- Rund 70 % der Nickelförderung wurden in sechs Ländern erbracht: Indonesien (18 %), Philippinen (15 %), Neu-Kaledonien (12 %) sowie Kanada, Russland und Australien (je 8 %).
- Die Top-10-Unternehmen kommen auf einen Marktanteil von über 60 %.

Preisentwicklung

Risikoklasse



Preisanstieg und -volatilität waren bei Nickel etwas stärker ausgeprägt als im Durchschnitt aller Rohstoffe.

- Preis August 2016: 10.340 US-Dollar pro Tonne
- Preis August 2019: 15.750 US-Dollar pro Tonne
- Anstieg von 52 %

Substitutionsmöglichkeiten

Risikoklasse



- Rund ein Drittel des in der EU verarbeiteten Nickels stammte 2016 aus Recyclingmaterial.
- Substitutionsmöglichkeiten bestehen teilweise durch Aluminium, beschichtete Stähle, Plastik und Titanlegierungen.

Zukunftsrelevanz

Risikoklasse



- Vorwiegende Funktion als Legierungsmetall.
- Wichtiger Bestandteil von Lithium-Ionen-Akkus.
- Einsatz in mikro-elektronischen Kondensatoren.

Politische Risiken

Risikoklasse



Hohe Zukunftsrelevanz spricht für mittlere politische Risiken, die sich aus der Expertenbewertung ergeben.

NIOB

Bedeutung für Bayern: Hoch



Risikoklasse (3er-Skala)

Einsatzfelder:

Herstellung von Edelstählen und Superlegierungen beispielsweise für Flugzeugturbinen

<p>Vorräte und Verbrauch</p> <p>Risikoklasse </p> <p>2017 wurden 144.000 Tonnen Niob gefördert.</p> <p>Die Vorräte von rund 9,1 Mio. Tonnen reichen für eine unveränderte Produktion von weiteren rund 60 Jahren.</p>	<p>Abbauländer und Konzentration</p> <p>Risikoklasse </p> <ul style="list-style-type: none"> – Die Förderung von Niob war 2017 auf sehr wenige Länder konzentriert. – Über 90 % der Niobförderung wurden in Brasilien erbracht. Kanada (5 %), die Demokratische Republik Kongo und Ruanda (je < 1 %) sind weitere Förderländer.
<p>Preisentwicklung</p> <p>Risikoklasse </p> <p>Preisanstieg und ausgeprägte Preisschwankungen machen ein relativ hohes Preisrisiko bei Niob aus.</p> <ul style="list-style-type: none"> – Preis August 2016: 28,7 US-Dollar pro Kilogramm – Preis August 2019: 31,5 US-Dollar pro Kilogramm – Anstieg von 10 % 	<p>Substitutionsmöglichkeiten</p> <p>Risikoklasse </p> <ul style="list-style-type: none"> – Niob kann nicht ohne erhebliche Leistungseinbußen und Kostensteigerungen substituiert werden.
<p>Zukunftsrelevanz</p> <p>Risikoklasse </p> <p>Als Legierungszuschlag zum Beispiel für den Bau von Gasturbinen nahezu unersetzlich (Superlegierungen).</p>	<p>Politische Risiken</p> <p>Risikoklasse </p> <ul style="list-style-type: none"> – Von Brasilien ist nicht unbedingt ein strategischer Einsatz von Niob zu erwarten. Politische Risiken steigen jedoch im Land. – Die starke Konzentration auf ein Schwellenland erhöht die Unsicherheit.

TANTAL



Risikoklasse (3er-Skala)

Bedeutung für Bayern: Hoch
(bedeutender Rohstoff für die Elektroindustrie (Kondensatoren) und die Medizintechnik)

Einsatzfelder:
Medizintechnik zur Herstellung von Instrumenten und Implantaten, chemischer Apparatebau, Produktion von Kondensatoren, Karbiden und Superlegierungen

Vorräte und Verbrauch

Risikoklasse



2017 wurden rund 8.000 Tonnen Tantal produziert.

Bei unveränderter Produktion reichen die Vorräte in Höhe von rund 110.000 Tonnen für weitere rund 14 Jahre.

Abbauländer und Konzentration

Risikoklasse



- Zehn Länder vereinigten 2017 praktisch die gesamte Förderung von Tantal auf sich.
- Fünf Länder kontrollierten rund 97 % der Tantalförderung: Brasilien (65 %), die Demokratische Republik Kongo (14 %), Ruanda (11 %), Australien (4 %) und China (2 %).

Preisentwicklung

Risikoklasse



Der Preis für Tantal ging im 3-Jahresvergleich leicht zurück; die Preisschwankungen waren aber mit einer Preisspitze von über 400 US-Dollar im Jahr 2018 aber groß.

- Preis August 2016: 266 US-Dollar pro Kilogramm
- Preis August 2019: 245 US-Dollar pro Kilogramm
- Rückgang von 8 %

Substitutionsmöglichkeiten

Risikoklasse



Substitutionsmöglichkeiten bestehen teilweise durch Niob, Aluminium, Keramik, Platin, Titan oder Zirkonium.

Zukunftsrelevanz

Risikoklasse



Vor allem bei mikroelektronischen Kondensatoren derzeit noch nicht ersetzbar.

Politische Risiken

Risikoklasse



Eher kein Einsatz strategischer Industriepolitik zu erwarten. Politische Risiken in wichtigen Förderländern und die dort hohe Konzentration birgt Gefahren.

TITAN



Risikoklasse (3er-Skala)

Bedeutung für Bayern: Hoch
(wichtiger Zusatz im Maschinen- und Anlagenbau)

Einsatzfelder:

Edelstähle, Superlegierungen und Titanmetall für Flugzeugbau, Weltraumfahrt, Schiffs- und Bootsbau, Reaktortechnik, Anlagenbau, Medizintechnik; Pigment bei Farben, Papier und Plastik

Vorräte und Verbrauch

Risikoklasse



2017 wurden rund 6.100 Tonnen Titan hergestellt.

Bei unveränderter Produktion reichen die Vorräte der wichtigsten Erze Ilmenit und Rutil in Höhe von rund 1,8 Mrd. Tonnen sehr lange Zeit aus.

Abbauländer und Konzentration

Risikoklasse



- 87 % der Förderung der Titan-Erze Ilmenit und Rutil konzentrierten sich 2017 auf zehn Länder.
- Aus fünf Ländern stammten rund 63 % der gefördert Erze: Australien (16 %), China und Kanada (je 14 %), Mosambik und Südafrika (je 10 %).
- Über 70 % der Produktion werden von den

Preisentwicklung

Risikoklasse



Der Preisanstieg war überdurchschnittlich, die Preisschwankungen aber ähnlich wie bei anderen Rohstoffen.

- Preis August 2016: 47,1 CNY pro Tonne
- Preis August 2019: 79,6 CNY pro Tonne
- Anstieg von 69 %

Substitutionsmöglichkeiten

Risikoklasse



- Rund 20 % des in der EU verarbeiteten Titans stammte 2016 aus Recyclingmaterial.
- Als Pigment bestehen Substitutionsmöglichkeiten durch Kalziumkarbonat, Kaolin oder Talk.

Zukunftsrelevanz

Risikoklasse



- Aufgrund seiner besonderen Eigenschaften als Legierungszuschlag (leicht, aber fest) wird es vor allem in der Luft- und Raumfahrttechnik verwendet.
- Zudem wird es auch in der Meerwasserentsalzung eingesetzt.

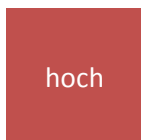
Politische Risiken

Risikoklasse



Eher kein Einsatz strategischer Industriepolitik zu erwarten, aber hohe Konzentration und Bedeutung für Zukunftstechnologien birgt Gefahren.

WOLFRAM



Risikoklasse (3er-Skala)

Bedeutung für Bayern: Hoch
(Bedeutung für Metall- und Elektroindustrie)

Einsatzfelder:
Edelstähle, Karbide, Leuchtmittel

Vorräte und Verbrauch

Risikoklasse

2017 wurden rund 82.500 Tonnen Wolfram produziert.

Bei unveränderter Produktion reichen die Vorräte von rund 3,3 Mio. Tonnen für knapp 40 Jahre aus.

Abbauländer und Konzentration

Risikoklasse

- Die Förderung von Wolfram konzentrierte sich 2017 zu 98 % auf zehn Länder.
- Rund 93 % der Produktion wurden in fünf Ländern geleistet: China (79 %), Vietnam (8 %), Russland (3 %), Bolivien und Großbritannien (je 2 %).

Preisentwicklung

Risikoklasse

In den letzten drei Jahren war der Preisanstieg kleiner, die Preisschwankungen jedoch größer als im Rohstoffmarkt insgesamt.

- Preis August 2016: 200 US-Dollar pro Tonne
- Preis August 2019: 210 US-Dollar pro Tonne
- Anstieg von 5 %

Substitutionsmöglichkeiten

Risikoklasse

- In bestimmten Verwendungen kann Wolfram durch keramisch-metallische Verbundwerkstoffe ersetzt werden.
- Wolframkarbide durch Molybdän- oder Titankarbide; in Stahl durch Molybdän.

Zukunftsrelevanz

Risikoklasse

- Essenziell für die Leuchtmittelindustrie.
- Als Legierungszusatz für härteste Stähle und wärmebeständige Legierungen und Karbide, z. B. für Turbinen, Brennstoffzellen, Hochtemperaturöfen.

Politische Risiken

Risikoklasse

China besitzt die weltweit größten Reserven und ist derzeit auch Hauptproduzent von Wolfram.

ZINK



Risikoklasse (3er-Skala)

Bedeutung für Bayern: Hoch
(Verwendung in den Bereichen Galvanik, NE-Legierungen, Pharmazie, Batterie und Pigmente)

Einsatzfelder:
Galvanik (Fahrzeugbau, Bauindustrie),
NE-Legierungen, pharmazeutische Präparate,
Trockenbatterien und Pigmente

Vorräte und Verbrauch

Risikoklasse



2018 wurden rund 12,7 Mio. Tonnen Zink produziert.

Mit Vorräten von rund 230 Mio. Tonnen kann die Produktion für 18 Jahre unverändert fortgesetzt werden.

Abbauländer und Konzentration

Risikoklasse



- Die Förderung von Zink konzentrierte sich 2018 zu 83 % auf zehn Länder.
- In fünf Ländern wurden 66 % der Produktion erbracht: China (34 %), Peru (12 %), Australien (8 %), USA und Indien (je 6 %).
- Die Top-10-Unternehmen erreichen zusammen einen Marktanteil von knapp 50 %.

Preisentwicklung

Risikoklasse



Der Preise gingen leicht zurück, die Preisschwankungen waren aber ähnlich hoch wie im Rohstoffmarkt insgesamt.

- Preis August 2016: 2.280 US-Dollar pro Tonne
- Preis August 2019: 2.270 US-Dollar pro Tonne
- Rückgang von 0,3 %

Substitutionsmöglichkeiten

Risikoklasse



- Rund 30 % des in der EU verarbeiteten Zinks stammte 2016 aus Recyclingmaterial.
- Es kann in bestimmten Verwendungen durch andere Stoffe wie Aluminium, Plastik, Stahl oder Magnesium ersetzt werden.

Zukunftsrelevanz

Risikoklasse



- Einsatz in Energiespeichern (Zink-Luft-Energiespeicher).
- Als Bestandteil von Indium-Gallium-Zink-Oxid Bedeutung für hochauflösende Bildschirntechnik.

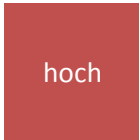
Politische Risiken

Risikoklasse



- China ist wichtigster Lieferant und die Förderung insgesamt eher stark konzentriert.
- Vorkommen, Reserven und Produktion in kleinerem Umfang sind aber breit gestreut.

ZINN



Risikoklasse (3er-Skala)

Bedeutung für Bayern: Hoch
(Verwendung in Elektro- und Chemieindustrie)

Einsatzfelder:
Elektronik (LCD-Displays), Weißbleche, Lote,
Legierungen, Chemikalien und Pigmente

Vorräte und Verbrauch

Risikoklasse

2017 wurden rund 335.000 Tonnen Zinn gefördert.

Mit Vorräten von rund 4,7 Mio. Tonnen kann die Produktion für 14 Jahre unverändert fortgesetzt werden.

Abbauländer und Konzentration

Risikoklasse

- 97 % der Zinnproduktion konzentrierten sich 2017 auf zehn Länder.
- 82 % der Zinnproduktion stammten aus fünf Ländern: China (27 %), Indonesien (24 %), Myanmar (20 %), Bolivien (6 %) und Peru (5 %).
- Die Top-10-Unternehmen erreichen zusammen einen Marktanteil von über 50 %.

Preisentwicklung

Risikoklasse

Die Preise sanken und die Preisschwankungen fielen geringer aus als bei den anderen Rohstoffen.

- Preis August 2016: 18.430 US-Dollar pro Tonne
- Preis August 2019: 16.610 US-Dollar pro Tonne
- Rückgang von 10 %

Substitutionsmöglichkeiten

Risikoklasse

- Zinn kann nur in bestimmten Verwendungen durch andere Stoffe wie Aluminium, Glas, Plastik, Epoxidharze und Alu- bzw. Kupferlegierungen ersetzt werden.

Zukunftsrelevanz

Risikoklasse

- Einsatz in emissionsarmen oder emissionsfreien Mobilitätsanwendungen (Abgasbehandlung, Brennstoffzellen, Festkörper- und Lithium-Ionen-Batterien).
- Nutzung in diversen Anwendungen, z. B. bleifreie Lote, mikro-elektronische Kondensatoren, Windkraftanlagen, Flachbildschirme

Politische Risiken

Risikoklasse

- China ist wichtigster Lieferant.
- Unsicherheit über zukünftige politische Bedingungen in den anderen wichtigen Förderländern.

ZIRKON

Bedeutung für Bayern: Mittel



Risikoklasse (3er-Skala)

Einsatzfelder:

Schmelztiegel (wegen hohem Schmelzpunkt),
abrasionsfeste Werkstoffe (Zahntechnik)

Vorräte und Verbrauch

Risikoklasse

2017 wurden rund 1,4 Mio. Tonnen Zirkon produziert.

Mit Vorräten von rund 73 Mio. Tonnen kann die Produktion für 53 Jahre unverändert fortgesetzt werden.

Abbauländer und Konzentration

Risikoklasse

- 2017 entfielen 94 % der Zirkonförderung auf zehn Länder.
- Fünf Länder erbrachten 84 % der Zirkonproduktion: Australien (39 %), Südafrika (33 %) Mosambik (5 %), Senegal (4%) und Kenia (3 %).
- Weniger als zehn Unternehmen kontrollieren rund die Hälfte des Zirkonabbaus.

Preisentwicklung

Risikoklasse

Der Preisanstieg und die Preisschwankungen waren etwas höher als bei den anderen Rohstoffen.

- Preis August 2016: 1.050 US-Dollar pro Tonne
- Preis August 2019: 1.500 US-Dollar pro Tonne
- Anstieg von 43 %

Substitutionsmöglichkeiten

Risikoklasse

- Eine Substitution erscheint aufgrund der großen Vorräte in mittelfristiger Zukunft nicht notwendig.
- Generell sind die Substitutionsmöglichkeiten aber stark eingeschränkt.

Zukunftsrelevanz

Risikoklasse

Zirkon kann aufgrund des hohen Schmelzpunktes für Zukunftstechnologien eine Rolle spielen.

Politische Risiken

Risikoklasse

Aufgrund der reichen Vorkommen sind kaum politische Risiken erkennbar. Die Förderung ist aber auf wenige Länder konzentriert.

GOLD

Bedeutung für Bayern: **Niedrig**



Risikoklasse (3er-Skala)

Einsatzfelder:
Schmuckwaren, Zahlungsmittel,
Zahntechnik, Elektroindustrie

<p>Vorräte und Verbrauch Risikoklasse </p> <p>2018 wurden rund 3.300 Tonnen Gold gefördert.</p> <p>Bei Vorräten von 54.000 Tonnen ergibt sich eine gesicherte Versorgung für rund 16 Jahre.</p>	<p>Abbauländer und Konzentration Risikoklasse </p> <ul style="list-style-type: none"> – 2018 entfielen 62 % der Goldförderung auf zehn Länder. – Fünf Länder erbrachten rund 43 % der Goldproduktion: China (12 %), Australien (9 %), Russland (8 %), USA (7 %) und Kanada (6 %). – Auf die Top-10-Unternehmen entfällt ein gemeinsamer Marktanteil von rund 34 %.
<p>Preisentwicklung Risikoklasse </p> <p>Der Preisanstieg und die Preisschwankungen waren deutlich geringer als bei den anderen Rohstoffen.</p> <ul style="list-style-type: none"> – Preis August 2016: 1.340 US-Dollar pro Feinunze – Preis August 2019: 1.500 US-Dollar pro Feinunze – Anstieg von 12% 	<p>Substitutionsmöglichkeiten Risikoklasse </p> <p>Gold ist vollständig wiederverwertbar und kann in bestimmten Verwendungen durch Palladium, Platin oder Silber substituiert werden.</p>
<p>Zukunftsrelevanz Risikoklasse </p> <p>Aus technologischer Sicht von mittlerer Bedeutung, aber als Spekulationsobjekt und Instrument gegen Inflation wichtig.</p>	<p>Politische Risiken Risikoklasse </p> <p>China und Russland gehören zu den größten Goldproduzenten. Der Handelskonflikt zwischen China und den USA und die Sanktionspolitik gegenüber Russland erhöhen die politischen Risiken.</p>

PALLADIUM



Risikoklasse (3er-Skala)

Bedeutung für Bayern: Hoch
(Automobilindustrie, chemische Industrie und Medizintechnik)

Einsatzfelder:
Autoindustrie, Chemieindustrie, Schmuckindustrie,
Luftfahrt, Medizintechnik, Dentaltechnik,
Herstellung von Brennstoffzellen

Vorräte und Verbrauch

Risikoklasse



2018 wurden rund 208 Tonnen Palladium produziert.

Die Vorräte von 45.000 Tonnen (bzw. 69.000 Tonnen für die Platingruppenmetalle insgesamt) resultieren in einer gesicherten Versorgung für mehr als 200 Jahre.

Abbauländer und Konzentration

Risikoklasse



- Die gesamte Palladiumförderung 2018 fand in weniger als zehn Ländern statt.
- 87 % der Förderung konzentrierten sich 2018 auf drei Länder, 99 % auf die fünf größten Förderländer: Südafrika (41 %), Russland (36 %), Kanada (10 %), USA und Simbabwe (je 6 %).
- Auf die Top-10-Unternehmen entfällt ein gemeinsamer Marktanteil von über 90 %.

Preisentwicklung

Risikoklasse



Der Preisanstieg und die Volatilität bei Palladium zählten zu den höchsten unter den betrachteten Rohstoffen.

- Preis August 2016: 674 US-Dollar pro Feinunze
- Preis August 2019: 1.450 US-Dollar pro Feinunze
- Anstieg von 116 %

Substitutionsmöglichkeiten

Risikoklasse



- 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.

Zukunftsrelevanz

Risikoklasse



Palladium ersetzt beispielsweise zunehmend das teurere Platin bei den Abgaskatalysatoren.

Politische Risiken

Risikoklasse



- Russland arbeitet als einer der wichtigsten Produzenten mit Exportbeschränkungen und Ausfuhrsteuer.
- Hohe Zukunftsrelevanz und wechselseitige Substitutionsbeziehungen der Platingruppenmetalle erhöhen Risiko.

PLATIN



Risikoklasse (3er-Skala)

Bedeutung für Bayern: Hoch
(Automobilindustrie, Chemieindustrie, Elektroindustrie)

Einsatzfelder:
Autoindustrie (Katalysatoren), Chemieindustrie, Schmuckindustrie,
Elektroindustrie, Dentaltechnik,
Herstellung von Brennstoffzellen

<p>Vorräte und Verbrauch Risikoklasse </p> <p>2018 wurden rund 189 Tonnen Platin produziert.</p> <p>Die Vorräte von 20.000 Tonnen (bzw. 69.000 Tonnen für die Platingruppenmetalle insgesamt) resultieren in einer gesicherten Versorgung für mehr als 100 Jahre.</p>	<p>Abbauländer und Konzentration Risikoklasse </p> <ul style="list-style-type: none"> – Die gesamte Platinförderung 2018 fand in weniger als zehn Ländern statt. – 92 % der Förderung konzentrierten sich 2018 auf drei Länder, 98 % auf die fünf größten Förderländer: Südafrika (73 %), Russland (11 %), Simbabwe (8 %), Kanada (4 %), USA (2 %). – Auf die Top-10-Unternehmen entfällt ein gemeinsamer Marktanteil von über 85 %.
<p>Preisentwicklung Risikoklasse </p> <p>Sinkende Preise und geringe Preisschwankungen führten zu einem niedrigen Preisrisiko.</p> <ul style="list-style-type: none"> – Preis August 2016: 1.120 US-Dollar pro Feinunze – Preis August 2019: 860 US-Dollar pro Feinunze – Rückgang von 23 % 	<p>Substitutionsmöglichkeiten Risikoklasse </p> <ul style="list-style-type: none"> – Platin ist vollständig wiederverwertbar und kann teilweise durch Palladium ersetzt werden. – Das große Problem ist, dass die Platingruppenmetalle nur untereinander austauschbar sind.
<p>Zukunftsrelevanz Risikoklasse </p> <ul style="list-style-type: none"> – 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. 	<p>Politische Risiken Risikoklasse </p> <ul style="list-style-type: none"> – Hohe Länderkonzentration: Südafrika ist mit weitem Abstand der größte Produzent von Platin. – Hohe Zukunftsrelevanz und wechselseitige Substitutionsbeziehungen der Platingruppenmetalle erhöhen Risiko.

RHODIUM



Risikoklasse (3er-Skala)

Bedeutung für Bayern: Hoch

(über 80 % der Weltproduktion wird für Kfz-Abgaskatalysatoren verwendet)

Einsatzfelder:

Autoindustrie (Katalysatoren), Chemieindustrie, Schmuckindustrie, Elektrotechnik, Dentaltechnik

Vorräte und Verbrauch

Risikoklasse



2018 wurden rund 55 Tonnen Rhodium produziert.

Die Vorräte von 4.000 Tonnen (bzw. 69.000 Tonnen für die Platingruppenmetalle insgesamt) resultieren in einer gesicherten Versorgung für mehr als 150 Jahre.

Abbauländer und Konzentration

Risikoklasse



- Die gesamte Rhodiumförderung 2018 fand in weniger als zehn Ländern statt.
- Fast die gesamte Förderung entfiel auf die fünf größten Förderländer: Südafrika (83 %), Russland (10 %), Simbabwe (5 %), Kanada (2 %), USA (1 %).
- Auf die Top-10-Unternehmen entfällt ein gemeinsamer Marktanteil von fast 90 %.

Preisentwicklung

Risikoklasse



Preisanstieg und Preisschwankungen gehörten zu den größten unter den betrachteten Rohstoffen.

- Preis August 2016: 655 US-Dollar pro Feinunze
- Preis August 2019: 3.920 US-Dollar pro Feinunze
- Anstieg von 500 %

Substitutionsmöglichkeiten

Risikoklasse



- Rhodium kann teilweise durch Palladium ersetzt werden.
- Das große Problem ist, dass die Platingruppenmetalle nur untereinander austauschbar sind.
- Die globalen Recyclingraten von Rhodium liegen zwischen 50 und 60 %.

Zukunftsrelevanz

Risikoklasse



Rhodium ist für Fahrzeugkatalysatoren nahezu unersetzlich.

Politische Risiken

Risikoklasse



- Hohe Länderkonzentration: Südafrika ist mit weitem Abstand der größte Produzent von Platin.
- Hohe Zukunftsrelevanz und wechselseitige Substitutionsbeziehungen der Platingruppenmetalle erhöhen Risiko.

SILBER









Risikoklasse (3er-Skala)

Bedeutung für Bayern: Niedrig

Einsatzfelder:

Schmuck- und Tafelwaren, Münzen und Legierungen, Film-, Foto- und Elektroindustrie

<p>Vorräte und Verbrauch Risikoklasse ■ </p> <p>2018 wurden rund 27.700 Tonnen Silber gefördert.</p> <p>Bei Vorräten von 560.000 Tonnen ist eine unveränderte Produktion für rund 20 Jahre gewährleistet.</p>	<p>Abbauländer und Konzentration Risikoklasse ■ </p> <ul style="list-style-type: none"> – 82 % der Silberförderung konzentrierten sich auf zehn Länder. – Sieben Länder erbrachten rund 70 % der Produktion: Mexiko (23 %), Peru (16 %), China (8 %), Russland (6 %), sowie Chile, Australien und Bolivien (je 5 %). – Auf die Top-10-Unternehmen entfällt ein gemeinsamer Marktanteil von weniger als 50 %.
<p>Preisentwicklung Risikoklasse ■ </p> <p>Preisrückgang und geringe Preisschwankungen resultieren in einem geringen Preisrisiko.</p> <ul style="list-style-type: none"> – Preis August 2016: 19,6 US-Dollar pro Feinunze – Preis August 2019: 17,2 US-Dollar pro Feinunze – Rückgang von 12 % 	<p>Substitutionsmöglichkeiten Risikoklasse ■ </p> <ul style="list-style-type: none"> – Silber kann vollständig wiederverwendet werden. – Die Substitution gelingt nur in bestimmten Verwendungen durch Aluminium, Rhodium, Tantal oder Edelstahl.
<p>Zukunftsrelevanz Risikoklasse ■ </p> <ul style="list-style-type: none"> – Kein anderer Rohstoff leitet Strom so gut wie Silber und daher ist mit einer hohen Nachfrage nach diesem Material in der RFID- und allgemein in der Informations- und Kommunikationstechnologie zu rechnen. – Die Mengen sind aber überschaubar. 	<p>Politische Risiken Risikoklasse ■ </p> <p>Silber wird überwiegend in südamerikanischen Ländern abgebaut, in denen nicht mit einer Instrumentalisierung zu rechnen ist. Aber auch China fördert verstärkt.</p>

BARYT

Bedeutung für Bayern: **Niedrig**



Risikoklasse (3er-Skala)

Einsatzfelder:
Bohrspülung, Füllstoff,
BA-Chemikalien, Schwerbetonzuschlag oder Röntgenkontrastmittel

Vorräte und Verbrauch

Risikoklasse



2017 wurden rund 8,3 Mio. Tonnen Baryt produziert.

Bei Vorräten von 320 Mio. Tonnen kann Baryt für knapp 40 Jahre unverändert gefördert werden.

Abbauländer und Konzentration

Risikoklasse



- Zehn Länder erbrachten rund 96 % der Barytförderung.
- Auf fünf Länder entfielen 82 % der Produktion: China (44 %), Indien (19 %), Marokko (10 %), Iran (5 %) und Mexiko (4 %).

Preisentwicklung

Risikoklasse



Preisrückgang und geringe Preisschwankungen resultieren in einem geringen Preisrisiko.

- Preis August 2016: 95 US-Dollar pro Tonne
- Preis August 2019: 85 US-Dollar pro Tonne
- Rückgang von 11 %

Substitutionsmöglichkeiten

Risikoklasse



- In der Herstellung von BA-Chemikalien kann es durch Witherit ersetzt werden.
- In seiner Funktion als Bohrspülung sind Hämatit, Pyrit, Siderit, Witherit, Coelestin oder Eisenoxidschlacke aus Pyritröstung geeignete Ersatzstoffe.
- In Farben kann es durch Kalkstein, Kaolin oder Titandioxid und als Füllstoff durch Kalkstein oder Dolomitstein substituiert werden.

Zukunftsrelevanz

Risikoklasse



- Verwendung als Schmiermittel für Anodenro-toren in Röntgenröhren.
- Desoxidationsmittel in der Kupferproduktion.
- Legierungszusatz in Zündkerzen, keramischen und optischen Gläsern.

Politische Risiken

Risikoklasse



- Die Gefahr, dass Baryt strategisch eingesetzt werden könnte, ist eher gering.
- Aber hohe Konzentration in Ländern mit str-ategischer Industriepolitik oder Beteiligung in Handelskonflikten (z. B. China, Indien).

BENTONIT

Bedeutung für Bayern: **Niedrig**



Risikoklasse (3er-Skala)

Einsatzfelder:
Gießereien, Pelletisierung von Eisenerzen, Katzenstreu,
Dichtungsmittel (Bauindustrie), Spülmittelzusatz (Bohrtechnik, Papierindustrie),
Margarine, Speiseöl, Kosmetika, Salben,
Katalysator und Füllstoff (Chemieindustrie)

<p>Vorräte und Verbrauch Risikoklasse </p> <p>2017 wurden rund 21,8 Mio. Tonnen Bentonit abgebaut.</p> <p>Die Bentonitvorräte werden als extrem groß eingeschätzt, sodass sich auf sehr lange Zeiträume hinaus keine Knappheiten ergeben sollten.</p>	<p>Abbauländer und Konzentration Risikoklasse </p> <ul style="list-style-type: none"> – Zehn Länder erbrachten rund 80 % der Bentonitförderung. – Auf fünf Länder entfielen 62 % der Produktion: China (26 %), USA (17 %), Indien (8 %), Türkei (7 %) und Griechenland (5 %).
<p>Preisentwicklung Risikoklasse </p> <p>Die Preisinformationen für Bentonit sind dürftig. Sie werden so eingeschätzt, dass dieser Rohstoff ein eher geringes Preisrisiko aufweist.</p>	<p>Substitutionsmöglichkeiten Risikoklasse </p> <p>Substitutionsmöglichkeiten bestehen teilweise durch Palygorskit, Sepiolith, Halloysit, Kaolinit oder synthetische Chemikalien.</p>
<p>Zukunftsrelevanz Risikoklasse </p> <p>Verwendung als Bohrspülung, in Pharmazie und Diagnostik sowie Elektronik und Logistik.</p>	<p>Politische Risiken Risikoklasse </p> <p>Die Gefahr, dass Bentonit strategisch eingesetzt werden könnte, ist gering.</p>

FELDSPAT

Bedeutung für Bayern: **Niedrig**



Risikoklasse (3er-Skala)

Einsatzfelder:

Keramik- und Glasherstellung;

nachrangig in Glasuren, als Füllstoff, in Seifen und Scheuermitteln

Vorräte und Verbrauch

Risikoklasse



2017 wurden rund 28,2 Mio. Tonnen Feldspat gefördert.

Die Vorräte an Feldspat werden als sehr groß angesehen und werden bei derzeitiger Produktion für mehrere 100 Jahre ausreichen.

Abbauländer und Konzentration

Risikoklasse



- 82 % der Förderung von Feldspat erfolgten 2017 in zehn Ländern.
- Auf fünf Länder entfielen 70 % der Produktion: Türkei (36 %), Italien (12 %), China (12 %), Thailand und Indien (je 5 %).

Preisentwicklung

Risikoklasse



Die Preisinformationen für Feldspat sind dürftig. Sie werden so eingeschätzt, dass dieser Rohstoff ein eher geringes Preisrisiko aufweist.

Substitutionsmöglichkeiten

Risikoklasse



Feldspat kann in einigen Verwendungen durch Soda, Baryt oder feldspatreiche Gesteine ersetzt werden.

Zukunftsrelevanz

Risikoklasse



Verwendung in Glas- und Keramikherstellung.

Politische Risiken

Risikoklasse



Die Gefahr, dass Feldspat strategisch eingesetzt werden könnte, ist eher gering bzw. kaum möglich, da weltweit große Vorkommen vorhanden sind.

FLUORIT

Bedeutung für Bayern: Mittel



Risikoklasse (3er-Skala)

Einsatzfelder:
Flussmittel bei der Stahl- und Gusseisenerzeugung,
Herstellung von Schweißelektroden, Chemieindustrie (Fluorkohlenwasserstoff),
Herstellung von Fritten, Emailen, Glasuren,
optische Anwendungen (Gläser für Linsen und Prismen, Spektroskopie)

<p>Vorräte und Verbrauch Risikoklasse </p> <p>2017 wurden rund 5,8 Mio. Tonnen Fluorit produziert.</p> <p>Vorräte von 310 Mio. Tonnen erlauben eine unveränderte Förderung von Fluorit für weitere rund 50 Jahre.</p>	<p>Abbauländer und Konzentration Risikoklasse </p> <ul style="list-style-type: none"> – Zehn Länder erbrachten rund 97 % der Fluoritförderung. – Auf fünf Länder entfielen rund 89 % der Produktion: China (65 %), Mexiko (13 %), Vietnam (4 %), Südafrika und Spanien (je 3 %).
<p>Preisentwicklung Risikoklasse </p> <p>Ein überdurchschnittlicher Preisanstieg und hohe Preisschwankungen resultieren in einem hohen Preisrisiko.</p> <ul style="list-style-type: none"> – Preis August 2016: 1.550 CNY pro Tonne – Preis August 2019: 3.250 CNY pro Tonne – Anstieg von 110 % 	<p>Substitutionsmöglichkeiten Risikoklasse </p> <ul style="list-style-type: none"> – Fluorit kann in seiner Verwendung als Hüttenspat bedingt durch Borate, Kalk- und Dolomitstein, Bauxit, Olivin, Serpentin, Mangan-Erze, Eisen/Mangan-Erze, Titanerze oder Soda ersetzt werden. – Als Keramikspat ist Substitution teilweise durch synthetisches Kryolith möglich.
<p>Zukunftsrelevanz Risikoklasse </p> <ul style="list-style-type: none"> – Breiter Einsatz bedingt hohe Zukunftsrelevanz, wenn auch selten kritisch für Hochtechnologien. – Einsatz in Aluminiumherstellung und Pharmazeutika. 	<p>Politische Risiken Risikoklasse </p> <p>Über die Hälfte der Weltproduktion kommt aus China.</p>

GIPS UND ANHYDRIT



Risikoklasse (3er-Skala)

Bedeutung für Bayern: Mittel
(häufig verwendete Baustoffe)

Einsatzfelder:

vielseitig, u. a. als Bauelemente, Bindemittel für Innenausbau und Tiefbau, Abbindeverzögerer bei Zement, verfahrenstechnisches Hilfsmittel, Entsorgungshilfsstoff, Spezialgipse, Füll- und Trägerstoffe, Düngemittel, Schmierrohstoff

Vorräte und Verbrauch

Risikoklasse



2017 wurden rund 270 Mio. Tonnen Gips und Anhydrit produziert.

Die Vorräte an Gips und Anhydrit werden als sehr groß angesehen und werden bei derzeitiger Produktion für mehrere 100 Jahre ausreichen.

Abbauländer und Konzentration

Risikoklasse



- Zehn Länder erbrachten rund 82 % der Produktion von Gips und Anhydrit.
- Auf fünf Länder entfielen 68 % der Produktion: China (48 %), USA und Iran (je 6 %) sowie Irak und Türkei (je 4 %).

Preisentwicklung

Risikoklasse



Die Datenlage ist intransparent. Aufgrund von Expertenschätzungen wird Gips und Anhydrit aber in eine niedrige Risikoklasse eingestuft.

Substitutionsmöglichkeiten

Risikoklasse



- In einigen Verwendungen kann alternativ synthetischer Gips aus Rauchgasentschwefelungsanlagen (REA-Gips) eingesetzt 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



- Technologisch eher geringe Bedeutung.
- Verwendung in Bauindustrie und als Düngemittel bedeutsam für zukünftiges Wachstum weltweit.

Politische Risiken

Risikoklasse



- Gips und Anhydrit weisen ein breites Vorkommen auf und zählen zu den größten Sekundärrohstoffen.
- Daher ist von politischer Seite keine Gefahr zu erwarten.

GLIMMER



Risikoklasse (3er-Skala)

Bedeutung für Bayern: Mittel
(Baustoff und Verwendung in Keramikfertigung)

Einsatzfelder:

Farb- und Putzzusatz, Füllstoff (Papier, Kunststoff, Gummi, Spachtelmasse), Schalldämmstoffe, Kosmetikartikel, Keramik, Isoliermaterial (Elektronik), Feuerlöschpulver, Korrosionsschutzgrundierung, Bohrspülung, Entsorgungshilfsstoff, Spezialgipse, Füll- und Trägerstoffe, Düngemittel, Schmierrohstoff

Vorräte und Verbrauch

Risikoklasse



2017 wurden rund 228.000 Tonnen Glimmer abgebaut.

Die Vorräte an Glimmer werden als sehr groß angesehen und werden bei derzeitiger Produktion für mehrere 100 Jahre ausreichen.

Abbauländer und Konzentration

Risikoklasse



- Zehn Länder verantworteten rund 94 % der Produktion von Glimmer.
- Auf fünf Länder entfielen 70 % der Produktion: Brasilien (20 %), Madagaskar (15 %), USA (14 %), China (11 %) und Kanada (10 %).

Preisentwicklung

Risikoklasse



Die Datenlage ist intransparent. Aufgrund von Expertenschätzungen wird Glimmer aber in eine niedrige Risikoklasse eingestuft.

Substitutionsmöglichkeiten

Risikoklasse



Abhängig vom Einsatzgebiet bestehen vielseitige Substitutionsmöglichkeiten:

- In elektronischen Anwendungen kann synthetischer Glimmer eingesetzt werden.
- Als Füllstoff ist die Substitution durch Aluminiumtrihydrat (ATH), Baryt, Calciumcarbonat, Diatomit, Feldspat, Kaolin, Nephelinsyenit, Perlit, Talk, Quarz-/ Cristobalitmehle, Wollastonit möglich.
- Als Schmierstoff können u. a. Graphit oder Lithiumfette eingesetzt werden.

Zukunftsrelevanz

Risikoklasse



- Verwendung in diversen, auch zukünftig stark nachgefragten Produkten wie Kosmetik, Keramik oder als Isoliermaterial.

Politische Risiken

Risikoklasse



Die Gefahr, dass Glimmer strategisch eingesetzt werden könnte, ist eher gering bzw. kaum möglich, da weltweit große Vorkommen vorhanden sind.

GRAPHIT



Bedeutung für Bayern: Hoch
(Einsatz in Batterien und Brennstoffzellen)

Einsatzfelder:
Herstellung von Batterien und Brennstoffzellen,
Schmelztiegeln und Feuerfestprodukten,
Reibbelägen und Kohlebürsten, Kunststoffen, Bleistiften,
für Graphitdispersionen und in der Pulvermetallurgie

<p>Vorräte und Verbrauch Risikoklasse </p> <p>2017 wurden rund 1,2 Mio. Tonnen Graphit abgebaut.</p> <p>Die Vorräte an Graphit werden auf rund 300 Mio. Tonnen veranschlagt. Bei unveränderter Produktion reichen sie für mehr als 200 Jahre aus.</p>	<p>Abbauländer und Konzentration Risikoklasse </p> <ul style="list-style-type: none"> – 98 % des Graphitabbaus waren auf zehn Länder verteilt. – 92 % der Produktion entfielen auf fünf Länder: China (77 %), Brasilien (7 %), Indien und Kanada (je 3 %) sowie Russland (2 %).
<p>Preisentwicklung Risikoklasse </p> <p>Der Preise gingen zwar zurück, allerdings waren die Preisschwankungen etwa so ausgeprägt wie im Durchschnitt der Rohstoffe.</p> <ul style="list-style-type: none"> – Preis August 2016: 605 US-Dollar pro Tonne – Preis August 2019: 526 US-Dollar pro Tonne – Rückgang von 13 % 	<p>Substitutionsmöglichkeiten Risikoklasse </p> <ul style="list-style-type: none"> – In den meisten Verwendungen ist Graphit schwer zu ersetzen. – Bedingte Substitutionsmöglichkeiten liegen in der Verwendung von synthetischem Graphit, Molybdändisulfid, Talk oder Lithium (bei Batterien).
<p>Zukunftsrelevanz Risikoklasse </p> <ul style="list-style-type: none"> – Graphit ist sehr vielfältig einsetzbar und daher ein Grundstoff vieler Zukunftstechnologien. – Wichtiger Bestandteil von Lithium-Ionen-Batterien. 	<p>Politische Risiken Risikoklasse </p> <ul style="list-style-type: none"> – China und Indien stellen über 80 % der Weltproduktion her. – Beide Länder setzen Rohstoffe bereits strategisch ein.

KALISALZ

Bedeutung für Bayern: Mittel



Risikoklasse (3er-Skala)

Einsatzfelder:

Düngemittel, Industriechemikalie,
Herstellung von Kalium und seinen Verbindungen

Vorräte und Verbrauch

Risikoklasse

2017 wurden rund 41,7 Mio. Tonnen Kalisalz produziert.

Bei Vorräten von rund 5,8 Mrd. Tonnen ist eine unveränderte Produktion für weitere rund 140 Jahre gesichert.

Abbauländer und Konzentration

Risikoklasse

- In zehn Ländern konzentrierten sich 98 % der Gewinnung von Kalisalz.
- 83 % der Produktion entfielen auf fünf Länder: Kanada (29 %), Weißrussland (17 %), Russland (16 %), China (14 %) und Deutschland (7 %).
- Die Unternehmenskonzentration lässt sich nicht exakt bestimmen. In jedem der großen Förderländer dominiert aber jeweils ein heimisches Unternehmen die Produktion.

Preisentwicklung

Risikoklasse

Der Preis für Kalisalz ist im Dreijahresvergleich etwa im Durchschnitt der anderen Rohstoffe gewachsen. Die Preisschwankungen sind aber geringer.

- Preis August 2016: 207 US-Dollar pro Tonne
- Preis August 2019: 266 US-Dollar pro Tonne
- Anstieg von 29 %

Substitutionsmöglichkeiten

Risikoklasse

Kalisalz kann nicht durch andere Stoffe ersetzt werden.

Zukunftsrelevanz

Risikoklasse

- Kalisalz wird vorwiegend als Düngemittel eingesetzt. Technologien spielt der Rohstoff eine untergeordnete wichtige Rolle.
- Gleichwohl hohe Bedeutung bei einer zunehmenden Intensivierung der Landwirtschaft und wachsender Weltbevölkerung.

Politische Risiken

Risikoklasse

- Bedeutung für Düngemittel erhöht Gefahr eines strategischen Einsatzes.
- Reichhaltige, weltweit gestreute Vorkommen verringern Risiko.
- In Deutschland ist Kalisalz einer der wenigen in großen Mengen vorhandenen Rohstoffe.

KAOLIN

Bedeutung für Bayern: Mittel



Risikoklasse (3er-Skala)

Einsatzfelder:
Beschichtung von Papier, Nutzung als Keramikrohstoff,
Füllstoff, Extender, Adsorptionsmittel;
zur Synthese von Aluminium und in der Herstellung von Spezialzementen

<p>Vorräte und Verbrauch</p> <p>Risikoklasse </p> <p>2017 wurden rund 25,1 Mio. Tonnen Kaolin gewonnen.</p> <p>Die Vorräte sind als nahezu unbegrenzt anzusehen.</p>	<p>Abbauländer und Konzentration</p> <p>Risikoklasse </p> <ul style="list-style-type: none"> – 76 % der Produktion von Kaolin wurden in zehn Ländern erbracht. – Auf fünf Länder konzentrierten sich 56 % der Produktion: USA (22 %), China (13 %), Ukraine (9 %), Brasilien (7 %) und die Türkei (5 %).
<p>Preisentwicklung</p> <p>Risikoklasse </p> <p>Der Preisrückgang und unterdurchschnittliche Preisschwankungen führen zu einem geringen Preisrisiko bei Kaolin.</p> <ul style="list-style-type: none"> – Preis August 2016: 193 US-Dollar pro Tonne – Preis August 2019: 170 US-Dollar pro Tonne – Rückgang von 12 % 	<p>Substitutionsmöglichkeiten</p> <p>Risikoklasse </p> <p>In einigen Verwendungen kann Kaolin unter anderem durch Talk, Baryt, Kalkstein, Diatomit, Glimmer, Zeolithe oder Pyrophyllit ersetzt werden.</p>
<p>Zukunftsrelevanz</p> <p>Risikoklasse </p> <p>Für Zukunftstechnologien spielt Kaolin voraussichtlich keine große Rolle. Breite Verwendung sorgt aber für langfristige Nutzung.</p>	<p>Politische Risiken</p> <p>Risikoklasse </p> <p>Aufgrund der weltweiten Vorkommen kann Kaolin kaum als politisches Instrument eingesetzt werden.</p>

PHOPHATE

Bedeutung für Bayern: Mittel



Risikoklasse (3er-Skala)

Einsatzfelder:

Herstellung von Düngemittel und Phosphorsäure

Vorräte und Verbrauch

Risikoklasse

2017 wurden rund 252,9 Mio. Tonnen Phosphate gewonnen.

Die Vorräte werden auf rund 70 Mrd. Tonnen geschätzt, so dass eine unveränderte Produktion von fast 300 Jahren gesichert ist.

Abbauländer und Konzentration

Risikoklasse

- Phosphate werden zu 92 % der weltweiten Produktion in zehn Ländern gewonnen.
- Auf fünf Länder konzentrierten sich rund 81 % der Produktion: China (49 %), Marokko (13 %), USA (11 %), Russland (5 %) und Jordanien (4 %).

Preisentwicklung

Risikoklasse

Der Preisrückgang und unterdurchschnittliche Preisschwankungen führen zu einem geringen Preisrisiko bei Phosphaten.

- Preis August 2016: 110 US-Dollar pro Tonne
- Preis August 2019: 78 US-Dollar pro Tonne
- Rückgang von 29 %

Substitutionsmöglichkeiten

Risikoklasse

Phosphate können nicht durch andere Stoffe substituiert werden.

Zukunftsrelevanz

Risikoklasse

Eher hoch, da der Rohstoff essenziell für die Nahrungsmittelproduktion (bei einer wachsenden Weltbevölkerung) und nicht substituierbar ist.

Politische Risiken

Risikoklasse

Wesentliche Reserven liegen in Nordafrika und China.

QUARZSAND

Bedeutung für Bayern: Mittel



Risikoklasse (3er-Skala)

Einsatzfelder:
Formmedium in der Glasindustrie und in Gießereien,
Herstellung von Keramik und Glasfasern

Vorräte und Verbrauch

Risikoklasse

Die jährliche Produktion von Quarzsanden beläuft sich je nach Quelle auf rund 200 bis 300 Mio. Tonnen.

Die Vorräte sind als nahezu unbegrenzt anzusehen.

Abbauländer und Konzentration

Risikoklasse

- Mehr als 80 % der Quarzsandproduktion wurde 2017 in zehn Ländern erbracht.
- Zu den größten Produzenten zählen die USA, Italien, Malaysia, Frankreich, die Türkei, Indien, Deutschland und Spanien.

Preisentwicklung

Risikoklasse

Die Datenlage ist intransparent. Aufgrund von Expertenschätzungen wird Quarzsand aber in eine niedrige Risikoklasse eingestuft.

Substitutionsmöglichkeiten

Risikoklasse

Eine Substitution ist in der Glasherstellung nicht, in den anderen Verwendungszwecken aber leicht möglich.

Zukunftsrelevanz

Risikoklasse

Zukunftsrelevanz erklärt sich aus der Herstellung von Glasfasern und spezifische Glasformen für die Photovoltaik.

Politische Risiken

Risikoklasse

Aufgrund der fast ubiquitären Verfügbarkeit sind keine politischen Risiken erkennbar.

SCHWEFEL

Bedeutung für Bayern: Mittel



Risikoklasse (3er-Skala)

Einsatzfelder:

chemische und pharmazeutische Industrie,

Grundstoff für Schwefelsäure, Farbstoffe, Insektizide und Kunstdünger

Vorräte und Verbrauch

Risikoklasse

Im Jahr 2016 wurden rund 37,5 Mio. Tonnen Schwefel gewonnen.

Die Vorräte sind als nahezu unbegrenzt anzusehen. Neben natürlichem Schwefel wird Schwefel auch in erheblichem Maße als Abfallprodukt aus Industrieprozessen gewonnen.

Abbauländer und Konzentration

Risikoklasse

- Rund drei Viertel der Schwefelproduktion fallen in zehn Ländern an.
- Fünf Länder erzeugten knapp die Hälfte des Schwefels: USA (13 %), China (12 %), Russland (9 %), Kanada und die Vereinigten Arabischen Emirate (je 7 %).

Preisentwicklung

Risikoklasse

Die Datenlage ist intransparent. Aufgrund von Expertenschätzungen wird Schwefel aber in eine niedrige Risikoklasse eingestuft.

Substitutionsmöglichkeiten

Risikoklasse

Eine Substitution ist nicht möglich.

Zukunftsrelevanz

Risikoklasse

Schwefel kann als Legierungselement für Stahl genutzt werden. Insgesamt ist die zukünftige Bedeutung aber eher durchschnittlich einzustufen.

Politische Risiken

Risikoklasse

Politische Risiken sind nicht erkennbar.

STEINSALZ



Risikoklasse (3er-Skala)

Bedeutung für Bayern: Niedrig

Einsatzfelder:
Industrie zur Gewinnung von Chlor und Natrium
sowie als Speisesalz

Vorräte und Verbrauch

Risikoklasse



Im Jahr 2016 wurden 275 Mio. Tonnen Salz (auch Meersalz) gewonnen.

Die Vorräte sind als unbegrenzt anzusehen.

Abbauländer und Konzentration

Risikoklasse



- Rund drei Viertel der Salzproduktion fielen in zehn Ländern an.
- Fünf Länder erzeugten fast 60 % des Salzes: China (24 %), USA (15 %), Indien (9 %), Kanada und Deutschland (je 5 %).

Preisentwicklung

Risikoklasse



Die Datenlage ist intransparent. Aufgrund von Expertenschätzungen wird Salz aber in eine niedrige Risikoklasse eingestuft.

Substitutionsmöglichkeiten

Risikoklasse



Eine Substitution von Salz ist nicht möglich. Steinsalz lässt sich aber durch Meersalz ersetzen.

Zukunftsrelevanz

Risikoklasse



Technologisch untergeordnete Rolle, aber mittlere Bedeutung bei wachsender Weltbevölkerung.

Politische Risiken

Risikoklasse



Aufgrund der reichen und weit verbreiteten Vorkommen sind keine politischen Risiken erkennbar.

ZEMENT

Bedeutung für Bayern: Mittel



Risikoklasse (3er-Skala)

Einsatzfelder:

Infrastrukturprojekte, Bau;

die regionale Zementproduktion spiegelt vor allem die jeweilige Bautätigkeit wider

Vorräte und Verbrauch

Risikoklasse



In den Jahren 2017 und 2018 wurden jeweils rund 4,1 Mrd. Tonnen Zement produziert.

Die Vorräte sind als nahezu unbegrenzt anzusehen.

Abbauländer und Konzentration

Risikoklasse



- Fast 80 % der Zementproduktion erfolgten in zehn Ländern.
- In fünf Ländern wurden rund 70 % des Zements weltweit produziert: China (58 %), Indien (7 %) sowie in den USA, in der Türkei und in Vietnam (je 2 %).

Preisentwicklung

Risikoklasse



Die internationale Datenlage ist intransparent. Aufgrund von Expertenschätzungen wird Zement aber in eine niedrige Risikoklasse eingestuft. Der Erzeugerpreisindex in Deutschland zeigt ein niedriges und stetiges Wachstum der Preise in den letzten drei Jahren an.

Substitutionsmöglichkeiten

Risikoklasse



- Eine vollständige Substitution von Zement ist in der Herstellung von Beton, Mörtel, Putz oder Stuck nur schlecht möglich.
- Diese Materialien konkurrieren im Bausektor aber mit anderen Werkstoffen wie Aluminium, Asphalt, Ziegelsteinen, Glasfasern, Stein, Gips, Stahl oder Holz.
- Flugasche und Hochofenschlacken können Zement in der Herstellung von Beton teilweise ergänzen.

Zukunftsrelevanz

Risikoklasse



- Zement wird für Zukunftstechnologien eine untergeordnete Rolle spielen.
- Weiterhin zunehmende Bautätigkeit bei steigender Weltbevölkerung deutet aber auf einen zunehmenden Zementverbrauch hin.

Politische Risiken

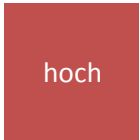
Risikoklasse



Aufgrund der reichen und weit verbreiteten Vorkommen sind keine politischen Risiken erkennbar.

SELTENERDMETALLE (SCANDIUM, YTTRIUM, NEODYM)

Bedeutung für Bayern: Hoch
(Hohe Bedeutung in Hightech-Branchen)



Risikoklasse (3er-Skala)

Einsatzfelder:

Katalysatoren, Leuchtstoffe, Lasertechnik,
Elektromotoren und -generatoren (Mobilität, IKT, erneuerbare Energien)

Vorräte und Verbrauch

Risikoklasse



2018 wurden rund 168.000 Tonnen Seltene Erden gewonnen.

Die Vorräte an Seltenen Erden insgesamt werden auf 120 Mio. Tonnen geschätzt. Die Produktion wäre demnach für mehrere 100 Jahre gesichert. Dies gilt jedoch nicht für jedes einzelne Element. Wegen der geringen Konzentration werden einige Elemente nur als Nebenprodukt gewonnen.

Abbauländer und Konzentration

Risikoklasse



- Die gesamte Produktion konzentrierte sich auf rund zehn Länder.
- In fünf Ländern wurden 97 % der Seltenerdmetalle gewonnen: China (71 %), Australien (12 %), USA (9 %), Myanmar (3 %) und Russland (2 %).

Preisentwicklung

Risikoklasse



Die Preisrisiken waren in den letzten drei Jahren geringer, Preissteigerungen und -schwankungen niedrig. Die hohen politischen Risiken können hier aber zu abrupten Änderungen führen.

- Preise August 2016:
9.750 CNY/kg (Scandium), 35 US-Dollar/kg (Yttrium), 315 CNY/kg (Neodym)
- Preise August 2019:
7.210 CNY/kg (Scandium), 31 US-Dollar/kg (Yttrium), 389 CNY/kg (Neodym)
- Veränderung: –26 % bis +21%

Substitutionsmöglichkeiten

Risikoklasse



Ohne Leistungseinbußen ist eine Substitution von Seltenerdmetallen derzeit für viele Anwendungen nicht absehbar.

Zukunftsrelevanz

Risikoklasse



Seltenerdmetalle werden für moderne und effiziente Leuchtmittel, für neue Antriebskonzepte (Hybrid- und Elektrofahrzeuge) und verschiedene elektronische Anwendungen benötigt.

Politische Risiken

Risikoklasse



- Die hohe Konzentration in China stellt ein hohes Risiko strategischer Handelspolitik dar.
- Zunehmende Handelskonflikte erhöhen das Risiko erheblich.

SPEZIALMETALLE (INDIUM, GERMANIUM, GALLIUM, SELEN)

Bedeutung für Bayern: Hoch
(Hohe Bedeutung in Hightech-Branchen)



Risikoklasse (3er-Skala)

Einsatzfelder:

notwendige Kleinstmengen etwa für die Herstellung von
Leuchtdioden, Solarzellen oder Halbleitern

Vorräte und Verbrauch

Risikoklasse



2018 wurden insgesamt rund 4.800 Tonnen der Spezialmetalle gewonnen.

Die Vorräte an Spezialmetallen unterscheiden sich stark. Sie werden als Beimischungen anderer Rohstoffe (z. B. Bauxit, Blei, Kupfer, Zink) gewonnen. Die Konzentrationen sind oft sehr gering, sodass Knappheitssignale aus Preisen kaum Auswirkungen auf die Produktionsmengen haben.

Abbauländer und Konzentration

Risikoklasse



- Die gesamte Produktion konzentrierte sich bei Gallium, Germanium und Indium jeweils auf weniger als zehn Länder, bei Selen auf unter 20 Länder.
- Bei Gallium, Germanium und Indium kommt China jeweils auf Anteile von über 60 %. Selen wird zu über 40 % in Japan und Deutschland raffiniert.

Preisentwicklung

Risikoklasse



Die Preisrisiken sind vor allem wegen hoher Volatilität groß. Die Preisentwicklung im Drei-Jahresvergleich hingegen unterdurchschnittlich.

- Preise August 2016 (in US-Dollar/kg):
234 (In), 1.100 (Ge), 154 (Ga), 9 (Se)
- Preise August 2019 (in US-Dollar/kg):
167 (In), 1.145 (Ge), 156 (Ga), 9 (Se)
- Veränderung: –29 % bis +4 %

Substitutionsmöglichkeiten

Risikoklasse



Spezialmetalle können nach heutigem Kenntnisstand aufgrund ihrer meist sehr spezifischen Verwendung zum Großteil nicht substituiert werden.

Zukunftsrelevanz

Risikoklasse



Spezialmetalle werden für moderne und effiziente Leuchtmittel, für Solarzellen und in der Computer- und Elektrotechnik (Halbleiter) verwendet.

Politische Risiken

Risikoklasse



- Die hohe Konzentration in China stellt ein großes Risiko strategischer Handelspolitik dar.
- Zunehmende Handelskonflikte erhöhen das Risiko erheblich.

Ansprechpartner / Impressum

Dr. Peter Pfleger

Abteilung Wirtschaftspolitik

Telefon 089-551 78-253

Telefax 089-551 78-249

peter.pfleger@vbw-bayern.de

Impressum

Alle Angaben dieser Publikation beziehen sich ohne jede Diskriminierungsabsicht grundsätzlich auf alle Geschlechter.

Herausgeber

vbw

Vereinigung der Bayerischen
Wirtschaft e. V.

Max-Joseph-Straße 5
80333 München

www.vbw-bayern.de

© vbw Oktober 2019

Weiterer Beteiligter

Institut der deutschen Wirtschaft
Köln Consult GmbH

Cornelius Bähr
Agnes Ricci

0221 4981-797
baehr@iwkoeln.de