

Rohstoffe und Ressourcen

Rohstoffsituation der bayerischen Wirtschaft

vbw

Studie

Stand: Dezember 2020

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

Die bayerische Wirtschaft



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. Sie werden insbesondere bei Zukunftstechnologien, beispielsweise für Energiespeicher, Beleuchtungssysteme oder in der Informationstechnologie eingesetzt. Ein Versorgungsengpass bei diesen Rohstoffen kann ganze Wertschöpfungsketten lahmlegen und damit enormen Schaden verursachen.

Die vorliegende aktualisierte Version unserer Studie analysiert den Status quo. Sie illustriert an den Fallbeispielen Elektromobilität und Smartphone, welche Verschiebungen sich im Zuge des technologischen Wandels ergeben können und nennt entscheidende Weichenstellungen für eine sichere Rohstoffversorgung. Dabei wird auch auf das Thema Recycling verstärkt eingegangen.

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 Unternehmen stoßen hier jedoch häufig an ihre 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 sowie zu Substitutionsmöglichkeiten gefördert und in Zusammenarbeit mit der Wirtschaft zukunftsfeste Recyclingkonzepte entwickelt werden.

Bertram Brossardt
02. Dezember 2020

Inhalt

1	Wesentliche Ergebnisse	1
2	Die Rohstoffbasis der deutschen Wirtschaft in der Diskussion	3
3	Rohstoffe – Bedeutung und Risiken	5
3.1	Globales Wirtschaftswachstum erhöht Rohstoffnachfrage und -preise	6
3.2	Konjunktur- und Rohstoffzyklen führen zu Preisschwankungen	6
3.3	Die Rohstoffverfügbarkeit ist begrenzt	7
3.4	Steigende Grenzkosten des Rohstoffabbaus	8
3.5	Recycling als Antwort auf begrenzte Rohstoffvorkommen	9
3.6	Rohstoffvorkommen befinden sich häufig in Risikoländern	9
3.7	Rohstoffe sind Instrumente strategischer Industriepolitik	11
3.8	Preis- und Lieferkonditionen hängen von der Marktmacht einzelner Unternehmen ab	11
3.9	Große Bedeutung der Rohstoffe für Zukunftstechnologien	12
3.10	Substituierbarkeit von Rohstoffen nur begrenzt möglich	12
4	Ergebnisse des Rohstoff-Risiko-Index	13
4.1	Rote Gruppe	14
4.2	Orangefarbene Gruppe	19
4.3	Grüne Gruppe	22
5	Fallstudien	25
5.1	Elektromobilität	25
5.1.1	Markthochlauf der Elektromobilität	25
5.1.2	Rohstoffe in der Elektromobilität	26
5.1.3	Szenarien zum Rohstoffbedarf der Elektromobilität	29
5.1.4	Bewertung der Rohstoffsituation	33
5.1.5	Handlungsmöglichkeiten zur Sicherung der Rohstoffversorgung	36
5.2	Potenziale des Recyclings: das Beispiel der Smartphones	37

5.2.1	Die Wertschöpfungskette des Smartphones	37
5.2.2	Rohstoffe im Smartphone	39
5.2.3	Gewinnung und Weiterverwendung der Sekundärrohstoffe	42
5.2.4	Herausforderungen des Recyclings bei Smartphones	46
5.2.5	Handlungsmöglichkeiten zur Verbesserung des Recyclings	48
6	Politische Initiativen der Rohstoffpolitik	49
6.1	Die Rohstoffstrategie der Bundesregierung	49
6.1.1	Rohstoffquellen	50
6.1.2	Rohstoff- und Ressourceneffizienz	52
6.1.3	Nachhaltigkeit und Transparenz im Rohstoffbereich	53
6.1.4	Internationale Zusammenarbeit	54
6.2	Die Rohstoffstrategie der Europäischen Union	54
7	Fazit und Handlungsempfehlungen	56
7.1	Unternehmensebene	57
7.2	Interaktive Ebene	58
7.3	Staatliche Ebene	59
	Literaturverzeichnis	62
	Abbildungsverzeichnis	65
	Tabellenverzeichnis	66
	Anhang – Aufbau des Rohstoff-Risiko-Index	67
	Anhang – Rohstoff-Steckbriefe	71
	Ansprechpartner/Impressum	113

1 Wesentliche Ergebnisse

Die gesicherte Rohstoffversorgung der Industrie ist eine Herausforderung mit vielen Dimensionen

Rohstoffe bilden die Grundlage der industriellen Wertschöpfung. Die Produktion aller Güter lässt sich letzten Endes auf den Einsatz von Rohstoffen am Anfang der Wertschöpfungskette zurückführen. Auch für Unternehmen, die selbst nicht direkt Rohstoffe einsetzen, besteht so dennoch eine Abhängigkeit von der Rohstoffverfügbarkeit. Selbst die Erbringung vieler Dienstleistungen ist ohne Rohstoffeinsatz nicht denkbar – sei es, weil es sich um produktbegleitende Dienstleistungen handelt oder weil die Erstellung der Dienstleistung auf dem Einsatz von Infrastruktur beruht.

Vielschichtige Risiken der Rohstoffversorgung

Die Rohstoffversorgung in rohstoffarmen Industrieländern ist einer Reihe von Risiken ausgesetzt. Die Rohstoffproduktion ist in vielen Fällen stark auf Länder konzentriert, die politisch und wirtschaftlich instabil sind. Das globale Wirtschaftswachstum erhöht nach wie vor die globale Rohstoffnachfrage und lässt auch die Preise steigen. Konjunktur- und Rohstoffzyklen sorgen für zusätzliche Preisrisiken. In der Corona-Krise führten Angebotsbeschränkungen trotz nachlassender Nachfrage zu steigenden Preisen.

Die Entwicklung und Marktdurchdringung neuer Technologien sorgt in manchen Fällen für einen drastischen Anstieg der Nachfrage nach einzelnen Rohstoffen, die nur bedingt durch andere Rohstoffe substituiert werden können. Die Importabhängigkeit ist bei Primärrohstoffen in Europa, Deutschland und Bayern weiterhin hoch. Die teilweise Entkopplung des Wirtschaftswachstums in Europa vom Primärrohstoffeinsatz durch Recycling und eine erhöhte Rohstoffeffizienz helfen hier bislang nur begrenzt.

Ergebnisse des Rohstoff-Risiko-Index

Mit dem Rohstoff-Risiko-Index werden die verschiedenen Dimensionen des Versorgungsrisikos bei Rohstoffen messbar und vergleichbar gemacht. Die für die Entwicklung der Elektromobilität benötigten Batterierohstoffe Kobalt, Lithium und Graphit gehören wie in den vergangenen Jahren zu den Rohstoffen mit einer besonders kritischen Risikobewertung. Kobalt ist wie im Vorjahr der riskanteste Rohstoff im Index, die Risikobewertung für Lithium und Graphit hat zugenommen. Die Seltenen Erden mit ihrer Bedeutung für die Elektromobilität und die Energiewende zählen weiter zu den Rohstoffen mit hohem Risiko. Auch hier lässt sich eine Risikozunahme gegenüber dem vorigen Jahr feststellen. Unverändert hoch ist die Risikoeinschätzung für Rohstoffe mit hoher Bedeutung für die Elektronik und die IKT-Infrastruktur wie Tantal, Niob oder Gallium.

Ergebnisse der Fallstudien zu Elektromobilität und Recycling

Die Fallstudie zur Elektromobilität zeigt, dass der zukünftige Bedarf an Rohstoffen in diesem Bereich die heutigen Fördermengen vor allem bei Kobalt und Lithium weit übersteigt.

Wesentliche Ergebnisse

Zusätzliche Investitionen in die weltweite Förderung sind hier notwendig. Das Recycling von genutzten Batterien wird wegen der relativ langen Lebensdauer der Fahrzeugbatterien erst nach dem Markthochlauf etwa ab dem Jahr 2030 einen nennenswerten Beitrag zur Rohstoffversorgung liefern können.

Die laufende Forschung und Entwicklung zielt auf eine Erhöhung der Leistungsdichte der Batterien und auf die Verringerung der Verwendung des besonders kritischen Kobalts. Beide Entwicklungen würden die Rohstoffrisiken verringern.

Die Verbesserung der Standards bei der Rohstoffförderung in den Abbauländern, die Diversifikation des Rohstoffbezugs und die Erschließung heimischer Rohstoffquellen etwa bei Lithium stellen hier Handlungsoptionen zur Verbesserung der Versorgungssituation dar.

Die Herausforderungen beim Recycling werden am Beispiel von Smartphones deutlich. Hemmnisse bestehen in der Sammlung der Altgeräte und in der Trennung der vielen, oft miteinander verbundenen Rohstoffe in den Geräten. Konsumenten beteiligen sich gerade bei kleinen Geräten der Informations- und Telekommunikationstechnik nur in geringem Maße an der Sammlung und Rückgabe von Altgeräten. Schätzungen gehen davon aus, dass in deutschen Haushalten rund 200 Millionen ungenutzte Mobiltelefone vorhanden sind.

Wichtige Rohstoffe, wie die Edelmetalle Gold, Silber und Palladium sowie Kobalt, Zinn und Kupfer können aber über Schmelzverfahren schon heute wiedergewonnen werden.

Die Gewinnung von Sekundärrohstoffen aus dem Recycling von Smartphones kann daher unter anderem durch eine Erhöhung der Sammelquoten und den Einbezug der ungenutzten Altgeräte erhöht werden. Für ein verbessertes Recycling der nur in geringen Mengen enthaltenen Metalle wie Tantal oder Gallium ist die Entwicklung neuer technologischer und ökonomischer Ansätze notwendig.

2 Die Rohstoffbasis der deutschen Wirtschaft in der Diskussion

Technologische Entwicklung und Corona-Krise sind Quellen neuer Unsicherheit

Anspannungen auf den Rohstoffmärkten

Die Rohstoffversorgung der Industrie ist in den letzten Monaten stärker unter Druck geraten. Die Corona-Krise macht sich auch hier bemerkbar und verschärft zugleich Strukturwandelprozesse, die im direkten Zusammenhang mit Rohstofffragen stehen. Gleichzeitig nimmt der Druck auf die Einhaltung ökologischer und sozialer Kriterien in den Wertschöpfungsketten immer weiter zu. Damit ist sowohl die Angebotsseite wie die Nachfrageseite und in der Konsequenz die Preisentwicklung für industrielle Rohstoffnutzer schwieriger geworden.

Angebot

Im Unterschied zur Wirtschafts- und Finanzkrise 2008/2009 trifft die Corona-Wirtschaftskrise auch das Angebot von Rohstoffen. Wertschöpfungsketten wurden infrage gestellt, haben sich aber durchaus als robust erwiesen. Die Sorgen vor angebotsseitigen Restriktionen in der Industrie sind nach dem Beginn des Lockdowns bald wieder zurückgegangen (Bardt / Grömling, 2020). Im internationalen Metallerzabbau und der Erzeugung von metallischen Grundstoffen spielten Corona-bedingte Einschränkungen bei Bergbau und Logistik dennoch eine Rolle, so dass die verfügbaren Angebote auf den Weltmärkten zurückgegangen sind.

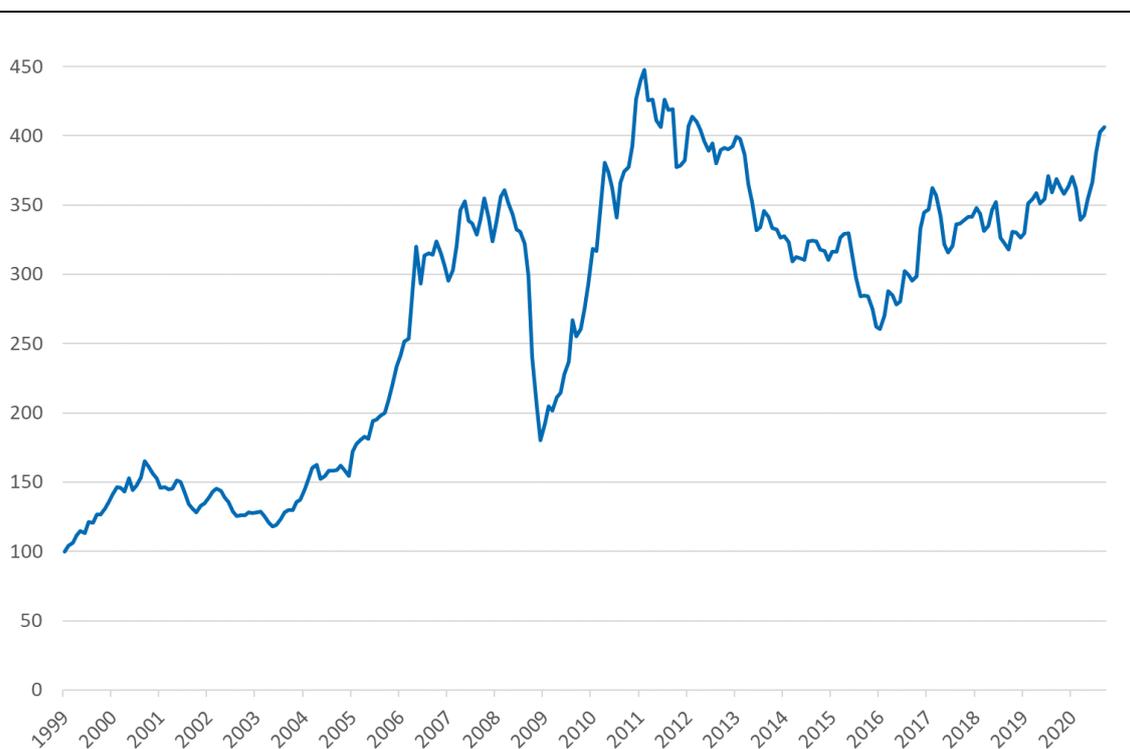
Nachfrage

Die Nachfrage nach Rohstoffen ist stark von der wirtschaftlichen Entwicklung und der Bautätigkeit abhängig. Beides ist international zurückgegangen beziehungsweise infrage gestellt, so dass auch mit geringeren Rohstoffverbräuchen zu rechnen ist. Diese kurzfristige Entspannung wird jedoch durch den beschleunigten Strukturwandel insbesondere in der Automobilindustrie konterkariert. Durch den Drang in Richtung Elektromobilität und damit verbunden zu batteriegestützten Energiespeichern steigt auch die Notwendigkeit, sich schon heute die Bedarfe für zukünftige Batterien zu sichern. Die hohen Unsicherheiten des Markthochlaufs machen diese Sicherung für Unternehmen besonders schwierig, zumal mit Kobalt das risikoreichste Metall zu den Grundstoffen moderner Batterien zählt. Die zunehmenden Ansprüche verschiedener Stakeholder erhöhen die weiteren Ansprüche, die an Vorleistungen bis hin zur Rohstoffebene gestellt werden. Die Nachfrage nach Rohstoffen wird zwar kurzfristig kleiner, bei für wichtige Industrien bedeutenden Rohstoffen sorgt der technologische Strukturwandel jedoch für eine höhere Nachfrage.

Preise

Die Corona-bedingten Angebotsbeschränkungen haben trotz der in der Wirtschaftskrise sinkenden Nachfrage unter dem Strich zu steigenden Metallpreisen geführt. So ist der Industriemetallpreisindex des Instituts der deutschen Wirtschaft im Zeitraum der Corona-Krise bis zum August 2020 um 19 Prozent angestiegen – während der wichtigste Energierohstoff Öl deutlich günstiger geworden ist. Die Metallpreisanstiege betreffen sowohl Edelmetalle, die in Krisenzeiten als vermeintlich sichere Anlage angesehen werden, aber auch Basismetalle wie Eisenerz, das im Laufe des Jahres um ebenfalls 19 Prozent angestiegen ist. Das Preisniveau ist damit für europäische Metallverarbeiter so hoch wie seit acht Jahren nicht mehr (Abbildung 1) – trotz der deutlichen Aufwertung des Euro gegenüber dem Dollar, die eine weitere Belastung der Importe verhinderte.

Abbildung 1
 Industriemetallpreisindex



Quelle: Bardt, 2011, Datenstand Oktober 2020

3 Rohstoffe – Bedeutung und Risiken

Rohstoffe bilden die Grundlage der Produktion. Die Rohstoffversorgung ist einer Vielzahl von Risiken ausgesetzt

Rohstoffe bilden die Basis jeglicher Warenproduktion. Sie sind der Ausgangspunkt der Produktion und wandern in verschiedenen Schritten als Zwischenprodukte entlang der Wertschöpfungskette in die Endprodukte. Damit sind auch Hersteller von Endprodukten, die nie direkt mit Rohstoffen in Berührung kommen, indirekt von einer sicheren Rohstoffversorgung abhängig. Dies gilt unabhängig davon, wo die Rohstoffe abgebaut oder zuerst verarbeitet werden. Auch Dienstleistungen benötigen Rohstoffe, wenn sie als produktbegleitende Dienstleistungen erbracht werden oder Infrastruktur in Anspruch nehmen.

Der gesellschaftliche Wohlstand in Deutschland wird auch weiterhin stark von der industriellen Fertigung und deren direkten und indirekten Beiträgen zu Wertschöpfung und Beschäftigung getragen. Die industrielle Wertschöpfung ist stark arbeitsteilig organisiert. Die Förderung der Rohstoffe, deren Aufbereitung, und die Verarbeitung zu Zwischen- und Endprodukten erfolgen in vielen verschiedenen, miteinander vernetzten Unternehmen. Die Organisation der Wertschöpfungsketten folgt den ökonomischen Prinzipien von Arbeitsteilung und Spezialisierung. Mit ihnen entstehen Effizienz- und Wohlfahrtsgewinne. Für die internationale Organisation von Wertschöpfungsketten ist ein freier Handel eine wichtige Voraussetzung.

In Hinblick auf die Rohstoffe besteht eine ungleiche Verteilung der Risiken entlang der Wertschöpfungskette. In den Abbauländern sind dies die Inanspruchnahme der natürlichen Ressourcen, die ökologischen Risiken des Rohstoffabbaus und die Risiken der Abnahme der Rohstoffe. Zudem ist in vielen rohstoffproduzierenden Ländern die Einhaltung von Sozial- und Umweltstandards staatlicherseits nicht vollständig gewährleistet. In den Industrieländern, in denen die Rohstoffe zum großen Teil weiterverarbeitet werden, liegen hingegen die Versorgungsrisiken. Dazu zählen auch Preisrisiken.

Falls die Marktposition bei einzelnen Rohstoffen stark ist, können die rohstoffproduzierenden Länder mit Handelsbeschränkungen Druck auf die Abnehmer erzeugen, um beispielsweise höhere Preise durchzusetzen. Für die Abnehmerländer besteht die Möglichkeit durch eine stärkere Diversifizierung der Lieferanten und die Erhöhung der Wiederverwendung das Versorgungsrisiko in dieser Dimension zu vermindern. Der Trend, Lieferketten stärker an deren Nachhaltigkeit zu messen, birgt ein Reputationsrisiko für die Abnehmer, kann aber dazu beitragen, Produktionsbedingungen in den Abbauländern zu verbessern.

Daraus ergeben sich unterschiedliche Dimensionen des Versorgungsrisikos mit Rohstoffen, die im Folgenden kurz erläutert werden. Der Rohstoff-Risiko-Index adressiert diese Dimensionen durch die Berücksichtigung, Aggregation und Gewichtung einzelner Determinanten für Rohstoffangebot und -nachfrage. Für jeden Rohstoff ergibt sich ein eigener Risikomix.

3.1 Globales Wirtschaftswachstum erhöht Rohstoffnachfrage und -preise

Der langfristige Trend des globalen Wirtschaftswachstums wird sich ungeachtet der konjunkturellen Verwerfungen im Zuge der Corona-Krise und der wirtschaftspolitischen Unsicherheiten durch Protektionismus und politische Konflikte fortsetzen. Er wird vor allem von wachsendem Wohlstand und weiterhin steigenden Bevölkerungszahlen in den Schwellenländern getrieben.

Während sich in den entwickelten Volkswirtschaften allmählich eine Entkopplung von Ressourcen- und Energieverbrauch vom Wirtschaftswachstum abzeichnet, ist diese Entwicklung in den Schwellenländern noch nicht zu beobachten. Die persönliche Güterausstattung nimmt dort mit steigendem Wohlstand zu. Zudem wird der Ausbau der Infrastruktur für Gebäude, Verkehr, Wasser und Energie sowie Kommunikation vorangetrieben. Der wachsende Konsum je Einwohner geht mit höherem Ressourceneinsatz einher.

So werden für neue Gebäude und die Verkehrsinfrastruktur Gips und Zement benötigt. Der Ausbau der Verkehrs- und Energieinfrastruktur erhöht die Nachfrage nach Stahl und Kupfer. Die Kommunikationsinfrastruktur beruht auf der Verwendung von Kupfer, Edelmetallen und Seltenen Erden.

In den entwickelten Volkswirtschaften differenziert sich die Rohstoffnachfrage wegen der zunehmenden Verwendung technologisch anspruchsvoller Güter (z. B. IKT-Infrastruktur, 5G) immer mehr aus. Dies führt bei spezifischen Rohstoffen zu einem starken Anstieg der Nachfrage.

Viele moderne Dienstleistungen beruhen auf der zunehmenden Digitalisierung weiterer Lebensbereiche. Eine zunehmende Nutzung solcher Dienstleistungen setzt materielle Investitionen in Rechenzentren, Kommunikationsinfrastruktur und Endgeräte beim Verbraucher voraus, die wiederum die Nachfrage nach Rohstoffen erhöhen.

Die steigende Rohstoffnachfrage führt zu steigenden Rohstoffpreisen, wenn die Entwicklung des Rohstoffangebots der Nachfrageentwicklung nicht standhält. Die Erweiterung des Rohstoffangebots ist kostspielig. Das Angebot an Primärrohstoffen wächst nur bei Investitionen in die Förderung. Zusätzliche Sekundärrohstoffe können nur über zusätzliche Anstrengungen bei Sammlung und Recycling verfügbar gemacht werden.

Im Rohstoff-Risiko-Index wird die Preisentwicklung als Preisveränderung der einzelnen Rohstoffe über die letzten drei Jahre berücksichtigt.

3.2 Konjunktur- und Rohstoffzyklen führen zu Preisschwankungen

Neben den Preissteigerungen sind auch größere Preisschwankungen ein Risiko für die Rohstoffversorgung. Die Preisvolatilität kann bei Rohstoffen größer ausfallen als bei anderen Gütern. Die hohe Kapitalintensität der Rohstoffproduktion führt zu einer langsameren Anpassung der Produktion an die Nachfrage. Mineralische und metallische Rohstoffe sind

zwar nicht verderblich. Hohe Lagerkosten können kurzfristige Preissenkungen aus betriebswirtschaftlicher Sicht aber günstiger machen als eine Anpassung der Produktionsmenge. Die Ausweitung der Produktion ist zeitaufwendig und lohnt nur, wenn langfristig höhere Preise zu erwarten sind. Es werden zwei Mechanismen unterschieden, die zu einer erhöhten Preisvolatilität führen:

- Konjunkturzyklen beeinflussen die Rohstoffpreise, weil sich die konjunkturellen Schwankungen der Rohstoffnachfrage in der Regel schneller entwickeln als das relativ träge Rohstoffangebot reagiert. Daher steigen die Rohstoffpreise, wenn die Rohstoffnachfrage schneller steigt als eine Angebotsausweitung durch neue Investitionen in die Rohstoffförderung möglich ist. Umgekehrt sinken Rohstoffpreise, wenn die Nachfrage sinkt, aber das Angebot nicht ebenso stark zurückgeht.
- Rohstoffzyklen entstehen, wenn beispielsweise durch neue technologische Entwicklungen und Produktinnovationen die Nachfrage nach spezifischen Rohstoffen sprunghaft ansteigt. Der schnelle Nachfrageanstieg kann nicht adäquat durch eine Produktionssteigerung ausgeglichen werden. Die Rohstoffpreise steigen spürbar an. Dies macht die Exploration und Erschließung neuer Förderstätten rentabel. Weil diese Anpassung der Förderung aber eine gewisse Zeit in Anspruch nimmt, gleichen sich Angebot und Nachfrage erst mittelfristig mit dem Effekt sinkender Rohstoffpreise wieder aus.

Auf der Nachfrageseite wird die Preisvolatilität zum Problem, wenn die Unternehmen sich nicht schnell genug an die steigenden Preise anpassen können. Dies ist dann der Fall, wenn der Preisanstieg in der Kalkulation nicht hinreichend erfasst ist und eine kurzfristige Überwälzung der höheren Beschaffungspreise auf die Kunden nicht gelingt. Im Rohstoff-Risiko-Index werden die Preisschwankungen mittels der Preisvolatilität der einzelnen Rohstoffe berücksichtigt.

3.3 Die Rohstoffverfügbarkeit ist begrenzt

Grundsätzlich werden bei Rohstoffen erneuerbare und erschöpfbare Ressourcen unterschieden. Bei erneuerbaren Ressourcen – Nahrungsmitteln oder Energiepflanzen – ist die Verfügbarkeit durch deren Reproduktionsrate begrenzt, die zum Beispiel durch die Ackerfläche und den Einsatz von Wasser und Düngemitteln beeinflusst wird.

Metallische und mineralische Rohstoffe zählen wie fossile Energieträger zu den erschöpfbaren Ressourcen. Prinzipiell ist deren stoffliche Verfügbarkeit auf der Erde endlich. Gleichzeitig sind bei fast allen Rohstoffen die in der Erdkruste vorhandenen Mengen so groß, dass die physische Verfügbarkeit keine relevante Begrenzung darstellt. Fraglich sind die technologischen Möglichkeiten und ökonomischen Rahmenbedingungen. Manche Rohstoffe, wie z. B. die sogenannten Seltenen Erden, kommen insgesamt in großen Mengen vor. Ihre Konzentration ist aber so gering, dass ihre Förderung schwierig und teuer ist, und sich nur an wenigen Stellen lohnt.

Aus ökonomischer Sicht gilt die statische Reichweite als Maß für die begrenzte Rohstoffverfügbarkeit. Sie stellt die technisch und ökonomisch förderwürdigen Reserven eines Rohstoffs in Beziehung zur jährlichen Förderung dieses Rohstoffs und wird in Jahren angegeben. Richtig interpretiert, zeigt die statische Reichweite somit nicht die stoffliche Verfügbarkeit eines Rohstoffs an. Sie deutet vielmehr auf zukünftigen Investitionsbedarf in die Exploration neuer Rohstoffvorkommen hin.

Preissignale, Verhaltensänderungen und technologische Entwicklungen beeinflussen die statische Reichweite. Steigende Preise können einerseits zunehmende Investitionen in Exploration und Förderung auslösen. Andererseits wirken sie als Bremse für die Nachfrage. Der technologische Fortschritt in der Fördertechnik senkt die Kosten des Rohstoffabbaus und kann helfen, neue Vorkommen zu erschließen. Die Ausweitung des Recyclings von Rohstoffen erhöht ebenfalls das Rohstoffangebot. Die endgültige Erschöpfung eines nicht erneuerbaren Rohstoffs hätte dagegen erhebliche negative wirtschaftliche Folgen.

3.4 Steigende Grenzkosten des Rohstoffabbaus

Der Rohstoffabbau ist einem Trend zu steigenden Grenzkosten unterworfen. Einfach und kostengünstig abzubauende Rohstoffvorkommen werden in der Regel zuerst erschlossen und abgebaut. Nachfolgeprojekte greifen dann jeweils auf weniger gut zugängliche Reserven zurück. Wenn Rohstoffe tiefer unter der Erdoberfläche lagern, wenn sie unter See abgebaut werden, oder wenn die Konzentration des gewünschten Rohstoffs in der Lagerstätte geringer ist, entstehen höhere Gewinnungskosten. Der technologische Fortschritt bei Förder- und Gewinnungstechnik bremst dagegen die Kostenentwicklung.

Metallische und mineralische Rohstoffe kommen in den Lagerstätten selten in Reinform vor. Die Konzentration der Erze in den Vorkommen unterscheidet sich stark. Neben dem tauben Gestein oder Scheidewerk, kommen in den Abbaumengen häufig auch andere Erze, Mineralien oder Metalle als Kuppelprodukte vor. Handelt es sich um Rohstoffe, deren sortenreine Abtrennung mit einem zusätzlichen Ertrag verbunden ist, bezeichnet man dies als positiven Beifang. Ein Beispiel davon ist Platin, das auch als Nebenprodukt von Nickel gewonnen wird. Ist die Abtrennung notwendig und überwiegend mit Kosten verbunden – etwa wegen der Entsorgung umweltschädlicher oder radioaktiver Elemente – wird von negativem Beifang gesprochen. So müssen im Phosphatabbau häufig Kadmium und andere Schwermetalle entfernt werden. Beides beeinflusst in entsprechender Weise die Grenzkosten der Rohstoffgewinnung positiv oder negativ.

Einige Rohstoffe kommen immer nur gemeinsam mit anderen Rohstoffen vor. Man spricht hier von Vergesellschaftung der Rohstoffe. So kommt z. B. Kobalt gemeinsam mit Nickel und Kupfer vor. Ist die Konzentration eines vergesellschafteten Rohstoffs klein, entsteht bei diesem eine große Unempfindlichkeit für Preissignale. Die Preiselastizität des Rohstoffangebots ist gering. Es kann zu erheblichen Preisspitzen an den Rohstoffmärkten führen. Erst bei sehr großen Preisanstiegen lohnt es sich, die Förderung auszuweiten.

Steigende Grenzkosten der Rohstoffgewinnung, negativer Beifang und eine geringe Preiselastizität bei seltenen Rohstoffen sorgen für steigende Rohstoffpreise. Die Gewinnung von Rohstoffen als positiver Beifang und der technologische Fortschritt in der Förder- und Gewinnungstechnik wirken in die andere Richtung.

3.5 Recycling als Antwort auf begrenzte Rohstoffvorkommen

Natürliche Rohstoffvorkommen oder sogenannte Primärrohstoffe sind nicht die einzige Möglichkeit, die Rohstoffnachfrage zu decken. Das Recycling von Rohstoffen eröffnet ein zusätzliches Angebot von Sekundärrohstoffen, dessen Nutzung die Nachfrage nach dem Abbau von Rohstoffen und nach Primärrohstoffen vermindern kann.

Bei einigen Rohstoffen, wie zum Beispiel bei Aluminium oder bei dem in Stahl enthaltenen Eisen gelingt es in Deutschland heute schon, einen substantziellen Anteil der Rohstoffnachfrage über den Einsatz von Sekundärrohstoffen aus recycelten Abfällen zu decken. Bei anderen Rohstoffen sind die Recyclingquoten deutlich geringer. So werden Seltene Erden zu weniger als 10 Prozent und Metalle wie Tantal oder Niob praktisch gar nicht recycelt.

Drei Trends befördern die Entwicklung:

- Ein zunehmendes Umweltbewusstsein der Bevölkerung und eine flankierende Gesetzgebung in den Industrieländern steigern das Rohstoffrecycling. Dadurch werden verschiedene Ziele verfolgt. Aus Umweltgesichtspunkten werden Eingriffe in die Natur durch den Bergbau verringert und Abfallmengen reduziert. Zudem sinkt der Bedarf an Primärrohstoffen. Diese Aktivitäten werden auch als „Urban Mining“ bezeichnet.
- Aus rohstoffpolitischer Sicht wird Recycling befürwortet, um die Abhängigkeit in der Rohstoffversorgung in rohstoffarmen Industrieländern zu verringern. Die Nutzung von Sekundärrohstoffen als „heimischer“ Rohstoffquelle reduziert die Anfälligkeit gegenüber einer strategischen Rohstoffpolitik der rohstoffreichen Länder.
- Der technologische Fortschritt in der Recyclingwirtschaft verbessert die Möglichkeiten, Rohstoffe aus Altgeräten nutzbar zu machen. Um gegenüber der Rohstoffgewinnung im Bergbau wettbewerbsfähig zu sein, müssen Sekundärrohstoffe eine ähnliche Qualität aufweisen wie die Primärrohstoffe. Es braucht dazu effektive Systeme zur Sammlung, Sortierung und Weiterverarbeitung der Abfälle sowie eine möglichst sortenreine Aufbereitung der Materialien. Schon bevor die Produktion der Güter beginnt, ist ein recyclingfreundliches Design der ursprünglichen Produkte ein erster Schritt zum Recycling.

3.6 Rohstoffvorkommen befinden sich häufig in Risikoländern

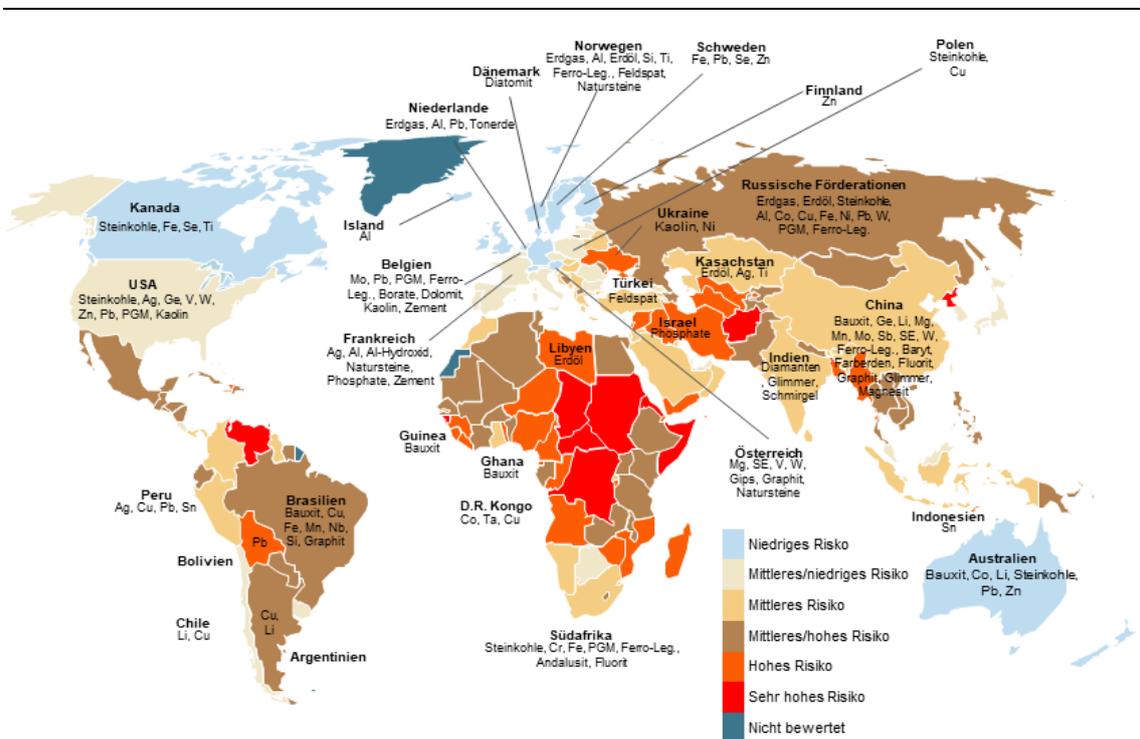
Die heute nutzbaren Lagerstätten vieler Rohstoffe befinden sich nicht in Europa, weil sie nur in bestimmten geologischen Strukturen in förderwürdiger Form vorkommen. Wichtig ist dabei unter anderem eine ausreichend hohe Konzentration der Rohstoffe. Bei einigen

Rohstoffen führt dies zu einer hohen Konzentration der Förderung auf wenige Länder. Gerade bei Rohstoffen mit einer hohen und spezifischen technologischen Bedeutung – wie z. B. Seltenen Erden, Lithium oder Kobalt – sind Deutschland und Europa heute fast vollständig auf Importe aus anderen Ländern angewiesen. Allerdings zeichnet sich bei einigen der Rohstoffe (z. B. Lithium), für die in Zukunft weiter deutlich zunehmende Abbaumengen prognostiziert werden, eine Diversifizierung der Abbauländer ab.

Viele außereuropäische Länder müssen in Bezug auf interne und externe Konflikte, auf Rechtsstaatlichkeit, Korruption sowie auf ihre politische und wirtschaftliche Stabilität als Risikoländer eingestuft werden. Die mögliche Eskalation interner und externer Konflikte zu Kriegen und Bürgerkriegen bedrohen die Rohstoffgewinnung und -lieferung. Mangelnde Rechtsstaatlichkeit sowie politische und wirtschaftliche Instabilität sind ein Risiko für die Investitionen in die Rohstoffförderung. Häufig kommt eine mangelhafte und störanfällige Transportinfrastruktur hinzu. Es drohen willkürliche Steuern, Abgaben oder Zölle. Eingriffe in bestehende Verträge sind nicht ausgeschlossen.

In Abbildung 2 sind die spezifischen Länderrisiken und die Verteilung wichtiger Rohstoffvorkommen in globalem Maßstab veranschaulicht. Weite Teile der Welt weisen im Vergleich zu Europa hohe Risiken auf. Gleichzeitig sind die Vorkommen wichtiger Rohstoffe stark auf Hochrisikoländer konzentriert.

Abbildung 2
Länderrisiko und Rohstoffvorkommen 2020



Eigene Darstellung IW Consult, 2020

Die Gefährdung der Einhaltung von Menschenrechten, Sozial- und Umweltstandards ist in Abbildung 2 nicht eigens mitberücksichtigt. Es ist aber davon auszugehen, dass eine hohe Korrelation des Risikos besteht. Wo es an Rechtsstaatlichkeit mangelt, wird das Einklagen verbindlicher Standards nur geringe Erfolgsaussichten haben. Für Bergbauunternehmen und die weiterverarbeitende Industrie bestehen hier zunehmend Risiken in rechtlicher Sicht und für die Reputation des Unternehmens.

3.7 Rohstoffe sind Instrumente strategischer Industriepolitik

Strategische Industriepolitik bezeichnet die staatliche Förderung von Industrien, die als strategisch bedeutend oder für die langfristige wirtschaftliche Entwicklung entscheidend angesehen werden. Ein Zusammenhang zu Rohstoffen entsteht, wenn solche Industrien in einem Staat durch einen privilegierten Zugang zu heimischen Rohstoffen gegenüber ausländischer Konkurrenz bevorteilt werden, oder wenn die ausländische Konkurrenz über Handelsbeschränkungen gezielt benachteiligt werden soll.

Teilweise überlagern sich die Motivlagen für eine Einschränkung des Zugangs zu Rohstoffen oder Handelsbeschränkungen bei Rohstoffen. So können Beschränkungen des Handels mit Rohstoffen auch Teil der Druckmittel in allgemeinen Handelskonflikten sein oder zur Durchsetzung anderer politischer Ziele dienen.

Es gibt einige Beispiele für eine solche strategische Rohstoffpolitik. Ein Fall ist die Beschränkung der Ausfuhr von Seltenen Erden durch China gegenüber Japan im Jahr 2010, die damals einen Preissprung für Seltene Erden an den internationalen Rohstoffmärkten auslöste. China drohte 2019 auch im Handelskonflikt mit den USA sowie im Konflikt um den Marktzugang des Technologiekonzerns Huawei in den USA mit einer Einschränkung des Rohstoffzugangs. Investitionen in einigen Ländern Asiens und Afrikas wurden von China mit langfristigen Rohstofflieferverträgen verknüpft. Gleichzeitig wird die geplante Erschließung eines Vorkommens von Seltenen Erden, insbesondere Neodym, in Australien explizit strategisch-politisch als Angriff auf Chinas Vormachtstellung bei der Förderung Seltenen Erden interpretiert und in den Kontext der Handelskonflikte zwischen Australien und China gesetzt.

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

Die hohe Kapitalintensität der Rohstoffförderung und -weiterverarbeitung führt zu einer hohen Konzentration großer Unternehmen im Rohstoffsektor. Häufig gehen substantielle Anteile des Rohstoffangebots von 50 oder mehr Prozent auf die Produktion weniger Unternehmen zurück.

Durch die oligopolistische Marktstruktur bestehen für die Rohstoffunternehmen größere Möglichkeiten, Preisforderungen einseitig durchzusetzen und Lieferkonditionen zu

bestimmen. Die Abnehmer sehen sich häufig überhöhten Preisen gegenüber, die sie akzeptieren müssen, wenn Angebotsalternativen fehlen und die Produzenten mit Lieferverzögerungen drohen können. Kleinere Abnehmer sind diesen Problemen wegen fehlender Marktmacht in besonderem Maße ausgesetzt.

3.9 Große Bedeutung der Rohstoffe für Zukunftstechnologien

Zukunftstechnologien haben eine hohe Bedeutung für die zukünftige Produktion und den zukünftigen Konsum. Technologisch anspruchsvolle und komplexe Produkte erfordern den Einsatz einer Vielzahl verschiedener Rohstoffe – wenn auch häufig nur in geringen Mengen. Beispiele finden sich in der Medizintechnik, in erneuerbaren Energien, in der Elektromobilität und in Informations- und Kommunikationstechnologien.

Der Einsatz spezifischer Rohstoffe und Legierungen ist häufig für die Funktionsweise der Produkte essenziell oder verbessert die Produkteigenschaften entscheidend. Dies setzt die Produktion einem besonderen Risiko aus, weil schon die Nicht-Verfügbarkeit kleinster Rohstoffmengen für die Produktion kritisch sein kann. Gerade für ein Hochtechnologieland wie Deutschland ist die reibungslose Versorgung mit den relevanten Rohstoffen von entscheidender Bedeutung.

3.10 Substituierbarkeit von Rohstoffen nur begrenzt möglich

Die wechselseitige Substituierbarkeit einzelner Rohstoffe nimmt mit höherer Spezialisierung des Rohstoffeinsatzes ab. Gleichzeitig nimmt die Spezialisierung mit der technologischen Leistungsfähigkeit der Produkte zu. Für die Erzielung bestimmter Produkteigenschaften ist häufig ein sehr spezifischer Rohstoffeinsatz oder die Verwendung bestimmter Legierungen notwendig.

Die gilt gerade im Bereich der Zukunftstechnologien. Die Substitution einzelner Rohstoffe ist dann mit einem hohen zusätzlichen Aufwand für Forschung und Entwicklung verbunden. Gerade weil der spezifische Materialeinsatz für Zukunftstechnologien neu entwickelt wurde, existieren noch keine Alternativen.

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

4 Ergebnisse des Rohstoff-Risiko-Index

Die Elemente des Versorgungsrisikos werden im Rohstoff-Risiko-Index zu einer Maßzahl für jeden Rohstoff verdichtet

Die im vorigen Kapitel dargestellten Bestimmungsgründe für die Risiken der Rohstoffversorgung werden im Rohstoff-Risiko-Index aufgegriffen und mittels acht einzelner Indikatoren gemessen. Fünf quantitative Indikatoren – die statische Reichweite, das Länderrisiko, die 3-Länder-Konzentration, die 3-Unternehmen-Konzentration und das Preisrisiko – und drei qualitative Indikatoren – die Bedeutung für Zukunftstechnologien, die Substituierbarkeit und die Gefahr des strategischen Einsatzes – werden in einen gemeinsamen Wertebereich transformiert und gewichtet aggregiert. Eine genauere Beschreibung der Methodik und der Indikatoren befindet sich im Anhang.

Es wurden jene 45 Rohstoffe ausgewählt, die auch in den vorigen Auflagen der vbw-Rohstoffstudie enthalten waren. Die Auswahl orientiert sich an den „Rohstoffwirtschaftlichen Steckbriefen“ und der „Rohstoffliste“ 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.

Der Rohstoff-Risiko-Index kann Werte zwischen 25 (höchstes Risiko) und 0 (geringstes Risiko) annehmen. Auf Basis der Ergebnisse werden die Metalle und Mineralien in drei Risikogruppen aufgeteilt:

- In der roten Gruppe befinden sich die 22 Rohstoffe mit dem höchsten Risiko und einem Indexwert von mindestens 15.
- Die orangefarbene Gruppe besteht aus 15 Rohstoffen mit Risikowerten zwischen 10 und 15.
- In der grünen Gruppe finden sich 8 Rohstoffe mit geringem Versorgungsrisiko und Indexwerten von weniger als 10.

Bei der Interpretation der Ergebnisse des Rohstoff-Risiko-Index 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 lediglich 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.

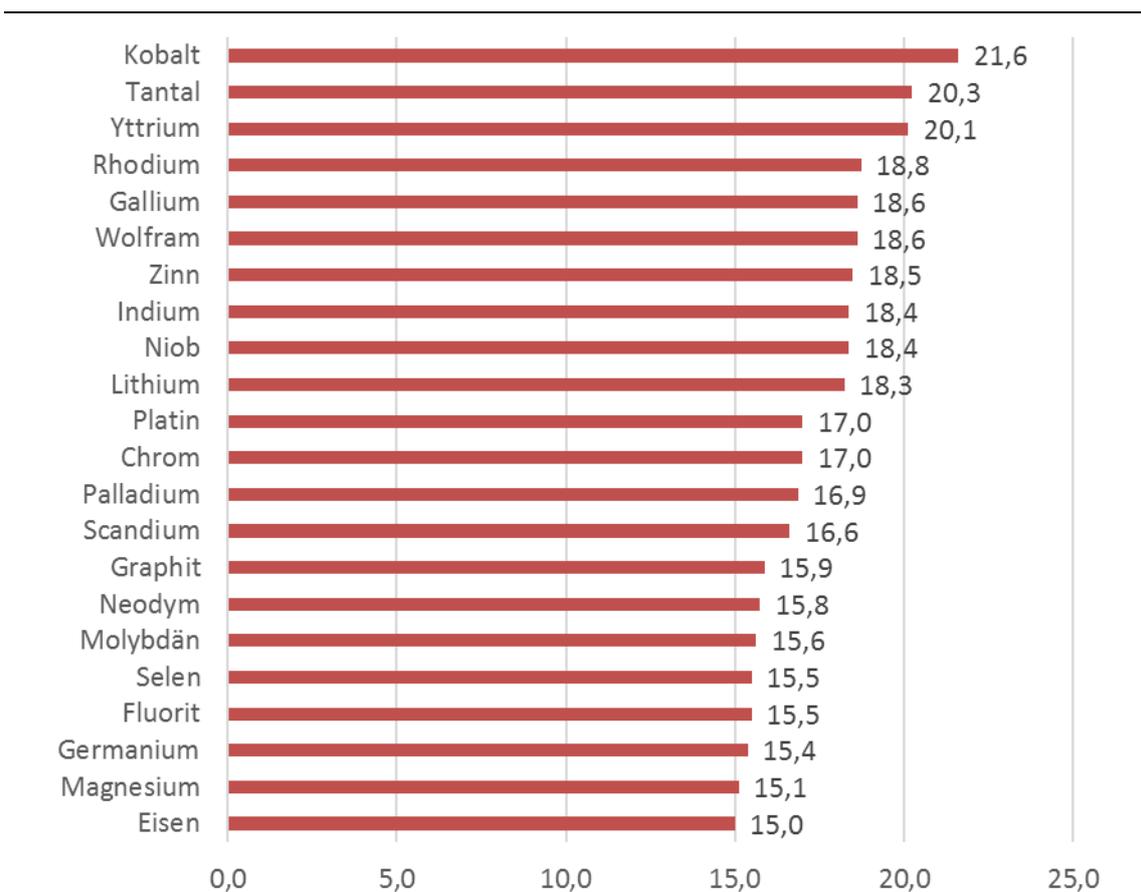
4.1 Rote Gruppe

In der roten Gruppe finden sich die 22 Rohstoffe mit dem höchsten Versorgungsrisiko (Abbildung 3). Das hohe Versorgungsrisiko erklärt sich bei den meisten Rohstoffen in dieser Risikogruppe aus einer großen Anzahl hoher Risiken. Elf der 22 Rohstoffe in der roten Gruppe erhalten in mindestens fünf der acht Dimensionen eine kritische Bewertung, weitere sieben Rohstoffe in vier der acht Dimensionen.

Gemeinsam ist den Rohstoffen der roten Gruppe eine hohe Bedeutung für Zukunftstechnologien – 20 der 22 Rohstoffe erhalten hier eine kritische Bewertung. Zudem ist die Länderkonzentration der Förderung bei 18 der 22 Rohstoffe der roten Gruppe mit mehr als 75 Prozent der Förderung in höchstens drei Ländern sehr hoch. In 15 Fällen ist eine große Anfälligkeit gegenüber einer strategischen Rohstoffpolitik gegeben. Für zwölf der 22 Rohstoffe wird das Länderrisiko der Förderung kritisch bewertet.

Abbildung 3

Risikoklasse I der Rohstoffe – rote Gruppe



Eigene Darstellung IW Consult, 2020

Ergebnisse des Rohstoff-Risiko-Index

Kobalt ist mit einem Risikowert von 21,6 Punkten wie im Vorjahr der Rohstoff mit dem höchsten Risikowert. Die wichtigste Verwendung von Kobalt ist schon heute in Batterien. Auch andere wichtige Batterierohstoffe wie Lithium (Rang 10; 18,3 Punkte) und Graphit (Rang 15; 15,9 Punkte) befinden sich in der roten Gruppe. Wegen ihrer Rolle für die Elektromobilität und für die Speicherung von Strom ist diesen Rohstoffen eine hohe Bedeutung für Zukunftstechnologien gemeinsam. Das Rohstoffrisiko bei Lithium hat gegenüber dem Vorjahr deutlich zugenommen, das Rohstoffrisiko bei Graphit leicht.

Trotz einsetzender Investitionen in die Ausweitung der Förderung weisen Kobalt und Lithium eine geringe statische Reichweite auf, selbst wenn der zukünftig zu erwartende Rohstoffbedarf noch nicht berücksichtigt ist. Bei diesen beiden Rohstoffen ist auch die Länderkonzentration hoch, die Preisentwicklung problematisch und die Anfälligkeit gegenüber einer strategischen Rohstoffpolitik groß. Bei Lithium werden zudem die Substitutionsmöglichkeiten als gering eingestuft. Kobalt weist zusätzlich ein hohes Länderrisiko auf. Bei Graphit führen das hohe Länderrisiko und geringe Substitutionsmöglichkeiten zu einem hohen Risiko. Die Graphitförderung ist stark auf wenige Länder konzentriert.

Tantal liegt mit 20,3 Punkten auf Rang 2 des Rohstoff-Risiko-Index. Ähnlich wie Wolfram (Rang 6; 18,6 Punkte), Niob (Rang 9; 18,4 Punkte), Chrom (Rang 12; 17,0) und Molybdän (Rang 17; 15,6 Punkte) wird Tantal in der Stahlindustrie und in elektronischen Bauteilen eingesetzt. Die Rohstoffe werden zur Optimierung der Stahleigenschaften für spezifische Einsatzzwecke verwendet. Tantal, Wolfram und Niob werden auch in der Elektrotechnik etwa für Kondensatoren eingesetzt. Bei allen fünf Rohstoffen ist die Länderkonzentration hoch, bei Tantal, Niob und Wolfram zusätzlich das Länderrisiko. Die statische Reichweite wird bei Tantal, Wolfram und Chrom als kritisch eingestuft. Die Bedeutung für Zukunftstechnologien wird bei Tantal, Niob, Wolfram und Molybdän hoch eingeschätzt. Bei Tantal, Wolfram und Molybdän besteht im Urteil des Expertenpanels eine erhöhte Gefahr für strategische Rohstoffpolitik. Gegenüber dem Vorjahr hat sich bei dieser Gruppe von Metallen vor allem das Rohstoffrisiko bei Chrom deutlich erhöht.

Yttrium – mit 20,1 Punkten auf Rang drei des Rohstoff-Risiko-Index – gehört wie Scandium (Rang 14; 16,6 Punkte) und Neodym (Rang 16; 15,8 Punkte) zu den Seltenerdmetallen. Die hohe Risikobewertung ergibt sich hier aus der Einschätzung einer hohen Bedeutung für Zukunftstechnologien und der hohen Anfälligkeit für eine strategische Rohstoffpolitik. Letztere trifft auch wegen der hohen Konzentration der Förderung auf Länder mit einem hohen Länderrisiko – maßgeblich auf China – zu. Die Preisrisiken bei den Seltenen Erden bleiben dagegen weiterhin relativ gering. Im Vergleich zum Jahr 2019 hat sich das Rohstoffrisiko bei Yttrium und Scandium erhöht, bei Neodym hingegen etwas verringert.

Rhodium auf Rang vier des Rohstoff-Risiko-Index (18,8 Punkte) gehört gemeinsam mit Platin (Rang 11; 17,0 Punkte) und Palladium (Rang 13; 16,9 Punkte) zu den Platingruppenmetallen. Sie kommen in ähnlichen Lagerstätten vor, die stark auf Südafrika, Russland und Simbabwe konzentriert sind. Entsprechend hoch sind Länderkonzentration und -risiko. Wichtige Einsatzfelder der Platingruppenmetalle sind Katalysatoren der Abgasbehandlung und Brennstoffzellen. Darin lassen sich diese Metalle praktisch nur untereinander substituieren. Die Rohstoffe spielen damit eine besondere Rolle für zukünftige

Mobilitätsanwendungen. Dies führt zu hohen Risikobewertungen bei der Bedeutung für Zukunftstechnologien und der Substituierbarkeit. Die Preisrisiken der Platingruppenmetalle sind außerdem hoch. Das Rohstoffrisiko der Platingruppenmetalle insgesamt ist ähnlich hoch wie im Vorjahr. Allerdings ist das Risiko bei Rhodium etwas gestiegen, während es bei Palladium leicht zurückgegangen ist.

Zinn (Rang 7; 18,5 Punkte) findet ähnlich wie die Spezialmetalle Gallium (Rang 5; 18,6 Punkte), Indium (Rang 8; 18,4 Punkte), Selen (Rang 18; 15,5 Punkte) und Germanium (Rang 20; 15,4 Punkte) Verwendung in der Elektronik und Optik – etwa in der Herstellung von LCDs und Flachbildschirmen. Den fünf Rohstoffen kommt daher eine hohe Bedeutung für Zukunftstechnologien zu. Zinn, Indium und Selen weisen kurze statische Reichweiten auf. Bei Zinn und Gallium werden die Länderrisiken, bei Indium und Gallium die Länderkonzentration als kritisch eingestuft. Besondere Preisrisiken zeigen sich bei Gallium und Selen. Bei Zinn und Indium ist das Rohstoffrisiko gegenüber dem Vorjahr gestiegen, bei Germanium und Gallium hingegen leicht gesunken. Die Risikobewertung bei Selen ist konstant.

Bei Fluorit (Rang 19; 15,5 Punkte) tragen ein hohes Länderrisiko und eine hohe Länderkonzentration (vor allem auf China) sowie die geringe Substituierbarkeit zum hohen Versorgungsrisiko bei. Die Risikobewertung fällt aber geringer aus als im Vorjahr.

Magnesium (Rang 21; 15,1 Punkte) und Eisen (Rang 22; 15,0 Punkte) sind Metalle, die in der Metall- und Elektroindustrie und im Fahrzeugbau eine breite Verwendung finden. Beide weisen daher eine hohe Bedeutung für Zukunftstechnologien auf. Bei Magnesium sind das Länderrisiko und die Länderkonzentration der Förderung hoch sowie die Substituierbarkeit gering. Bei Eisen führt das hohe Preisrisiko neu zur Einstufung in die rote Gruppe.

In Tabelle 1 sind die Rohstoffe der roten Gruppe, deren wichtigsten Verwendungen sowie deren Bedeutung für Bayern und die bayerische Industrie zusammengefasst. Bei 16 der 21 Rohstoffe wird die Bedeutung für Bayern als hoch eingeschätzt. Dabei handelt es sich um jene Rohstoffe, die in für Bayern bedeutenden Wirtschaftszweigen eine wichtige Rolle spielen. Zu diesen Wirtschaftszweigen zählen insbesondere der Fahrzeug- und Maschinenbau, die Elektroindustrie, die Metall- und Stahlverarbeitung sowie die Chemieindustrie.

Tabelle 1

Bedeutung der Rohstoffe Risikoklasse I für Bayern

Rohstoffe	Verwendung	Bedeutung für Bayern
Kobalt	Batterien, Superlegierungen, Katalysatoren, Hartmetalle	hoch
Tantal	Mikroelektronische Kondensatoren, Superlegierungen, Medizintechnik	hoch
Yttrium	Reaktortechnik, Magnete, Metallurgie, Röhrentechnik, Leuchtstoffe, Festoxid-Brennstoffzelle	hoch
Rhodium	Auto-, Chemie- und Elektroindustrie, Schmuck und Dentaltechnik	hoch
Gallium	Dünnschicht-Photovoltaik, Elektronik, WLED	hoch
Wolfram	Leuchtmittelindustrie, Metallurgie, Militär	hoch
Zinn	Elektronik, Weißblech, LCD, Chemie, Legierungen	hoch
Indium	Optik, Elektronik, Photovoltaik	hoch
Niob	Superlegierungen, Edelstahl, Elektronik, Kondensatoren	hoch
Lithium	Akkumulatoren/Batterien, Metallurgie, Reaktorsicherheit, Chemie	hoch
Platin	Katalysatoren (Abgasbehandlung, Chemie), Herstellung von Brennstoffzellen, Medizin- und Dentaltechnik	hoch
Chrom	Edelstahl, Feuerfestindustrie, Chemie, Farbe	mittel
Palladium	Abgaskatalysatoren, Brennstoffzellen, Chemieindustrie, Schmuck, Medizin- und Dentaltechnik	hoch
Scandium	Leichte Legierungen (Flugzeugbau), Festoxid-Brennstoffzelle (Hochtemperatur-Brennstoffzelle)	mittel
Graphit	Batterien, Feuerfestindustrie, Brennstoffzellen, Kunststoffe, Bleistifte, Beläge	hoch
Neodym	Magnete, Lasertechnik, Glas- und Porzellanfärbung	hoch

– Fortsetzung auf der nächsten Seite –

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

Rohstoffe	Verwendung	Bedeutung für Bayern
Molybdän	Flugzeug- und Raketenbau, Elektrotechnik, Edelstähle, Schmierstoffe, Farben und Katalysatoren	niedrig
Selen	Chemikalien und Pigmente, Elektronik, Metallurgie	hoch
Fluorit	Stahlindustrie, Gießereien, Chemie, Kälte- und Klimaanlage	mittel
Germanium	Glasfaser, Halbleiter, Infrarotoptik, Polymerisationskatalysatoren in der PET-Herstellung	hoch
Magnesium	Metallurgie, chemische Industrie, Flugzeug- und Fahrzeugbau	mittel
Eisen	Metall- und Elektroindustrie, Bauwirtschaft	hoch

Eigene Zusammenstellung der IW Consult, 2020

4.2 Orangefarbene Gruppe

In der orangefarbenen Gruppe befinden sich 15 Rohstoffe auf den Rängen 23 bis 37 des Rohstoff-Risiko-Index (Abbildung 4). An erster Stelle in dieser Gruppe steht mit Mangan ein Rohstoff, der abhängig von der technologischen Entwicklung in Zukunft zunehmende Bedeutung für die Elektromobilität erlangen kann. Die hohe Bedeutung für Zukunftstechnologien und geringe Substitutionsmöglichkeiten führen bei Mangan zu einem hohen Risiko. Die geringe statische Reichweite und die Gefahr einer strategischen Rohstoffpolitik sind weitere Risiken. Die Risikobewertung bei Mangan fällt allerdings deutlich geringer aus als im Vorjahr.

Mit Aluminium, Zink, Titan, Kupfer und Nickel befinden sich auf den Rängen 24, 27 sowie 30 bis 32 mit Punktwerten zwischen 14,8 und 13,8 eine Reihe von Metallen, die in der Metall- und Elektroindustrie und im Fahrzeugbau eine breite Verwendung finden. Das mittlere Versorgungsrisiko ergibt sich aus einem Zusammenspiel unterschiedlicher Bewertungen. Die Bedeutung für Zukunftstechnologien wird allerdings jeweils als hoch eingeschätzt. Bei Zink, Kupfer und Nickel ist die statische Reichweite relativ kurz. Bei Kupfer lassen sich eine geringe Substituierbarkeit und die Gefahr einer strategischen Rohstoffpolitik als weitere Risikokomponenten identifizieren. Die Gefahr eines strategischen Einsatzes wird auch Titan zugeschrieben. Die anderen Risikokomponenten liegen bei diesen Rohstoffen im mittleren oder niedrigen Bereich. Bei Aluminium, Zink und Titan fällt die Risikobewertung in diesem Jahr höher aus als im Jahr 2019, bei Kupfer und Nickel ist sie etwas geringer.

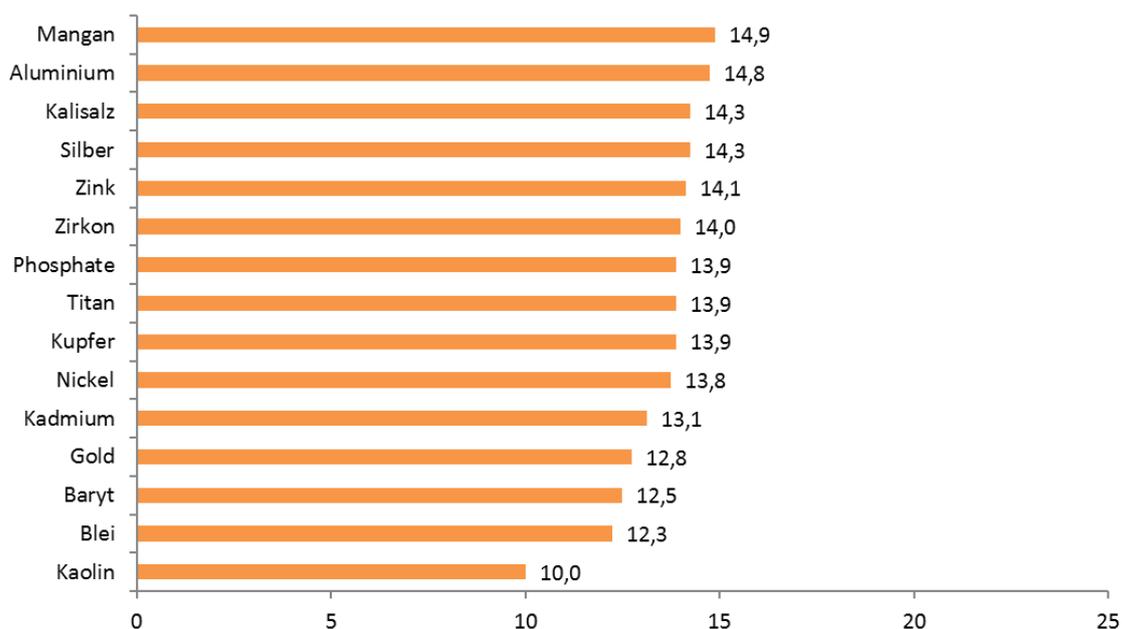
Silber (Rang 26; 14,3 Punkte) und Gold (Rang 34; 12,8 Punkte) haben als Edelmetalle gute elektrische Leiteigenschaften und werden daher in der Elektroindustrie eingesetzt sowie als Schmuck und Wertaufbewahrungsmittel verwendet. Die Verwendung in der Elektroindustrie begründet ihre hohe Bedeutung für Zukunftstechnologien. Beide weisen eine relativ kurze statische Reichweite auf. Bei beiden Rohstoffen ist das Versorgungsrisiko höher als im Vorjahr.

Zirkon liegt mit 14,0 Punkten auf Rang 28. Als temperaturbeständiger und hochfester Rohstoff findet es Anwendung in Schmelztiegeln und der Dentaltechnik. Die Bedeutung für Zukunftstechnologien und die statische Reichweite erhöhen das Risiko, die anderen Indikatoren liegen im mittleren Bereich. Das Versorgungsrisiko hat sich etwas verringert.

Die Mineralien Kalisalz (Rang 25; 14,3 Punkte) und Phosphate (Rang 29 13,9 Punkte) haben vor allem eine Bedeutung als Grundstoffe für die Düngemittelproduktion und somit für die Verwendung in der Landwirtschaft. Beiden wird daher aufgrund der steigenden Weltbevölkerung und deren Ernährung eine hohe Bedeutung für Zukunftstechnologien zugeschrieben. In beiden Fällen ist auch die Unternehmenskonzentration hoch. Gegenüber dem Vorjahr ist das Versorgungsrisiko bei Kalisalz leicht gestiegen, während es bei Phosphaten deutlich zurückging. Diese waren 2019 noch in der roten Gruppe.

Abbildung 4

Risikoklasse II der Rohstoffe – orangefarbene Gruppe



Eigene Darstellung IW Consult, 2020

Bei Kadmium (Rang 33; 13,1 Punkte) und Blei (Rang 36; 12,3 Punkte) handelt es sich um Schwermetalle, deren Verwendung wegen den verbundenen Gesundheitsgefahren in den meisten Anwendungen streng reguliert und begrenzt ist. Die statische Reichweite der beiden Metalle ist gering. Bei Kadmium ist das Versorgungsrisiko höher als 2019, bei Blei unverändert.

Baryt (Rang 35; 12,5 Punkte) und Kaolin (Rang 37; 10,0 Punkte) sind zwei Mineralien, die als Zusatzstoffe in verschiedensten Industrieprodukten verwendet werden. Je nach spezifischer Qualität können sie auch in der Beton- und Zementherstellung Einsatz finden. Bei Baryt sind die statische Reichweite und das Länderrisiko wesentliche Risikofaktoren. Bei Kaolin die Einstufung in der Zukunftsbedeutung. Gegenüber dem Vorjahr nahm das Versorgungsrisiko bei Baryt leicht ab, bei Kaolin aber deutlich zu. Kaolin war 2019 noch in der grünen Gruppe.

In Tabelle 2 sind die Rohstoffe der orangenen Gruppe mit ihren wichtigsten Verwendungen der Rohstoffe und ihrer Bedeutung für Bayern zusammengefasst. Bei sechs der 15 Rohstoffe in der orangenen Gruppe wird die Bedeutung für Bayern als hoch eingestuft. Dies sind die Metalle, die im Fahrzeugbau, in der Elektroindustrie und im Maschinenbau eingesetzt werden und teilweise als Speziallegierungen besondere Anforderungen in Bezug auf Festigkeit, Gewicht oder Hitzebeständigkeit aufweisen müssen.

Tabelle 2

Bedeutung der Rohstoffe Risikoklasse II für Bayern

Rohstoffe	Verwendung	Bedeutung für Bayern
Mangan	Eisen- und Stahlindustrie, Batterien	hoch
Aluminium	Fahrzeugbau, Luft- und Raumfahrt, Bau, Elektroindustrie, Windkraft	hoch
Kalisalz	Düngemittel, Industriechemikalien	mittel
Silber	Schmuck- und Tafelwaren, Münzen und Legierungen, Film-, Foto- und Elektroindustrie	niedrig
Zink	Galvanik, Nicht-Eisen-Legierungen, Pharmazie, Batterie, Pigmente	hoch
Zirkon	Schmelztiegel, Dentaltechnik, Festoxid-Brennstoffzelle	mittel
Phosphate	Landwirtschaft	mittel
Titan	Pigmente, Legierungen, Flugzeugbau, Anlagenbau, Medizintechnik, Meerwasserentsalzung	hoch
Kupfer	Elektroindustrie, <i>Radio Frequency Identification (RFID)</i> -Chips, Windkraft	hoch
Nickel	Legierungen, Gasturbinen, Katalysatoren, Batterien	hoch
Kadmium	Solarzellen, Halbleiter	mittel
Gold	Schmuck, Zahntechnik, Elektroindustrie	niedrig
Baryt	Bohrspülung, chemische Anwendungen, Schwerbetonzuschlag oder Röntgenkontrastmittel	niedrig
Blei	Akkumulatoren, Kabel, Glasindustrie, Chemie, Farbstoffe, Legierungen, Elektrotechnik, Radiologie und Munition	mittel
Kaolin	Beschichtung von Papier und Keramik	mittel

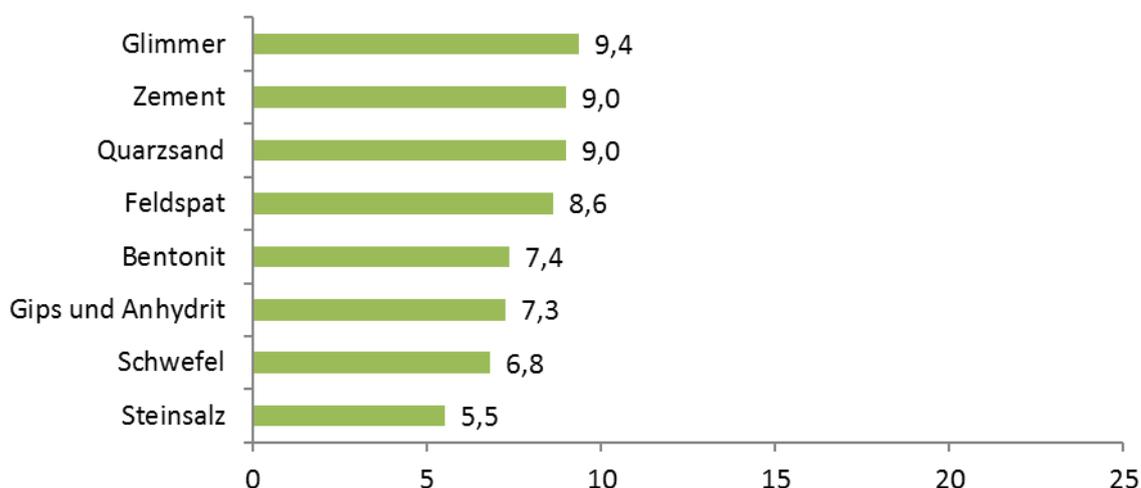
Eigene Zusammenstellung der IW Consult, 2020

4.3 Grüne Gruppe

In der grünen Gruppe der Rohstoffe mit einem geringen Versorgungsrisiko befinden sich acht Rohstoffe (Abbildung 5). Alle diese Rohstoffe sind Mineralien mit einer hohen statischen Reichweite. Die Förderung der Rohstoffe ist jeweils auf viele Länder verteilt, so dass Länderkonzentration, Länderrisiko und Unternehmenskonzentration jeweils gering ausfallen. Innerhalb der Gruppe gab es einige Rangänderungen. So wird in diesem Jahr das Versorgungsrisiko vor allem bei Glimmer höher, bei Gips und Anhydrit niedriger als im Vorjahr bewertet.

Abbildung 5

Risikoklasse III der Rohstoffe – grüne Gruppe



Eigene Darstellung IW Consult, 2020

In der Tabelle 3 sind die Rohstoffe der grünen Gruppe, ihre wichtigsten Verwendungen sowie ihre Bedeutung für Bayern zusammengefasst. Die Bedeutung für die bayerische Industrie liegt bei den verschiedenen Rohstoffen im mittleren bis niedrigen Bereich.

Tabelle 3

Bedeutung der Rohstoffe Risikoklasse III für Bayern

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

Eigene Zusammenstellung der IW Consult, 2020

In Abbildung 6 sind die Bedeutung für Bayern und das Rohstoffrisiko der einzelnen Rohstoffe synoptisch zusammengefasst. Häufig weisen die Rohstoffe mit einer hohen Bedeutung für Bayern auch ein hohes Risiko auf. Dies liegt bei vielen Rohstoffen an ihrer großen Bedeutung für Zukunftstechnologien, die für die technologieorientierte bayerische Industrie wichtig sind.

Dabei handelt es sich zum Teil um Legierungsmetalle, wie z. B. Wolfram oder Titan, die in spezifischen Stählen für besondere Leistungsmerkmale sorgen. Zum Teil sind es Metalle, wie z. B. Tantal, Niob oder Gallium, die in Kondensatoren und Displays in der Elektrotechnik, dem Maschinenbau oder der Medizintechnik für intelligente Designs sorgen.

Für heutige und zukünftige Mobilitätskonzepte spielen darüber hinaus Kobalt, Lithium, Graphit, Mangan und Nickel in der Batterietechnik, Seltene Erden in den Elektromotoren sowie die Platingruppenmetalle in der Abgasbehandlung und der Brennstoffzellentechnik eine besondere Rolle.

Abbildung 6
Bedeutungs-Risiko-Matrix

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

Eigene Darstellung IW Consult, 2020

5 Fallstudien

Die Elektromobilität verändert die Nachfrage nach Rohstoffen, das Beispiel des Smartphones verdeutlicht Herausforderungen beim Recycling

5.1 Elektromobilität

In der Fallstudie zur Elektromobilität wird den Fragen zur Marktentwicklung der Elektromobilität und dem damit verbundenen Rohstoffbedarf nachgegangen. Dazu werden die Ergebnisse verschiedener Szenarien und der daraus resultierende Rohstoffbedarf dargestellt und bewertet.

5.1.1 Markthochlauf der Elektromobilität

Die Umstellung auf die Elektromobilität wird derzeit auf politischer und gesellschaftlicher Ebene stark vorangetrieben. Das Klimaschutzprogramm 2030 der Bundesregierung sieht vor, dass bis zum Jahr 2030 in Deutschland sieben bis zehn Millionen Elektrofahrzeuge zugelassen sein sollen. Zudem sollen bis 2030 eine Million Ladepunkte zur Verfügung stehen. Erreicht werden sollen die Ziele durch Kaufprämien, Steuervergünstigungen und umfassende Zuschüsse zur Verbesserung der Ladeinfrastruktur. Zwar hat die Elektromobilität (zur Definition siehe unten) im Jahr 2020 nur einen Anteil von unter einem Prozent am gesamten Fahrzeugbestand (Kraftfahrt-Bundesamt, 2020), sollte sich das Wachstum der vergangenen Jahre aber unverändert fortsetzen, könnte das Ziel erreicht werden.

Auch im Ausland setzt die Politik zunehmend auf Maßnahmen zur schnelleren Marktdurchdringung mit Elektrofahrzeugen. Neben Anreizen gibt es in diversen Ländern und Regionen sogar Pläne für Zulassungsverbote und Betriebseinschränkungen für Kraftfahrzeuge mit Verbrennungsmotoren:

- Irland, Dänemark und Schweden planen dies für das Jahr 2030. In Großbritannien soll das bislang für 2040 geplante Verkaufsverbot auf 2035 vorgezogen werden. In Spanien ist für 2040 ein Verkaufsverbot geplant, in Frankreich für 2040 bereits beschlossen.
- Einige Großstädte in Europa (z.B. Brüssel, Amsterdam ab 2030; Paris ab 2024; London ab 2020) planen Einschränkungen für Pkw mit Verbrennungsmotoren.
- Im US-Bundesstaat Kalifornien wird der Verkauf von Kraftfahrzeugen mit Verbrennungsmotor ab 2035 verboten. Der US-Bundesstaat New York erwägt eine ähnliche Regulierung.

Neben diesen einzelnen Regulierungen haben allgemeiner auch die EU-Flottengrenzwerte für die CO₂-Emissionen je Kilometer einen erheblichen Einfluss auf die Entwicklung der Elektromobilität. Sie wirken sich im Ergebnis ähnlich wie eine Quote für die Elektromobilität aus. Bei der Zielerreichung werden auch batterieelektrische und Hybrid-Fahrzeuge berücksichtigt und senken so die Flottenemissionen eines Autoherstellers. Stoßen die

Automobilhersteller bei der Emissionsminderung der Verbrennungsmotoren zunehmend an technische Grenzen, kann dies durch eine Erhöhung des Anteils elektrifizierter Fahrzeuge kompensiert werden. Die Kompensation kann über einen Pooling-Mechanismus in der Regulierung von mehreren Produzenten gemeinsam erzielt werden.

Eine weitere Verschärfung des Flottengrenzwerts wird im Zusammenhang mit dem Green Deal diskutiert. Da schon die bisherigen Vorgaben mit rein durch Verbrennungsmotoren angetriebenen Pkw schwer zu erfüllen sind, wird dies die Wirkung als Quote für die Elektromobilität verstärken.

Änderungen in der Mobilitätsnachfrage (wie z. B. Car-Sharing oder Ridehailing) können darüber hinaus den verstärkten Einsatz von Elektrofahrzeugen begünstigen (vbw, 2020).

Trotz der massiven Regulierung wird es im individuellen Verkehr auch in Zukunft auf absehbare Zeit ein Nebeneinander verschiedener Antriebskonzepte geben:

- Konventionelle Antriebe: Diesel, Benzin, Gas (fossile Brennstoffe), E-Fuels (CO₂-neutrale Kraftstoffe, gewonnen aus erneuerbarem Strom), Hybrid-Modelle (HEV) mit Verbrennungsmotor und kleinen Batterieeinheiten (weniger als 2 kWh) für den Stadtverkehr, die nicht über das Stromnetz, sondern rein über den Betrieb (Motor und Bremsenergie) aufgeladen werden.
- Elektromobilität: Vollelektrische batteriebetriebene Fahrzeuge (BEV), deren Batterien ausschließlich über das Stromnetz geladen werden; Plug-In-Hybrid Fahrzeuge (PHEV), die mit Verbrennungs- und Elektromotor ausgestattet sind, deren Batterie über Bremsenergie und zusätzlich über das Stromnetz aufgeladen wird, und Range Extender (REEV), bei denen bei Bedarf ein Verbrennungsmotor Strom für den Elektromotor erzeugt.
- Brennstoffzellenfahrzeuge: In diesem Antriebskonzept wird ebenfalls elektrische Energie für die Traktion genutzt. Als Energiespeichermedium wird komprimierter Wasserstoff eingesetzt, der mittels eines chemischen Prozesses in Elektrizität umgewandelt wird. Als Energiespeicher dient ein Wasserstoff-Drucktank.

Der Markthochlauf der Elektromobilität wird aber in jedem Fall zu einer steigenden Nachfrage nach Rohstoffen führen. Welche Rohstoffe benötigt werden, ist Gegenstand des folgenden Abschnitts.

5.1.2 Rohstoffe in der Elektromobilität

Anwendungsbereiche von Rohstoffen in der Elektromobilität sind vor allem die Traktionsbatterien und die Motoren. Nach Angaben der Nationalen Plattform Elektromobilität können Verbraucher in Deutschland derzeit aus 60 Fahrzeugmodellen wählen, 33 Modelle stammen dabei von deutschen Herstellern (Nationale Plattform Elektromobilität, 2020). Fast alle Hersteller setzen – außer bei den Hybrid-Fahrzeugen (HEV) – auf Lithium-Ionen-

Traktionsbatterien, da sie ein geringeres Gewicht, eine höhere Energiedichte, einen langen Lebenszyklus aufweisen und auch Tiefenentladungen zulassen (Olivetti et al., 2017). Die derzeit von den Herstellern eingesetzten Batterien haben unterschiedliche Größen: Während bei Plug-In-Fahrzeugen die durchschnittlichen Batteriegrößen zwischen 6 und 12 Kilowattstunden (KWh) liegen, sind es bei vollelektrisch batteriebetriebenen Fahrzeugen zwischen 25 bis 100 KWh Brutto-Batteriekapazität (Tabelle 4).

Tabelle 4

Batteriekapazität ausgewählter Fahrzeugmodelle

Modell	Batteriekapazität
BMW i3	42 KWh
BMW iX3	80 KWh
Audi e-tron 50 quattro	71 KWh
Audi e-tron S Sportback quattro	95 KWh
Renault Zoe	41 bis 52 KWh
Nissan Leaf	40 bis 62 KWh
Tesla Model 3	52 bis 75 KWh

Quelle: ADAC, 2020

Die Lithium-Ionen-Batterien bestehen bei der Kathode aus einem Gemisch aus Lithium, Kobalt, Mangan und Nickel; die Anode benötigt Graphit. In der Elektromobilität werden vor allem zwei Typen eingesetzt, die sich vor allem in der Zusammensetzung der Kathode unterscheiden (Olivetti et al., 2017):

- Kathoden aus kobalthaltigen Lithiumoxiden dominieren im Bereich der Elektromobilität. Hier gibt es unterschiedliche Typen:
 - Tesla setzt auf das in den 1990er-Jahren entwickelte Lithium-Nickel-Kobalt-Aluminium-Oxid (NCA). Zusammen mit Panasonic soll die Energiedichte dieser Batterien bis zum Jahr 2025 um 20 Prozent gesteigert werden, außerdem soll in den nächsten Jahren auch eine kobaltfreie Version entwickelt werden (electrive.net, 2020).
 - Die meisten anderen Autohersteller setzen auf Lithium-Nickel-Mangan-Kobalt-Oxide (NMC). Diese gelten als langlebiger als die NCA-Kathoden. Je Kilogramm Batteriezelle werden hier 72 Gramm Lithium benötigt. Unterschiede gibt es in der Zusammensetzung aus den Rohstoffen Nickel, Mangan und Kobalt:
 - NMC-111: Nickel, Mangan und Kobalt im Verhältnis von 1:1:1; dieser Batterietyp benötigt ca. 200 Gramm Kobalt je Kilogramm Zelle.

Fallstudien

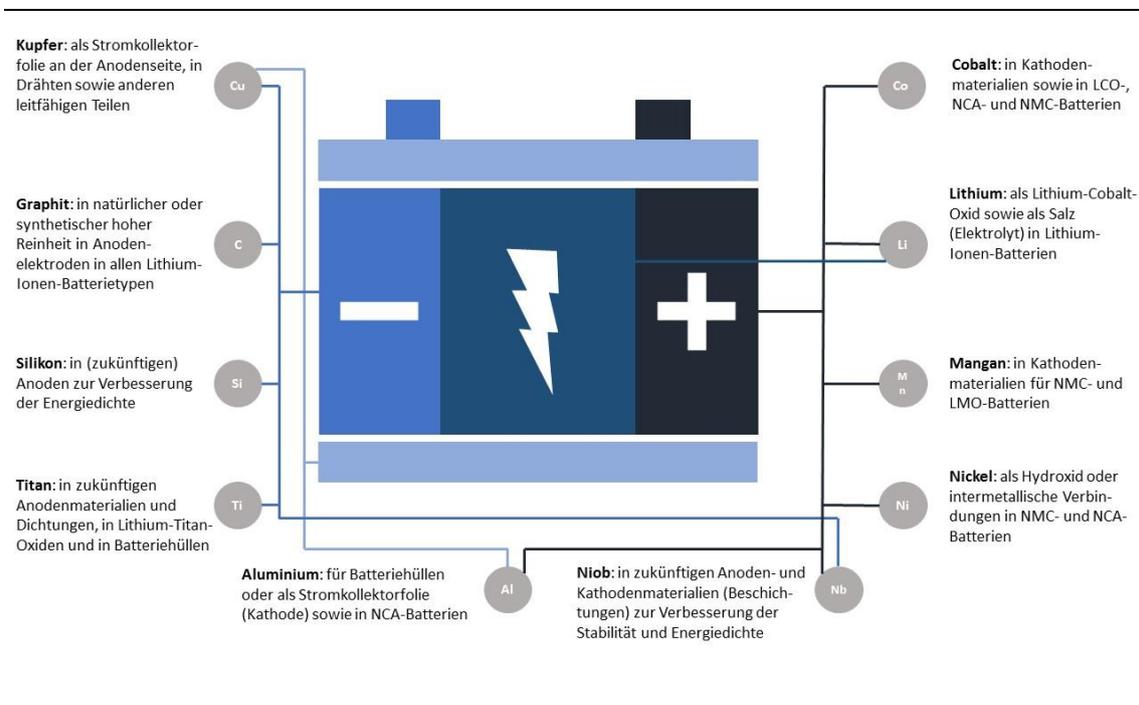
- NMC-622: Nickel, Mangan und Kobalt im Verhältnis von 6:2:2, was zu einem höheren Energiegehalt – allerdings auf Kosten der Stabilität - führt.
 - NMC-811: Nickel, Mangan und Kobalt im Verhältnis von 8:1:1, allerdings wird dieser Typ eher für die Zukunft (nach dem Jahr 2025) erwartet, da derzeit ungelöste Probleme bei der Stabilität und der Sicherheit bestehen. Dieser Batterietyp benötigt ca. 60 Gramm Kobalt je Kilogramm Zelle. Noch mehr Nickel enthält NMC 90:5:5.
- Kathoden aus Lithium-Eisen-Phosphor-Oxid (LFP) kommen derzeit in China zum Einsatz. Sie eignen sich eher für Fahrzeuge mit kurzer Reichweite (electrive.net, 2020a).

Die Nickel-Kobalt-Aluminium-Batterie (NCA) enthält einen geringeren Kobaltanteil, ist aber in der Herstellung teurer. Die Nickel-Mangan-Kobalt-Batterie (NMC) ist in der Herstellung günstiger, benötigt aber einen höheren Kobaltanteil. Die Forschungs- und Entwicklungsbestrebungen bei allen Batterietypen richten sich insbesondere auf die Reduzierung des Kobalteinsatzes. In zukünftigen Batterien könnten weitere Rohstoffe an Bedeutung gewinnen: Silizium, Titan und Niob (Europäische Kommission, 2020).

Die benötigten Rohstoffe sind weltweit in unterschiedlichem Maße vorhanden. Einige Rohstoffe gelten als „kritische Rohstoffe“, da bei ihnen Engpässe entlang der Angebotskette vom Rohstoffabbau bis hin zur benötigten Form des Rohstoffs in der Produktion von Batterien bestehen. Die Europäische Kommission schätzt die Rohstoffe Lithium, Kobalt, Graphit, Silizium, Titan und Niob als kritisch ein, wobei einige dieser Rohstoffe erst in noch zu entwickelnden Batterietechnologien zum Einsatz kommen (Abbildung 7).

Zusätzlich sorgt die Elektromobilität noch für eine zusätzliche Nachfrage nach den Seltenen Erden Neodym und Dysprosium, die in den Magneten der Elektromotoren zum Einsatz kommen. Allerdings gilt auch hier, dass je nach verwendeter Technologie die Seltenen Erden in unterschiedlichem Maße benötigt werden. So verbaut BMW im iX3 als Elektromotor eine stromerregte Synchronmaschine, die im Gegensatz zum bislang häufig verwendeten permanent-erregten Synchronmotor keine Seltenen Erden für die Magnete benötigt (BMW, 2020).

Abbildung 7
In Batterien verwendete Rohstoffe



Quelle: Europäische Kommission, 2020, eigene Übersetzung IW Consult

5.1.3 Szenarien zum Rohstoffbedarf der Elektromobilität

Der zukünftige (weltweite und nationale) Rohstoffbedarf hängt im Wesentlichen von drei Faktoren ab, die sich aus zahlreichen Parametern zusammensetzen:

- Die Anzahl der neu zugelassenen Fahrzeuge mit Elektroantrieb (Prognosen zum Hochlauf der Elektromobilität und der damit verbundenen Batteriekapazität)
- Die Ausstattung der Fahrzeuge mit Batteriekapazitäten
- Die Art der verwendeten Batterietechnik, die über den Rohstoffeinsatz je Einheit Batteriekapazität entscheidet

Entwicklung der Fahrzeugneuzulassungen

Szenarien zu den Fahrzeugneuzulassungen geben Auskunft darüber, wie sich die Zahl der Fahrzeuge entwickeln wird. Dabei sind in der Vergangenheit Prognosen häufig durch die Realität in Frage gestellt worden. Dennoch ist ohne solche Szenarien kein Abschätzen des Rohstoffbedarfs möglich.

In einer Studie für die Vereinigung der Bayerischen Wirtschaft (vbw, 2018) erwarteten Fraunhofer IAO und IW Consult im Basisszenario noch einen deutlichen Anstieg der

Fahrzeugneuzulassungen von 90 Millionen (2016) auf 116 Millionen (2030). Neuere Zahlen lassen hier eine Stagnation erwarten.

Für das Jahr 2030 wird jetzt mit nur rund 90 Millionen Neuzulassungen von Pkw und leichten Nutzfahrzeugen gerechnet (vbw, 2020). Davon werden rund 24,5 Prozent rein batterieelektrische Fahrzeuge sein und weitere 13 Prozent Hybrid-Fahrzeuge. Darüber hinaus werden 61,5 Prozent der neuzugelassenen Fahrzeuge mit Verbrennerantrieb ausgestattet sein. Auf Brennstoffzellenfahrzeuge entfällt das verbleibende Prozent.

Batterietypen und Batteriekapazitäten

Aus den Neuzulassungen lässt sich die erforderliche Batteriekapazität ableiten. Diese hängt von der Struktur der Neuzulassungen ab, aber auch von den in den Fahrzeugen eingesetzten Batteriekapazitäten. Die Annahmen zu diesen Batteriekapazitäten hängen z. B. auch von der Einschätzung des Nutzerverhaltens und den dazu erforderlichen Reichweiten ab.

Aus der Verteilung der Fahrzeugtypen in der vbw-Studie (vbw, 2020) ergibt sich für das Jahr 2030 eine erforderliche Batteriekapazität für Pkw und leichte Nutzfahrzeuge von rund 1.300 GWh. Andere Studien kommen hier auf ähnliche Größenordnungen. So ermittelt die von internationalen Energieunternehmen getragene Organisation energy central eine geschätzte Batteriekapazität von rund 1.400 GWh für elektrifizierte Pkw im Jahr 2030 (energy central, 2020). Eine Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) errechnet in zwei Szenarien einen Bedarf von 1.000 GWh bzw. 1.500 GWh für das Jahr 2030 (Buchert et al., 2019). Das World Economic Forum und die Global Battery Alliance schätzen die benötigte Batteriekapazität für Jahr 2030 im Bereich Elektromobilität sogar auf 2.330 GWh. Beide Studien rechnen dabei aber nicht nur mit Pkw, sondern auch mit anderen Fahrzeugen, wie Pedelecs, Krafträdern, Bussen, Minibussen sowie leichten und schweren Lkw (Abbildung 8).

In Zukunft dürfte die Elektromobilität der größte Nachfrager nach Batteriekapazitäten sein. Darüber hinaus gibt es weitere Anwendungsfelder für die Batterietechnik, wie die zunehmende Speicherung von Elektrizität im Stromnetz sowie Stromspeicher für alle Arten mobiler Datenverarbeitungs- und Kommunikations- sowie Unterhaltungsgeräte (sogenannte 3C-Anwendungen: Computer, Communication devices, Consumer electronics). Letztere kommen zwar in vergleichsweise großer Stückzahl auf den Markt, haben aber beim Stromspeicherbedarf (Kapazität) und Leistungsfähigkeit (Energieabgabe pro Zeiteinheit, Differenzierung des Lastprofils) deutlich geringere Anforderungen als in den anderen Anwendungen. Bei der Ermittlung der benötigten Batteriekapazitäten sind für diese Anwendungen in den Szenarien ebenfalls Annahmen zur Verbreitung und Größe erforderlich. Unter Berücksichtigung aller Anwendungsfelder ergeben sich größere benötigte Batteriekapazitäten:

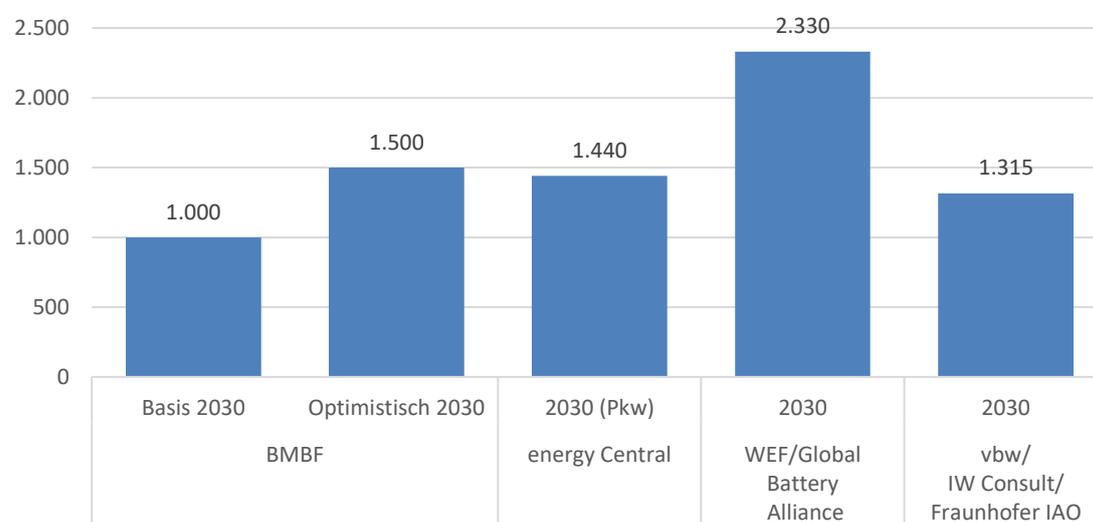
- Das World Economic Forum schätzt zusammen mit der Global Battery Alliance in einem Basis-Szenario die benötigte Batteriekapazität im Jahr 2030 auf rund 2.620 GWh,

insbesondere für Elektromobilität aller Fahrzeugtypen (2.330 GWh), Energiespeicher (220 GWh) und 3-C-Anwendungen (70 GWh) (WEF/Global Battery Alliance, 2019).

- Die von internationalen Energieunternehmen getragene Organisation energy central schätzt die gesamte benötigte Batteriekapazität im Jahr 2030 auf rund 2.000 GWh. Davon entfallen über 1.400 GWh auf elektrifizierte PKW, gefolgt von Lkw, 3-C-Anwendungen und Stromspeichern (energy central, 2020).

Abbildung 8

Prognosen zu den benötigten Batteriekapazitäten in GWh



Quelle: eigene Zusammenstellung IW Consult (2020)

Bedarf an Rohstoffen für die Elektromobilität

Für die Ermittlung des Rohstoffbedarfs werden Annahmen zu den verwendeten Technologien verwendet. Dabei wird ein Wandel im Zeitablauf berücksichtigt. Alle Studien gehen davon aus, dass Kobalt in Lithium-Ionen-Batterien zunehmend durch Nickel und Mangan ersetzt werden wird. Aus den Prognosen zur Verbreitung der Elektrofahrzeuge und den eingesetzten Batterietypen wird in den verschiedenen Studien ein Rohstoffbedarf für Lithium-Ionen-Batterien abgeleitet. Sie beziehen sich insbesondere auf die Rohstoffe Lithium, Kobalt, Graphit, Nickel und Mangan.

In den Studien werden in einigen Fällen nur der weltweite Rohstoffbedarf für die Elektromobilität, in anderen Fällen der gesamte Bedarf aus allen Anwendungen für einen Rohstoff angegeben. Ersichtlich ist in allen Studien, dass die weltweite Nachfrage nach diesen Rohstoffen erheblich steigen wird (Abbildung 9):

- In der vom BMBF finanzierten Studie „Gigafactories für Lithium – Rohstoffbedarfe für die Elektromobilität bis 2050“ werden für die fraglichen Rohstoffe im optimistischen

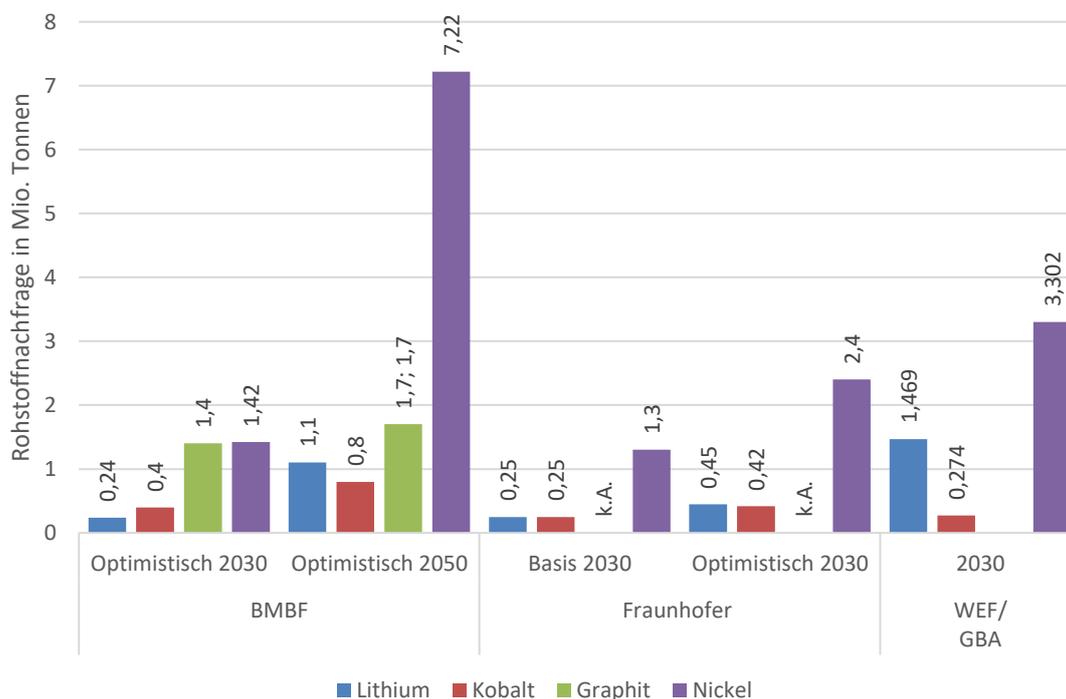
Szenario folgende Rohstoffbedarfe für die Jahre 2030 und 2050 für elektrisch angetriebene Fahrzeuge angeben (Buchert et al., 2019):

- Lithium: 2030: 240.000 Tonnen; 2050: 1,1 Millionen Tonnen
- Kobalt: 2030: 400.000 Tonnen; 2050: 800.000 Tonnen
- Graphit: 2030: rund 1,4 Millionen Tonnen; 2050: 1,7 Millionen Tonnen
- Nickel: 2030: 1,42 Millionen Tonnen; 2050: 7,22 Millionen Tonnen (aufgrund des Trends zu kobaltärmeren NMC-Batterien)

- Fraunhofer ISI (2020) erwartet für das Jahr 2030 folgende Primärmaterialnachfrage nur für Elektroautos:
 - Lithium: 250.000–450.000 Tonnen (höher als in bisherigen Studien)
 - Kobalt: 250.000–420.000 Tonnen (vergleichbar, da sich Effekte der Nachfrageentwicklung und Kobalt-Reduktion ausgleichen)
 - Nickel: 1,3–2,4 Millionen Tonnen (deutlich höher, da Nachfrageentwicklung und Nickel-reiche Systeme zusammenwirken)

Abbildung 9

Prognosen zu den benötigten Rohstoffen für die Elektromobilität/Batterien



Quelle: eigene Zusammenstellung IW Consult

- Das World Economic Forum schätzt zusammen mit der Global Battery Alliance im Basis-Szenario für alle Anwendungen folgende Primärmaterialnachfrage im Jahr 2030

(WEF/Global Battery Alliance, 2019), wobei ein Faktor für die Steigerung der Nachfrage gegenüber dem Jahr 2018 angegeben wird:

- Lithium: 1,469 Millionen Tonnen, Steigerungsfaktor 6,4
- Kobalt: 274.000 Tonnen, Steigerungsfaktor 2,1
- Nickel: 3,302 Millionen Tonnen, Steigerungsfaktor 1,5
- Mangan: 22,6 Millionen Tonnen, Steigerungsfaktor 1,2

Aus dem Vergleich dieser Nachfrageszenarien wird nochmals deutlich, dass es in der Batterietechnik eine Substitutionsbeziehung zwischen Kobalt und Nickel gibt. Je höher der Nickelanteil, desto geringer fällt der Anteil von Kobalt am Rohstoffbedarf aus. Der Vergleich der Prognosen aus der BMBF-Studie zeigt zudem die Erwartung, dass die Substitution von Kobalt durch Nickel im Zeitverlauf zunehmen wird.

Der Rohstoffbedarf für die deutsche und bayerische Automobilindustrie für die Elektromobilität hängt von einer Reihe zukünftiger Entwicklungen ab – etwa von der weltweiten Marktentwicklung, den deutschen und bayerischen Marktanteilen bei den verschiedenen Varianten von Elektrofahrzeugen sowie der Kapazität der nachgefragten Batterien. Zudem ist heute noch nicht entschieden, in welcher Form der Rohstoffbedarf in Bayern oder Deutschland bestehen wird. Je nach Entwicklung und Verteilung der Produktionskapazitäten werden die Rohstoffe direkt für die Batteriezellproduktion oder schon in weiterverarbeiteter Form – etwa als Batteriezellen oder Batterien – bezogen.

Unter Fortschreibung der heutigen Strukturen lässt sich der Rohstoffbedarf der deutschen und bayerischen Automobilindustrie für Batterien in der Elektromobilität grob abschätzen. Geht man davon aus, dass die Automobilindustrie in Deutschland und Bayern ihre derzeitigen Weltmarktanteile auch bei der Struktur der Neuzulassungen im Jahr 2030 behält, wird dann eine Batteriekapazität von rund 72 GWh für die Automobilproduktion in Deutschland benötigt, davon rund 24 GWh in Bayern.

Legt man die stoffliche Zusammensetzung von Batterien aus anderen Studien zugrunde (Buchert et al., 2019), so lässt sich ein entsprechender Rohstoffbedarf ermitteln. Demnach werden jeweils rund 5 Prozent der weltweiten Rohstoffnachfrage für die Elektromobilität in Deutschland anfallen. Dies wären rund 11.500 Tonnen Lithium, 19.000 Tonnen Kobalt, 67.000 Tonnen Graphit sowie 68.000 Tonnen Nickel.

5.1.4 Bewertung der Rohstoffsituation

Versorgungsrisiken bei den Rohstoffen

Die steigende Batterienachfrage lässt eine hohe und steigende Nachfrage nach Rohstoffen erwarten. Dem steht ein Rohstoffangebot gegenüber, das ebenfalls von vielen Faktoren beeinflusst wird. Die Risikobewertung des Rohstoffangebots kann über den Rohstoff-Risiko-Index erfolgen, in dem zu den Faktoren des Rohstoffangebots die Rohstoffreserven, der Abbau- und Verarbeitungskapazitäten, die Machtkonzentration auf den Rohstoffmärkten, die gesellschaftliche Akzeptanz von Rohstoffquellen sowie das Recycling von Rohstoffen zählen.

Der Rohstoff-Risiko-Index bildet die Ausprägungen der Risikofaktoren in einer Maßzahl ab und ordnet diese einer roten (höchstes Risiko), orangenen (mittleres Risiko) oder grünen (geringes Risiko) Gruppe zu. Die Zuordnung der in dieser Fallstudie betrachteten Rohstoffe ist in Tabelle 5 zusammengefasst.

Tabelle 5

Rohstoffe für die Elektromobilität im Rohstoff-Risiko-Index

Risikogruppe	Rohstoffe
Rote Gruppe	Kobalt, Niob, Lithium, Neodym, Graphit
Orange Gruppe	Mangan, Nickel, Titan
Grüne Gruppe	–
Nicht betrachtet	Silizium, Dysprosium

Quelle: eigene Berechnungen IW Consult

Bei allen betrachteten Rohstoffen gelten die bekannten globalen Rohstoffreserven als ausreichend. Es wird keine absolute physische Verknappung erwartet. Auch die einzelnen zitierten Studien kommen zu diesem Ergebnis. So werden die Rohstoffreserven in der BMBF-Studie für Lithium auf 16 Millionen Tonnen, für Kobalt auf 7,1 Millionen Tonnen und für Nickel auf 74 Millionen Tonnen geschätzt. Die natürlichen Ressourcen sind noch viel größer (Buchert et al., 2019). Fraunhofer ISI (2020) geht von 14 Millionen Tonnen Lithium-, 6,9 Millionen Tonnen Kobalt- und 89 Millionen Tonnen Nickelreserven aus, wobei auch hier die natürlichen Ressourcen deutlich höher ausfallen. Diese Größenangaben entsprechen den Schätzungen für die Reserven, die im Rohstoff-Risiko-Index verwendet werden.

Gleichwohl sind temporäre Verknappungen bei der Rohstoffversorgung oder massive Preisschwankungen bei einzelnen Rohstoffen möglich. Ersteres kann beispielsweise als Folge der kurzen statischen Reichweiten bei Kobalt, Lithium, Mangan und Nickel eintreten, wenn die Förderung nicht deutlich ausgeweitet wird. Die hohen Preisrisiken bei Kobalt und Lithium untermauern die Knappheitsrisiken. Zudem entstehen Risiken immer dann, wenn Teile der Wertschöpfungskette der Rohstoffversorgung auf wenige Länder beschränkt sind. Vielfach ist ein Ausweichen auf alternative Anbieter unmöglich, wenn beispielsweise die Lieferung von Rohstoffen (industrie-)politisch instrumentalisiert wird oder einzelne Unternehmen ihre Marktmacht ausnutzen. Das ist vor allem bei Kobalt, Lithium, Niob, Neodym und Graphit der Fall; gleichzeitig handelt es sich bei den Herkunftsländern um politisch weniger stabile Regionen.

Gesellschaftliche Akzeptanz

Die gesellschaftliche Akzeptanz von Rohstoffquellen hat eine regulatorische und eine technologische Seite. So wird Kobalt in hohem Maße in der Demokratischen Republik Kongo abgebaut. Die politische Lage im Kongo ist seit Jahren instabil. Die Rohstoffförderung dort geht zudem mit hohen sozialen, menschenrechtlichen und ökologischen Risiken einher. So erfolgen 10 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 erschwert (Deutscher Bundestag, 2019a). Regulierungen wie das Lieferkettengesetz, der Dodd-Frank-Act der USA oder die Konfliktmineralienverordnung der Europäischen Union stellen die Hersteller vor neue Herausforderungen. Ob sich allerdings der Kobaltbedarf ohne die Demokratische Republik Kongo decken lassen wird, ist fraglich.

An gesellschaftlicher Akzeptanz kann es in den Förderländern mangeln. So gerät die Lithiumproduktion in Südamerika, wo große Anteile der förderwürdigen Vorkommen liegen, wegen ökologischer 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.

Zudem können sich die Fahrzeugkäufer von Technologien mit Kobalt aus gesellschaftlich nicht akzeptierten Quellen abwenden, falls erschwingliche kobaltfreie Alternativen entwickelt werden. Sowohl bei Lithium als auch bei Kobalt kann derzeit als risikoarmes Land nur Australien nennenswerte Mengen der Rohstoffe bereitstellen. Hersteller ohne Zugang zu den kobaltfreien Technologien könnten dann ins Hintertreffen geraten, da sie ihren Kobaltbedarf kaum aus akzeptierten Quellen decken dürften.

Sekundärrohstoffe und Recycling als alternative Rohstoffquellen

Das Recycling ist eine weitere Möglichkeit, um den Rohstoffbedarf zu decken. 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. Gleichwohl ist bis zum Jahr 2030 oder 2050 mit viel Recyclingmaterial zu rechnen, das eine Produktion nennenswert unterstützen kann. Das Recycling von Fahrzeugbatterien gilt als technisch machbar. Pilotanlagen setzen das Recycling bereits heute industriell um. So können Nickel und Kobalt zu über 90 Prozent aus gesammelten Batterien zurückgewonnen werden.

Da der Kobalt-Anteil in neuen Kathodenmaterialien reduziert werden dürfte, könnte trotz steigender Nachfrage vorübergehend eine Parität zwischen Bedarf und Recyclingertrag erreicht werden. Auch bei Lithium kann das Recycling 10 bis 30 Prozent des jährlichen Bedarfs bis zum Jahr 2050 decken, wenn hohe Sammelquoten erreicht und 25 bis 50 Prozent des Lithiums aus Altbatterien zurückgewonnen werden könnte (Fraunhofer ISI, 2020).

Die BMBF-Studie „Gigafactories für Lithium – Rohstoffbedarfe für die Elektromobilität bis 2050“ geht davon aus, dass durch ein konsequentes Sammeln und Recyceln von Altbatterien im Jahr 2030 bereits 10 Prozent der Nachfrage nach Lithium, Kobalt und Nickel gedeckt werden können, im Jahr 2050 sogar 40 Prozent. Daher trage das Recycling von Altbatterien zur Verringerung von Rohstoffabhängigkeiten bei (Buchert et al., 2019).

5.1.5 Handlungsmöglichkeiten zur Sicherung der Rohstoffversorgung

Die Fallstudie zeigt, dass die Elektromobilität mit den Lithium-Ionen-Batterien gleich vier Rohstoffe benötigt, die im Rohstoff-Risiko-Index der roten Gruppe der Rohstoffe mit besonders hohen Versorgungsrisiken zugeordnet sind: Lithium, Kobalt, Graphit und Mangan. Auch Nickel als Rohstoff der orangefarbenen Gruppe spielt eine wichtige Rolle.

Die kritischen Einschätzungen resultieren dabei weniger aus der schieren Menge an benötigten Rohstoffen. Die globalen physischen Reserven sind auch angesichts der hohen Nachfragezuwächse ausreichend. Problematisch sind vielmehr die gesellschaftlichen und politischen Risiken entlang der Angebotskette.

Die Förderkapazitäten müssen besonders für Kobalt und Lithium in den kommenden Jahren mit großen Investitionen massiv ausgeweitet werden. Die geringen statischen Reichweiten sind klare Signale dafür. Die hohen Preisrisiken zeigen wiederum, dass die Ausweitung nicht nur mit hohen Kosten, sondern auch mit hohen Risiken verbunden ist. Die Konzentration auf wenige, häufig politisch instabile Länder ist ein Grund dafür.

Die Politik hat verschiedene Möglichkeiten, die Voraussetzungen für eine sichere Rohstoffversorgung zu verbessern:

- Die Unterstützung der Rohstoffförderländer beim Aufbau nachhaltiger Bergbaustrukturen kann die politischen Versorgungsrisiken verringern und die gesellschaftliche Akzeptanz des Rohstoffbezugs verbessern.
- Die Diversifizierung des Rohstoffzugangs für die Unternehmen bedarf eines möglichst freien und fairen Zugangs zu den Weltmärkten. Die internationalen Rahmenbedingungen dafür erfordern staatliches Handeln.
- Internationale Abhängigkeiten können mittel- bis langfristig durch Recycling verringert werden. Auch wenn die verfügbaren Rohstoffmengen im Recycling heute noch gering sind, gilt es die Infrastruktur und die industriellen Prozesse für das Recycling aufzubauen. Bei Lithium existieren zudem Ansätze, eine eigene europäische Förderung zu etablieren.
- Für die korrekte Einschätzung der Rohstoffversorgung in den kommenden Jahren gilt es zudem die Erforschung und Erprobung alternativer Batterietechnologien im Blick zu behalten. Durch technologische Innovationen kann der Rohstoffbedarf entscheidend verändert werden.

5.2 Potenziale des Recyclings: das Beispiel der Smartphones

In Europa besitzen mehr als 90 Prozent der erwachsenen Bevölkerung ein Mobiltelefon, in den meisten Fällen davon ein Smartphone (Pew Research Center, 2019). Weltweit wurden im Jahr 2019 rund 1,37 Milliarden Smartphones abgesetzt (IDC, 2020), davon rund 22 Millionen in Deutschland (Bitkom, 2020). Für die damals 28 Mitgliedstaaten der Europäischen Union wird der Smartphone-Absatz im Jahr 2017 auf rund 182 Millionen Geräte geschätzt (Rizos et al., 2019).

Der weltweite Markt für Smartphones scheint eine Sättigungsgrenze erreicht zu haben. Seit dem Jahr 2016 gingen die Stückzahlen der weltweit abgesetzten Smartphones von 1,47 Milliarden auf 1,37 Milliarden zurück (IDC, 2020). Auch in Europa ist der Absatz von Smartphones bereits seit einigen Jahren rückläufig. Folglich ersetzen neue Geräte nur noch bereits genutzte Geräte. Gleichzeitig wächst der Markt für wiederaufgearbeitete (*refurbished*) Geräte vor allem in entwickelten Ländern. Wiederaufgearbeitete Geräte erreichen in Europa einen Marktanteil von rund 10 Prozent (Rizos et al., 2019).

Smartphones enthalten bis zu 75 verschiedene Rohstoffe und Materialien. Gleichzeitig sind Smartphones mit einem durchschnittlichen Gewicht von 160g relativ klein und leicht. Entsprechend gering sind die Mengen einzelner Rohstoffe in einem einzelnen Smartphone. Ihre gesamtwirtschaftliche Bedeutung erhalten Smartphones und die darin enthaltenen Rohstoffe über ihre weite Verbreitung.

Smartphones gehören am Ende der Nutzungsdauer zum Elektromüll, der in der EU auf Basis der Vorschriften aus der *Waste of Electrical and Electronic Equipment (WEEE)*-Verordnung gesammelt wird. Die Umsetzung der Verordnung erfolgt in Deutschland über das Elektro-Geräte-Gesetz. Die Sammlung der Alt-Geräte erfolgt über den Handel oder spezielle Sammelstellen. Mit dem Aktionsplan Kreislaufwirtschaft (vgl. auch Kapitel 6.2) zielt die Europäische Union auf eine Erhöhung der Sammelquoten.

Weltweit wird die Elektromüllmenge im Jahr 2019 auf rund 53,6 Millionen Tonnen geschätzt. Davon entfallen 4,7 Millionen Tonnen auf kleine IKT-Geräte, unter die auch Smartphones fallen. Smartphones machen schätzungsweise rund ein Prozent des Gesamtgewichtes der Elektromüllmenge aus. Für das Jahr 2019 wären das weltweit rund 522.000 Tonnen. Bezogen auf die Bevölkerung ist der Elektromüllanteil in Europa (inkl. Russland) mit 16,2 Kilogramm pro Person mehr als doppelt so hoch wie weltweit mit 7,3 Kilogramm pro Person (Baldé et al. 2017, Forti et al. 2020).

5.2.1 Die Wertschöpfungskette des Smartphones

Die Wertschöpfungskette bei Smartphones ist in der Regel linear aufgebaut. Das bedeutet, dass die meisten in Smartphones verbauten Rohstoffe als Primärrohstoffe in die Wertschöpfungskette eingeschleust werden. Nach Produktion, Verkauf und Nutzung stehen in einer linearen Wertschöpfungskette am Ende des ersten Lebenszyklus eines Smartphones die Entsorgung oder der ungenutzte Verbleib im Haushalt (*Hibernation*).

In einem kreislaufwirtschaftlichen Ansatz kann nach einer ersten Nutzungsperiode eine Verlängerung der Nutzungsdauer erfolgen, beispielsweise durch eine direkte Weitergabe an einen zweiten Nutzer (unentgeltlich oder durch Verkauf) oder eine Weiternutzung nach Reparatur oder Aufbereitung (*Refurbishment*) der Altgeräte. Eine Verlängerung der Nutzungsdauer von Altgeräten ist gegenüber einer Neubeschaffung mit dem geringsten Ressourcenverbrauch verbunden und aus Umweltsicht allen anderen Verwendungen überlegen.

Dem Ansatz der Kreislaufwirtschaft entspricht auch, das Gerät am Ende der Nutzungsdauer dem Recycling zuzuführen und dabei möglichst viele Rohstoffe wieder zu gewinnen. Die so gewonnenen (Sekundär-)Rohstoffe sollten danach in die gleiche oder eine neue Wertschöpfungskette eingeschleust werden. Dem Gedanken der Kreislaufwirtschaft widerspricht die in Europa verbotene Entsorgung der Altgeräte über den Hausmüll, weil die Altgeräte und die darin enthaltenen Rohstoffe so der stofflichen Wiederverwendung entzogen werden.

Ebenso wie die Entsorgung über den Hausmüll entzieht der Export von Altgeräten aus Europa in Drittstaaten die potenziell nutzbaren Rohstoffe der europäischen Verfügung. Zwar wird durch den Export ebenfalls die Nutzungsdauer verlängert. Die sachgerechte Sammlung und das Recycling sind in den Zielländern der Exporte jedoch häufig nicht gewährleistet.

Ein wesentliches Merkmal von Smartphones ist die weltweite Organisation der Wertschöpfungskette. Die Orte von Design, Rohstoffgewinnung, Produktion der Bauteile, Zusammenbau des Geräts und Absatz der Geräte erstrecken sich fast über den gesamten Globus. Die einzelnen Schritte der Wertschöpfungskette lassen sich wie folgt charakterisieren:

- Am Anfang steht die Rohstoffgewinnung. Viele der in einem Smartphone verwendeten Rohstoffe werden nicht in Europa gewonnen. Die Förderung dieser Rohstoffe hat häufig negative Umwelt-, Sozial- und Menschenrechtseffekte.
- Die Herstellung der Komponenten, wie z. B. Leiterplatten, Kondensatoren, LCD-Displays und Batterien, und der Zusammenbau der Komponenten zum Smartphone finden überwiegend in China, Südkorea, Malaysia, Singapur und Taiwan statt. An dieser Stelle ist es möglich, Sekundärrohstoffe in die Produktion zu integrieren und die Primärrohstoffnachfrage zu reduzieren. Ökonomische und technische Voraussetzungen dafür sind nicht immer gegeben.
- Absatz oder Verkauf von Mobiltelefonen und Smartphones erfolgen häufig gemeinsam mit einem Mobilfunkvertrag durch die Telekommunikationsanbieter. Gerätepreise werden dabei teilweise von den Anbietern über die Verträge subventioniert oder erscheinen den Konsumenten günstiger, wenn diese die im Vertrag enthaltenen Zusatzkosten nicht vollständig wahrnehmen. Dies kann zu einem schnelleren Ersatz von Geräten führen, gleichzeitig aber auch die Sammlung der Altgeräte erleichtern, wenn die Abgabe des Altgerätes Bestandteil des Vertrags ist.

- Am Ende der ersten Nutzungsperiode können die Geräte unterschiedliche Wege einschlagen. Export oder (unerlaubte) Entsorgung im Hausmüll entziehen die Geräte einer Weiterverwendung in der EU. Teilweise werden die Geräte auch – aufgearbeitet oder nicht – zur Weiterverwendung an andere Konsumenten gegeben. Eine weitere Möglichkeit ist Sammlung und Recycling der Geräte.
- Sammlung und Recycling bestehen aus mehreren Arbeitsschritten (Rizos et al., 2019).
 - Die Sammlung kann an verschiedenen Punkten stattfinden, z. B. im Handel, an Wertstoffhöfen oder mittels spezifischer Sammelstellen etwa in Supermärkten oder öffentlichen Einrichtungen. Zusätzlich sind Anreize zur Sammlung von Geräten wie Rabatte auf neue Geräte denkbar.
 - Die Trennung der Batterie vom Gerät ist nach der WEEE-Verordnung in Europa vorgeschrieben (*De-Pollution*). Sie gilt auch für andere Geräte mit wiederaufladbaren Batterien (z. B. Rasierapparate). Damit soll das Recycling der Batterierohstoffe, wie z. B. Kobalt, erleichtert werden. Auch externe elektrische Kabel und große Displays (über 100 cm²) werden entfernt (Manhart et al., 2016).
 - Die eigentliche Wiedergewinnung der Rohstoffe findet in speziellen Recycling-Werken statt. Dabei werden die Geräte in der Regel geschreddert und eingeschmolzen. So können die wichtigsten Metalle, wie z. B. Kupfer und Edelmetalle wiedergewonnen werden. Batterien werden getrennt recycelt, um die Rückgewinnung von Kobalt zu ermöglichen (Manhart et al., 2016).

5.2.2 Rohstoffe im Smartphone

Ein Smartphone bietet ein breites Funktionsspektrum. Dafür ist die Verwendung vieler verschiedener Rohstoffe nötig. Am Markt existieren zudem viele verschiedene Modelle, die sich in der Zusammensetzung und Leistungsfähigkeit stark unterscheiden. Schätzungen gehen davon aus, dass in einem Smartphone bis zu 75 verschiedene Materialien verbaut sind (Rizos et al., 2019, S. 26).

In der Literatur lassen sich nur wenige Ansätze für die Schätzung einer durchschnittlichen Zusammensetzung von Smartphones ermitteln (Manhart et al., 2016; Responsible Minerals Initiative et al., 2018; Rizos et al., 2019). Auf deren Basis lassen sich die Mengen der Rohstoffe und deren Zuordnung zu einzelnen Funktionen des Smartphones darstellen. Die zentralen Ergebnisse und die Spannbreite der Mengenanteile der Rohstoffe an einem Smartphone sind in Tabelle 6 zusammengefasst. Die genaue Zusammensetzung eines einzelnen Smartphones wird von diesen geschätzten Durchschnittswerten abweichen. Die Werte geben aber Hinweise auf die Größenordnungen, in denen die Metalle zum Einsatz kommen.

Tabelle 6

Rohstoffe im Smartphone und deren Verwendung

Rohstoff	Hauptsächliche Verwendung	Gewichtsanteil (in Prozent)	Kritikalität (Rohstoff-Risiko-Index)
Aluminium	Hülle, Platine	15% – 19%	Mittel
Kupfer	Drähte, Legierungen, elektromagnetische Abschirmung, Platine, Lautsprecher/Mikrofon, Vibrationsalarm	9%	Mittel
Magnesium	Hülle	2% - 3,5%	Mittel
Kobalt	Batterie	3,4% – 5,1%	Hoch
Zinn	Lötpaste	0,1% – 0,8%	Hoch
Eisen (Stahl)	Gerätehülle	0,5% – 8,5%	Hoch
Wolfram	Vibrationsalarm	0,2% – 0,3%	Hoch
Silber	Lötpaste, Platine	0,1% – 0,2%	Mittel
Seltene Erden*	Magnete für Lautsprecher und Mikrofone, LED-Einheit	0,04%	Hoch
Gold	Elektronische Komponenten, Platine	0,02%	Mittel
Tantal	Kondensatoren	0,012%	Hoch
Palladium	Elektronische Komponenten, Platine	0,006%	Hoch
Indium / Gallium	Display und LED-Einheit	0,006%	Hoch
Graphit	Batterie	n.a.	Hoch
Lithium	Batterie	n.a.	Hoch
Nickel	Batterie	n.a.	Mittel
Glimmer	Isolatoren / Oberfläche / Lack	n.a.	Niedrig
Kunststoffe	Gerätehülle	6% - 20%	Nicht bewertet

*Seltene Erden: Neodym, Praseodym, Yttrium, Gadolinium, Europium, Cer

Quellen: Rizos et al. (2019), Manhart et al. (2016), Responsible Materials Initiative et al. (2018).

Die fortschreitende technologische Entwicklung wird die Zusammensetzung der Smartphones auch in Zukunft verändern. Dünnere Geräte kommen mit einem geringeren Materialeinsatz aus. Die Integration neuer Entwicklungen wie Künstlicher Intelligenz (KI), Virtual Reality (VR) und Augmented Reality (AR) unterstützen hingegen den Trend zu größeren Displays und folglich größeren Geräten mit höherem Materialeinsatz. Der technologische Fortschritt in der Fertigung führt dazu, dass Bauteile in Smartphones bei gleicher Leistung einen geringeren Materialeinsatz benötigen (Effizienz und Miniaturisierung). Gleichzeitig steigen aber Leistungsfähigkeit und die Leistungsanforderungen der Smartphones (Rebound-Effekte). Diese Trends weisen in Hinblick auf den Rohstoffeinsatz also in unterschiedliche Richtungen und heben sich so zumindest zum Teil gegenseitig auf. (Rizos et al., 2019, S. 13f.).

Integrierte Batterien ermöglichen es, die Geräte wasserdicht und staubdicht zu bauen. Dies erschwert aber einen Ersatz der Batterie und verkürzt in der Tendenz die Lebensdauer. Es erschwert auch die Trennung der Materialien im Recycling. Modular aufgebaute Geräte, bei denen sogar einzelne Bauteile ohne großen Aufwand getauscht werden können, bleiben bislang Nischenprodukte (Rizos et al., 2019, S.13).

Bezogen auf das Gewicht dominieren in einem Smartphone jene Teile, die überwiegend in der Hülle der Geräte verbaut werden. Je nach Zusammensetzung kommen Aluminium, Magnesium, Eisen (bzw. Stahl) und Kunststoffe in der Hülle zum Einsatz und machen rund 40 Prozent des Gewichts eines Smartphones aus. Auch die Batterie als einzelnes Bauteil kommt noch auf ein relativ großes Gewicht. Allein der Anteil des in der Batterie eingesetzten Kobalts macht bis zu fünf Prozent der Masse des Smartphones aus. Dazu kommen weitere Batterierohstoffe wie Lithium, Nickel und Grafit. Kupfer ist mit rund neun Prozent Gewichtsanteil ein bedeutendes Material für Smartphones und kommt in den meisten einzelnen Bauteilen zur Verwendung.

Viele Rohstoffe wie Zinn, Silber, Wolfram, Tantal, Gold, Palladium, Seltene Erden sowie Indium und Gallium kommen mit Gewichtsanteilen von teilweise deutlich unter ein Prozent nur in Spuren in Smartphones vor. Sie sind aber in der Regel – gerade wegen der kompakten Bauweise von Smartphones – essenziell für die Funktionsfähigkeit der Geräte.

Diese Beobachtung illustriert zugleich die hohe Bedeutung einiger Rohstoffe für Zukunftstechnologien. Nur sehr kleine Mengen, die zudem nur schlecht substituierbar sind, haben eine entscheidende Bedeutung für die Funktionsfähigkeit von Hochtechnologieprodukten.

Zu den kritischen Rohstoffen in den Smartphones zählen dann auch überwiegend diese in kleinen Mengen vorkommenden Rohstoffe wie Tantal, Wolfram, Gallium oder Indium. Der Zusammenhang zwischen Substituierbarkeit und Kritikalität wird am Beispiel des Smartphones auch selbst deutlich. So kommen beispielsweise für die Hülle mehrere verschiedene Rohstoffe zum Einsatz, die auch wechselseitig substituierbar sind. Für hinreichend leistungsfähige Kondensatoren, LED-Displays, Batterien oder Vibrationselemente scheint aber der Einsatz von Tantal, Seltenen Erden, Kobalt oder Wolfram – wenn auch in kleinen Mengen – unerlässlich.

5.2.3 Gewinnung und Weiterverwendung der Sekundärrohstoffe

Der reine Materialwert der in einem Mobiltelefon verbauten Rohstoffe ist gering im Verhältnis zum Marktwert eines neuen oder gebrauchten Geräts. Er wird auf rund zwei Euro taxiert. Dennoch ergibt sich aus der Menge der Smartphones, die jährlich außer Gebrauch genommen werden, eine beachtliche Summe. In der jüngsten verfügbaren Untersuchung wird die Masse der Mobiltelefone im globalen Abfallstrom für das Jahr 2016 auf 435 Kilotonnen und der Wert der darin enthaltenen Rohstoffe auf 9,4 Milliarden Euro geschätzt (Baldé et al., 2017). Bezogen auf die Menge des Elektromülls im Jahr 2019 (53,6 Millionen Tonnen), muss man für das Jahr 2019 von ungefähr 522 Kilotonnen Mobiltelefonen in der globalen Abfallmenge ausgehen.

Die Wiedergewinnung von Rohstoffen aus Altgeräten kann sich lohnen, weil die Konzentration einzelner Rohstoffe wie Gold oder Kupfer auf den zu entsorgenden Leiterplatten auf das Vielfache dessen geschätzt wird, was in den Erzen des Rohstoffbergbaus enthalten ist (Rizos et al., 2019).

Bezieht man die Angaben zum Rohstoffinhalt eines Smartphones auf die Weltproduktion der Rohstoffe, zeigt sich, dass nennenswerte Anteile der Weltproduktion für Smartphones nur bei einzelnen Rohstoffen verwendet werden (Tabelle 7). Nur bei Kobalt (4,2 Prozent), Silber (1,6 Prozent), Gold (1,3 Prozent), Palladium (6,6 Prozent) und Indium/Gallium (1,2 Prozent) überschreiten die Anteile die 1-Prozent-Grenze.

Der Vergleich mit der weltweiten Rohstoffproduktion bildet aber nur einen Aspekt für die Begründung des Recyclings ab. Folgende Gründe sprechen für eine Intensivierung der Rückgewinnung:

- Einige der verwendeten Metalle werden als kritisch eingestuft, so dass gerade für ein Rohstoffimportland wie Deutschland aus dieser Perspektive die Rückgewinnung auch kleinerer Mengen die Versorgungslage entspannen kann.
- Die Erfassung der Verwendung der Metalle beim Einbau erfolgt in den Fertigungsländern der Smartphones. Deutschland zählt für die meisten Smartphones nicht dazu. Die Nutzung der Rohstoffe aus nicht mehr verwendeten Smartphones in Deutschland ist somit ein Substitut für Rohstoffimporte.
- Die Mobilisierung der großen Menge außer Gebrauch gesetzter Smartphones, die noch nicht entsorgt oder recycelt wurden, erhöht das Recyclingpotenzial deutlich.

Tabelle 7

Rohstoffe im Smartphone – Mengen im Verhältnis zur Weltproduktion

Rohstoff	Verwendete Mengen in Smartphones (in Tonnen)*	Anteil an Weltproduktion (in Prozent)
Aluminium	31.052	0,02
Kupfer	21.168	0,1
Magnesium	7.756	0,8
Kobalt	7.532	4,2
Zinn	1.694	0,5
Eisen (Stahl)	1.232	0,0002
Wolfram	616	0,8
Silber	434	1,6
Seltene Erden**	85	0,6
Gold	42	1,3
Tantal	28	0,3
Palladium	14	6,6
Indium / Gallium	15	1,2

*Hochrechnung für ca. 1,4 Mrd. verkaufte Smartphones weltweit

**Seltene Erden: Neodym, Praseodym, Yttrium, Gadolinium, Europium, Cer

Quelle: Manhart et al. (2016), eigene Berechnungen IW Consult (2020)

Simulationsrechnungen für das Recyclingpotenzial aus Smartphones bestehen für sechs Rohstoffe: Gold, Silber, Kupfer, Palladium, Kobalt und Lithium (Rizos et al., 2019). Diese Rohstoffe machen zwar nur einen kleinen Teil des Gewichts des Smartphones aus, zählen aber zu den besonders wertvollen oder kritischen Rohstoffen. Gleichzeitig bestehen hier – anders als z. B. bei Seltenen Erden oder Indium etablierte Recyclingverfahren. Bei manchen der Metalle (z. B. Palladium, Kobalt) wird ein nennenswerter Anteil der Minenproduktion nur für die Produktion von Smartphones eingesetzt (Tabelle 7).

Kobalt, Lithium und Palladium zählen zu den kritischen Rohstoffen im Rohstoff-Risiko-Index. Sie werden auch von der EU als kritische Rohstoffe eingestuft. Gold, Silber und Kupfer wird im Rohstoff-Risiko-Index ein mittleres Risiko zugeordnet.

Zwei Szenarien zeigen auf, welche Mengen der genannten Materialien in Europa als Sekundärrohstoffe gewonnen werden könnten. Das erste Szenario stellt auf die rund 182 Millionen im Jahr 2017 in Europa verkauften Mobiltelefone ab. Das zweite Szenario bezieht sich auf die Menge der ungenutzten Mobiltelefone in Europa, deren Anzahl auf rund 700 Millionen geschätzt wird (Rizos et al., 2019).

Um die Menge der wiedergewinnbaren Rohstoffe abzuschätzen, sind Annahmen über den Rohstoffinhalt, die Sammelquote und die Wiedergewinnungsrate der Rohstoffe notwendig. Die Annahmen zum Rohstoffinhalt im Smartphone orientieren sich an den oben beschriebenen Werten (Kap. 5.2.2) und sind in Tabelle 8 angegeben. Sie liegen zwischen rund 14 Gramm bei Kupfer und 0,01 Gramm bei Palladium. Die aktuelle Sammelquote bei Smartphones in der Europäischen Union wird auf 12 Prozent geschätzt, die Wiedergewinnungsrate der Rohstoffe auf 90 Prozent (Rizos et al., 2019).

Über die Vielzahl der in Umlauf gebrachten Smartphones ergeben sich signifikante Mengen an wiedergewinnbaren Rohstoffen. Sie bewegen sich in einem Rahmen von rund 100 Kilogramm Palladium bis zu 280 Tonnen Kupfer aus den jährlich in Umlauf gebrachten Smartphones. Legt man die Menge der ungenutzten Smartphones zu Grunde, vervielfachen sich die Mengen entsprechend der höheren Stückzahl um den Faktor 3,8.

Legt man die Rohstoffpreise für die entsprechenden Rohstoffe zu Grunde, ergeben sich nennenswerte Summen für den Wert der wiederzugewinnenden Rohstoffe. Dem Rohstoffwert nach betrachtet sind in Bezug auf die in Umlauf gebrachten Geräte Gold (rund 20 Millionen Euro), Kobalt (rund 8 Millionen Euro) und Palladium (rund 5 Millionen Euro) die wertvollsten Rohstoffe, die im Recycling gewonnen werden können.

Die Betrachtung in den Szenarien schließt ausdrücklich Schätzfehler ein. Daher werden alternative Annahmen betrachtet. Der größte Hebel für Änderungen liegt dabei in der Veränderung der Sammelquote. Für die Szenarien wird die auf Basis verschiedener Quellen geschätzte tatsächliche Sammelquote für Smartphones in Europa von 12 Prozent zugrunde gelegt – deutlich weniger als die in der WEEE-Verordnung geforderten Quote von 65 Prozent für Elektrogeräte.

Die Schätzung von 12 Prozent für Smartphones ist aber nicht unrealistisch. Die angestrebte Sammelquote von 65 Prozent gilt für die Summe aller Elektrogeräte und wird nicht über Stückzahlen, sondern über das Gewicht erfasst. Eine deutliche Unterschreitung der Quote bei Smartphones fällt somit kaum ins Gewicht, wenn die Quote bei Elektrogeräten wie Fernsehern, Kühlschränken oder Waschmaschinen erfüllt wird. Die Sammelquote für den gesamten Elektromüll wird für das Jahr 2019 auf 42,5 Prozent in ganz Europa und Russland geschätzt (Forti et al, 2020).

Die Berechnungen in den Szenarien sind relativ einfach gehalten. Eine Erhöhung der Sammelquote bei Smartphones von den in den Szenarien angenommenen 12 Prozent auf die 65 Prozent der WEEE-Verordnung würde die wiedergewinnbaren Mengen der Rohstoffe entsprechend ebenfalls etwa um den Faktor fünf erhöhen.

Vor allem für Kobalt ergibt sich durch das Recycling ein hoher potenzieller Beitrag zur Rohstoffversorgung in Europa. Im Jahr 2017 wurden rund 700 Tonnen Kobalt in die EU importiert. Bei einer Sammelquote von 12 Prozent könnten rund 23 Prozent, bei einer Sammelquote von 65 Prozent rund 123 Prozent dieser Importe durch Recycling aus Smartphones gedeckt werden (Rizos et al., 2019). Die aus Recycling gewonnene Kobaltmenge überstiege in diesem Fall sogar die heutige Importmenge. Bei Kupfer wären bei einer Sammelquote von 65 Prozent rund elf Prozent der EU-Importe durch Recycling aus Smartphones ersetzbar.

Tabelle 8

Wiedergewinnbare Rohstoffe durch Recycling

Rohstoff	Rohstoffinhalt je Smartphone (in g)	Wiedergewinnbare Rohstoffe (in t) aus...	
		... verkauften Smartphones	... ungenutzten Smartphones
Gold	0,03	0,5	2,1
Silber	0,21	4,1	15,8
Kupfer	14,26	280,3	1.073,7
Palladium	0,01	0,1	0,6
Kobalt	8,35	164,1	628,7
Lithium	0,93	18,3	70,0

Annahmen: Gewicht eines Smartphones: 164g; Sammelquote: 12 Prozent; Stückzahlen: 182 Millionen verkaufte Smartphones in Europa (2017), 700 Millionen ungenutzte Smartphones in Europa (2017); Wiedergewinnungsrate: 90 Prozent
 Quelle: Rizos et al. (2019), eigene Zusammenstellung IW Consult

5.2.4 Herausforderungen des Recyclings bei Smartphones

Die Herausforderungen bei der Wiedergewinnung von Rohstoffen aus nicht mehr genutzten Mobiltelefonen lassen sich grob in zwei Kategorien einteilen. Einerseits werden nicht mehr genutzte Geräte nur unvollständig gesammelt. Andererseits müssen technische und ökonomische Probleme bei der Wiedergewinnung der gesammelten Mobiltelefone bewältigt werden.

Eine Bevölkerungsbefragung zeigt, dass rund ein Fünftel der Bundesbürger ungenutzte Mobiltelefone oder Smartphones ausnahmslos im Haushalt behält. Die Zahl der ungenutzten Handys in deutschen Haushalten wächst demnach ungebrochen und wird für das Jahr 2020 auf rund 200 Millionen Geräte geschätzt. Gegenüber dem Jahr 2018 bedeutet dies eine Steigerung um mehr als 60 Prozent. Demnach verfügen 85 Prozent der Befragten über mindestens ein ungenutztes Handy oder Smartphone. Rund die Hälfte der Befragten gibt an, drei oder mehr Altgeräte zu besitzen (Bitkom, 2018, 2020a). Diese Geräte bilden einen Teil des sogenannten anthropogenen Lagers, das mittels *Urban Mining* für die Rohstoffversorgung erschlossen werden kann.

Die in den oben skizzierten Szenarien verwendete Zahl von 700 Millionen ungenutzten Mobiltelefonen in Europa wurde auch auf Basis der Werte der Bitkom-Befragung aus dem Jahr 2018 ermittelt (Rizos et al., 2019). Unterstellt man für ganz Europa die gleiche Zunahme der Zahl ungenutzter Mobiltelefone wie in Deutschland, ergäbe sich eine Menge von mehr als 1,1 Milliarden Geräten. Das Recyclingpotenzial der Rohstoffe aus ungenutzten Smartphones läge entsprechend deutlich höher als in den Szenarien des vorigen Abschnitts.

Zur Verwendung nicht mehr benötigter Geräte geben rund 64 Prozent der Befragten an, ein Smartphone oder Handy schon einmal entsorgt oder verkauft zu haben. 26 Prozent aller Befragten brachten demnach ihre Altgeräte zu einer Sammelstelle, elf Prozent gaben sie bei einem Händler oder dem Hersteller zurück (Bitkom, 2020a). Im Vergleich zur Umfrage des Jahres 2018 bedeutet dies immerhin eine Verbesserung der Sammlung (Bitkom, 2018). Damals gaben nur 53 Prozent der Befragten an, ein Altgerät schon entsorgt oder weitergegeben zu haben. Bezogen auf alle Befragten gaben 14 Prozent ihr Altgerät zu einer Sammelstelle und sechs Prozent zum Händler oder Hersteller. Die (illegale) Entsorgung über den Hausmüll spielt den Befragungsdaten zufolge in Deutschland mit ein bis zwei Prozent der Befragten keine große Rolle.

Im Ergebnis sind die Sammelquoten bei Smartphones geringer als bei anderen Elektrogeräten. Dass viele Smartphones nicht entsprechend der WEEE-Verordnung über Sammelstellen oder Händler dem Recycling zugeführt werden, hat mehrere Gründe:

- Die Befragungsdaten zeigen, dass viele Geräte vom ersten Nutzer an Zweitnutzer weitergegeben oder verkauft werden (Bitkom, 2018, 2020a). Auch andere Studien (Manhart et al., 2016, Rizos et al., 2019) nennen die Second-hand-Nutzung als wichtigen Grund dafür, dass Mobiltelefone spät oder gar nicht in den Sammelstellen für Elektrogeräte auftauchen. Es existiert auch keine Nachverfolgung von Geräten.

Fallstudien

- Der Wert der ungenutzten Geräte ist unklar (Rizos et al., 2019). Konsumenten messen den im Haushalt verbleibenden ungenutzten Geräten einen hohen Wert bei (Manhart et al., 2016). Für 50 Prozent der Personen in Deutschland, die ihre Altgeräte behalten, ist der Wunsch nach einem Ersatzgerät wichtig (2020a). Gleichzeitig ist es für Konsumenten schlicht mit sehr geringen Kosten verbunden, ein Mobiltelefon ungenutzt im Haushalt zu belassen – anders als bei vielen anderen Elektrogeräten.
- Auch die Sorge um die gespeicherten Daten (37 Prozent) oder der als zu groß wahrgenommene Aufwand, die Geräte zu verkaufen oder zu entsorgen (36 Prozent), spielt eine wichtige Rolle bei der Entscheidung, Altgeräte im Haushalt zu horten (Bitkom, 2020a). Diese Motive werden auch in anderen Studien als zentrale Hemmnisse für das Recycling von Smartphones genannt. Dazu kommen fehlende Informationen oder ein zu geringes Bewusstsein über den ökonomischen und ökologischen Nutzen des Smartphone-Recyclings (Rizos et al., 2019).

Dem Motiv, ein Ersatzgerät behalten zu wollen, kann durch Maßnahmen zur Verbesserung des Recyclings noch nicht genügend erfolgreich begegnet werden. Allenfalls stellt sich die Frage, ob hier nicht ein Geschäftsmodell für Dienstleister, Händler oder die Mobilfunkbetreiber besteht, etwa über Versicherungslösungen diese Nachfrage nach der Option auf ein Ersatzgerät zu bedienen. Die Hortung von drei und mehr Altgeräten kann mit diesem Motiv allerdings ebenso wenig schlüssig erklärt werden. Zudem veralten die gehorteten Geräte schnell und stiften keinen Nutzen mehr (Manhart et al., 2016).

Den beiden anderen Motiven – Sorge um die gespeicherten Daten und Aufwand der Entsorgung – kann durch Information und technische Unterstützung im Datenmanagement und der besseren Verbreitung von Entsorgungsmöglichkeiten begegnet werden. (Bitkom, 2020a).

Die technischen und ökonomischen Herausforderungen bei der Wiedergewinnung der Rohstoffe beinhalten verschiedene Zielkonflikte:

- Im ersten Schritt ist schon eine möglichst getrennte Sammlung der im Vergleich zu anderen Elektrogeräten kleinen Smartphones wichtig. Der Aufwand einer späteren Trennung aus der Müllmenge ist hoch und erschwert das Recycling (Manhart et al., 2016).
- Die verschiedenen Recycling-Praktiken beeinflussen die Möglichkeit, hohe Anteile vieler einzelner Rohstoffe wiederzugewinnen. Prototypisch lassen sich drei Wege der Materialtrennung unterscheiden:
 - Die Zuführung der Geräte zu einer Kupferschmelze ohne vorherige Batterieentfernung ermöglicht die Wiedergewinnung von Kupfer, Zinn und Edelmetallen.
 - Wird vor der Kupferschmelze die Batterie entfernt und einem eigenen Recyclingschritt zugeführt, kann neben Kupfer, Zinn und Edelmetallen auch das Kobalt wiedergewonnen werden.
 - Das Schreddern des gesamten Geräts mit der Batterie mit anschließender mechanischer Trennung der Output-Fraktionen, die in Kupfer-, Aluminium- und

Eisenschmelzen geführt werden. Dabei können zusätzlich Teile des Aluminium- und Eiseninhalts, aber kein Kobalt zurückgewonnen werden. Die Wiedergewinnungsgrade der anderen Rohstoffe vermindern sich.

Die Verfahren resultieren also in einer je unterschiedlichen Rohstoffausbeute. Der ökologische Nutzen ist bei einer möglichst vollständigen Wiedergewinnung der Edelmetalle am größten (Manhart et al., 2016).

- Das Recycling kritischer Rohstoffe, die nur in sehr kleinen Mengen in jedem Gerät vorkommen, wie z. B. Tantal, Indium, Gallium und Seltene Erden, ist heute noch nicht lohnend. Die spezifischen Recyclingkosten sind hoch, weil das Recyclen vor allem eine feinere Trennung der einzelnen Bauteile voraussetzt. Dies ist oft aber nur manuell mit hohem Arbeitseinsatz möglich. Es lohnt sich in Ländern mit hohen Arbeitskosten daher nicht (Manhart et al., 2016, Rizos et al., 2019).
- Schwankende Marktpreise für Rohstoffe stellen ein zusätzliches Problem für die ökonomischen Anreize dar. Zudem erschwert die räumliche Trennung zwischen Produktion und Nutzung der Smartphones das Recycling und vermindert die Anreize dazu. Für einen innerhalb des Produkts geschlossenen Kreislauf müssten wiedergewonnene Rohstoffe zu den Herstellern der Bauteile gelangen. Das funktioniert bei Smartphones in der Regel nicht (Rizos et al., 2019).

5.2.5 Handlungsmöglichkeiten zur Verbesserung des Recyclings

Im Rahmen der Fallstudie wurde das Potenzial des Rohstoffrecyclings am Beispiel der Smartphones untersucht. Neben dem Rohstoffpotenzial wurden der Recyclingprozess und die Herausforderungen beim Recycling beleuchtet. Daraus ergeben sich einige zentrale Ableitungen.

- Um des Recyclingpotenzial bei Smartphones und kleinen Elektronikgeräten umfassender zu erschließen, ist eine Verhaltensänderung bei den Verbrauchern notwendig. Zwar nimmt der Anteil der Verbraucher zu, die Altgeräte dem Recycling zuführen. Gleichzeitig wächst aber auch die Zahl der ungenutzten Altgeräte in den Haushalten. Notwendig erscheinen bessere Informationen über den Nutzen des Recyclings und leichtere Zugänge zum Recycling.
- Gerade bei Edelmetallen und spezifischen kritischen Rohstoffen kann der Beitrag des Recyclings aus Smartphones zur Rohstoffversorgung nennenswert sein. Bei anderen Rohstoffen wie Kupfer, Aluminium oder Stahl ist der Mengenbeitrag zwar eher gering, die Recyclingtechnik aber schon gut etabliert.
- Für das Recycling von kritischen Rohstoffen, die in den Smartphones nur in kleinen Mengen und hoch integriert in Bauteilen vorkommen, wie z. B. Tantal, Gallium oder Indium fehlen derzeit noch die technischen und ökonomischen Lösungen.
- Ökonomische Risiken für ein stärkeres Recycling bestehen in schwankenden Rohstoffpreisen und in der unklaren Nachfrageentwicklung bei Sekundärrohstoffen. Die Identifikation von Abnehmern und Klärung von deren Qualitätsanforderungen kann zum Aufbau stabiler Lieferketten beitragen.

6 Politische Initiativen der Rohstoffpolitik

Die Rohstoffpolitik nutzt eine breite Auswahl von Instrumenten

Die industrielle Wertschöpfung und damit Wachstum und Arbeitsplätze in Deutschland hängen von einer gesicherten Rohstoffversorgung ab. Deutschland zählt als eine der führenden Industrienationen zu den weltweit größten Rohstoffkonsumenten. Verschiedene Industriemineralien (Steinsalz, Kalisalze, Quarzsand und -kies) sowie Baurohstoffe (Sand und Kies, Kalk- und Mergelsteine) werden aus deutschen Lagerstätten gefördert. Bei zahlreichen wichtigen Rohstoffen – Metallen, Industriemineralien, Seltenen Erden und fossilen Rohstoffen – ist Deutschland aber überwiegend von Importen abhängig.

Eine gesicherte Rohstoffversorgung ist nicht nur von den technologischen Abbaumöglichkeiten, sondern auch von politischen und ökonomischen Rahmenbedingungen abhängig. Mit der neuen Rohstoffstrategie der Bundesregierung besteht ein aktualisiertes Maßnahmenpaket, das die deutsche Rohstoffpolitik der kommenden Jahre prägen wird. Wichtige Aspekte sind sichere Rahmenbedingungen für die Rohstoffmärkte, die (Weiter-)Entwicklung einer Kreislaufwirtschaft bei einer zunehmenden Zahl von Rohstoffen sowie die entwicklungspolitische Begleitung der Wirtschaft bei der weltweiten Rohstoffbeschaffung. Die Deutsche Rohstoffagentur (DERA) wird als zentrale Institution der deutschen Rohstoffpolitik gestärkt.

Die Europäische Kommission verfolgt eine eigene Rohstoffpolitik, die sich im Rahmen des European Green Deal neben der Versorgungssicherheit zunehmend an umweltpolitischen Zielen orientiert. Gleichzeitig wird das Ziel verfolgt, Unternehmen stärker auf die Einhaltung von Standards bei ESG-Kriterien (*Environmental, social and governance criteria*; Umwelt- und Sozialstandards sowie Aufsichtsstrukturen in den Unternehmen) auch bei der Rohstoffversorgung zu verpflichten.

6.1 Die Rohstoffstrategie der Bundesregierung

Im Januar 2020 hat die Bundesregierung unter Federführung des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi) eine neue Rohstoffstrategie (Deutscher Bundestag, 2020) als Fortschreibung der Rohstoffstrategie von 2010 vorgelegt. Zentrales Ziel der Rohstoffstrategie ist es, die Unternehmen bei einer „sicheren, verantwortungsvollen und nachhaltigen Rohstoffversorgung“ zu unterstützen. Der marktwirtschaftliche Ansatz der Rohstoffstrategie 2010 bleibt, dass die Rohstoffversorgung ist in erster Linie eine Aufgabe der Unternehmen ist.

Neue Herausforderungen werden in der Rohstoffstrategie in zwei Bereichen der internationalen Rahmenbedingungen identifiziert. Erstens fühlen sich nicht mehr alle Staaten dem marktwirtschaftlichen Grundsatz freier internationaler Märkte verpflichtet. Handelsstreitigkeiten nehmen zu und die Marktmacht einzelner Akteure gewinnt an Bedeutung. Für

die Bundesregierung wird das Werben für einen freien und fairen Welthandel sowie international gleiche Wettbewerbsbedingungen (*Level Playing Field*) wichtiger. Zweitens ändern sich Marktstrukturen: Nachfrageveränderungen wegen disruptiver Technologien sowie gestiegene Anforderungen an ESG-Standards, Lieferketten und Menschenrechte prägen die Herausforderungen für die Rohstoffversorgung.

Daraus ergeben sich verschiedene Handlungsfelder:

- Die Sicherung der Rohstoffversorgung soll als Teil der industriepolitischen Strategie gezielt auf veränderte Rohstoffbedarfe durch die großen Trends der E-Mobilität, der Energiewende und des Klimaschutzes sowie der Digitalisierung reagieren.
- Ökonomische, ökologische und soziale Aspekte im Sinne der nachhaltigen Entwicklung sollen auch in den Rohstoffländern berücksichtigt werden.
- Der effiziente Umgang mit Rohstoffen soll gleichzeitig den Einsatz von Primärrohstoffen niedrig halten und die Umwelt schonen.

In der Rohstoffstrategie benennt die Bundesregierung insgesamt 17 fortzuführende und neue Maßnahmen. Seitens der Bundesregierung erfolgt die Umsetzung der einzelnen Maßnahmen in Ressortverantwortung der jeweiligen Ministerien. Ein interministerieller Ausschuss soll Zielkonflikte lösen.

6.1.1 Rohstoffquellen

Mit heimischen Primärrohstoffen, Sekundärrohstoffen und Rohstoffen aus dem Import bestehen drei Versorgungsquellen, auf die die Maßnahmen der Rohstoffstrategie abstellen. Der Nutzung von Sekundärrohstoffen wird Vorrang vor den anderen Quellen eingeräumt. Das Ziel einer verantwortungsvollen Rohstoffgewinnung wird für alle drei Quellen in Anspruch genommen.

6.1.1.1 Heimische Rohstoffgewinnung

Die primäre Rohstoffgewinnung in Deutschland und Europa soll vor allem im Bereich der Metalle und der für die E-Mobilität und Energiewende benötigten Rohstoffe (z. B. Kupfer, Lithium, Nickel) gefördert werden. Dazu unterstützt die Bundesregierung entsprechende Initiativen der EU-Kommission auch in anderen EU-Mitgliedstaaten.

Eine verbesserte Informationsbeschaffung über Rohstoffvorkommen soll dieses Ziel unterstützen. Das neue Geologiedatengesetz (GeoIDG) hat die Sicherung und Offenlegung geologischer Daten zum Ziel. Die BGR erhält den Auftrag, die staatlichen geologischen Dienste der Länder bei der Rohstofferkundung zu unterstützen.

Die Akzeptanz der heimischen Rohstoffgewinnung soll durch eine verbesserte Informationsbereitstellung durch die BGR und die aktive Umsetzung der internationalen Initiative für Transparenz in der Rohstoffwirtschaft EITI in Deutschland gefördert werden. Auch ein noch zu gründendes FuE-Zentrum Bergbaufolgelandschaften als Teil der BGR in der Lausitz zählt zu diesem Bereich.

6.1.1.2 Rohstoffimporte

Die Bundesregierung zählt die Zunahme staatlicher Interventionen auf den Rohstoffmärkten zu den zentralen neuen Herausforderungen der Rohstoffpolitik. Eine Konsequenz daraus ist das Ziel, den Zugang zu den internationalen Rohstoffmärkten für die Unternehmen in Deutschland zu erleichtern und für weltweit möglichst einheitliche Wettbewerbsbedingungen (*Level-Playing-Field*) einzutreten.

Zu den bestehenden Maßnahmen, die fortgeführt werden, zählen die Arbeit der DERA und der BGR, die Kompetenzzentren für Bergbau und Rohstoffe, die Rohstoffpartnerschaften und -kooperationen sowie die Ungebundenen Finanzkredit-(UFK)-Garantien. DERA und Kompetenzzentren dienen in erster Linie der Information, Rohstoffpartnerschaften und -kooperationen und UFK-Garantien der Außenwirtschaftsförderung.

Die DERA führt im Auftrag der Bundesregierung ein Rohstoffmonitoring durch, das weiter ausgebaut werden soll. Dessen Ergebnisse dienen der Information und Beratung von Unternehmen, Politik und Öffentlichkeit. Die DERA berät die Bundesregierung bei Rohstoff-Förderprogrammen. Im Ausland bestehen Kompetenzzentren für Bergbau und Rohstoffe derzeit in Australien, Brasilien, Chile, Kanada, Peru und Südafrika. Weitere Zentren sind für Ghana und das westliche Afrika geplant. Für Asien befindet man sich noch in der ersten Diskussionsphase. Sie unterstützen Unternehmen bei der Rohstoffsicherung, der Markttransparenz, dem Technologietransfer, der Kooperationsanbahnung und beraten auch hinsichtlich aktueller sozioökonomischer Fragestellungen wie z. B. Sorgfaltspflichten in der Lieferkette. Sie bilden gemeinsam mit DERA, GTAI und DIHK das German Mining Network, dessen Arbeit fortgeführt werden soll.

Die Rohstoffpartnerschaften verfolgen zwei Ziele. Stabile Rahmenbedingungen für die Erschließung von Rohstoffen und Handelskontakten sollen Unternehmen helfen, die Bezugsquellen für Rohstoffe zu diversifizieren und Investitionsmöglichkeiten in den Partnerländern eröffnen. Gleichzeitig unterstützt die Bundesregierung den Aufbau von rohstoffverarbeitenden Industrien in den Partnerländern durch Beratungsleistungen. Rohstoffpartnerschaften bestehen mit Kasachstan, der Mongolei und Peru, Rohstoffkooperationen in Form von *Memoranda of Understanding* (MoU) oder Briefwechseln zwischen den Regierungen mit Australien, Chile und Kanada.

Die Ungebundenen Finanzkredit-Garantien (UFK Garantien) unterstützen deutsche Unternehmen beim Abschluss langfristiger Abnahmeverträge bei kritischen Rohstoffen. Die UFK-Garantien sollen ausgebaut und auf *Corporate*-Finanzierungen ohne Projektbindung erweitert werden. Als Voraussetzung gelten weiterhin der Abschluss langfristiger Lieferverträge für deutsche Nachfrager und die Einhaltung von ESG-Standards und Menschenrechten in den Projekten. Die DERA ist mit der Beurteilung der Vorhaben betraut.

Als neue Maßnahme soll das Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit (BMZ) die Weltbank bei der Entwicklung und Umsetzung der *Climate-Smart-Mining*-Strategie zur Entwicklung eines klimasensiblen und umweltschonenden Bergbaus unterstützen.

6.1.1.3 Sekundärrohstoffe

Sekundärrohstoffe zählen in der neuen Rohstoffstrategie als wesentliche Quelle der Rohstoffversorgung in Deutschland. Die Steigerung des Recyclings wird derzeit schon gesetzlich vorangetrieben. Beispiele sind das Elektro- und Elektronikgerätegesetz und das Anfang 2019 in Kraft getretene Verpackungsgesetz.

Rückgewinnung und Wiederverwendung im Sinne der Kreislaufwirtschaft sollen durch konkrete FuE Projekte vorangetrieben werden. Aufbereitungstechnik und Metallurgie, Optimierung komplexer Recyclingprozesse und Erhöhung der Wirtschaftlichkeit des Recyclings sind hier Beispiele. Der Schwerpunkt liegt bei Metallen für Zukunftstechnologien, wie z. B. Seltene Erden, Gallium, Germanium, Indium oder Lithium.

Das BMWi strebt einen institutionalisierten Dialog mit Wirtschaft, Wissenschaft und Verwaltung zum erhöhten Einsatz von mineralischen Sekundärrohstoffen aus dem Recycling an. Dies soll den Beitrag von Sekundärrohstoffen zur Versorgungssicherheit bei Industriemineralien und metallischen Rohstoffen stärken und dabei helfen, Wissenslücken bei den Beteiligten zu schließen und Handlungsprioritäten zu entwickeln.

6.1.2 Rohstoff- und Ressourceneffizienz

Die Zunahme der Rohstoffnachfrage in Deutschland kann durch eine Steigerung der Rohstoff- und Ressourceneffizienz gebremst werden. Dies kann gleichzeitig einen Beitrag dazu darstellen, die Risiken der Rohstoffversorgung zu verringern.

Das zentrale Maßnahmenpaket in Deutschland ist hier das Deutsche Ressourceneffizienzprogramm (ProgRes) mit dem Ziel, Ressourceneinsatz und Wirtschaftswachstum zu entkoppeln. Die Neuauflage ProgRes III von Juni 2020 beinhaltet 118 Maßnahmen und Instrumente. Sie zielen auf die Steigerung der Ressourceneffizienz über die gesamte Wertschöpfungskette von der Rohstoffgewinnung über Produktgestaltung, Produktion und Konsum bis hin zur Kreislaufwirtschaft. Darüber hinaus werden übergreifende Instrumente, Maßnahmen auf internationaler, regionaler und kommunaler Ebene sowie Maßnahmen zur Ressourcenschonung im Alltag vorgestellt. Die Bundesregierung betont den Zusammenhang zwischen der Ressourceneffizienz einerseits sowie der Erreichung der Klimaschutzziele, den Potenzialen und Risiken der Digitalisierung sowie der Mobilität andererseits.

Aus der Evaluation der Vorgängerprogramme schließt die Bundesregierung, dass Netzwerkaktivitäten zwischen Unternehmen und Wissenschaft wie das Netzwerk Ressourceneffizienz (NeRes) oder das VDI-Zentrum Ressourceneffizienz fortgesetzt werden sollen. Auch die Nationale Plattform Ressourceneffizienz (NaRes) als Koordinationsgremium zwischen Bundesministerien, Wirtschafts-, Umwelt- und Verbraucherschutzverbänden, Gewerkschaften und kommunalen Spitzenverbänden sowie Vertretern der Länder soll weiter bestehen.

Ein intelligenter und sparsamer Einsatz von Rohstoffen durch Produktdesign, Recycling, Ressourceneffizienz und Substitution soll durch Forschungsförderung weiter gestärkt werden. Beispiele dafür sind FuE-Programme im Bereich Ressourcen-Effizienz beim Helmholtz-Institut Freiberg für Ressourcentechnologie (HIF) und das Programm Forschung für Nachhaltige Entwicklung (FONA) beim Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF).

6.1.3 Nachhaltigkeit und Transparenz im Rohstoffbereich

Anforderungen an Nachhaltigkeit und Transparenz im unternehmerischen Handeln bis hin zum Monitoring der eigenen Lieferketten spielen eine immer größere Rolle. Die Rohstoffstrategie der Bundesregierung greift diesen Trend auch für den Rohstoffbereich auf. Das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) initiiert einen internationalen Prozess zur Erarbeitung eines internationalen Leitfadens zu ökologischen Sorgfaltspflichten in Rohstofflieferketten in Analogie zum bestehenden OECD-Leitfaden für Rohstoffe aus Konfliktgebieten.

Zu diesem Handlungsfeld zählt der Nationale Aktionsplan Wirtschaft und Menschenrechte (NAP) vom Dezember 2016, mit dem als nationale Umsetzung der UN-Leitprinzipien für Wirtschaft und Menschenrechte die Unternehmen verpflichtet werden, die Einhaltung dieser Prinzipien in den eigenen Liefer- und Wertschöpfungsketten zu gewährleisten. Eine gesetzliche Verankerung soll im Rahmen eines Lieferkettengesetzes erfolgen. International agierende Unternehmen sehen sich an anderen Standorten (z. B. Vereinigtes Königreich, Frankreich) bereits ähnlichen Regulierungen gegenüber.

Ab 01. Januar 2021 verpflichtet die EU-Konfliktmineralienverordnung deutsche Rohstoffimporteure von 3TG-Metallen (Zinn, Tantal, Wolfram, deren Erzen und Gold) ab bestimmten Schwellenwerten zur Einhaltung von Sorgfaltspflichten. Dazu zählen die Etablierung und Veröffentlichung einer eigenen Lieferkettenpolitik, die Einführung eines Risikomanagementsystems sowie – abhängig von den Risiken – die Umsetzung von Maßnahmen, um negative Auswirkungen zu verhindern oder zu mildern. Die Einhaltung soll von unabhängigen Dritten geprüft werden. Ein wichtiges Ziel ist es, dass Verkaufserlöse aus 3TG-Metallen nicht in die Finanzierung von bewaffneten Konflikten fließen. Auf freiwilliger Basis können sich auch weitere Unternehmen beispielsweise über die online-Plattform der EU-Kommission *Responsible Minerals Transparency Platform* an dem Reporting beteiligen. Das BMZ engagiert sich begleitend in der *European Partnership for Responsible Minerals (EPRM)*, um die Umsetzung der Richtlinie zu unterstützen und negative Auswirkungen in den Abbauländern zu begrenzen.

Die Bundesregierung unterstützt die freiwillige EITI als Mittel zur Stärkung der Entwicklungs- und Schwellenländer im gemeinsamen Kampf gegen Korruption. In Deutschland erfolgte 2019 die Validierung des ersten Berichts zur Umsetzung in Deutschland. Bisher setzen 52 Länder die EITI-Standards um. Kern der EITI-Berichterstattung sind kontextbezogene Informationen über den Rohstoffsektor sowie die Offenlegung der staatlichen Rohstofflöse und weiterer Zahlungen – wie beispielsweise Lizenzgebühren, Dividenden oder Steuern – der aktiven Öl-, Gas- und Bergbauunternehmen an die jeweilige Regierung.

Generell sollen möglichst alle Maßnahmen im Rohstoffbereich mit dem entwicklungspolitischen Ziel harmonieren, dass die Entwicklungs- und Schwellenländer ihren Ressourcenreichtum für eigene Entwicklung nutzen. Gute Regierungsführung und der Aufbau eines nachhaltigen Rohstoffsektors sind dabei Ziel und Mittel gleichzeitig. Die Entwicklung soll im Einklang mit den *Sustainable Development Goals* (SDG) und der Agenda 2030 der Weltbank stehen. Von deutscher Seite soll die Beteiligung am Internationalen Forum für Bergbau, Minerale, Metalle und nachhaltige Entwicklung (IGF) dieses Ziel unterstützen.

6.1.4 Internationale Zusammenarbeit

Grundsätzlich vertritt die EU ihre Mitgliedsländer in allen Außenhandelsfragen. So fallen die Verhandlung und der Abschluss von Außenhandelsverträgen und die Vertretung der Mitgliedstaaten bei der Welthandelsorganisation (WTO) in die Kompetenz der EU.

Für die internationalen Rohstoffimporte zählen offene Rohstoffmärkte mit gleichberechtigtem Zugang für alle Akteure und ein freier Handel zu den ordnungspolitischen Voraussetzungen, die die Bundesregierung im Sinne eines *Level-Playing-Fields* weltweit durchsetzen möchte. Ein Instrument der internationalen Zusammenarbeit ist das Internationale Forum für Bergbau, Minerale, Metalle und nachhaltige Entwicklung (IGF). Darin werden Leitlinien und Maßnahmen zur Förderung einer nachhaltigen Rohstoffpolitik entwickelt. Die Bundesregierung strebt außerdem die Beteiligung an internationalen Dialogplattformen für das ganze Themenspektrum Bergbau und Rohstoffe an.

6.2 Die Rohstoffstrategie der Europäischen Union

Die Europäische Union verfügt über die direkte Zuständigkeit für die Außenhandelspolitik im Auftrag der Mitgliedstaaten. So fällt ihr die Aufgabe zu, in der Handelspolitik die Rohstoffversorgung mit zu berücksichtigen – sei es im Einsatz für einen grundsätzlich freien Welthandel oder bei der adäquaten Berücksichtigung der Rohstoffversorgung in den bilateralen Handelsbeziehungen und -verträgen mit Drittstaaten.

Im Dezember 2019 legte die neue EU-Kommissionspräsidentin Ursula von der Leyen den *European Green Deal* vor. Er beinhaltet eine „Industriestrategie für eine saubere und kreislauforientierte Wirtschaft“. Konkretisiert werden die beiden Bezugspunkte durch den Aktionsplan für kritische Rohstoffe und den Aktionsplan für die Kreislaufwirtschaft.

Mit dem Aktionsplan für kritische Rohstoffe knüpft die EU-Kommission an die Rohstoffinitiative (*Raw Materials Initiative* - RMI) von 2008 auch mit dem strategischen Dreiklang Sicherung und Diversifizierung der Rohstoffimporte, Ausbau heimischer Rohstoffquellen sowie Nutzung von Sekundärrohstoffen durch Recycling und Kreislaufwirtschaft an. Ein Teil dieses Aktionsplans ist die Gründung einer neuen breiten Rohstoffallianz aus EU-Institutionen, Mitgliedstaaten, Wirtschaft und Interessenträgern. Ihr Ziel ist die Diversifikation des Bezugs von kritischen Rohstoffen, die in der EU überwiegend aus Drittländern importiert werden. Identifiziert werden diese Rohstoffe in einem regelmäßigen Rohstoffmonitoring.

Weitere Maßnahmen im Aktionsplan kritische Rohstoffe sind die Förderung einer Sekundärrohstoffwirtschaft und die Ermittlung von Bergbau- und Verarbeitungsprojekten für kritische Rohstoffe in der EU. Beide Bereiche sollen durch Forschungsförderung im Rahmen des neunten Forschungsrahmenprogramms „Horizon Europe“ unterstützt werden. Auch die Entwicklung nachhaltiger Finanzierungskriterien für den Bergbau- und Verarbeitungssektor sowie die Förderung verantwortungsvoller Bergbaupraktiken für kritische Rohstoffe und der Aufbau strategischer Partnerschaften zur Sicherung einer diversifizierten Versorgung werden genannt.

Der Aktionsplan für die Kreislaufwirtschaft knüpft an schon bestehende Projekte, Vorhaben und Regulierungen der EU an. Die Erhöhung stoffspezifischer Recyclingquoten, die Rücknahmeverpflichtung des Handels bei Elektrogeräten sowie Mindestsammelquoten bei Elektrogeräten sind bereits bestehende Praxis. Die mehrdimensionale Problematik von Abfallexporten – Verlust potenzieller Rohstoffquellen in der EU und ökologisch mangelhafte Entsorgung in den Zielländern – ist ebenso schon länger erkannt. Der Aktionsplan für die Kreislaufwirtschaft ergänzt den Aktionsplan für kritische Rohstoffe im Hinblick auf die Entwicklung und Stärkung der Sekundärrohstoffwirtschaft.

Weitere Punkte, wie eine Verschärfung der EU-Klimaschutzziele für 2030 und 2050 oder eine Beschleunigung der Veränderungen im Verkehrsbereich, werden die Rohstoffnachfrage verändern, wenn dadurch erneuerbare Energien schneller ausgebaut oder Elektrofahrzeuge stärker nachgefragt werden. Diese Politikbereiche sind aber nicht Teil der Rohstoffpolitik im engeren Sinne.

7 Fazit und Handlungsempfehlungen

Vielschichtige Herausforderungen im Rohstoffbereich erfordern die gezielte Kooperation zwischen den betroffenen Akteuren

Einer gesicherten und preislich wettbewerbsfähigen Rohstoffversorgung für die Industrie in Deutschland und Bayern stehen Risiken in verschiedenen Dimensionen gegenüber. Für jeden Rohstoff besteht eine spezifische Kombination der Risiken. Aufgrund der geologischen Vorkommen ist die Förderung vieler Rohstoffe auf wenige Länder konzentriert. Häufig sind dies wirtschaftlich und politisch instabile Länder ohne verlässliche Institutionen. Daraus ergeben sich Gefahren für die Investitionssicherheit der Rohstoffförderung und eine strategische Verknappung von Rohstoffexporten. Verschärft wird die Situation durch die Zunahme handelspolitischer Konflikte und sicherheitspolitischer Konfrontationen.

Die Marktdurchdringung neuer Technologien geht häufig mit einer rapiden Zunahme der Nachfrage nach einzelnen Rohstoffen einher. Die Entwicklung der Elektromobilität ist das aktuell prägnanteste Beispiel. Sie führt zu einer großen Nachfragesteigerung nach den Batterierohstoffen – vor allem bei Kobalt, Lithium und Graphit. Die Verbrauchszunahme und die Risiken einer strategischen Angebotsverknappung durch die heutigen Lieferanten erhöhen einerseits die Preisrisiken, setzen aber andererseits auch die Suche nach neuen Quellen in Gang. Auf absehbare Zeit wird die Importabhängigkeit Deutschlands und Europas bei metallischen Rohstoffen bestehen bleiben. Unternehmen und Staat sind hier gefordert, nach internationalen Lösungen zu suchen. Das Bemühen um den Fortbestand eines international gesicherten regelbasierten Handelssystems ist daher eine der zentralen Aufgaben der Rohstoffpolitik.

Aus marktwirtschaftlicher Perspektive ist die Sicherung der eigenen Rohstoffversorgung in erster Linie Aufgabe der Unternehmen selbst. Dazu gehört die Analyse des eigenen Rohstoffbedarfs und das Ergreifen geeigneter Maßnahmen. Die Zusammenarbeit einzelner Unternehmen entlang der Wertschöpfungskette ist hier wie in anderen Bereichen Teil einer ökonomisch sinnvollen Arbeitsteilung und Spezialisierung.

Staatliche Aufgaben bestehen aus ordnungspolitischer Perspektive unter anderem dann, wenn gesamtwirtschaftliche oder gesellschaftliche Herausforderungen eine gemeinsame Lösung für alle ökonomischen Akteure erfordern oder wenn eigenes oder fremdes staatliches Handeln die Rahmenbedingungen für die Unternehmen spürbar verändern. Im internationalen Kontext besteht dieser Fall, wenn der Zugang zu ausländischen Märkten administrativ oder mit Zöllen beschränkt wird. Deutschland und die EU sollten sich auf internationaler Ebene für freie Marktzugänge und die Aufrechterhaltung des freien Welthandels einsetzen. Weil von einer Gefährdung des Rohstoffzugangs alle Unternehmen auch auf nachgelagerten Stufen der Wertschöpfungskette betroffen sind, gehört die Gewährleistung eines freien Rohstoffzugangs auf allen Stufen der Wertschöpfungskette zu den gesamtgesellschaftlichen Aufgaben.

Aus nationaler Perspektive bestehen staatliche Aufgaben dann, wenn durch die Aktivitäten auch gesamtwirtschaftliche und gesellschaftliche Nutzen entstehen oder entsprechende Ziele verfolgt werden, die die wirtschaftlichen Rahmenbedingungen für die Unternehmen deutlich verändern. So lässt sich die Unterstützung von Unternehmen bei Ausbildung und Grundlagenforschung damit begründen, dass hier Nutzen für die Gesellschaft entstehen, die über die Interessen des einzelnen Unternehmens hinausgehen. Mit staatlicher Grundlagenforschung und der Bereitstellung von Informationen über Rohstoffe und Förderländer ist ebenfalls ein gesamtwirtschaftlicher Nutzen verbunden. Erhebliche Rückwirkung auf die Rohstoffsituation in den Unternehmen hat auch der Übergang zur Elektromobilität mit dem zugehörigen Nachfrageanstieg nach Batterierohstoffen.

Die Ansatzpunkte einer erfolgreichen Rohstoffpolitik lassen sich entsprechend unterschiedlichen Akteursebenen zuordnen: der Unternehmensebene, der staatlichen Ebene sowie einer interaktiven Ebene, auf der Unternehmen untereinander, aber auch in Kooperation mit anderen Akteuren wie Forschungseinrichtungen oder staatlichen Agenturen zusammenarbeiten. Tabelle 9 enthält eine Zuordnung einzelner Maßnahmen zu Problemen der Rohstoffsicherung und den Akteursebenen.

7.1 Unternehmensebene

Auf Unternehmensebene lässt sich das Problem der Rohstoffabhängigkeit vom Ausland durch die vertikale Integration von Unternehmen angehen. So kann der Rohstoffzugang im In- und Ausland in die eigene Unternehmensstruktur eingebunden werden. Große Unternehmen mit einem Fokus auf die Rohstoffbeschaffung haben hier Vorteile.

Die kontinuierliche Analyse der eigenen Rohstoffsituation bietet für Unternehmen die Möglichkeit, sich gegenüber der Unsicherheit und ineffizientem Marktverhalten abzusichern. Für die meisten Unternehmen ist über die direkte Rohstoffbeschaffung hinaus auch das Monitoring der Rohstoffströme in der vorgelagerten Wertschöpfungskette von wesentlicher Bedeutung.

Produktentwicklung, Materialeffizienz, Recycling und Substitution von Rohstoffen sind Ansatzpunkte in Unternehmen, an verschiedenen Stellen innerhalb der eigenen Produktion die Abhängigkeit von Primärrohstoffen zu verringern.

Diversifikation von Lieferanten und die Vorratshaltung von Rohstoffen sind zwei Maßnahmen, die der Absicherung sowohl gegen Preisschwankungen als auch gegen Versorgungsausfälle dienen. Preisschwankungen können zusätzlich durch Finanzinstrumente wie Optionen und Futures oder langfristige Lieferverträge mit Preisgleitklauseln abgemildert werden.

Bei politischen oder wirtschaftlichen Problemen in den Rohstoffländern haben die Unternehmen selbst nur geringe Handlungsmöglichkeiten. Direkten Einfluss auf Korruption oder die staatliche Verfolgung von Verstößen gegen Menschenrechte oder Arbeits-, Sozial- und Umweltstandards in den Förderländer hat ein einzelnes Unternehmen kaum. Die Analyse

der eigenen Wertschöpfungskette, eine verstärkte Sorgfalt bei der Auswahl von Zulieferern und, wo möglich, der Rückgriff auf Zertifizierungsinstrumente gewinnen in diesem Bereich zunehmende Bedeutung.

7.2 Interaktive Ebene

Die interaktive Ebene stellt einen Raum der Kooperation dar. Hier agieren Unternehmen gemeinsam, in Zusammenarbeit mit Forschungseinrichtungen oder gemeinsam mit staatlichen Einrichtungen. Die Kooperation verspricht vor allem dann zusätzlichen Nutzen, wenn die Aufgaben für ein Unternehmen zu groß oder komplex sind. Staatliche Institutionen können vor allem dann unterstützen, wenn regulatorische Fragen zu klären sind, der Zugang zu staatlichen Stellen anderer Jurisdiktionen erforderlich ist oder Informationen von allgemeinem Interesse erhoben und veröffentlicht werden.

Der Rohstoffabhängigkeit vom Ausland kann durch die Unternehmen über die vertikale Integration hinaus auch durch gemeinsame Exploration und Projektentwicklung mit anderen Unternehmen oder Forschungseinrichtungen begegnet werden. Staatlicherseits bestehen in Deutschland z. B. mit den Ungebundenen Finanzkredit-(UFK)-Garantien Programme, solche Vorhaben zu fördern.

Die Kooperation von Unternehmen mit anderen Unternehmen und Akteuren entlang der Wertschöpfungskette kann entsprechend der unterschiedlichen Versorgungsrisiken mit unterschiedlichen Formen an verschiedenen Punkten ansetzen:

- Gemeinsame Lagerhaltung und die Nachfragebündelung in Einkaufsgemeinschaften können als Absicherung gegen Preis- und Lieferrisiken wirken.
- Die Verbundforschung als Kooperation zwischen Unternehmen und Forschungseinrichtungen bietet bei Themen wie Produktdesign, Materialeffizienz, Recycling und Substitution die Perspektive, die Abhängigkeit von Primärrohstoffen zu verringern. Eine schnellere Transformation wissenschaftlicher Erkenntnisse in anwendungsorientiertes Wissen ist das Ziel einer Zusammenarbeit zwischen Grundlagenforschung, angewandter Forschung und Unternehmen. Staatlicherseits werden sowohl die Forschung in Forschungseinrichtungen als auch die Verbundforschung von Unternehmen und Forschungseinrichtungen gefördert.
- 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 und halbstaatlichen Akteuren wie der DERA, des German Mining Network oder des Netzwerks

Rohstoffe. Auch Forschungseinrichtungen oder Beratungsunternehmen können Unternehmen bei der Informationsbeschaffung unterstützen.

- Zur aktiven Industriepolitik auf europäischer und deutscher Ebene zählen die europäische Batterieallianz und die Unterstützung der Bundesregierung zur Bildung zweier Unternehmenskonsortien für die Batteriezellproduktion in Deutschland. 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 internationale Kooperationen mit den Abbauländern und die Aufrechterhaltung des offenen internationalen Handels gelten auch hier als wesentliche Pfeiler einer Rohstoffstrategie.

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. In Europa besteht zwischen der EU und den Mitgliedstaaten je nach Bereich eine unterschiedliche Aufgabenverteilung.

Die EU ist für Fragen der Handelspolitik zuständig. Die Aufrechterhaltung und Förderung eines möglichst freien Welthandels und eines gesicherten Marktzugangs deutscher und europäischer Unternehmen zu den internationalen Rohstoffmärkten gehört hier zu den wichtigen Aufgaben. Dies geschieht im Rahmen der WTO und zunehmend auf Basis multi- oder bilateraler Vereinbarungen. Zu den Maßnahmen zählen der Schutz deutscher und europäischer Investitionen in Förderländern und die Beschränkung des strategischen Einsatzes von Marktmacht der Rohstoffländer.

Politische und wirtschaftliche Instabilität in den Förderländern gehört zu den Hauptrisiken einer gesicherten Rohstoffversorgung in Europa. Ein Ziel der Rohstoffpolitik in der EU und Deutschland ist es, die Stabilität in den Förderländern durch die Unterstützung bei der Entwicklung von Institutionen und der Etablierung guter Regierungsführung zu stärken. 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. Die Rohstoffpartnerschaften der Bundesregierung mit Kasachstan, der Mongolei und Peru als Teil der Rohstoffstrategie stellen eine Umsetzung dieses Ansatzes dar. Das Engagement in der internationalen Initiative für Transparenz in der Rohstoffwirtschaft (EITI) oder der *European Partnership for Responsible Minerals (EPRM)* sind weitere Beiträge.

Zu den klassischen Staatsaufgaben zählt auch die Förderung der Grundlagenforschung. Dies gilt vor allem dann, wenn dadurch allgemein zugänglich geschaffenes Wissen neu erzeugt wird. Im Rohstoffbereich trifft dies am ehesten auf die als kritisch erachteten Rohstoffe zu. Auch die Ausbildung von Wissenschaftlern fällt darunter.

Die DERA ist eine wichtige Institution der deutschen Rohstoffpolitik, die mit der Erfüllung staatlicher Aufgaben befasst ist. Dazu zählen

- die Bereitstellung von Informationen zur Rohstoffverfügbarkeit für Unternehmen, politische Entscheidungsträger und interessierte Öffentlichkeit;
- die Beteiligung in internationalen Netzwerken von Rohstoffverbänden und Forschungseinrichtungen und die Repräsentation der Bundesrepublik auf internationaler Ebene;
- die Beurteilung der Einhaltung von Standards der entwicklungspolitischen Zielsetzungen bei der Gewährung staatlicher Unterstützung von Unternehmen bei Rohstoffprojekten im Ausland, wie z. B. den UFK-Garantien.

Zu den staatlichen Aufgaben zählt zudem die Setzung von Rahmenbedingungen für den heimischen Rohstoffabbau. 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 oder per Wasserfilterung aus Wärmepumpen im südlichen Rheingraben. Effiziente Raumplanungs-, Genehmigungs- und Zulassungsverfahren sind eine wesentliche Voraussetzung für die wirtschaftliche Erschließung solcher Ressourcen.

Tabelle 9

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	<ul style="list-style-type: none"> Vertikale Integration 	<ul style="list-style-type: none"> Exploration und Projektentwicklung 	<ul style="list-style-type: none"> Investitionssicherheit Partnerschaften Exploration Förderung der inländischen Primärrohstoffgewinnung
Unsicherheit und ineffizientes Marktverhalten	Transparente Preisbildung, Kritikalitätslisten	<ul style="list-style-type: none"> Analyse der eigenen Rohstoffsituation 	<ul style="list-style-type: none"> Netzwerkbildung 	<ul style="list-style-type: none"> Schaffung von Informationsangeboten
Abhängigkeit von Primärrohstoffen	Geringere Abhängigkeit von Primärrohstoffen	<ul style="list-style-type: none"> Produktentwicklung Materialeffizienz Recycling Substitution 	<ul style="list-style-type: none"> 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 	<ul style="list-style-type: none"> Gemeinsame Lagerhaltung 	
Strategischer Einsatz von Marktmacht	Freier Wettbewerb auf Rohstoffmärkten	<ul style="list-style-type: none"> Klage gegen Missbrauch von Marktmacht 	<ul style="list-style-type: none"> Klage gegen Missbrauch von Marktmacht 	<ul style="list-style-type: none"> 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

-
- ADAC, 2020**, Autokatalog, https://www.adac.de/rund-ums-fahrzeug/autokatalog/marken-mo-delle/?filter=ONLY_RECENT&sort=SORTING_DESC [23.09.2020]
- Baldé, Cornelius Peter / Forti, Vanessa / Gray, Vanessa./ Kuehr, Ruediger / Stegmann, Paul, 2020**, The Global E-waste Monitor – 2017, United Nations University (UNU), International Telecommunication Union (ITU) & International Solid Waste Association (ISWA), Bonn/Geneva/Vienna.
- Bardt, Hubertus, 2011**, Rohstoffpreise – Entwicklung und Bedeutung für die deutsche Wirtschaft, in: IW-Trends, Jg. 38, Heft 2, S. 19-30
- Bardt, Hubertus / Grömling, Michael, 2020**, Kein schnelles Ende des Corona-Schocks. Ökonomische Einschätzungen deutscher Unternehmen, in: IW-Trends, Jg. 47, Heft 2, S. 21-41
- Bitkom, 2020**, Absatz von Smartphones in Deutschland in den Jahren 2009 bis 2020 (in Millionen Stück). Statista. Statista GmbH. <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/77637/umfrage/absatzmenge-fuer-smartphones-in-deutschland-seit-2008/> [14.09.2020]
- Bitkom, 2020a**, Deutsche horten fast 200 Millionen Alt-Handys, <https://www.bitkom.org/Presse/Presseinformation/Deutsche-horten-fast-200-Millionen-Alt-Handys> [16.09.2020]
- Bitkom, 2018**, 124 Millionen Alt-Handys liegen ungenutzt herum, <https://www.bitkom.org/Presse/Presseinformation/124-Millionen-Alt-Handys-liegen-ungenutzt-herum.html> [16.09.2020]
- Bloomberg, 2020**, Electric Vehicle Outlook 2020; <https://about.bnef.com/electric-vehicle-outlook/> [23.09.2020]
- BMU, 2020**, Deutsches Ressourceneffizienzprogramm III, 2020 – 2023, Programm zur nachhaltigen Nutzung und zum Schutz der natürlichen Ressourcen, https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Ressourceneffizienz/progress_iii_programm_bf.pdf [10.09.2020]
- BMW, 2020**, Medieninformation, Technische Daten. BMW iX3.
- Buchert et al., 2019**, Gigafactories für Lithium – Rohstoffbedarfe für die Elektromobilität bis 2050: Kurzstudie erstellt im Rahmen des BMBF-Verbundprojektes Fab4Lib - Erforschung von Maßnahmen zur Steigerung der Material- und Prozesseffizienz in der Lithium-Ionen-Batteriezellproduktion über die gesamte Wertschöpfungskette
- Bundesregierung, 2019**, Klimaschutzprogramm 2030, <https://www.bundesregierung.de/breg-de/themen/klimaschutz/klimaschutzprogramm-2030-1673578> [25.09.2020]
- DERA, 2018**, Risikobewertung – Kobalt. DERA Rohstoffinformationen 36. Berlin.
- DERA, 2019**, Verfügbarkeit von Batterierohstoffen, Monitoring für eine sichere Rohstoffversorgung, Vortrag auf dem GDCh Wissenschaftsforum Chemie, 15. - 18. September 2019, Aachen; https://www.gdch.de/fileadmin/downloads/Netzwerk_und_Strukturen/Fachgruppen/Chemie_und_Energie/2019-09-17_Verfuegbarkeit_von_Batterierohstoffen_SAI.pdf [24.09.2020]
- Deutscher Bundestag. 2020**, Unterrichtung durch die Bundesregierung, Rohstoffstrategie der Bundesregierung – Sicherung einer nachhaltigen Rohstoffversorgung Deutschlands mit nicht-energetischen mineralischen Rohstoffen, Drucksache 19/16720 vom 16.01.2020,

Literaturverzeichnis

Electrive.net, 2020, Panasonic stellt kobaltfreie und energiedichtere 2170er-Zellen für Tesla in Aussicht, Meldung vom 30.7.2020, <https://www.electrive.net/2020/07/30/panasonic-kobaltfreie-und-energiedichtere-2170er-zellen-fuer-tesla/> [25.09.2020]

Electrive.net, 2020a, Tesla soll dieser Tage erste LFP-Zellen von CATL erhalten, 20.7.2020, <https://www.electrive.net/2020/07/20/tesla-soll-dieser-tage-erste-lfp-zellen-von-catl-erhalten/> [25.09.2020]

Energy central, 2020, World Battery Production; Post vom 5.2.2020; <https://energycentral.com/c/ec/world-battery-production> [24.09.2020]

Europäische Kommission, 2020, Critical materials for strategic technologies and sectors in the EU - a foresight study, https://rmis.jrc.ec.europa.eu/uploads/CRMs_for_Strategic_Technologies_and_Sectors_in_the_EU_2020.pdf [25.09.2020]

Forti, Vanessa / Baldé, Cornelius Peter / Kuehr, Ruediger / Bel, Graham, 2020, The Global E-waste Monitor 2020: Quantities, flows and the circular economy potential. United Nations University (UNU)/United Nations Institute for Training and Research (UNITAR) – co-hosted SCYCLE Programme, International Telecommunication Union (ITU) & International Solid Waste Association (ISWA), Bonn/Geneva/Rotterdam.

Fraunhofer ISI, 2020, Batterien für Elektroautos: Faktencheck und Handlungsbedarf

IDC, 2020, Absatz von Smartphones weltweit in den Jahren 2009 bis 2019 (in Millionen Stück). Statista. Statista GmbH. <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/173049/umfrage/weltweiter-absatz-von-smartphones-seit-2009/> [14.09.2020]

Kraftfahrt-Bundesamt, 2020, Fahrzeugzulassungen - Bestand an Kraftfahrzeugen nach Umwelt-Merkmalen, FZ 13

Manhart, Andreas / Blepp, Markus / Fischer, Corinna / Graulich, Kathrin / Prakash, Siddharth / Priess, Rasmus / Schleicher, Tobias / Tür, Maria, 2016, Resource Efficiency in the ICT Sector, Final Report, November 2016, Studie des Öko-Instituts im Auftrag von Greenpeace

Nationale Plattform Elektromobilität, 2020, Fahrzeug, <http://nationale-plattform-elektromobilitaet.de/themen/fahrzeug> [25.09.2020]

Olivetti et al., 2017, Lithium-Ion Battery Supply Chain Considerations: Analysis of Potential Bottle-necks in Critical Metals. Joule 1 / October 2017, pp. 229-243

Pew Research Center, 2019, Smartphone Ownership Is Growing Rapidly Around the World, but Not Always Equally, <https://www.pewresearch.org/global/2019/02/05/smartphone-ownership-is-growing-rapidly-around-the-world-but-not-always-equally/> [14.09.2020]

Rizos, Vasileios / Bryhn, Julie / Alessi, Monica / Campmas, Alexandra / Zarra, Antonella, 2019, Identifying the impact of the circular economy on the Fast-Moving Consumer Goods Industry, Opportunities and challenges for businesses, workers and consumers – mobile phones as an example, Study for The European Economic and Social Committee

Responsible Minerals Initiative / Drive Sustainability / The Dragonfly Initiative, 2018, Material Change, A Study of Risks and opportunities for collective action in the materials supply chains of the automotive and electronics industries.

Literaturverzeichnis

vbw – Vereinigung der Bayerischen Wirtschaft, 2018, Veränderungen der bayerischen Automobilindustrie durch automobiler Megatrends. Eine vbw / bayme vbm Studie, erstellt von IW Consult GmbH und Fraunhofer IAO, https://www.baymevbm.de/Redaktion/Frei-zugaengliche-Medien/Abteilungen-GS/Wirtschaftspolitik/2018/Downloads/Studie-IW-Automobil_final-2.pdf [28.09.2020]

vbw – Vereinigung der Bayerischen Wirtschaft, 2020, Update der Auto-Studie 2018, unveröffentlichtes Manuskript.

WEF / Global Battery Alliance, 2019, A Vision for a Sustainable Battery Value Chain in 2030 - Unlocking the Full Potential to Power Sustainable Development and Climate Change Mitigation, Insight Report, http://www3.weforum.org/docs/WEF_A_Vision_for_a_Sustainable_Battery_Value_Chain_in_2030_Report.pdf [24.09.2020]

World Energy Council, 2018, Energie für Deutschland – Fakten, Perspektiven und Positionen im globalen Kontext 2018 – Schwerpunktthema: Klimaschutz im Straßenverkehr – Globale Herausforderungen und Instrumente

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 01	Industriemetallpreisindex
Abbildung 02	Länderrisiko und Rohstoffvorkommen 2020
Abbildung 03	Risikoklasse I der Rohstoffe – rote Gruppe
Abbildung 04	Risikoklasse II der Rohstoffe – orangefarbene Gruppe
Abbildung 05	Risikoklasse III der Rohstoffe – grüne Gruppe
Abbildung 06	Bedeutungs-Risiko-Matrix
Abbildung 07	In Batterien verwendete Rohstoffe
Abbildung 08	Prognosen zu den benötigten Batteriekapazitäten in GWh
Abbildung 09	Prognosen zu den benötigten Rohstoffen für die Elektromobilität/Batterien

Tabellenverzeichnis

Tabelle 01	Bedeutung der Rohstoffe Risikoklasse I für Bayern
Tabelle 02	Bedeutung der Rohstoffe Risikoklasse II für Bayern
Tabelle 03	Bedeutung der Rohstoffe Risikoklasse III für Bayern
Tabelle 04	Batteriekapazität ausgewählter Fahrzeugmodelle
Tabelle 05	Rohstoffe für die Elektromobilität im Rohstoff-Risiko-Index
Tabelle 06	Rohstoffe im Smartphone und deren Verwendung
Tabelle 07	Rohstoffe im Smartphone – Mengen im Verhältnis zur Weltproduktion
Tabelle 08	Wiedergewinnbare Rohstoffe durch Recycling
Tabelle 09	Maßnahmen zur Rohstoffsicherung
Tabelle 10	Gewichtung des Rohstoff-Risiko-Index

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 Oktober 2020 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 Produzentländer 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 September 2017 bis September 2020 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 Initiative¹ rundet das Bild ab.

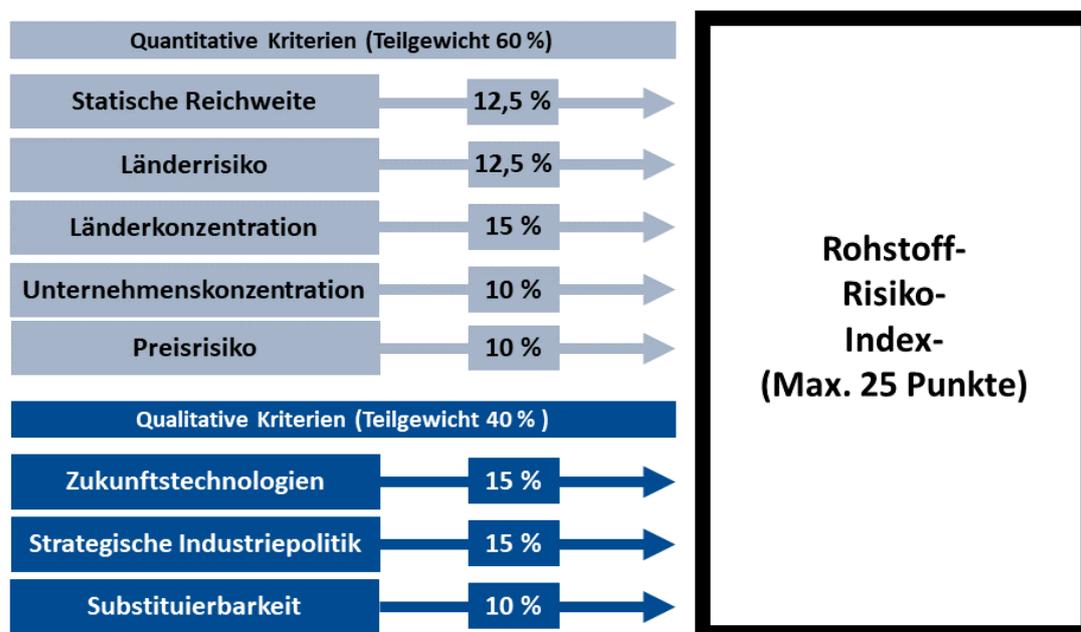
¹ Das Akronym SCREEN steht für Solution for Critical Raw Materials – a European Expert Network.

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.

Tabelle 10

Gewichtung des Rohstoff-Risiko-Index



Eigene Darstellung IW Consult, 2020

Anhang – Rohstoff-Steckbriefe

Die Rohstoff-Steckbriefe berücksichtigen den verfügbaren Datenstand von Oktober 2020.

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



2018 wurden rund 326 Mio. Tonnen des Aluminiumerzes Bauxit gewonnen.

Aluminium kann bei einer Bauxitreserve von etwa 30 Mrd. Tonnen noch über 92 Jahre produziert werden.

Abbauländer und Konzentration

Risikoklasse



- 95 % des Bauxitabbaus wurden 2018 von zehn Ländern geleistet.
- In fünf Ländern wurden 84 % des Bauxits gewonnen: Australien (29 %), China (19 %), Guinea (18 %), Brasilien (10 %) und Indien (7 %).
- 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 gesunken und erholte sich zuletzt leicht.

- Preis pro Tonne September 2017: 2.096 US-Dollar
- Preis pro Tonne September 2020: 1.744 US-Dollar
- Rückgang von 17%

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

Risikoklasse (3er-Skala)

Vorräte und Verbrauch

Risikoklasse



2019 wurden 5,1 Mio. Tonnen Blei produziert.

Blei kann bei bestehenden Reserven von rund 90 Mio. Tonnen noch rund 18 Jahre abgebaut werden.

Abbauländer und Konzentration

Risikoklasse



- 88 % der Bleiförderung wurden 2018 von zehn Ländern erbracht.
- In fünf Ländern wurden 75 % des Bleis gewonnen: China (48 %), Australien (10 %), USA (6 %), Peru (6 %) und Indien (5 %).
- Der Weltmarktanteil der Top-10-Unternehmen liegt bei 42 %.

Preisentwicklung

Risikoklasse



Der Bleipreis sank in den letzten drei Jahren moderat stetig mit nur mäßigen Schwankungen.

- Preis pro Tonne September 2017: 2.374 US-Dollar
- Preis pro Tonne September 2020: 1.873 US-Dollar
- Rückgang von 21%

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

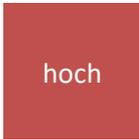
Risikoklasse



- 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

2018 wurden 41 Mio. Tonnen des Erzes Chromit gewonnen.

Chrom kann bei einer Chromitreserve von etwa 570 Mio. Tonnen bei gleichem Verbrauch nur für rund 14 Jahre produziert werden.

Abbauländer und Konzentration

Risikoklasse

- 98 % des Chromitabbaus wurden 2018 in zehn Ländern erbracht.
- In fünf Ländern wurden rund 90 % des Chromits abgebaut: Südafrika (44 %), Kasachstan (17 %), die Türkei (16 %), Indien (9 %) und Albanien (3 %).

Preisentwicklung

Risikoklasse

In den letzten drei Jahren stieg der Chrompreis Mitte 2018 auf über 13.000 US-Dollar und sank wieder bis unter sein anfängliches Preisniveau.

- Preis pro Tonne September 2017: 7.900 US-Dollar
- Preis pro Tonne September 2020: 6.423 US-Dollar
- Rückgang von 19%

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

2019 wurden 2,3 Mrd. Tonnen Eisenerz gefördert.

Bei einem Eiseninhalt von rund 81 Mrd. Tonnen in den Eisenerzvorräten von rund 170 Mrd. Tonnen kann Eisen noch für rund 73 Jahre produziert werden.

Abbauländer und Konzentration

Risikoklasse

- 92 % des Eisenerzabbaus fanden 2019 in zehn Ländern statt.
- In fünf Ländern wurden rund 80 % des Eisenerzes gewonnen: Australien (38 %), Brasilien (21 %), Indien (8 %), China (7 %) und Russland (5 %).
- Die Top-10 Unternehmen vereinen einen Weltmarktanteil von rund 65 % auf sich.

Preisentwicklung

Risikoklasse

Bei Eisen waren stärker steigende Preise als im Marktdurchschnitt zu beobachten mit moderaten Schwankungen. Derzeit liegen die Preise so hoch wie seit Anfang 2014 nicht mehr.

- Preis September 2017: 72 US-Dollar je Tonne Feinerz
- Preis September 2020: 124 US-Dollar je Tonne Feinerz
- Anstieg von 73 %

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

- Substanzielle 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 ■

2018 wurden rund 25.600 Tonnen Kadmium produziert.

Bei Kadmiumvorräten von rund 750.000 Tonnen kann Kadmium bei gleicher Produktion noch für rund 29 Jahre hergestellt werden.

Abbauländer und Konzentration



Risikoklasse ■

- 92 % des Kadmiumabbaus fanden 2018 in zehn Ländern statt.
- In fünf Ländern wurden rund 73 % des Kadmiums gewonnen: China (32 %), Südkorea (19 %), Japan (8 %), Russland (7 %) und Kanada (7 %).

Preisentwicklung



Risikoklasse ■

Bei Kadmium waren Preissteigerung und -schwankungen im Vergleich zu allen betrachteten Rohstoffen besonders groß, insbesondere durch Preispitzen Mitte 2018.

- Preis pro Pfund September 2017: 0,82 US-Dollar
- Preis pro Pfund September 2020: 1,18 US-Dollar
- Anstieg von 44 %

Substitutionsmöglichkeiten



Risikoklasse ■

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

Zukunftsrelevanz



Risikoklasse ■

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

Politische Risiken



Risikoklasse ■

Die Länderkonzentration ist mäßig. Mit Südkorea, Kanada und Japan sind zwar auch politisch stabile Länder unter den größeren Produzenten vertreten. Mit China und Russland liegen aber rund 40 Prozent der Produktion in Risikoländern.

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

2019 wurden rund 191.000 Tonnen Kobalt produziert.

Die Vorräte belaufen sich auf rund 7,0 Mio. Tonnen und reichen theoretisch bei gleicher Produktion für weitere rund 37 Jahre. Im Zuge der steigenden Nachfrage für die Elektromobilität ist aber mit deutlich steigendem Verbrauch zu rechnen.

Abbauländer und Konzentration

Risikoklasse

- Über 95 % der Kobaltgewinnung konzentrierten sich 2019 auf zehn Länder.
- Die Demokratische Republik Kongo kam allein auf einen Anteil von 70% der weltweiten Produktion. Die nächstgrößeren vier Förderländer sind Neukaledonien (5 %), China (5 %) Australien (3 %) und Russland (3 %).

Preisentwicklung

Risikoklasse

Die Kobaltpreise haben in sich in den letzten drei Jahren beinahe halbiert. Mit Preisspitzen von über 90.000 US-Dollar pro Tonne (Frühjahr 2018) war die Volatilität aber besonders stark ausgeprägt.

- Preis September 2017: 60.100 US-Dollar pro Tonne
- Preis September 2020: 33.500 US-Dollar pro Tonne
- Rückgang von 44%

Substitutionsmöglichkeiten

Risikoklasse

Kobalt kann ohne deutliche Leistungseinbuße derzeit kaum substituiert werden. Im Batteriebereich wird aber verstärkt an Reduzierung und Substitution von Kobalt gearbeitet.

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 mehr als 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, Radio Frequency Identification (RFID), Windkraft, Münzwesen

Vorräte und Verbrauch

Risikoklasse



2019 wurden rund 20,0 Mio. Tonnen Kupfer gewonnen.

Bei Vorräten von rund 870 Mio. Tonnen wäre die Produktion für weitere rund 44 Jahre gesichert.

Abbauländer und Konzentration

Risikoklasse



- 80 % des Kupferabbaus fanden 2019 in zehn Ländern statt.
- Fünf Länder kamen zusammen auf einen Anteil von rund 61 %: Chile (27 %), Peru (12 %), China (9 %), USA (7 %) und die Demokratische Republik Kongo (6 %).
- Die größten zehn Unternehmen erreichen einen Anteil von 47 %.

Preisentwicklung

Risikoklasse



Die Preise für Kupfer stiegen in den letzten drei Jahren kaum, auch die Preisschwankungen waren geringer als im Marktdurchschnitt.

- Preis September 2017: 6.600 US-Dollar pro Tonne
- Preis September 2020: 6.700 US-Dollar pro Tonne
- Anstieg von 2 %

Substitutionsmöglichkeiten

Risikoklasse



Kupfer kann nur in bestimmten Verwendungen durch andere Stoffe wie Aluminium, Titan, Stahl, Glasfaser oder Plastik ersetzt werden.

Zukunftsrelevanz

Risikoklasse



Hohe Bedeutung für Zukunftstechnologien wie Windkraft oder Elektromobilität, induktive Elektrizitätsübertragung, CCS.

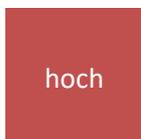
Politische Risiken

Risikoklasse



Kupfer könnte aufgrund seiner Bedeutung für Zukunftstechnologien für strategische Industriepolitik genutzt werden.

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



2019 wurden 500.000 Tonnen Lithium gewonnen. Gegenüber dem Jahr 2015 hat sich diese Menge mehr als verzehnfacht.

Lithium kann bei bestehenden Reserven von rund 17 Mio. Tonnen noch rund 34 Jahre abgebaut werden.

Abbauländer und Konzentration

Risikoklasse



- 84 % des Lithiumabbaus wurden 2019 von drei Ländern geleistet.
- In fünf Ländern wurden 96 % des Lithiums gewonnen: Australien (56 %), Chile (20 %), China (8 %), Argentinien (7 %) und Brasilien (6 %).
- Der Weltmarktanteil der Top-10-Unternehmen liegt bei über 80 %.

Preisentwicklung

Risikoklasse



Die Lithiumkarbonatpreise haben sich nach Preispitzen Anfang 2018 stetig verringert und liegen nun bei unter der Hälfte ihres anfänglichen Niveaus.

- Preis pro Tonne September 2017: 15.840 US-Dollar
- Preis pro Tonne September 2020: 6.440 US-Dollar
- Rückgang von 59 %

Substitutionsmöglichkeiten

Risikoklasse



In einigen Verwendungen kann Lithium durch Kalzium, Magnesium, Quecksilber oder Zink ersetzt werden. Bei der wichtigsten Zukunftsanwendung Lithium-Ionen-Batterien ist Lithium hingegen essenziell.

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, geplante Kooperationsabkommen zur Förderung sind gescheitert.

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:

Vorräte und Verbrauch

Risikoklasse

2018 wurden rund 945.000 Tonnen Magnesiumerz gefördert.

Der heutigen Produktion stehen sehr große Vorräte (rund 2,4 Mrd. Tonnen Magnesit) gegenüber. Sie können die derzeitige Produktion für mehrere hundert Jahre sichern.

Abbauländer und Konzentration

Risikoklasse

- Praktisch die gesamte Magnesiumförderung konzentrierte sich 2018 auf weniger als zehn Länder.
- Fünf Länder erreichten gemeinsam einen Anteil von 99,99 %: China (91 %), USA (3 %), Israel (2 %), Russland und Brasilien (je 2 %).
- Die Unternehmenskonzentration kann nicht bestimmt werden.

Preisentwicklung

Risikoklasse

Die Preisentwicklung und die Preisschwankungen waren bei Magnesium geringer ausgeprägt als bei anderen Rohstoffen.

- Preis September 2017: 2.340 US-Dollar pro Tonne
- Preis September 2020: 1.900 US-Dollar pro Tonne
- Rückgang von 19 %

Substitutionsmöglichkeiten

Risikoklasse

Magnesium kann in einigen Verwendungen durch Aluminium, Kalziumkarbid oder Zink ersetzt werden.

Zukunftsrelevanz

Risikoklasse

Wichtiger Werkstoff in der Flugzeug- und Fahrzeugindustrie sowie Reduktionsmittel zur Gewinnung von Metallen.

Politische Risiken

Risikoklasse

- 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: Hoch



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 53,0 Mio. Tonnen Mangan produziert.

Die Vorräte belaufen sich auf über 810 Mio. Tonnen. Das heutige Produktionsniveau ließe sich damit rund dreizehn Jahre aufrechterhalten.

Abbauländer und Konzentration

Risikoklasse

- 2018 vereinigten zehn Länder 95 % der Manganproduktion auf sich.
- Fünf Länder erreichten gemeinsam einen Anteil von 75 %: Südafrika (28 %), China (17 %), Australien (14 %), Ghana (9 %) und Gabun (8 %).
- 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 September 2017:
4,5 US-Dollar pro Tonne Mangan-Erz
- Preis September 2020:
4,6 US-Dollar pro Tonne Mangan-Erz
- Anstieg von 2 %

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

2019 wurden 329.000 Tonnen Molybdän hergestellt.

Die Vorräte von rund 18 Mio. Tonnen reichen für eine unveränderte Produktion von weiteren 55 Jahren aus.

Abbauländer und Konzentration

Risikoklasse

- 99 % der Molybdänproduktion konzentrierten sich 2019 auf zehn Länder.
- Fünf Länder erreichten gemeinsam einen Anteil von 92 %: China (47 %), Chile (15 %), USA (14 %), Peru (13 %) und Mexiko (3 %).
- Die Top-10-Unternehmen kommen auf einen Marktanteil von rund 63 %.

Preisentwicklung

Risikoklasse

Der Preis ist im Vergleich zum Preis vor drei Jahren zwar merklich gestiegen, die Volatilität war allerdings gering.

- Preis September 2017: 28,7 USD pro kg
- Preis September 2020: 34,5 USD pro kg
- Anstieg von 20 %

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



2019 wurden 2,7 Mio. Tonnen Nickel hergestellt.

Die Vorräte von rund 89 Mio. Tonnen decken eine unveränderte Produktion von weiteren 33 Jahren.

Abbauländer und Konzentration

Risikoklasse



- 88 % der Nickelförderung fanden 2019 in zehn Ländern statt.
- Rund 76 % der Nickelförderung wurden in sechs Ländern erbracht: Indonesien (32 %), Philippinen (14 %), Russland (8 %), Neu-Kaledonien (8 %) sowie China und Kanada (je 7 %).
- Die Top-10-Unternehmen kommen auf einen Marktanteil von 50 %.

Preisentwicklung

Risikoklasse



Der Preisanstieg von Nickel war in den letzten drei Jahren moderat im Vergleich zum Marktdurchschnitt, die Volatilität aber stark unterdurchschnittliche.

- Preis September 2017: 11.220 US-Dollar pro Tonne
- Preis September 2020: 14.860 US-Dollar pro Tonne
- Anstieg von 32 %

Substitutionsmöglichkeiten

Risikoklasse



- Rund 17 Prozent des in der EU verarbeiteten Nickels stammt aus Recyclingmaterial, das in der EU gewonnen wurde.
- 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



Risikoklasse (3er-Skala)

Bedeutung für Bayern: Hoch
(Einsatz in der Metall- und Elektroindustrie)

Einsatzfelder:
Herstellung von Edelstählen und Superlegierungen beispielsweise für Flugzeugturbinen High-Tech-Anwendungen (Kondensatoren, supraleitende Magnete)

Vorräte und Verbrauch

Risikoklasse

2018 wurden 167.000 Tonnen Niob gefördert.

Die Vorräte von rund 13 Mio. Tonnen reichen für eine unveränderte Produktion von weiteren rund 78 Jahren.

Abbauländer und Konzentration

Risikoklasse

- Die Förderung von Niob war 2018 auf sehr wenige Länder konzentriert.
- 93% % der Niobförderung wurden in Brasilien erbracht. Kanada (4 %) und Nigeria (1 %) sind die einzigen weiteren Länder mit mehr als 1 % Anteil an der Weltproduktion.

Preisentwicklung

Risikoklasse

Die Volatilität des Niob Preises war in den letzten drei Jahren nicht auffällig, das Preisniveau ging aber signifikant zurück.

- Preis September 2017: 36,6 US-Dollar pro Kilogramm
- Preis September 2020: 29,4 US-Dollar pro Kilogramm
- Rückgang von 20 %

Substitutionsmöglichkeiten

Risikoklasse

- Niob kann nicht ohne erhebliche Leistungseinbußen und Kostensteigerungen substituiert werden.

Zukunftsrelevanz

Risikoklasse

Als Legierungszuschlag zum Beispiel für den Bau von Gasturbinen nahezu unersetzlich (Superlegierungen). Anwendungen im High-Tech-Bereich wie Kondensatoren oder supraleitende Magnete gewinnen an Bedeutung.

Politische Risiken

Risikoklasse

- 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



2018 wurden rund 10.000 Tonnen Tantal produziert.

Bei unveränderter Produktion reichen die Vorräte in Höhe von rund 90.000 Tonnen für weitere rund 9 Jahre.

Abbauländer und Konzentration

Risikoklasse



- Zehn Länder vereinigten 2018 praktisch die gesamte Förderung von Tantal auf sich.
- Fünf Länder kontrollierten rund 95 % der Tantalförderung: Brasilien (63 %), die Demokratische Republik Kongo (11 %), Nigeria und Ruanda (jeweils 9 %) sowie Malaysia (3 %).

Preisentwicklung

Risikoklasse



Der Preis von Tantal ging in den letzten drei Jahren zurück, besonders groß ist die Preisdifferenz zwischen der Preisspitze von über 400 US-Dollar Mitte 2018 und dem aktuellen Preis.

- Preis September 2017: 325 US-Dollar pro Kilogramm
- Preis September 2020: 256 US-Dollar pro Kilogramm
- Rückgang von 21 %

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



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

2019 wurden rund 7.700 Tonnen Titan hergestellt.

Bei unveränderter Produktion reichen die Vorräte der wichtigsten Erze Ilmenit und Rutil in Höhe von rund 800 Mio. Tonnen sehr lange Zeit aus.

Abbauländer und Konzentration

Risikoklasse

- 89 % der Förderung der Titan-Erze Ilmenit und Rutil konzentrierte sich 2019 auf zehn Länder.
- Aus fünf Ländern stammten rund 66 % der geförderterten Erze: China (27 %), Südafrika (12 %), Australien (10 %), Kanada (9 %) und Mosambik (8 %)
- Es gibt nur 10 Firmen die über nennenswerte Anteile der weltweiten Produktion verfügen.

Preisentwicklung

Risikoklasse

Über den kompletten Zeitraum der letzten drei Jahre waren Volatilität und Entwicklung des Titan Preises unauffällig, Anfang dieses Jahres halbierte sich der Preis allerdings beinahe.

- Preis September 2017: 59,7 CNY pro Tonne
- Preis September 2020: 48,6 CNY pro Tonne
- Rückgang von 19 %

Substitutionsmöglichkeiten

Risikoklasse

- Rund 20 % des in der EU verarbeiteten Titans stammt aus Recyclingmaterial, das in der EU gewonnen wurde.
- 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
Luft- und Raumfahrt, Verteidigung, Elektrotechnik
Fräs-, Schneid- und Bergbauwerkzeuge

Vorräte und Verbrauch

Risikoklasse 



2018 wurden rund 77.328 Tonnen Wolfram produziert.
Bei unveränderter Produktion reichen die Vorräte von rund 3,2 Mio. Tonnen für knapp 41 Jahre aus.

Abbauländer und Konzentration

Risikoklasse 



- Die Förderung von Wolfram konzentrierte sich 2018 zu 98 % auf zehn Länder.
- Rund 91 % der Produktion wurden in fünf Ländern geleistet: China (78 %), Vietnam (7 %), Russland (3 %), Nordkorea und Großbritannien (je 2 %).

Preisentwicklung

Risikoklasse 



In den letzten drei Jahren sank der Preis von Wolfram deutlich, die Volatilität war aber wesentlich geringer als im Marktdurchschnitt.

- Preis September 2017: 299 US-Dollar pro Tonne
- Preis September 2020: 217 US-Dollar pro Tonne
- Rückgang von 27 %

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 Legierungszuschlag für härteste Stähle und wärmebeständige Legierungen und Karbide, z. B. für Turbinen, Brennstoffzellen, Hochtemperaturöfen sowie Fräs-, Schneid- und Bergbauwerkzeuge.

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



2019 wurden rund 13,5 Mio. Tonnen Zink produziert.

Mit Vorräten von rund 250 Mio. Tonnen kann die Produktion für 18 Jahre unverändert fortgesetzt werden.

Abbauländer und Konzentration

Risikoklasse



- Die Förderung von Zink konzentrierte sich 2019 zu 84 % auf zehn Länder.
- In fünf Ländern wurden 68 % der Produktion erbracht: China (34 %), Peru, Australien (je 11 %), Indien (7 %) und USA (6 %).
- Die Top-10-Unternehmen erreichen zusammen einen Marktanteil 46 %.

Preisentwicklung

Risikoklasse



Sowohl Preisrückgang als auch Volatilität fielen in den letzten drei Jahren bei Zink moderat aus.

- Preis September 2017: 3.120 US-Dollar pro Tonne
- Preis September 2020: 2.440 US-Dollar pro Tonne
- Rückgang von 22 %

Substitutionsmöglichkeiten

Risikoklasse



- Rund 30 % des in der EU verarbeiteten Zinks stammt aus Recyclingmaterial, das in der EU gewonnen wurde.
- 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 Bildschirm-technik.

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

2018 wurden rund 351.600 Tonnen Zinn gefördert.

Mit Vorräten von rund 4,7 Mio. Tonnen kann die Produktion für 13 Jahre unverändert fortgesetzt werden.

Abbauländer und Konzentration

Risikoklasse

- 97 % der Zinnproduktion konzentrierten sich 2018 auf zehn Länder.
- 84 % der Zinnproduktion stammten aus fünf Ländern: China (34 %), Indonesien (24 %), Burma (16 %), Bolivien und Peru (jeweils 5 %).
- Die Top-10-Unternehmen erreichen zusammen einen Marktanteil von 95 %.

Preisentwicklung

Risikoklasse

Preisrückgang sowie die Preisschwankungen fielen geringer aus als bei den anderen Rohstoffen.

- Preis September 2017: 20.800 US-Dollar pro Tonne
- Preis September 2020: 17.950 US-Dollar pro Tonne
- Rückgang von 14 %

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

2018 wurden rund 1,3 Mio. Tonnen Zirkon produziert.

Mit Vorräten von rund 62 Mio. Tonnen kann die Produktion für 49 Jahre unverändert fortgesetzt werden.

Abbauländer und Konzentration

Risikoklasse

- 2018 entfielen 94 % der Zirkonförderung auf zehn Länder.
- Fünf Länder erbrachten 81 % der Zirkonproduktion: Australien (32 %), Südafrika (29 %) USA (8 %), Mosambik (6 %), Senegal (5 %).
- Wenige Unternehmen kontrollieren den gesamten weltweiten Zirkon-Abbau.

Preisentwicklung

Risikoklasse

Der Preis stieg in den letzten drei Jahren merklich an, es waren aber kaum Schwankungen zu beobachten.

- Preis September 2017: 1.050 US-Dollar pro Tonne
- Preis September 2020: 1.320 US-Dollar pro Tonne
- Anstieg von 26 %

Substitutionsmöglichkeiten

Risikoklasse

- Eine Substitution erscheint aufgrund der großen noch nicht erschlossenen Ressourcen 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

Die Förderung ist auf nur wenige Länder konzentriert. Australien als wichtigstes Förderland weist aber nur geringe Risiken auf.

GOLD



Risikoklasse (3er-Skala)

Bedeutung für Bayern: Niedrig

Einsatzfelder:
Schmuckwaren, Zahlungsmittel,
Zahntechnik, Elektroindustrie

Vorräte und Verbrauch

Risikoklasse



2019 wurden rund 3.300 Tonnen Gold gefördert.

Bei Vorräten von 50.000 Tonnen ergibt sich eine gesicherte Versorgung für rund 15 Jahre.

Abbauländer und Konzentration

Risikoklasse



- 2019 entfielen 62 % der Goldförderung auf zehn Länder.
- Fünf Länder erbrachten rund 43 % der Goldproduktion: China (12 %), Australien (10 %), Russland (9 %), USA und Kanada (je 6 %).
- Auf die Top-10-Unternehmen entfällt ein gemeinsamer Marktanteil von rund 37 %.

Preisentwicklung

Risikoklasse



Es waren keine großen Preisschwankungen zu beobachten, der Preis stieg über die letzten drei Jahre stetig stark an.

- Preis September 2017: 1.310 US-Dollar pro Feinunze
- Preis September 2020: 1.920 US-Dollar pro Feinunze
- Anstieg von 46 %

Substitutionsmöglichkeiten

Risikoklasse



Gold ist vollständig wiederverwertbar und kann in bestimmten Verwendungen durch Palladium, Platin oder Silber substituiert werden.

Zukunftsrelevanz

Risikoklasse



Aus technologischer Sicht von mittlerer Bedeutung, aber als Spekulationsobjekt und Instrument gegen Inflation wichtig.

Politische Risiken

Risikoklasse



China und Russland gehören zu den größten Goldproduzenten. Der Handelskonflikt zwischen China und den USA und die Sanktionspolitik gegenüber Russland erhöhen die politischen Risiken.

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



2019 wurden rund 195 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 2019 fand in weniger als zehn Ländern statt.
- 85 % der Förderung konzentrierten sich 2019 auf drei Länder, 99 % auf die fünf größten Förderländer: Russland (39 %) Südafrika (38 %), Kanada (8 %), USA (7 %) und Simbabwe (6 %).
- Auf die Top-10-Unternehmen entfällt ein gemeinsamer Marktanteil von 95 %.

Preisentwicklung

Risikoklasse



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

- Preis September 2017: 730 US-Dollar pro Feinunze
- Preis September 2020: 1.450 US-Dollar pro Feinunze
- Anstieg von 98 %

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.
- Knapp 30 Prozent des in der EU verwendeten Palladiums stammen aus Recycling innerhalb der EU.

Zukunftsrelevanz

Risikoklasse



Palladium wird überwiegend in Abgaskatalysatoren eingesetzt und ist somit heute essenziell für die Automobilproduktion.

Politische Risiken

Risikoklasse



- Große Anteile der Förderung befinden sich in Risiko-Ländern.
- 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

Vorräte und Verbrauch

Risikoklasse

2019 wurden rund 172 Tonnen Platin produziert.

Die Vorräte von 20.000 Tonnen (bzw. 69.000 Tonnen für die Platingruppenmetalle insgesamt) resultieren in einer gesicherten Versorgung für mehr als 100 Jahre.

Abbauländer und Konzentration

Risikoklasse

- Die gesamte Platinförderung 2018 fand in weniger als zehn Ländern statt.
- 91 % der Förderung konzentrierten sich 2018 auf drei Länder, 97 % auf die fünf größten Förderländer: Südafrika (73 %), Russland (9 %), Simbabwe (8 %), Kanada (4 %), USA (3 %).
- Auf die Top-10-Unternehmen entfällt ein gemeinsamer Marktanteil von knapp 90 %.

Preisentwicklung

Risikoklasse

Nur leicht sinkende Preise und geringe Preisschwankungen führten zu einem niedrigen Preisrisiko.

- Preis September 2017: 964 US-Dollar pro Feinunze
- Preis September 2020: 908 US-Dollar pro Feinunze
- Rückgang von 6 %

Substitutionsmöglichkeiten

Risikoklasse

- Platin ist vollständig wiederverwertbar und kann teilweise durch Palladium ersetzt werden.
- Das große Problem ist, dass die Platingruppenmetalle nur untereinander austauschbar sind.
- Rund ein Viertel des in der EU verwendeten Rhodiums stammt aus Recycling innerhalb der EU.

Zukunftsrelevanz

Risikoklasse

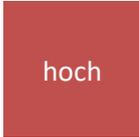
- Hauptverwendung von Platin ist zwar der Einsatz als Katalysator, aber der Bedarf vor allem in der Brennstoffzellentechnik wird zunehmen.
- Hier wird aufgrund des hohen Preises von Platin verstärkt nach Substituten geforscht.

Politische Risiken

Risikoklasse

- 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



2019 wurden rund 22 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 2019 fand in weniger als zehn Ländern statt.
- Fast die gesamte Förderung entfiel auf die fünf größten Förderländer: Südafrika (80 %), Russland (13 %), Simbabwe (5 %), Kanada (2 %), USA (1 %).
- Auf die Top-10-Unternehmen entfällt ein gemeinsamer Marktanteil von 90 %.

Preisentwicklung

Risikoklasse



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

- Preis September 2017: 770 US-Dollar pro Feinunze
- Preis September 2020: 3.870 US-Dollar pro Feinunze
- Anstieg von 400 %

Substitutionsmöglichkeiten

Risikoklasse



- Rhodium kann teilweise durch Palladium ersetzt werden.
- Das große Problem ist, dass die Platingruppenmetalle nur untereinander austauschbar sind.
- Knapp 30 Prozent des in der EU verwendeten Rhodiums stammen aus Recycling innerhalb der EU.

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

Vorräte und Verbrauch

Risikoklasse ■



2019 wurden rund 27.200 Tonnen Silber gefördert.

Bei Vorräten von 560.000 Tonnen ist eine unveränderte Produktion für rund 20 Jahre gewährleistet.

Abbauländer und Konzentration

Risikoklasse ■



- 81 % der Silberförderung konzentrierten sich auf zehn Länder.
- Sieben Länder erbrachten knapp 70 % der Produktion: Mexiko (25 %), Peru (14 %), China (11 %) sowie Chile, Russland, Australien und Polen (je 5 %).
- Auf die Top-10-Unternehmen entfällt ein gemeinsamer Marktanteil von weniger als 50 %.

Preisentwicklung

Risikoklasse ■



Bis Mitte dieses Jahres war der Preisverlauf unauffällig, zuletzt stiegen die Preise aber sehr stark an.

- Preis September 2017: 17,4 US-Dollar pro Feinunze
- Preis September 2020: 25,7 US-Dollar pro Feinunze
- Anstieg von 48 %

Substitutionsmöglichkeiten

Risikoklasse ■



- Silber kann vollständig wiederverwendet werden.
- Die Substitution gelingt nur in bestimmten Verwendungen durch Aluminium, Rhodium, Tantal oder Edelstahl.

Zukunftsrelevanz

Risikoklasse ■



- 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.

Politische Risiken

Risikoklasse ■



Silber wird überwiegend in südamerikanischen Ländern abgebaut, in denen nicht mit einer Instrumentalisierung zu rechnen ist. Aber auch China fördert verstärkt.

BARYT



Risikoklasse (3er-Skala)

Bedeutung für Bayern: Niedrig

Einsatzfelder:
Bohrspülung, Füllstoff,
Schwerbetonzuschlag oder Röntgenkontrastmittel
Medizinische und chemische Anwendungen, Strahlenschutz

Vorräte und Verbrauch

Risikoklasse



2018 wurden rund 8,7 Mio. Tonnen Baryt produziert.

Bei Vorräten von 300 Mio. Tonnen kann Baryt für 34 Jahre unverändert gefördert werden.

Abbauländer und Konzentration

Risikoklasse



- Zehn Länder erbrachten rund 92 % der Barytförderung.
- Auf fünf Länder entfielen 79 % der Produktion: China (37 %), Indien (23 %), Marokko (9 %), USA (6 %) und Kasachstan (5 %).

Preisentwicklung

Risikoklasse



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

Substitutionsmöglichkeiten

Risikoklasse



- In der Herstellung von Bariumchemikalien 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 Anodenroten 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 strategischer 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)

Vorräte und Verbrauch

Risikoklasse



2018 wurden rund 21,8 Mio. Tonnen Bentonit abgebaut.

Die Bentonitvorräte werden als extrem groß eingeschätzt, sodass sich auf sehr lange Zeiträume hinaus keine Knappheiten ergeben sollten.

Abbauländer und Konzentration

Risikoklasse



- Zehn Länder erbrachten rund 80 % der Bentonitförderung.
- Auf fünf Länder entfielen 72 % der Produktion: China (26 %), USA (17 %), Indien (16 %), Türkei (7 %) und Griechenland (6 %).

Preisentwicklung

Risikoklasse



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

Substitutionsmöglichkeiten

Risikoklasse



Substitutionsmöglichkeiten bestehen teilweise durch Palygorskit, Sepiolith, Halloysit, Kaolinit oder synthetische Chemikalien.

Zukunftsrelevanz

Risikoklasse



Verwendung als Bohrspülung, in Pharmazie und Diagnostik sowie Elektronik und Logistik.

Politische Risiken

Risikoklasse



Die Gefahr, dass Bentonit strategisch eingesetzt werden könnte, ist gering. Rund die Hälfte der Förderung entfällt aber auf kritische Abbauländer.

FELDSPAT



Risikoklasse (3er-Skala)

Bedeutung für Bayern: Niedrig

Einsatzfelder:
Keramik- und Glasherstellung;
nachrangig in Glasuren, als Füllstoff, in Seifen und Scheuermitteln

Vorräte und Verbrauch

Risikoklasse



2018 wurden rund 30,8 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



- 84 % der Förderung von Feldspat erfolgten 2018 in zehn Ländern.
- Auf fünf Länder entfielen 73 % der Produktion: Türkei (32 %), Indien (14 %), China (13 %), Italien (10 %) und Iran (4 %)

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. Die derzeitige Förderung findet aber zu relevanten Anteilen in kritischen Abbauländern statt.

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
Kälte- und Klimaanlage)

Vorräte und Verbrauch

Risikoklasse



2018 wurden rund 6,0 Mio. Tonnen Fluorit produziert.

Vorräte von 310 Mio. Tonnen erlauben eine unveränderte Förderung von Fluorit für weitere rund 50 Jahre.

Abbauländer und Konzentration

Risikoklasse



- Zehn Länder erbrachten rund 97 % der Fluoritförderung.
- Auf fünf Länder entfielen rund 90 % der Produktion: China (59 %), Mexiko (20 %), Südafrika (4 %), Vietnam (4 %) und Spanien (3 %)

Preisentwicklung

Risikoklasse



Ein moderater Preisanstieg mit vergleichsweise sehr geringer Volatilität resultieren in einem aktuell niedrigem Preisrisiko.

- Preis September 2017: 2.080 CNY pro Tonne
- Preis September 2020: 2.630 CNY pro Tonne
- Anstieg von 27 %

Substitutionsmöglichkeiten

Risikoklasse



- 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.

Zukunftsrelevanz

Risikoklasse



- Breiter Einsatz bedingt hohe Zukunftsrelevanz, wenn auch selten kritisch für Hochtechnologien.
- Einsatz in Aluminiumherstellung und Pharmazeutika.

Politische Risiken

Risikoklasse



Über die Hälfte der Weltproduktion kommt aus China.

GIPS UND ANHYDRIT



niedrig

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



2018 wurden rund 165 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 69 % der Produktion von Gips und Anhydrit.
- Auf fünf Länder entfielen 43 % der Produktion: USA (13 %), China (10 %), Iran (8 %), Spanien, Irak (je 6 %)

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 zählen zu den größten Sekundärrohstoffen.
- Bei abnehmender Kohleverstromung entfällt aber eine Sekundärrohstoffquelle.

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



2018 wurden rund 615.000 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 97 % der Produktion von Glimmer.
- Auf Brasilien entfallen 65 % der globalen Förderung, der Rest der Top 5 besteht aus Madagaskar (8 %), USA (7 %) sowie China und Kanada (je 4%)

Preisentwicklung

Risikoklasse



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

Substitutionsmöglichkeiten

Risikoklasse



- Abhängig vom Einsatzgebiet bestehen verschiedene 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



Zwar sind weltweit große Vorkommen vorhanden, die Förderung ist aber stark auf wenige Länder konzentriert.

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

Vorräte und Verbrauch

Risikoklasse

2018 wurden rund 1,0 Mio. Tonnen Graphit abgebaut.

Die Vorräte an Graphit werden auf rund 300 Mio. Tonnen veranschlagt. Bei unveränderter Produktion reichen sie für fast 300 Jahre aus.

Abbauländer und Konzentration

Risikoklasse

- 98 % des Graphitabbaus waren auf zehn Länder verteilt.
- 90 % der Produktion entfielen auf fünf Länder: China (62 %), Mosambik (11 %), Brasilien (10%) sowie Nordkorea und Indien (je 4 %)

Preisentwicklung

Risikoklasse

Der Preis von Graphit ging zwar merklich zurück, die Volatilität war allerdings sehr gering im Vergleich mit anderen Rohstoffen.

- Preis September 2017: 622 US-Dollar pro Tonne
- Preis September 2020: 452 US-Dollar pro Tonne
- Rückgang von 27 %

Substitutionsmöglichkeiten

Risikoklasse

- In den meisten Verwendungen ist Graphit schwer zu ersetzen.
- Bedingte Substitutionsmöglichkeiten liegen in der Verwendung von synthetischem Graphit, Molybdändisulfid, Talk oder Lithium (bei Batterien).

Zukunftsrelevanz

Risikoklasse

- Graphit ist sehr vielfältig einsetzbar und daher ein Grundstoff vieler Zukunftstechnologien.
- Wichtiger Bestandteil von Lithium-Ionen-Batterien.

Politische Risiken

Risikoklasse

- 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

2018 wurden rund 43,2 Mio. Tonnen Kalisalz produziert.

Bei Vorräten von rund 3,6 Mrd. Tonnen ist eine unveränderte Produktion für weitere rund 83 Jahre gesichert.

Abbauländer und Konzentration

Risikoklasse

- In zehn Ländern konzentrierten sich 98 % der Gewinnung von Kalisalz.
- 84 % der Produktion entfielen auf fünf Länder: Kanada (32 %), Weißrussland (17 %), Russland (16 %), China (13 %) und Deutschland (7 %).
- Auf die Top 5 Unternehmen entfällt ein Marktanteil von knapp 90 %.

Preisentwicklung

Risikoklasse

Ein geringer Preisrückgang sowie geringe Preisschwankungen resultieren in einem niedrigen Preisrisiko.

- Preis September 2017: 216 US-Dollar pro Tonne
- Preis September 2020: 203 US-Dollar pro Tonne
- Rückgang von 6 %

Substitutionsmöglichkeiten

Risikoklasse

Kalisalz kann nicht durch andere Stoffe ersetzt werden.

Zukunftsrelevanz

Risikoklasse

- Kalisalz wird vorwiegend als Düngemittel eingesetzt. In Technologien spielt der Rohstoff eine untergeordnete 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
Einsatz in der Kunststoffherstellung

Vorräte und Verbrauch

Risikoklasse

2018 wurden rund 27,9 Mio. Tonnen Kaolin gewonnen.

Die Vorräte sind als nahezu unbegrenzt anzusehen.

Abbauländer und Konzentration

Risikoklasse

- 78 % der Produktion von Kaolin wurden in zehn Ländern erbracht.
- Auf fünf Länder konzentrierten sich 59 % der Produktion: USA (26 %), China (11 %), Ukraine (8 %), Iran (7 %) sowie Brasilien (6 %)

Preisentwicklung

Risikoklasse

Der Preis von Kaolin ging in den letzten 3 Jahren mäßig zurück, die Volatilität war allerdings sehr gering.

- Preis September 2017: 193 US-Dollar pro Tonne
- Preis September 2020: 170 US-Dollar pro Tonne
- Rückgang von 12 %

Substitutionsmöglichkeiten

Risikoklasse

In einigen Verwendungen kann Kaolin unter anderem durch Talk, Baryt, Kalkstein, Diatomit, Glimmer, Zeolithe oder Pyrophyllit ersetzt werden.

Zukunftsrelevanz

Risikoklasse

Breite Anwendung in vielen Produkten sorgt für einen langfristigen Bedarf des Materials. Experten schätzen, dass in jedem zweiten Industrieprodukt Kaolin in unterschiedlichen Formen enthalten ist.

Politische Risiken

Risikoklasse

Die großen weltweiten Vorkommen vermindern das Risiko eines strategischen Einsatzes. Die breite Verwendung und Zukunftsrelevanz erhöht die Gefahren.

PHOPHATE

Bedeutung für Bayern: Mittel



Risikoklasse (3er-Skala)

Einsatzfelder:

Herstellung von Düngemittel und Phosphorsäure

Vorräte und Verbrauch

Risikoklasse



2018 wurden rund 239,5 Mio. Tonnen Phosphate gewonnen.

Die Vorräte werden auf rund 69 Mrd. Tonnen geschätzt, so dass eine unveränderte Produktion von fast 300 Jahren gesichert ist.

Abbauländer und Konzentration

Risikoklasse



- Phosphate werden zu 89 % der weltweiten Produktion in zehn Ländern gewonnen.
- Auf fünf Länder konzentrierten sich rund 77 % der Produktion: China (40 %), Marokko (16 %), USA (11 %), Russland (6 %) und Peru (4 %).

Preisentwicklung

Risikoklasse



Ein niedriger Preisrückgang sowie niedrige Schwankungen führen zu einem geringen Preisrisiko bei Phosphaten.

- Preis September 2017: 85 US-Dollar pro Tonne
- Preis September 2020: 79 US-Dollar pro Tonne
- Rückgang von 7 %

Substitutionsmöglichkeiten

Risikoklasse



Phosphate können in der Anwendung nicht durch andere Stoffe substituiert werden. Mineralische Phosphate können aber in der Gewinnung durch organische Phosphate – etwa aus Klärschlämmen – ersetzt 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 auf rund 300 Mio. Tonnen.

Die Vorräte sind als nahezu unbegrenzt anzusehen.

Abbauländer und Konzentration

Risikoklasse



- Rund 85 % der Quarzsandproduktion wurde 2019 in zehn Ländern erbracht.
- Zu den größten Produzenten zählen die USA, die Niederlande, Spanien, Italien, die Türkei, Indien, Malaysia, Frankreich, Deutschland und Bulgarien.

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 spezifischen Glasformen für die Photovoltaik.

Politische Risiken

Risikoklasse



In Verbindung mit der Zukunftsrelevanz gehen Experten von zunehmenden politischen Risiken aus.

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 2019 wurden rund 79,5 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 79 % der Schwefelproduktion fielen 2019 in zehn Ländern an.
- Fünf Länder erzeugten 57 % des Schwefels: China (22 %), USA (12 %), Russland (9 %), Saudi-Arabien (8 %) und Kanada (7 %)

Preisentwicklung

Risikoklasse



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

Substitutionsmöglichkeiten

Risikoklasse



In der Herstellung von Schwefelsäure nicht ersetzbar.

Zukunftsrelevanz

Risikoklasse



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

Politische Risiken

Risikoklasse



Ein Teil des Schwefels wird in kritischen Ländern gewonnen.

STEINSALZ

Bedeutung für Bayern: **Niedrig**



Risikoklasse (3er-Skala)

Einsatzfelder:

Industrie zur Gewinnung von Chlor und Natrium sowie als Speisesalz

Vorräte und Verbrauch

Risikoklasse



Im Jahr 2019 wurden 293 Mio. Tonnen Salz (auch Meersalz) gewonnen.

Die Vorräte sind als unbegrenzt anzusehen.

Abbauländer und Konzentration

Risikoklasse



- Rund 70 % der Salzproduktion fielen in zehn Ländern an.
- Fünf Länder erzeugten fast 55 % des Salzes: China (20 %), USA (14 %), Indien (10 %), Deutschland (5 %) und Australien (4 %)

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



Risikoklasse (3er-Skala)

Bedeutung für Bayern: Mittel

Einsatzfelder:
Infrastrukturprojekte, Bau

Vorräte und Verbrauch

Risikoklasse



Im Jahr 2018 wurden rund 4,1 Mrd. Tonnen Zement produziert.

Die Vorräte sind als nahezu unbegrenzt anzusehen.

Abbauländer und Konzentration

Risikoklasse



- Drei Viertel der Zementproduktion erfolgten in zehn Ländern.
- In fünf Ländern wurden rund 68 % des Zements weltweit produziert: China (54 %), Indien (8 %) sowie in den USA, in Vietnam und in Ägypten (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)



Risikoklasse (3er-Skala)

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

Einsatzfelder:

Katalysatoren, Leuchtstoffe, Lasertechnik,
Elektromotoren und -generatoren (Mobilität, IKT, erneuerbare Energien)
Festoxid-Brennstoffzellen, Leichte Legierungen

Vorräte und Verbrauch

Risikoklasse



2019 wurden rund 213.000 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 vier Ländern wurden 95 % der Seltenerdmetalle gewonnen: China (62 %), USA (12 %) sowie Burma und Australien (je 10 %).

Preisentwicklung

Risikoklasse



Die Preisrisiken waren in den letzten drei Jahren geringer, alle Preise sanken moderat. Die hohen politischen Risiken können hier aber zu abrupten Änderungen führen.

- Preise September 2017: 7.550 CNY/kg (Scandium), 36 US-Dollar/kg (Yttrium), 95 US-Dollar/kg (Neodym)
- Preise September 2020: 6.264 CNY/kg (Scandium), 28 US-Dollar/kg (Yttrium), 65 US-Dollar /kg (Neodym)
- Veränderung: –32 % bis –17 %

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)

hoch

Risikoklasse (3er-Skala)

Einsatzfelder:
notwendige Kleinstmengen etwa für die Herstellung von
Leuchtdioden, Solarzellen oder Halbleitern
Polymerisationskatalysator in der
Polyethylenterephthalat (PET)-Herstellung (Germanium)

Vorräte und Verbrauch

Risikoklasse 



2018 wurden insgesamt rund 5.270 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 40 % in Japan und Deutschland raffiniert.

Preisentwicklung

Risikoklasse 



Die Preisrisiken sind vor allem wegen hoher Volatilität groß. Während bei den anderen Spezialmetallen deutliche Preisabnahmen zu beobachten waren, stieg der Preis von Gallium merklich.

- Preise September 2017 (in US-Dollar/kg):
193 (In), 1.196 (Ge), 141 (Ga), 26 (Se)
- Preise September 2020 (in US-Dollar/kg):
169 (In), 1.015 (Ge), 196 (Ga), 12 (Se)
- Veränderung: –55 % bis + 38 %

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, in der Computer- und Elektrotechnik (Halbleiter) sowie für LCD-Displays 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 grundsätzlich auf alle Geschlechter. Aus Gründen der besseren Lesbarkeit und ohne jede Diskriminierungsabsicht wurde an einigen Stellen auf eine Bezeichnung mit dem Genderstern * verzichtet.

Herausgeber

vbw

Vereinigung der Bayerischen
Wirtschaft e. V.

Max-Joseph-Straße 5
80333 München

www.vbw-bayern.de

Weiterer Beteiligter

Institut der deutschen Wirtschaft
Köln Consult GmbH

Cornelius Bähr

0221 4981-797
baehr@iwkoeln.de