

Rohstoffe und Ressourcen

# Rohstoffsituation der bayerischen Wirtschaft

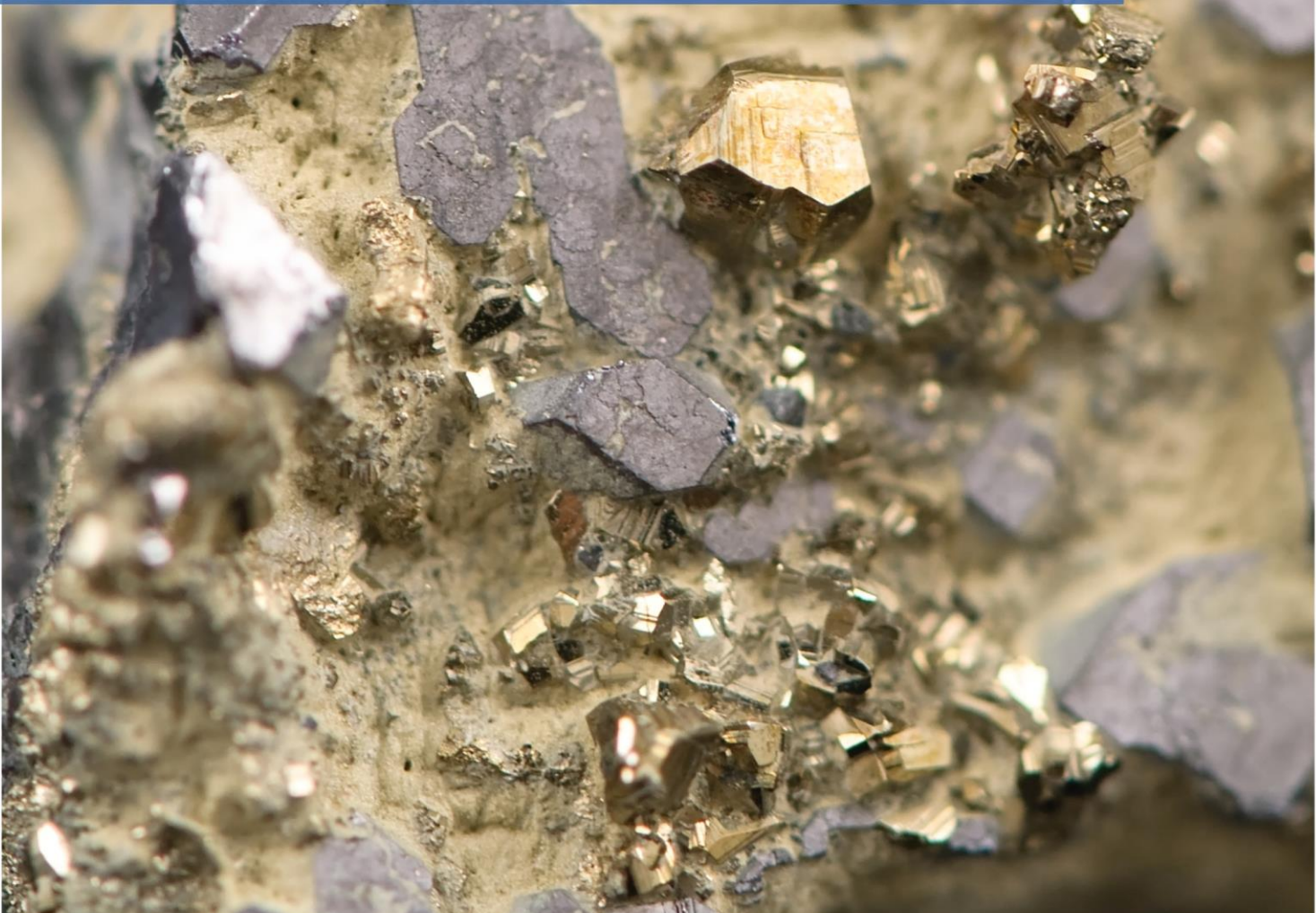
vbw

Studie

Stand: Dezember 2024

Eine vbw Studie, erstellt von IW Consult

Die bayerische Wirtschaft



## Hinweis

Zitate aus dieser Publikation sind unter Angabe der Quelle zulässig.

## Vorwort

### Eine erfolgreiche Wirtschaft braucht eine sichere Rohstoffversorgung

Viele Erzeugnisse der Industrieunternehmen in Bayern enthalten Rohstoffe, die nur in wenigen Regionen der Welt vorkommen. Sie werden vor allem bei Zukunftstechnologien, wie den Energiespeichern, aber auch in der Informationstechnologie eingesetzt. Für die bayerische Industrie ist die zuverlässige Versorgung mit Rohstoffen daher eine wichtige Grundlage ihrer Wettbewerbsfähigkeit. Die Verfügbarkeit von Rohstoffen in ausreichender Menge und zu wirtschaftlich vertretbaren Kosten muss gesichert sein, denn ein Versorgungsengpass kann ganze Wertschöpfungsketten lahmlegen und damit enormen Schaden verursachen.

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 dieser Verantwortung nach, 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. Darüber hinaus muss die Grundlagenforschung zu einem effizienten Rohstoffeinsatz und zu Substitutionsmöglichkeiten gefördert werden. Zudem sind zukunftsfeste Recyclingkonzepte - in Zusammenarbeit mit der Wirtschaft - zu entwickeln.

Die Neuauflage unserer Studie analysiert den aktuellen Stand in der Rohstoffversorgung. Sie illustriert an den Fallbeispielen von Aluminium und der Chipindustrie, welche Herausforderungen und Lösungsansätze im Hinblick auf Resilienz bestehen und nennt entscheidende Weichenstellungen für eine sichere Rohstoffversorgung.

Bertram Brossardt  
16. Dezember 2024



# Inhalt

<b>1</b>	<b>Wesentliche Ergebnisse</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Die aktuelle Rohstoffsituation der deutschen Wirtschaft</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>Rohstoffe – Bedeutung und Risiken</b>	<b>5</b>
3.1	Globales Wirtschaftswachstum erhöht Rohstoffnachfrage und -preise	6
3.2	Konjunktur- und Rohstoffzyklen führen zu Preisschwankungen	6
3.3	Steigende Grenzkosten des Rohstoffabbaus	7
3.4	Die Rohstoffverfügbarkeit ist begrenzt	8
3.5	Recycling als Antwort auf begrenzte Rohstoffvorkommen	8
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	Substitution von Rohstoffen nur begrenzt möglich	12
<b>4</b>	<b>Ergebnisse des Rohstoff-Risiko-Index</b>	<b>13</b>
4.1	Rote Gruppe	14
4.2	Orangefarbene Gruppe	18
4.3	Grüne Gruppe	19
4.4	Entwicklung der Rohstoffrisiken im Zeitverlauf	22
<b>5</b>	<b>Fallstudien</b>	<b>25</b>
5.1	Aluminium – essenzieller Rohstoff in modernen Industrieprodukten	25
5.1.1	Wertschöpfungskette Aluminium	25
5.1.2	Versorgungsrisiken bei Aluminium	29
5.1.3	Ausblick	31
5.2	Rohstoffe für die Chipindustrie	34

5.2.1	Globaler Wettbewerb	34
5.2.2	Herausforderungen in Deutschland	35
5.2.3	Chip-Industrie in Bayern	36
5.2.4	Wertschöpfungskette	38
5.2.5	Rohstoffversorgung	40
5.2.6	Schlussfolgerungen	41
<b>6</b>	<b>Deutsche und europäische Rohstoffpolitik</b>	<b>43</b>
6.1	Die Rohstoffpolitik der Bundesregierung	44
6.1.1	Rohstoffstrategie der Bundesregierung	44
6.1.2	Eckpunktepapier des Bundeswirtschaftsministeriums	44
6.2	Internationale Zusammenarbeit	47
6.3	Europäische Rohstoffpolitik	48
<b>7</b>	<b>Fazit und Handlungsempfehlungen</b>	<b>52</b>
7.1	Unternehmensebene	53
7.2	Interaktive Ebene	54
7.3	Staatliche Ebene	55
	Literaturverzeichnis	59
	Abbildungsverzeichnis	62
	Tabellenverzeichnis	63
	Anhang – Aufbau des Rohstoff-Risiko-Index	64
	Anhang – Rohstoffsteckbriefe	68
	Anhang – Gegenüberstellung kritischer Rohstoffe nach European Critical Raw Materials Act und Rohstoff-Risiko-Index	110
	Ansprechpartner/Impressum	111

# 1 Wesentliche Ergebnisse

Vielfältige Rohstoffrisiken stehen am Anfang aller Wertschöpfung.

Eine stabile Versorgung mit Rohstoffen ist eine zentrale Voraussetzung für Wohlstand und Beschäftigung in Deutschland und Bayern.

## Ergebnisse des Rohstoff-Risiko-Index

Die Rohstoffmärkte und unsere Rohstoffversorgung beruhen auf einem möglichst störungsfreien internationalen Austausch. Die geopolitischen Risiken der Zeit belasten dieses System. Die konjunkturellen Risiken verstärken die Unsicherheit. Dazu kommen die ohnehin im Rohstoffbereich auftretenden langfristig wirkenden Risikofaktoren für die Versorgung hinzu.

Der Rohstoff-Risiko-Index bildet diese hohe Unsicherheit ab und erreicht mit durchschnittlich 15,1 Punkten erstmals einen Wert über der 15-Punkte-Schwelle, ab der von einem hohen Versorgungsrisiko auszugehen ist. Deutlich mehr als die Hälfte der 45 untersuchten Rohstoffe befindet sich aktuell in dieser Risikokategorie („rote Gruppe“), ein Rohstoff mehr als noch im Vorjahr.

In dieser Gruppe der besonders kritischen Rohstoffe finden sich überwiegend Metalle, deren Einsatz in neuen Technologien mit großem Marktwachstum derzeit unverzichtbar ist. Die Anfälligkeit gegenüber einer strategischen Rohstoffpolitik, die hohe Bedeutung für Zukunftstechnologien, die Länderkonzentration und das Länderrisiko der Förderung sind häufige Risikofaktoren in dieser Gruppe.

## Fallstudie Aluminium

Aluminium ist ein wichtiger Rohstoff in vielen Industriezweigen wie dem Fahrzeugbau, dem Maschinen- und Anlagenbau sowie der Elektroindustrie. Diese Branchen haben eine hohe Bedeutung für die bayerische Industrie. Treiber der voraussichtlich zunehmenden Aluminiumnachfrage sind die Klimaziele, für deren Erreichen mehr Solar- und Windkraftanlagen, Batterien und Wasserstoffelektrolyseure benötigt werden.

Aluminium kann in Deutschland auch aus importiertem Bauxit oder Aluminium(hydr)oxid hergestellt werden. Solches als Primäraluminium bezeichnetes Metall wird zusätzlich importiert. Angesichts der hohen Energiekosten steht die besonders energieintensive Primäraluminiumerzeugung in Deutschland zunehmend unter Druck des internationalen Wettbewerbs. Ein dritter Weg für die Versorgung der Industrieproduktion ist die Erzeugung von Sekundäraluminium aus Recyclingmaterial. Dieser Prozess benötigt deutlich weniger Energie als die Aluminiumerzeugung aus Bauxit.

Am Beispiel Aluminium zeigt sich allerdings auch, dass Innovationen ein Gamechanger sein können: In der Wertschöpfungskette der Primäraluminiumerzeugung fällt giftiger Rotschlamm an, der bislang deponiert wird. Der Rotschlamm könnte in Zukunft als Rohstoff in

### Wesentliche Ergebnisse

der grünen Stahlproduktion verwendet werden und so die Produktionsbedingungen für Aluminium und Stahl in Deutschland verbessern.

Der Freistaat kann die Wertschöpfungsketten in Bayern über regionale Ansätze der Kreislaufwirtschaft unterstützen. Dazu kann auch die Vernetzung von Forschungseinrichtungen und Unternehmen beitragen.

#### **Fallstudie Chip-Industrie**

Auch hochmoderne digitale Dienstleistungen hängen von Rohstoffen und deren Weiterverarbeitung ab. Ein Beispiel ist die Herstellung von Halbleitern, die mit dem Abbau von Quarzkiesen und deren Weiterverarbeitung zu Silizium beginnt. Die Halbleiterindustrie ist bereits ein wichtiger Wachstumsmotor für den Wirtschaftsstandort Bayern. Bayerische Unternehmen sind dabei an verschiedenen Stellen der Wertschöpfungskette der Chip-Industrie vertreten. Der Freistaat verfügt über ein starkes Netzwerk aus führenden Forschungseinrichtungen, innovativen Unternehmen und hochqualifizierten Fachkräften, das es weiter auszubauen gilt.

Chips sind die Grundlage vieler Zukunftstechnologien, die für Bayern wirtschaftlich entscheidend sind. Eine Stärkung der heimischen Chip-Produktion sichert die Innovationskraft und Wettbewerbsfähigkeit Bayerns und reduziert die Abhängigkeit von internationalen Lieferketten. Zur nachhaltigen Stärkung der Halbleiterindustrie in Bayern bedarf es weiterer gezielter Investitionen in Infrastruktur, Bildung und Forschung, aber auch bessere Produktionsbedingungen – etwa mit Blick auf die Energiekosten.



## 2 Die aktuelle Rohstoffsituation der deutschen Wirtschaft

Die politischen Risiken der Rohstoffversorgung rücken in den Fokus.

Für die Industrie und unsere stoffgebundene Güterwelt ist die Sicherung der Rohstoffbasis von entscheidender Bedeutung. Kein Produkt des täglichen Lebens kommt ohne den Einsatz weiterverarbeiteter natürlicher Rohstoffe aus. Dies gilt selbstverständlich für materielle Güter, aber auch Dienstleistungen, die beispielsweise IT-Equipment, Räumlichkeiten oder Transportmöglichkeiten brauchen, basieren auf Grundstoffen, die aus der Natur gefördert oder im Recyclingprozess gewonnen werden können. Die entsprechenden Lieferungen, Produktion und Wiederverwertung müssen organisiert und abgesichert werden, um eine Versorgung der Industrie mit Vorprodukten und der Bevölkerung mit Konsumgütern störungsfrei gewährleisten zu können.

Die Versorgung mit Rohstoffen ist für die Unternehmen in zwei Dimensionen risikobehaftet: Sowohl die Preis- als auch die Mengendimension ist mit Risiken verbunden. Preise können stark und unerwartet steigen. In gewissem Maße ist eine Absicherung gegen Preisschwankungen möglich, teilweise können Mehrkosten auch an Kunden weitergegeben werden. Auf Seiten der Mengen, die zur Verfügung stehen, liegen Grenzen in den Produktionskapazitäten und möglichen politisch motivierten Einschränkungen. Insbesondere letztere sind für Unternehmen kaum zu antizipieren und nur schwer zu kompensieren.

Das Ende der russischen Gaslieferungen nach Deutschland hat einen Kostenschock ausgelöst, der vergleichbar mit der ersten Ölkrise Anfang der 1970er Jahre war (Bardt/Schaefer, 2024). Eine Knappheit, die so stark war, dass zu nicht-preislicher Bewirtschaftung gegriffen wurde, konnte jedoch vermieden werden: Als Alternative zu den pipelinegebundenen Gaslieferungen aus Russland konnte zügig Flüssigerdgas aus anderen Quellen erschlossen werden. Bei einem großflächigen geopolitisch bedingten Ausfall von Metallrohstoffen aus China wäre dies nicht oder nur mit jahrelanger Verzögerung möglich. Daher ist das politische Erpressungspotenzial so bedeutsam und eine politische Antwort darauf für Deutschland und Europa wichtig. Die USA aber auch Japan sind hier bereits weiter.

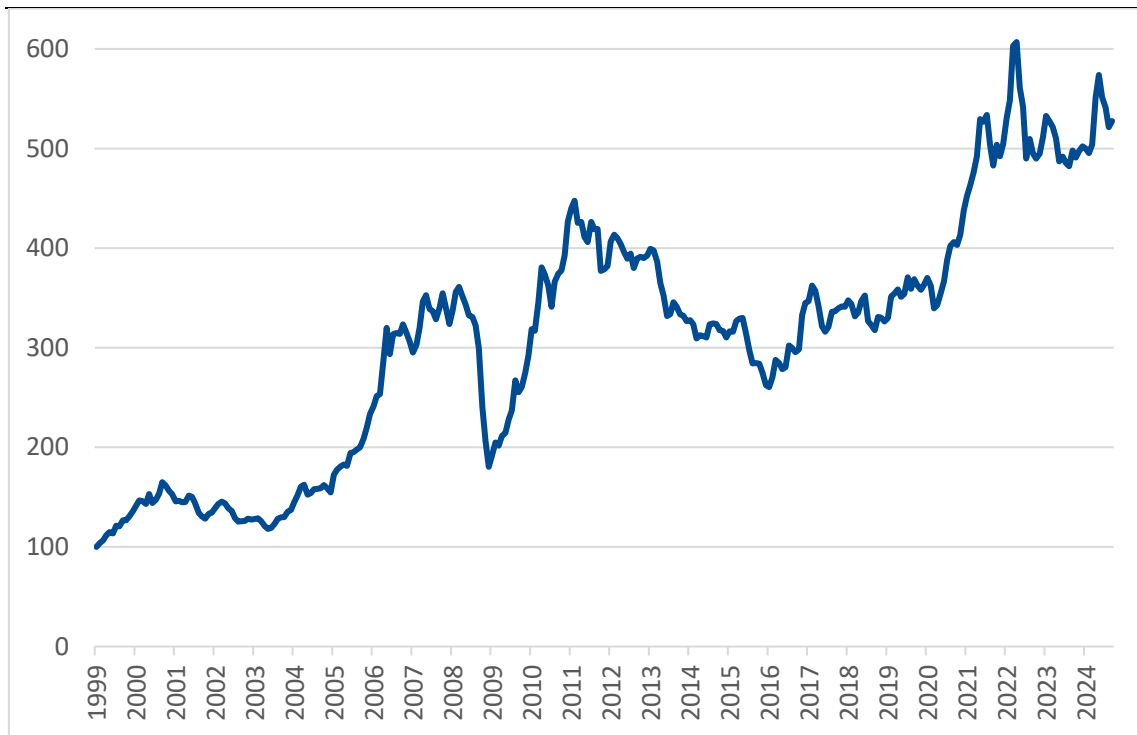
Die Mengenrisiken werden von Unternehmen gesehen (vbw/IW, 2024). 30 Prozent der Unternehmen sehen hier große Risiken, nur 13 Prozent haben dauerhafte Gegenmaßnahmen ergriffen. Die Risiken sind auf politischer Ebene als noch kritischer anzusehen. Schließlich können Regierungen in Konfliktsituationen erpresst werden, wenn die Unternehmen selbst nicht resilient gegenüber möglichen Anwendungsbeschränkungen sind. Konkrete politische Gegenmaßnahmen reichen bis zur Einrichtung von Rohstofffonds, um die Angebotsseite zu verbessern. Kurzfristiger oder auch nur mittelfristiger Erfolg im Sinne einer größeren Unabhängigkeit von China ist aber kaum zu erwarten.

Preislich zeigten die zentralen Metallmärkte keine weitere Anspannung. Darauf deutet der Industriemetallpreisindex (IMP-Index, Abbildung 1) des Instituts der deutschen Wirtschaft hin. Von einer temporären Aufwärtsbewegung abgesehen lagen die für Deutschland wichtigsten Importmetalle auch im letzten Jahr in der Größenordnung, in der sie nach dem Anstieg im Frühjahr 2021 angekommen waren. Dabei darf jedoch nicht übersehen werden, dass das aktuelle Preislevel das historisch höchste Niveau (außer einem Ausreißer im Frühjahr 2022) darstellt. Von einer Entspannung, die insbesondere die metallverarbeitenden Unternehmen entlasten würde, kann daher keine Rede sein.

Abbildung 1

Industriemetallpreis-Index

Index: Januar 1999 = 100, Stand: Oktober 2024



Quelle: Institut der deutschen Wirtschaft, vgl. zur Methodik: Bardt, 2011

### 3 Rohstoffe – Bedeutung und Risiken

Reaktionen an Rohstoffmärkten sind von vielen Determinanten abhängig.

Am Anfang jeder Wertschöpfungskette steht der Einsatz von Rohstoffen, die über verschiedene Verarbeitungsstufen bis hin zu den Endprodukten verarbeitet werden. Eine sichere Rohstoffversorgung ist auch für Unternehmen von großer Bedeutung, die selbst nicht unmittelbar mit Rohstoffen in Berührung kommen. Selbst Dienstleistungen sind oft nicht ohne Rohstoffe denkbar. Dies gilt insbesondere für produktbegleitende Dienstleistungen sowie für Dienstleistungen, die die Existenz von Infrastruktur voraussetzen.

Die Risikofaktoren für die Rohstoffversorgung betreffen verschiedene Stellen der Wertschöpfungskette. Der Rohstoff-Risiko-Index hat zum Ziel, die verschiedenen Risiken mit geeigneten Messkonzepten zu operationalisieren (Abbildung 2). Im Folgenden werden die unterschiedlichen Dimensionen des Versorgungsrisikos mit Rohstoffen erläutert. Die methodischen Details zu Aggregation und Gewichtung der einzelnen Risikodeterminanten sind im Anhang ausführlich dargestellt. Für jeden Rohstoff ergibt sich entsprechend des eigenen Risikoprofils eine individuelle Risikobewertung.

Abbildung 2  
Risikofaktoren bei Rohstoffen



Eigene Darstellung IW Consult, 2024

### 3.1 Globales Wirtschaftswachstum erhöht Rohstoffnachfrage und -preise

Unabhängig von der aktuellen konjunkturellen Lage ist langfristig weiter von einem globalen Wachstumstrend auszugehen. Entscheidende Treiber sind der steigende Wohlstand der Weltbevölkerung sowie deren Wachstum, das bis weit in das 21. Jahrhundert anhalten wird.

Die allmähliche Entkopplung des Ressourcen- und Energieverbrauchs vom Wirtschaftswachstum in den entwickelten Volkswirtschaften ist in vielen anderen Regionen der Welt nicht zu beobachten. Steigender Wohlstand ist dort – wenn auch von einem deutlich niedrigeren Niveau ausgehend – mit einer steigenden individuellen Güterausstattung verbunden.

Auch der Ausbau der Infrastruktur für Gebäude, Verkehr, Wasser, Energie und Kommunikation schreitet weltweit voran. Damit geht die Nachfrage nach einer Vielzahl mineralischer und metallischer Rohstoffe einher. Für Verkehrsinfrastruktur und Gebäude werden Gips und Zement benötigt. Stahl und Kupfer werden in der Infrastruktur für Transport, Kommunikation und Energieversorgung verwendet. Die Produktion und der Bau von Geräten und Infrastruktur der Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) führen zu einer zunehmend differenzierten Rohstoffnachfrage nach verschiedenen Edel- und Leichtmetallen oder Seltenen Erden, zum Beispiel für Rechenzentren und Datenübertragungssysteme, Steuerungseinheiten in der Produktion oder Endgeräte für Verbraucher. Elektromobilität und Stromerzeugung mittels erneuerbarer Energien verschieben den Rohstoffverbrauch von fossilen Energieträgern hin zu metallischen Rohstoffen für Energieerzeugung, transport und -speicherung.

Die steigende Nachfrage nach Rohstoffen führt zu steigenden Rohstoffpreisen, wenn die Entwicklung des Rohstoffangebots nicht mit der Nachfrageentwicklung Schritt hält. Besonders bei spezifischen Rohstoffen, die bisher nur in geringen Mengen nachgefragt wurden, führen dynamische technologische Entwicklungen zu einem starken Anstieg der Nachfrage und der Preise. Gleichzeitig ist die Ausweitung des Rohstoffangebots kostspielig. Das Angebot an Primärrohstoffen steigt nur, wenn in die Förderung investiert wird. Das Angebot an Sekundärrohstoffen erfordert zusätzliche Anstrengungen bei Sammlung und Recycling sowie beim Produktdesign.

### 3.2 Konjunktur- und Rohstoffzyklen führen zu Preisschwankungen

Preisschwankungen stellen neben Preissteigerungen ein weiteres Element des Preisrisikos dar. Sie können bei Rohstoffen stärker ausfallen als bei anderen Gütern. Die Preisschwankungen folgen zwei Mechanismen:

- Im Konjunkturzyklus ändert sich die Rohstoffnachfrage schneller als das träge Rohstoffangebot. Wächst die Rohstoffnachfrage schneller als das Angebot durch neue Investitionen in die Rohstoffförderung ausgeweitet werden kann, steigen die Preise. Bei Nachfragerückgang passt sich das Angebot häufig wegen der hohen Fixkosten der

kapitalintensiven Produktion nicht über die Menge, sondern mittels sinkender Preise an die Entwicklung an.

- Im Rohstoffzyklus wird ein schneller und nachhaltiger Nachfrageanstieg nicht in ausreichendem Maße durch eine Produktionsausweitung begleitet. Ein wesentlicher Faktor ist der rasant ansteigende Bedarf an spezifischen Rohstoffen, der durch neue Technologien und innovative Produkte hervorgerufen wird. So werden zwar neue Investitionen in Exploration und Erschließung neuer Lagerstätten lohnend. Da die Anpassung der Förderung jedoch eine gewisse Zeit in Anspruch nimmt, werden sich Angebot und Nachfrage erst mittelfristig wieder angleichen und den Anstieg der Rohstoffpreise bremsen.

Die Preisvolatilität stellt für die Nachfrageseite dann ein Problem dar, wenn Unternehmen nicht in der Lage sind, sich schnell genug an die steigenden Preise anzupassen. Dies ist der Fall, wenn der Preisanstieg nicht adäquat in der Kalkulation erfasst ist und eine kurzfristige Weitergabe der höheren Beschaffungspreise an die Kunden nicht möglich ist.

### 3.3 Steigende Grenzkosten des Rohstoffabbaus

Die Entwicklung der Gewinnungskosten hat einen wesentlichen Einfluss auf die Rohstoffpreise. Der Abbau von Rohstoffen ist mit steigenden Grenzkosten verbunden. In der Regel werden zuerst leicht zugängliche und kostengünstig abzubauende Rohstoffvorkommen erschlossen, während weniger zugängliche Reserven für spätere Projekte übrig bleiben. Die Kosten steigen, wenn die Rohstoffe tiefer in der Erde liegen, unter See abgebaut werden oder ihre Konzentration in der Lagerstätte gering ist. Technologische Fortschritte in der Förder- und Gewinnungstechnik wirken sich hingegen kostendämpfend aus.

Nach dem Abbau haben die Aufbereitung und Trennung der Rohstoffe einen maßgeblichen Einfluss auf die Gewinnungskosten. In den Lagerstätten sind metallische und mineralische Rohstoffe selten in reiner Form vorhanden, sondern liegen in sogenannter Vergesellschaftung vor. Die Gewinnungskosten unterliegen verschiedenen Einflussfaktoren:

- Erzkonzentration im Gestein: Taubes Gestein oder Scheidewerk müssen nach dem
- Abbau entfernt werden. Bei tendenziell abnehmender Erzkonzentration erhöht dies
- im Zeitverlauf die Kosten.
- Beifang und Kuppelprodukte: Im Gestein sind häufig auch andere Erze, Mineralien oder Metalle enthalten. Bei sogenanntem positivem Beifang bringt die sortenreine Abtrennung anderer Rohstoffe zusätzlichen Ertrag. Platin als Nebenprodukt von Nickel ist ein Beispiel. Auch Kobalt kommt häufig gemeinsam mit Nickel und Kupfer vor. Bei negativem Beifang müssen Rohstoffe kostspielig abgetrennt werden, wie zum Beispiel Kadmium und andere Schwermetalle im Phosphatabbau.

Bei geringer Konzentration des Kuppelprodukts ist die Ausweitung der Produktion dann auch bei einem starken Preisanstieg für das Kuppelprodukt ökonomisch nicht rentabel. Dies kann zu erheblichen Preisspitzen an den Rohstoffmärkten führen. Steigende Grenzkosten, negativer Beifang und geringe Preiselastizität bei seltenen Rohstoffen führen zu höheren Rohstoffpreisen. Die Gewinnung von Rohstoffen als positiver Beifang und technologischer Fortschritt in der Gewinnungstechnik wirken in die entgegengesetzte Richtung.

### 3.4 Die Rohstoffverfügbarkeit ist begrenzt

Metallische und mineralische Rohstoffe zählen wie fossile Energieträger zu den erschöpfbaren Ressourcen. Das bedeutet, dass ihre stoffliche Verfügbarkeit auf der Erde und in einzelnen Lagerstätten grundsätzlich begrenzt ist. Die endgültige Erschöpfung eines nicht erneuerbaren Rohstoffes hätte erhebliche negative wirtschaftliche Folgen. Allerdings ist bei fast allen Rohstoffen die in der Erdkruste vorhandene Menge so groß, dass dies nicht die relevante Begrenzung darstellt.

Für die nutzbare Größe von Rohstoffvorkommen sind die technologischen und wirtschaftlichen Möglichkeiten der Erschließung und Gewinnung relevant. Entscheidend ist dabei meistens nicht die reine Menge, sondern die ausreichende Konzentration der Rohstoffe in den Förderstätten. Beispielsweise kommen die sogenannten Seltenen Erden insgesamt in großen Mengen vor. Ihre Konzentration ist aber an den meisten Stellen so gering und ihre Förderung daher so schwierig und teuer, dass sie nur in wenigen Lagerstätten ökonomisch gewonnen werden können.

Aus ökonomischer Sicht wird die statische Reichweite als geeignetes Maß angesehen. Darin werden die technisch und ökonomisch förderwürdigen Reserven eines Rohstoffs in Beziehung zur jährlichen Förderung dieses Rohstoffs gesetzt. Die statische Reichweite sollte nicht als stoffliche Verfügbarkeit eines Rohstoffs als solche, sondern als zukünftiger Investitionsbedarf in die Exploration neuer Rohstoffvorkommen interpretiert werden.

Die statische Reichweite wird von Preissignalen, Verhaltensänderungen und technologischen Entwicklungen beeinflusst:

- Steigende Preise können zunehmende Investitionen in Exploration und Förderung auslösen und wirken als Bremse für die Nachfrage. Sinkende Preise wirken umgekehrt.
- 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 das (Sekundär-)Rohstoffangebot und senkt die Nachfrage nach Bergbauprodukten.

### 3.5 Recycling als Antwort auf begrenzte Rohstoffvorkommen

Das Angebot an Primärrohstoffen aus dem Bergbau wird durch Sekundärrohstoffen aus dem Recycling ergänzt. Dazu müssen nicht mehr genutzte Güter oder Produktionsabfälle gesammelt und die enthaltenen Rohstoffe möglichst sortenrein zurückgewonnen werden.

Bei Basismetallen wie Aluminium, Kupfer und Eisen oder bei Glas wird in Deutschland und Europa schon ein substanzieller Anteil der Rohstoffnachfrage durch den Einsatz von Sekundärrohstoffen aus recycelten Abfällen gedeckt. Bei vielen anderen Rohstoffen sind die Recyclingquoten aber noch deutlich geringer.

Drei Hauptziele werden mit einer verstärkten Nutzung von Sekundärrohstoffen verfolgt:

- Die Reduzierung der Abhängigkeit von Primärrohstoffimporten zählt zu den zentralen Zielen der deutschen und europäischen Rohstoffpolitik. Sekundärrohstoffe können so einen Beitrag zur stärkeren Resilienz von Wertschöpfungsketten leisten.
- Die Nutzung von Sekundärrohstoffen ist im Vergleich zu Primärrohstoffen in der Regel mit einem kleineren ökologischen Fußabdruck der Produktion verbunden – vor allem durch geringeren Energiebedarf. Sie kann so auch die Wettbewerbsfähigkeit von Grundstoffindustrien in Europa verbessern.
- Nicht zuletzt schont die Nutzung von Sekundärrohstoffen die begrenzten natürlichen Vorkommen von Primärrohstoffen.

Recycling stellt ein Element der Kreislaufwirtschaft dar, die auch das Produktdesign umfasst. Schon hier sollte die Zugänglichkeit der Rohstoffe berücksichtigt werden. Die Wettbewerbsfähigkeit von Sekundärrohstoffen gegenüber Primärrohstoffen hängt davon ab, dass vergleichbare Qualitäten zu vergleichbaren Preisen angeboten werden. Neben effizienten Systemen zu Sammlung, Sortierung und sortenreiner Aufbereitung der Materialien ist häufig ein Verfahren zur Qualitätszertifizierung der Sekundärrohstoffe notwendig.

Die Rahmenbedingungen für eine konsequente Nutzung von Sekundärrohstoffen entwickeln sich zum Positiven:

- Der technologische Fortschritt in der Recyclingwirtschaft hilft, Rohstoffe aus Altgeräten („Urban Mining“) besser nutzbar zu machen.
- Die Digitalisierung kann genutzt werden, um die Nachverfolgbarkeit der Rohstoffe in den Produkten zu erhöhen. Der digitale Produktpass (DPP) für Elektroprodukte und der Batteriepass für Speicher sind erste Anwendungsfälle in der Europäischen Union (EU).
- In vielen Industrieländern unterstützt eine flankierende Gesetzgebung die verschiedenen Ansätze und Motive des Rohstoffrecyclings.

### 3.6 Rohstoffvorkommen befinden sich häufig in Risikoländern

Rohstoffe kommen häufig nur in bestimmten geologischen Strukturen in förderwürdiger Form vor, weil beispielsweise eine ausreichend hohe Konzentration der Rohstoffe in der Lagerstätte erforderlich ist. Bei einigen Rohstoffen verteilt sich die Förderung daher auf nur sehr wenige Länder. Die meisten heute genutzten Vorkommen liegen nicht in Europa. Deutschland und Europa sind heute gerade bei Rohstoffen mit einer hohen und spezifischen technologischen Bedeutung, wie z. B. bei Seltenen Erden, Lithium oder Kobalt, fast vollständig auf Importe aus anderen Ländern angewiesen. Für die Zukunft ist bei einigen dieser Rohstoffe bei insgesamt zunehmenden Abbaumengen eine Diversifizierung der Abbauländer und eine zunehmende Rohstoffgewinnung in Deutschland und Europa zu erwarten. Die Neuerschließung von Produktionsstätten ist jedoch von gesellschaftlichen und politischen Konflikten begleitet.

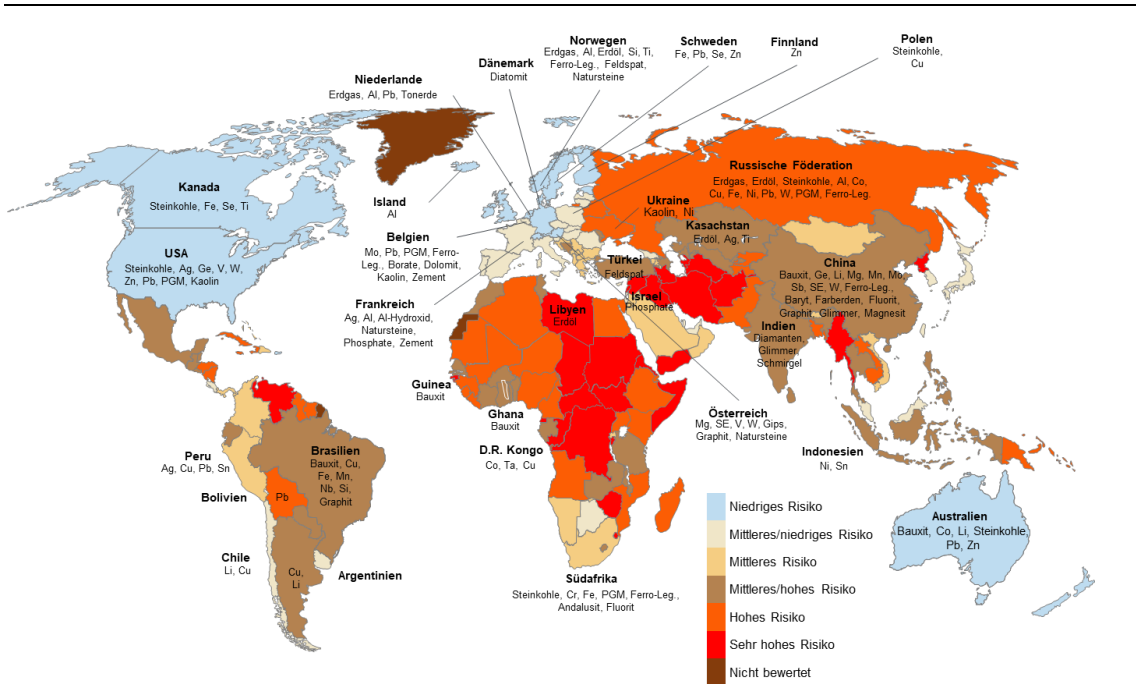
Risiken für die Rohstoffproduktion bestehen in internen und externen Konflikten, mangelnder Rechtsstaatlichkeit, Korruption sowie politischer und wirtschaftlicher Instabilität. Interne und externe Konflikte können sich zu Kriegen und Bürgerkriegen ausweiten und die Rohstoffgewinnung und -lieferung gefährden. Mangelnde Rechtsstaatlichkeit oder eine

Rohstoffe – Bedeutung und Risiken

instabile politische und wirtschaftliche Lage gefährden die Investitionen in die Rohstoffförderung, weil das Risiko für die Erhebung willkürlicher Steuern und Abgaben und Zölle oder Eingriffe in bestehende Verträge steigt. Oft ist in diesen Ländern auch die Transportinfrastruktur mangelhaft. Für die Erfüllung der in Deutschland und Europa geforderten Sorgfaltspflichten in der Lieferkette reicht der Verweis auf staatliche Gesetzgebung, Regulierung und Rechtsdurchsetzung in diesen Ländern nicht aus. Die Erfüllung der Berichtspflichten ist in Ländern mit geringen Umwelt- und Menschenrechtsstandards oder schwachen staatlichen Institutionen mit höherem Aufwand verbunden und kann zu einer Umlenkung des Rohstoffhandels führen.

In Abbildung 3 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 3  
Länderrisiko und Rohstoffvorkommen 2024



Eigene Darstellung IW Consult, 2024

Der Nachweis der Einhaltung von Menschenrechten, Sozial- und Umweltstandards spielt eine zunehmende Rolle für die Beschaffung von Rohstoffen oder Vorprodukten. Diese Dimension ist in Abbildung 3 nicht eigens berücksichtigt. 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.



### 3.7 Rohstoffe sind Instrumente strategischer Industriepolitik

Strategische Industriepolitik besteht in Förderung bestimmter Industrien mit dem Ziel, diese Industrien im eigenen Land zu etablieren oder zu halten. In Schwellenländern zielen solche Maßnahmen häufig auf den grundlegenden Aufbau heimischer Industrien oder die Verlängerung der rohstoffbasierten Wertschöpfungsketten in die Aufbereitung und Weiterverarbeitung der Rohstoffe.

In Ländern mit bedeutender Förderung können Rohstoffe zu einem Mittel der strategischen Industriepolitik werden. Ein privilegierter Rohstoffzugang für die inländischen Industrien verschafft diesen einen Wettbewerbsvorteil gegenüber dem Ausland. So zielt beispielsweise die Beschränkung des Exports bestimmter Nickelqualitäten in Indonesien auf die Etablierung der inländischen Erzverarbeitung und die Verlängerung der Wertschöpfungskette im Inland über den reinen Bergbau hinaus.

In Ländern, die derzeit vor allem Rohstoffnachfrager sind, wird die Versorgungssicherheit mit Rohstoffen beim strategischen Aufbau von neuen Technologien zunehmend berücksichtigt. So werden in der Europäischen Union industriepolitische Zielsetzungen, wie die Projekte von bedeutendem Gemeinschaftsinteresse (*Important Projects of Common European Interest – IPCEI*) in Bereichen wie Batterien, Wasserstoff oder Mikroelektronik, vom *European Critical Raw Materials Act* begleitet, der die Resilienz der Rohstoffversorgung in den Fokus nimmt. Auch vom *Inflation Reduction Act* in den USA ist ein Einfluss auf die globalen Rohstoffmärkte zu erwarten. Für eine Liste von 50 kritischen Rohstoffen gilt eine Local-Content-Klausel. Diese Rohstoffe sollen nach Möglichkeit entweder in den USA hergestellt oder aus Ländern bezogen werden, mit denen ein Freihandelsabkommen besteht.

Auf Seiten der Rohstoffförderländer werden Beschränkungen im Rohstoffhandel zunehmend als Instrument in handelspolitischen Auseinandersetzungen oder geopolitischen Konflikten genutzt. Zu den prominenten Beispielen zählen die chinesische Ausfuhrbeschränkung von Seltenen Erden gegenüber Japan im Jahr 2010 oder die drastische Reduktion des Gashandels zwischen Europa und Russland wegen des Ukraine-Kriegs. Im Jahr 2023 wurden in China Exportkontrollen für Gallium, Germanium und abgeleitete Produkte eingeführt, die als Reaktion auf die Exportrestriktionen der USA für Hochtechnologiegüter gegenüber China gelten.

Insgesamt wird dadurch der freie Welthandel mit Rohstoffen behindert. Konkrete Folgen sind Handelsumlenkung in bevorzugte Lieferländer sowie plötzlich eintretende Knappheiten und daraus resultierende Preissprünge. Auch ein vollständiger Handelsstopp bei Rohstoffen mit hoher Konzentration in einzelnen Ländern ist nicht auszuschließen.

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

Die Produktionsbedingungen im Rohstoffsektor – Konzentration der Rohstoffe auf wenige förderwürdige Lagerstätten, hohe Kapitalintensität der Rohstoffförderung und -

weiterverarbeitung – begünstigen eine hohe Konzentration auf wenige große Unternehmen. Bei vielen Rohstoffen stehen diese für mehr als 50 Prozent des Rohstoffangebots.

Wo Rohstoffunternehmen als Oligopolisten am Markt agieren, können sie durch ihre Marktmacht Preise oder Lieferkonditionen bestimmen. In dieser Konstellation müssen Abnehmer häufig überhöhte Preise akzeptieren. Dies gilt umso mehr, wenn Angebotsalternativen fehlen und die Produzenten mit Lieferverzögerungen drohen können. Kleinere Abnehmer sind diesen Problemen wegen fehlender Marktmacht stärker ausgesetzt.

### 3.9 Große Bedeutung der Rohstoffe für Zukunftstechnologien

Zukunftstechnologien zeichnen sich durch eine hohe Bedeutung für die zukünftige Produktion und den zukünftigen Konsum aus. In den zugehörigen Produkten werden häufig eine Vielzahl unterschiedlicher Rohstoffe verbaut – wenn auch oft nur in geringen Mengen. Beispiele finden sich in der Medizintechnik, bei den erneuerbaren Energien, in der Elektromobilität und in Informations- und Kommunikationstechnologien.

Spezifische Rohstoffe oder deren Legierungen sind bei solchen Produkten häufig für die Funktionsweise essenziell oder verbessern die Produkteigenschaften wesentlich. Die Nicht-Verfügbarkeit schon kleinster Rohstoffmengen kann für die Produktion kritisch sein und setzt sie so einem besonderen Risiko aus.

Gerade für ein Hochtechnologieland wie Deutschland ist die reibungslose Versorgung mit den relevanten Rohstoffen von zentraler Bedeutung für die Wettbewerbsfähigkeit und die Wertschöpfung.

### 3.10 Substitution von Rohstoffen nur begrenzt möglich

Wenn die technologische Leistungsfähigkeit von Produkten und ihre spezifischen Produkteigenschaften eng mit einem sehr spezifischen Rohstoffeinsatz oder der Verwendung bestimmter Legierungen verbunden ist, dann ist die Substituierbarkeit eingeschränkt oder kurz- bis mittelfristig unmöglich.

Der Austausch einzelner Rohstoffe durch Alternativen ist dann mit einem hohen zusätzlichen Aufwand für Forschung und Entwicklung verbunden. Besonders oft sind Zukunftstechnologien betroffen, bei denen der spezifische Materialeinsatz neu entwickelt wurde und dementsprechende Alternativen noch nicht existieren.

Mit abnehmender 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

Der Rohstoff-Risiko-Index fasst für jeden Rohstoff eine Vielzahl von Elementen des Versorgungsrisikos zu einem Indexwert zusammen.

Der Rohstoff-Risiko-Index erreicht im Jahr 2024 erstmals mit einem Durchschnittswert von 15,1 Punkten einen Wert über der 15-Punkte-Schwelle, ab der von einem hohen Versorgungsrisiko auszugehen ist. Die Verschärfung der Rohstoffsituation zeigt sich auch daran, dass die rote Gruppe der Rohstoffe, die durch ein hohes Versorgungsrisiko gekennzeichnet ist, im Jahr 2024 einen Rohstoff mehr als im Vorjahr umfasst und aktuell deutlich mehr als die Hälfte der 45 untersuchten Rohstoffe beinhaltet.

Die im vorherigen Kapitel erläuterten Risikofaktoren werden im Folgenden anhand von fünf quantitativen und drei qualitativen Indikatoren zum Rohstoff-Risiko-Index verdichtet (zur Methodik vgl. Anhang). Zu den quantitativen Indikatoren gehören die statische Reichweite, das Länderrisiko, die 3-Länder-Konzentration, die 3-Unternehmen-Konzentration und das Preisrisiko. Die drei qualitativen Indikatoren beinhalten die Bedeutung für Zukunftstechnologien, die Substituierbarkeit und die Gefahr eines strategischen Einsatzes.

Analog zu den vorherigen Auflagen der vbw-Rohstoffstudie werden 45 Rohstoffe analysiert, deren Auswahl sich an den „Rohstoffwirtschaftlichen Steckbriefen“ und der „Rohstoffliste“ der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) orientiert. In den Index fließen auch drei Seltenerdmetalle – Scandium, Yttrium und Neodym – sowie vier Spezialmetalle – Selen, Indium, Germanium und Gallium – ein.

Für jeden Rohstoff kann der Rohstoff-Risiko-Index Werte zwischen 25 (höchstes Risiko) und 0 (geringstes Risiko) annehmen. Auf Basis dieser Skalierung werden die Metalle und Mineralien anschließend in drei Gruppen – rot, orange, grün – eingeteilt. Sie verteilen sich aktuell wie folgt:

- In der roten Gruppe befinden sich 28 Rohstoffe mit dem höchsten Risiko und einem Indexwert von mindestens 15. Da im Vergleich zum Vorjahr ein Rohstoff von der orangefarbenen in die rote Gruppe gewechselt ist, umfasst die Gruppe nun einen Rohstoff mehr als noch vor einem Jahr.
- Die orangefarbene Gruppe enthält 10 Rohstoffe mit Risikowerten zwischen 10 und 15 und umfasst damit aufgrund von Verschiebungen zwischen den Gruppen einen Rohstoff weniger als im Vorjahr.
- In der grünen Gruppe finden sich ebenfalls wie im Vorjahr 7 Rohstoffe mit geringem Versorgungsrisiko und Indexwerten von weniger als 10. Die Anzahl der Rohstoffe ist im Vorjahresvergleich trotz eines Wechsels von der grünen in die orange Gruppe und gleichzeitig einem von der orangefarbenen in die grüne Gruppe konstant geblieben.

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

Die rote Gruppe enthält die Metalle und Mineralien, die das höchste Versorgungsrisiko aufweisen. Sie umfasst im aktuellen Rohstoff-Risiko-Index 28 Mineralien und Rohstoffe und damit einen mehr als noch im Vorjahr (Abbildung 4). Neu hinzugekommen ist Selen, das sich im Vorjahr noch in der orangefarbenen Gruppe befand.

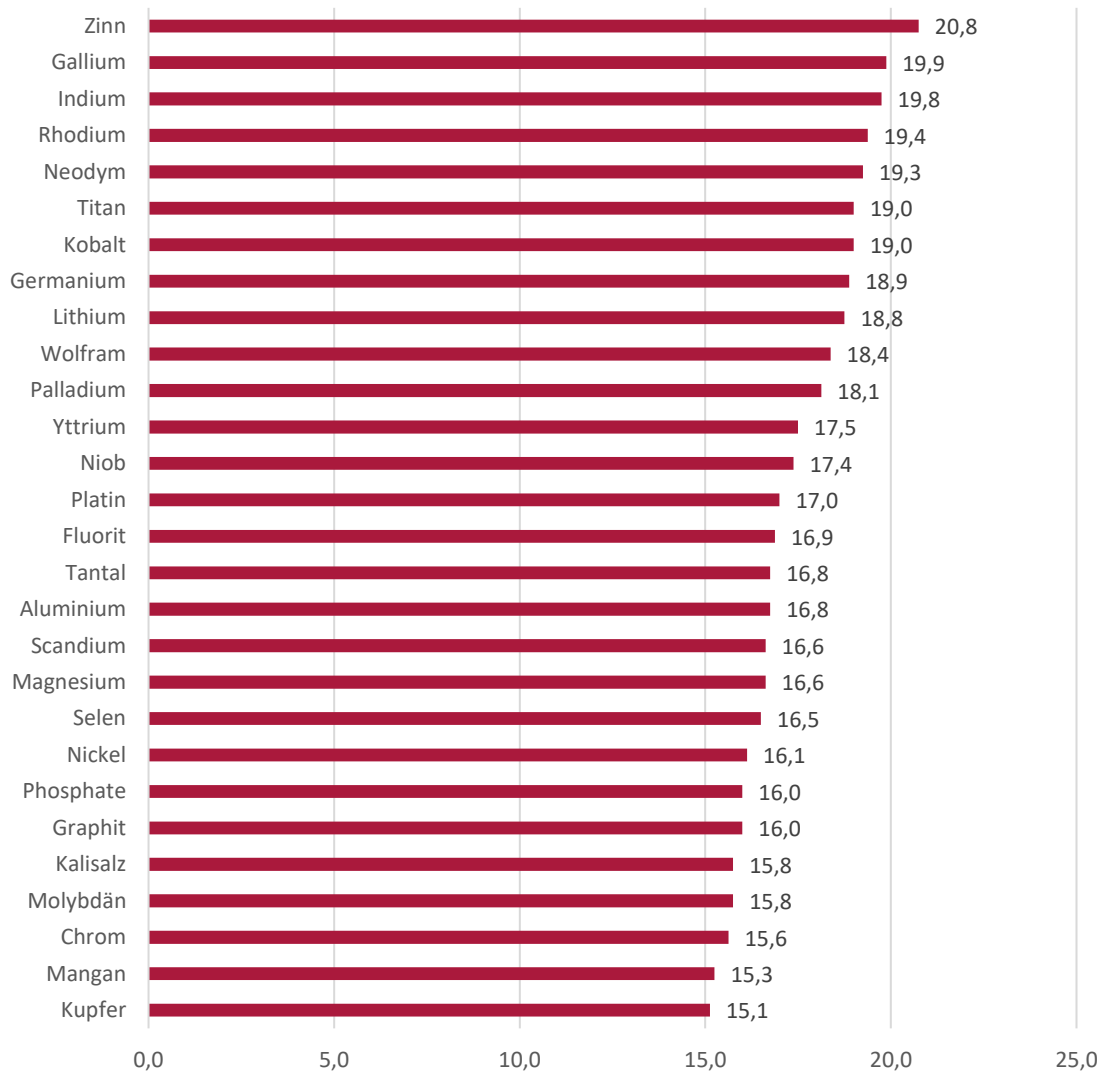
Die meisten Rohstoffe aus der roten Gruppe sind gleich in mehreren Kategorien von hohen Risiken betroffen. So weisen 14 Rohstoffe – und damit etwas mehr als die Hälfte der Rohstoffe der roten Gruppe – ein hohes Risiko in mindestens fünf der acht Dimensionen auf, bei weiteren 10 Rohstoffen wird die Situation in vier Dimensionen kritisch bewertet.

Den weitaus meisten Rohstoffen der roten Gruppe kommt mit – Ausnahme von Fluorit, Kalisalz und Chrom – eine hohe Bedeutung für Zukunftstechnologien zu. Gleichzeitig besteht bei 23 dieser Rohstoffe eine hohe Anfälligkeit für eine strategische Rohstoffpolitik. Auch in den Bereichen, die den Rohstoffabbau sowie die Länder- und Unternehmenskonzentration der Förderung betreffen, werden viele Rohstoffe kritisch bewertet. So besteht bei 19 der 29 Rohstoffe ein hohes Länderrisiko bei der Förderung sowie bei 18 Rohstoffen ein hohes Risiko bei der Länderkonzentration, da dort 75 Prozent der Förderung in höchstens drei Ländern erfolgen. Des Weiteren wird bei 12 Rohstoffen die Unternehmenskonzentration kritisch eingeschätzt.

Von allen Rohstoffen führt Zinn wie auch im Vorjahr das Rohstoff-Risiko-Ranking an und weist damit das höchste Versorgungsrisiko auf. Mit einem Index von 20,8 Punkten liegt Zinn vor den Spezialmetallen Gallium (19,9 Punkte) und Indium (19,8 Punkte). Damit stehen drei (Spezial-)Metalle an der Spitze des Rankings, die vor allem im Elektronik- und Optikbereich eingesetzt werden, z. B. bei der Herstellung von LCDs und Flachbildschirmen. Bei Gallium und Indium hat sich im Vergleich zum Vorjahr das Versorgungsrisiko deutlich erhöht, aber auch bei den weiteren Spezialmetallen Germanium und Selen ist die Kritikalität gestiegen. Besonders bei Indium hat das Risiko stark zugenommen: Während Indium im Vorjahr noch auf Rang 20 zu finden war, hat sich das Gesamtrisiko aufgrund von deutlich gestiegenen Rohstoffpreisen, aber auch durch eine höhere Bedeutung für

Zukunftstechnologien, einem gestiegenen Länderrisiko und einer verringerten Substituierbarkeit deutlich erhöht.

Abbildung 4  
 Risikoklasse I der Rohstoffe – rote Gruppe



Eigene Darstellung IW Consult, 2024

Weitere bedeutsame Verschiebungen in der roten Gruppe gab es neben dem bereits erwähnten Indium und Germanium, vor allem beim Seltenerdmetall Yttrium. Yttrium ist im aktuellen Rohstoff-Risiko-Index um 10 Ränge von Rang 22 auf Rang 12 vorgerückt. Während bei Germanium (2023: Rang 19, 2024: Rang 8) vor allem ein höheres Preisrisiko zu der kritischeren Bewertung beitrug, waren es bei Yttrium eine etwas erhöhte Bedeutung für Zukunftstechnologien sowie ein etwas erhöhtes politisches Risiko.

Neu in der roten Gruppe ist Selen. Nachdem es im letzten Jahr vorübergehend knapp in der orangefarbenen Gruppe lag, ist es nun wieder in die rote Gruppe zurückgekehrt, was unter anderem auf einen starken Preisanstieg im Sommer 2024 zurückzuführen ist.

Die folgende Tabelle 1 gibt einen Überblick über die Rohstoffe der roten Gruppe, deren wichtigste Verwendungen sowie deren Bedeutung für Bayern und die bayerische Industrie. Von den 28 Rohstoffen haben 21 Rohstoffe eine hohe Bedeutung für Bayern. Dabei handelt es sich um Rohstoffe, die für die in Bayern bedeutenden Wirtschaftszweigen eine wichtige Rolle spielen, zum Beispiel der Fahrzeug- und Maschinenbau, die Elektroindustrie, die Metall- und Stahlverarbeitung oder die Chemieindustrie.

Tabelle 1

Bedeutung der Rohstoffe in Risikoklasse I für Bayern

<b>Rohstoffe</b>	<b>Verwendung</b>	<b>Bedeutung für Bayern</b>
Zinn	Elektronik, Weißblech, LCD, Chemie, Legierungen	hoch
Gallium	Radiofrequenz-Mikrochips, Dünnschicht-Photovoltaik, Optoelektronik/Photonik	hoch
Indium	Flachbildschirme, Optik, Elektronik, Photovoltaik	hoch
Rhodium	Auto-, Chemie- und Elektroindustrie, Schmuck und Dentaltechnik	hoch
Neodym	Magnete, Lasertechnik, Glas- und Porzellanfärbung	hoch
Titan	Pigmente, Kunststoffe, Legierungen, Flugzeugbau, Anlagenbau, Medizintechnik	hoch
Kobalt	Batterien, Superlegierungen, Katalysatoren, Hartmetalle	hoch
Germanium	Glasfaser, Halbleiter, Infraroptik, Polymerisationskatalysatoren in der PET-Herstellung	hoch
Lithium	Akkumulatoren/Batterien, Glas/Keramiken, Schmierfette, Metallurgie, Chemie	hoch
Wolfram	Leuchtmittelindustrie, Metallurgie, Militär	hoch
Palladium	Abgaskatalysatoren, Brennstoffzellen, Chemieindustrie, Schmuck, Medizin- und Dentaltechnik	hoch

– Fortsetzung auf der nächsten Seite –

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

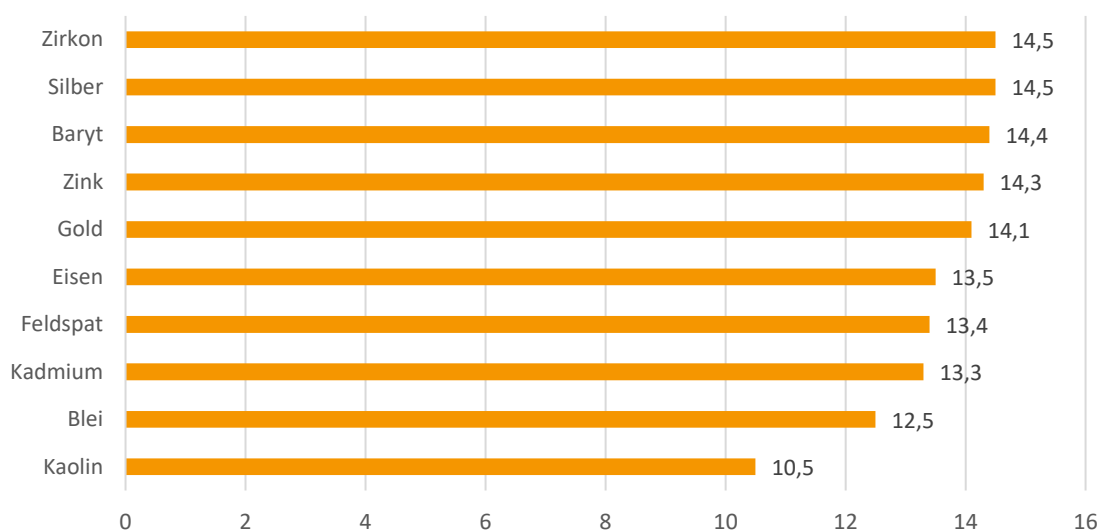
<b>Rohstoffe</b>	<b>Verwendung</b>	<b>Bedeutung für Bayern</b>
Yttrium	Reaktortechnik, Magnete, Metallurgie, Röhrentechnik, Leuchtstoffe, Festoxid-Brennstoffzelle	hoch
Niob	Superlegierungen, Edelstahl, Elektronik, Kondensatoren	hoch
Platin	Katalysatoren (Abgasbehandlung, Chemie), Herstellung von Brennstoffzellen, Medizin- und Dentaltechnik	hoch
Fluorit	Stahlindustrie, Gießereien, Chemie, Kälte-, Klimaanlage	mittel
Tantal	Mikroelektronische Kondensatoren, Superlegierungen, Radiofrequenz-Mikrochips, Medizintechnik	hoch
Aluminium	Fahrzeugbau, Luft- und Raumfahrt, Bau, Elektroindustrie, Windkraft	hoch
Scandium	Leichte Legierungen (Flugzeugbau), Festoxid-Brennstoffzelle (Hochtemperatur-Brennstoffzelle)	mittel
Magnesium	Metallurgie, chemische Industrie, Flug- und Fahrzeugbau	mittel
Selen	Chemikalien und Pigmente, Elektronik, Metallurgie	hoch
Nickel	Legierungen, Gasturbinen, Katalysatoren, Batterien	hoch
Phosphate	Landwirtschaft	mittel
Graphit	Batterien, Feuerfestindustrie, Gießereien, Kunststoffe, Bleistifte, Beläge, Brennstoffzellen	hoch
Kalisalz	Düngemittel, Industriechemikalien	mittel
Molybdän	Flugzeug- und Raketenbau, Elektrotechnik, Edelstähle, Schmierstoffe, Farben und Katalysatoren	niedrig
Chrom	Edelstahl, Feuerfestindustrie, Chemie, Farbe	mittel
Mangan	Eisen- und Stahlindustrie, Batterien	hoch
Kupfer	Elektroindustrie, <i>Radio Frequency Identification (RFID)</i> -Chips, Windkraft	hoch

## 4.2 Orangefarbene Gruppe

In der orangefarbenen Gruppe befinden sich auf den Rängen 29 bis 38 zehn Rohstoffe, die ein mittleres Versorgungsrisiko aufweisen (Abbildung 5). Im Vergleich zum Vorjahr umfasst die Gruppe nun einen Rohstoff weniger. Mit Selen gab es im aktuellen Rohstoff-Risiko-Index einen Abgang aus der orangefarbenen Gruppe des Vorjahres in die rote Gruppe und mit Bentonit einen Abgang in die grüne Gruppe. Gleichzeitig kam Kaolin aus der grünen Gruppe neu in die orangefarbene Gruppe hinzu.

Abbildung 5

### Risikoklasse II der Rohstoffe – orangefarbene Gruppe



Eigene Darstellung IW Consult, 2024

Die Gruppe zeichnet sich mit nur einer Ausnahme – Kadmium – durch geringe Preisrisiken aus. Auch die Unternehmenskonzentration wird überwiegend als unkritisch erachtet; lediglich bei Zirkon besteht ein sehr hohes und bei Eisen ein mittleres Risiko.

Hohe Risiken bestehen dagegen bei gut der Hälfte der Rohstoffe der orangefarbenen Gruppe bei der statischen Reichweite und der Bedeutung für Zukunftstechnologien (jeweils 6 der 9 Rohstoffe) sowie beim Länderrisiko der Förderung (4 Rohstoffe).

Mittlere Risiken bestehen bei den meisten Rohstoffen der orangefarbenen Gruppe bei der Länderkonzentration der Förderung, der Substituierbarkeit und der Anfälligkeit für eine strategische Rohstoffpolitik.

Tabelle 2 fasst die Rohstoffe der orangefarbenen Gruppe mit ihren wichtigsten Verwendungszwecken und ihrer Bedeutung für die bayerische Wirtschaft zusammen. Mit Zink und



Eisen haben zwei Rohstoffe der orangefarbenen Gruppe eine hohe Bedeutung für die bayerische Wirtschaft. Zirkon, Kadmium, Blei und Kaolin haben eine mittlere Relevanz, während Silber, Baryt, Gold und Feldspat für die bayerische Wirtschaft weniger von Bedeutung sind.

Tabelle 2

Bedeutung der Rohstoffe in Risikoklasse II für Bayern

Rohstoffe	Verwendung	Bedeutung für Bayern
Zirkon	Schmelztiegel, Dentaltechnik, Festoxid-Brennstoffzelle	mittel
Silber	Schmuck- und Tafelwaren, Münzen und Legierungen, Film-, Foto- und Elektroindustrie	niedrig
Baryt	Bohrspülung, chemische Anwendungen, Schwerbetonzuschlag oder Röntgenkontrastmittel	niedrig
Zink	Galvanik, Nicht-Eisen-Legierungen, Pharmazie, Batterien, Pigmente	hoch
Gold	Schmuck, Zahntechnik, Elektroindustrie	niedrig
Eisen	Metall- und Elektroindustrie, Bauwirtschaft	hoch
Feldspat	Keramik- und Glasindustrie	niedrig
Kadmium	Solarzellen, Halbleiter	mittel
Blei	Akkumulatoren, Kabel, Glasindustrie, Chemie, Farbstoffe, Legierungen, Elektrotechnik, Radiologie und Munition	mittel
Kaolin	Beschichtung von Papier und Keramik	mittel

Eigene Zusammenstellung der IW Consult, 2024

### 4.3 Grüne Gruppe

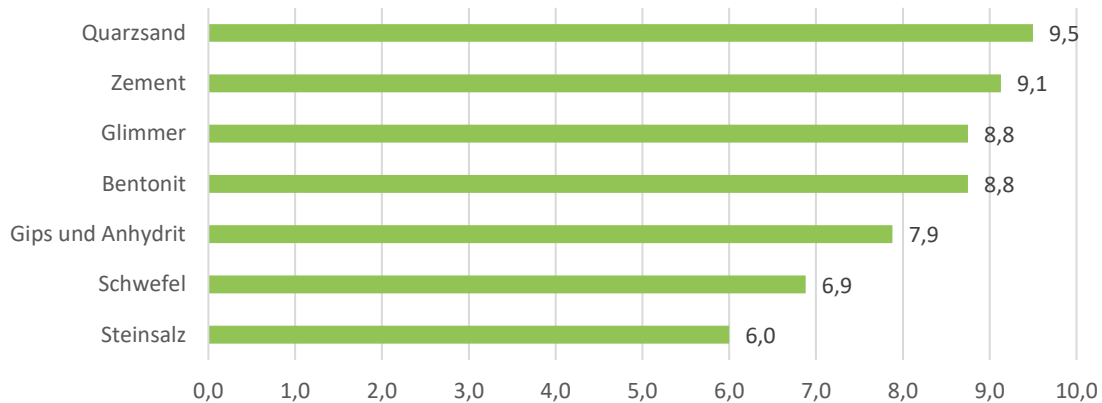
In der grünen Gruppe befinden sich wie im Vorjahr sieben Rohstoffe (Abbildung 6) einschließlich Zement. Zement wird mit zu den Rohstoffen gezählt, weil er in der Regel in engem Zusammenhang mit dem Abbau des wichtigen Bestandteils Kalkstein in direkter Umgebung der Bergwerke und Tagebaue produziert wird.

Auch wenn die Zahl der Rohstoffe in der grünen Gruppe im Vergleich zum Vorjahr unverändert geblieben ist, gab es seit dem letzten Jahr zwei Wechsel. Während Kaolin

inzwischen von der grünen in die orangefarbene Gruppe gewechselt ist, kehrte Bentonit nach einem Jahr in der orangefarbenen Gruppe in die grüne Gruppe zurück.

Abbildung 6

Risikoklasse III der Rohstoffe – grüne Gruppe



Eigene Darstellung IW Consult, 2024

Alle Rohstoffe der grünen Gruppe zeichnen sich durch ein geringes Preisrisiko aus, haben eine unkritische statische Reichweite sowie eine unkritische Unternehmenskonzentration.

Mittlere bis niedrigere Risiken bestehen bei den Rohstoffen der grünen Gruppe bei der Länderkonzentration und der Gefahr eines politischen Einsatzes. Während letzterer im Vorjahr bei Gips und Anhydrit, Quarzsand und Schwefel noch als hoch bewertet wurde, wird die Anfälligkeit für eine strategische Rohstoffpolitik vom Expertenpanel nun als eher mittel eingeschätzt.

Beim Länderrisiko gibt es ein gemischtes Bild: Es überwiegen mittlere Risikoeinschätzungen, bei Zement wird es allerdings durch die hohe Bedeutung Chinas bei der Produktion als hoch eingeschätzt. Bei Quarzsand und Schwefel besteht hingegen kein Länderrisiko.

Bei der Substituierbarkeit und der Bedeutung für Zukunftstechnologien besteht mit Ausnahme von Quarzsand ein mittleres Risiko. Nur bei Quarzsand werden die Substitutionsmöglichkeiten kritisch eingeschätzt, ebenso die hohe Bedeutung für Zukunftstechnologien.

Tabelle 3 zeigt einen Überblick über die Rohstoffe der grünen Gruppe, ihre wichtigsten Verwendungen und ihre Bedeutung für die bayerische Wirtschaft auf. Von den sieben Rohstoffen hat nur Zement eine hohe Bedeutung für Bayern. Vier Rohstoffe (Quarzsand, Glimmer, Gips und Anhydrit, Schwefel) haben eine mittlere Relevanz für die bayerische Wirtschaft und zwei Rohstoffe (Bentonit, Steinsalz) eine eher geringe Bedeutung.

Tabelle 3

## Bedeutung der Rohstoffe in Risikoklasse III für Bayern

<b>Rohstoffe</b>	<b>Verwendung</b>	<b>Bedeutung für Bayern</b>
Quarzsand	Glas- und Gießerei-Industrie	mittel
Zement	Infrastruktur	hoch
Glimmer	Farbstoffe, Füllstoffe, Dämmung, Kosmetik, Keramik, Isolierung	mittel
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, 2023

In Abbildung 7 werden in einer Bedeutungs-Risiko-Matrix das Rohstoffrisiko und die Relevanz der einzelnen Rohstoffe für die bayerische Wirtschaft gegenübergestellt. Es lässt sich dabei erkennen, dass viele der Rohstoffe, die für Bayern von hoher Bedeutung sind, ein hohes Versorgungsrisiko aufweisen. Es handelt sich dabei vor allem um Rohstoffe, denen eine hohe Bedeutung für Zukunftstechnologien zukommt und die daher wichtig für die technologieorientierte Industrie Bayerns sind.

Abbildung 7  
Bedeutungs-Risiko-Matrix

Bedeutung für Bayern / Risikoklasse	Hoch	Mittel	Niedrig
<span style="color: red;">■</span> Hoch	Zinn, Gallium, Indium, Rhodium, Neodym, Titan, Kobalt, Germanium, Lithium, Wolfram, Palladium, Yttrium, Niob, Platin, Tantal, Aluminium, Selen, Nickel, Graphit, Mangan, Kupfer	Fluorit, Scandium, Magnesium, Phosphate, Kalisalz, Chrom	Molybdän
<span style="color: orange;">■</span> Mittel	Zink, Eisen	Zirkon, Kadmium, Blei, Kaolin	Silber, Baryt, Gold, Feldspat
<span style="color: green;">■</span> Niedrig	Zement	Quarzsand, Glimmer, Gips und Anhydrit, Schwefel,	Bentonit, Steinsalz

Eigene Darstellung IW Consult, 2024

#### 4.4 Entwicklung der Rohstoffrisiken im Zeitverlauf

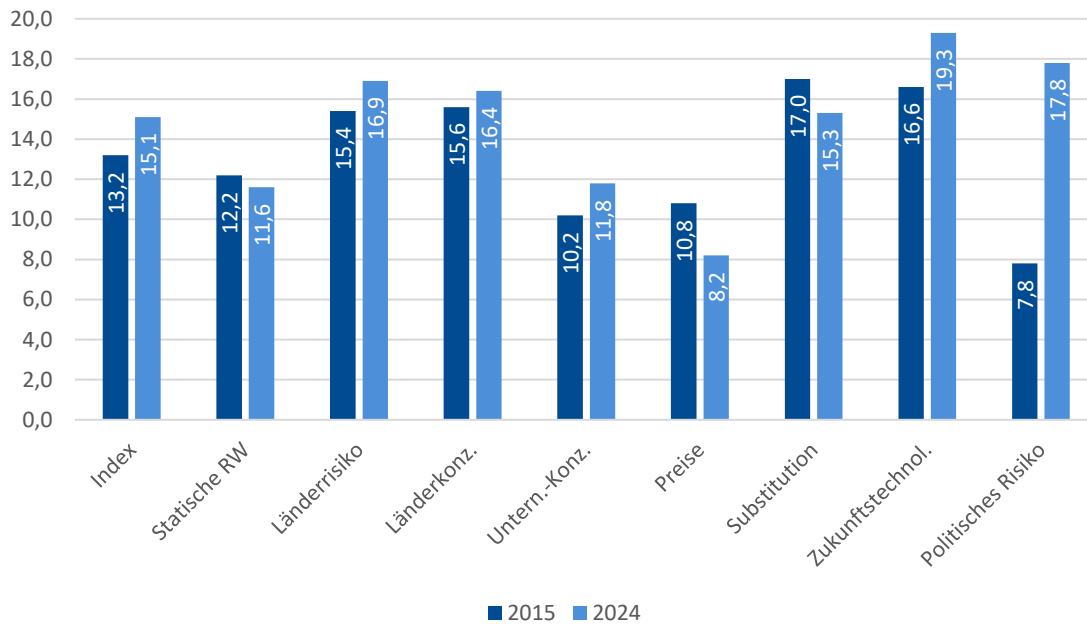
Im Zeitraum von 2015 bis 2024 ist das durchschnittliche Versorgungsrisiko bei den analysierten 45 Rohstoffen gestiegen (Abbildung 8). Mit einem Wert von 15,1 Punkten lag der Rohstoff-Risiko-Index im Jahr 2024 erstmals knapp über der Marke von 15 Punkten, ab der von einem hohen Versorgungsrisiko auszugehen ist. Im Jahr 2015 befand er sich noch bei einem Wert von 13,2 Punkten.

Innerhalb der acht Dimensionen entwickelten sich die Risikobewertungen teilweise unterschiedlich. Auffällig sind besonders die deutlich kritischer bewerteten politischen Risiken im Jahr 2024 – die Risikobewertung stieg hier von 7,8 Punkten im Jahr 2015 auf 17,8 Punkte. Damit einher geht auch eine kritischere Beurteilung des durchschnittlichen Länderrisikos sowie der Unternehmens- und Länderkonzentration. Im selben Zeitraum hat auch die Bedeutung der betrachteten Rohstoffe für Zukunftstechnologien zugenommen. Positive Entwicklungen in Form von geringeren Risiken gab es durch bessere Substitutionsmöglichkeiten, eine verlängerte statische Reichweite und durch ein geringeres Preisrisiko

als noch im Jahr 2015. Beim Preisrisiko weist die Entwicklung im kurzfristigeren Vergleich der letzten zwei Jahre allerdings ebenso nach oben.

Abbildung 8

Veränderung der Risiko-Dimensionen 2024 im Vergleich zu 2015



Quelle: Eigene Darstellung IW Consult, 2024

Die folgende Abbildung 9 zeigt die Rohstoffe, bei denen sich das Versorgungsrisiko im Zeitraum von 2015 bis 2024 am stärksten verändert hat.

Titan ist dabei der Rohstoff, bei dem das Rohstoffrisiko am stärksten gestiegen ist. Während sich Titan im Jahr 2015 mit einem Indexwert von 13,3 und Rang 24 noch in der gelben Gruppe befand, rückte es im Jahr 2024 mit einem Indexwert von 19,0 auf Rang 6 in die rote Gruppe auf. Hierzu trug vor allem ein deutlich höheres Länderrisiko der Förderung bei, aber auch die statische Reichweite wird inzwischen merklich kritischer eingeschätzt als noch im Jahr 2015.

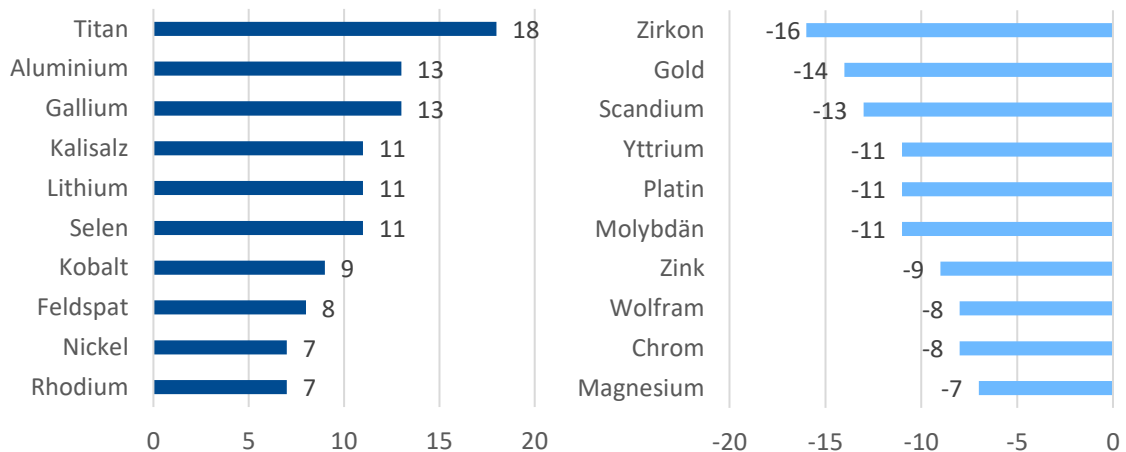
Um mehr als zehn Ränge sind außerdem Aluminium, Gallium, Kalisalz, Lithium und Selen im Rohstoff-Risiko-Index nach oben gewandert. Mit Ausnahme von Gallium, das bereits im Jahr 2015 in der roten Gruppe angesiedelt war, sind die genannten Rohstoffe innerhalb des Zeitraums von der orangefarbenen in die rote Gruppe gewechselt. Bei allen dieser Rohstoffe wird im Jahr 2024 die Gefahr eines strategischen Einsatzes (deutlich) höher eingeschätzt als noch im Jahr 2015. Weitere kritischere Bewertungen gab es im Jahr 2024 zum Beispiel bei Gallium und Selen beim Länderrisiko der Förderung: Gallium wurde bereits 2015 als kritisch eingestuft und ist nun auf der höchsten Kritikalitätsstufe beim

Ergebnisse des Rohstoff-Risiko-Index

Länderrisiko angekommen; bei Selen wird das Länderrisiko hingegen mittlerweile als mittel und nicht mehr als unkritisch eingestuft. Deutlich kritischer als noch im Jahr 2015 werden darüber hinaus die statische Reichweite bei Lithium (2015: unkritisch, 2024: kritisch) und das Preisrisiko bei Kalisalz und Gallium eingestuft. Während das Preisrisiko bei Kalisalz im Jahr 2015 noch als unkritisch bewertet wurde, befindet es sich nun auf der höchsten Risikostufe. Bei Gallium wurde das Preisrisiko hingegen „nur“ vom unkritischen in den mittleren Risikobereich hochgestuft.

Es gibt allerdings auch Rohstoffe, bei denen sich das Rohstoffrisiko im Vergleich der Jahre 2015 und 2024 reduziert hat. Hierzu gehört vor allem Zirkon, das von der roten Gruppe in die orange Gruppe gewechselt ist und im Jahr 2024 mit Rang 29 deutlich weiter hinten im Risiko-Index zu finden ist als noch im Jahr 2015 (Rang 13). Weitere Rohstoffe, bei denen sich die Rangplatzierung um mehr als zehn Ränge verändert hat, sind Gold, Scandium, Yttrium, Platin und Molybdän. Mit Ausnahme von Molybdän sind die Preisrisiken bei diesen Rohstoffen zwischen den beiden Vergleichsjahren deutlich gesunken; bei Molybdän werden die Preisrisiken im Jahr 2024 wie auch im Jahr 2015 als unkritisch angesehen. Bei Zirkon und Yttrium kommt hinzu, dass sich die Bewertung der Länderkonzentration der Förderung nun im mittleren Bereich befindet und damit weniger kritisch bewertet wird. Bei Yttrium wird zudem das Länderrisiko der Förderung im Jahr 2024 weniger kritisch eingestuft. Für Scandium, Platin und Molybdän verbesserten sich im Jahr 2024 die Substitutivmöglichkeiten.

Abbildung 9  
Rohstoffe mit den größten Rangveränderungen im Risiko-Index 2015-2024



Quelle: Eigene Darstellung IW Consult, 2024

## 5 Fallstudien

Zwei Fallstudien beleuchten die Rohstoffsituation für die Aluminiumproduktion und die Chipindustrie.

### 5.1 Aluminium – essenzieller Rohstoff in modernen Industrieprodukten

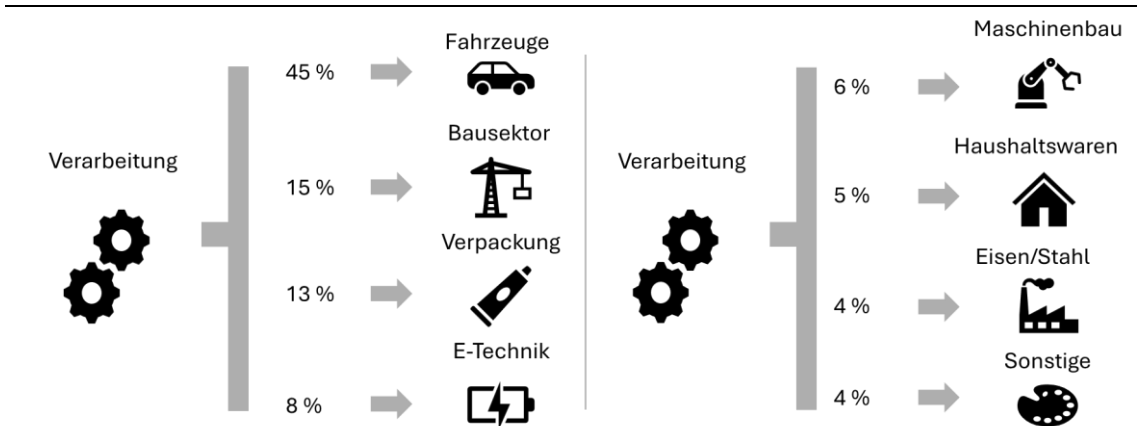
Aluminium wird heute in vielen Industriezweigen mit hoher Bedeutung für die bayerische Industrie eingesetzt: Im Fahrzeugbau, im Maschinen- und Anlagenbau oder in der Elektroindustrie gehört er zu den wesentlichen Metallen für die Produktion. Die Europäische Kommission zählt Aluminium zu den strategischen Rohstoffen zur Erreichung der Klimaziele und zur Umsetzung des Net Zero Industry Acts. Anhand der Wertschöpfungsketten lässt sich nachvollziehen, woher das Aluminium in Deutschland stammt und welche Rohstoffe hier einfließen. Daran anschließend lässt sich aufzeigen, wie es um diese Rohstoffquellen steht. Gleichzeitig steht die Aluminiumproduktion im internationalen Wettbewerb, weshalb die Kosten eine wichtige Rolle spielen. Hier ist es durch den Energiepreisschock zu einer deutlichen Verschlechterung der Wettbewerbsfähigkeit gekommen, was nicht ohne Auswirkungen auf Teile der Produktion geblieben ist. Zugleich zeigt sich, dass Innovationen ein Gamechanger sein können: Aus dem bislang zu deponierenden giftigen Rotschlamm, der in der Wertschöpfungskette Aluminium anfällt, könnte in Zukunft ein begehrter Rohstoff in der grünen Stahlproduktion werden.

#### 5.1.1 Wertschöpfungskette Aluminium

Aufgrund seiner Leichtigkeit, Festigkeit, Korrosionsbeständigkeit und Leitfähigkeit ist Aluminium ein vielseitiges Industriemetall, das für den Leichtbau in der Fahrzeugindustrie ebenso genutzt wird wie für elektronische Komponenten in der Elektrotechnik oder innovative Konstruktionen im Maschinenbau. Zudem eignet sich Aluminium zur Herstellung von Batteriekomponenten, sodass in Zukunft von einer hohen Nachfrage auszugehen ist.

Deutschland ist ein wichtiger Verwender von Aluminium. Hinter China (59,4 Prozent) und den USA (6,7 Prozent) steht Deutschland auf Rang 3 der größten Verbraucher (3,1 Prozent) (DERA, 2024). Aluminium wird in vielen Produkten verarbeitet. An erster Stelle steht hier der Fahrzeugbau, der in Deutschland 45 Prozent des Aluminiums weiterverarbeitet (Abbildung 10). Dahinter kommen – bereits mit deutlichem Abstand – der Bausektor (15 Prozent) und der Verpackungssektor (13 Prozent). Auch in der Elektrotechnik, im Maschinenbau, der Herstellung von Haushaltswaren und der Eisen- und Stahlindustrie wurden im Jahr 2021 in Deutschland erhebliche Anteile der insgesamt 2.438 Kilotonnen Aluminium verarbeitet. Bayern ist aufgrund seiner starken Industrie und der hohen Bedeutung von Fahrzeugbau, Maschinenbau und Elektrotechnik ein wichtiger Verwender von Aluminium in Deutschland.

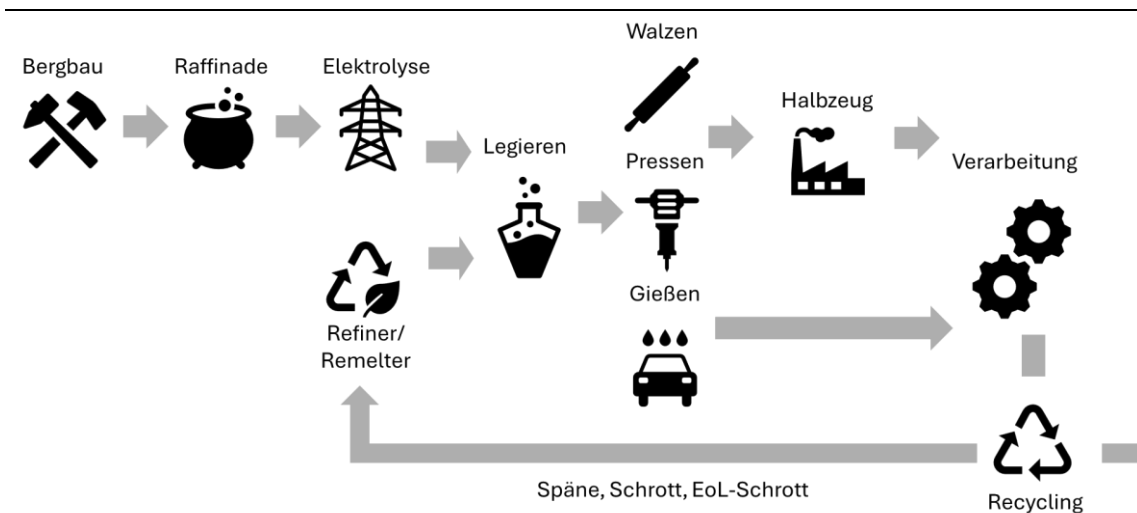
Abbildung 10  
Verwendung von Aluminium in Deutschland im Jahr 2021



Quelle: IN4climate.RR, 2024; eigene Berechnung und Darstellung IW Consult, 2024

Das verarbeitete Aluminium stammt aus zwei Quellen: Primäraluminium wird aus neu abgebauten Rohstoffen gewonnen und wird im Inland mittels Elektrolyse hergestellt oder aus dem Ausland importiert. Sekundäraluminium wird im Inland in Refinern und Remeltern aus Schrotten hergestellt, die direkt aus der Verarbeitung oder aus der Sammlung und Aufbereitung von End-of-Life-Produkten (EoL) mit Aluminiumgehalt stammen.

Abbildung 11  
Erzeugung von Aluminium in Deutschland



Quelle: IN4climate.RR, 2024; eigene Darstellung IW Consult, 2024



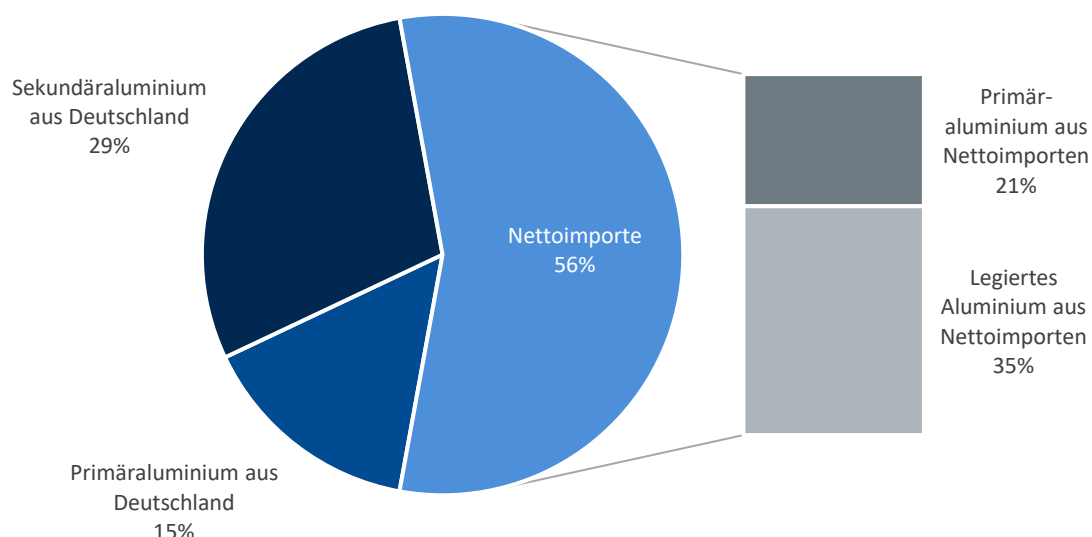
Das erforderliche Bauxit für Primäraluminium wird im Bergbau vor allem in tropischen und subtropischen Regionen gewonnen. Weltweit werden rund 400 Millionen Tonnen Bauxit gewonnen. Das in Deutschland benötigte Bauxit wird zu 100 Prozent importiert, im Jahr 2021 lagen die Nettoimporte bei knapp 2 Millionen Tonnen.

Bevor aus dem Bauxit Aluminium entsteht, muss in einem Raffinadeprozess Aluminiumoxid/Aluminiumhydroxid gewonnen werden. Dies erfolgt unter Einsatz von Natronlauge, Wärme und Druck. Als Abfallprodukt entsteht eisen- und schwermetallhaltiger Rot-schlamm, der bislang deponiert werden muss. Das in Deutschland eingesetzte Aluminiumoxid stammte im Jahr 2021 zu 69 Prozent aus dem Inland und zu 31 Prozent aus Nettoimporten.

Aus dem Aluminiumoxid entsteht in der Elektrolyse unter Einsatz von Strom und Anoden Primäraluminium. Das Sekundäraluminium wird aus Schrott in Refinern/Remeltern gewonnen. Die Elektrolyse von Primäraluminium ist im Vergleich zur Herstellung von Sekundäraluminium sehr energieintensiv, weshalb Strompreise einen hohen Kostenbestandteil darstellen. So werden für eine Tonne Primäraluminium 13 Megawattstunden Strom benötigt, für eine Tonne Sekundäraluminium dagegen nur eine Megawattstunde (Bähr et al., 2023). Im Jahr 2021 entfielen im Jahr 2021 rund 15 Prozent auf in Deutschland hergestelltes Primäraluminium, 56 Prozent auf ausländisches Primäraluminium (Nettoimporte) und 29 Prozent auf inländisches Sekundäraluminium.

Abbildung 12

Herkunft des in Deutschland verarbeiteten Aluminiums im Jahr 2021



Quelle: IN4climate.RR, 2024; eigene Darstellung IW Consult, 2024

Die Herstellung von Sekundäraluminium erfolgt aus Spänen und Schrotten aus der Verarbeitung und aus Produkten, die am Ende ihrer Verwendung (End-of-Life, EoL) gesammelt und aufbereitet werden. Die Späne und Schrotte werden direkt wieder eingeschmolzen, wobei die enthaltenen Legierungen oftmals klar zugeordnet werden können. Bei den Schrotten aus EoL-Produkten fällt diese Zuordnung schwerer, so dass die Einsatzgebiete des so gewonnenen Sekundäraluminiums beschränkter sind. Deutschland ist bei diesen Schrotten Nettoexporteur; rund 45 Prozent der gesammelten und aufbereiteten EoL-Produkte (456 Kilotonnen) entfallen auf Nettoexporte. Wie es um das Aluminiumrecycling gestellt ist, wird unten näher betrachtet.

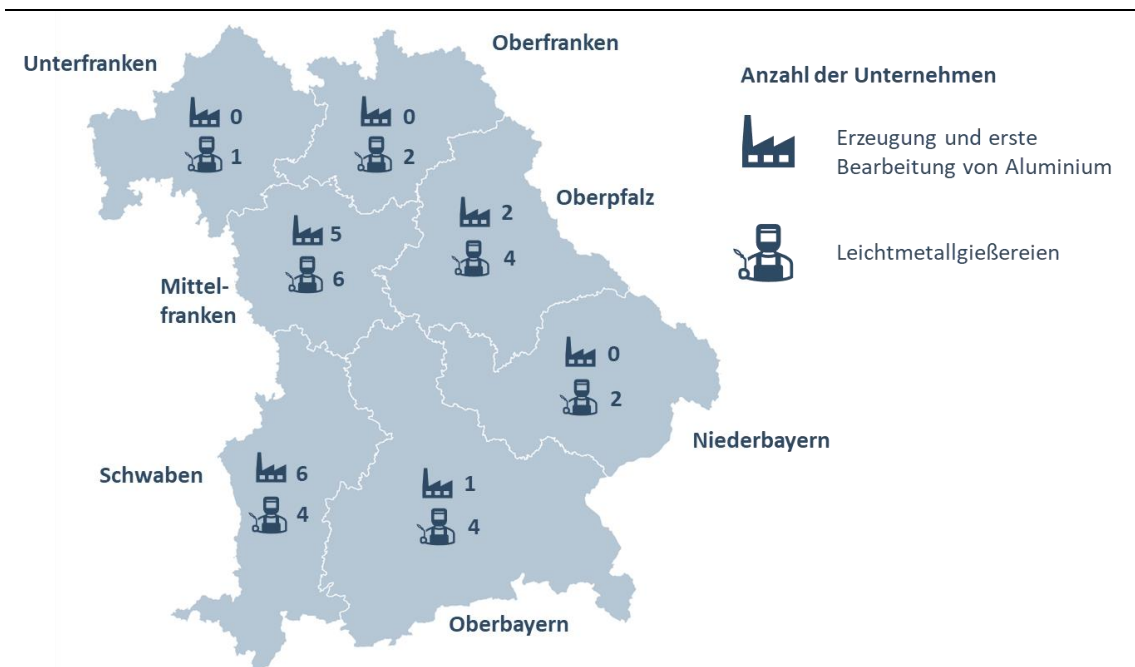
Obwohl Bayern ein wichtiger Verwender von Aluminium ist, hat die herstellende Aluminiumindustrie eine eher unterdurchschnittliche Bedeutung. Der im Vergleich zum Beschäftigtenanteil geringere Umsatzanteil deutet auf arbeitsintensivere Tätigkeiten in Bayern hin:

- In der bayerischen Industrie waren laut Industriestatistik im Jahr 2022 rund ein Fünftel der deutschlandweiten Industriebeschäftigten tätig, die ein Fünftel des gesamten Industrieumsatzes erwirtschaftet haben
- Im Wirtschaftszweig 24.42, der die Raffinade, Erzeugung, Legierung, das Walzen und die Herstellung von Halbzeug umfasst, gibt es insgesamt 14 Betriebe in Bayern. In diesen Betrieben waren im Jahr 2022 rund 3.900 Personen (14,6 Prozent der deutschlandweiten Beschäftigten) tätig, die einen Umsatz von 1,6 Milliarden Euro (rund 9 Prozent) erzielt haben. Das Produktionsgewicht der zum Absatz bestimmten Waren betrug in Bayern 467 Tausend Tonnen, rund 7 Prozent des gesamtdeutschen Produktionsgewichts.
- Hinzu kommen in Bayern 23 Leichtmetallgießereien mit 3.800 Beschäftigten (13,6 Prozent der deutschlandweiten Beschäftigten), die bei einer Produktion von knapp 83 Tausend Tonnen Leichtmetallgießereiprodukten (14,4 Prozent der deutschlandweiten Produktion) einen Umsatz von 788 Millionen Euro (12,3 Prozent des deutschlandweiten Umsatzes) erzielt haben.

Der regionale Schwerpunkt bei der Erzeugung und ersten Bearbeitung von Aluminium liegt in den Regierungsbezirken Schwaben (6 Betriebe) und Mittelfranken (5 Betriebe). Die übrigen Betriebe befinden sich in der Oberpfalz (2) und in Oberbayern (1). Die Leichtmetallgießereien verteilen sich gleichmäßiger: 6 befinden sich in Mittelfranken, jeweils 4 in Oberbayern, in der Oberpfalz und in Schwaben. Auch in den übrigen Regierungsbezirken finden sich einzelne Leichtmetallgießereien. Dies kann daran liegen, dass flüssiges Aluminium über 200 Kilometer und mehr über die Straße von den Hütten und Schmelzwerken zu Gießereien transportiert werden kann (Aluminiumdeutschland.de, 2024).

Abbildung 13

## Regionale Verteilung der Aluminiumwirtschaft in Bayern



Quelle: Bayerisches Landesamt für Statistik (2023); eigene Darstellung IW Consult; Kartenmaterial: Q-Gis

### 5.1.2 Versorgungsrisiken bei Aluminium

Deutschland ist Nettoimporteur von Bauxit, Aluminiumoxid und Raffinadealuminium, deren Beschaffungsrisiken im Folgenden näher betrachtet werden. Aluminium zählt im hier vorgelegten Rohstoff-Risiko-Index zur roten Gruppe. Die Deutsche Rohstoffagentur (DERA) kommt für Bauxit, Aluminiumoxid und Raffinadealuminium zu unterschiedlichen Ergebnissen:

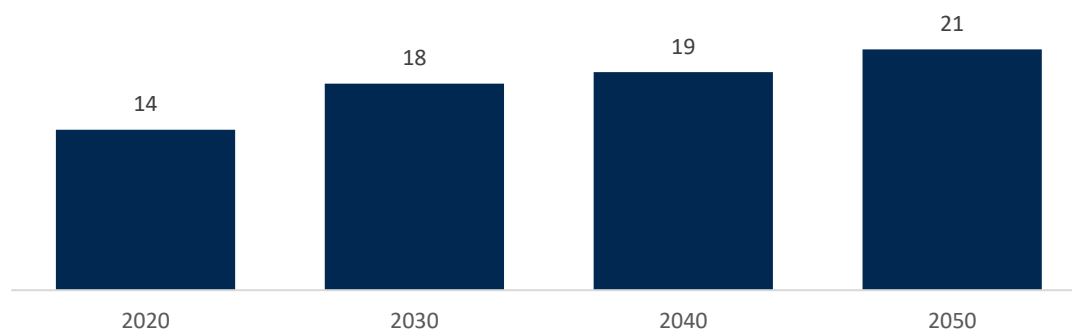
- Bauxit ordnet die DERA der Risikogruppe 2 (mittleres Risiko) zu, die durch eine mittlere Länderkonzentration und ein mittleres Länderrisiko gekennzeichnet ist. Größte Produzenten waren im Jahr 2021 Australien (27,3 Prozent), Guinea (23,1 Prozent) und China (18,1 Prozent). Die fünf größten Abbauländer erzielten knapp 85 Prozent der Weltproduktion.
- Aluminiumoxid wird von der DERA der Risikogruppe 3 (hohes Risiko) zugeordnet, die durch eine hohe Länderkonzentration und einem mittleren bis hohen Länderrisiko gekennzeichnet ist. 55 Prozent der Aluminiumoxid/Aluminiumhydroxid-Produktion entfallen auf China. Dahinter folgt Australien mit einem Anteil von 14,6 Prozent. In Deutschland werden 0,756 Prozent des Aluminiumoxids produziert.
- Raffinadealuminium ordnet die DERA ebenfalls der Risikogruppe 3 (hohes Risiko) zu. Gut 57 Prozent der Produktion des Jahres 2021 entfallen auf China, wobei der

chinesische Verbrauch noch höher ausfällt. Dahinter folgt Indien mit nur 6 Prozent. Auf Deutschland entfallen 0,759 Prozent der weltweiten Raffinadeproduktion, aber 3,1 Prozent des Verbrauchs.

Zukünftig soll der europäische Aluminiumbedarf weiter steigen. Treiber sind die Klimaziele, für deren Erreichen mehr Solar- und Windkraftanlagen, Batterien und Wasserstoffelektrolyseure benötigt werden. Ausgehend von einem Aluminiumbedarf von 14 Millionen Tonnen im Jahr 2020 soll der Bedarf bis zum Jahr 2050 auf 21 Millionen Tonnen steigen. Vor diesem Hintergrund dürften die Sicherung des Zugangs zu Aluminium in Zukunft weiter an Bedeutung gewinnen.

Abbildung 14

### Entwicklung des Aluminiumbedarfs in Europa



Quelle: KU Leuven, 2022; eigene Darstellung IW Consult

Für die Herstellung von Sekundäraluminium spielt das Recycling eine entscheidende Rolle. Insbesondere kommen Neu- und Produktionsschrotte zum Einsatz, deutlich seltener Schrotte aus EoL-Produkten. Der für die Sekundäraluminiumproduktion eingesetzte Schrott stammte im Jahr 2021 zu drei Vierteln aus Spänen und Schrotten aus der Verarbeitung und zu einem Viertel aus gesammelten und aufbereiteten EoL-Produkten. Gleichwohl gibt es bei vielen Produkten hohe Recyclingraten. So werden im Automobil- und Baubereich 90 Prozent, im Verpackungsbereich 95 Prozent und bei Getränkedosen 99 Prozent der Produkte recycelt. Insgesamt wird in Europa von einer EoL-Recyclingrate von 69 Prozent ausgegangen. Der Beitrag der recycelten Materialien zum Rohstoffbedarf, die EoL-Recycling-Input-Rate, beträgt in Europa 20 Prozent und in Deutschland 29 Prozent. Angesichts des Nettoschrottexports wird davon ausgegangen, dass die Produktionskapazitäten für Sekundäraluminium noch größer ausfallen könnten (BGR, 2023; IN4climate.RR, 2024).

Die Produktionsdaten der Aluminiumindustrie in Bayern legen nahe, dass ein Teil der Aluminiumversorgung in Bayern auch durch Produktionsstätten in anderen Bundesländern erfolgt. Aufgrund des regen Austauschs gelten die Versorgungsrisiken in Deutschland daher auch für Bayern.

### 5.1.3 Ausblick

Die Aluminiumindustrie in Deutschland, insbesondere die Primäraluminiumproduktion, steht in einem internationalen Wettbewerb, wie die Importe zeigen. Durch den Anstieg der Energiepreise ist die Aluminiumindustrie erheblich unter Druck geraten. So ging im Jahr 2023 die Produktion von Aluminium insgesamt um zehn Prozent gegenüber dem Vorjahr zurück. Die energieintensive Produktion von Primäraluminium ging um 45 Prozent zurück, während die Sekundäraluminiumproduktion um sechs Prozent gesunken ist (Aluminium Deutschland, 2024).

Dahinter stehen im Zeitraum 2019 bis 2023 Kostensteigerungen bei der Aluminiumproduktion. Die Kosten von Primäraluminium aus Deutschland waren im Jahr 2023 fast 19 Prozent höher als noch 2019, in den USA betrug der Anstieg knapp 11 Prozent. Damit war Primäraluminium aus Deutschland unter Berücksichtigung von Transport und weiteren Kosten wie Zöllen, Gebühren und Steuern teurer als Aluminium aus den USA und China. Beim weniger energieintensiven Sekundäraluminium gab es zwar ebenfalls einen erheblichen Kostenanstieg, wobei hier neben den Strom- auch die Schrottpreise eine erhebliche Rolle spielen, dennoch liegen die Preise immer noch unter denen der USA und China.

Bis zum Jahr 2030 wird allerdings wieder eine Verbesserung der deutschen Position erwartet. Vor allem beim Sekundäraluminium werden Kostenvorteile gegenüber den USA und China gesehen. Allerdings wird diese Entwicklung an verschiedene Voraussetzungen geknüpft, wie wettbewerbsfähige Strompreise durch den weiteren Ausbau der erneuerbaren Energien oder der ausreichenden Versorgung mit Aluminiumschrott aus der Kreislaufwirtschaft. Bei den Walzprodukten kommt es eher zu einer Annäherung der Preise, wobei von Innovationen innerhalb der Wertschöpfungsketten ausgegangen wird.

Tabelle 4

Entwicklung der Aluminiumkosten (reale Gesamtkosten beim Bezieher (Ware, Transport, Zölle, Gebühren usw.) in Euro je Tonne)

Bereich/Land	2019	2023	2030
<b>Primäraluminium</b>			
Deutschland	2.000	2.370	2.390
USA	2.080	2.300	2.430
China	1.760	2.050	2.230
<b>Sekundäraluminium</b>			
Deutschland	1.300	1.750	1.780
USA	1.460	1.820	1.850
China	1.300	1.870	1.900
<b>Aluminiumwalzprodukte</b>			
Deutschland	2.030	2.470	2.460
USA	2.160	2.480	2.490
China	1.880	2.340	2.390

Eigene Zusammenstellung nach BCG/IW/BDI (2024)

Bei der Raffinade von Aluminiumoxid muss das Abfallprodukt Rotschlamm bislang deponiert werden. Dies könnte sich in Zukunft ändern, da intensiv daran geforscht wird, den Rotschlamm in Zukunft als Rohstoff in der Eisen- und Stahlproduktion zu verwenden. Das Max-Planck-Institut für Eisenforschung hat jüngst ein neues Verfahren für die grüne Eisengewinnung aus Rotschlamm entwickelt. Mit diesem Verfahren lässt sich aus den Abfällen der Aluminiumproduktion, die viel Eisenoxid enthalten, mit Wasserstoff in einem wirtschaftlichen Verfahren CO<sub>2</sub>-freies Eisen gewinnen. Gleichzeitig werden die Schwermetalle im Rotschlamm entschärft, weil sie fest gebunden werden. Aus den 4 Milliarden Tonnen giftigen Rotschlamm, die weltweit deponiert sind, kann ein Rohstoff der Zukunft werden (Max-Planck-Gesellschaft, 2024). Damit könnte in Zukunft die Raffinade von Aluminiumoxid in Deutschland wieder an Bedeutung gewinnen, da Umweltschäden deutlich unwahrscheinlicher werden.

Insgesamt ist in der Zukunft mit steigenden Aluminiumbedarfen in Bayern zu rechnen. Da in der Wertschöpfungskette nur der Rohstoff Bauxit kein hohes Risiko aufweist, ist eine

vollständige Wertschöpfungskette in Deutschland und Europa essenziell, um auch in Zukunft zumindest einen größeren Teil der Bedarfe selbst decken zu können. Allerdings steht die deutsche Aluminiumindustrie derzeit aufgrund der hohen Energiepreise unter erheblichen Wettbewerbsdruck.

Hier sind Lösungen zu suchen, zumal erwartet wird, dass die deutsche Aluminiumindustrie auch in Zukunft wettbewerbsfähig sein kann. Wichtige Stellschrauben sind der zügige Ausbau der erneuerbaren Energien, die ausreichende Schrottversorgung und Innovationen, die sich nicht zuletzt aus der Zusammenarbeit der Akteure in den Wertschöpfungsketten ergeben.

Hier knüpft auch die Rolle des Freistaats an, der regionale Ansätze der Kreislaufwirtschaft unterstützen kann. Die Vernetzung von Forschungseinrichtungen und Unternehmen in Bayern zur (Weiter-)Entwicklung innovativer Aluminiumprodukte kann die Wettbewerbsfähigkeit in einer effizienten Verwendung von Aluminium stärken.

## 5.2 Rohstoffe für die Chipindustrie

Die Chip-Industrie ist eine der Schlüsselbranchen für innovative Technologien und ein essenzieller Treiber von Digitalisierung und Automatisierung. Halbleiter sind ein zentraler Bestandteil der globalen Technologieinfrastruktur und bilden das Rückgrat vieler Schlüsseltechnologien wie künstlicher Intelligenz, Automobilindustrie, Telekommunikation und Elektronik. Die Herstellung der Halbleiter beginnt mit dem Abbau von Quarzkiesen und deren Weiterverarbeitung zu Silizium.

Deutschland spielt eine bedeutende Rolle in dieser Branche, insbesondere im Bereich der industriellen Halbleiteranwendungen. Der Fokus der deutschen Chip-Industrie liegt traditionell auf spezialisierten Chips, die in Bereichen wie der Automobilindustrie, der industriellen Automatisierung und in Energieanwendungen verwendet werden. Diese Spezialisierung hat Deutschland zu einem stabilen, aber relativ kleinen Spieler auf dem globalen Markt gemacht, der von großen US-amerikanischen und asiatischen Firmen dominiert wird.

Viele der Unternehmen und Forschungseinrichtungen, die die Leistungsfähigkeit der deutschen Chip-Industrie ausmachen, sind in Bayern angesiedelt. Dies gilt auch für die Nachfrager von Halbleitern in der Automobilindustrie oder dem Maschinenbau. So kommt der Industrie für Bayern eine hohe Bedeutung in verschiedenen Perspektiven zu.

Die Nachfrage nach Chips ist weltweit hoch. Für 2024 wird geschätzt, dass das Produktionsvolumen bei rund 588 Milliarden US-Dollar (rund 541 Milliarden Euro) liegen wird. Auf Nord- und Südamerika entfallen etwa 162 Milliarden US-Dollar (27,5 Prozent), auf Europa etwa 59 Milliarden US-Dollar (10 Prozent), auf Japan rund 49 Milliarden US-Dollar (8 Prozent) und auf den Asien-Pazifik-Raum (insbesondere China, Südkorea und Taiwan) 317 Milliarden US-Dollar (54 Prozent) der höchste Anteil (Röhl und Rusche, 2024).

### 5.2.1 Globaler Wettbewerb

Die USA, China und die EU führen derzeit einen intensiven geopolitischen Wettbewerb um die Vorherrschaft in der Halbleiterindustrie. Dieser Wettbewerb zeigt sich in massiven staatlichen Subventionen und Investitionen in Forschung und Entwicklung. Weltweit hat Wettlauf um die Marktführerschaft durch hohe Subventionsprogramme längst begonnen.

Die Volksrepublik China hat im Frühjahr 2024 den bereits dritten Fonds zur Unterstützung der heimischen Chip-Industrie angekündigt (Reuters, 2024). Dieser hat ein Volumen von 344 Milliarden Yuan (ca. 44,7 Milliarden Euro). Zuvor wurden bereits zwei Fonds mit einem Gesamtvolumen von rund 340 Milliarden Yuan eingerichtet (ebenda). Schätzungsweise haben beide Fonds zu Gesamtinvestitionen von rund 500 Milliarden Yuan (ca. 65 Milliarden Euro) geführt (Meng/Wu, 2024, 19).

Die USA haben im Chips Act von 2022 staatliche Investitionsbeihilfen in Höhe von 52,7 Milliarden US-Dollar (ca. 48,5 Milliarden Euro) bereitgestellt. Zudem wurden mehr als 200



Milliarden US-Dollar (ca. 184 Milliarden Euro) an privaten Investitionen angekündigt, sowie weitere 200 Milliarden USD staatliche Forschungs- und Entwicklungsausgaben und 24 Milliarden US-Dollar Steuergutschriften aus dem gesamten Chips and Science Act (Röhl und Rusche, 2024).

Dem steht in der EU der 2023 in Kraft getretene EU-Chips Act gegenüber mit einer Gesamtinvestition von mehr als 43 Milliarden Euro (Europäische Kommission, 2024). Darüber hinaus investieren die Mitgliedsstaaten weitere Milliarden über ihre nationalen Haushalte. So wurden für Deutschland bisher Investitionen von 50 Milliarden Euro angekündigt (GTAI, 2023), doch können diese auch wieder ausbleiben. So sollte allein das Intel-Werk in Magdeburg bei 30 Milliarden Euro Investitionssumme 10 Milliarden Euro Förderung erhalten. Die Durchführung des Projekts wurde nun aber vorerst ausgesetzt.

### 5.2.2 Herausforderungen in Deutschland

Aktuell steht die deutsche Chip-Industrie vor großen Herausforderungen, wie dem globalen Halbleitermangel, dem geopolitischen Wettbewerb und der Notwendigkeit massiver Investitionen in Forschung und Entwicklung.

Der globale Halbleitermangel, der durch die Corona-Pandemie und den steigenden Bedarf an Elektronikprodukten verursacht wurde, hat die Verwundbarkeit der globalen Lieferketten in den Vordergrund gerückt. Da die meisten Chips in Asien produziert werden, insbesondere in Taiwan und Südkorea, hat der Mangel die Abhängigkeit Europas von externen Lieferanten deutlich gemacht. Die deutsche Automobilindustrie, die auf spezialisierte Halbleiter angewiesen ist, war besonders stark betroffen. Dabei spielte die Komplexität der Wertschöpfungskette eine wichtige Rolle. Vom Abbau von Quarz und Quarzkies bis zur Fertigstellung der spezifischen Halbleiter vergehen mehrere Monate bis zu über einem Jahr, so dass die Halbleiterindustrie nicht flexibel auf die fluktuierende Nachfrage reagierte.

Innerhalb Europas und Deutschlands wurden verschiedene Initiativen getroffen, um die Chip-Industrie zu stärken:

- European Chips Act: Die Europäische Kommission hat den European Chips Act ins Leben gerufen, um Europas Position in der globalen Chip-Industrie zu stärken. Dieser sieht vor, die Produktionskapazitäten in Europa bis 2030 deutlich zu erhöhen und einen größeren Anteil an der globalen Halbleiterproduktion zu sichern. Es soll Europas Wettbewerbsfähigkeit und Resilienz hinsichtlich der Halbleitertechnologien und -anwendungen stärken und so zum digitalen und ökologischen Wandel beitragen (Europäische Kommission, 2024).
- Net Zero Industry Act (Netto Null Industrie Gesetz): Das Gesetz ist Teil des grünen Industriepfades. Es soll Anreize schaffen mehr saubere und zukunftsträchtige Technologien in der EU anzusiedeln. Dazu zählen zum Beispiel auch Photovoltaik-Anlagen.
- Stärkung der lokalen Produktion: Die deutsche Regierung hat erkannt, dass die Abhängigkeit von asiatischen Lieferanten langfristig ein Risiko darstellt. Daher gibt es Bemühungen, die heimische Produktion von Mikrochips zu stärken. Investitionen in neue

Produktionsanlagen, wie etwa Chipfabriken, sollen dazu beitragen, Deutschland unabhängiger zu machen.

- Innovationsförderung: Um wettbewerbsfähig zu bleiben, muss Deutschland massiv in Forschung und Entwicklung investieren. Dies schließt die Förderung von Start-ups und kleinen Unternehmen ein, die oft die Quelle disruptiver Innovationen sind. Programme wie die „Hightech-Strategie 2025“ der Bundesregierung sollen die Innovationsfähigkeit der deutschen Halbleiterindustrie stärken.

### 5.2.3 Chip-Industrie in Bayern

Bayern nimmt eine bedeutende Rolle in der deutschen und europäischen Chip-Industrie ein. Die starke industrielle Basis, hochqualifizierte Fachkräfte und renommierte Forschungseinrichtungen machen Bayern zu einem zentralen Standort für die Halbleiterfertigung und -entwicklung.

Zu den größten Standorten der Halbleiterindustrie in Bayern zählen München und die Region um Regensburg, wo zahlreiche Unternehmen und Forschungseinrichtungen ansässig sind. München ist bekannt als "Silicon Bavaria", mit einer hohen Konzentration von High-Tech-Unternehmen und Forschungslaboren.

In der Abbildung 15 sind die bedeutendsten Standorte der Chip-Industrie in Bayern dargestellt, die sich der Bayrischen Halbleiter-Initiative angeschlossen haben, seitdem die Bayrische Landesregierung diese 2021 ins Leben gerufen hat (Bavarian Chips Alliance, 2024). Neben den in Bayern ansässigen Unternehmen haben sich auch weitere Akteure angeschlossen, die ihren Standort außerhalb der bayrischen Landesgrenzen haben. Ziel ist es, die Branche und den Wirtschaftsstandort weiter zu stärken und Lieferketten widerstandsfähiger zu machen.

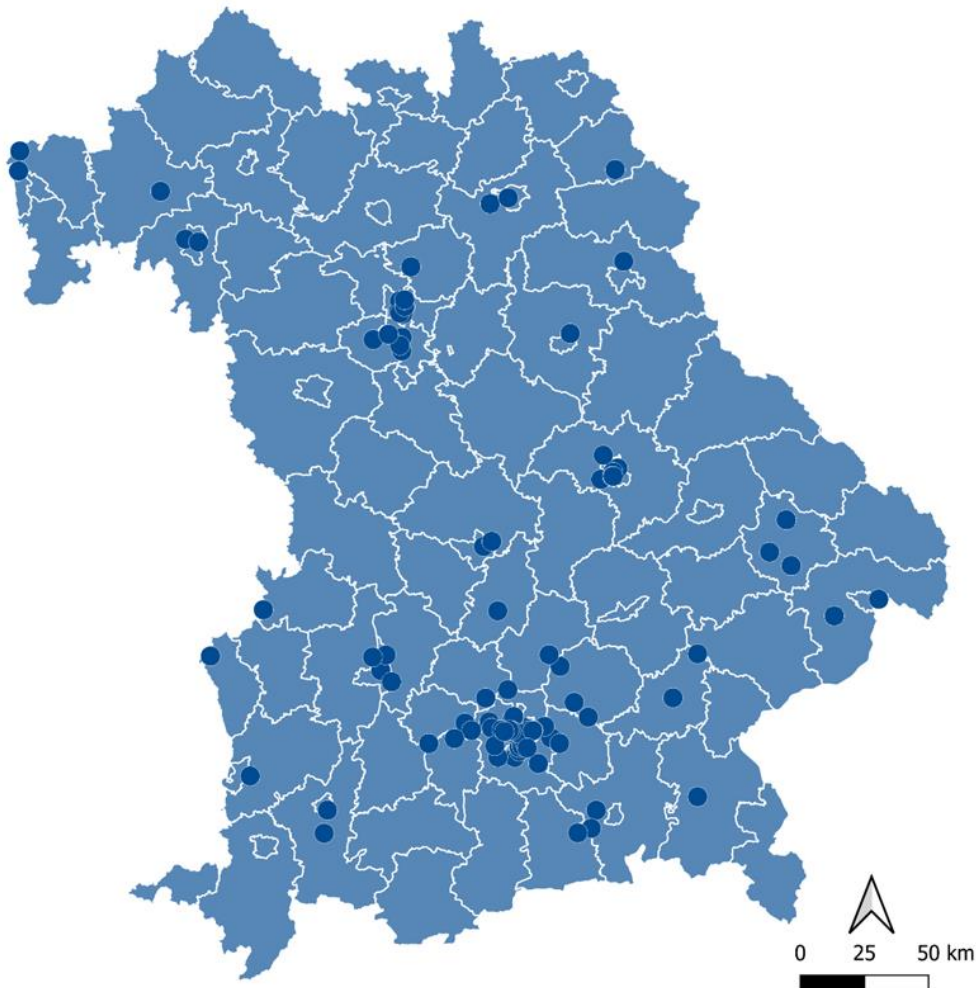
Exemplarisch können folgende zwei Unternehmen betrachtet werden:

- B-Horizon Microelectronics GmbH: Das in Sinzing bei Regensburg ansässige Unternehmen dient als innovativer Entwicklungspartner für Halbleiter und smarte Sensoren. Die Mikroelektronik-Sparte bietet individuelle und innovativer Elektronik und Halbleiter Lösungen mit Fokus auf die Automobil- und Konsumgüterindustrie. Die innovativen Sensorensysteme kommen in unterschiedlichen Gebieten zum Einsatz, beispielsweise in Autositzen oder Textilien (Gaming Suits). Die Sensoren können mehrere Parameter gleichzeitig messen und werden direkt in flexibles Material integriert, was einen kostengünstigen Produktionsvorgang erlaubt.
- Infineon Technologies AG: Mit Hauptsitz in Neubiberg bei München ist Infineon einer der weltweit führenden Halbleiterhersteller und ein zentraler Akteur in der bayerischen Halbleiterindustrie. Das Unternehmen ist besonders stark in der Automobilbranche positioniert und hat ebenso einen Fokus auf der Industrieelektronik, Kommunikations- und Informationstechnologie, IoT, Sensortechnik sowie auf Sicherheit. Infineon bietet sowohl Standardkomponenten und Software, als kundenspezifische Lösungen für

Bauteile und Systeme bis hin zu speziellen Komponenten für digitale, analoge und Mixed-Signal-Anwendungen.

Abbildung 15

### Bayerische Halbleiter Allianz: Standorte



Neben den Zentren München und Regensburg profitieren viele Regionen von der Wertschöpfung der Technologie. Mit Wacker Chemie AG sitzt auch ein international tätiges Unternehmen der Wertschöpfungskette in Bayern, das weit vorne in der Wertschöpfungskette angesiedelt ist. Aufbauend auf Silizium erzeugt der Geschäftsbereich „Polysilicon“ in Burghausen in Bayern, Sachsen sowie Charleston (USA) Chlorsilane und hochreines Polysilizium nach dem Siemens-Verfahren sowohl für die Halbleiter- wie auch für die Solarindustrie. Im Bereich Halbleitersilizium verfügt Wacker über einen weltweiten Marktanteil von rund 50 Prozent. Der Geschäftsbereich „Silicones“ mit Fertigungsstätten in Deutschland (Burghausen und Nünchritz) und weiteren in Tschechien, Norwegen, Südkorea, China

und USA bedient Märkte unter anderem in den Bereichen Bauindustrie, Automobil, Chemie, Energie, Elektronik, Medizintechnik (DERA, 2023).

#### 5.2.4 Wertschöpfungskette

Die Wertschöpfungskette vom Quarz bis zum Halbleiter umfasst zahlreiche komplexe und technologisch anspruchsvolle Schritte. Vom Rohstoffabbau bis zur Produktion und Integration werden mehrere Phasen bis zur Anwendung durchlaufen. Der Prozess erfordert hochreine Materialien, strenge Qualitätskontrollen und präzise Anfertigungsschritte, um die Leistungsfähigkeit der Endprodukte sicherzustellen. Im Folgenden wird der Produktionsprozess des Halbleiters in seinen einzelnen Phasen in der Abbildung 16 dargestellt und erläutert. Sie lässt sich in acht Schritte gliedern:

- 1.) Quarzgewinnung als Rohstoff: Der Rohstoff für Halbleiter ist Quarz (Siliziumdioxid,  $\text{SiO}_2$ ), der in Form von Quarzsand oder Quarzkristallen weltweit abgebaut wird. Quarzsand zählt grundsätzlich zu den wenig riskanten Rohstoffen. Im Rohstoff-Risiko-Index zählt er zur grünen Gruppe. Für die Halbleiterproduktion ist nur sehr reiner Quarz in der richtigen Körnung geeignet, da Verunreinigungen die Qualität des Siliziums beeinträchtigen können. Je nach Aufwand für Transport oder Aufbereitung werden daher spezifische Lagerstätten genutzt.
- 2.) Siliziumgewinnung: Quarz wird in einem Lichtbogenofen mit Kohlenstoff bei Temperaturen über 2000 Grad Celsius erhitzt, um daraus reines Rohsilizium zu gewinnen. Dieser Prozess ist sehr energieintensiv. Zur Produktion von 1 t Rohsilizium werden rund 12.500 kWh Strom benötigt. Daher sind die Rohstoffkosten weniger relevant für die Wirtschaftlichkeit der Siliziumproduktion als der regionale Strompreis (DERA, 2023). Die Industrie in Deutschland und Bayern sieht sich dabei deutlichen Wettbewerbsnachteilen im Vergleich vor allem zum nicht europäischen Ausland gegenüber. Nach diesem Prozess müssen durch weitere Verfahren Verunreinigungen bereinigt werden.
- 3.) Siemens-Prozess: Das Rohsilizium wird im Siemens-Prozess durch chemische Reduktion mit Wasserstoff zu hochreinem, polykristallinem Silizium gewandelt. Es dient als Ausgangsmaterial für die Halbleiterherstellung.
- 4.) Czochralski-Prozess: Das hochreine polykristalline Silizium wird in monokristallines Silizium im Czochralski-Verfahren umgewandelt. Silizium wird in einem Tiegel geschmolzen. Dabei wird der Keim in der Schmelze getaucht und beim Rotieren herausgezogen. Durch gleichzeitiges Rotieren und Herausziehen wächst der Keim, der einen größeren monokristallinen Siliziumstab (Ingot) formt.
- 5.) Wafer-Herstellung: Der gezüchtete Silizium-Ingot wird nun in dünne Scheiben geschnitten, die sogenannten Wafer. Diese Wafer sind die Grundlage für die spätere Herstellung von Mikroprozessoren und anderen Halbleiterchips. Sie werden poliert, gereinigt und auf eine makellose Oberfläche gebracht, da kleinste Verunreinigungen die Qualität des Halbleiters beeinträchtigen.
- 6.) Halbleiterproduktion: Die Wafer werden in komplexen Prozessschritten weiterverarbeitet. Zunächst wird durch die Photolithographie eine lichtempfindliche Beschichtung auf den Wafer aufgetragen, die ein Muster auf die Oberfläche projizieren, die später die Schaltkreise definieren. Anschließend werden gezielt Fremdatome dotiert, die

für die Funktion notwendig sind. Abschließend wird durch chemische und physikalische Ätzung, die gewünschte Struktur in die Wafer gebracht.

- 7.) Montage: Die einzelnen Chips werden voneinander getrennt und auf Trägersubstrate (Package) montiert. Dabei wird elektrische Verbindung der Chips über Drähte oder Leiterbahnen vorgenommen. Die fertigen Halbleiterbauteile werden anschließend getestet, um sicherzustellen, dass sie die gewünschten Spezifikationen und Leistungsanforderungen erfüllen. Die fertigen Halbleiterbauteile werden dann in elektronische Geräte integriert.
- 8.) Recycling: Aufgrund der begrenzten Ressourcen und wertvoller Materialien im Endprodukt, ist das Recycling von Halbleitermaterialien ein weiterer wesentlicher Aspekt der Produktionskette, um diese im Rahmen der Kreislaufwirtschaft wiederzuverwenden.

Vor allem in der eigentlichen Halbleiterproduktion in den Schritten 5) bis 7) werden an verschiedenen Stellen per- und polyfluorierte Alkylsubstanzen (PFAS) eingesetzt, etwa in Form von Werkstoffen, Fotolacken, Ätz- und Reinigungsgasen, Lösemitteln oder Kältemitteln. Auch in den Produktionsanlagen – etwa in Dichtungen oder Ventilen – oder den Halbleitern selbst können PFAS enthalten sein. So ist deren Vorkommen auch für Recyclingprozesse relevant. Ein Herstellungsprozess ohne PFAS erscheint nach Stand der Technik unmöglich (ZVEI, 2023).

Abbildung 16  
Produktionsschritte in der Fertigung von Halbleitern



### 5.2.5 Rohstoffversorgung

Für die Produktion von Halbleitern sind hochreine Materialien und seltene Metalle unerlässlich. Insbesondere Silizium ist hierbei ein bislang unverzichtbarer Rohstoff, der im Kurzprofil hinsichtlich seiner Relevanz, Substituierbarkeit und Verfügbarkeit betrachtet wird.

- Relevanz: Silizium ist derzeit der dominierende Werkstoff für die Halbleiterfertigung, insbesondere bei Mikroprozessoren und anderen integrierten Schaltkreisen.
- Verfügbarkeit: Silizium ist leicht verfügbar. Der Abbau von Quarzsand zur Siliziumgewinnung erfolgt weltweit. Bayern verfügt über bedeutende, regional konzentrierte Quarzsand- und Kiesvorkommen. Je nach Beschaffenheit können sie auch zur Siliziumgewinnung genutzt werden. Ihre Verfügbarkeit sollte durch regionale Planungen sichergestellt werden.
- Produktionsmenge: Im Jahr 2022 wurde Silizium in 17 Ländern in einer Menge von ca. 4,31 Mio. t produziert. China war mit 75 Prozent Weltmarktführer mit weitem Abstand vor Norwegen (6,3 Prozent). In Deutschland war die Siliziumhütte der RW Silicium GmbH in Pocking, Niederbayern, in Betrieb, die einen Weltmarktanteil von 0,6 Prozent besaß (DERA 2023).
- Substituierbarkeit: Schon länger suchen Wirtschaft und Wissenschaft nach einem Ersatz für Silizium. Dabei wird ein Material gesucht, das günstigere elektronische Eigenschaften aufweist und mit dem man die gleiche Performance bei größeren Strukturen erzielt werden kann. Verschiedene andere Rohstoffe und Verfahrenstechniken werden aktuell erprobt:
  - Galliumarsenid (GaAs): Bietet eine höhere Elektronengeschwindigkeit und wird in Hochfrequenz- und Optoelektronik-Anwendungen wie Mobilfunk und Satelliten eingesetzt. Es ist jedoch teurer und schwieriger zu verarbeiten als Silizium.
  - Gallium-Nitrid (GaN): GaN wird in Hochleistungshalbleitern und Laserdioden eingesetzt. Es bietet Vorteile bei hohen Spannungen und ist effizienter als Silizium in bestimmten Anwendungen, aber es hat noch nicht die universelle Anwendbarkeit von Silizium.
  - Germanium-Zinn: Am Forschungszentrum Jülich haben Wissenschaftler einen Germanium-Zinn-Transistor entwickelt, der neue Anwendungschancen für High-Performance-Chips, Quantencomputer und PICs eröffnet. Das neue Material ist mit dem bestehenden Herstellungsprozess der Chip-Industrie kompatibel. So ließen sich die Transistoren mit bestehenden Produktionslinien direkt in konventionelle Siliziumchips integrieren (Arnold, 2023).
  - Graphen: Die hauchdünnen Graphitschichten haben exzellente Materialeigenschaften, doch fehlten bislang die für Halbleiter typischen Bandlücken. Forschern ist es nun gelungen das 2D-Material in dünne Streifen zu schneiden, die die Bewegungsfreiheit der Elektronen einengt und dadurch eine Bandlücke ausbildet. Ebenso befinden sich weitere Verfahren in der Erforschung, die das Material zukünftig für Halbleiter-Anwendungen nutzbar machen könnten (Lindinger, 2024).
  - Siliziumkarbid (SiC): Siliziumkarbid wird zunehmend in der Leistungselektronik verwendet, insbesondere in Bereichen mit hohen Temperaturen und Spannungen, wie etwa in der Elektromobilität und bei erneuerbaren Energien.

### 5.2.6 Schlussfolgerungen

Die Halbleiterindustrie spielt gegenwärtig und künftig eine zentrale Rolle für Deutschland und speziell für Bayern als Wissenschafts- und Wirtschaftsstandort. Daher kommt auch einer sicheren Rohstoffversorgung für die Produktion von Halbleitern eine hohe Bedeutung zu.

**Wirtschaftliche Bedeutung:** Die Halbleiterindustrie trägt maßgeblich zur Stärkung der bayerischen Wirtschaft bei. Sie schafft hochqualifizierte Arbeitsplätze und unterstützt zahlreiche andere Industriezweige, wie die Automobilbranche, die Luft- und Raumfahrt sowie den Maschinenbau. Diese Branchen sind auf die kontinuierliche Weiterentwicklung von Halbleitertechnologien angewiesen, um wettbewerbsfähig zu bleiben und Innovationen wie autonomes Fahren oder die Elektromobilität voranzutreiben.

**Forschung und Entwicklung:** Bayern ist ein führender Standort für Forschung und Entwicklung in Deutschland. Die enge Zusammenarbeit zwischen Hochschulen, Forschungseinrichtungen, Ausbildungseinrichtungen und der Industrie fördert den Technologietransfer und sorgt dafür, dass neueste Forschungsergebnisse auch in der Praxis Wertschöpfung schaffen.

**Zukunftstechnologien:** Halbleiter sind die Grundlage für zahlreiche Schlüsseltechnologien der Zukunft, wie künstliche Intelligenz (KI), das Internet der Dinge (IoT) und 5G-Mobilfunk. Bayern kann durch seine starke Position in der Halbleiterindustrie maßgeblich zur Entwicklung und Implementierung dieser Technologien beitragen und sich so als Spitzenreiter im globalen Wettbewerb positionieren.

**Standortsicherung:** Angesichts der globalen Lieferkettenproblematik und der geopolitischen Spannungen ist es für Bayern von strategischer Bedeutung, die heimische Produktion von Halbleitern zu stärken. Eine eigenständige und stabile Halbleiterversorgung trägt dazu bei, die Abhängigkeit von internationalen Märkten zu reduzieren und die Resilienz der bayerischen Wirtschaft zu erhöhen.

Insgesamt ist die Halbleiterindustrie für Bayern sowohl in wirtschaftlicher als auch in wissenschaftlicher Hinsicht von unschätzbarem Wert. Sie sichert Arbeitsplätze, fördert Innovationen und stärkt die Wettbewerbsfähigkeit des Freistaats auf internationaler Ebene.

Zur Sicherheit und Stabilität der Rohstoffversorgung sollten Maßnahmen auf verschiedenen Ebenen berücksichtigt werden. Auf europäischer Ebene spielt die Begrenzung von Kosten und regulatorischen Belastungen eine Rolle. Zölle im Handelsstreit mit China und Kostenbelastungen durch den Emissionshandel oder perspektivisch durch den Cross Border Adjustment Mechanism (CBAM) erhöhen die Preise in Europa. Die Forderung von Herkunftsnachweisen von Rohstoffen in den USA belastet die Lieferkette zusätzlich. Würde in der Chemikalienregulierung die Anwendung der gesamten PFAS-Stoffgruppe pauschal beschränkt, könnten etablierte Produktionsverfahren entfallen. Eine Ausnahmegenehmigung für PFAS für die gesamte Wertschöpfungskette der Halbleiterproduktion erscheint hier geboten (vbw, 2024). In Deutschland gilt es, wettbewerbsfähige Energie- und Strompreise zu

erreichen. Die Absenkung der Netzentgelte stellt hier eine Maßnahme dar, für die es schon breite politische Unterstützung gibt. Auch ein Industriestrompreis würde dazu beitragen, die Wettbewerbsfähigkeit der Industrie in Deutschland zu stärken.

Bayern kann unterschiedliche Maßnahmen ergreifen, die zur Stabilität der Rohstoffversorgung beitragen können.

- Förderung von Recyclingtechnologien: Gegenwärtig wird weltweit an unterschiedlichen Substitutionen geforscht. Durch Investitionen in fortschrittliche Recyclingverfahren kann der Anteil an recyceltem Silizium in der Chip-Produktion erhöht werden. Das Wiederaufbereiten von Produktionsabfällen und ausgedienten Halbleitern mindert den Bedarf an neuem Rohmaterial und schont natürliche Ressourcen.
- Stärkung der heimischen Quarzkies- und Quarzsandproduktion: Bayern ist reich an hochwertigen Quarzvorkommen, etwa im „Bayerischen Pfahl“ im Bayerischen Wald oder in den niederbayerischen Kiessandvorkommen. Das Land sollte die lokale Gewinnung und Veredelung von hochreinem Quarzkies und -sand weiter stärken, um die Produktionswege für die Chip-Produktion kurz und kostenarm zu halten.
- Forschung und Entwicklung in Substituierbarkeit und Effizienzsteigerung: Investitionen in die Forschung könnten helfen, Alternativen zu herkömmlichen Siliziumchips zu entwickeln oder die Materialeffizienz zu erhöhen. Hierbei kann das Know-how der lokalen Akteure eingebunden werden.



## 6 Deutsche und europäische Rohstoffpolitik

Auf vielfältige Herausforderungen der sicheren Rohstoffversorgung reagiert die Politik mit einem breiten Bündel verschiedener Instrumente.

Die Grundlagen der Rohstoffpolitik müssen sich in erster Linie an den geologischen Vorkommen und den technologischen Möglichkeiten der Rohstoffgewinnung orientieren. Die räumliche Konzentration der Förderung auf wenige Staaten, die bei vielen Rohstoffen auftritt, verleiht der Rohstoffpolitik aber eine zusätzliche Komplexität. Dies gilt umso mehr in Zeiten, in denen neben der ökonomischen Marktmacht von Unternehmen und Staaten geopolitische Spannungen zu weiteren Verzerrungen und Risiken an den internationalen Rohstoffmärkten führen. Die zunehmende Bedeutung der Geopolitik und das gestiegene Bewusstsein für die Verletzlichkeit von Wertschöpfungsketten haben das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) im Jahr 2023 zu einer Ergänzung der Rohstoffstrategie der Bundesregierung aus dem Jahr 2020 veranlasst.

Die drei Säulen einer sicheren Rohstoffversorgung sind demnach die Neu- und Weiterentwicklung einer Kreislaufwirtschaft bei einer zunehmenden Zahl an Rohstoffen und bei hoher Ressourceneffizienz, eine Diversifizierung der Rohstoffquellen im In- und Ausland sowie die Sicherstellung eines fairen und nachhaltigen Marktrahmens. Die wichtigste Neuerung nach dieser inhaltliche Neujustierung ist im Jahr 2024 die Auflegung eines Rohstofffonds zur finanziellen Unterfütterung der Ziele.

Die deutsche Rohstoffpolitik entfaltet sich dabei innerhalb des europäischen Rahmens, der in den letzten Jahren präzisiert wurde. Dieser Prozess mündete im Beschluss des *European Critical Raw Materials Acts* (ECRMA) im Frühjahr 2024, der sich in umfassender Weise der Sicherung der europäischen Rohstoffversorgung annimmt. Darin werden die drei Säulen der Rohstoffversorgung – inländische Primärrohstoffgewinnung, Sicherung und Resilienz der Importe sowie Sekundärrohstoff- und Kreislaufwirtschaft – adressiert und mit klaren Zielen bis 2030 versehen. Auch die Umsetzung und Finanzierung sowie ESG-Standards und Aspekte der internationalen Kooperation bei Rohstoffthemen werden berücksichtigt.

Durch die präzisere Ausformulierung einer europäischen Rohstoffpolitik wird es notwendig sein, die Verschränkungen und möglichen Überlappungen der Rohstoffpolitik auf den verschiedenen Ebenen innerhalb der europäischen Union zu glätten, Zielkonflikte zu moderieren und Dopplungen zu verhindern. Gleichzeitig besteht durch die Komplexität der Materie die Gefahr von Zielkonflikten innerhalb der Rohstoffpolitik und mit anderen Politikfeldern wie der Umweltpolitik oder der Außen(wirtschafts-)politik oder ESG-Zielsetzungen in der Entwicklungszusammenarbeit. Soll etwa die heimische Rohstoffförderung ausgebaut werden, muss bei einzelnen Projekten entschieden werden, ob damit verbunden Eingriffe in die Umwelt oder in das gewohnte Landschaftsbild schwerer wiegen als der jeweilige Beitrag zur Rohstoffversorgung. Die Diversifizierung von Lieferantenländern im Sinne einer breiteren Basis für die Rohstoffversorgung kann politische Kompromisse mit diesen Ländern notwendig machen und eine Entscheidung über die Zielhierarchie erzwingen. In

Deutschland wird sich zudem zeigen müssen, ob die finanzielle Ausstattung der Rohstofffonds den Ambitionen der damit verbundenen Ziele gerecht wird.

Im Mehrebenensystem der Europäischen Union und dem föderalen Aufbau der Bundesrepublik kommen einige Aufgaben der Rohstoffpolitik auch der Länderebene in Deutschland zu. Vor diesem Hintergrund widmet sich die bayerische Rohstoffstrategie vor allem der Entwicklung von Recyclingkonzepten, der Forschungsunterstützung zu effizientem Rohstoffeinsatz und Rohstoffsubstitution sowie der außenwirtschaftlichen Unterstützung der bayerischen Unternehmen. Im Rahmen der staatlichen Lagerstätten erkundung erhebt der Freistaat Informationen zur Neubewertung und Exploration heimischer Lagerstätten.

Eine ausdrückliche bayerische Kreislaufwirtschaftsstrategie existiert derzeit nicht. Zur Entwicklung einer entsprechenden Strategie sollte eine enge Verzahnung mit den in der bayerischen Rohstoffstrategie angelegten Ansätzen zum Recycling angestrebt werden. Gerade die kommunale Organisation der Reststoffsammlung kann niederschwellige Angebote für kleine Rohstoffmengen im Sinne des „Urban Mining“ entwickeln. Eine Kreislaufwirtschaftsstrategie könnte hier weitere Anreize setzen und die weitere Verbreitung von Best-Practice-Modellen unterstützen.

## 6.1 Die Rohstoffpolitik der Bundesregierung

Die deutsche Rohstoffpolitik stützt sich derzeit auf zwei Säulen. Die Rohstoffstrategie der Bundesregierung aus dem Jahr 2020 (Deutscher Bundestag, 2020) wurde 2023 durch ein Eckpunktepapier des BMWK (BMWK, 2023) ergänzt.

### 6.1.1 Rohstoffstrategie der Bundesregierung

Die Rohstoffstrategie mit ihrem Ziel, Unternehmen bei einer „sicheren, verantwortungsvollen und nachhaltigen Rohstoffversorgung“ zu unterstützen, setzt im Prinzip auf einen marktwirtschaftlichen Ansatz, der die Rohstoffversorgung in erster Linie als Aufgabe der Unternehmen selbst sieht. Als zentrale Problemfelder, die die Notwendigkeit einer staatlichen Rohstoffstrategie begründen, werden hier vor allem internationale Rahmenbedingungen gesehen. Dazu zählen die Bedrohung freier internationaler Rohstoffmärkte durch Handelsstreitigkeiten, die Ausnutzung von Marktmacht durch einzelne Akteure, Änderungen von Marktstrukturen durch disruptive Technologien sowie gestiegene Anforderungen an die Einhaltung von ESG-Standards und Menschenrechten in den Lieferketten.

### 6.1.2 Eckpunktepapier des Bundeswirtschaftsministeriums

Im Eckpunktepapier werden darüber hinaus weitere Herausforderungen für die Rohstoffpolitik identifiziert.

- Mit dem Ausstieg aus fossilen Energiequellen und der Transformation hin zu treibhausgasneutralen Technologien steigt die Nachfrage nach metallischen Rohstoffen.

- Die Abhängigkeit Deutschlands und Europas bei der Gewinnung und Verarbeitung von Metallen ist hoch.
- Rohstoffabbau und Weiterverarbeitung gehen mit Umwelteingriffen einher und sind energieintensiv.
- Entwicklung und Inbetriebnahme neuer Rohstoff- und Weiterverarbeitungsprojekte benötigen lange Zeiträume.

Im Eckpunktepapier werden so die zwischen den Veröffentlichungen verschärften und neu aufgetretenen Problemlagen – höherer Rohstoffbedarf aus der dualen Transformation der Digitalisierung und Dekarbonisierung und größere internationale Risiken – aufgegriffen. Zudem werden Zielkonflikte zwischen der Dekarbonisierung und Umwelteingriffen und der Handlungsdruck benannt, der aus den langen Entwicklungszeiten für Bergbauprojekte entsteht. Die Rohstoffstrategie der Bundesregierung ist weiterhin als Grundlage der Rohstoffpolitik der gesamten Bundesregierung anzusehen, während das Eckpunktepapier des BMWK als Arbeitsprogramm des federführenden Ministeriums zur Priorisierung von Maßnahmen gilt.

Die Struktur der Rohstoffstrategie – Sicherung der Rohstoffversorgung, Einhaltung von ESG-Kriterien in Rohstoffproduktion und -handel sowie Stärkung der Rohstoffeffizienz und der Nutzung von Sekundärrohstoffen – erhält im Eckpunktepapier mit der Benennung von drei Schwerpunkten der Rohstoffpolitik eine andere Akzentuierung:

- „Kreislaufwirtschaft, Ressourceneffizienz, Recycling“ zielt auf eine Verringerung der Primärrohstoffnachfrage ab.
- „Diversifizierung von Rohstofflieferketten“ dient der Sicherung des Angebots.
- „Sicherstellung eines fairen und nachhaltigen Marktrahmens“ befasst sich mit der Einhaltung von ESG-Kriterien im Handel mit Rohstoffen und Weiterverarbeitungsprodukten.

Das Eckpunktepapier enthält zu jedem der Schwerpunkte eine Reihe von konkreteren Maßnahmen, die zur Zielerreichung beitragen sollen.

### **Kreislaufwirtschaft, Ressourceneffizienz, Recycling**

Die konsequente Stärkung der Kreislaufwirtschaft soll dem absehbar starken Wachstum der (Primär-)Rohstoffnachfrage entgegenwirken. Die Berücksichtigung des späteren Recyclings im Produktdesign, kaskadierte Nutzung, Ressourceneffizienz, tatsächliches Recycling und Substitution sollen zu einem intelligenten und sparsamen Einsatz von Rohstoffen führen. Erst der Einsatz qualitativ hochwertiger Rezyklate in der Produktion führt zu einem nachhaltigen Beitrag des Recyclings zur Sicherung der Rohstoffversorgung.

Als notwendig wird die Verzahnung der Maßnahmen der Rohstoffpolitik mit der Nationalen Kreislaufwirtschaftsstrategie erachtet, für die im Juni 2024 ein Entwurf durch das fachlich zuständige Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (BMUV) vorgelegt wurde (BMUV, 2024). Ziele sind hier die Senkung des Primärrohstoffverbrauchs, die stärkere Nutzung von Sekundärrohstoffen sowie die Abfallvermeidung. In Einklang mit dem Eckpunktepapier werden als Maßnahmen zur Stärkung

der Kreislaufwirtschaft unter anderem kreislauf- und recyclingfähige Produktdesigns und die Nutzung der Digitalisierung – etwa mittels des Digitalen Produktpasses (DPP) – angeführt. Der Aufbau einer Recyclinginfrastruktur und die Standortsicherung für bestehende Recyclinganlagen gehören ebenfalls zu den Zielen der Bundesregierung.

Die Verabschiedung der Nationalen Kreislaufstrategie steht (Stand November 2024) noch aus. Auch für das im Eckpunktepapier benannte neue Forschungsprogramm „Rohstoffe für die Transformation“ ist die konkretere Ausformulierung noch offen.

### **Diversifizierung von Rohstofflieferketten**

Die Sicherung des Rohstoffangebots über die Diversifizierung der Rohstofflieferketten soll durch ein Monitoring der Lieferketten durch die DERA auf eine solide informationelle Basis gestellt werden. Dazu werden vier Handlungsfelder für die Diversifizierung der Rohstofflieferketten benannt:

- Die Rohstoffgewinnung in Deutschland und der EU soll Rohstoffimporten vorgezogen werden, wenn sie zu besseren ökologischen und sozialen Standards beiträgt und die Resilienz der Lieferketten stärkt. Die angestrebte Modernisierung des Bundesbergrechts zur besseren Unterstützung solcher Vorhaben steht noch aus.
- Kurzfristige Versorgungsrisiken in Unternehmen sollen durch Lagerhaltung für kritische und strategische Rohstoffe abgemildert werden, die eventuell staatlicherseits finanziell unterstützt werden kann. Eine staatliche Lagerhaltung wird nur für eng definierte strategische Rohstoffe etwa für die Verteidigungs- oder Gesundheitsindustrie geprüft.
- Für die finanzielle Unterstützung der Produktionsausweitung im In- und Ausland sieht das Eckpunktepapier die Gründung eines Public-Private-Fonds vor, der Anfang Oktober 2024 mit einem Rohstofffonds bei der Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) umgesetzt wurde. Darin sind Mittel in Höhe von bis zu einer Milliarde Euro für die Jahre 2024 bis 2028 für Vorhaben im Bereich Bergbau, Weiterverarbeitung oder Recycling vorgesehen, die auf Rohstoffe der Critical-Raw-Materials-Liste der EU zielen (BMWK, 2024; KfW, 2024). Diese Liste deckt 17 der 21 Rohstoffe der roten Gruppe ab, deren Bedeutung für Bayern gleichzeitig als hoch eingeschätzt wird. Die Projekte sollen langfristig angelegt sein, vorrangig einen Beitrag zur Versorgung der deutschen oder EU-Industrie leisten und gewisse Due-Diligence-Anforderungen erfüllen. Die KfW prüft die Voraussetzungen, der Bund entscheidet über die Beteiligung. Darüber hinaus soll geprüft werden, welche weiteren Finanzierungsmöglichkeiten etwa im Rahmen der IPCEI-Projekte genutzt werden können.
- Auch die internationale Zusammenarbeit im Bereich der Angebotssicherung soll weiterverfolgt werden. Dazu bestehen mit bilateralen Rohstoffpartnerschaften und -kooperationen, der multilateralen *Minerals Security Partnership* sowie der Unterstützung der Arbeit der DERA und der Außenhandelskammern drei Ansätze (vgl. Kapitel 6.2 unten). Im Idealfall können hier durch die Verknüpfung des Rohstofffonds mit der Expertise der Partner Synergien gehoben werden.

### **Sicherstellung eines fairen und nachhaltigen Marktrahmens**

Zur Sicherstellung eines fairen und nachhaltigen Marktrahmens zählt vor allem die Einhaltung hoher ESG-Standards beim Import von Rohstoffen und deren

Weiterverarbeitungsprodukten. Dabei sollen ESG-Standards vereinheitlicht und Doppelungen in der Berichterstattung der Unternehmen vermieden werden. Derzeit besteht eine Vielfalt von Initiativen auf staatlicher und privater Ebene. Neben verschiedenen Regulierungen auf EU-Ebene (z.B. EU-Konfliktrohstoffverordnung, Batterieverordnung, EU Directive on Corporate Sustainability Due Dilligence, Weiterentwicklung der EU Principles for Sustainable Raw Materials) existieren auch Unternehmens- und Multistakeholder-Initiativen wie z.B. die Initiative for Responsible Mining Assurance (IRMA). Die Gefahr von möglichen Zielkonflikten zwischen der Diversifizierung von Rohstofflieferketten und der Einhaltung von ESG-Standards oder entsprechender Sorgfaltspflichten wird benannt.

Der internationale Marktrahmen wird auch in internationaler Zusammenarbeit beeinflusst, z.B. in der Minerals Security Partnership und dem Intergovernmental Forum on Mining, Minerals, Metals and Sustainable Development (IGF). Daneben beteiligt sich die Bundesregierung in der OECD an einer Arbeitsgruppe zu mineralischen Rohstoffen (Minerals Working Group der Responsible Business Unit), in der der „Leitfaden für einen verantwortungsvollen Rohstoffbezug“ kontinuierlich weiterentwickelt wird.

## 6.2 Internationale Zusammenarbeit

Die Europäischen Union vertritt ihre Mitgliedstaaten 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. Die Austragung von Handelskonflikten wird so durch die EU übernommen. In konkreten Fällen bleibt der Bundesregierung die indirekte Einflussnahme über die europäischen Institutionen.

Die Bundesregierung setzt sich zwar grundsätzlich für eine ordnungspolitischen Grundhaltung ein, deren zentrale Elemente ein freier Marktzugang und ein Level Playing Field für alle Akteure sind. Angesichts der hoch konzentrierten Rohstoffmärkte und der geopolitischen Spannungen steht dieses Modell aber zunehmend unter Druck. Daher sollen weitere Maßnahmen in der Rohstoffpolitik dazu beitragen, die volkswirtschaftlichen und strategischen Interessen der Bundesrepublik zu wahren.

Die Bundesrepublik beteiligt sich in verschiedenen internationalen Gremien und Initiativen, die sich verschiedenen Zwecken zuordnen lassen. Ein Teil der Kooperationsziele ist die Verbesserung des Marktzugangs und die Diversifikation der Rohstoffquellen. Bei anderen Initiativen liegt der Fokus stärker in der Förderung einer nachhaltigen und transparenten internationalen Rohstoffwirtschaft.

Zur Verbesserung des Marktzugangs und der Diversifikation der Rohstoffquellen lassen sich drei Bereiche unterscheiden.

- In der Mineral Security Partnership engagieren sich Deutschland und die Europäische Union gemeinsam mit einer Gruppe westlich geprägter Industrieländer für eine enge Zusammenarbeit in Rohstofffragen. Sie streben neben einem stabilen Rohstoffangebot auch ein hohes Anspruchsniveau bei den ESG-Standards an.

- Bilaterale Rohstoffpartnerschaften mit Kasachstan, der Mongolei und Peru sowie Rohstoffkooperationen zwischen den Regierungen mit Australien, Chile, Ghana und Kanada sollen für stabile Rahmenbedingungen zur Erschließung von Rohstoffen und Handelskontakten durch deutsche Unternehmen sorgen und so die Bezugsquellen für Rohstoffe diversifizieren und Investitionsmöglichkeiten in den Partnerländern eröffnen. Gleichzeitig unterstützt die Bundesregierung den Aufbau von rohstoffverarbeitenden Industrien in den Partnerländern durch Beratungsleistungen.
- Der Aufbau und Betrieb von Kompetenzzentren für Bergbau und Rohstoffen dient zusätzlich der Verbesserung des Rohstoffzugangs deutscher Unternehmen. Die Kompetenzzentren sind an den Außenhandelskammern (AHK) in Australien, Brasilien, Chile, China, Ghana, Kanada, Kasachstan, Peru und dem Südlichen Afrika angesiedelt und Teil des *German Mining Networks*, zu dem auch die deutsch-mongolische Wirtschaftsvereinigung und die deutsche Delegation in Zentralasien, die DERA und die GTAI gehören.

Die Förderung einer nachhaltigen und transparenten internationalen Rohstoffwirtschaft wird mit folgenden Initiativen begleitet:

- Im Internationalen Forum für Bergbau, Minerale, Metalle und nachhaltige Entwicklung (IGF) werden Leitlinien und Maßnahmen zur Förderung einer nachhaltigen Rohstoffpolitik entwickelt. Darüber hinaus zählt beispielsweise die Beteiligung des Bundesministeriums für wirtschaftliche Zusammenarbeit (BMZ) an internationalen Projekten zur Entwicklung eines klimasensiblen und umweltschonenden Bergbaus (z. B. der *Climate-Smart-Mining-Strategie* der Weltbank) zu diesem Themenfeld.
- Die Beteiligung der Bundesrepublik an der Extractive Industries Transparency Initiative (EITI) dient der Stärkung der Entwicklungs- und Schwellenländer im gemeinsamen Kampf gegen Korruption. Weltweit implementieren derzeit 56 Länder den EITI-Standard. Kern der EITI-Berichterstattung sind kontextbezogene Informationen über den Rohstoffsektor sowie die Offenlegung der staatlichen Rohstoff Erlöse und weiterer Zahlungen – wie beispielsweise Lizenzgebühren, Dividenden oder Steuern – der aktiven Öl-, Gas- und Bergbauunternehmen an die jeweilige Regierung. Für Deutschland wurde der sechste EITI-Bericht im Februar 2024 vorgelegt.

### 6.3 Europäische Rohstoffpolitik

Der *European Critical Raw Materials Act* (ECRMA; EU, 2024) bildet seit seiner Verabschiedung im Frühjahr 2024 das zentrale Element der europäischen Rohstoffpolitik. In ihm wird ein breites Bündel von Vorhaben zusammengefasst, mit denen die Sicherung der Rohstoffversorgung auf europäischer Ebene verbessert werden soll.

Die Verordnung zielt als Rahmengesetzgebung auf eine Vereinheitlichung der Rohstoffpolitiken der Mitgliedstaaten ab. Einerseits soll eine Störung des Binnenmarkts durch unterschiedliche und möglicherweise widersprüchliche Politikansätze vermieden werden. Andererseits soll die hinter dem einheitlichen Binnenmarkt versammelte Marktmacht zu einer wirkungsvolleren Rohstoffpolitik im internationalen Kontext führen als unkoordiniertes einzelstaatliches Vorgehen. Als Grundlagen für die europäische Rohstoffpolitik werden

- die Bestimmung kritischer und strategischer Rohstoffe aus gemeinsamer europäischer Perspektive,
- die Stärkung der Fähigkeit der Europäischen Union zur Überwachung und Minderung bestehender und künftiger Versorgungsrisiken, sowie
- die Verbesserung des Kreislaufprinzips und der Nachhaltigkeit bei kritischen Rohstoffen vorangestellt.

Dabei gelten Rohstoffe dann als strategisch, wenn sie in bestimmten Technologien angewendet werden und das Wachstum der Nachfrage eine potenzielle Versorgungslücke in der näheren Zukunft vermuten lässt. Zusätzlich werden Rohstoffe als kritisch eingestuft, wenn sie eine hohe wirtschaftliche Bedeutung für die EU aufweisen und das Risiko einer Versorgungsunterbrechung besteht.

Die zentrale Neuerung des ECRMA ist, dass für die drei Bereiche einer Strategie für eine sichere Rohstoffversorgung – Rohstoffimporte, heimische Förderung und Recycling – jeweils konkrete Ziele mit rohstoffspezifischen Quoten festgelegt wurden. Bis zum Jahr 2030 sollen bei jedem als kritisch angesehenen Rohstoff bezogen auf den EU-Verbrauch 10 Prozent aus inländischer Förderung, 40 Prozent aus inländischer Verarbeitung sowie 25 Prozent aus Recycling gedeckt werden. Darüber hinaus soll von keinem der Rohstoffe ein Anteil von mehr als 65 Prozent aus einer einzelnen ausländischen (d.h. nicht der EU zugehörigen) Quelle bezogen werden.

Diese Ziele müssen nach heutigem Stand vor allem hinsichtlich der inländischen Förderung als sehr ambitioniert eingestuft werden. Bei vielen der kritischen Rohstoffe wie zum Beispiel Bauxit (für die Aluminiumproduktion), Germanium, Gallium oder Mangan ist derzeit keine europäische Förderung bekannt. Bei Nickel oder Kobalt ist der Anteil noch sehr klein. Auch die Recyclingraten sind heute bei den meisten Rohstoffen noch weit vom Ziel entfernt. Für den Aufbau entsprechender Kapazitäten ist ein Zeitraum von rund fünf Jahren angesichts üblicher Planungs- und Genehmigungszeiträume sehr kurz.

Die Zielerreichung setzt somit bei vielen der kritischen Rohstoffe den Auf- und Ausbau von Produktionskapazitäten voraus. Innerhalb des ECRMA werden daher Kriterien für die Ermittlung von strategischen Rohstoffprojekten benannt, die in der EU oder Drittländern angesiedelt sein können. Solche Projekte sollen von gestrafften und vorhersehbaren Genehmigungsverfahren sowie der Unterstützung beim Zugang zu Finanzmitteln profitieren.

Genehmigungsverfahren bei Verarbeitungs- und Recyclingprojekten sollen dann nicht länger als 15 Monate und bei Gewinnungsprojekten (v.a. Bergbau) nicht länger als 27 Monate dauern. Erforderliche Umweltprüfungen bleiben als integraler Bestandteil der Genehmigungsverfahren bestehen, sollen aber in der Durchführung gestrafft und besser auf das eigentliche Genehmigungsverfahren abgestimmt werden. Für die Finanzierung sollen vorrangig private Mittel genutzt und öffentlich unterstützt werden, zum Beispiel in Form von Garantien, Darlehen, Eigenkapital- und Quasieigenkapital. Zusätzlich sollen die Finanzierungsprogramme auf EU-Ebene sowie von Mitgliedstaaten und Förderbanken besser aufeinander abgestimmt und bei Projekten in Drittländern die „Global Gateway“-Strategie mitberücksichtigt werden. Die negativen Auswirkungen der hohen Preisvolatilität an

Rohstoffmärkten als Hindernis für die Finanzierung von Rohstoffprojekten sollen durch geeignete Hedgingmaßnahmen gemildert werden.

Die Informationslage über die Rohstoffversorgung soll mit mehreren Stellschrauben verbessert werden:

- Die EU-Kommission soll ein spezielles Monitoring-Dashboard einrichten, in dem die Risiken der Versorgung bei kritischen Rohstoffen bewertet und als Informationen für Behörden und private Akteure verfügbar gemacht werden. Zusätzlich sollen die Mitgliedstaaten – oder als Rückfalloption die Kommission – regelmäßig Stresstests für die Versorgung mit Rohstoffen durchführen.
- Die Informationen über das Vorhalten strategischer Vorräte von kritischen Rohstoffen sollen bei der EU-Kommission gebündelt werden. Dazu soll die EU-Kommission einen Richtwert für die Höhe solcher strategischen Vorräte entwickeln. Wie die Lagerhaltung organisiert wird – durch private oder öffentliche Akteure – bleibt von diesen Vorschlägen unbenommen.
- Große Unternehmen, die strategische Technologien in der Union herstellen und strategische Rohstoffe verwenden, sollen eine Risikobewertung ihrer Lieferkette, möglichst auf Basis der Informationen ihrer Lieferanten durchführen. So soll erreicht werden, dass die Versorgungsrisiken beachtet und Strategien zur Abhilfe entwickelt werden.
- Zur Bekämpfung der Effekte der Angebotskonzentration auf Rohstoffmärkten soll die EU-Kommission einen wettbewerbskonformen Mechanismus zur Nachfragebündelung für strategische Rohstoffe entwickeln.

Als weitere Quelle der Rohstoffversorgung adressiert der ECRMA auch die Kreislaufwirtschaft. Die spezifischeren Maßnahmen für die Kreislaufwirtschaft und damit auch für die Sekundärrohstoffwirtschaft werden im EU-Kontext weiterhin im Aktionsplan für die Kreislaufwirtschaft gebündelt (Europäische Kommission, 2020). Darunter fallen unter anderem die Erhöhung stoffspezifischer Recyclingquoten, die Rücknahmeverpflichtung des Handels bei Elektrogeräten sowie Mindestsammelquoten bei Elektrogeräten. Der Aktionsplan greift ausdrücklich die mehrdimensionale Problematik von Abfallexporten auf: den Verlust potenzieller Rohstoffquellen in der EU und die ökologisch mangelhafte Entsorgung in den Zielländern. Zwei wesentliche Neuerungen in diesem Rahmen sind:

- Die Aktualisierung der Öko-Design-Richtlinie mit der Einführung des digitalen Produktpasses. In ihm können Informationen zu den Inhaltsstoffen und Hinweise zum Recycling nachvollziehbar gespeichert werden. Dies kann positive Auswirkungen auf die Recyclingausbeute nach sich ziehen.
- Die Einführung des Rechts auf Reparatur, von dem eine erhöhte Lebensdauer von Produkten und damit gegebenenfalls längere Nutzung der verwendeten kritischen Rohstoffe erwartet wird.

Teil des Aktionsplans für die Kreislaufwirtschaft ist die Batterieverordnung aus dem Jahr 2023 (EU, 2023). Sie beinhaltet stoffspezifische Quoten für das Recycling unter anderem von Kobalt, Nickel und Lithium aus Altbatterien und für den Einsatz von Rezyklaten dieser Rohstoffe in der Produktion neuer Batterien ab dem Jahr 2031. Gleichzeitig lassen sich die Ausführungen zu Dauermagneten in den Erwägungsgründen zum ECRMA so interpretieren, dass für diese Produkte eine ähnliche Regelung wie für die Batterien angestrebt wird.



In der internationalen Zusammenarbeit bei Rohstoffthemen sollen die bestehenden strategische Partnerschaften für Rohstoffe fortgeführt und potenzielle Synergien mit den bilateralen Partnerschaften der Mitgliedsländer ausdrücklich gehoben werden. Zudem soll im Rahmen der Rohstoffzusammenarbeit die Global Gateway Strategie (Europäische Kommission, 2021) als derzeit zentrales außen- und entwicklungspolitisches Vorhaben der EU nutzbar gemacht werden, um weiche und harte Infrastruktur entlang der Wertschöpfungskette von Rohstoffen im Ausland zu fördern. Daneben engagiert sich die EU neben einigen Mitgliedstaaten auch als eigener Akteur in der Mineral Security Partnership (vgl. o.). Bei einem Critical Minerals Agreement zwischen den USA und der EU, in dem eine freihandelsgleiche Behandlung von kritischen Rohstoffen zwischen den Wirtschaftsräumen angestrebt wird und das seit 2023 verhandelt wird, sind keine Fortschritte bekannt.

## 7 Fazit und Handlungsempfehlungen

Die gezielte Kooperation zwischen den beteiligten Akteuren hilft die vielschichtigen Herausforderungen im Rohstoffbereich zu bewältigen.

Eine gesicherte und preislich wettbewerbsfähige Rohstoffversorgung für die Industrie in Deutschland und Bayern ist einer Vielzahl von Risiken ausgesetzt. Für jeden Rohstoff ergibt sich aus dem individuellen Zusammenwirken der Risikofaktoren ein eigenes Risikoprofil.

Die hohe Abhängigkeit von Rohstoffimporten in Deutschland und Europa ist eine wichtige Ursache für hohe Risiken der Rohstoffversorgung. Häufig zählen Länder mit hohen politischen und wirtschaftlichen Risiken und nicht verlässlichen staatlichen Institutionen zu den größten Anbietern. Zudem sind die Vorkommen und die Verarbeitung wichtiger Rohstoffe stark auf China konzentriert. Die Gefahr strategischer Verknappungen des Rohstoffangebots nimmt mit zunehmender Unsicherheit in der Handelspolitik und wachsenden geopolitischen Konfrontationen zu.

Parallel erfordert die duale Transformation durch Dekarbonisierung und Digitalisierung einen stark steigenden Rohstoffeinsatz. Klimaschutztechnologien wie die Elektromobilität, die erneuerbare Energieerzeugung, die Speicherung von Strom in Batterien oder die Produktion von grünem Wasserstoff verändern den Rohstoffbedarf weg von fossilen Energieträgern hin zu metallischen Rohstoffen wie Kobalt, Lithium, Graphit, Nickel, Seltenen Erden oder Platingruppenmetallen. Auch für stärker etablierte Technologien wie den Ausbau des elektrischen Energiesystems oder den Leichtbau werden Metalle wie Kupfer oder Aluminium zunehmend nachgefragt. Auf der Angebotsseite wächst gleichzeitig das Angebot, weil Investoren Marktchancen erkennen.

Die Bemühungen, die Resilienz der Rohstoffversorgung in Deutschland und Europa zu erhöhen, haben seit 2023 einen neuen Schub bekommen und umfassen neben der Reduzierung der Importabhängigkeit auch die Diversifizierung der Lieferanten und die Betonung der Kreislaufwirtschaft als Quelle von Sekundärrohstoffen. Die Vorhaben sind aber als langfristig angelegte Investitionserfordernisse zu verstehen. Der Aufbau von neuer Förderung und Verarbeitungsprozessen und die Integration in die nachgelagerten Wertschöpfungsstufen benötigen einen hohen Kapital- und Planungsaufwand. Zudem müssen entsprechende Genehmigungsprozesse durchlaufen werden. Auch die Stärkung der Sekundärrohstoffwirtschaft hängt von einer starken Integration in die Wertschöpfungsketten ab. Eine vollständige Autarkie wäre gleichwohl eine unrealistische Zielsetzung. Internationale Lösungen in einem regelbasierten Handelssystem zu finden, bleibt daher zentrale Aufgabe der Rohstoffpolitik.

Aus marktwirtschaftlicher Perspektive bleibt die Sicherung der eigenen Rohstoffversorgung die Aufgabe von Unternehmen. Wegen der Vielfalt der spezifischen Rohstoffrisiken ist in den Unternehmen eine auf die jeweilige Produktstruktur und Stellung in der Wertschöpfungskette bezogene spezifische Risikoanalyse notwendig. Die Zusammenarbeit

einzelner Unternehmen entlang der Wertschöpfungskette ist hier genauso wie in anderen Bereichen Teil einer ökonomisch sinnvollen Arbeitsteilung und Spezialisierung.

Erst 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, besteht demnach die Begründung für staatliches Handeln. Im internationalen Kontext ist dies der Fall, sobald der Zugang zu ausländischen Märkten administrativ oder mit Zöllen beschränkt wird. Auch die Ausfuhrkontrollen oder -beschränkungen, wie sie etwa durch China zunehmend etabliert werden, zählen dazu. Je weniger die internationalen Rohstoffmärkte nach rein marktwirtschaftlicher Logik funktionieren, desto stärker wird auch in Deutschland und Europa die Begründung für staatliche Interventionen.

Die Gewährleistung eines freien Rohstoffzugangs auf allen Stufen der Wertschöpfungskette ist Teil der gesamtgesellschaftlichen Aufgaben, weil von einer Gefährdung des Rohstoffzugangs alle Unternehmen auch auf nachgelagerten Stufen der Wertschöpfungskette betroffen sind. Deutschland und die EU sollten sich auf internationaler Ebene für freie Marktzugänge und die Aufrechterhaltung des freien Welthandels einsetzen.

Aus der Vielschichtigkeit der Herausforderungen folgt, dass es auch verschiedene Ansatzpunkte für Maßnahmen einer erfolgreichen Rohstoffpolitik gibt. Sie können unterschiedlichen Akteuren und Handlungsebenen zugeordnet werden. In Tabelle 5 werden die Unternehmensebene, die staatlichen Ebene sowie eine interaktive Ebene unterschieden. Auf der interaktiven Ebene arbeiten Unternehmen untereinander oder in Kooperation mit anderen Akteuren wie Forschungseinrichtungen oder staatlichen Agenturen zusammen. Tabelle 5 enthält eine Zuordnung einzelner Maßnahmen zu Problemen der Rohstoffsicherung und den Akteursebenen.

## 7.1 Unternehmensebene

Unternehmen können ihre Rohstoffbeschaffung besser kontrollieren, wenn sie vertikal integriert sind. Investitionen ermöglichen Unternehmen beispielweise den Zugang zum in- und ausländischen Bergbau. Aktuell ist dieser Ansatz bei Automobilherstellern im Bereich der Batterierohstoffe für die Elektromobilität zu beobachten. Diese Maßnahme steht eher großen als kleinen und mittelständischen Unternehmen offen.

Die kontinuierliche Analyse der eigenen Rohstoffsituation hilft, Risiken aus Unsicherheit und Ineffizienzen auf Rohstoffmärkten zu identifizieren und zu managen. Über die direkte Rohstoffbeschaffung hinaus ist für die Risikoeinschätzung der meisten Unternehmen auch das Monitoring der Rohstoffströme in der vorgelagerten Wertschöpfungskette wichtig.

Durch gezielte Produktentwicklung, Materialeffizienz, Recycling und Substitution kann die Abhängigkeit von Primärrohstoffen an verschiedenen Stellen der Produkt- und Prozessgestaltung verringert werden.

Das Risiko der Preisvolatilität kann durch eine Reihe verschiedener Instrumente zur Absicherung gegen Preisschwankungen verringert werden. Auf finanzieller Seite können Finanzinstrumente wie Optionen oder Futures – Stichwort *Hedging* – oder langfristige Lieferverträge mit Preisgleitklauseln zum Einsatz kommen. Die Diversifikation von Lieferanten und die Vorratshaltung knüpfen an der stofflichen Seite des Rohstoffhandels an und sichern gleichzeitig gegen Versorgungsausfälle ab. Soll die Diversifikation von Lieferanten auch gegen eine staatliche Verknappung von Rohstoffexporten wirken, muss damit die Nachfrage auch über mehrere Länder gestreut werden.

Einzelne Unternehmen haben auf die politische und wirtschaftliche Stabilität sowie Korruption in den Rohstoffländern insgesamt kaum direkten Einfluss. Sie können aber zur Verbesserung der Situation im Rahmen ihrer eigenen Geschäftstätigkeit beitragen. Ein Element ist die Analyse der eigenen Liefer- und Wertschöpfungskette im Hinblick auf Menschenrechte oder Arbeits-, Sozial- und Umweltstandards, eine entsprechend sorgfältige Auswahl der Lieferanten sowie das eigene Verhalten des Unternehmens.

## 7.2 Interaktive Ebene

Der Kooperationsraum zwischen Unternehmen, Forschungseinrichtungen oder staatliche Stellen wird als interaktive Ebene bezeichnet. Die Kooperation zwischen Unternehmen oder zwischen Unternehmen und Forschungseinrichtungen bietet sich an, wenn die Aufgaben für ein einzelnes 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 Länder erforderlich ist oder Informationen von allgemeinem Interesse erhoben und veröffentlicht werden.

Gemeinsame Exploration und Projektentwicklung mit anderen Unternehmen oder Forschungseinrichtungen ist eine Möglichkeit für Unternehmen, die Abhängigkeit von ausländischen Rohstoffquellen zu begrenzen. Auch die staatliche Unterstützung solcher Projekte lässt sich dieser Ebene zuordnen. Inwiefern der neue Rohstofffonds von BMWK und KfW einen Beitrag zur Unterstützung privater Investitionen in Projektentwicklung und Rohstoffförderung leisten wird, ist noch eine offene Frage. Ziel ist es auch, die Unsicherheit aus den langen Projektlaufzeiten in der Rohstoffwirtschaft zu reduzieren.

Versorgungsrisiken können auch durch die Kooperation zwischen Unternehmen entlang der Wertschöpfungskette oder zwischen Unternehmen und Forschungseinrichtungen verringert werden. Die Zusammenarbeit kann in verschiedenen Formen an unterschiedlichen Punkten ansetzen:

- Für eine wirklich umfassende Analyse der Rohstoffsituation eines Unternehmens ist die Kooperation aller Beteiligten entlang der gesamten Wertschöpfungskette erforderlich. Zur Identifikation der Rohstoffrisiken im Endprodukt müssen die Informationen der verschiedenen beteiligten Unternehmen gebündelt werden. Dies gilt für die Versorgungsrisiken ebenso wie für die Risiken, die aus Compliance-Anforderungen erwachsen. Hier können staatliche und halbstaatliche Akteure wie die DERA, des German Mining

Network oder das Netzwerk Rohstoffe ebenso einen positiven Beitrag leisten wie Forschungseinrichtungen oder Beratungsunternehmen.

- Fortschritte im Produktdesign und bei Recycling und Substitution sind notwendig, um die Abhängigkeit von Primärrohstoffen zu reduzieren. Die Verbundforschung als Kooperation zwischen Unternehmen und Forschungseinrichtungen hat sich immer wieder als probates Mittel für die Übertragung wissenschaftlicher Erkenntnisse in anwendungsorientiertes Wissen erwiesen. Staatliche Förderung von Forschungseinrichtungen und die Förderung spezifischer Projekte der Verbundforschung können dies unterstützen.
- Netzwerke von Unternehmen zur Nachfragebündelung in Einkaufsgemeinschaften oder gemeinsamer Lagerhaltung können die Risiken aus Preisschwankungen und Versorgungsausfällen leichter bewältigen als jedes Unternehmen individuell.
- Eine aktive Industriepolitik kann zur Stärkung von Unternehmensnetzwerken beitragen und so auch einen Beitrag zur Sicherung der Rohstoffversorgung der Unternehmen leisten. Die europäische Batterieallianz und die IPCEI-Vorhaben in anderen Bereichen sind Beispiele dafür. Die Etablierung internationaler Kooperationen von Staat und Unternehmen mit den Abbauländern und die Aufrechterhaltung des offenen internationalen Handels gelten zudem als wesentliche Pfeiler einer Rohstoffstrategie, denen in Zukunft voraussichtlich eine wachsende Bedeutung zukommen wird.

### 7.3 Staatliche Ebene

Die EU und die Mitgliedstaaten sind in Europa je nach Politikbereich für je eigene Aufgaben zuständig.

Die EU hat das Primat für die Handelspolitik. Hier haben die Aufrechterhaltung und Förderung eines möglichst freien Welthandels und eines gesicherten Marktzugangs deutscher und europäischer Unternehmen zu den internationalen Rohstoffmärkten Priorität. Nicht zuletzt aufgrund der zunehmenden geopolitischen Spannungen wird dabei der WTO-Rahmen zunehmend durch weitere bi- und multilaterale Vereinbarungen ergänzt. Beispiel ist das gemeinsame Engagement der EU und einiger Mitgliedstaaten in der *Minerals Security Partnership*. Zu weiteren Maßnahmen zählen der Schutz deutscher und europäischer Investitionen in Förderländern und die Beschränkung des strategischen Einsatzes von Marktmacht der Rohstoffländer. Ein weiterer Ansatz ist die angestrebte Sicherung des Marktzugangs in den USA über das *Critical Minerals Agreement* zwischen der EU und den USA.

Zunehmende Bedeutung als politisches Risiko der Rohstoffversorgung erwächst aus der weiteren Entwicklung der internationalen Handelsbeziehungen. Eine schärfere Abschottung zwischen Europa, den USA und China oder die handelspolitischen Implikationen einer strikteren geopolitischen Blockbildung stellen derzeit kaum zu kalkulierende Risiken dar. Darunter lässt sich auch die zunehmende Instrumentalisierung des Rohstoffhandels in der internationalen Politik subsumieren. Eine stärkere Diversifizierung von Handelspartnern

und strategische Ausweitung von Rohstoffpartnerschaften kann hier der Risikozunahme entgegenwirken.

Die politische und wirtschaftliche Instabilität in wichtigen Förderländern bleibt weiterhin eines der Risiken 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. Dazu werden die technologische, politische und rechtliche Unterstützung bei der Rohstoffeffizienz, bei der Umsetzung internationaler Minen- und Bergbaustandards sowie bei Umwelt- und Sozialnormen mit entwicklungspolitischen Zielsetzungen verknüpft. 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.

In Deutschland erfüllt die DERA als zentrale Institution der deutschen Rohstoffpolitik einige der staatlichen Aufgaben, z. B.:

- Bereitstellung von Informationen zur Rohstoffverfügbarkeit für Unternehmen, politische Entscheidungsträger und interessierte Öffentlichkeit,
- Beteiligung in internationalen Netzwerken von Rohstoffverbänden und Forschungseinrichtungen und die Repräsentation der Bundesrepublik auf internationaler Ebene,
- 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.

Die Ausweitung der Sekundärrohstoffwirtschaft und des inländischen Primärrohstoffabbaus gewinnt als Strategie zur Verringerung der Abhängigkeit vom ausländischen Primärrohstoffangebot an Bedeutung. In den beiden Bereichen sind teilweise ähnliche staatliche Aufgaben zu sehen:

- Die Organisation der Sekundärrohstoffwirtschaft und die Etablierung einer Kreislaufwirtschaft bedarf der staatlichen Unterstützung. Dies betrifft vor allem jene Rohstoffe, bei denen sich mangels Wirtschaftlichkeit noch keine privaten Recyclingkreisläufe gebildet haben. Neben einer geeigneten Anreizsetzung für private Akteure sollte der Staat seiner Vorbildfunktion gerecht werden und die Nutzung von Sekundärmaterial bei eigenen Vorhaben priorisieren. Zudem gilt es, Regulierungen und Zulassungsverfahren zu überprüfen, die Sekundärmaterial benachteiligen.
- Beim Primärrohstoffabbau regelt der Staat die Rahmenbedingungen. Die Erschließung neuer Rohstoffvorkommen kann durch zusätzliche Nachfrage oder durch neue Förder-techniken rentabel werden. Ein Beispiel ist die Entwicklung der Lithiumförderung aus unterirdischem Thermalwasser im Oberrheingraben, die im Jahr 2024 gestartet wurde. Effiziente Raumplanungs-, Genehmigungs- und Zulassungsverfahren sind eine wesentliche Voraussetzung für die wirtschaftliche Erschließung solcher Ressourcen.
- Gemeinsam ist beiden Rohstoffquellen, dass sie nur dann effizient genutzt werden können und das Rohstoffangebot erweitern, wenn sie in eine Wertschöpfungskette für die Aufbereitung und Weiterverarbeitung integriert werden können. Auch hier sind Investitionen unter derzeit hoher Unsicherheit notwendig. Hohe Energiepreise und fragliche

gesellschaftliche Akzeptanz sind Unsicherheitsfaktoren. Die wirtschaftliche Rentabilität ist nicht sichergestellt, wenn zusätzliche Resilienz von Wertschöpfungsketten nicht auch monetär vergütet wird. Allerdings sind auch hier im Ausbau der Lithiumweiterverarbeitung in Deutschland erste Erfolge zu beobachten.

Nicht zuletzt zählt die Förderung der Grundlagenforschung zu den klassischen Staatsaufgaben. Dies gilt vor allem dann, wenn dadurch neues allgemein zugängliches Wissen erzeugt wird. Im Rohstoffbereich sind hier die größten Effekte bei den kritischen Rohstoffen und neuen Verwendungszwecken zu erwarten. Auch die Ausbildung von Wissenschaftlern fällt in diesen Bereich.

Tabelle 5  
 Maßnahmen zur Rohstoffsicherung

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

Eigene Darstellung in Anlehnung an Bardt et al. (2013), IW Consult, 2024



## Literaturverzeichnis

---

**Aluminium Deutschland (2024):**

Statistik - Produktion von Rohaluminium

**Aluminiumdeutschland.de (2024):**

Aluminium Lexikon Schmelztransport; URL: <https://www.aluminiumdeutschland.de/lexikon/be-griff/schmelztransport/#:~:text=In%20Deutschland%20wird%20seit%201972,einem%20Unfall%20kein%20Aluminium%20ausl%C3%A4uft>

**Arnold, Heinz (2023):**

Eine neue Alternative zu Silizium-Transistoren – Germanium-Zinn, <https://www.elektro-niknet.de/halbleiter/eine-neue-alternative-zu-silizium-transistoren.204096.html> [18.10.2024]

**BCG/IW (2024):**

Transformationspfade für das Industrieland Deutschland - Eckpunkte für eine neue industriepolitische Agenda. Studie im Auftrag des BDI

**Bähr, C. / Bothe, D. / Brändle, G. / Klink, H. / Lichtblau, K. / Sonnen, L. / Zink, B. (2023):**

Die Zukunft energieintensiver Industrien in Deutschland. Eine Studie von IW Consult und Frontier Economics im Auftrag des Dezernat Zukunft.

**BGR (2023):**

DERA-Recyclingatlas für die Metallerzeugung

**Bardt, H. / Schaefer, T. (2024):**

Aktuelle Energiekostenkrise und historischer Ölpreisschock im Vergleich. Köln: Institut der deutschen Wirtschaft e.V. (IW-Trends, 51. Jg., Nr. 1, 43-50)

**Bardt, Hubertus (2011):**

Rohstoffpreise – Entwicklung und Bedeutung für die deutsche Wirtschaft, in: IW-Trends, Jg. 38, Heft 2, S. 19-30

**Bavarian Chips Alliance (2024):**

BAVARIAN CHIPS ALLIANCE: Das Halbleiter-Netzwerk Bayern, <https://www.bayern-innovativ.de/de/netzwerke-und-thinknet/uebersicht-digitalisierung/bavarian-chips-alliance> [15.10.2024]

**Bayerisches Landesamt für Statistik (2023):**

Verarbeitendes Gewerbe in den Regierungsbezirken und Regionen (sowie Bergbau und Gewinnung von Steinen und Erden) 2022; Statistischer Bericht E I 1 - 2 j 2022

**Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz – BMWK (2023):**

Eckpunktepapier: Wege zu einer nachhaltigen und resilienten Rohstoffversorgung <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/E/eckpunktepapier-nachhaltige-und-resiliente-rohstoffversorgung.html>

**Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz - BMWK (2024):**

Rohstofffonds der Bundesregierung startet, Pressemitteilung, 02.10.2024, <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Pressemitteilungen/2024/10/20241002-rohstofffonds-der-bundesregierung-startet.html>

**Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz - BMUV (2024):**

Nationale Kreislaufwirtschaftsstrategie, Entwurf, 17.06.2024, [https://www.bmuv.de/fileadmin/Daten\\_BMU/Download\\_PDF/Abfallwirtschaft/nkws\\_entwurf\\_bf.pdf](https://www.bmuv.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Abfallwirtschaft/nkws_entwurf_bf.pdf)

**DERA – Deutsche Rohstoffagentur in der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (2023):**

Silizium und Ferrosilikolegierungen – Zwischenprodukte auf Basis von Quarz. – DERA Rohstoffinformationen 59: 238 S., Berlin.

**DERA (2024)**

Rohstoffinformationssystem ROSYS, <https://rosys.dera.bgr.de/mapapps49prev/resources/apps/rosys2/index.html?lang=de>

**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,

**Europäische Kommission (2024):**

Europäisches Chip-Gesetz [https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/europe-fit-digital-age/european-chips-act\\_de](https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/europe-fit-digital-age/european-chips-act_de) [10.10.2024]

**Europäische Union - EU (2023):**

Regulation (EU) 2023/1542 of the European Parliament and of the Council of 12 July 2023 concerning batteries and waste batteries, amending Directive 2008/98/EC and Regulation (EU) 2019/1020 and repealing Directive 2006/66/EC

**Europäische Union - EU (2024):**

VERORDNUNG (EU) 2024/1252 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 11. April 2024 zur Schaffung eines Rahmens zur Gewährleistung einer sicheren und nachhaltigen Versorgung mit kritischen Rohstoffen und zur Änderung der Verordnungen (EU) Nr. 168/2013, (EU) 2018/858, (EU) 2018/1724 und (EU) 2019/1020, in: Amtsblatt der Europäischen Union, Reihe L vom 03.05.2024, <http://data.europa.eu/eli/reg/2024/1252/oj>

**GTAI – Germany Trade & Invest (2023):**

Semiconductor Industry in Germany, <https://www.gtai.de/en/invest/industries/industrial-production/semiconductors> [10.10.2024]

**IN4climate.RR (2024):**

Die Wertschöpfungskette von Aluminium in Deutschland und Nordrhein-Westfalen - Status Quo, Herausforderungen und Perspektiven im Hinblick auf Klimaschutz und Kreislaufwirtschaft; URL: [https://www.rheinisches-revier.nrw/fileadmin/user\\_upload/2024\\_Wertschoepfungskette\\_Aluminium15\\_cr-IN4climateRR.pdf](https://www.rheinisches-revier.nrw/fileadmin/user_upload/2024_Wertschoepfungskette_Aluminium15_cr-IN4climateRR.pdf)

**Lindinger, Manfred (2024):**

“Wundermaterial” Graphen wird zum Halbleiter in Frankfurter Allgemeine, <https://www.faz.net/aktuell/wissen/physik-mehr/silizium-ersatz-graphen-laesst-sich-in-einen-halbleiter-umwandeln-19434774.html> [12.10.2024]

**Max-Planck-Gesellschaft (2024):**

Grüner Stahl aus giftigem Rotschlamm

**Meng, Baosi / Wu, Xun (2024):**

Betting Big on Chips: Unraveling Governance Challenges in China's National Integrated Circuit Industry Investment Fund, <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4766945> [5.6.2024]

**Kreditanstalt für Wiederaufbau - KfW (2024):**

Deutscher Rohstofffonds, [https://www.kfw.de/PDF/Download-Center/Konzernthemen/Rohstofffonds/KfW\\_Factsheet-Rohstofffonds\\_DE.pdf](https://www.kfw.de/PDF/Download-Center/Konzernthemen/Rohstofffonds/KfW_Factsheet-Rohstofffonds_DE.pdf)

**Reuters (2024):**

China sets up third fund with \$47.5 bln to boost semiconductor sector, <https://www.reuters.com/technology/china-sets-up-475-bln-state-fund-boost-semiconductor-industry-2024-05-27/> [14.10.2024]

**Röhl, Klaus-Heiner / Rusche, Christian (2024):**

Wo steht die EU im globalen Chip-Wettrennen?, IW-Kurzbericht, Nr. 45, Berlin / Köln

**vbw/IW (2024):**

Internationale Risiken für bayerische Unternehmen 2024. München/Berlin/Köln: Vereinigung der Bayerischen Wirtschaft e. V. (vbw)

**vbw (2024):**

EU-Chemikalienstrategie erfolgreich gestalten, Position, Oktober 2024

**ZVEI (2023):**

Die generelle Beschränkung von PFAS gefährdet die Halbleiterindustrie in Europa und die Ziele des European Chips Acts sowie den ökologischen und digitalen Wandel in Deutschland und Europa! Positionspapier, 08.05.2023, [https://www.zvei.org/fileadmin/user\\_upload/Presse\\_und\\_Medien/Publikationen/2023/August/Positionspapier\\_PFAS-HL/2023-05-08\\_OnePager\\_Positionspapier\\_PFAS\\_final.pdf](https://www.zvei.org/fileadmin/user_upload/Presse_und_Medien/Publikationen/2023/August/Positionspapier_PFAS-HL/2023-05-08_OnePager_Positionspapier_PFAS_final.pdf)

## Abbildungsverzeichnis

---

Abbildung 1	Industriemetallpreis-Index
Abbildung 2	Risikofaktoren bei Rohstoffen
Abbildung 3	Länderrisiko und Rohstoffvorkommen 2024
Abbildung 4	Risikoklasse I der Rohstoffe – rote Gruppe
Abbildung 5	Risikoklasse II der Rohstoffe – orangefarbene Gruppe
Abbildung 6	Risikoklasse III der Rohstoffe – grüne Gruppe
Abbildung 7	Bedeutungs-Risiko-Matrix
Abbildung 8	Veränderung der Risiko-Dimensionen 2024 im Vergleich zu 2015
Abbildung 9	Rohstoffe mit den größten Rangveränderungen im Risiko-Index 2015-2024
Abbildung 10	Verwendung von Aluminium in Deutschland im Jahr 2021
Abbildung 11	Erzeugung von Aluminium in Deutschland
Abbildung 12	Herkunft des in Deutschland verarbeiteten Aluminiums im Jahr 2021
Abbildung 13	Regionale Verteilung der Aluminiumwirtschaft in Bayern
Abbildung 14	Entwicklung des Aluminiumbedarfs in Europa
Abbildung 15	Bayerische Halbleiter Allianz: Standorte
Abbildung 16	Produktionsschritte in der Fertigung von Halbleitern
Abbildung 17	Gewichtung des Rohstoff-Risiko-Index

## Tabellenverzeichnis

---

Tabelle 1	Bedeutung der Rohstoffe in Risikoklasse I für Bayern
Tabelle 2	Bedeutung der Rohstoffe in Risikoklasse II für Bayern
Tabelle 3	Bedeutung der Rohstoffe in Risikoklasse III für Bayern
Tabelle 4	Entwicklung der Aluminiumkosten (reale Gesamtkosten beim Bezieher (Ware, Transport, Zölle, Gebühren usw.) in Euro je Tonne)
Tabelle 5	Maßnahmen zur Rohstoffsicherung

## Anhang – Aufbau des Rohstoff-Risiko-Index

---

### Aufbau

---

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

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

#### **Quantitative Indikatoren**

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

#### **Qualitative Indikatoren**

- Bedeutung für Zukunftstechnologien
- Gefahr des strategischen Einsatzes
- Substituierbarkeit

Um am Ende einen Index erstellen zu können, wird jeder Indikator auf einen Wertebereich zwischen 0 und 25 transformiert. Je höher der Wert, desto größer ist das Risiko eines Rohstoffs in dem betreffenden Indikator. Der Rohstoff-Risiko-Index spiegelt den Datenstand Oktober 2024 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 2023 etwa 22,3 Millionen Tonnen Kupfer produziert bei einem bekannten Vorkommen von weltweit rund 1.000 Millionen Tonnen. Somit würde dieser Rohstoff rechnerisch noch rund 45 Jahre auf aktuellem Niveau gefördert werden können.

Entscheidend für die Interpretation des Wertes ist, dass er nur unter Konstanz der Rohstoffvorkommen und der aktuellen Förderung gilt. Änderungen sowohl auf der

Angebotsseite (Erschließung neuer Vorkommen, verstärktes Recycling) als auch auf der Nachfrageseite (Substitution, Nachfrageänderung) können zu deutlichen Änderungen des jeweils aktuell errechneten Wertes führen. Dazu kommt der technologische Fortschritt, der die Entwicklung beider Marktseiten wesentlich beeinflussen kann.

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

### **Länderrisiko**

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

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

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

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

### **Länderkonzentration**

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

### **Unternehmenskonzentration**

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

## Preisrisiko

Das Preisrisiko eines Rohstoffs wird für den Rohstoff-Risiko-Index als Mischung aus der Dynamik der Preisentwicklung und der Schwankungen der Preise im Betrachtungszeitraum verstanden. Zur Quantifizierung werden der Preisanstieg im Zeitraum von August 2021 bis August 2024 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 Initiative<sup>1</sup> rundet das Bild ab.

---

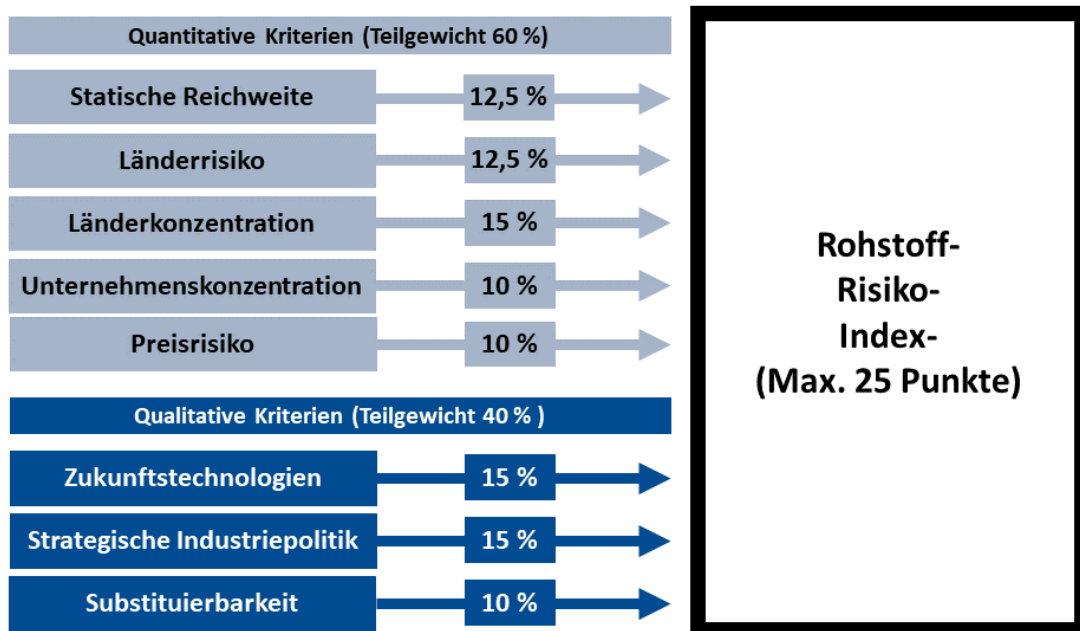
<sup>1</sup> Das Akronym SCREEN steht für Solution for Critical Raw Materials – a European Expert Network.



## 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.

Abbildung 17  
 Gewichtung des Rohstoff-Risiko-Index



Eigene Darstellung IW Consult, 2024

## Anhang – Rohstoffsteckbriefe

---

Die Rohstoff-Steckbriefe berücksichtigen den verfügbaren Datenstand von Oktober 2024.

Die Rohstoff-Steckbriefe berücksichtigen den verfügbaren Datenstand von Oktober 2024.

### **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

hoch

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 



2022 wurden rund 402 Mio. Tonnen des Aluminiumerzes Bauxit gewonnen.

Aluminium kann bei einer Bauxitreserve von etwa 30 Mrd. Tonnen noch knapp 75 Jahre produziert werden.


## Abbauländer und Konzentration

Risikoklasse 



- 97 % des Bauxitabbaus wurden 2022 von zehn Ländern geleistet.
- In fünf Ländern wurden 86 % des Bauxits gewonnen: Guinea (26 %), Australien (25 %), China (19 %), Brasilien (9 %) und Indonesien (7 %).
- Der Weltmarktanteil der Top-10-Unternehmen liegt bei knapp 77 %.

## Preisentwicklung


Risikoklasse 



Der Preis für Aluminium ist in den letzten drei Jahren gefallen. Die Volatilität war dabei etwas geringer als im Durchschnitt.

- Preis pro Tonne August 2021: 2.603 US-Dollar
- Preis pro Tonne August 2024: 2.344 US-Dollar
- Rückgang um 10%


## 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 



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

# BLEI

Bedeutung für Bayern: Mittel



Einsatzfelder:

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

Risikoklasse (3er-Skala)

## Vorräte und Verbrauch

Risikoklasse ■



2023 wurden 4,2 Mio. Tonnen Blei produziert.

Blei kann bei bestehenden Reserven von rund 95 Mio. Tonnen noch knapp 23 Jahre abgebaut werden.

## Abbauländer und Konzentration

Risikoklasse ■



- 87 % der Bleiförderung wurden 2023 von zehn Ländern erbracht.
- In fünf Ländern wurden 74 % des Bleis gewonnen: China (42 %), Australien (12 %), USA (8 %), Mexiko (6 %), und Indien (6 %).
- Der Weltmarktanteil der Top-10-Unternehmen liegt bei 41 %.

## Preisentwicklung

Risikoklasse ■



Der Bleipreis ging in den letzten drei Jahren mit mäßigen Schwankungen zurück.

- Preis pro Tonne August 2021: 2.414 US-Dollar
- Preis pro Tonne August 2024: 1.995 US-Dollar
- Rückgang um rund 17 %

## Substitutionsmöglichkeiten

Risikoklasse ■



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

Verringerte Verwendung durch Nutzung von blei-freien 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

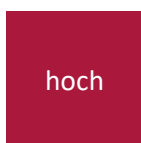
Risikoklasse ■



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

# CHROM

Bedeutung für Bayern: Mittel



Einsatzfelder:

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

Risikoklasse (3er-Skala)

## Vorräte und Verbrauch

Risikoklasse ■



2022 wurden 38 Mio. Tonnen des Erzes Chromit gewonnen.

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

## Abbauländer und Konzentration

Risikoklasse ■



- 98 % des Chromitabbaus wurden 2022 in zehn Ländern erbracht.
- In fünf Ländern wurden rund 87 % des Chromits abgebaut: Südafrika (50 %), Kasachstan (17 %), Indien (10 %), Türkei (7 %) und Finnland (3 %).

## Preisentwicklung

Risikoklasse ■



In den letzten drei Jahren blieb der Chrompreis nach anfänglich größeren Schwankungen relativ konstant.

- Preis pro Tonne August 2021: 9.205 US-Dollar
- Preis pro Tonne August 2024: 9.396 US-Dollar
- Anstieg um 2 %

## Substitutionsmöglichkeiten

Risikoklasse ■



Chrom kann nur schwer durch andere Stoffe substituiert werden. Forschung und Entwicklung erweitert die technischen und ökonomischen Möglichkeiten der Substitution. In einigen Bereichen ist dies schon gelungen.

## 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



2023 wurden 2,4 Mrd. Tonnen Eisenerz gefördert.

Bei Eisenerzvorräten von rund 190 Mrd. Tonnen kann Eisen noch für rund 78 Jahre produziert werden.

## Abbauländer und Konzentration

Risikoklasse



- 92 % des Eisenerzabbaus fanden 2023 in zehn Ländern statt.
- In fünf Ländern wurden rund 81 % des Eisenerzes gewonnen: Australien (39 %), Brasilien (17 %), China (11 %), Indien (10 %) und Russland (4 %).
- Die Top-10 Unternehmen vereinen einen Weltmarktanteil von rund 60 % auf sich.

## Preisentwicklung

Risikoklasse



Bei Eisen gingen die Preise seit August 2021 stark zurück, dennoch war die Volatilität etwas geringer als im Durchschnitt der Rohstoffe.

- Preis August 2021: 162 US-Dollar je Tonne Feinerz
- Preis August 2024: 100 US-Dollar je Tonne Feinerz
- Rückgang um 38 %

## 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).

# 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



2022 wurden rund 24.400 Tonnen Kadmium produziert.

Bei Kadmiumvorräten von rund 660.000 Tonnen kann Kadmium bei gleicher Produktion noch für rund 27 Jahre hergestellt werden.

## Abbauländer und Konzentration

Risikoklasse



- 94 % des Kadmiumabbaus fanden 2022 in zehn Ländern statt.
- In fünf Ländern wurden rund 80 % des Kadmi- ums gewonnen: China (41 %), Südkorea (18 %), Japan (8 %), Kanada (7 %) und Kasachstan (5 %).

## Preisentwicklung

Risikoklasse



Bei Kadmium gibt es seit Sommer 2021 einen kontinuierlichen Preisanstieg.

- Preis pro Tonne August 2021: 2.635 US-Dollar
- Preis pro Tonne August 2024: 4.500 US-Dollar
- Anstieg von 71 %

## Substitutionsmöglichkeiten

Risikoklasse



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

## Zukunftsrelevanz

Risikoklasse



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

## Politische Risiken

Risikoklasse



Die Länderkonzentration ist mäßig. Mit Südkorea, Japan, Kanada, den Niederlanden sind zwar auch politisch stabile Länder unter den größeren Pro- duzenten vertreten. Mit China und Russland lie- gen aber rund 45 Prozent der Produktion in Risi- koländern.



# 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



2023 wurden rund 214.000 Tonnen Kobalt produziert.

Die Vorräte belaufen sich auf rund 11 Mio. Tonnen und reichen theoretisch bei gleicher Produktion für weitere gut 51 Jahre. Im Zuge der steigenden Nachfrage für die Elektromobilität ist aber weiterhin mit deutlich steigendem Verbrauch zu rechnen.

## Abbauländer und Konzentration

Risikoklasse



- Rund 95 % der Kobaltgewinnung konzentrierten sich 2023 auf zehn Länder.
- Die Demokratische Republik Kongo kam allein auf einen Anteil von 69 % der weltweiten Produktion. Die nächstgrößeren vier Förderländer sind Indonesien (10 %), Australien (3%), Sambia und Russland (je 2 %).
- Die 10 größten Unternehmen vereinen 74 Prozent der Produktion auf sich.

## Preisentwicklung

Risikoklasse



Seit einem Preishoch von rund 81.800 US-Dollar pro Tonne (April 2022) gibt es in den vergangenen zwei Jahren wieder eine sinkende Tendenz beim Kobaltpreis.

- Preis August 2021: 51.571 US-Dollar pro Tonne
- Preis August 2024: 25.159 US-Dollar pro Tonne
- Rückgang um 51 %

## Substitutionsmöglichkeiten

Risikoklasse



Kobalt kann ohne deutliche Leistungseinbuße derzeit kaum substituiert werden. Im Batteriebereich zeichnet sich zunehmend die Marktfähigkeit von Alternativen zu Kobalt ab.

## 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



2023 wurden rund 22,3 Mio. Tonnen Kupfer gewonnen.

Bei Vorräten von rund 1 Mrd. Tonnen wäre die Produktion für weitere rund 45 Jahre gesichert.

## Abbauländer und Konzentration

Risikoklasse



- 79 % des Kupferabbaus fanden 2023 in zehn Ländern statt.
- Fünf Länder kamen zusammen auf einen Anteil von 60 %: Chile (24 %), Peru (12 %), die Demokratische Republik Kongo (11 %), China (8 %) und USA (5 %).
- Die größten zehn Unternehmen erreichen einen Anteil von 45 %.

## Preisentwicklung

Risikoklasse



In den vergangenen drei Jahren variierten die Preise für Kupfer bei uneinheitlicher Tendenz.

- Preis August 2021: 9.370 US-Dollar pro Tonne
- Preis August 2024: 8.972 US-Dollar pro Tonne
- Rückgang um 4 %

## 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 und allgemein den Ausbau der Elektrizitätsnetze.

## 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, Herstellung von Keramik und Glaswaren,  
Medizin, organische Chemie

## Vorräte und Verbrauch

Risikoklasse



2023 wurden 998.000 Tonnen Lithium gewonnen. Damit ist die Lithiumproduktion innerhalb von 10 Jahren um rund 300 Prozent gestiegen.

Lithium kann bei bestehenden Reserven von rund 28 Mio. Tonnen noch rund 28 Jahre abgebaut werden.

## Abbauländer und Konzentration

Risikoklasse



- 85 % des Lithiumabbaus wurden 2023 von drei Ländern geleistet.
- In fünf Ländern wurden 95 % des Lithiums gewonnen: Australien (47 %), Chile (24 %), China (15 %), Argentinien (5 %) und Simbabwe (4 %).
- Der Weltmarktanteil der Top-10-Unternehmen liegt bei rund 82 %.

## Preisentwicklung

Risikoklasse



Die Lithiumpreise verzeichneten vorerst einen extremen Anstieg mit einer vorläufigen Preisspitze von über 68.000 US-Dollar pro Tonne Ende 2022. Anschließend sanken sie wieder stark ab.

- Preis pro Tonne August 2021: 13.154 US-Dollar
- Preis pro Tonne August 2024: 11.029 US-Dollar
- Rückgang von 16 %

## Substitutionsmöglichkeiten

Risikoklasse



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

## Zukunftsrelevanz

Risikoklasse



- Im Bereich der Elektromobilität derzeit nicht zu ersetzen.
- Alternative Technologien zur Lithium-Ionen-Batterie werden erforscht und bei stationären Speichern genutzt.
- Im Mobilitätsbereich eventuell mittelfristig auch Ersatz durch Brennstoffzelle, E-Fuels oder Natrium-Ionen-Batterien.

## Politische Risiken

Risikoklasse



- Zunehmende Umweltrisiken in der Förderung.
- Bedeutende zukünftig relevante Vorkommen von Lithium(-sole) liegen in Bolivien, Kooperationen zur Förderung sind bislang gescheitert.
- Leicht risikomildernd wirkt, dass der Rohstoff auch in risikoärmeren Ländern (z. B. Australien, Chile, Argentinien) vorhanden ist.
- Die Weiterverarbeitung erfolgt oft in China.

# 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



2022 wurden rund 955.800 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 2022 auf weniger als zehn Länder.
- Fünf Länder erreichten gemeinsam einen Anteil von über 99 %: China (93 %), Israel, Brasilien, Russland (je 2 %) und die Türkei (0.5 %).
- Die Unternehmenskonzentration kann nicht bestimmt werden.

## Preisentwicklung

Risikoklasse



Die Preisentwicklung und die Preisschwankungen waren bei Magnesium stärker ausgeprägt als bei anderen Rohstoffen. Besonders hoch waren die Preise zwischen September 2021 und Januar 2022, seitdem sinken sie kontinuierlich.

- Preis August 2021: 3.595 US-Dollar pro Tonne
- Preis August 2024: 2.520 US-Dollar pro Tonne
- Rückgang von 30 %

## 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.
- Möglicher zukünftiger Einsatz in Batteriespeichertechnologien.

## Politische Risiken

Risikoklasse



- Die Produktion ist derzeit zu über 90 % in China konzentriert, das im August 2022 weitgehende Exportbeschränkungen verfügt hat.
- 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

2022 wurden rund 53,8 Mio. Tonnen Mangan produziert.

Die Vorräte belaufen sich auf über 1,9 Mrd. Tonnen. Das heutige Produktionsniveau ließe sich damit rund 35 Jahre aufrechterhalten.

## Abbauländer und Konzentration

Risikoklasse

- 2022 vereinigten zehn Länder 94 % der Manganproduktion auf sich.
- Fünf Länder erreichten gemeinsam einen Anteil von 81 %: Südafrika (35 %), Gabun (19 %), Australien (12 %), China (9 %) und Ghana (6 %).
- Die Top-10-Unternehmen kommen auf einen Marktanteil von 57 %.

## Preisentwicklung

Risikoklasse

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

- Preis August 2021: 5,11 US-Dollar pro Tonne Mangan-Erz
- Preis August 2024: 4,62 US-Dollar pro Tonne Mangan-Erz
- Rückgang von 9 %

## Substitutionsmöglichkeiten

Risikoklasse

Mangan kann bislang kaum 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



2023 wurden 306.000 Tonnen Molybdän hergestellt.

Die Vorräte von rund 15 Mio. Tonnen reichen für eine unveränderte Produktion von weiteren 49 Jahren aus.

## Abbauländer und Konzentration

Risikoklasse



- 97 % der Molybdänproduktion konzentrierten sich 2023 auf zehn Länder.
- Fünf Länder erreichten gemeinsam einen Anteil von 91 %: China (44 %), Chile (18 %), USA und Peru (je 13 %), sowie Mexiko (3 %).
- Die Top-10-Unternehmen kommen auf einen Marktanteil von rund 57 %.

## Preisentwicklung

Risikoklasse



Nach einem vorübergehenden Preishoch zum Jahresbeginn 2023 befinden sich die Preise seitdem wieder auf einem niedrigeren Niveau, das aber höher ausfällt als im Jahr 2022.

- Preis August 2021: 56,06 USD pro kg
- Preis August 2024: 66,65 USD pro kg
- Anstieg von 19 %

## 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, Chile 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



2023 wurden 3,5 Mio. Tonnen Nickel hergestellt.

Die Vorräte von rund 130 Mio. Tonnen decken eine unveränderte Produktion von weiteren 37 Jahren.

## Abbauländer und Konzentration

Risikoklasse



- 93 % der Nickelförderung fanden 2023 in zehn Ländern statt.
- Rund 81 % der Nickelförderung wurden in fünf Ländern erbracht: Indonesien (53 %), Philippinen (10 %), Russland und Neu-Kaledonien (je 6 %), sowie Australien (5 %).
- Die Top-10-Unternehmen kommen auf einen Marktanteil von 57 %.

## Preisentwicklung

Risikoklasse



Nach kurzfristigen Preishochs im Frühjahr 2022 und zum Jahreswechsel 2022/23 sank der Nickelpreis in den vergangenen Jahren wieder, die Volatilität war durchschnittlich.

- Preis August 2021: 19.141 US-Dollar pro Tonne
- Preis August 2024: 16.292 US-Dollar pro Tonne
- Rückgang von 15 %

## Substitutionsmöglichkeiten

Risikoklasse



- Rund 16 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 höhere politische Risiken, die sich aus der Expertenbewertung ergeben.
- Indonesien begrenzt die Ausfuhren von unverarbeitetem Nickelerz.

## 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



2021 wurden 87.570 Tonnen Niob gefördert.

Die Vorräte von rund 17 Mio. Tonnen reichen für eine unveränderte Produktion von weiteren rund 194 Jahren.

### Abbauländer und Konzentration

Risikoklasse



- Die Förderung von Niob war 2021 auf sehr wenige Länder konzentriert.
- 90 % der Niobförderung wurden in Brasilien erbracht. Kanada (9 %) ist das einzige weitere Land mit mehr als 1 % Anteil an der Weltproduktion.

### Preisentwicklung

Risikoklasse



Das Preisniveau von Niob stieg in den vergangenen drei Jahren mit einigen Preisschwankungen an.

- Preis August 2021: 28,24 US-Dollar pro Kilogramm
- Preis August 2024: 39,33 US-Dollar pro Kilogramm
- Anstieg von 39 %

### Substitutionsmöglichkeiten

Risikoklasse



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

### Zukunftsrelevanz

Risikoklasse



Als Legierungszusatz 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



- Die starke Konzentration auf ein einziges Schwellenland erhöht die Unsicherheit.
- Die politischen Risiken in Brasilien sind relativ hoch.



# TANTAL



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

Einsatzfelder:  
Produktion von mikroelektronischen Kondensatoren,  
Radiofrequenz-Mikrochips,  
Medizintechnik zur Herstellung von Instrumenten und Implantaten,  
im chemischen Apparatebau, Herstellung von Karbiden und Superlegierungen

Risikoklasse (3er-Skala)

## Vorräte und Verbrauch

Risikoklasse



2023 wurden rund 2.400 Tonnen Tantal produziert.

Bei unveränderter Produktion reichen die Vorräte in Höhe von rund 390.000 Tonnen für weitere rund 163 Jahre.

## Abbauländer und Konzentration

Risikoklasse



- Zehn Länder vereinigten 2023 insgesamt 93 % der Förderung von Tantal auf sich.
- Fünf Länder kontrollierten rund 85 % der Tantalförderung: die Demokratische Republik Kongo (41 %), Ruanda (22 %), Brasilien (15 %), sowie Nigeria (5 %) und China (3 %).

## Preisentwicklung

Risikoklasse



Der Preis von Tantal fiel seit März 2023 in Wellen ab. Die Volatilität war unterdurchschnittlich.

- Preis August 2021: 181 US-Dollar pro Kilogramm
- Preis August 2024: 164 US-Dollar pro Kilogramm
- Rückgang um 9 %

## 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 bergen 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



2022 wurden rund 17,5 Mio. Tonnen Titan hergestellt.

Bei unveränderter Produktion reichen die Vorräte der wichtigsten Erze Ilmenit und Rutil in Höhe von rund 750 Mio. Tonnen für rund 43 Jahre aus.

## Abbauländer und Konzentration

Risikoklasse



- 92 % der Förderung der Titan-Erze Ilmenit und Rutil konzentrierte sich 2022 auf zehn Länder.
- Aus fünf Ländern stammten rund 76 % der geförderterten Erze: China (36 %), Südafrika (16 %), Mosambik (15 %), Australien (5 %) und Kanada (5 %).

## Preisentwicklung

Risikoklasse



Im Februar 2022 kam es zu einem starken Preisanstieg. Seitdem sanken die Preise kontinuierlich bis unter das vorherige Niveau ab. Die Volatilität ist daher sehr hoch.

- Preis August 2021: 4,85 US-Dollar pro Kilogramm
- Preis August 2024: 4,32 US-Dollar pro Kilogramm
- Rückgang um 11 %

## Substitutionsmöglichkeiten

Risikoklasse



- Titan kann aus Recyclingmaterial hergestellt werden, die Angaben zu dessen Einsatz in der EU schwanken stark zwischen 20 % und 1 %.
- 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



Derzeit kein Einsatz strategischer Industriepolitik zu beobachten, aber hohe Konzentration in China 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

2022 wurden rund 99.300 Tonnen Wolfram produziert.

Bei unveränderter Produktion reichen die Vorräte von rund 4,4 Mio. Tonnen für rund 44 Jahre aus.

## Abbauländer und Konzentration

Risikoklasse

- Die Förderung von Wolfram konzentrierte sich 2022 zu 99 % auf zehn Länder.
- Rund 96 % der Produktion wurden in fünf Ländern geleistet: China (76 %), Vietnam (16 %), Russland (2 %), Ruanda (2 %) und Bolivien (1 %).

## Preisentwicklung

Risikoklasse

Von August 2021 bis April 2022 stieg der Wolframpreis stark an und verharrt seitdem auf hohem Niveau. Die Volatilität lag deutlich unter dem Marktdurchschnitt.

- Preis August 2021: 284 US-Dollar pro Tonne
- Preis August 2024: 337 US-Dollar pro Tonne
- Anstieg von 19 %

## Substitutionsmöglichkeiten

Risikoklasse

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

## Zukunftsrelevanz

Risikoklasse

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



2023 wurden rund 13 Mio. Tonnen Zink produziert.

Mit Vorräten von rund 220 Mio. Tonnen kann die Produktion für 17 Jahre unverändert fortgesetzt werden.

## Abbauländer und Konzentration

Risikoklasse



- Die Förderung von Zink konzentrierte sich 2023 zu 83 % auf zehn Länder.
- In fünf Ländern wurden 65 % der Produktion erbracht: China (30 %), Peru (12 %), Australien (9 %), Mexiko (8 %) und Indien (7 %).
- Die Top-10-Unternehmen erreichen zusammen einen Marktanteil 43 %.

## Preisentwicklung

Risikoklasse



Die Preise liegen im Jahr 2024 auf einem niedrigeren Niveau als im Jahr 2021. Die Volatilität fiel in den letzten drei Jahren moderat aus.

- Preis August 2021: 2.988 US-Dollar pro Tonne
- Preis August 2024: 2.714 US-Dollar pro Tonne
- Rückgang um 9 %

## Substitutionsmöglichkeiten

Risikoklasse



- Über 30 % des in der EU verarbeiteten Zinks stammt aus Recyclingmaterial, das in der EU gewonnen wurde.
- Es kann nur in bestimmten Verwendungen durch andere Stoffe wie Aluminium, Plastik, Stahl oder Magnesium ersetzt werden.

## Zukunftsrelevanz

Risikoklasse



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

## Politische Risiken

Risikoklasse



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

# ZINN



Risikoklasse (3er-Skala)

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

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

## Vorräte und Verbrauch

Risikoklasse



2022 wurden rund 273.500 Tonnen Zinn gefördert.

Mit Vorräten von rund 4,3 Mio. Tonnen kann die Produktion für knapp 16 Jahre unverändert fortgesetzt werden.

## Abbauländer und Konzentration

Risikoklasse



- 96 % der Zinnproduktion konzentrierten sich 2022 auf zehn Länder.
- 77 % der Zinnproduktion stammten aus fünf Ländern: China (25 %), Indonesien (21 %), Myanmar (15 %), Peru (10 %) und Bolivien (6 %).
- Es gibt nur acht Firmen, die über nennenswerte Anteile der weltweiten Produktion verfügen.

## Preisentwicklung

Risikoklasse



Bis Februar 2022 stiegen die Preise stark an, sanken dann jedoch im Verlauf des Jahres. Seit Ende 2022 steigen sie wieder. Die Volatilität lag etwa im Marktdurchschnitt.

- Preis August 2021: 35.024 US-Dollar pro Tonne
- Preis August 2024: 31.492 US-Dollar pro Tonne
- Rückgang um 10 %

## Substitutionsmöglichkeiten

Risikoklasse



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

## Zukunftsrelevanz

Risikoklasse



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

## Politische Risiken

Risikoklasse



- China und Indonesien sind die wichtigsten Lieferanten.
- 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



2022 wurden rund 1,4 Mio. Tonnen Zirkon produziert.

Mit Vorräten von rund 74 Mio. Tonnen kann die Produktion für 52 Jahre unverändert fortgesetzt werden.

## Abbauländer und Konzentration

Risikoklasse



- 2022 entfielen 97 % der Zirkonförderung auf zehn Länder.
- Fünf Länder erbrachten 79 % der Zirkonproduktion: Australien (35 %), Südafrika (23 %), Mosambik, die USA und Indonesien (je 7 %).
- Wenige Unternehmen kontrollieren den gesamten weltweiten Zirkon-Abbau.

## Preisentwicklung

Risikoklasse



Im Drei-Jahres-Zeitraum stieg der Preis bis Ende des Jahres 2022 an, seitdem geht er wieder leicht zurück. Die Volatilität war unterdurchschnittlich.

- Preis August 2021: 1.450 US-Dollar pro Tonne
- Preis August 2024: 1.850 US-Dollar pro Tonne
- Anstieg von 28 %

## 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

Bedeutung für Bayern: Niedrig



Risikoklasse (3er-Skala)

Einsatzfelder:  
Schmuckwaren, Zahlungsmittel,  
Zahntechnik, Elektroindustrie

## Vorräte und Verbrauch

Risikoklasse



2023 wurden rund 3.200 Tonnen Gold gefördert.

Bei Vorräten von 59.000 Tonnen ergibt sich eine gesicherte Versorgung für rund 19 Jahre.

## Abbauländer und Konzentration

Risikoklasse



- 2023 entfielen 60 % der Goldförderung auf zehn Länder.
- Fünf Länder erbrachten rund 43 % der Goldproduktion: China (12 %), Russland (10 %), Australien (9 %), Kanada (6 %) und USA (5 %).
- Auf die Top-10-Unternehmen entfällt ein gemeinsamer Marktanteil von rund 40 %.

## Preisentwicklung

Risikoklasse



Der Preis stieg in den letzten Jahren kontinuierlich an, die Preisschwankungen waren geringer als im Marktdurchschnitt.

- Preis August 2021: 1.785 US-Dollar pro Feinunze
- Preis August 2024: 2.470 US-Dollar pro Feinunze
- Anstieg von 38 %

## 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



2023 wurden rund 218 Tonnen Palladium produziert.

Die Vorräte von 45.900 Tonnen (bzw. 71.000 Tonnen für die Platingruppenmetalle insgesamt) resultieren in einer gesicherten Versorgung für mehr als 200 Jahre.

## Abbauländer und Konzentration

Risikoklasse



- Die gesamte Palladiumförderung 2023 fand in weniger als zehn Ländern statt.
- 85 % der Förderung konzentrierten sich 2023 auf drei Länder, 98 % auf die fünf größten Förderländer: Südafrika (39 %), Russland (36 %) USA (9 %), Kanada (7 %), und Simbabwe (6 %).
- Auf die Top-10-Unternehmen entfällt ein gemeinsamer Marktanteil von 94 %.

## Preisentwicklung

Risikoklasse



Der Preis von Palladium ist in den letzten Jahren deutlich gefallen, die Volatilität war höher als im Marktdurchschnitt.

- Preis August 2021: 2.539 US-Dollar pro Feinunze
- Preis August 2024: 932 US-Dollar pro Feinunze
- Rückgang um 63 %

## Substitutionsmöglichkeiten

Risikoklasse



- Palladium kann teilweise durch Platin ersetzt werden, das jedoch ebenfalls selten ist.
- Das große Problem ist, dass die Platingruppenmetalle nur untereinander austauschbar sind.
- Knapp 10 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

2023 wurden rund 203 Tonnen Platin produziert.

Die Vorräte von 20.900 Tonnen (bzw. 71.000 Tonnen für die Platingruppenmetalle insgesamt) resultieren in einer gesicherten Versorgung für 103 Jahre.

## Abbauländer und Konzentration

Risikoklasse

- Die gesamte Platinförderung 2023 konzentriert sich auf wenige Länder.
- 92 % der Förderung konzentrierten sich 2023 auf drei Länder, 97 % auf die fünf größten Förderländer: Südafrika (73 %), Russland (10 %), Simbabwe (8 %), USA (3 %) und Kanada (2 %).
- Auf die Top-10-Unternehmen entfällt ein gemeinsamer Marktanteil von 91 %.

## Preisentwicklung

Risikoklasse

Leicht sinkende Preise und geringe Preisschwankungen führten zu einem niedrigen Preisrisiko.

- Preis August 2021: 1.009 US-Dollar pro Feinunze
- Preis August 2024: 945 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 11 % des in der EU verwendeten Platins stammt aus Recycling innerhalb der EU.

## Zukunftsrelevanz

Risikoklasse

- Hauptverwendung von Platin ist zwar der Einsatz als Katalysator, aber der Bedarf wird vor allem in der Brennstoffzellentechnik und bei Elektrolyseuren 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



2023 wurden rund 23 Tonnen Rhodium produziert.

Die Vorräte von 4.200 Tonnen (bzw. 71.000 Tonnen für die Platingruppenmetalle insgesamt) resultieren in einer gesicherten Versorgung für 184 Jahre.

## Abbauländer und Konzentration

Risikoklasse



- Die gesamte Rhodiumförderung 2023 fand in weniger als zehn Ländern statt.
- Fast die gesamte Förderung entfiel auf die fünf größten Förderländer: Südafrika (83 %), Russland (8 %), Simbabwe (6 %), Kanada (2 %) und die USA (0,4 %).
- Auf die Top-10-Unternehmen entfällt ein gemeinsamer Marktanteil von 91 %.

## Preisentwicklung

Risikoklasse



Wegen der hohen Volatilität werden die Preisrisiken bei Rhodium trotz des Preisrückgangs als hoch eingeschätzt.

- Preis August 2021: 18.399 US-Dollar pro Feinunze
- Preis August 2024: 4.696 US-Dollar pro Feinunze
- Ein Rückgang um 74 %

## 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 Rhodium.
- Hohe Zukunftsrelevanz und wechselseitige Substitutionsbeziehungen der Platingruppenmetalle erhöhen Risiko.

# SILBER

Bedeutung für Bayern: **Niedrig**



Risikoklasse (3er-Skala)

Einsatzfelder:

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

## Vorräte und Verbrauch

Risikoklasse



2023 wurden rund 26.500 Tonnen Silber gefördert.

Bei Vorräten von 610.000 Tonnen ist eine unveränderte Produktion für 23 Jahre gewährleistet.

## Abbauländer und Konzentration

Risikoklasse



- 82 % der Silberförderung konzentrierten sich auf zehn Länder.
- Fünf Länder erbrachten rund 62 % der Produktion: Mexiko (24 %), China (14 %), Peru (11 %), Chile (8 %) und Russland (6 %).
- Auf die Top-10-Unternehmen entfällt ein gemeinsamer Marktanteil von 36 %.

## Preisentwicklung

Risikoklasse



In den letzten drei Jahren ist der Silberpreis etwas angestiegen, vor allem im Frühjahr 2024. Dabei kam es nur zu unterdurchschnittlichen Schwankungen.

- Preis August 2021: 23,99 US-Dollar pro Feinunze
- Preis August 2024: 28,53 US-Dollar pro Feinunze
- Rückgang um 19 %

## 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

Bedeutung für Bayern: Niedrig



Risikoklasse (3er-Skala)

Einsatzfelder:

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

## Vorräte und Verbrauch

Risikoklasse



2022 wurden rund 7 Mio. Tonnen Baryt produziert.

Bei Vorräten von 278 Mio. Tonnen kann Baryt für knapp 40 Jahre unverändert gefördert werden.

## Abbauländer und Konzentration

Risikoklasse



- Zehn Länder erbrachten rund 92 % der Barytförderung.
- Auf fünf Länder entfielen 75 % der Produktion: China (27 %), Indien (21 %), Marokko (12 %), Kasachstan und Mexico (je 7 %).

## 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 Anodenrohren 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



2022 wurden rund 19,1 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 87 % der Bentonitförderung.
- Auf fünf Länder entfielen 72 % der Produktion: USA (24 %), Indien (18 %), Türkei (12 %), China (11 %) und Griechenland (7 %).

## 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



2022 wurden rund 37,2 Mio. Tonnen Feldspat gefördert.

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

## Abbauländer und Konzentration

Risikoklasse



- 85 % der Förderung von Feldspat erfolgten 2022 in zehn Ländern.
- Auf fünf Länder entfielen 73 % der Produktion: Türkei (40 %), Indien (12 %), Iran (9 %), China und Italien (je 6 %).

## 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



Risikoklasse (3er-Skala)

Bedeutung für Bayern: Mittel

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

2022 wurden rund 8,3 Mio. Tonnen Fluorit produziert.

Vorräte von 280 Mio. Tonnen erlauben eine unveränderte Förderung von Fluorit für weitere 34 Jahre.

## Abbauländer und Konzentration

Risikoklasse

- Zehn Länder erbrachten rund 98 % der Fluoritförderung.
- Auf fünf Länder entfielen 91 % der Produktion: China (69 %), Mexiko (12 %), Südafrika (5 %), Vietnam (3 %) und Spanien (2 %).

## Preisentwicklung

Risikoklasse

In den vergangenen drei Jahren stiegen die Fluoritpreise immer wieder an. Die Volatilität war gering.

- Preis August 2021: 406 US-Dollar pro Tonne
- Preis August 2024: 628 US-Dollar pro Tonne
- Anstieg von 54 %

## 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



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



2022 wurden rund 170 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 67 % der Produktion von Gips und Anhydrit.
- Auf fünf Länder entfielen 45 % der Produktion: USA (13 %), Iran (11 %), Spanien (8 %), China (7 %) und Türkei (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



2022 wurden rund 304.900 Tonnen Glimmer abgebaut.

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

## Abbauländer und Konzentration

Risikoklasse



- Zehn Länder verantworteten rund 94 % der Produktion von Glimmer.
- Auf die Top-5-Länder entfallen 75 % der Produktion: China (28 %), Madagaskar (17 %), USA (14 %), Marokko (9 %) und Südkorea (8 %).

## 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



2022 wurden rund 1,44 Mio. Tonnen Graphit abgebaut.

Die Vorräte an Graphit werden auf rund 280 Mio. Tonnen veranschlagt. Bei unveränderter Produktion reichen sie für rund 195 Jahre.

## Abbauländer und Konzentration

Risikoklasse



- 98 % des Graphitabbaus waren auf zehn Länder verteilt.
- 90 % der Produktion entfielen auf fünf Länder: China (59 %), Mosambik (12 %), Madagaskar (8 %), Indien und Brasilien (je 6 %).

## Preisentwicklung

Risikoklasse



Mit leichten Schwankungen blieben die Graphitpreise in den letzten drei Jahren einigermaßen stabil. Die Volatilität war etwas geringer als bei anderen Rohstoffen.

- Preis August 2021: 1.153 US-Dollar pro Tonne
- Preis August 2024: 1.250 US-Dollar pro Tonne
- Anstieg von 8 %

## Substitutionsmöglichkeiten

Risikoklasse



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

## Zukunftsrelevanz

Risikoklasse



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

## Politische Risiken

Risikoklasse



- China stellt fast zwei Drittel der Weltproduktion her. Auch die weiteren Produzenten gehören zu den Hoch-Risiko-Ländern.
- Besonders von China droht eine strategische Verknappung des Rohstoffes.

# KALISALZ



Risikoklasse (3er-Skala)

Bedeutung für Bayern: Mittel

Einsatzfelder:  
Düngemittel, Industriechemikalie,  
Herstellung von Kalium und seinen Verbindungen

## Vorräte und Verbrauch

Risikoklasse



2022 wurden rund 43,1 Mio. Tonnen Kalisalz produziert.

Bei Vorräten von rund 3,6 Mrd. Tonnen ist eine unveränderte Produktion für weitere rund 84 Jahre gesichert.

## Abbauländer und Konzentration

Risikoklasse



- In zehn Ländern konzentrierten sich 98 % der Gewinnung von Kalisalz.
- 81 % der Produktion entfielen auf fünf Länder: Kanada (34 %), Russland (17 %), China (14 %), Weißrussland (9 %) und Deutschland (6 %).
- Auf die Top 5 Unternehmen entfällt ein Marktanteil von 89 %.

## Preisentwicklung

Risikoklasse



Bis April 2022 stiegen die Preise an, seitdem fallen sie kontinuierlich. Dabei war die Volatilität sehr hoch.

- Preis August 2021: 695 US-Dollar pro Tonne
- Preis August 2024: 294 US-Dollar pro Tonne
- Rückgang von 58 %

## Substitutionsmöglichkeiten

Risikoklasse



Kalisalz kann nicht durch andere Stoffe ersetzt werden. Veränderungen in der landwirtschaftlichen Praxis können aber die Verwendung kaliumbasierter Düngemittel ersetzen.

## 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

<p><b>Vorräte und Verbrauch</b> Risikoklasse <span style="color: green;">■</span></p>  <p>2022 wurden rund 29,5 Mio. Tonnen Kaolin gewonnen.</p> <p>Die Vorräte sind als nahezu unbegrenzt anzusehen.</p>	<p><b>Abbauländer und Konzentration</b> Risikoklasse <span style="color: orange;">■</span></p>  <ul style="list-style-type: none"> <li>– 80 % der Produktion von Kaolin wurden in zehn Ländern erbracht.</li> <li>– Auf fünf Länder konzentrierten sich 64 % der Produktion: China (29 %), USA (16 %), Türkei (8 %), Iran (7 %) und Russland (5 %).</li> </ul>
<p><b>Preisentwicklung</b> Risikoklasse <span style="color: green;">■</span></p>  <p>Die Datenlage ist intransparent. Aufgrund von Expertenschätzungen wird Kaolin aber in eine niedrige Risikoklasse eingestuft.</p>	<p><b>Substitutionsmöglichkeiten</b> Risikoklasse <span style="color: orange;">■</span></p>  <p>In einigen Verwendungen kann Kaolin unter anderem durch Talk, Baryt, Kalkstein, Diatomit, Glimmer, Zeolithe oder Pyrophyllit ersetzt werden.</p>
<p><b>Zukunftsrelevanz</b> Risikoklasse <span style="color: orange;">■</span></p>  <p>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.</p>	<p><b>Politische Risiken</b> Risikoklasse <span style="color: orange;">■</span></p>  <p>Die großen weltweiten Vorkommen vermindern das Risiko eines strategischen Einsatzes. Die breite Verwendung und Zukunftsrelevanz erhöht die Gefahren.</p>

# PHOSPHATE

Bedeutung für Bayern: Mittel



Risikoklasse (3er-Skala)

Einsatzfelder:

Herstellung von Düngemittel und Phosphorsäure

## Vorräte und Verbrauch

Risikoklasse



2022 wurden rund 222,1 Mio. Tonnen Phosphate gewonnen.

Die Vorräte werden auf rund 74 Mrd. Tonnen geschätzt, so dass eine unveränderte Produktion von gut 300 Jahren gesichert ist.

## Abbauländer und Konzentration

Risikoklasse



- Phosphate werden zu 90 % der weltweiten Produktion in zehn Ländern gewonnen.
- Auf fünf Länder konzentrierten sich rund 76 % der Produktion: China (42 %), Marokko (14 %), USA (9 %), Russland (6 %) und Jordanien (5 %).

## Preisentwicklung

Risikoklasse



Der Phosphatpreis stieg bis Ende 2023 an, dann brach er ein und ist seitdem auf konstantem Niveau. Insgesamt ergibt sich eine überdurchschnittliche Volatilität.

- Preis August 2021: 137 US-Dollar pro Tonne
- Preis August 2024: 153 US-Dollar pro Tonne
- Anstieg von 11 %

## 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:

In der Glasindustrie und als Formmedium in Gießereien,  
Herstellung von Keramik und Glasfasern

## Vorräte und Verbrauch

Risikoklasse



Die jährliche Produktion von Quarzsanden belief sich 2022 auf rund 359 Mio. Tonnen.

Die Vorräte sind als nahezu unbegrenzt anzusehen.

## Abbauländer und Konzentration

Risikoklasse



- Rund 81 % der Quarzsandproduktion wurde 2022 in zehn Ländern erbracht.
- Die fünf größten Produzenten waren die USA (32 %), China (24 %), Frankreich, Italien und die Türkei (je 4 %). Auf sie entfielen 68 % der weltweiten Produktion.

## 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 nur in geeigneten Anwendungen durch Altglas möglich. In Gießereien können Altsande aufbereitet werden. In Form von Quarzkies wichtig als Ausgangsstoff für die Siliziumproduktion.

## 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 2022 wurden rund 81,8 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 82 % der Schwefelproduktion fielen 2022 in zehn Ländern an.
- Fünf Länder erzeugten 59 % des Schwefels: China (23 %), USA (11 %), Russland und Saudi-Arabien (je 9 %), sowie die Vereinigten Arabischen Emirate (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 2022 wurden schätzungsweise 281 Mio. Tonnen Salz (auch Meersalz) gewonnen.

Die Vorräte sind als unbegrenzt anzusehen.

## Abbauländer und Konzentration

Risikoklasse



- Rund 73 % der Salzproduktion fielen in zehn Ländern an.
- Fünf Länder erzeugten fast 55 % des Salzes: China (19 %), USA (15 %), Indien (9 %), Deutschland und Bangladesch (je 6 %).

## 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.
- Potenzial im Einsatz von Natrium-Ionen-Batterien.

## Politische Risiken

Risikoklasse



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



# ZEMENT



Risikoklasse (3er-Skala)

Bedeutung für Bayern: Hoch

Einsatzfelder:  
Infrastrukturprojekte, Bau

## Vorräte und Verbrauch

Risikoklasse



Im Jahr 2022 wurden rund 4,1 Mrd. Tonnen Zement produziert.

Die Vorräte sind als nahezu unbegrenzt anzusehen.

## Abbauländer und Konzentration

Risikoklasse



- 75 % der Zementproduktion erfolgten in zehn Ländern.
- In fünf Ländern wurden 67 % des Zements weltweit produziert: China (51 %), Indien (9 %), Vietnam (3 %), sowie in den USA und in der Türkei (je 2 %).

## Preisentwicklung

Risikoklasse



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

## 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



2023 wurden rund 353.000 Tonnen Seltene Erden gewonnen.

Die Vorräte an Seltenen Erden insgesamt werden auf 110 Mio. Tonnen geschätzt. Die Produktion wäre demnach für mehrere 100 Jahre gesichert. Dies gilt jedoch nicht für jedes einzelne Element. Wegen der geringen Konzentration werden einige Elemente nur als Nebenprodukt gewonnen.

### Abbauländer und Konzentration

Risikoklasse



- Die gesamte Produktion konzentrierte sich auf rund zehn Länder.
- In fünf Ländern wurden gut 98 % der Seltenerdmetalle gewonnen: China (68 %), USA (12 %), Myanmar (11 %), Australien (5 %) und Thailand (2 %).

### Preisentwicklung

Risikoklasse



Die Preisrisiken und -volatilitäten waren in den letzten drei Jahren heterogen. Bei allen drei Rohstoffen sanken die Preise.

- Preise August 2021:  
5.850 CNY/kg (Scandium), 37 US-Dollar/kg (Yttrium), 119 US-Dollar/kg (Neodym)
- Preise August 2024:  
4.557 CNY/kg (Scandium), 29 US-Dollar/kg (Yttrium), 67 US-Dollar /kg (Neodym)
- Veränderung: –44 % bis –22 %

### Substitutionsmöglichkeiten

Risikoklasse



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

### Zukunftsrelevanz

Risikoklasse



Seltenerdmetalle werden für moderne und effiziente Leuchtstoffe, 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.

\* Die Seltenerdmetalle werden in diesem Steckbrief summarisch betrachtet.

## SPEZIALMETALLE (INDIUM, GERMANIUM, GALLIUM, SELEN\*)



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

Risikoklasse (3er-Skala)

Einsatzfelder:

notwendige Kleinmengen etwa für die Herstellung von  
Radiofrequenz-Mikrochips, Flachbildschirmen, Leuchtdioden, Solarzellen oder Halbleitern  
Polymerisationskatalysator in der  
Polyethylenterephthalat (PET)-Herstellung (Germanium)

### Vorräte und Verbrauch

Risikoklasse

2023 wurden insgesamt rund 5.200 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 auf jeweils maximal zehn Länder, bei Selen auf unter 20 Länder.
- Bei Gallium und Germanium kommt China jeweils auf Anteile von über 90 %, bei Indium von über 70 %. Selen wird zu 36 % in China, 21 % in Japan, 10 % in Russland und je 5 % in Belgien und Deutschland raffiniert.

### Preisentwicklung

Risikoklasse

Die Preise aller Spezialmetalle stiegen in den letzten Jahren. Indium und Gallium wiesen dabei eine leicht überdurchschnittliche Volatilität auf, Germanium und Selen eine unterdurchschnittliche.

- Preise August 2021 (in US-Dollar/kg):  
197 (In), 843 (Ge), 299 (Ga), 24 (Se)
- Preise August 2024 (in US-Dollar/kg):  
419 (In), 1.519 (Ge), 443 (Ga), 45 (Se)
- Veränderung: +48 % bis +112 %

### 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.

\* Die Spezialmetalle werden in diesem Steckbrief summarisch betrachtet.

## Anhang – Gegenüberstellung kritischer Rohstoffe nach European Critical Raw Materials Act und Rohstoff-Risiko-Index

Publikation	Rohstoffe
<b>Kritische Rohstoffe nach ECRMA</b>	Aluminium/Bauxit/Aluminiumoxid*, Antimon, Arsen, Baryt, Beryllium, Bismut*, Bor*, Feldspat, Flussspat, Gallium*, Germanium*, Hafnium, Helium, Kobalt*, Kokskohle, Kupfer*, Leichte Seltene Erden**, Lithium*, Magnesium, Mangan*, Metalle der Platingruppe*, Natürlicher Grafit*, Nickel*, Niob, Phosphor, Phosphorit, Tantal, Titanmetall*, Scandium, Schwere Seltene Erden**, Siliciummetall*, Strontium, Vanadium, Wolfram*
<b>Kritische Rohstoffe im Rohstoff-Risiko-Index</b>	Aluminium, Chrom, Fluorit, Gallium, Germanium, Graphit, Indium, Kalisalz, Kobalt, Kupfer, Lithium, Magnesium, Mangan, Molybdän, Neodym, Nickel, Niob, Palladium, Phosphate, Platin, Rhodium, Scandium, Selen, Seltene Erden (insgesamt), Tantal, Titan, Wolfram, Yttrium, Zinn

\* Gleichzeitig strategische Rohstoffe

\*\* Dazu strategische Rohstoffe unter den schweren Seltenen Erden und den leichten Seltenen Erden: Neodym, Praseodym, Terbium, Dysprosium, Gadolinium, Samarium und Cer

Unterschiede in den Listen ergeben sich unter anderem aus unterschiedlichen methodischen Ansätzen. Bei der Ermittlung kritischer Rohstoffe für den ECRMA wird beispielsweise das Angebotsrisiko der Rohstoffe auch über die europäischen Handelsbeziehungen abgedeckt, während im Rohstoff-Risiko-Index das Angebotsrisiko über die Konzentration der Bergwerksproduktion ermittelt wird.

Quelle: <https://www.consilium.europa.eu/de/infographics/critical-raw-materials/>

## Ansprechpartner/Impressum

---

### Dr. Peter Pfleger

Abteilung Wirtschaftspolitik

Telefon 089-551 78-253  
[peter.pfleger@vbw-bayern.de](mailto:peter.pfleger@vbw-bayern.de)

### Impressum

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

#### Herausgeber

**vbw**  
Vereinigung der Bayerischen  
Wirtschaft e. V.

Max-Joseph-Straße 5  
80333 München

[www.vbw-bayern.de](http://www.vbw-bayern.de)

#### Weitere Beteiligte

Institut der deutschen Wirtschaft  
Consult GmbH

Cornelius Bähr  
Dr. Thorsten Lang  
Thomas Okos  
Iris Richter

0221 4981-758  
[baehr@iwkoeln.de](mailto:baehr@iwkoeln.de)  
[www.iwconsult.de](http://www.iwconsult.de)