

Rohstoffe und Ressourcen

Rohstoffsituation der bayerischen Wirtschaft

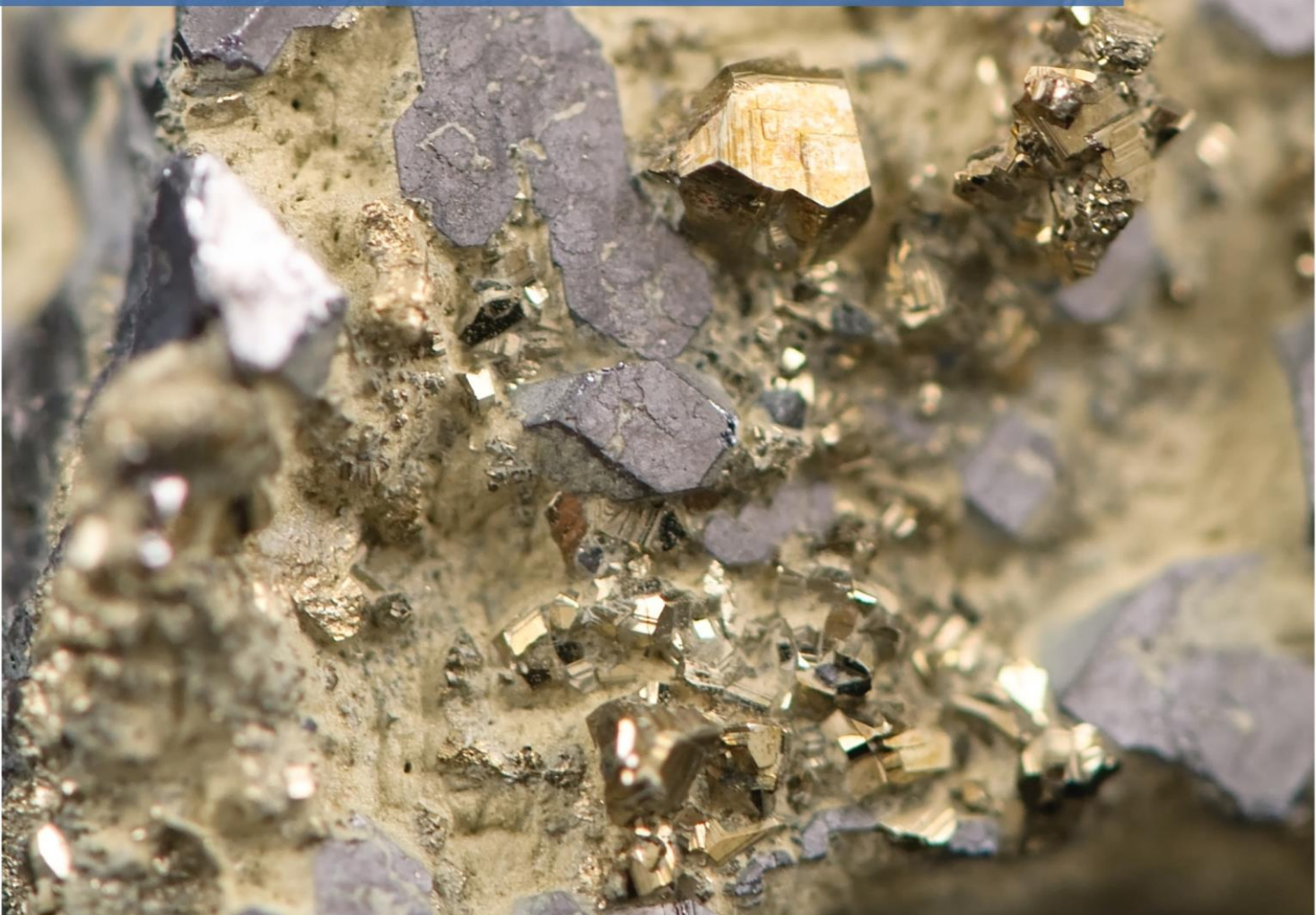
vbw

Studie

Stand: Dezember 2022

Eine vbw Studie, erstellt von IW Consult GmbH

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 oder 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 also 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. Zusätzlich sind in Zusammenarbeit mit der Wirtschaft zukunfts-feste Recyclingkonzepte zu entwickeln.

Die Neuauflage unserer Studie analysiert den aktuellen Stand in der Rohstoffversorgung. Sie illustriert an den Fallbeispielen Kupfer und Zement, welche Verschiebungen sich im Zuge des technologischen Wandels ergeben können und nennt entscheidende Weichenstellungen für eine sichere Rohstoffversorgung.

Bertram Brossardt
09. Dezember 2022

Inhalt

1	Wesentliche Ergebnisse	1
2	Die aktuelle Rohstoffsituation der deutschen Wirtschaft	3
3	Rohstoffe – Bedeutung und Risiken	5
3.1	Globales Wirtschaftswachstum erhöht Rohstoffnachfrage und -preise	6
3.2	Konjunktur- und Rohstoffzyklen führen zu Preisschwankungen	6
3.3	Die Rohstoffverfügbarkeit ist begrenzt	7
3.4	Steigende Grenzkosten des Rohstoffabbaus	8
3.5	Recycling als Antwort auf begrenzte Rohstoffvorkommen	9
3.6	Rohstoffvorkommen befinden sich häufig in Risikoländern	10
3.7	Rohstoffe sind Instrumente strategischer Industriepolitik	11
3.8	Preis- und Lieferkonditionen hängen von der Marktmacht einzelner Unternehmen ab	12
3.9	Große Bedeutung der Rohstoffe für Zukunftstechnologien	13
3.10	Substituierbarkeit von Rohstoffen nur begrenzt möglich	13
4	Ergebnisse des Rohstoff-Risiko-Index	14
4.1	Rote Gruppe	14
4.2	Orangefarbene Gruppe	21
4.3	Grüne Gruppe	24
4.4	Entwicklung der Rohstoff-Risiken im Zeitverlauf	26
4.5	Die Bedeutung Russlands und der Ukraine als Rohstoffproduzenten	28
5	Fallstudien	33
5.1	Kupfer: zentraler Rohstoff für die Elektrifizierung der Wirtschaft	33
5.1.1	Verwendung von Kupfer	33
5.1.2	Kupferversorgung	34
5.1.3	Ausblick auf die Kupferversorgung von morgen	39

5.1.4	Handlungsempfehlungen	46
5.2	Zement	47
5.2.1	Zementproduktion in Deutschland	47
5.2.2	Bedeutung der deutschen Zementbranche im internationalen Vergleich	53
5.2.3	Ausblick auf Nachfrage, Verbrauch und Rohstoffversorgung	54
5.2.4	Herausforderungen und Chancen der Branche durch Energiewende und Klimaneutralität	56
5.2.5	Handlungsempfehlungen	60
6	Deutsche und europäische Rohstoffpolitik	61
6.1	Die Rohstoffstrategie der Bundesregierung	61
6.2	Internationale Zusammenarbeit	63
6.3	Die Rohstoffstrategie der Europäischen Union	64
7	Fazit und Handlungsempfehlungen	66
7.1	Unternehmensebene	67
7.2	Interaktive Ebene	68
7.3	Staatliche Ebene	69
	Literaturverzeichnis	72
	Anhang – Aufbau des Rohstoff-Risiko-Index	75
	Anhang – Rohstoffsteckbriefe	79
	Ansprechpartner / Impressum	121

1 Wesentliche Ergebnisse

Vielfältige Risiken gefährden die Versorgungssicherheit für eine breite Auswahl von Rohstoffen

Für die industrielle Produktion und die damit verbundene Wertschöpfung und Beschäftigung stellt die gesicherte Rohstoffversorgung eine der zentralen Grundlagen dar. Auch alle Arten von Infrastruktur und die darauf basierenden Dienstleistungen setzen einen Rohstoffeinsatz voraus.

Ergebnisse des Rohstoff-Risiko-Index

Die Auswirkungen der Corona-Pandemie, gestörte Lieferketten und geopolitische Risiken prägen derzeit die ökonomische Entwicklung und bewirken eine große Unsicherheit. Daneben werden die Risiken der Rohstoffversorgung langfristig von einer Reihe weiterer Determinanten bestimmt. Im Rohstoff-Risiko-Index werden 45 metallische und mineralische Rohstoffe im Hinblick auf die verschiedenen Dimensionen des Versorgungsrisikos bewertet. Von 45 Rohstoffen im Index werden 27 als besonders riskant eingestuft – fünf mehr als im Vorjahr.

Die Bewertung der Länderrisiken und der Gefährdung durch strategische Industriepolitik haben gegenüber dem Vorjahr zugenommen. Die Preise sind in den letzten 3 Jahren bei höherer Volatilität stärker gestiegen als in der Vorjahresbetrachtung. Unter den als besonders kritisch eingestuften Rohstoffen sind die Anfälligkeit gegenüber einer strategischen Rohstoffpolitik, die hohe Bedeutung für Zukunftstechnologien, die Länderkonzentration und das Länderrisiko der Förderung häufige Risikofaktoren.

Das Spektrum der Anwendungen kritischer Rohstoffe erstreckt sich über einen weiten Bereich. Spezialmetalle wie Gallium oder Germanium werden für elektronische und optische Anwendungen benötigt. Auch Batterierohstoffe wie Lithium oder Kobalt sowie Seltene Erden für Magnete in Elektromotoren und Generatoren sind weiterhin kritisch. Platingruppenmetalle werden einerseits weiter für Abgasreinigungsanlagen bei klassischen Verbrennerantrieben, andererseits für Elektrolyseure und Brennstoffzellen benötigt. Auch die Versorgung bei einer Reihe von breit verwendeten Metallen wie Aluminium, Kupfer und Nickel wird in diesem Jahr als kritisch bewertet.

Die Versorgungsrisiken bei Rohstoffen haben sich im Vergleich zum Jahr 2015 insgesamt erhöht. Vor allem das politische Risiko ist gestiegen, dass Rohstoffe als strategisches Instrument der internationalen (Handels-)Politik genutzt werden. Gleichzeitig haben sich Unternehmens- und Länderkonzentration sowie die Länderrisiken erhöht.

Zu den Unsicherheitsfaktoren zählt zunehmend die geopolitische Lage. Als aktuelles Beispiel wurde die Bedeutung Russlands und der Ukraine als Rohstoffproduzenten detailliert aufbereitet. Bei einigen Rohstoffen zählen diese Länder zu den wichtigsten Produzenten.

Wesentliche Ergebnisse

Russland trägt zudem bei Rohstoffen wie Selen, Nickel oder Palladium in erheblichem Maße zu den Rohstoffimporten nach Deutschland bei.

Europa und Deutschland sind in hohem Maße auf Importe von Primärrohstoffen angewiesen. Eine gesteigerte Resilienz gegenüber den Importrisiken kann durch eine Diversifikation der Rohstoffquellen und eine strategische Zusammenarbeit mit rohstoffproduzierenden Ländern erreicht werden. Eine stärkere Nutzung von Sekundärrohstoffen, eine ressourcenschonende Produktgestaltung und – nach Möglichkeit – die Entwicklung heimischer Rohstoffquellen können die Importabhängigkeit reduzieren, aber nicht eliminieren. Zusammen helfen diese Ansätze, die Versorgungsrisiken zu vermindern.

Ergebnisse der Fallstudien Kupfer und Zement

Kupfer ist eines der wesentlichen Metalle für den Umbau des Energieversorgungssystems, wenn Energieerzeugung und -nutzung immer weniger von fossilen Energieträgern abhängen sollen. Während die Kupfervorkommen prinzipiell ausreichen, besteht die Herausforderung in den kommenden Jahren darin, das Angebot schnell genug an die wachsende Nachfrage anzupassen.

Bei Zement handelt es sich um ein Produkt, das in unmittelbarem Zusammenhang mit dem Rohstoffabbau geeigneter Steine und Erden hergestellt wird. Aufgrund des Gewichts wird eine räumliche Nähe von Herstellung und Verbrauch angestrebt, um teure Transporte zu vermeiden. Der Schwerpunkt der globalen Zementproduktion und seines Verbrauchs liegt in Asien, während Deutschlands Anteil an der globalen Produktion rund ein Prozent beträgt. Die zentrale Herausforderung für die Zukunft der Zementproduktion in Deutschland besteht in der Neutralisierung der Treibhausgasemissionen des Produktionsprozesses.

2 Die aktuelle Rohstoffsituation der deutschen Wirtschaft

Die Metallversorgung befindet sich in einer Krise

Seit Jahren nehmen weltwirtschaftliche Unsicherheiten und geopolitische Risiken zu. Im Systemwettbewerb zwischen Marktwirtschaften und Demokratien auf der einen und autoritären Regimes mit staatskapitalistischen Strukturen auf der anderen Seite drohen verstärkte Risiken der Rohstoffversorgung. Wenn Marktmacht auf den Rohstoffmärkten für außenpolitische Zwecke instrumentalisiert wird, drohen Lieferunterbrechungen. Auch kriegerische Auseinandersetzungen stören Produktion, Lieferwege und Handelsbeziehungen.

Während auf der Angebotsseite Risiken offenkundiger werden, steigt auf der Nachfrageseite der Rohstoffbedarf weiter an. Die Dekarbonisierung wird zwar in der Zukunft viele Importe von Energierohstoffen obsolet machen, für die neuen Technologien werden aber in deutlich erhöhtem Maße Metalle benötigt – Lithium und Kobalt für Batterien sind prominente Beispiele dafür. Ganz neue Wertschöpfungsprozesse müssen versorgt und die Zulieferungen entsprechend abgesichert werden. Aber auch bei klassischen Metallrohstoffen wie Kupfer oder Baurohstoffen wie Zement sind Preis- und Mengenrisiken vorhanden. Auch hier muss eine verlässliche Versorgung sichergestellt sein, um Produktion und Bautätigkeit zu sichern.

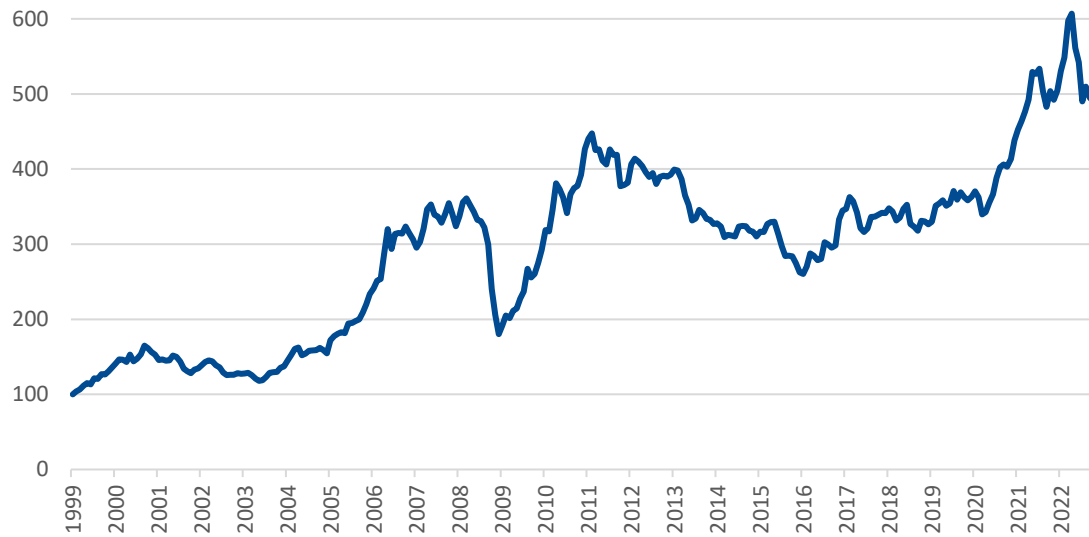
Der russische Überfall auf die Ukraine hat die Versorgungsrisiken deutlich gemacht, insbesondere bei Energierohstoffen und Nahrungsmitteln wie Weizen und Sonnenblumenöl. Erhebliche Preissteigerungen, Preisschwankungen und Mengenbeschränkungen sind in kürzester Zeit Realität geworden. Der Industriemetallpreisindex (IMP), der die Preisentwicklung der wichtigsten Metallimporte nach Deutschland abbildet, hat in Reaktion auf den Krieg in der Ukraine neue Höchststände erreicht (Abbildung 1). Die eingetrübten Aussichten der Weltwirtschaft haben danach zu einem gewissen Rückgang auf das vorherige – ohnehin schon rekordhohe – Niveau geführt.

Es wurde aber auch deutlich, wie schwierig es ist, kurzfristig alternative Versorgungsquellen zu erschließen, etwa auf den Metallmärkten: Die Minenproduktion kann nur langsam erweitert werden, Investitionen brauchen eine langfristige Perspektive, schlechte Governance-Strukturen und Korruption in vielen (potenziellen) Förderländern stehen im Wege. Zudem liegen die Risiken nicht nur im Bergbau: Die Weiterverarbeitung zu Metallen (Raffination) ist noch stärker in China konzentriert als die Bergwerksförderung.

Abbildung 1

Industriemetallpreis-Index

Index: Januar 1999 = 100, Stand: November 2022



Quelle: IW Köln, vgl. zur Methodik: Bardt, 2011

3 Rohstoffe – Bedeutung und Risiken

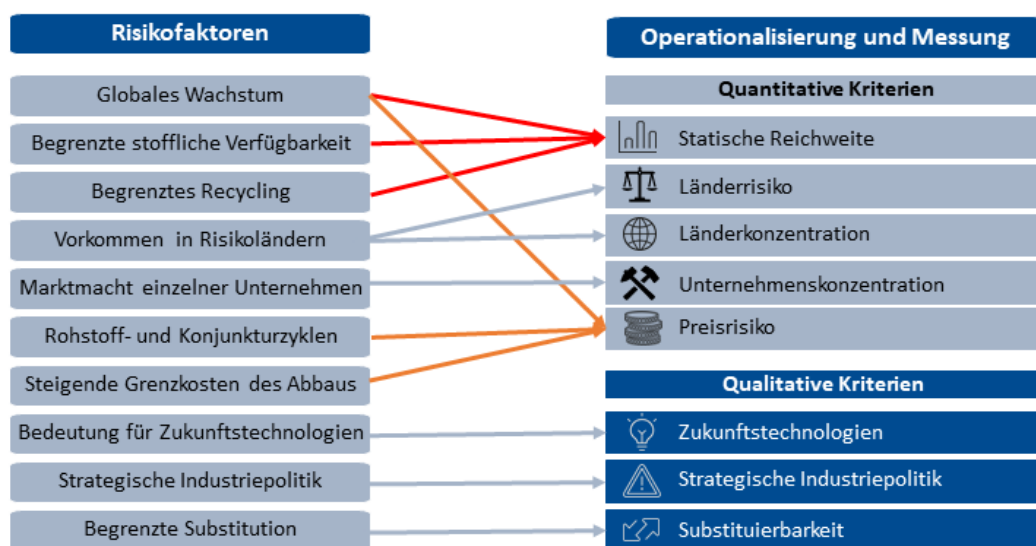
Verschiedene Faktoren bestimmen die Rohstoffnachfrage

Rohstoffe stellen den Ausgangspunkt der Produktion von Gütern dar. Sie wandern entlang der Wertschöpfungskette über die Zwischenprodukte in die Endprodukte. Eine sichere Rohstoffversorgung ist damit indirekt auch für jene Unternehmen unverzichtbar, die nie direkt mit Rohstoffen in Berührung kommen oder produktbegleitende Dienstleistungen erstellen. Viele Dienstleistungen setzen zudem die Existenz von Infrastruktur voraus.

Die Risiken der Rohstoffversorgung bestehen an verschiedenen Stellen der Wertschöpfungskette. Der Rohstoff-Risiko-Index verfolgt das Ziel, die verschiedenen Risiken mit geeigneten Messkonzepten zu operationalisieren (Abbildung 2). Die unterschiedlichen Dimensionen des Versorgungsrisikos mit Rohstoffen werden im Folgenden kurz 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, 2022

3.1 Globales Wirtschaftswachstum erhöht Rohstoffnachfrage und -preise

Jenseits konjunktureller oder krisenbedingter Schwankungen, etwa durch die Corona-Pandemie oder den Ukraine-Krieg, ist weiterhin von einem langfristigen Trend globalen Wirtschaftswachstums auszugehen. Bis weit in das 21. Jahrhundert hinein wird mit einem Anstieg der Weltbevölkerung und steigendem Wohlstand der Bevölkerungen gerechnet.

Eine allmähliche Entkopplung des Ressourcen- und Energieverbrauchs vom Wirtschaftswachstum ist zwar in entwickelten Volkswirtschaften zu beobachten. Dagegen nimmt in anderen Weltregionen mit steigendem Wohlstand noch immer die persönliche Güterausstattung von deutlich niedrigerem Niveau ausgehend zu. Gleichzeitig wird die Infrastruktur für Gebäude, Verkehr, Wasser, Energie und Kommunikation ausgebaut. Weltweit gesehen nimmt dadurch mit dem wachsenden Konsum je Einwohner der Ressourceneinsatz zu.

Verkehrsinfrastruktur und Gebäude benötigen Gips und Zement. Stahl und Kupfer werden in der Verkehrs-, Kommunikations- und Energieinfrastruktur eingesetzt. Gleichzeitig nehmen die Vernetzung und intelligente Steuerung dieser Infrastrukturen zu, so dass hier – wie überall in der Wirtschaft – zunehmend technologisch anspruchsvolle Güter eingesetzt werden. Solche IKT-Geräte, Steuerungseinheiten oder die 5G-Technologie verursachen eine immer stärker differenzierte Rohstoffnachfrage z. B. nach verschiedenen Edel- und Leichtmetallen oder Seltenen Erden. So hängt auch eine gelingende Digitalisierung weiter Lebens- und Wirtschaftsbereiche vom Rohstoffeinsatz in Rechenzentren, der Kommunikationsinfrastruktur und den Endgeräten der Verbraucher ab.

Die steigende Rohstoffnachfrage führt zu steigenden Rohstoffpreisen, wenn die Entwicklung des Rohstoffangebots der Nachfrageentwicklung nicht standhält. Gerade bei spezifischen, bislang nur in kleinen Mengen nachgefragten Rohstoffen führen dynamische technologische Entwicklungen zu einem starken Anstieg von Nachfrage und Preisen. Gleichzeitig ist die Erweiterung des Rohstoffangebots kostspielig. Das Angebot an Primärrohstoffen wächst nur bei Investitionen in die Förderung. Das Angebot von Sekundärrohstoffen setzt zusätzliche Anstrengungen bei Sammlung und Recycling voraus. Eine Berücksichtigung zukünftigen Recyclings schon im Produktdesign unterstützt solche Aktivitäten.

3.2 Konjunktur- und Rohstoffzyklen führen zu Preisschwankungen

Preisschwankungen als zweites Element des Preisrisikos der Rohstoffversorgung können bei Rohstoffen wegen der hohen Kapitalintensität der Förderung und Weiterverarbeitung größer ausfallen als bei anderen Gütern. Die Produktion passt sich hier systematisch langsamer an die Nachfrage an. Hohe Lager- und Kapitalkosten können bei schwacher Nachfrage kurzfristige Preissenkungen aus betriebswirtschaftlicher Sicht günstiger als eine Anpassung der Produktionsmenge machen. Eine Produktionsausweitung bei hoher Nachfrage ist zeitaufwendig und lohnt nur, wenn langfristig höhere Preise erwartet werden. Es werden zwei Mechanismen unterschieden, die zu einer erhöhten Preisvolatilität führen:

- Konjunkturzyklen beeinflussen die Rohstoffpreise, weil sich die konjunkturellen Schwankungen der Rohstoffnachfrage in der Regel schneller entwickeln als das relativ träge Rohstoffangebot reagiert. Daher steigen die Rohstoffpreise, wenn die Rohstoffnachfrage schneller steigt als eine Angebotsausweitung durch neue Investitionen in die Rohstoffförderung möglich ist. Umgekehrt sinken Rohstoffpreise, wenn die Nachfrage sinkt, aber das Angebot nicht ebenso stark zurückgeht. So hängt der zwischenzeitliche Rückgang der Rohstoffpreise zu Beginn des Jahres 2021 mit der Nachfrageschwäche im Zusammenhang mit der Corona-Pandemie zusammen.
- Rohstoffzyklen entstehen, wenn beispielsweise durch neue technologische Entwicklungen und Produktinnovationen die Nachfrage nach spezifischen Rohstoffen sprunghaft ansteigt. Der schnelle Nachfrageanstieg kann nicht adäquat durch eine Produktionssteigerung ausgeglichen werden. Die Rohstoffpreise steigen spürbar an. Dies macht die Exploration und Erschließung neuer Förderstätten rentabel. Weil diese Anpassung der Förderung aber eine gewisse Zeit in Anspruch nimmt, gleichen sich Angebot und Nachfrage erst mittelfristig mit dem Effekt sinkender Rohstoffpreise wieder aus. Aktuell wird als Erklärung für die steigenden Rohstoffpreise der Beginn eines neuen Rohstoffzyklus' im Zusammenhang mit der Dekarbonisierung diskutiert.

Die Preisvolatilität wird auf der Nachfrageseite problematisch, wenn die Unternehmen sich nicht schnell genug an die steigenden Preise anpassen können. Dies ist dann der Fall, wenn der Preisanstieg in der Kalkulation nicht hinreichend erfasst ist und eine kurzfristige Überwälzung der höheren Beschaffungspreise auf die Kunden nicht gelingt.

3.3 Die Rohstoffverfügbarkeit ist begrenzt

Rohstoffvorkommen lassen sich in erneuerbare Ressourcen, wie Nahrungsmittel oder Energiepflanzen, und erschöpfbare Ressourcen, wie metallische und mineralische Rohstoffe oder fossile Energieträger, unterscheiden. Bei erneuerbaren Ressourcen begrenzt die Reproduktionsrate die Verfügbarkeit. Sie kann zum Beispiel durch die Ackerfläche oder den Einsatz von Wasser und Düngemitteln beeinflusst werden.

Bei erschöpfbaren Ressourcen ist die stoffliche Verfügbarkeit auf der Erde prinzipiell begrenzt. Allerdings sind bei fast allen Rohstoffen die in der Erdkruste vorhandenen Mengen so groß, dass nicht darin die eigentlich relevante Begrenzung besteht. Vielmehr sind die technologischen und ökonomischen Möglichkeiten der Erschließung und Förderung von Bedeutung.

Dabei ist häufig ist nicht die reine Menge, sondern die ausreichende Konzentration der Rohstoffe in den Förderstätten das entscheidende Kriterium. Insgesamt kommen beispielsweise die sogenannten Seltenen Erden in großen Mengen vor. Ihre Konzentration ist aber an den meisten Stellen so gering, dass ihre Förderung zu schwierig und zu teuer ist. Nur wenige Lagerstätten erlauben dadurch eine ökonomische Gewinnung.

Aus ökonomischer Sicht ist daher die sogenannte statische Reichweite das geeignete Maß für die Rohstoffverfügbarkeit. Darin werden die technisch und ökonomisch förderwürdigen Reserven eines Rohstoffs in Beziehung zur jährlichen Förderung dieses Rohstoffs gesetzt. Die statische Reichweite wird in Jahren angegeben und zeigt – richtig interpretiert – weniger die stoffliche Verfügbarkeit eines Rohstoffs als den zukünftigen Investitionsbedarf in die Exploration neuer Rohstoffvorkommen an.

Die statische Reichweite wird also 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.

Die endgültige Erschöpfung eines nicht erneuerbaren Rohstoffs hätte dagegen erhebliche negative wirtschaftliche Folgen.

3.4 Steigende Grenzkosten des Rohstoffabbaus

Die Entwicklung der Rohstoffpreise wird stark von der Entwicklung der Gewinnungskosten bestimmt. Der Rohstoffabbau ist einem Trend zu steigenden Grenzkosten unterworfen. Einfach und kostengünstig abzubauende Rohstoffvorkommen werden daher zuerst erschlossen und abgebaut. Für folgende Projekte stehen dann nur weniger gut zugängliche Reserven zur Verfügung. Höhere Gewinnungskosten entstehen, wenn Rohstoffe tiefer unter der Erdoberfläche lagern, wenn sie unter See abgebaut werden oder wenn die Konzentration des gewünschten Rohstoffs in der Lagerstätte geringer ist. Technologische Fortschritte bei der Förder- und Gewinnungstechnik wirken dem Kostenanstieg entgegen.

Für die Gewinnungskosten spielen nach dem Abbau die Aufbereitung und Trennung der Rohstoffe eine wesentliche Rolle. In den Lagerstätten kommen metallische und mineralische Rohstoffe selten in Reinform vor. Die Gewinnungskosten werden von verschiedenen Faktoren beeinflusst:

- Die Konzentration der Erze in den Vorkommen unterscheidet sich stark. Gestein, in dem keine Erze enthalten sind (taubes Gestein oder Scheidewerk) muss entfernt werden.
- Die Abbaumengen enthalten häufig auch andere Erze, Mineralien oder Metalle als Kuppelprodukte vor. Dabei unterscheidet man zwischen positivem und negativem Beifang mit Auswirkungen auf die Grenzkosten der Rohstoffgewinnung:

- Rohstoffe, deren sortenreine Abtrennung mit einem zusätzlichen Ertrag verbunden ist, bezeichnet man als positiven Beifang. Ein Beispiel ist Platin, das auch als Nebenprodukt von Nickel gewonnen wird.
- Rohstoffe, bei denen die Abtrennung notwendig und überwiegend mit Kosten verbunden ist, z. B. wegen der Entsorgung umweltschädlicher oder radioaktiver Elemente, sind negativer Beifang. So müssen im Phosphatabbau häufig Kadmium und andere Schwermetalle entfernt werden.

Von Vergesellschaftung von Rohstoffen spricht man, wenn Rohstoffe immer nur gemeinsam mit anderen Rohstoffen vorkommen. Ein Beispiel ist Kobalt, das gemeinsam mit Nickel und Kupfer auftritt. Ist die Konzentration eines vergesellschafteten Rohstoffs klein, lohnt es sich kaum, mit der Förderung auf Preisschwankungen zu reagieren. Die daraus folgende geringe Preiselastizität kann zu erheblichen Preisspitzen an den Rohstoffmärkten führen.

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

3.5 Recycling als Antwort auf begrenzte Rohstoffvorkommen

Das Recycling von Rohstoffen erschließt ein zusätzliches Angebot von Sekundärrohstoffen zur Ergänzung der Primärrohstoffe aus natürlichen Rohstoffvorkommen. Die Nutzung von Sekundärrohstoffen vermindert die Nachfrage nach Bergbauprodukten. Zur Erschließung dieser Rohstoffquelle müssen nicht mehr genutzte Produkte gesammelt und die enthaltenen Rohstoffe sortenrein wiedergewonnen werden.

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

Wie gut Recycling gelingen kann, wird schon im Produktdesign beeinflusst. Für die Wettbewerbsfähigkeit gegenüber Primärrohstoffen müssen Sekundärrohstoffe eine ähnliche Qualität bei ähnlichen Preisen aufweisen. Neben effizienten Systemen zur Sammlung, Sortierung und sortenreiner Aufbereitung der Materialien ist häufig ein Verfahren zur Qualitätszertifizierung der Sekundärrohstoffe notwendig.

Ein Trend zu einem zunehmenden Recycling wird durch verschiedene Motive gestützt:

- Die Nutzung von Sekundärrohstoffen als „heimischer“ Rohstoffquelle ist Teil politischer Rohstoffstrategien in rohstoffarmen Industrieländern. Sie verringert die Abhängigkeit von Importen von Primärrohstoffen aus dem Ausland und die Anfälligkeit gegenüber einer strategischen Rohstoffpolitik der rohstoffreichen Länder.

- Ein zunehmendes Umweltbewusstsein in der Bevölkerung zielt auf die Verringerung von Abfallmengen und Eingriffen in die Natur durch den Bergbau. Die Gewinnung von Rohstoffen aus recycelten Altgeräten der Privatverbraucher wird auch als „Urban Mining“ bezeichnet.
- Recyclingprozesse sind für Betriebe im Verarbeitenden Gewerbe oft von eigenem Interesse. In manchen Anwendungen, etwa der Glasproduktion, ermöglicht der Einsatz von Recycling-Material zusätzlich zur Substitution von Primärrohstoffen auch eine Senkung der Energiekosten und CO₂-Emissionen im Produktionsprozess. Die Nachfrage nach Produkten mit kleinem ökologischem Fußabdruck in nachgelagerten Industriezweigen unterstützt inzwischen entsprechende Bemühungen in den Grundstoffindustrien.
- Der technologische Fortschritt in der Recyclingwirtschaft verbessert die Möglichkeiten, Rohstoffe aus Altgeräten nutzbar zu machen.
- In vielen Industrieländern unterstützt eine flankierende Gesetzgebung die verschiedenen Ansätze und Motive des Rohstoffrecyclings.

3.6 Rohstoffvorkommen befinden sich häufig in Risikoländern

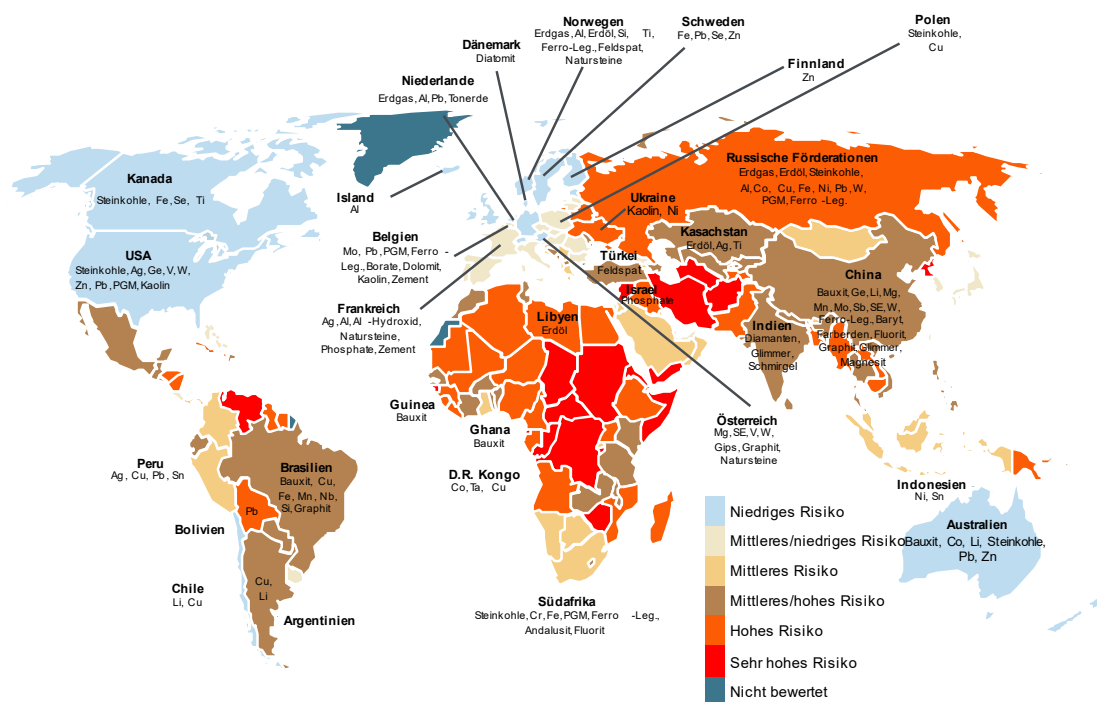
In Europa liegen nur wenige der aktuell nutzbaren Rohstofflagerstätten. Oft liegen diese Rohstoffe nur in bestimmten geologischen Strukturen in förderwürdiger Form vor, weil beispielsweise eine ausreichend hohe Konzentration der Rohstoffe in der Lagerstätte erforderlich ist. Bei einigen Rohstoffen verteilt sich die Förderung daher nur auf sehr wenige Länder.

Deutschland und Europa sind heute gerade bei Rohstoffen mit einer hohen und spezifischen technologischen Bedeutung fast vollständig auf Importe aus anderen Ländern angewiesen – wie z. B. bei Seltenen Erden, Lithium oder Kobalt. Zwar zeichnet sich bei einigen dieser Rohstoffe für die Zukunft in Verbindung mit deutlich zunehmenden Abbaumengen eine Diversifizierung der Abbauländer und eine zunehmende Rohstoffgewinnung in Deutschland und Europa ab. Die Neuerschließung von Produktionsstätten wird allerdings besonders in den Industrieländern von politischen Konflikten begleitet.

Viele nichteuropäische Länder sind in Bezug auf interne und externe Konflikte, Rechtsstaatlichkeit, Korruption sowie ihre politische und wirtschaftliche Stabilität als Risikoländer einzustufen. Die mögliche Eskalation interner und externer Konflikte zu Kriegen und Bürgerkriegen bedrohen die Rohstoffgewinnung und -lieferung. Mangelnde Rechtsstaatlichkeit sowie politische und wirtschaftliche Instabilität sind ein Risiko für die Investitionen in die Rohstoffförderung. Häufig kommt eine mangelhafte und störanfällige Transportinfrastruktur hinzu. Es drohen willkürliche Steuern, Abgaben oder Zölle. Eingriffe in bestehende Verträge sind nicht ausgeschlossen. Eine staatliche Unterstützung bei der Erfüllung der in Deutschland und Europa geforderten Sorgfaltspflichten in der Lieferkette ist nicht gewährleistet.

Die spezifischen Länderrisiken und die Verteilung wichtiger Rohstoffvorkommen in globalem Maßstab sind in Abbildung 3 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 2022



Eigene Darstellung IW Consult, 2022

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

Als strategische Industriepolitik wird die staatliche Förderung bestimmter Industrien bezeichnet, die mit dem Ziel verfolgt wird, diesen Industrien einen Wettbewerbsvorteil gegenüber dem Ausland zu verschaffen. In Schwellenländern zielen solche Maßnahmen auf den grundlegenden Aufbau heimischer Industrien. Seit 2021 verfolgt auch die Europäische Union in ausgewählten Bereichen, wie Batterien, Wasserstoff oder Mikroelektronik, mit

den Projekten von bedeutendem Gemeinschaftsinteresse (*Important Projects of Common European Interest – IPCEI*) einen entsprechenden Ansatz.

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. Gleichzeitig wird dadurch der freie Welthandel mit Rohstoffen eingeschränkt. So zielt 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. Vom anderen Ende der Wertschöpfungskette her wird auch bei den *IPCEIs* in Europa der Produktionsprozess bis hin zur Rohstoffversorgung mitbedacht.

Beschränkungen im Rohstoffhandel werden über die Zielsetzung einer strategischen Industriepolitik auch in handelspolitischen Auseinandersetzungen oder geopolitischen Konflikten als Instrument eingesetzt. Die Aussetzung der Gashandels zwischen Europa und Russland wegen des Ukraine-Kriegs ist dafür das derzeit prägnanteste Beispiel. In der Vergangenheit war im Bereich der metallischen und mineralischen Rohstoffe vor allem China Teil solcher Konflikte. Beispiele sind die Ausfuhrbeschränkung von Seltenen Erden gegenüber Japan im Jahr 2010 und die Konflikte zwischen China und den USA um die Handelspolitik und den Marktzugang des Technologiekonzerns Huawei im Jahr 2019. China verknüpft Investitionen in Ländern Asiens und Afrikas häufig mit langfristigen Rohstofflieferverträgen und betrachtete die Erschließung von Rohstoffvorkommen in Australien explizit als strategisch-politischen Angriff auf Chinas Vormachtstellung bei der Förderung Seltener Erden.

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

Zwei Eigenschaften der Rohstoffförderung begünstigen eine hohe Konzentration weniger großer Unternehmen im Rohstoffsektor: Die starke Konzentration von Rohstoffen auf wenige förderwürdige Lagerstätten und die hohe Kapitalintensität der Rohstoffförderung und -weiterverarbeitung. Häufig gehen substantielle Anteile des Rohstoffangebots bei einzelnen Rohstoffen von 50 oder mehr Prozent auf die Produktion weniger Unternehmen zurück.

Diese Rohstoffunternehmen verfügen in der oligopolistischen Marktstruktur über eine höhere Marktmacht und die Möglichkeit, Preisforderungen einseitig durchzusetzen oder Lieferkonditionen zu bestimmen. Die Abnehmer müssen in dieser Konstellation 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 haben eine hohe Bedeutung für die zukünftige Produktion und den zukünftigen Konsum. Solche technologisch anspruchsvollen und komplexen Produkte erfordern oft den Einsatz einer Vielzahl verschiedener Rohstoffe – wenn auch häufig nur in geringen Mengen. Beispiele finden sich in der Medizintechnik, bei den erneuerbaren Energien, in der Elektromobilität und in Informations- und Kommunikationstechnologien. Die Verfügbarkeit der dafür notwendigen Rohstoffe ist zentral für die Wettbewerbsfähigkeit und die Wertschöpfung an technologieorientierten Industriestandorten wie Deutschland und Bayern.

In diesen Produkten ist der Einsatz spezifischer Rohstoffe und Legierungen häufig für die Funktionsweise essenziell oder er verbessert 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 entscheidender Bedeutung. Die gestörten Lieferketten im Zuge der Corona-Pandemie machten diese Herausforderung öffentlich sichtbar.

3.10 Substituierbarkeit von Rohstoffen nur begrenzt möglich

Eine höhere Spezialisierung des Rohstoffeinsatzes reduziert die wechselseitige Substituierbarkeit einzelner Rohstoffe, erhöht aber gleichzeitig oft die technologische Leistungsfähigkeit von Produkten. Bestimmte Produkteigenschaften sind häufig eng mit einem sehr spezifischen Rohstoffeinsatz oder der Verwendung bestimmter Legierungen verbunden.

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

Mit 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 fasst die im vorherigen Kapitel dargestellten Bestimmungsgründe für die Risiken der Rohstoffversorgung zusammen (zur Methodik vgl. Anhang).

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

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

- In der roten Gruppe befinden sich die 27 Rohstoffe mit dem höchsten Risiko und einem Indexwert von mindestens 15.
- Die orangefarbene Gruppe besteht aus 11 Rohstoffen mit Risikowerten zwischen 10 und 15.
- In der grünen Gruppe finden sich 7 Rohstoffe mit geringem Versorgungsrisiko und Indexwerten von weniger als 10.

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

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

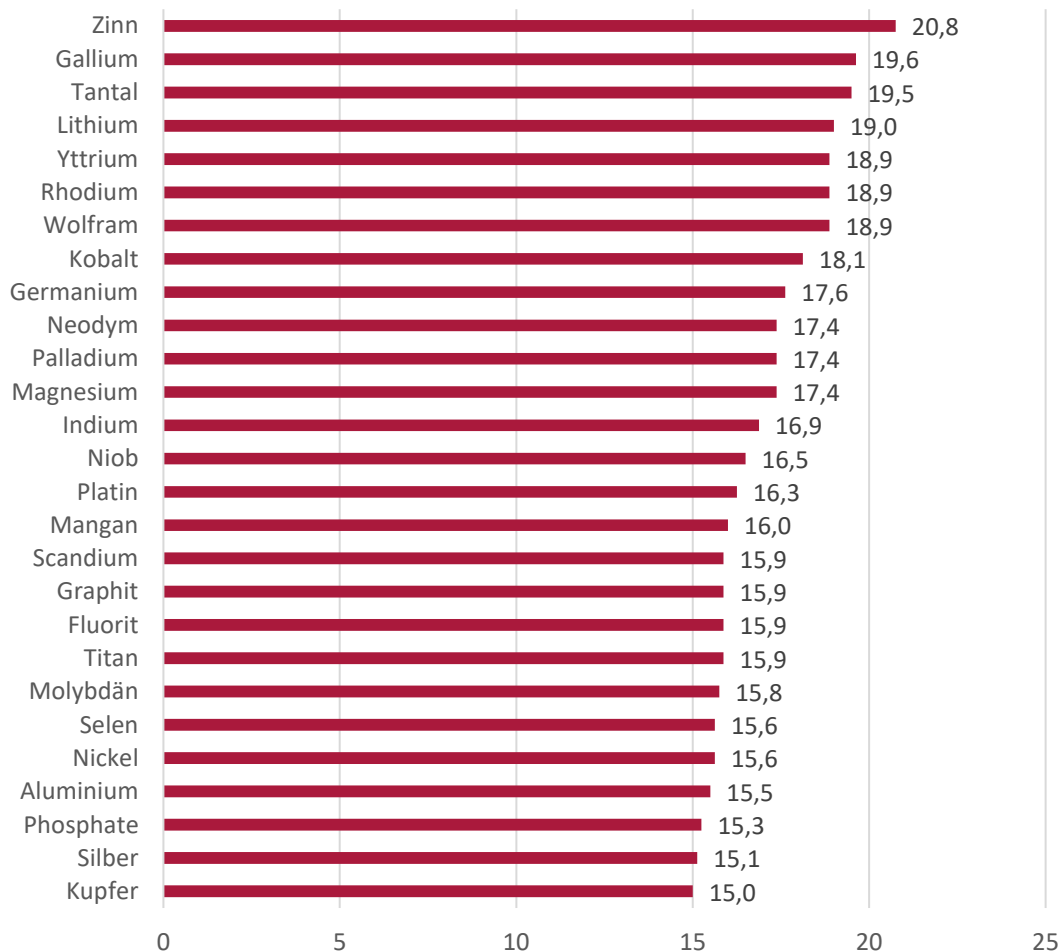
4.1 Rote Gruppe

In der roten Gruppe, die das höchste Versorgungsrisiko aufweist, befinden sich insgesamt 27 Rohstoffe und damit fünf Rohstoffe mehr als im letzten Jahr. Seit der letzten Auswertung sind sieben Rohstoffe von der orangen in die rote Gruppe gewechselt (Mangan, Fluorit, Titan, Nickel, Aluminium, Phosphate und Kupfer). Zwei andere Rohstoffe gehören

hingegen nicht mehr der roten Gruppe an (Chrom, Eisen) und haben nur noch ein mittleres Risiko.

Abbildung 4

Risikoklasse I der Rohstoffe – rote Gruppe



Eigene Darstellung IW Consult, 2022

Bei den meisten dieser Rohstoffe resultiert die Bewertung auf einer breiten Streuung hoher Risiken. So weisen zwölf Rohstoffe – und damit fast die Hälfte der roten Gruppe - in mindestens fünf der acht Dimensionen eine hohe Risikobewertung auf, bei weiteren zwölf Rohstoffen wurden vier Dimensionen als kritisch eingestuft.

Mit Ausnahme der Phosphate besteht bei allen Rohstoffen der roten Gruppe eine Anfälligkeit gegenüber einer strategischen Rohstoffpolitik. Weitere Gemeinsamkeiten bestehen bei der hohen Bedeutung für Zukunftstechnologien (24 der 27 Rohstoffe) und bei der Länderkonzentration der Förderung (18 Rohstoffe). Bei letzterer entfallen 75 Prozent der

Förderung auf jeweils höchstens drei Länder. Zugleich wird bei 18 Rohstoffen das Länderisiko bei der Förderung kritisch gesehen. Bei weiteren 14 Rohstoffen wird die statische Reichweite und bei zehn Rohstoffen die Unternehmenskonzentration als kritisch eingeschätzt.

Während in den letzten Jahren Kobalt der Rohstoff mit dem höchsten Versorgungsrisiko war, führt nun Zinn mit einem Risikowert in Höhe von 20,8 die rote Gruppe an. Zinn wird ebenso wie die Spezialmetalle Gallium (Rang 2; 19,6 Punkte), Germanium (Rang 9; 17,6 Punkte), Indium (Rang 13; 16,9 Punkte) und Selen (Rang 22; 15,6 Punkte) im Elektronik- und Optikbereich eingesetzt, z. B. bei der Herstellung von LCDs und Flachbildschirmen. Ihnen kommt daher eine hohe Bedeutung für Zukunftstechnologien zu. Die Gewinnung von Gallium, Germanium und Indium ist stark auf wenige Länder konzentriert; das Länderisiko wird bei Zinn, Gallium und Germanium als hoch eingestuft. Bei allen fünf genannten Rohstoffen wird die Gefahr eines strategischen Einsatzes als hoch bewertet. Bei Zinn und Gallium entfällt ein Großteil der Produktion auf nur wenige Unternehmen. Während Zinn, Indium und Selen nur eine kurze statische Reichweite aufweisen, ist sie bei Gallium und Germanium kein Risiko. Bei Gallium existiert jedoch ein hohes Preisrisiko; vor allem im ersten Halbjahr des Jahres 2022 kam es zu einem deutlichen Preisanstieg. Bei den übrigen vier Rohstoffen besteht hingegen nur ein mittleres (Zinn) bzw. geringes Preisrisiko (Germanium, Indium, Selen). Insgesamt ist unter den fünf Rohstoffen das Versorgungsrisiko bei Zinn, Gallium und Germanium im Vergleich zum Vorjahr gestiegen, während es bei Indium und Selen zurückgegangen ist.

Nach Zinn und Gallium weist aktuell Tantal das dritthöchste Versorgungsrisiko auf. Tantal (Rang 3; 19,5 Punkte) wird wie auch Wolfram (Rang 7; 18,9 Punkte), Niob (Rang 14; 16,5 Punkte) und Molybdän (Rang 21; 15,8 Punkte) in der Stahlindustrie sowie in elektronischen Bauteilen eingesetzt. In der Stahlindustrie werden die Rohstoffe zur Optimierung der Stahleigenschaften verwendet, in der Elektroindustrie sind Niob, Tantal und Wolfram auch Elemente in Kondensatoren. Tantal, Wolfram und Molybdän haben eine hohe Bedeutung für Zukunftstechnologien, ihre statische Reichweite wird zudem als eher kurz eingeschätzt. Alle vier Rohstoffe sind stark auf wenige Länder konzentriert und es besteht eine hohe Gefahr des strategischen Einsatzes. Zudem wird das Länderrisiko bei Tantal, Wolfram und Niob als hoch eingeschätzt. Bei Niob und Tantal besteht außerdem eine starke Konzentration auf nur wenige Unternehmen. Gegenüber dem Vorjahr ist das Versorgungsrisiko bei Wolfram und Molybdän gestiegen, bei Tantal ist es (bezogen auf den Punkteindex) gleichgeblieben, während es bei Niob gesunken ist.

Lithium auf Rang 4 (19,0 Punkte) kommt eine hohe Bedeutung für Batterien im Rahmen der Elektromobilität zu. Es weist ebenso wie die anderen wichtigen Batterierohstoffe Kobalt (Rang 8; 18,1 Punkte) und Graphit (Rang 18; 15,9 Punkte) ein hohes Versorgungsrisiko auf. Alle drei Rohstoffe haben eine große Bedeutung für Zukunftstechnologien und die Konzentration auf wenige Länder birgt ein hohes Risiko. Während die Risikobewertung im Vergleich zum Vorjahr für Lithium deutlich und bei Graphit leicht gestiegen ist, ist sie bei Kobalt gesunken. Bei Lithium sind das Preisrisiko und die Gefahr eines strategischen Einsatzes gestiegen, die statische Reichweite ist gesunken. Bei Kobalt ist das geringere Risiko zurückzuführen auf einen leichten Rückgang der Unternehmenskonzentration und

bessere Substitutionsmöglichkeiten. Bei Graphit sind nur leicht gestiegene Preisrisiken festzustellen.

Weiterer Bestandteil der roten Gruppe sind die Seltenerdmetalle Yttrium (Rang 5; 18,9 Punkte), Neodym (Rang 10; 17,4 Punkte), und Scandium (Rang 17; 15,9 Punkte). Sie werden bei einer Vielzahl von Anwendungen eingesetzt und erfüllen dort jeweils sehr spezifische Zwecke. Alle diese Rohstoffe haben eine hohe Bedeutung für Zukunftstechnologien und sind stark auf wenige Länder konzentriert, was sie anfällig gegenüber einer strategischen Rohstoffpolitik macht. Zudem wird das Länderrisiko als hoch bewertet, nur bei Neodym befindet es sich im mittleren Bereich. Die statische Reichweite ist bei Yttrium recht kurz, bei Neodym und Scandium hingegen unkritisch. Das Preisrisiko ist bei Neodym wie im Vorjahr recht hoch, während die beiden anderen Seltenerdmetalle kaum von Preisrisiken betroffen sind. Im Vergleich zum Vorjahr ist das Versorgungsrisiko bei Yttrium gestiegen, was vor allem daran liegt, dass die Länderrisiken höher eingeschätzt wurden. Neodym und Scandium haben dagegen ein geringeres Versorgungsrisiko als im Vorjahr, sie liegen aber weiterhin innerhalb der roten Gruppe.

Die Metalle der Platingruppe (Rhodium: Rang 6 mit 18,9 Punkten, Platin: Rang 15 mit 16,3 Punkten, Palladium: Rang 11 mit 17,4 Punkten) befinden sich ebenfalls in der roten Gruppe. Sie werden unter anderem in Katalysatoren zur Abgasreinigung, in Brennstoffzellen zur Gewinnung elektrischer Energie und Elektrolyseuren zur Erzeugung von Wasserstoff eingesetzt. Daraus ergibt sich für diese Rohstoffe eine hohe Bedeutung für Zukunftstechnologien im Bereich der Mobilität und der Bereitstellung von Wasserstoff als Energieträger und -speicher. Die Gewinnung dieser Rohstoffe liegt schwerpunktmäßig in nur wenigen Ländern und bei nur wenigen Unternehmen, wodurch die Anfälligkeit für einen strategischen Einsatz hoch ist. Die Metalle der Platingruppe lassen sich nur untereinander substituieren. Im Vergleich zum Vorjahr ist das Versorgungsrisiko (bezogen auf den Punkteindex) bei Palladium und Platin leicht gesunken, bei Rhodium hat es sich minimal erhöht. Bezogen auf die Rangplatzierung befindet sich Rhodium im aktuellen Jahr aber mit Rang 6 einen Rang niedriger als im Vorjahr.

Bei Magnesium, das in der Metallurgie Anwendung findet und eine hohe Bedeutung für Zukunftstechnologien hat, ist das Versorgungsrisiko im Vergleich zum Vorjahr gestiegen. Magnesium liegt nun auf Rang 12 (17,4 Punkte). Da sich die Förderung stark auf China konzentriert, besteht ein hohes Länderrisiko sowie eine hohe Anfälligkeit für eine strategische Rohstoffpolitik. Zudem bestehen große Preisrisiken.

Die Rohstoffe Mangan, Fluorit, Titan, Nickel, Aluminium, Phosphate sowie Kupfer sind seit dem Vorjahr von der orangen in die rote Gruppe gewechselt.

Mangan ist ein Rohstoff, der abhängig von der konkreten technologischen Entwicklung in Zukunft zunehmende Bedeutung für die Elektromobilität erlangen kann. Er befindet sich auf Rang 16 mit 16,0 Punkten. Experten bescheinigen ihm eine hohe Bedeutung für Zukunftstechnologien. Weitere Risiken bestehen in Form einer geringen statischen Reichweite, eines hohen Länderrisikos und der Anfälligkeit gegenüber einer strategischen Rohstoffpolitik. Gegenüber dem Vorjahr wird die Rohstoffversorgung vor allem aufgrund der

höheren Bedeutung für Zukunftstechnologien, des erhöhten Länderrisikos sowie der höheren Anfälligkeit für eine strategische Rohstoffpolitik als riskanter eingeschätzt.

Fluorit (Rang 19; 15,9 Punkte) ist im aktuellen Jahr wieder in die rote Gruppe zurückgekehrt, nachdem es für ein Jahr in der orangen Gruppe war. Zu der Veränderung haben vor allem ein erhöhtes Länderrisiko sowie eine damit einhergehende höhere politische Relevanz beigetragen. Generell besteht bei Fluorit eine hohe Konzentration auf wenige Förderländer (vor allem China) und damit das Risiko einer strategischen Rohstoffpolitik. Zudem ist die statische Reichweite eher gering. Die Preisentwicklung ist dagegen unkritisch.

Mit Titan (Rang 20; 15,9 Punkte), Nickel (Rang 23; 15,6 Punkte), Aluminium (Rang 24; 15,5 Punkte), und Kupfer (Rang 27; 15,0 Punkte) sind vier Rohstoffe, die eine hohe Bedeutung für die Metall- und Elektroindustrie, den Fahrzeugbau bzw. den Leichtbau haben, von der orangen in die rote Gruppe gewechselt. Kupfer liegt allerdings nur knapp in der roten Gruppe. Riskant ist bei diesen vier Rohstoffen die hohe Bedeutung für Zukunftstechnologien und eine hohe Anfälligkeit für eine strategische Rohstoffpolitik. Kupfer, das eine zentrale Bedeutung für die zunehmende Elektrifizierung des Energiesystems und der Industrie hat, weist ebenso wie Nickel nur eine kurze statische Reichweite auf. Für Nickel wird eine wachsende Bedeutung bei der Elektromobilität erwartet. Zum Wechsel in die rote Gruppe haben bei allen vier Rohstoffen unter anderem ein höheres Länderrisiko beigetragen, bei Titan zusätzlich eine höhere Konzentration der Förderung auf wenige Unternehmen sowie ein starker Preisanstieg im Jahr 2022. Bei Nickel ist die Bedeutung für Zukunftstechnologien angestiegen. Bei Aluminium wird das strategische Risiko und bei Kupfer die Substituierbarkeit im aktuellen Jahr kritischer eingeschätzt als im Vorjahr.

Phosphate (Rang 25; 15,3 Punkte) befinden sich zwar in der roten Gruppe, aber nur wenige Punkte von der Grenze zur orangen Gruppe entfernt, in der sie in den letzten beiden Jahren zu finden waren. Phosphate werden als Mineralien vor allem als Grundstoffe in der Düngemittelproduktion und so mittelbar in der Landwirtschaft eingesetzt. Bedeutung für Zukunftstechnologien haben sie wegen der Bedeutung für die Ernährung einer weiter steigenden Weltbevölkerung. Im Vergleich zum Vorjahr sind bei den Phosphaten das Preis- und das Länderrisiko gestiegen. Die Unternehmenskonzentration und das Länderrisiko sind bei dem Rohstoff hoch, während z. B. die Länderkonzentration, die Substitutionsmöglichkeiten und die politische Relevanz im mittleren Bereich angesiedelt sind. Die statische Reichweite ist groß und damit unkritisch.

Das Edelmetall Silber (Rang 26; 15,1 Punkte) befindet sich wie bereits im letzten Jahr in der roten Gruppe, allerdings nur knapp entfernt von der orangen Gruppe. Silber wird aufgrund seiner guten elektrischen Leiteigenschaften in der Elektroindustrie eingesetzt und hat damit eine hohe Bedeutung für Zukunftstechnologien. Risiken bestehen in der kurzen statischen Reichweite, dem hohen Länderrisiko und der hohen Anfälligkeit für eine strategische Rohstoffpolitik. Dadurch, dass das Länderrisiko und die politische Relevanz im Vergleich zum letzten Jahr gestiegen sind, liegt das Versorgungsrisiko nun höher als im letzten Jahr. Das Preisrisiko ist bei Silber im Vergleich zum Vorjahr hingegen deutlich zurückgegangen.

In Tabelle 1 sind die Rohstoffe der roten Gruppe, deren wichtigste Verwendungen sowie deren Bedeutung für Bayern und die bayerische Industrie zusammengefasst. Bei 21 der 27 Rohstoffe wird die Bedeutung für Bayern als hoch eingeschätzt. Dabei handelt es sich um jene Rohstoffe, die in für Bayern bedeutenden Wirtschaftszweigen eine wichtige Rolle spielen. Zu diesen Wirtschaftszweigen zählen insbesondere der Fahrzeug- und Maschinenbau, die Elektroindustrie, die Metall- und Stahlverarbeitung sowie die Chemieindustrie.

Tabelle 1

Bedeutung der Rohstoffe in Risikoklasse I für Bayern

Rohstoffe	Verwendung	Bedeutung für Bayern
Zinn	Elektronik, Weißblech, LCD, Chemie, Legierungen	hoch
Gallium	Radiofrequenz-Mikrochips, Dünnschicht-Photovoltaik, Optoelektronik/Photonik	hoch
Tantal	Mikroelektronische Kondensatoren, Superlegierungen, Radiofrequenz-Mikrochips, Medizintechnik	hoch
Lithium	Akkumulatoren/Batterien, Glas/Keramiken, Schmierfette, Metallurgie, Chemie	hoch
Yttrium	Reaktortechnik, Magnete, Metallurgie, Röhrentechnik, Leuchtstoffe, Festoxid-Brennstoffzelle	hoch
Rhodium	Auto-, Chemie- und Elektroindustrie, Schmuck und Dentaltechnik	hoch
Wolfram	Leuchtmittelindustrie, Metallurgie, Militär	hoch
Kobalt	Batterien, Superlegierungen, Katalysatoren, Hartmetalle	hoch
Germanium	Glasfaser, Halbleiter, Infrarotoptik, Polymerisationskatalysatoren in der PET-Herstellung	hoch
Neodym	Magnete, Lasertechnik, Glas- und Porzellanfärbung	hoch
Palladium	Abgaskatalysatoren, Brennstoffzellen, Chemieindustrie, Schmuck, Medizin- und Dentaltechnik	hoch
Magnesium	Metallurgie, chemische Industrie, Flug- und Fahrzeugbau	mittel
Indium	Flachbildschirme, Optik, Elektronik, Photovoltaik	hoch

– Fortsetzung auf der nächsten Seite –

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

Rohstoffe	Verwendung	Bedeutung für Bayern
Niob	Superlegierungen, Edelstahl, Elektronik, Kondensatoren	hoch
Platin	Katalysatoren (Abgasbehandlung, Chemie), Herstellung von Brennstoffzellen, Medizin- und Dentaltechnik	hoch
Mangan	Eisen- und Stahlindustrie, Batterien	hoch
Scandium	Leichte Legierungen (Flugzeugbau), Festoxid-Brennstoffzelle (Hochtemperatur-Brennstoffzelle)	mittel
Graphit	Batterien, Feuerfestindustrie, Gießereien, Kunststoffe, Bleistifte, Beläge, Brennstoffzellen	hoch
Fluorit	Stahlindustrie, Gießereien, Chemie, Kälte-, Klimaanlage	mittel
Titan	Pigmente, Kunststoffe, Legierungen, Flugzeugbau, Anlagenbau, Medizintechnik	hoch
Molybdän	Flugzeug- und Raketenbau, Elektrotechnik, Edelstähle, Schmierstoffe, Farben und Katalysatoren	niedrig
Selen	Chemikalien und Pigmente, Elektronik, Metallurgie	hoch
Nickel	Legierungen, Gasturbinen, Katalysatoren, Batterien	hoch
Aluminium	Fahrzeugbau, Luft- und Raumfahrt, Bau, Elektroindustrie, Windkraft	hoch
Phosphate	Landwirtschaft	mittel
Silber	Schmuck- und Tafelwaren, Münzen und Legierungen, Film-, Foto- und Elektroindustrie	niedrig
Kupfer	Elektroindustrie, <i>Radio Frequency Identification (RFID)</i> -Chips, Windkraft	hoch

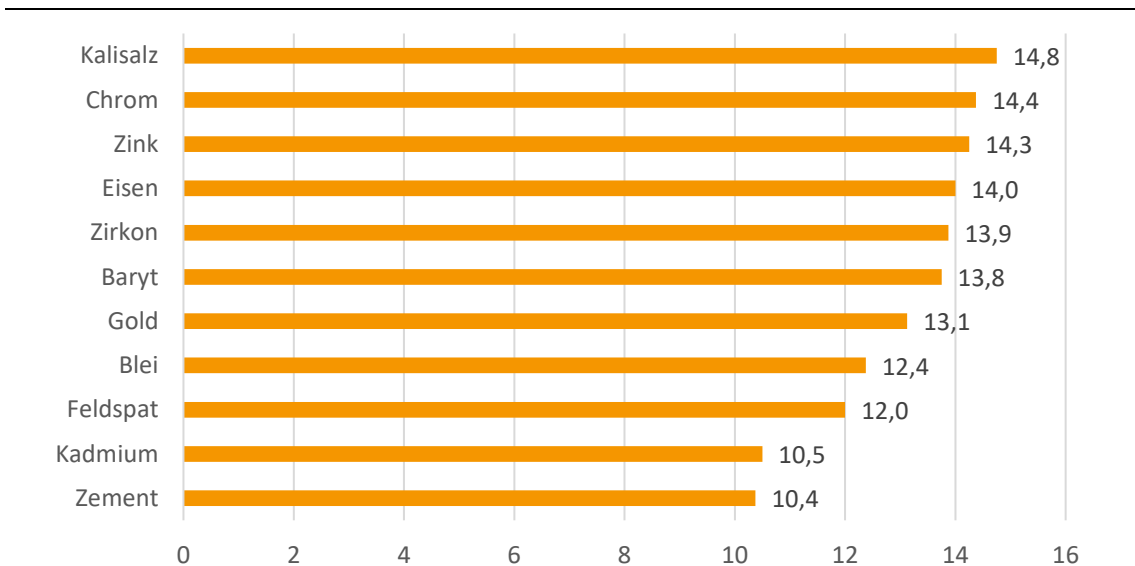
Eigene Zusammenstellung der IW Consult, 2022

4.2 Orangefarbene Gruppe

In der orangefarbenen Gruppe des Rohstoff-Risiko-Indexes befinden sich auf den Rängen 28 bis 38 insgesamt elf Rohstoffe (Abbildung 5) und damit vier weniger als noch im letzten Jahr. Die Rohstoffe Chrom und Eisen sind seit dem Vorjahr von der roten Gruppe in die orangefarbene Gruppe gewechselt. Sieben Rohstoffe (Mangan, Fluorit, Titan, Nickel, Aluminium, Phosphate und Kupfer), die im letzten Jahr noch der orangefarbenen Gruppe angehörten, befinden sich dagegen inzwischen in der roten Gruppe. Zement tauschte seinen Platz in der grünen Gruppe nun mit einem Platz in der orangefarbenen Gruppe.

Abbildung 5

Risikoklasse II der Rohstoffe – orangefarbene Gruppe



Eigene Darstellung IW Consult, 2022

Kalisalz (Rang 28; 14,8 Punkte) wird vor allem als Grundstoff in der Düngemittelproduktion verwendet und hat damit Bedeutung für die Landwirtschaft. Bei Kalisalz existiert ein hohes Risiko durch eine starke Unternehmenskonzentration und hohe Preisrisiken. Im Vergleich zum Vorjahr ist das Versorgungsrisiko gestiegen, was vor allem an stark gestiegenen Preisen seit dem Jahr 2022 liegt.

Chrom (Rang 29; 14,4 Punkte) befindet sich im aktuellen Jahr nach einem längeren Zeitraum in der roten Gruppe nun in der orangefarbenen Gruppe. Es wird vor allem in der Stahlindustrie und in elektronischen Bauteilen eingesetzt und findet Verwendung bei der Optimierung der Stahleigenschaften für spezifische Verwendungszwecke. Die statische Reichweite wird als kritisch eingestuft, ebenso das Länderrisiko. Im Vergleich zum Vorjahr ist das Versorgungsrisiko zurückgegangen, was vor allem auf geringere Preisrisiken und eine unkritischere Unternehmenskonzentration zurückzuführen ist. Zudem gibt es mehr Substitutionsmöglichkeiten.

Zink (Rang 30; 14,3 Punkte) und Eisen (Rang 31; 14,0 Punkte) sind Metalle, die in der Metall- und Elektroindustrie sowie im Fahrzeugbau zum Einsatz kommen und damit eine hohe Bedeutung bei Zukunftstechnologien haben. Bei Zink kommt das Risiko einer kurzen statischen Reichweite hinzu, während sich Eisen dort im mittleren Bereich befindet. Bei den Rohstoffen wird eine mittlere Substituierbarkeit und ein mittleres politisches Risiko attestiert. Eisen ist nach zwei Jahren in der roten Gruppe im aktuellen Jahr wieder in die orangefarbene Gruppe zurückgekehrt, was auf deutlich verminderte Preisrisiken zurückzuführen ist. Bei Zink ist das Versorgungsrisiko aufgrund eines leicht erhöhten Länderrisikos insgesamt leicht gestiegen.

Auf Rang 32 befindet sich mit 13,9 Punkten Zirkon, ein temperaturbeständiger und hochfester Rohstoff, der in Schmelztiegeln und der Dentaltechnik verwendet wird. Risiken bestehen bei Zirkon durch eine hohe Konzentration der Förderung auf wenige Unternehmen und durch eine hohe Bedeutung für Zukunftstechnologien. Die statische Reichweite, die Länderkonzentration, die Substitutionsmöglichkeiten sowie die politische Relevanz befinden sich im mittleren Bereich. Im Vergleich zum Vorjahr hat sich die statische Reichweite verbessert und es besteht kein Länderrisiko mehr, wodurch das Versorgungsrisiko niedriger eingeschätzt wird.

Baryt (Rang 33; 13,8 Punkte) ist ein Mineral, das als Zusatzstoff in verschiedensten Industrieprodukten verwendet wird und zum Beispiel in der Beton- und Zementherstellung Einsatz findet. Zement (Rang 38; 10,4 Punkte) befindet sich nach Jahren in der grünen Gruppe nun in der orangefarbenen Gruppe – allerdings nur knapp entfernt von der grünen Gruppe. Er wird in der Regel in engem Zusammenhang mit dem Abbau des wichtigen Bestandteils Kalkstein in direkter Umgebung der Bergwerke und Tagebaue produziert und hier mit zu den Rohstoffen gezählt. Der größte Risikofaktor bei Zement und Baryt ist das Länderrisiko, da die Rohstoffe in vielen Ländern abgebaut werden, die ein hohes Risiko aufweisen. Die übrigen Bewertungen liegen überwiegend im mittleren Bereich, die Preise und die Unternehmenskonzentration sind unkritisch, bei Zement zusätzlich die statische Reichweite und das politische Risiko. Im Vergleich zum Vorjahr ist das Versorgungsrisiko bei beiden Rohstoffen auf Basis der Punktbewertung erhöht, was auf ein erhöhtes Länderrisiko und etwas weniger Substitutionsmöglichkeiten zurückzuführen ist. Bei Baryt wird zusätzlich die politische Relevanz leicht kritischer als im letzten Jahr eingestuft, die statische Reichweite dagegen besser.

Das Edelmetall Gold befindet sich auf Rang 34 mit 13,1 Punkten. Gold hat Bedeutung in der Elektroindustrie und wird als Schmuck und Wertaufbewahrungsmittel verwendet. Durch seinen Einsatz in der Elektroindustrie hat es eine hohe Bedeutung für Zukunftstechnologien. Weitere Risiken bestehen in ihrer kurzen statischen Reichweite, einem hohen Länderrisiko und der hohen Anfälligkeit für eine strategische Rohstoffpolitik. Dadurch, dass das Länderrisiko und die politische Relevanz im Vergleich zum letzten Jahr gestiegen sind, liegt das Versorgungsrisiko nun höher als im letzten Jahr.

Blei (Rang 35; 12,4 Punkte) und Kadmium (Rang 37; 10,5 Punkte) sind Schwermetalle, deren Verwendung aufgrund von Gesundheitsgefahren in den meisten Anwendungen streng reguliert und begrenzt ist. Das größte Risiko stellt bei beiden die geringe statische

Reichweite dar, bei Blei zusätzlich das Länderrisiko. Die übrigen Risikofaktoren befinden sich überwiegend im mittleren Bereich, das Preisrisiko sowie die Unternehmenskonzentration werden als unkritisch erachtet. Das Versorgungsrisiko hat sich gegenüber dem Jahr 2021 bei Blei geringfügig erhöht, bei Kadmium ist es leicht gesunken.

Feldspat wird in der Keramik- und Glasherstellung verwendet und befindet sich auf Rang 36 mit 12,0 Punkten. Es besteht ein hohes Länderrisiko, die Gefahr des strategischen Einsatzes wird als hoch bewertet. Die statische Reichweite, die Preisentwicklung sowie die Unternehmenskonzentration sind unkritisch. Im Vergleich zum Vorjahr hat sich das Versorgungsrisiko erhöht, weil die Gefahr eines strategischen Einsatzes höher eingestuft wird und sich die Substitutionsmöglichkeiten verringert haben.

Tabelle 2

Bedeutung der Rohstoffe in Risikoklasse II für Bayern

Rohstoffe	Verwendung	Bedeutung für Bayern
Kalisalz	Düngemittel, Industriechemikalien	mittel
Chrom	Edelstahl, Feuerfestindustrie, Chemie, Farbe	mittel
Zink	Galvanik, Nicht-Eisen-Legierungen, Pharmazie, Batterien, Pigmente	hoch
Eisen	Metall- und Elektroindustrie, Bauwirtschaft	hoch
Zirkon	Schmelztiegel, Dentaltechnik, Festoxid-Brennstoffzelle	mittel
Baryt	Bohrspülung, chemische Anwendungen, Schwerbetonzuschlag oder Röntgenkontrastmittel	niedrig
Gold	Schmuck, Zahntechnik, Elektroindustrie	niedrig
Blei	Akkumulatoren, Kabel, Glasindustrie, Chemie, Farbstoffe, Legierungen, Elektrotechnik, Radiologie und Munition	mittel
Feldspat	Keramik- und Glasindustrie	niedrig
Kadmium	Solarzellen, Halbleiter	mittel
Zement	Infrastruktur	hoch

Eigene Zusammenstellung der IW Consult, 2022

In Tabelle 2 sind die Rohstoffe der orangefarbenen Gruppe mit ihren wichtigsten Verwendungen und ihrer Bedeutung für Bayern zusammengefasst. Bei drei der elf Rohstoffe in der orangefarbenen Gruppe wird die Bedeutung für Bayern als hoch eingestuft. Dies sind die

Metalle Zink und Eisen, die im Fahrzeugbau, der Metall- und Elektroindustrie sowie im Maschinenbau eingesetzt werden, sowie Zement. Fünf weitere Rohstoffe der orangefarbenen Gruppe haben für Bayern eine mittlere Bedeutung.

4.3 Grüne Gruppe

In der grünen Gruppe der Rohstoffe, die nur ein geringes Versorgungsrisiko aufweisen, befinden sich sieben Rohstoffe und damit ein Rohstoff weniger als im letzten Jahr (Abbildung 6). Zement hat gegenüber dem letzten Jahr die Gruppe gewechselt und liegt nun knapp in der orangefarbenen Gruppe. Die Rohstoffe in der grünen Gruppe weisen eine große statische Reichweite, ein geringes Preisrisiko und eine geringe Unternehmenskonzentration auf. Zudem findet der Abbau der Rohstoffe jeweils verteilt über viele Länder statt, weshalb das Länderrisiko mittel bis gering ist. Substitutionsmöglichkeiten befinden sich im mittleren Bereich, ebenso die Bedeutung für Zukunftstechnologien und die Gefahr eines strategischen Einsatzes. Bei den letzten beiden Bereichen hat nur Quarzsand ein höheres Risiko als die übrigen Rohstoffe. Die Bedeutung für Zukunftstechnologien wird hier im Rahmen des Expertenpanels als ebenso hoch eingeschätzt wie die Anfälligkeit gegenüber einer strategischen Rohstoffpolitik.

Innerhalb der Gruppe ist der Risiko-Index für Kaolin, Glimmer und Schwefel gestiegen, bei Quarzsand, Bentonit sowie Steinsalz gesunken und bei Gips und Anhydrit gleichgeblieben.

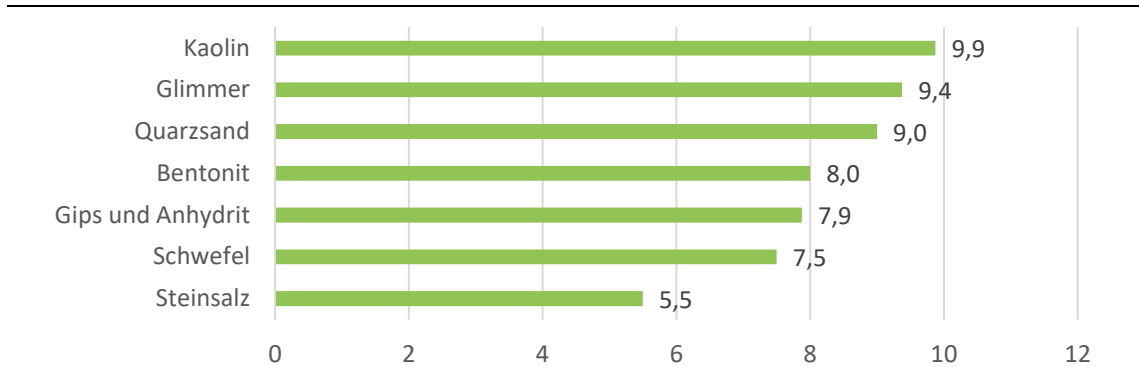
Bei Kaolin, Glimmer und Schwefel ist der Anstieg zurückzuführen auf ein höheres Länderrisiko, bei Kaolin und Glimmer zusätzlich auf eine leicht erhöhte Länderkonzentration. Bei Glimmer hat sich des Weiteren die Anfälligkeit gegenüber einer strategischen Rohstoffpolitik erhöht.

Bei Quarzsand, Bentonit und Steinsalz hat sich das Versorgungsrisiko leicht verbessert. Bei Quarzsand und Bentonit trägt die verringerte Länderkonzentration zur verbesserten Einstufung bei. Bei Quarzsand kommt noch hinzu, dass sich die Bedeutung für Zukunftstechnologien leicht verringert hat, allerdings ist sie immer noch mit einem hohen Risiko verbunden. Bei Steinsalz wird nun das Länderrisiko als unkritisch eingestuft.

Gips und Anhydrit haben im aktuellen Jahr dasselbe Versorgungsrisiko wie im letzten Jahr. Hier hat sich das politische Risiko leicht erhöht, während sich gleichzeitig die Bedeutung für Zukunftstechnologien etwas verringert hat.

Abbildung 6

Risikoklasse III der Rohstoffe – grüne Gruppe



Eigene Darstellung IW Consult, 2022

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

Tabelle 3

Bedeutung der Rohstoffe in Risikoklasse III für Bayern

Rohstoffe	Verwendung	Bedeutung für Bayern
Kaolin	Beschichtung von Papier und Keramik	mittel
Glimmer	Farbstoffe, Füllstoffe, Dämmung, Kosmetik, Keramik, Isolierung	mittel
Quarzsand	Glas- und Gießerei-Industrie	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, 2022

In Abbildung 7 sind die Bedeutung der einzelnen Rohstoffe für Bayern und ihr Rohstoffrisiko als Synopse gegenübergestellt. Es fällt auf, dass häufig die Rohstoffe mit einem hohen Risiko auch eine hohe Bedeutung für Bayern aufweisen. Dies liegt daran, dass viele dieser als riskant bewerteten Rohstoffe eine hohe Bedeutung für Zukunftstechnologien haben, die für die technologieorientierte Industrie in Bayern wichtig sind.

Abbildung 7
Bedeutungs-Risiko-Matrix

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

Eigene Darstellung IW Consult, 2022

4.4 Entwicklung der Rohstoff-Risiken im Zeitverlauf

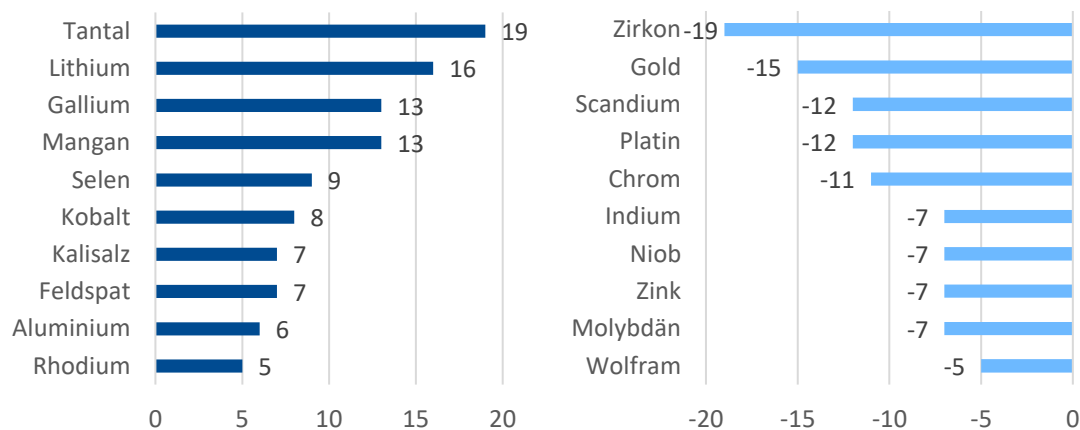
Betrachtet man die Rohstoff-Risiken ab dem Jahr 2015 bis zum Jahr 2022, so ist das Risiko bei Tantal und Lithium am stärksten gestiegen (Abbildung 8). Lag Tantal im Jahr 2015 mit einem Index von 13,8 Punkten noch auf Rang 22, ist es im Jahr 2022 mit einem Index von 19,5 Punkten der Rohstoff mit dem dritthöchsten Risiko. Lithium befindet sich im aktuellen Jahr 16 Ränge weiter oben in der Risiko-Skala als noch im Jahr 2015 und liegt inzwischen auf Rang 4 mit einem Index in Höhe von 19,0 Punkten. Bei beiden Rohstoffen ist die Nachfrage in den vergangenen Jahren stark gestiegen, was sich negativ auf die statische Reichweite ausgewirkt hat. Gleichzeitig wuchsen auch die politischen Risiken.

Ergebnisse des Rohstoff-Risiko-Index

Um jeweils 13 Ränge nach oben geklettert sind die Rohstoffe Gallium (2015: Rang 15, 2022: Rang 2) und Mangan (2015: Rang 29, 2022: Rang 16). Während sich Gallium bereits im Jahr 2015 mit einem Index von 15,9 Punkten in der roten Gruppe befand, lag Mangan mit 12,9 Punkten noch in der orangen Gruppe. Im Jahr 2022 befinden sich diese beiden Rohstoffe in der roten Gruppe. Bei Gallium haben besonders die Preisrisiken zugenommen. Bei Mangan wuchsen vor allem die Bedeutung für Zukunftstechnologien und die politischen Risiken. Mit Lithium, Mangan und Kobalt sind Rohstoffe mit besonderer Bedeutung für die Elektromobilität im Risiko gestiegen. Tantal und Gallium werden unter anderem für mikro- und opto-elektronische Anwendungen genutzt.

Abbildung 8

Rohstoffe mit den größten Rangveränderungen im Risiko-Index 2015-2022



Quelle: Eigene Darstellung IW Consult, 2022

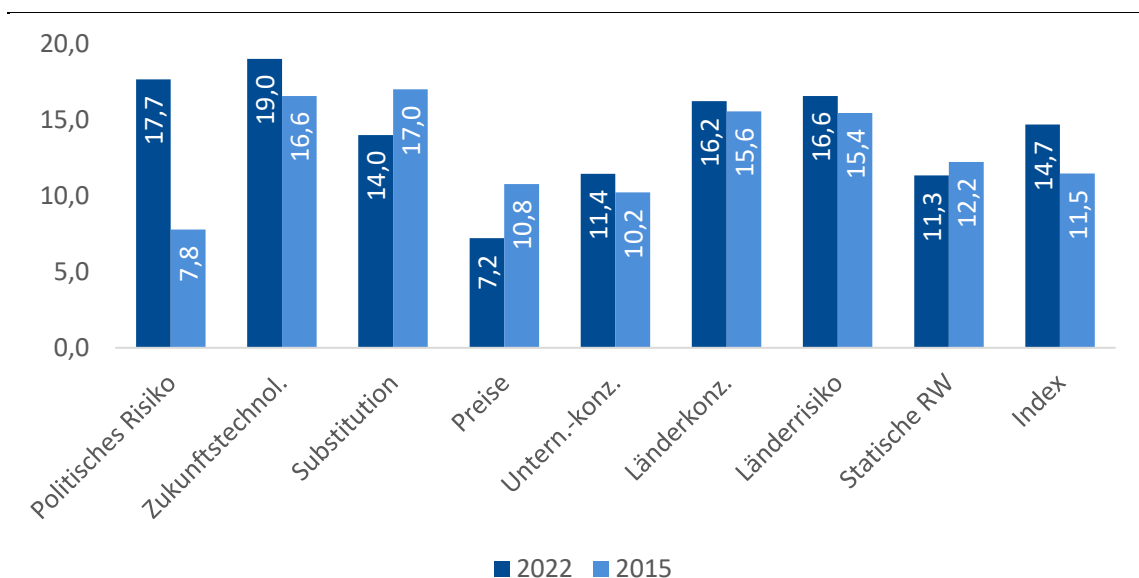
Umgekehrt gibt es aber auch Rohstoffe, deren Risiko sich seit dem Jahr 2015 verringert hat. Zirkon befand sich zum Beispiel im Jahr 2015 mit einem Index von 16,3 Punkten und Rang 13 in der roten Gruppe. Mittlerweile liegt es um 19 Ränge tiefer und mit einem Index von 13,9 Punkten und Rang 32 in der orangefarbenen Gruppe, vor allem wegen deutlich geringerer Preisrisiken. Auch Gold liegt im Risiko-Ranking im Jahr 2022 deutlich weiter hinten als noch im Jahr 2015. Der Risiko-Index hat sich von 14,3 Punkten auf 13,1 Punkte verringert, wodurch Gold im Jahr 2022 auf Rang 34 statt auf Rang 19 im Jahr 2015 liegt. Der Rohstoff befindet sich allerdings nach wie vor in der orangefarbenen Gruppe. Auch hier ist das Preisrisiko deutlich geringer. Zudem hat sich die Konzentration der Förderung reduziert. Ein weiterer Rohstoff, dessen Risiko gesunken ist, ist Scandium. Es liegt zwar auch im Jahr 2022 wie bereits im Jahr 2015 in der roten Gruppe, ist aber inzwischen auf Rang 17 (2022) statt auf Rang 5 (2015) zu finden. Der Index-Wert hat sich von 18,6 Punkten im Jahr 2015 auf 15,9 Punkte im Jahr 2022 verbessert. Risikomindernd wirken sich die Einschätzungen zu den Substitutionsmöglichkeiten und der Bedeutung für Zukunftstechnologien aus. Auch das Preisrisiko ist deutlich kleiner.

Auch die Struktur der Risikodimensionen in der Gesamtbewertung des Rohstoff-Risiko-Index hat sich im Zeitverlauf seit dem Jahr 2015 verändert (Abbildung 9). Der Gesamtdurchschnitt des Risiko-Index ist von 11,5 auf 14,7 Punkte gestiegen. Besonders stark gestiegen ist die Einschätzung der Politischen Risiken (von 7,8 auf 17,7 Punkte). Die zunehmende Risiko-Wahrnehmung steht dabei in Einklang mit der Erhöhung der Risiken bei den Dimensionen Unternehmenskonzentration, Länderkonzentration und Länderrisiko. Auch die Bedeutung für Zukunftstechnologien hat im Zeitverlauf zugenommen. Demgegenüber haben sich die Möglichkeiten zur Substitution verbessert und die Statischen Reichweiten im Durchschnitt verlängert. Beides lässt sich als Ergebnis von Investitionen in technologischen Fortschritt in der Verwendung und in die Erweiterung der Förderkapazitäten interpretieren. Auch das Preisrisiko liegt im Jahr 2022 unter dem Risiko des Jahres 2015.

Die höheren Risiken spiegeln sich auch in der Anzahl der Rohstoffe in der roten Gruppe wider. Im Jahr 2015 zählten 16 Rohstoffe in diese Gruppe, im Jahr 2022 sind es 27 Rohstoffe. In diesem Zeitraum sind 14 einzelne Rohstoffe in eine höhere Risikoklasse gewandert.

Abbildung 9

Veränderung der Risiko-Dimensionen 2022 im Vergleich zu 2015



Quelle: Eigene Darstellung IW Consult, 2022

4.5 Die Bedeutung Russlands und der Ukraine als Rohstoffproduzenten

Russland war bislang nicht nur ein wesentlicher Gas-Lieferant für Deutschland, sondern exportiert auch wichtige Rohstoffe für die deutsche Industrie. Deutschland ist vor allem bei den Rohstoffen Selen, Nickel und Palladium abhängig von Importen aus Russland (Abbildung 10). Gleichzeitig zählt Russland bei vielen dieser Rohstoffe zu den größten

Primärrohstoffproduzenten weltweit (Abbildung 11). Dies erschwert eine Abkopplung von der russischen Produktion und eine substanzielle Verringerung der Importabhängigkeit.

Bei **Selen** blieb zwar die absolute, aus Russland importierte Menge (in Tonnen) des Rohstoffs mit Ausnahme des Jahres 2020 in den letzten drei Jahren relativ konstant. Dennoch kam es im Laufe der letzten Jahre zu einer starken Zunahme des Anteils von Selen-Importen aus Russland. Machte der Anteil nach Angaben des Statistischen Bundesamts im Jahresdurchschnitt 2019 gewichtsmäßig noch 3,4 Prozent der deutschen Selen-Importe aus, stieg er im Jahr 2020 sprunghaft auf 28,1 Prozent und im Jahresdurchschnitt 2021 weiter auf 36,0 Prozent. In den ersten acht Monaten des Jahres 2022 nahm der Anteil Russlands weiter zu und lag bei 40,6 Prozent. Gewichtsmäßig blieb die importierte Menge dagegen in absoluten Zahlen mit Ausnahme des Jahres 2020 eher konstant: Im Jahr 2019 wurden 44 Tonnen Selen aus Russland importiert. Die Menge sank im Jahr 2020 vorübergehend auf 20 Tonnen, um dann im Jahr 2021 wieder auf 44 Tonnen anzusteigen. Im Jahr 2022 wurden von Januar bis August von Deutschland bislang insgesamt 48 Tonnen Selen aus Russland importiert, wobei die höchsten Mengen auf die Monate April (15 Tonnen) und Mai (16 Tonnen) entfielen.

Bei Selen war Russland im Jahr 2020 zwar fünftgrößter Produzent weltweit (Anteil: 5 Prozent). Selen wird aber als Nebenprodukt der Kupfer- und Nickelproduktion erzeugt. Es fallen so auch in vielen weniger riskanten Ländern wie Japan, Deutschland oder Belgien nennenswerte Produktionsmengen an, die zu einer Substitution der Importe aus Russland beitragen können.

Eine weitere Abhängigkeit von Importen aus Russland besteht bei **Nickel**, das derzeit noch überwiegend in der Herstellung korrosionsfreier Stahllegierungen verwendet wird, in Zukunft aber durch die Verwendung in Batterien für die Elektromobilität an Bedeutung gewinnen wird. Nach Angaben des Statistischen Bundesamtes kamen im Durchschnitt der Jahre 2019 bis 2021 30,4 Prozent der deutschen Nickelimporte (gemessen am Gewicht) aus Russland, wobei der Anteil von 2019 bis 2021 sukzessive von 36,0 Prozent auf 28,1 Prozent abnahm. In den ersten acht Monaten des Jahres 2022 kam es ungeachtet des Ukraine-Konflikts wieder zu einem Anstieg, so dass der Anteil der deutschen Nickel-Importe aus Russland bei 30,6 Prozent der gesamten deutschen Nickel-Importe lag.

Verschärft wird die Abhängigkeit durch den hohen Anteil Russlands (7 Prozent) bei der weltweiten Minenproduktion. Russland liegt hier auf Rang 3. Indonesien als größter Minenproduzent von Nickel verfolgt aber eine sehr restriktive Exportpolitik mit dem Ziel, die eigene Weiterverarbeitung der Erze zu stärken. So können die russischen Importe nur schwer durch Lieferungen aus anderen Ländern ersetzt werden.

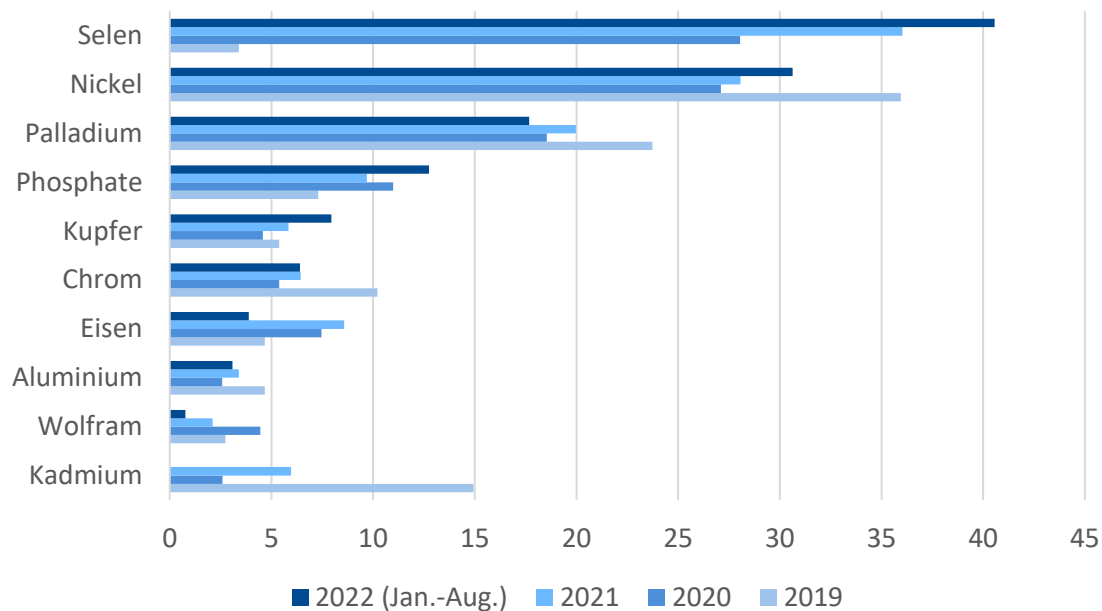
Auch bei **Palladium** gibt es eine relativ große Abhängigkeit von Importen aus Russland. Palladium wird vor allem beim Bau von Autokatalysatoren, in der chemischen Industrie und in der Elektrotechnik verwendet und ist damit ein essenzieller Inputfaktor bei führenden deutschen Industrien. Im Gegensatz zu Nickel sank bei Palladium der Anteil Russlands in den ersten acht Monaten des Jahres 2022 gegenüber dem Durchschnitt der Vorjahre. Betrug er im Durchschnitt der Jahre 2019 bis 2021 gewichtsmäßig 20,7 Prozent der

deutschen Palladium-Importe, lag der Anteil Russlands von Januar bis August 2022 bei 17,7 Prozent. Im selben Vorjahreszeitraum waren es noch 23,7 Prozent.

Auch bei Palladium ist eine Substitution durch andere Lieferanten schwierig, da Russland mit einem Anteil von 35,7 Prozent der größte Minenproduzent ist. Bei anderen Platingruppenmetallen (Platin und Rhodium) gehört Russland zu den größten drei Produzenten.

Abbildung 10

Anteil der Importe aus Russland an den jeweiligen Rohstoffimporten Deutschlands in Prozent

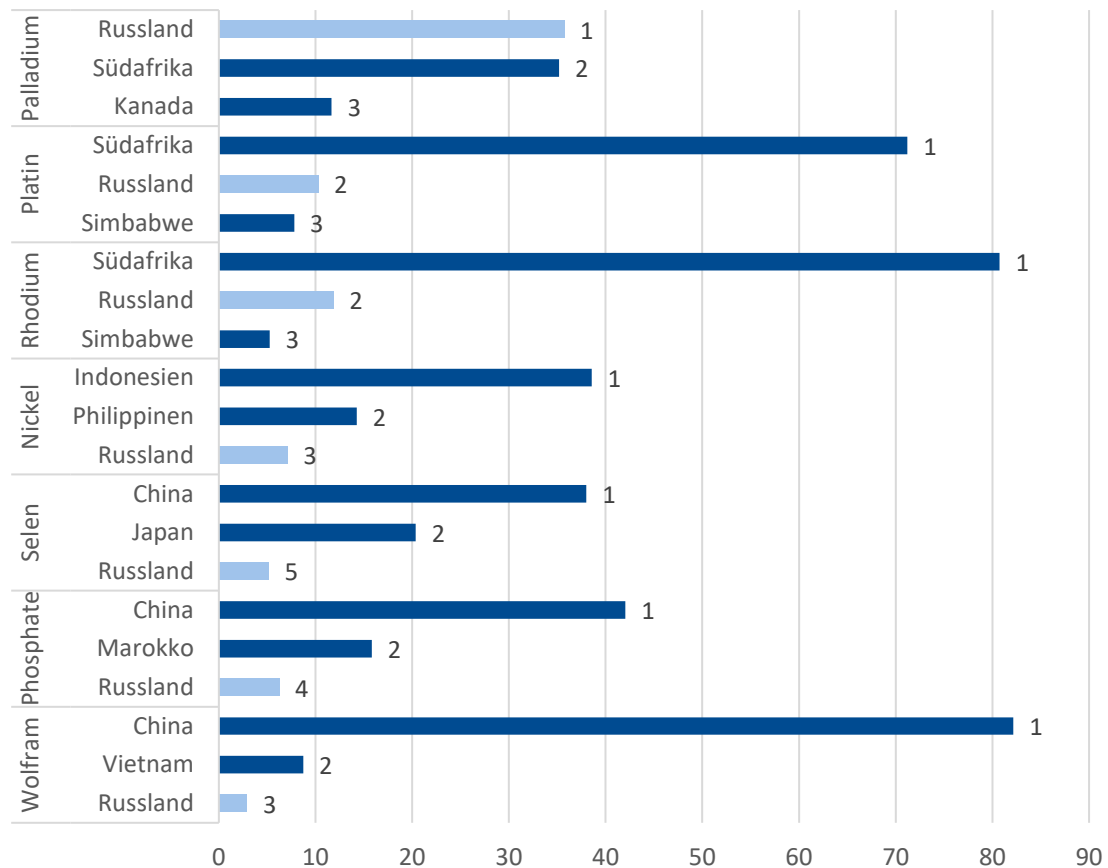


Quelle: Statistisches Bundesamt, 2022a, b; eigene Darstellung IW Consult.

Weitere Abhängigkeiten lassen sich z. B. bei Phosphaten, Kupfer, Chrom, Eisen und Aluminium erkennen. Bei **Phosphaten** ist der Anteil von Importen aus Russland von 9,3 Prozent im Durchschnitt der Jahre 2019 bis 2021 auf 12,7 Prozent in den ersten acht Monaten des Jahres 2022 gestiegen. Im selben Vergleichszeitraum stieg der Russland-Anteil bei importiertem **Kupfer** von 5,3 Prozent auf 8,0 Prozent. Bei Chrom, Eisen und Aluminium sind dagegen Rückgänge zu verzeichnen. Bei **Chrom** sank der Anteil Russlands an den deutschen Chrom-Importen von 7,3 Prozent auf 6,4 Prozent, bei **Eisen** von 6,9 Prozent im Durchschnitt der Jahre 2019 bis 2021 auf 3,9 Prozent im Zeitraum von Januar bis August 2022. Auch bei Aluminium gab es leichte Rückgänge: Der Anteil Russlands an den deutschen Aluminium-Importen sank von 3,9 Prozent im Jahresdurchschnitt 2019-2021 auf 3,1 Prozent im Zeitraum von Januar bis August 2022.

Abbildung 11

Russlands Anteil an der weltweiten Primärrohstoffproduktion
Ausgewählte Rohstoffe (Angaben in Prozent)



Angaben für 2021 (Palladium, Platin, Rhodium, Nickel) oder 2020 (Selen, Phosphate, Wolfram)

Quelle: S&P, BGS, eigene Berechnungen IW Consult.

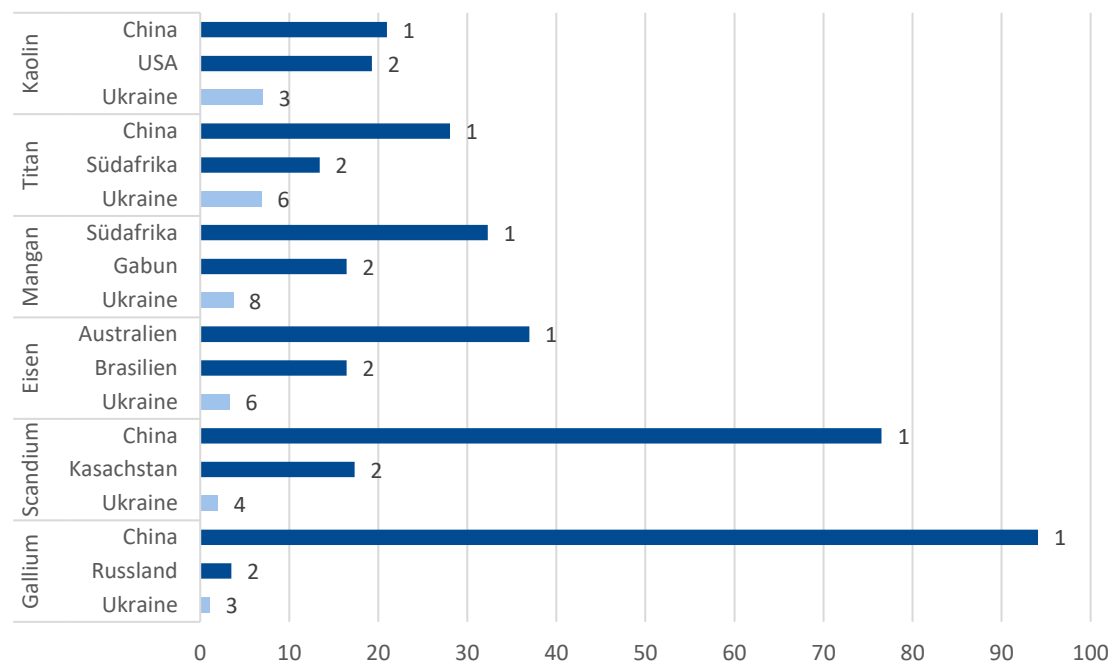
Russlands Position als Rohstoffproduzent ist relativ breit aufgebaut. Es erreicht insgesamt bei 18 der 45 im Rohstoff-Risiko-Index vertretenen Rohstoffe einen Rang unter Top-5-Produzenten. Bei 13 der 45 Rohstoffe liegt der Förderanteil bei über 5 Prozent. Dennoch ist beispielsweise Chinas Marktdominanz noch deutlich stärker ausgeprägt. Das Land ist bei 25 der 45 betrachteten Rohstoffe der größte Produzent, bei 35 Rohstoffen gehört es zu den Top-5-Produzenten, bei ebenso vielen liegt der Förderanteil bei mindestens 5 Prozent.

Die Position der Ukraine auf den Rohstoffmärkten ist deutlich weniger prägnant. Sie taucht nur bei 14 der 45 untersuchten Rohstoffe überhaupt als eines der Länder mit nennenswerter Produktion auf. Die größten Weltmarktanteile an der Produktion sind bei Kaolin und bei Titan (jeweils rund 7 Prozent) zu beobachten (Abbildung 12). Damit steht die Ukraine

hier auf Rang 3 (Kaolin, nach China und den USA) und Rang 6 (Titan, nach China, Südafrika, Australien, Kanada und Mosambik) der größten Produzenten. Auch bei Eisen (Anteil: 3,3 Prozent), Mangan (3,7 Prozent), Scandium (2 Prozent) und Gallium (1 Prozent) zählt die Ukraine noch zu den zehn größten Produzenten weltweit. Ihre Anteile an der Förderung sind aber gering.

Abbildung 12

Anteil der Ukraine an der weltweiten Primärrohstoffproduktion
Ausgewählte Rohstoffe (Angaben in Prozent)



Angaben für 2021 (Eisen) oder 2020 (Kaolin, Titan, Mangan, Scandium, Gallium)

Quelle: S&P, BGS, eigene Berechnungen IW Consult.

5 Fallstudien

In den Fallstudien wird die Versorgungssituation bei zwei wesentlichen Rohstoffen für die Wirtschaft im Detail beleuchtet: Kupfer und Zement

5.1 Kupfer: zentraler Rohstoff für die Elektrifizierung der Wirtschaft

Kupfer gehört zu den Rohstoffen, die heute schon in großem Umfang abgebaut, verarbeitet und eingesetzt werden und für die dadurch eine etablierte Lieferkette besteht. In Zukunft ist von einer deutlich zunehmenden Nutzung von Kupfer auszugehen. Im Rohstoff-Risiko-Index wird die Versorgungssicherheit bei Kupfer zudem heute kritischer eingeschätzt als vor wenigen Jahren. Der Indexwert von 15 (2022) liegt deutlich höher als die Werte von etwa 2017 (11,3) oder 2015 (13,3).

Kupfer wird in einer Vielzahl von Zukunftstechnologien eingesetzt, die zur Dekarbonisierung der Wirtschaft beitragen. Zu den wichtigen zukünftigen Einsatzfeldern gehören unter anderem der Ausbau der Stromnetze, elektrische Traktionsmotoren für Kraftfahrzeuge, Windkraftanlagen, Feststoffbatterien oder die Wasser-Elektrolyse (vgl. Marscheider-Weidemann, F. et al., 2021).

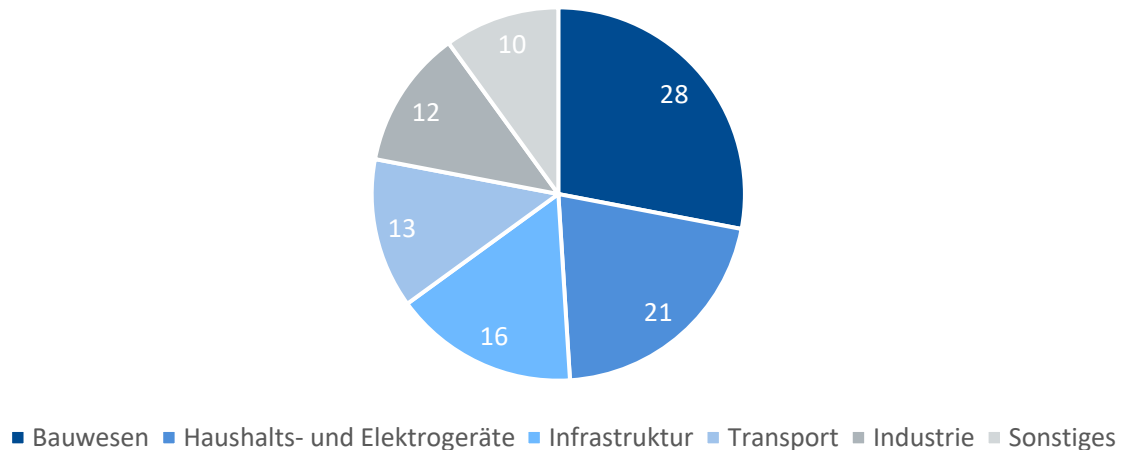
5.1.1 Verwendung von Kupfer

Der Einsatz von Kupfer dient vielerlei Zwecken. Heute wird das Metall zu 79 Prozent wegen der elektrischen Leitfähigkeit eingesetzt, beispielsweise in Stromkabeln und sonstigen Leitungen, in Transformatoren, Motorwicklungen, Schienen und Bändern für die Elektrotechnik. 10 Prozent der Nachfrage entsteht durch Anwendungsmöglichkeiten im Rahmen der Wärmeleitfähigkeit wie Heizungs- und Klimaanlageanlagen. Weitere 11 Prozent der Nutzung lassen sich auf unterschiedliche Merkmale wie Formbarkeit, Korrosionsbeständigkeit oder antibakterielle Eigenschaften (Münzen oder Fassadenverkleidung) zurückführen (vgl. Dorner, 2020).

Unterscheidet man nach Einsatzgebieten, erweist sich das Bauwesen mit einem Anteil von 28 Prozent als wichtigster Einsatzbereich (Abbildung 13). Hier wird Kupfer für Kupferdraht und -kabel sowie für Kupferrohre im Sanitär- und Heizungsbereich verwendet. Weitere 21 Prozent fließen in die Produktion von Haushalts- und Elektrogeräten, wie zum Beispiel Weiße Ware, Klimaanlageanlagen, elektrische Werkzeuge und Maschinen sowie elektronische Geräte wie Computer. Darüber hinaus findet das Material zu 16 Prozent Verwendung im Bereich der Infrastruktur (Strom- und Datennetze), zu 13 Prozent im Transportwesen (schwerpunktmäßig in der E-Mobilität als wichtigstem Bereich, aber auch im Schienenverkehr und der Schifffahrt) sowie zu 12 Prozent innerhalb der Industrie für elektrische Anlagen (z.B. Transformatoren, Motoren) und nicht-elektrische Anlagen (z.B. Ventile oder Armaturen) sowie 10 Prozent für Sonstiges, wie zum Beispiel Münzen und Munition (vgl. Dorner, 2020).

Abbildung 13

Verwendung von Kupfer nach Einsatzgebieten



Angaben in Prozent

Quelle: Dorner, 2020; eigene Darstellung IW Consult.

Kupfer ist zudem Bestandteil von Legierungen. Bekannt sind Bronze (Kupfer-Zinn) und Messing (Kupfer-Zink). Dabei werden die Eigenschaften des Kupfers verändert, z.B. die Festigkeit oder die Korrosionsbeständigkeit erhöht. Einsatzfelder sind das Transport- und Bauwesen sowie Investitions- und Konsumgüter (Dorner, 2020).

Bei steigendem Preis gewinnen Substitutionsmöglichkeiten an Bedeutung. Rohre oder Dachrinnen werden beispielsweise häufiger aus Zink oder Kunststoff, teilweise auch Aluminium hergestellt. In der Elektrotechnik kann Kupfer durch Aluminium ersetzt werden und damit zu einer Diversifizierung der Risiken beitragen. Die Leitfähigkeit des Aluminiums liegt bei 60 Prozent, die Dichte bei 30 Prozent des Kupfers. Bei begrenztem Bauraum, bei hohen Einsatztemperaturen und mechanischen Anforderungen bleibt Kupfer überlegen. Aluminium könnte in der Elektroenergie-technik wichtiger werden. Nach Einschätzung der International Copper Association wurde im Jahr 2017 allerdings Kupfer im Umfang von weniger als einem Prozent des Gesamtmarkts substituiert (Dorner, 2020). Mit steigenden Kupferpreisen nimmt der Anreiz zur Substitution allerdings zu.

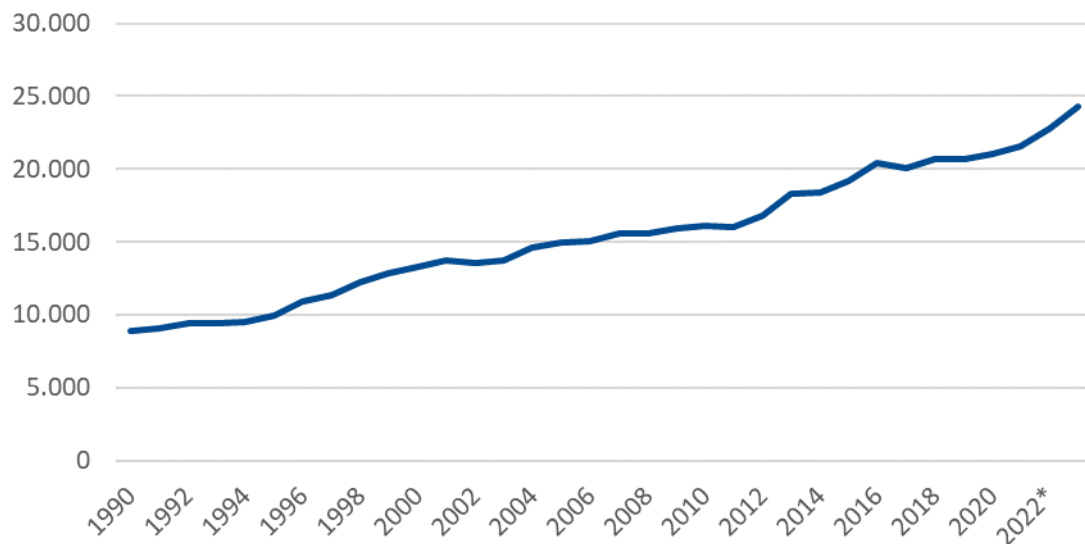
5.1.2 Kupferversorgung

Die Kupferförderung ist weltweit seit 1990 fast kontinuierlich gestiegen (Abbildung 14). Wurden 1990 noch 8.915 Kilotonnen Kupfer gefördert, übertraf die Kupferförderung im Jahr 2016 erstmals die Marke von 20.000 Kilotonnen. Im Jahr 2021 belief sich die Bergwerksförderung auf 21.600 Kilotonnen Kupfer und damit rund 35 Prozent höher als 2010,

49 Prozent höher als 2000 und 142 Prozent höher als 2010. Für die Jahre 2022 und 2023 wird mit einem weiteren Anstieg der Kupferförderung gerechnet.

Abbildung 14

Weltweite Kupferförderung in Kilotonnen, 1990 - 2023



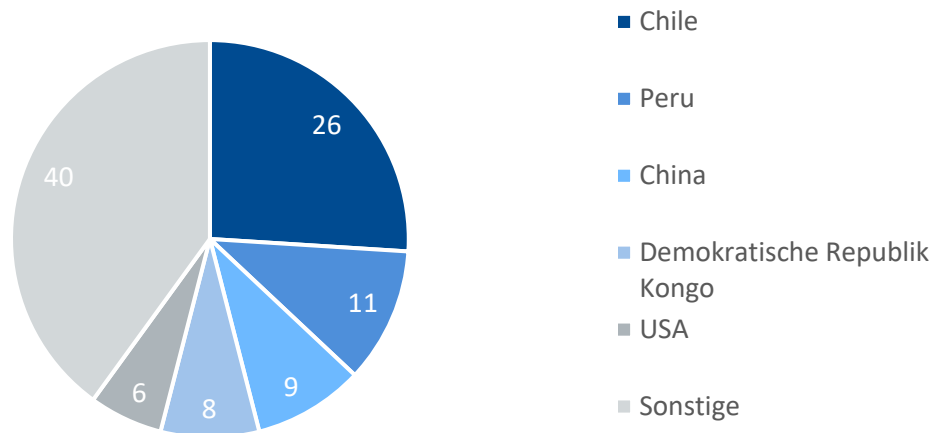
* Ab 2022: Prognose

Quellen: DERA, S&P; eigene Darstellung IW Consult.

Der Großteil der Bergwerksförderung von Kupfer ist auf wenige Länder konzentriert (Abbildung 15). Die zehn größten Förderländer kamen in den vergangenen Jahren auf einen Anteil von jeweils knapp 80 Prozent der weltweiten Bergwerksförderung. Im Jahr 2021 waren Chile (26 Prozent), Peru (11 Prozent), China (9 Prozent), die Demokratische Republik Kongo (8 Prozent) und die USA (6 Prozent) die größten Förderländer. Mit Anteilen zwischen fünf und drei Prozent folgen Australien, Sambia, Russland, Mexiko, Indonesien, Kasachstan und Kanada. Die größten europäischen Länder mit eigener Bergwerksförderung sind Polen, Spanien und Bulgarien mit Anteilen zwischen 1,8 Prozent und 0,5 Prozent an der weltweiten Förderung. Die Bergwerksproduktion europäischer Länder wird für 2021 auf rund 900.000 Tonnen geschätzt.

Abbildung 15

Verteilung der weltweiten Bergwerksförderung von Kupfer in Prozent



Quelle: S&P, eigene Berechnungen IW Consult

Je nach Art des in der Bergwerksförderung gewonnenen Erzes kommen verschiedene Verfahren der Auf- und Weiterverarbeitung zum Einsatz. Sulfidisches Erz wird zu Kupferkonzentrat aufbereitet und in einem pyrometallurgischen Verfahren gegebenenfalls unter Beimischung von Schrott zu sogenannter Kupferkathode mit einem Reinheitsgrad von mindestens 99,9 Prozent verarbeitet. Oxidisches Erz wird in einem hydrometallurgischen Verfahren in den Schritten Laugung, Lösungsmittelextraktion und elektrolytische Gewinnung zum gleichen Produkt Kupferkathode mit mindestens 99,9 Prozent Reinheitsgrad aufbereitet. Für das Jahr 2020 werden rund 16 Prozent der Kupferproduktion dem hydrometallurgischen Verfahren zugerechnet. Die Kupferkathode wird dann weiter in den industriellen Wertschöpfungsprozess geleitet. (vgl. Dorner, 2020; ICSG, 2021).

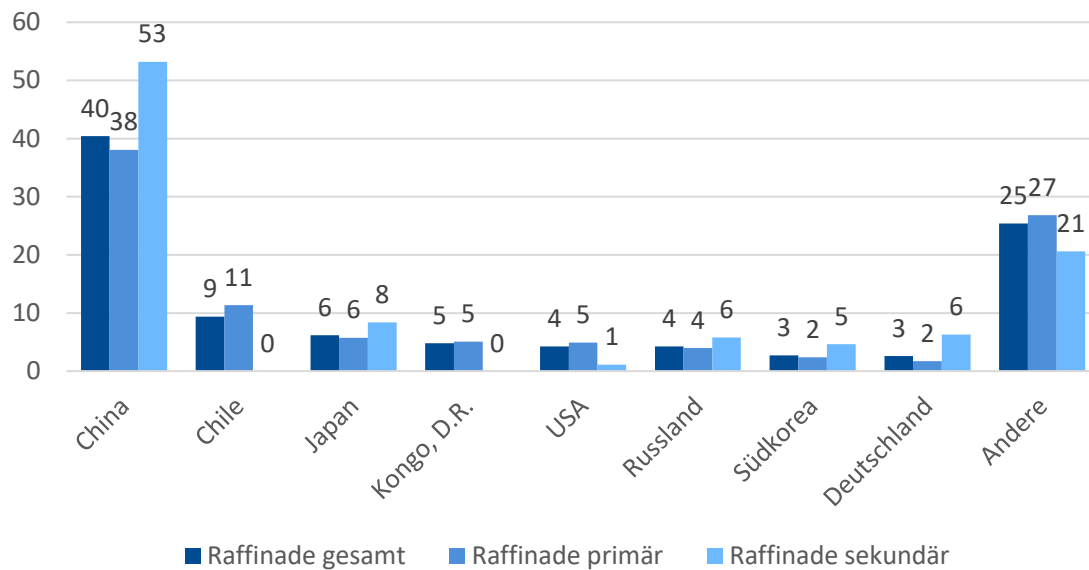
In der Weiterverarbeitung oder Raffinade von Kupfer werden allerdings auch zu einem großen Teil Sekundärrohstoffe eingesetzt. Die Herkunft der Sekundärrohstoffe ist nicht an Bergwerke gebunden, sondern wird durch die Wiederverwendung gebrauchter Werkstoffe gespeist. Dieses Recycling kann in Ländern mit großer Verwendung von Kupfer einen hohen Beitrag zur Versorgung der Weiterverarbeitung liefern. China ist mit Abstand das Land mit der größten Raffinadeproduktion weltweit (Abbildung 16). Von den rund 24,2 Millionen Tonnen Produktion an raffiniertem Kupfer stammten 2019 rund 40 Prozent aus China. Von den rund 20 Millionen Tonnen Primärraffinade aus Erzen und Konzentraten der Bergwerksförderung erzeugte China 38 Prozent, von den rund 4,1 Millionen Tonnen Sekundärraffinade aus Recyclingmaterial stammten sogar 53 Prozent aus China.

Chile als Land mit der größten Bergwerksförderung verarbeitet dagegen nur einen Teil der eigenen Bergwerksförderung weiter. Rund 11 Prozent der Primärraffinade von Kupfer

werden in Chile erzeugt. Wie im Kongo findet hier keine Sekundärraffinade statt. Dagegen lässt sich in rohstoffarmen Industrieländern wie Japan, Südkorea und Deutschland ein deutlich höherer Anteil an der weltweiten Sekundärraffinade feststellen als bei der Primärraffinade. Hier kommen offenbar deutlich größere Anteile von Sekundärrohstoffen zum Einsatz.

Abbildung 16

Verteilung der weltweiten Raffinadeproduktion von Kupfer in Prozent

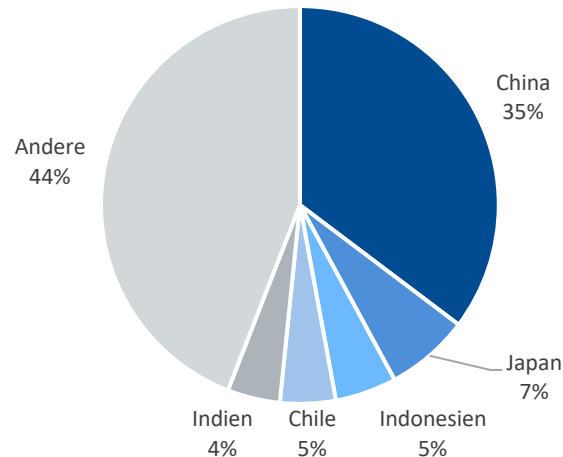


Quelle: DERA, 2022, eigene Berechnungen, IW Consult

Auch die Kapazitäten zur Weiterverarbeitung von Kupfer konzentrieren sich im weltweiten Maßstab stark auf China (Abbildung 17). Hier werden 35 Prozent der weltweiten Kapazitäten verortet. Weitere große Standort der Weiterverarbeitung sind demnach Japan (7 Prozent), Indonesien (5 Prozent), Chile (5 Prozent) und Indien (4 Prozent). Deutschland folgt in dieser Aufstellung auf Rang 9 (2,6 Prozent). Schnelle und größere Veränderungen an der geografischen Verteilung der Weiterverarbeitungsproduktion bei Kupfer sind aus dieser Perspektive nicht zu erwarten, da erst durch Investitionen die entsprechenden Kapazitäten geschaffen werden müssten.

Abbildung 17

Verteilung der weltweiten Kapazitäten zur Weiterverarbeitung von Kupfer



Kapazitäten von „Refinery“ und „Smelter“; Angaben in Prozent

Quelle: S&P, eigene Berechnungen, IW Consult

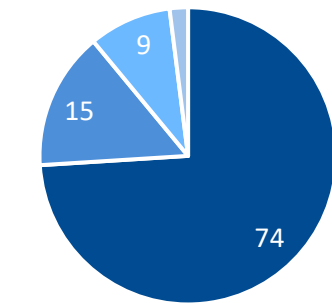
Der größte Teil der weltweiten Kupfernachfrage entfällt auf Asien (Abbildung 18, linke Hälfte). Im Jahr 2020 waren dies knapp drei Viertel der Nachfrage. Auf Europa (15 Prozent) und Nordamerika (9 Prozent) kommen deutlich kleiner Anteile (ICSG, 2021). Betrachtet man die Kupfernachfrage nach Ländern (Abbildung 18, rechte Hälfte) ist China (52 Prozent) mit Abstand der größte Nachfrager nach Kupfer. Es folgen mit einigem Abstand die anderen vier großen Länder mit bedeutender Metall- und Elektroindustrie, die USA (8 Prozent), Deutschland (5 Prozent), Japan (4 Prozent) und Südkorea (3 Prozent).

Die europäische Nachfrage nach Kupfer übersteigt das europäische Angebot an Kupfererzen (rund 4 Prozent der Weltproduktion) also stark. Die restliche Nachfrage muss durch Importe von Kupfererzen oder die Verwendung von Sekundärrohstoffen gedeckt werden. Im Hinblick auf das Verhältnis von Raffinadeproduktion und -verbrauch von Kupfer gilt die Notwendigkeit, den Verbrauch auch durch Importe zu decken sowohl für Deutschland als auch für China und die USA. Die Deckung der weltweiten Kupfernachfrage ist also für die großen Verbrauchsländer nur durch internationalen Handel mit Erzen und Weiterverarbeitungsprodukten zu gewährleisten.

Abbildung 18

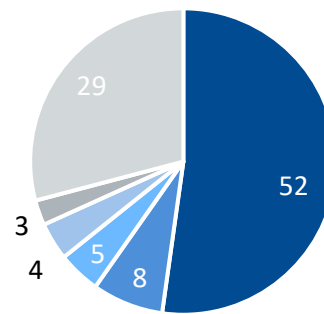
Verteilung der weltweiten Kupfernachfrage in Prozent

Nach Kontinenten, 2020, ICSG



■ Asien
■ Europa
■ Nordamerika
■ Sonstige

Nach Ländern, 2019, DERA



■ China
■ USA
■ Japan
■ Südkorea
■ Deutschland
■ Andere

Quelle: ICSG, 2021; DERA, 2022; eigene Darstellung IW Consult.

5.1.3 Ausblick auf die Kupferversorgung von morgen

5.1.3.1 Kupfer ist ein Rohstoff mit kritischem Versorgungsrisiko

Die große Bedeutung von Kupfer für Zukunftstechnologien spiegelt sich im entsprechenden Teilindex des Rohstoff-Risiko-Indexes wider. Im betrachteten Zeitraum seit 2016 wurde die Bedeutung für Zukunftstechnologien und das damit einhergehende Risiko als durchgehend sehr hoch eingeschätzt (Abbildung 19).

Insgesamt ist die Kritikalität bei Kupfer im Rohstoff-Risiko-Index in den letzten Jahren stetig gestiegen. So lag Kupfer mit einem Rohstoff-Risiko-Index in Höhe von 15 Punkten im Jahr 2022 erstmals knapp in der roten Gruppe, nachdem es sich in den Vorjahren konstant in der orangen Gruppe hielt. Insgesamt erhöhte sich der Rohstoff-Risiko-Index bei Kupfer seit dem Jahr 2016 um 3,8 Punkte

Für das zunehmend höher bewertete Risiko bei Kupfer trugen unterschiedliche Entwicklungen bei den Teilindizes bei. Die größte Veränderung seit dem Jahr 2016 besteht bei der Einschätzung der politischen Relevanz. Während die Gefahr eines strategischen Einsatzes von Kupfer im Jahr 2016 noch als gering eingestuft wurde, lag sie im Jahr 2019 bereits im

mittleren Bereich, bevor sie sich seit dem Jahr 2020 durchgehend im kritischen Bereich befindet. Leicht zugenommen hat bei Kupfer im Jahr 2022 das Länderrisiko: Nachdem es in den Vorjahren als unkritisch bewertet wurde, befindet es sich inzwischen im mittleren Risiko-Bereich. Bei den Preisen hingegen gab es in den letzten Jahren keine eindeutige Tendenz bei der Risiko-Entwicklung. So wurden die Preise in den Jahren 2019, 2020 und im aktuellen Jahr als unkritisch bewertet; in den Jahren 2016 und 2021 lag das Preisrisiko dagegen im mittleren Bereich.

Keine oder nur geringe Änderungen gab es im zeitlichen Verlauf bei den folgenden Teilindizes. So wurden die Substitutionsmöglichkeiten in fast allen betrachteten Jahren als eher kritisch eingestuft, nur im Jahr 2020 befanden sie sich im mittleren Bereich. Durchweg unkritisch stellt sich Entwicklung der Unternehmenskonzentration dar, die Länderkonzentration befindet sich in allen betrachteten Jahren im mittleren Risiko-Bereich.

Abbildung 19

Bewertung der Kritikalität von Kupfer im Rohstoff-Risiko-Index 2016-2022

	2022	2021	2020	2019	2016
Rohstoff-Risiko-Index	15,0	14,9	13,9	13,6	11,3
Statische Reichweite	20	20	20	20	20
Länderrisiko	10	5	5	5	0
Länderkonzentration	10	10	10	10	10
Unternehmenskonzentration	5	5	5	5	5
Preise	5	15	0	5	10
Substitutionsmöglichkeiten	20	15	20	20	20
Zukunftstechnologie	25	25	25	25	20
Politische Relevanz	20	20	20	15	5

Quelle: eigene Darstellung IW Consult, 2022.

5.1.3.2 Szenarien des zukünftigen Kupferbedarfs

In einer Studie der Internationalen Energieagentur (IEA) wird die weltweite Nachfrageentwicklung nach Kupfer im Energiesektor abgeschätzt (IEA, 2022). Darin werden zwei Szenarien unterschieden (Abbildung 20). Das erste Szenario beruht auf einer Fortsetzung der derzeit geplanten Politikmaßnahmen im Bereich Klimaschutz („Aktuelle Politikmaßnahmen“). Das zweite Szenario unterstellt Politikmaßnahmen, die nach Annahmen der Studie aus heutiger Sicht notwendig sind, um die Ziele des Pariser Abkommens zu erfüllen und den Temperaturanstieg durch den Klimawandel auf unter 2-Grad zu beschränken.

Der größte Teil der zusätzlichen Nachfrage nach Kupfer stammt in beiden Szenarien aus der Notwendigkeit, die Stromnetze deutlich auszubauen. Einer Kupfernachfrage von rund 5 Millionen Tonnen Kupfer für den weltweiten Bau von Stromnetzen im Jahr 2020 steht im Jahr 2040 eine Nachfrage von rund 7,6 Millionen Tonnen Kupfer im ersten Szenario und eine Nachfrage von rund 10 Millionen Tonnen Kupfer im zweiten Szenario gegenüber. Der zusätzliche Kupferbedarf für den Ausbau der Stromnetze übersteigt jeweils die zusätzliche Nachfrage aus allen anderen betrachteten Bereichen des Energiesystems.

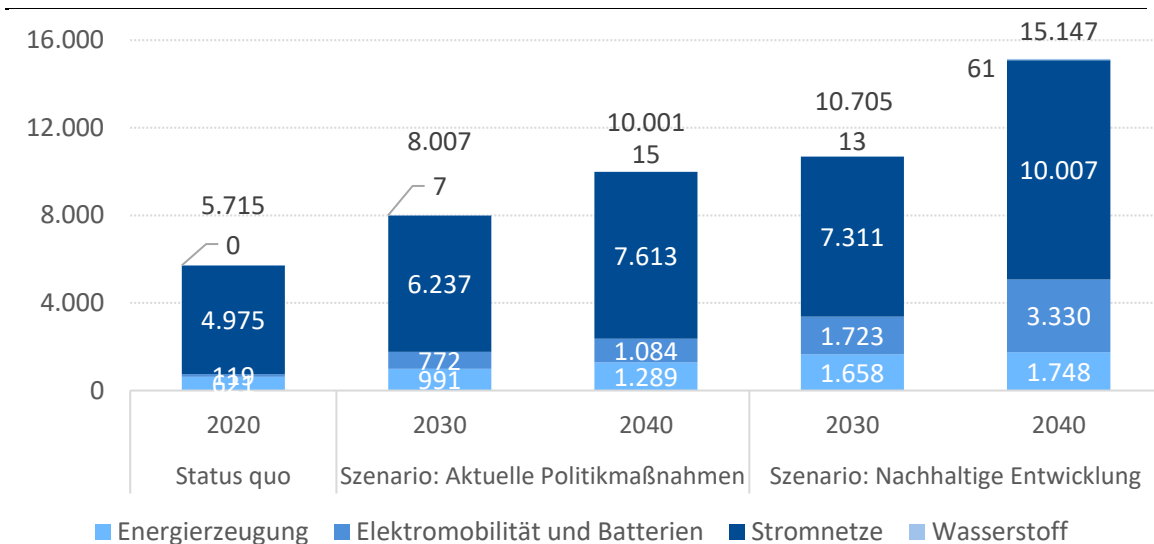
In den anderen Bereichen ist die absolute Nachfrage nach Kupfer deutlich kleiner. Gerade bei den beiden neu zu etablierenden Technologien Elektromobilität und Batterien sowie Wasserstoff fallen allerdings die Wachstumsraten deutlich größer aus. Im Bereich der Elektromobilität und Batterien soll demnach die Kupfernachfrage im Jahr 2040 im Szenario der aktuellen Politikmaßnahmen den heutigen Verbrauch in diesem Bereich um das Neunfache, im Szenario der Nachhaltigen Entwicklung um das 28-fache übersteigen. Für den Bereich Wasserstoff liegt die Kupfernachfrage für das Jahr 2020 bei nur rund 110 Tonnen. Entsprechend groß fallen die Zuwächse aus – im Jahr 2040 auf das 139-fache im Szenario Aktuelle Politikmaßnahmen und auf das 556-fache im Szenario Nachhaltige Entwicklung.

Insgesamt steigt die Nachfrage nach Kupfer für ein umweltfreundliches Energiesystem demnach bis 2030 um 2,3 Millionen Tonnen (Aktuelle Politikmaßnahmen) bis 5 Millionen Tonnen (Nachhaltige Entwicklung). Bis 2040 sind der Studie entsprechend Zuwächse um 4,3 Millionen (Aktuelle Politikmaßnahmen) bis 9,4 Millionen Tonnen (Nachhaltige Entwicklung) zu erwarten. Dies entspricht zwischen 10 Prozent und 43 Prozent der Kupferproduktion des Jahres 2021.

Da auch die sonstige Kupfernachfrage in Zukunft wachsen wird, fallen die Anteile für das Energiesystem in Zukunft nicht ganz so groß aus. Unterstellt man für die anderen Verwendungen die gleiche Wachstumsrate wie für den allgemeinen Kupferverbrauch in den vergangenen Jahren (2,5 Prozent p.a.), steigt diese Nachfrage von rund 19,3 Millionen Tonnen im Jahr 2020 auf 24,7 Millionen Tonnen im Jahr 2030 und auf 31,6 Millionen Tonnen im Jahr 2040. Der Anteil der Kupfernachfrage für das Energiesystem beliefe sich dann auf 24 bis 32 Prozent. Die IEA kommt bei kleineren unterstellten Wachstumsraten für die sonstige Kupfernachfrage (rund ein Prozent p.a.) auf Anteile von 30 bis 45 Prozent.

Abbildung 20

Kupferbedarf für ein umweltfreundliches Energiesystem Angaben in Kilotonnen



Quelle: IEA, 2022; eigene Darstellung IW Consult

Die Unterschiede zwischen den beiden Szenarien der IEA-Studie machen deutlich, dass ein großer Teil der Unsicherheit in den globalen Prognosen zur Nachfrageentwicklung nach Rohstoffen auf die Unsicherheit bezüglich der geplanten Politikmaßnahmen zurückzuführen ist. Die Frage ist dabei, ob die Politik in globalem Maßstab tatsächlich bereit sein wird, alle Maßnahmen zu ergreifen, die aus heutiger Sicht notwendig sind, um die Ziele des Pariser Abkommens zu erfüllen und den globalen Temperaturanstieg auf unter 2 Grad zu beschränken.

In der Transformation des Energiesystems zu einer umweltfreundlichen Energieerzeugung verändert sich die Rohstoffnachfrage von einer Nachfrage nach fossilen Energieträgern hin zu einer Nachfrage nach mineralischen Rohstoffen. Diese Änderung zieht eine entsprechende Verschiebung der Erlösströme der jeweiligen Rohstoffindustrien nach sich.

In einer ähnlichen Untersuchung wird in einer Studie für die Deutsche Rohstoffagentur (DERA) der Bedarf von Kupfer für Zukunftstechnologien abgeschätzt. Er entsprach nach Angaben der Deutschen Rohstoffagentur bereits 2018 mit 19 Prozent rund einem Fünftel der gesamten Kupferproduktion. Je nach Szenario dieser Studie wird er sich bis zum Jahr 2040 vervielfachen (Marscheider-Weidemann, F. et al., 2021).

Als Szenarien werden im Folgenden drei der ab dem Jahr 2011 vom Weltklimarat erstellten Shared Socioeconomic Pathways (SSP) verwendet, die unterschiedliche globale sozioökonomische Entwicklungen für das 21. Jahrhundert darstellen. Ausgewählt wurden dabei die

Extremszenarien „SSP1“ und „SSP5“ sowie das Szenario „SSP2“, das einen Mittelweg der beiden erstgenannten Szenarien darstellt.

Bei den ausgewählten Szenarien „SSP1“ sowie „SSP5“ handelt es sich um Extremszenarien, die zwar beide auf eine global sehr starke Entwicklung von Bildung, Wirtschaft und Technologien setzen, sich aber bei ihrer jeweiligen Schwerpunkt- und Zielsetzung unterscheiden. So steht im Szenario „SSP1“ eine nachhaltige Entwicklung der Weltgemeinschaft unter Berücksichtigung der ökologischen Grenzen im Fokus. Das Szenario „SSP5“ hingegen setzt zur Lösung ökologischer Probleme auf technologische Innovationen und wettbewerbsfähige Märkte, die zu einem rasanten, auf Basis fossiler Treibstoffe vorangetriebenem, Wirtschaftswachstum führen. Investitionen werden hier eher in Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel oder in die Abscheidung von CO₂ getätigt. Das Szenario trägt damit einer langsameren Dekarbonisierung insbesondere in den Schwellenländern Rechnung. Das Szenario „SSP2“ beinhaltet als Mittelweg Elemente aus beiden Extremszenarien, was ein Wechselspiel zwischen fossilbasiertem Wachstum und Bemühungen um eine nachhaltige Entwicklung impliziert. Im Gegensatz zu den Szenarien „SSP1“ und „SSP5“ verläuft beim Mittelweg-Szenario „SSP2“ die globale Entwicklung von Bildung, Wirtschaft und Technologie langsamer, was auf Hemmnisse in Form von Tendenzen zu regionaler Rivalität, Protektionismus sowie Ungleichheiten zurückzuführen ist (Marscheider-Weidemann, F. et al. (2021), Seite 27 ff.).

Abbildung 21 stellt den Bedarf an Kupfer für ausgewählte Zukunftstechnologien dar, die mit entsprechendem Wachstum die Nachfrage erhöhen. Dargestellt sind jeweils die im Jahr 2018 genutzte Kupfermenge sowie die geschätzte Menge in Tonnen im Jahr 2040 für die einzelnen Szenarien der gesamten wirtschaftlichen Entwicklung.

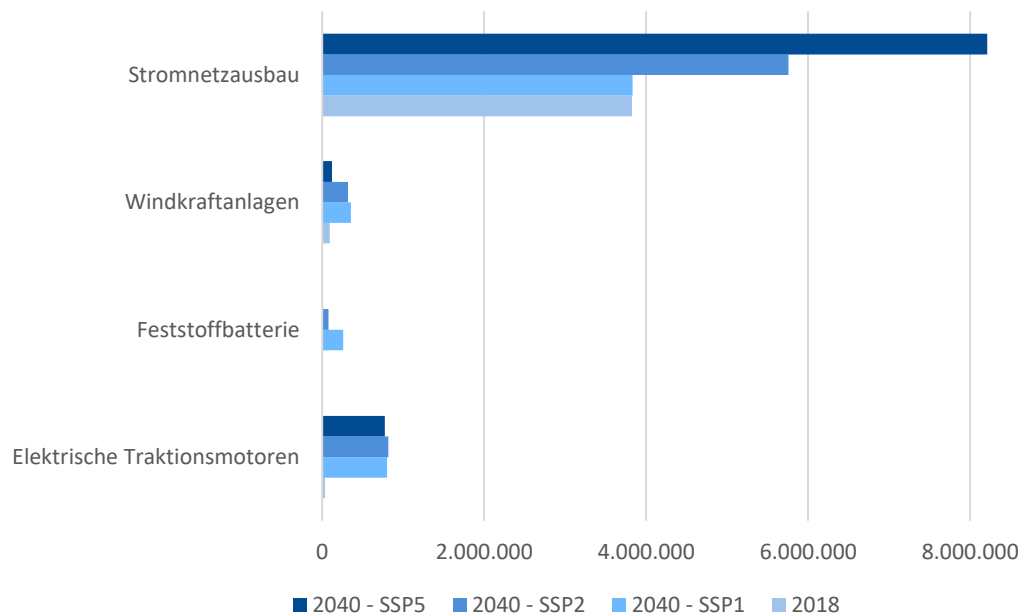
Je nach Szenario werden unterschiedliche Kupferbedarfe für die vier in Abbildung 21 genannten Zukunftstechnologien für das Jahr 2040 prognostiziert. Gegenwärtig ist der Kupferbedarf beim **Stromnetzausbau** mit 3,825 Millionen Tonnen am höchsten (Abbildung 21). In absoluten Zahlen kann die Nachfrage je nach Szenario weiter zunehmen und sich bis 2040 auf 8,211 Millionen Tonnen mehr als verdoppeln. Die höchste Steigerung wird hierbei im Szenario SSP5 erwartet (+114,7 Prozent), während der zukünftige Bedarf im auf Nachhaltigkeit ausgerichteten Szenario SSP1 voraussichtlich nur marginal steigt (+0,2 Prozent).

Neben dem weiteren Ausbau von Windkraftanlagen und dem Entwicklungspotenzial der Feststoffbatterie kann insbesondere im Ausbau der elektrischen **Traktionsmotoren** mit einem um knapp 800.000 Tonnen erhöhten Kupferbedarf bis 2040 gerechnet werden. Der prognostizierte Kupferbedarf unterscheidet sich bei den einzelnen Szenarien kaum voneinander, die erwarteten Zunahmen liegen bei 772.600 Tonnen (Szenario SSP5), 816.000 Tonnen (Szenario SSP2) und 800.000 Tonnen (Szenario SSP1). Bei den Windkraftanlagen und der Feststoffbatterie gehen die erwarteten Steigerungen je nach Szenario dagegen deutlich auseinander. Bei diesen beiden Zukunftstechnologien fallen die erwarteten Steigerungen im Nachhaltigkeitsszenario SSP1 jeweils deutlich höher aus als beim Szenario SSP5. So könnte der Kupferbedarf für **Feststoffbatterien** auf Basis von Szenario SSP1 bis zum Jahr 2040 auf 261.000 Tonnen ansteigen, beim Szenario SSP5 dagegen nur auf

8.000 Tonnen. Bei den **Windkraftanlagen** würde der Kupferbedarf im Jahr 2040 nach Szenario SSP1 um rund 259.900 Tonnen Kupfer zunehmen und damit 10-mal stärker als beim Szenario SSP5 mit einer prognostizierten Zunahme um rund 25.900 Tonnen.

Abbildung 21

Kupferbedarf für ausgewählte Zukunftstechnologien in Tonnen



Quelle: Marscheider-Weidemann, F. et al., 2021; eigene Darstellung IW Consult.

Insgesamt prognostiziert die DERA für die vier genannten Zukunftstechnologien zusammen eine Steigerung des Kupferbedarfs zwischen 32,7 Prozent (SSP1) und 130,5 Prozent (SSP5) gegenüber dem Jahr 2018. Die Kupfernachfrage für diese Zukunftstechnologien wird sich demnach in absoluten Zahlen im Jahr 2040 voraussichtlich zwischen 5,248 Millionen Tonnen (Szenario SSP1) und 9,113 Millionen Tonnen (Szenario SSP5) bewegen. Setzt man diese Nachfrage in Relation zu der weltweiten Kupferproduktion des Jahres 2021 (21,618 Millionen Tonnen), entspräche dies Anteilen zwischen 24,3 Prozent (Szenario SSP1) und 42,2 Prozent (Szenario SSP5).

5.1.3.3 Abschätzung der zukünftigen Kupferverfügbarkeit

Die physische Verfügbarkeit von Kupfer ist langfristig gesichert. Die weltweit verfügbaren Kupfervorräte werden auf 880 Millionen Tonnen geschätzt (USGS, 2022). Bei einem Kupferbedarf von rund 25 Millionen Tonnen jährlich ist die Verfügbarkeit der Ressource langfristig gegeben. Die statische Reichweite liegt bei rund 35 bis 40 Jahren. Darüber hinaus werden die Kupferressourcen in unentdeckten und noch nicht erschlossenen Lagerstätten

auf Basis vorläufiger geologischer Untersuchungen auf insgesamt 5.000 Millionen Tonnen geschätzt.

Die Herausforderung für die Mobilisierung der Angebotsmengen besteht in der Realisierung des Zuwachses in der Förderung und Aufbereitung. Für das Szenario Aktuelle Politikmaßnahmen der IEA muss die jährliche Wachstumsrate der Förderung zwischen 2020 und 2030 von 2,5 Prozent auf 2,7 Prozent erhöht werden. Für das Szenario Nachhaltige Entwicklung müsste die jährliche Wachstumsrate bis 2030 auf 3,5 Prozent steigen. Aus diesem Grund ist für die kommenden Jahre mit steigenden Kupferpreisen zu rechnen. Einerseits wird die Kupfernachfrage teilweise aus bisher preislich nicht wettbewerbsfähigen Vorkommen gedeckt werden müssen, andererseits werden zusätzliche Investitionskosten für die Erschließung neuer Vorkommen in die Preise einfließen.

Eine weitere Möglichkeit zur Angebotssteigerung bei Kupfer ist die intensivere Nutzung der Sekundärrohstoffquellen. Heute wird bereits 35 Prozent des weltweiten Bedarfs mit recyceltem Kupfer gedeckt, in Deutschland sogar mehr als die Hälfte. Das Material kann ohne Qualitätseinbußen beliebig oft recycelt werden, da die elektrolytische Raffination edle und unedle Verunreinigungen aus Kupfer restlos entfernen kann. Der Energieaufwand ist dabei deutlich geringer als durch den Erzabbau und seine Aufbereitung. Dennoch wird der Bedarf nicht vollständig aus recyceltem Kupfer gedeckt werden können, da bedingt durch die langen Lebenszyklen des verarbeiteten Materials die Wiederverwertbarkeit und Rückführung in den Kreislauf nach einer längeren Zeitspanne erfolgt. Bei einer durchschnittlichen Lebensdauer der Kupferprodukte von ca. 33 Jahren kann unter Betrachtung der Wiederverwendbarkeit und der neu geförderten Mengen bei Kupfer eine Recyclingrate von 80 Prozent erwartet werden. (Deutsches Kupferinstitut, 2019).

Ein Modell des Fraunhofer-Instituts für System- und Innovationsforschung ISI für die Kupferströme innerhalb der Europäischen Union seit 1990 zeigt eine zunehmende Verfügbarkeit von kupferhaltigen Altprodukten auf und unterstreicht damit die Recyclinganstrengungen in der EU (EU-Recycling, 2018). Durch die Weiterentwicklung von Aufbereitungsverfahren sowie angesichts der Tatsache, dass Deutschland und andere Länder der EU keine eigenen Kupfervorkommen haben, werden die Rücklaufmaterialien zur Deckung des Kupferbedarfs zunehmen. Es wird erwartet, dass das europäische Recycling-Volumen zwischen 2015 bis 2050 von 1,6 Millionen Tonnen auf 2,7 Millionen Tonnen steigen wird (Deutsches Kupferinstitut, 2019).

Die IEA (IEA, 2022) schätzt die Menge des derzeit in Stromnetzen verbauten Kupfers weltweit auf 150 Millionen Tonnen. Sie geht davon aus, dass wegen Instandhaltung und Ersatz der Leitungen bis 2030 sowie zwischen 2030 und 2040 jeweils rund 60 Millionen Tonnen des darin verbauten Kupfers ersetzt werden müssen. Dieses Material kann eine wichtige Quelle zur Deckung der Kupfernachfrage darstellen, wenn Recycling und Wiederverwendung gelingen.

5.1.4 Handlungsempfehlungen

Kupfer ist schon lange ein essenzieller Rohstoff für die Wirtschaft und Gesellschaft und findet Anwendung in einem breiten Spektrum von Einsatzgebieten. Es bestehen etablierte Förder- und Weiterverarbeitungsstrukturen und eingespielte Wertschöpfungsketten. Der Rohstoff wird in Zukunft eine entscheidende Rolle für den Ausbau eines umweltfreundlichen Energiesystems spielen. Dabei wird eine zentrale Herausforderung sein, die an sich verfügbaren Rohstoffvorkommen zu mobilisieren. Es lassen sich dafür einige konkrete Handlungsempfehlungen formulieren:

- Diversifizierung von Versorgungsquellen: Notwendig sind ausreichende Investitionen in die Versorgung mit Primär- und Sekundärrohstoffen und in die Kapazitäten für die Weiterverarbeitung. In Deutschland und Europa ist dabei auf eine ausreichende und preislich wettbewerbsfähige Energieversorgung zu achten, wenn Weiterverarbeitungs- und Recyclingbetriebe langfristig am Standort operieren sollen. Die Differenzierung unterstützt auch eine höhere Resilienz in der Lieferkette der Unternehmen.
- Technologische Innovationen: Sie können an allen Punkten der Wertschöpfungskette zu einem reduzierten und effizienteren Rohstoffeinsatz beitragen und so die Nachfrageentwicklung bremsen.
- Recycling: Das Potenzial der Sekundärrohstoffe auszuschöpfen, ist gerade für die rohstoffarmen Länder das zentrale Mittel, um die Importabhängigkeit zu reduzieren. Gleichzeitig sinkt der Energiebedarf in der Kupferherstellung, wenn der Anteil der Sekundärrohstoffe steigt. Ziel sollte es sein, möglichst geschlossene Stoffkreisläufe zu etablieren.
- Durchsetzung höherer Nachhaltigkeitsstandards: Gerade in den Bereichen der umweltfreundlichen Energiegewinnung und -nutzung ist die Beachtung von Umweltstandards in der Erschließung und im Abbau von Rohstoffen wichtig, um die ökologischen Zielsetzungen entlang der gesamten Lieferkette zu erfüllen. Die Unterstützung von sozialen Normen und Governance-Standards ist gleichzeitig ein Beitrag zur politischen und wirtschaftlichen Stabilität in den Förderländern und somit zur langfristigen Reduzierung von Länderrisiken. Sie erhöht die Markttransparenz.
- Planungssicherheit: Verbindliche Entscheidungen über die Maßnahmen zum Ausbau eines umweltfreundlichen Energiesystems erhöhen die Planungssicherheit für Unternehmen und schaffen Investitionsanreize für den Ausbau von Förderung und Weiterverarbeitung von Primärrohstoffen. Die große Bandbreite der Nachfrageschätzungen ist zum großen Teil auf Unsicherheiten bezüglich der politischen Rahmenbedingungen zurückzuführen. Die langen Vorlaufzeiten für die Ausweitung der Rohstoffproduktion und die träge Reaktion des Angebots bei Rohstoffen müssen bei der politischen Zielformulierung mitbeachtet werden.

5.2 Zement

Die Herstellung des Zements beginnt im Steinbruch mit dem Abbau von Kalziumkarbonat und Mergel. Die gewonnenen Kalksteinbrocken werden zerkleinert und nach Beimischung von Ton und Sand gemahlen. Das Produkt wird in diesem Zwischenschritt als „Rohmehl“ bezeichnet. Im Folgeschritt wird es unter Beimischung weiterer Stoffe auf über 1400°C in einem Drehrohfen erhitzt. Durch diesen Brennvorgang entsteht aus Kalziumoxid und Siliziumoxid (Sand) der Klinker, der im nächsten Schritt gekühlt und in einer Mühle zu Zement gemahlen wird (HeidelbergCement, 2022; SPZ, 2022).

Aufgrund der weltweiten Verfügbarkeit sowie des hohen Gewichts und zugleich niedrigen Marktwerts wird Zement häufig lokal produziert und verbraucht. Eine lokale Versorgung ist daher insbesondere für die Bauwirtschaft unverzichtbar. In der Fallstudie werden verschiedene Aspekte analysiert, die für den internationalen, bundesweiten und bayerischen Vergleich von Relevanz sind. Hierbei wird die Wertschöpfungskette von der Förderung der Rohstoffe, der Produktionswege und Standorte, über die Verwendung und Versorgung bis hin zu Substitutionsmöglichkeiten sowie den Herausforderungen und Perspektiven für die Zukunft angesichts der Energiewende und der zu erreichenden Klimaziele abgebildet. Gerade in Anbetracht des CO₂-Ausstoßes in der Produktion und steigender Energiekosten ist ein Transformationsprozess der Bauwirtschaft unabdingbar.

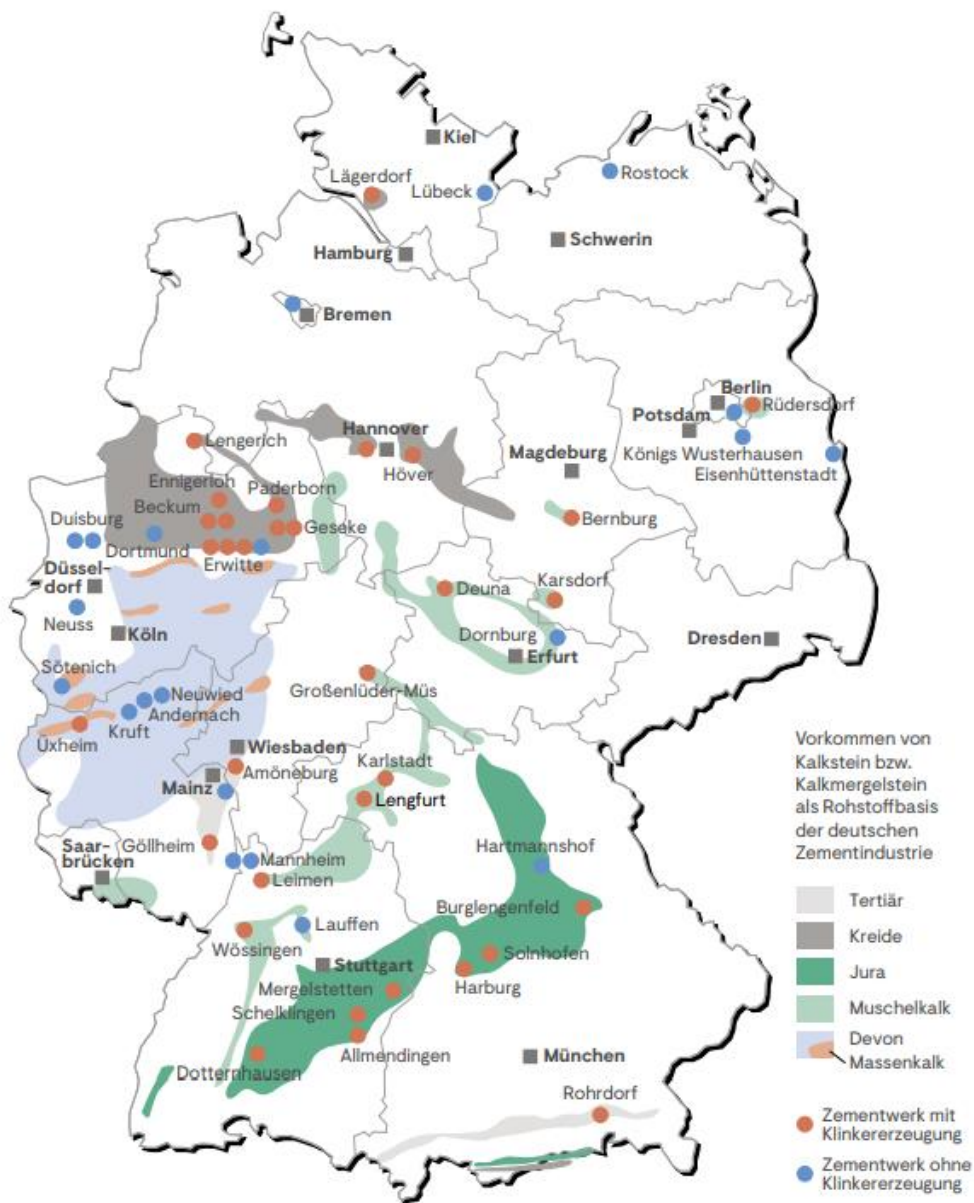
5.2.1 Zementproduktion in Deutschland

Die deutsche Zementindustrie nimmt eine tragende Rolle innerhalb der Baustoffindustrie ein. Die Branche bedient Energie- und Rohstoffanbieter, Maschinen- und Anlagenbau sowie produktionsnahe Dienstleistungen wie Wartung und Transport. Das Bindemittel Zement ist ein wesentlicher Bestandteil von Beton, Mörtel und Estrich und ist aufgrund der Bezahlbarkeit und Effizienz einer der weltweit meistgenutzten Baustoffe. Zur Produktion des Zements werden heimische Rohstoffe verwendet. Kalkstein, Ton und Kalkmergel stellen mit einem Anteil von 78,2 Prozent die wesentliche Grundlage für die Produktion dar.

In Deutschland produzieren 21 Zementunternehmen an 54 Werksstandorten (Bayern: 7), davon an 33 Standorten mit Klinkererzeugung (Bayern: 6). In Bayern liegen diese in Karlstadt, Lengfurt, Burglengenfeld, Solnhofen, Harburg und Rohrdorf sowie in Hartmannshof ohne Klinkererzeugung. Die Anzahl der Werke ist bundesweit konstant und seit 2015 unverändert. Abbildung 22 gibt eine Übersicht über die Aufteilung der Zementwerke und Rohstoffvorkommen in Deutschland. Die Verteilung der Werke erstreckt sich über das ganze Bundesgebiet. Eine Verdichtung ist besonders dort erkennbar, wo Rohstoffvorkommen eine Basis zur Zementherstellung bieten und eine Nähe zu verdichteten Bevölkerungsräumen und Industrien darstellen. Besonders in West- und Süddeutschland ist eine Konzentration festzustellen. Demgegenüber stehen verhältnismäßig wenige Werke in unmittelbarer Nähe zu den großen und mittelgroßen Städten in Nord- und Ostdeutschland (vdz, 2022).

Abbildung 22

Zementwerke und Vorkommen von Zementrohstoffen in Deutschland



Quelle: vdz, 2022.

Die Unternehmen der Zementindustrie in Deutschland haben häufig bundesweit Standorte. Neben Zementwerken sind in unmittelbarer Nähe Unternehmen zur Weiterverarbeitung angesiedelt. Einer der weltweit größten Baustoffunternehmen der Welt ist das

Unternehmen HeidelbergCement. Der Marktführer in Deutschland für Zement und Transportbeton produziert seit über 150 Jahren und verfügt bundesweit an zehn Standorten in sechs Bundesländern über Zementwerke (HeidelbergCement, 2022): Burglengenfeld (Bayern), Ennigerloh (Nordrhein-Westfalen), Geseke (Nordrhein-Westfalen), Hannover (Niedersachsen), Königs Wusterhausen (Brandenburg), Leimen (Baden-Württemberg), Lengfurt (Bayern), Mainz (Rheinland-Pfalz), Paderborn (NRW) und Schelklingen (Baden-Württemberg).

Die sieben Zementwerke in Bayern werden in nachfolgenden Kurzportraits vorgestellt. Neben der Unternehmenszugehörigkeit und dem Gründungsjahr stellen die Kurzportraits einige Besonderheiten an den Standorten exemplarisch vor.

Tabelle 4

Kurzportraits der Zementwerke in Bayern

Kurzbeschreibung	
Standort	Von 2000 bis 2009 wurde der Sekundärbrennstoffanteil zur Schonung von Primärbrennstoffen kontinuierlich gesteigert. Zudem wurde von 2002-2006 die Erneuerung bzw. Ertüchtigung der Ofen- und Kühlerfilter an beiden Ofenanlagen zur Reduzierung der Staubemissionen durchgeführt. 2008/2009 hat der Standort die Genehmigung der Steinbruchtieferlegung zur Rohstoff- und Standortsicherung für weitere 40 Jahre erhalten und bleibt zukünftig dem Standort treu. https://www.heidelbergcement.de/de/burglengenfeld
Burglengenfeld	
Unternehmen	
HeidelbergCement AG	
Werksgründung	
1912	
Standort	Das Unternehmen hat in die Modernisierung des Standorts investiert und im Mai 2022 mit der Inbetriebnahme einer innovativen Ofenlinie, den 50 Jahre alten Ofen ersetzt. Das Projekt „Ofen 8“ verbessert die Klimabilanz und schont Ressourcen. Weniger Brennstoffenergie verringert den CO₂-Ausstoß um etwa ein Viertel. Jedes Jahr werden ca. 60.000 Tonnen CO₂ weniger emittiert. Das entspricht in etwa dem jährlichen Ausstoß der Ölheizung von 15.000 Privathaushalten. Zudem sichert die Modernisierung der Anlage Arbeitsplätze und stärkt den Standort. https://www.maerker-gruppe.net/ofen-8.html
Harburg	
Unternehmen	
Maerker Zement GmbH	
Werksgründung	
1889	
– Fortsetzung auf der nächsten Seite –	

Fortsetzung von Tabelle 4: Kurzportraits der Zementstandorte in Bayern

Standort	Das mittelständische Unternehmen beschäftigt insgesamt rund 100 Mitarbeiter in den Produktionsbereichen Rohmaterialgewinnung (Kalk, Dolomit, Ton) Schotteraufbereitung, Zementmahlung, Düngemittelmahlung und Granulierung. Es betreibt seit dem Jahr 2011 ein Energiemanagementsystem nach DIN EN ISO 50001, um energieeffizient und ressourcenschonend zu agieren. Das betriebliche Energiekonzept wurde zu 50 Prozent vom bayerischen Staatsministerium für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie gefördert. https://www.sebald-zement.de/#
Hartmannshof	
Unternehmen	
Sebald Zement	
Werksgründung	Das Unternehmen investiert kontinuierlich in moderne Produktionsanlagen, Forschungsarbeit und Qualitätskontrollen. Am Standort Karlstadt verfügt das Unternehmen über einen werkeigenen Hafen und ein Labor mit automatisierter Probenvorbereitung, vollautomatischen Analysen und einer computergestützten Ofenmehlsteuerung. https://www.schwenk.de/zementwerk/schwenk-zementwerk-karlstadt/
1912	
Standort	
Karlstadt	
Unternehmen	Das Werk ist die vergangenen Jahre durchweg modernisiert worden. Zuletzt wurden in den Jahren 2014 bis 2016 ein neuer Schlauchfilter mit Schornstein sowie eine neue SCR-Anlage zur Reduzierung der Emissionen errichtet. Durch die Investitionen werden Emissionen, wie NOx, Staub oder SO ₂ , seit Jahren minimiert. Durch Forschung und Entwicklung bringt die HeidelbergCement AG immer weitere Innovationen hervor. Mit TioCem® wurde ein Zement entwickelt, der in Betonprodukten Schadstoffe in der Luft mit Hilfe von Sonnenlicht abbauen kann. https://www.heidelbergcement.de/de/lengfurt
SCHWENK Zement GmbH & Co. KG	
Werksgründung	
1937	
Standort	Das Werk ist die vergangenen Jahre durchweg modernisiert worden. Zuletzt wurden in den Jahren 2014 bis 2016 ein neuer Schlauchfilter mit Schornstein sowie eine neue SCR-Anlage zur Reduzierung der Emissionen errichtet. Durch die Investitionen werden Emissionen, wie NOx, Staub oder SO ₂ , seit Jahren minimiert. Durch Forschung und Entwicklung bringt die HeidelbergCement AG immer weitere Innovationen hervor. Mit TioCem® wurde ein Zement entwickelt, der in Betonprodukten Schadstoffe in der Luft mit Hilfe von Sonnenlicht abbauen kann. https://www.heidelbergcement.de/de/lengfurt
Lengfurt	
Unternehmen	
HeidelbergCement AG	
Werksgründung	Das Werk ist die vergangenen Jahre durchweg modernisiert worden. Zuletzt wurden in den Jahren 2014 bis 2016 ein neuer Schlauchfilter mit Schornstein sowie eine neue SCR-Anlage zur Reduzierung der Emissionen errichtet. Durch die Investitionen werden Emissionen, wie NOx, Staub oder SO ₂ , seit Jahren minimiert. Durch Forschung und Entwicklung bringt die HeidelbergCement AG immer weitere Innovationen hervor. Mit TioCem® wurde ein Zement entwickelt, der in Betonprodukten Schadstoffe in der Luft mit Hilfe von Sonnenlicht abbauen kann. https://www.heidelbergcement.de/de/lengfurt
1899	

– Fortsetzung auf der nächsten Seite –

Fortsetzung von Tabelle 4: Kurzportraits der Zementstandorte in Bayern

Standort	Von insgesamt 2.130 Mitarbeitern an 142 Standorten weltweit produziert das Unternehmen mit 300 Mitarbeitern in Rohrdorf etwa eine Million Tonnen Zement im Jahr. Im Jahr 2022 wurde die weltweit erste Abscheideanlage zur CO₂-Rückgewinnung in der Zementproduktion eingeführt. Damit bezeichnet das Unternehmen sich selbst als sauberstes und modernstes Zementwerk der Welt. Es ist ein Baustein der selbstinitiierten Kampagne „Race to zero emission“, einem Maßnahmen-Mix, mit der Zielsetzung bis 2040 klimaneutralen Zement zu produzieren. Beispielsweise produziert schon heute das Abwärme-Kraftwerk ein Drittel des Eigenbedarfs an Strom, was ungefähr den Bedarf von 10.000 Haushalten deckt. https://www.rohrdorfer.eu/
Rohrdorf	
Unternehmen	
Rohrdorfer (Südbayerisches Portland-Zementwerk Gebr. Wiesböck & Co. GmbH)	
Werksgründung	Das Unternehmen wurde mitten im Solnhofener „Kalksteinmeer“ gegründet, wo der Rohstoff die Basis für die Herstellung hochwertiger Zementprodukte liefert. Heute wird das Familienunternehmen in vierter Generation geführt und sichert durch Investitionen in den Standort die Wettbewerbsfähigkeit. Durch die Entwicklung klinkerarmer Zemente wird schon seit Jahrzehnten erfolgreich die spezifische CO₂-Belastung kontinuierlich gesenkt. Der Betrieb von Photovoltaikanlagen auf unternehmens-eigenen Hallendächern und Werkstätten schafft eine Jahresstromerzeugung von aktuell 500.000 kWh. Darüber hinaus wurde durch den Bau neuer Dosieranlagen der Sekundärbrennstoffanteil erhöht, wodurch fossile Brennstoffe gespart werden und somit erheblich den CO₂-Ausstoß der Produktion verringern. Der Austausch des Abgasventilators und Abgasgebläse ermöglicht eine weitere Energieeinsparung von rund 10 Prozent. Die CSC-Zertifizierung in Gold dokumentiert die Anstrengungen im Sinne der Nachhaltigkeit. www.spz-solnhofen.de
1930	
Standort	
Solnhofen	
Unternehmen	Das Unternehmen wurde mitten im Solnhofener „Kalksteinmeer“ gegründet, wo der Rohstoff die Basis für die Herstellung hochwertiger Zementprodukte liefert. Heute wird das Familienunternehmen in vierter Generation geführt und sichert durch Investitionen in den Standort die Wettbewerbsfähigkeit. Durch die Entwicklung klinkerarmer Zemente wird schon seit Jahrzehnten erfolgreich die spezifische CO₂-Belastung kontinuierlich gesenkt. Der Betrieb von Photovoltaikanlagen auf unternehmens-eigenen Hallendächern und Werkstätten schafft eine Jahresstromerzeugung von aktuell 500.000 kWh. Darüber hinaus wurde durch den Bau neuer Dosieranlagen der Sekundärbrennstoffanteil erhöht, wodurch fossile Brennstoffe gespart werden und somit erheblich den CO₂-Ausstoß der Produktion verringern. Der Austausch des Abgasventilators und Abgasgebläse ermöglicht eine weitere Energieeinsparung von rund 10 Prozent. Die CSC-Zertifizierung in Gold dokumentiert die Anstrengungen im Sinne der Nachhaltigkeit. www.spz-solnhofen.de
Solnhofener Portland-Zementwerke GmbH & Co. KG	
Werksgründung	
1933	

Eigene Zusammenstellung der IW Consult, 2022

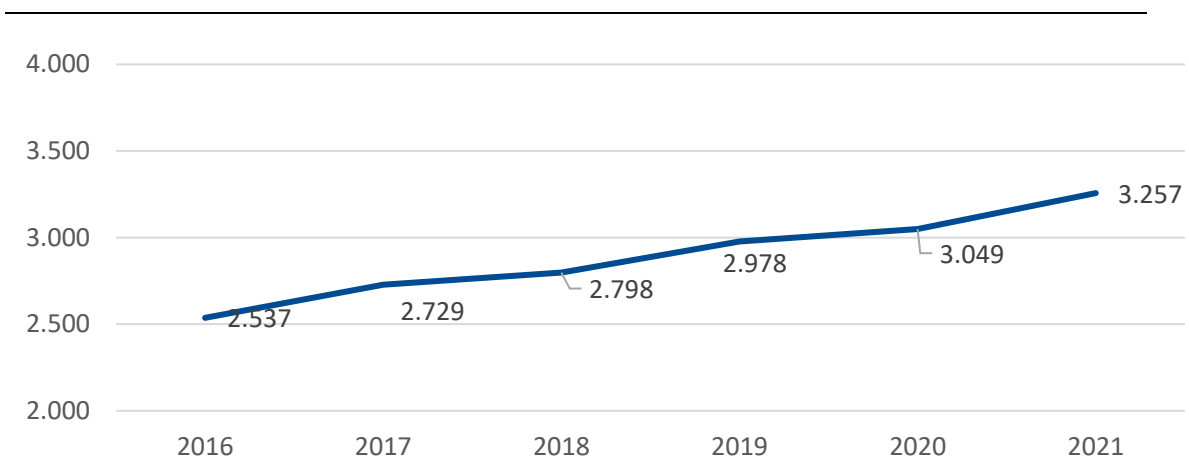
Die sieben Kurzbiografien zu den Werken in Bayern geben einen Einblick in die oftmals über 100-jährige Unternehmenstradition an den Standorten und dokumentieren gleichzeitig den Wandel zu mehr Nachhaltigkeit. Neben den Investitionen in moderne Anlagen zur Steigerung der Energieeffizienz und Maßnahmen zur Reduzierung von CO₂, tragen die Unternehmen als regionale Hersteller dazu bei, insbesondere den Zementbedarf in Bayern zu bedienen.

Insgesamt sind rund 8.000 Arbeitsnehmer bundesweit in der Branche tätig. 2021 wurden ca. 35,5 Mio. Tonnen Zement erzeugt bei einem Umsatz von rund 3,3 Mrd. Euro. Trotz der

pandemischen Lage hat sich der Aufwärtstrend der Branche gegenüber den Vorjahren fortgesetzt. Auch der Zementverbrauch in Deutschland lag mit 30,5 Millionen Tonnen (2020) höher als in den Vorjahren. Der schon länger positive Trend zeigt sich in der Umsatzentwicklung der vergangenen Jahre (Abbildung 23).

Abbildung 23

Umsatz der Zementindustrie in Deutschland
Angaben in Millionen Euro



Quellen: vdz, 2021a; Statistisches Bundesamt, 2022c; eigene Darstellung IW Consult.

Die Erzeugnisse der deutschen Zementindustrie wurden 2020 mit 55,8 Prozent zur Transportbetonherstellung verwendet. Dieser Beton wird bereits im Betonwerk zusammengesetzt und in Spezialfahrzeugen einbaufähig zur Baustelle geliefert. Weitere 21,9 Prozent wurden seitens der Beton-Bauteilhersteller abgenommen, 15,7 Prozent als Silozement sowie 6,6 Prozent als Sackzement.

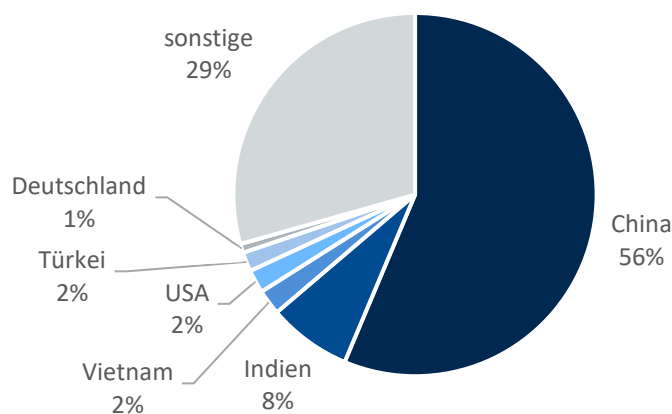
Der Einsatz von Zement ist für alle Baubereiche gleichsam von Bedeutung. 35,2 Prozent des Zements wird im Tiefbau, 33,6 Prozent im Nichtwohnbau (bspw. Betriebsgebäude) und 31,6 Prozent im Wohnungsbau verwendet. Letzterer Bereich hat in den vergangenen Jahren am stärksten an Bedeutung gewonnen. Die Baunachfrage befindet sich weiterhin auf einem hohen Niveau und ist ein Wachstumstreiber der Zement-Branche. Im Tiefbau hingegen ist mit einem Rückgang der Nachfrage zu rechnen. Zwar verstetigen sich Investitionen in politisch geforderten Infrastrukturmaßnahmen, doch steigende Bau- und Materialpreise können die Realisierung der Projekte einbremsen.

5.2.2 Bedeutung der deutschen Zementbranche im internationalen Vergleich

Als wichtiger Baustoff wird Zement weltweit eingesetzt. Insgesamt wurden 2021 4.400 Millionen Tonnen Zement produziert (Abbildung 24). Mit großem Abstand ist China der größte Zementhersteller und Zementverbraucher. Allein in China wurden 2.500 Millionen Tonnen der weltweiten Gesamtmenge produziert, das entspricht 57 Prozent der weltweiten Herstellung. Des Weiteren gehören Indien (330 Millionen Tonnen), Vietnam (100 Millionen Tonnen) sowie die USA (92 Millionen Tonnen) und die Türkei (76 Millionen Tonnen) zu den weltweit führenden Ländern in der Zementherstellung (USGS, 2022). Die Gesamtmengen illustrieren den großen Einfluss zunehmender Bauaktivitäten in bevölkerungsreichen Schwellenländern auf die globale Zementproduktion.

Abbildung 24

Geografische Verteilung der weltweiten Zementproduktion im Jahr 2021



Quelle: USGS, 2022; eigene Darstellung IW Consult

Im weltweiten Vergleich spielt Deutschland mit 35,5 Millionen Tonnen (0,8 Prozent des Weltmarkts) nur eine untergeordnete Rolle. Innerhalb der Europäischen Union stellt Deutschland jedoch den größten Markt dar und ist wichtiger Handelspartner insbesondere als Exporteur in die Nachbarländer Niederlande (2,4 Millionen Tonnen), Österreich (0,6 Millionen Tonnen) und Belgien (0,5 Millionen Tonnen). Insgesamt stehen 2020 den 6,0 Millionen Tonnen Exporten etwa 1,1 Mio. Tonnen an Zementimporten gegenüber. Aufgrund eigener Rohstoffvorkommen und die an der Bedarfsmenge orientierten regionalen Produktion und Verwendung spielen Importe nur eine geringe Rolle.

5.2.3 Ausblick auf Nachfrage, Verbrauch und Rohstoffversorgung

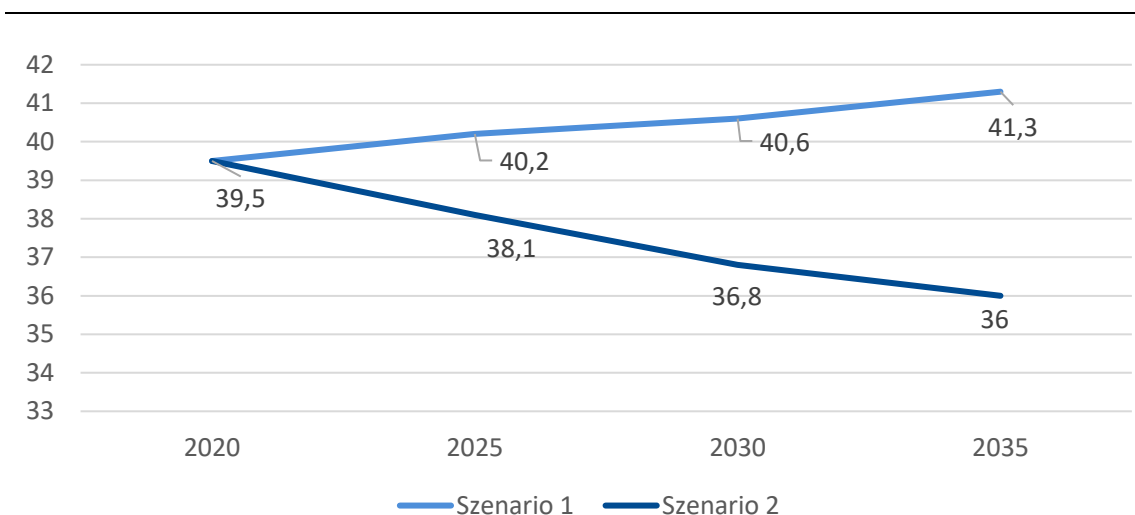
Als eine der energieintensivsten Branchen wird die deutsche Zementindustrie gegenwärtig stark von steigenden Strom- und Energiepreisen getroffen. Schon vor der Krise betrug der Energiekostenanteil etwa 30 Prozent an der Bruttowertschöpfung. Dies stellt eine weitere stark herausfordernde Aufgabe für die Branche da. Zur Produktion von Zement werden Primärrohstoffe, die der natürlichen Umwelt entnommen werden, und Sekundärrohstoffe, die aus der Verwertung von industriellen Nebenprodukten oder dem Recycling von Abfallstoffen stammen, eingesetzt.

Der wichtigste Ausgangsstoff unter Beimengung anderer Rohstoffe für die Zementherstellung ist Kalkstein. Der langjährige Durchschnitt der Kalksteinproduktion für Zement liegt in Deutschland rund um die konjunkturellen Schwankungen bei etwa 39 Millionen Tonnen pro Jahr (bbs, 2019).

Kalkstein wird weiterhin der wichtigste Ausgangsstoff für die Zementherstellung bleiben. Ausgehend von 39,5 Millionen Tonnen Kalkstein für die Zementproduktion im Jahr 2020 weist die Abbildung 25 den zukünftigen Bedarf aus. Szenario 1 stellt eine dynamische Wachstumsentwicklung bedingt durch eine hohe Dynamik der Baukonjunktur vor. Demzufolge steigt der Bedarf kontinuierlich an auf bis zu 41,3 Millionen Tonnen im Jahr 2035. Szenario 2 veranschaulicht die Entwicklung bei einer relativ geringen wirtschaftlichen Dynamik. Der Kalkstein-Bedarf sinkt im Jahr 2035 mit 36 Millionen Tonnen Fördermenge unter das Niveau von 2016.

Abbildung 25

Szenarien für die Kalkstein-Produktion bis 2035



Quelle. Vdz; eigene Darstellung IW Consult.

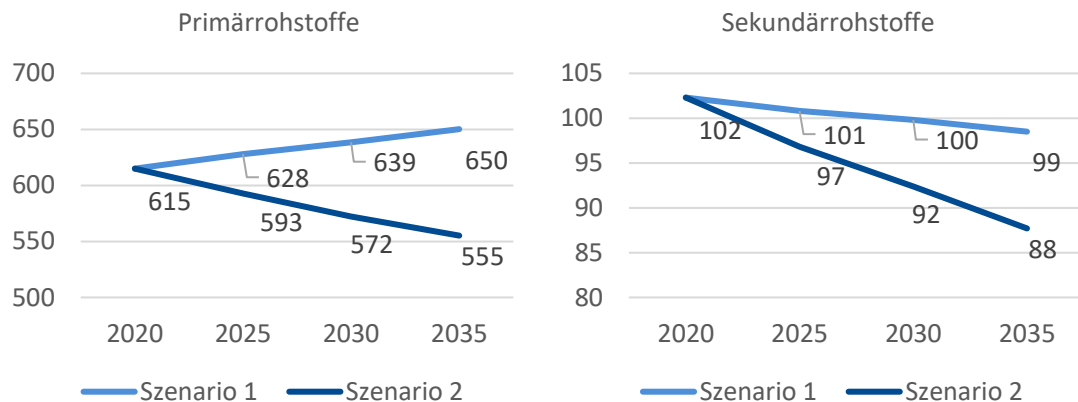
Neben den Primärrohstoffen werden auch im nennenswerten Umfang Sekundärrohstoffe in der Herstellung von Zement eingesetzt. Dabei sind insbesondere auch die Lebenszyklen von Gebäuden zu betrachten, um das Wiederverwendungs-, Rückgewinnungs- und Recyclingpotenzial von Baustoffen bzw. Baukomponenten auszuschöpfen. Mit jährlich 228 Millionen Tonnen Bau- und Abbruchfällen jährlich stellt dies die größte Abfallmenge und auch das größte Potenzial zur Rückgewinnung dar. Heute werden bereits 90 Prozent verwertet – allerdings variiert der Anteil stark zwischen den Abfallarten und viele Verwertungsmaßnahmen sind eher niederwertig, wie die Nutzung für Verfüllungen (vbw, 2021).

Im Jahr 2014 wurden in Deutschland für eine Produktionsmenge von ca. 32,1 Millionen Tonnen Zement 50,1 Millionen Tonnen Rohstoffe eingesetzt – davon etwa acht Millionen Tonnen (etwa 16 Prozent) in Form von Sekundärrohstoffen (Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH, 2015). Eine Zunahme der Sekundärrohstoffe wie Flugaschen, Hüttensand oder Gießereialsande gilt angesichts des laufenden Strukturwandels im Energiesektor und in der industriellen Produktion als fraglich. Durch den Ausstieg aus der Kohleverstromung werden beispielsweise Flugaschen mittelfristig kaum noch zur Verfügung stehen.

Abbildung 26 zeigt die Nachfrageentwicklung nach Steine-und-Erden-Rohstoffen in Deutschland bis 2035. Insgesamt wird die Fördermenge an Primärrohstoffen bei einem stärkeren wirtschaftlichen Wachstum (BIP: +1,7 Prozent p.a.) weiter zunehmen, während der Trend bei einer geringen wirtschaftlichen Dynamik (BIP: +0,8 Prozent p.a.) rückläufig ist. Demgegenüber wird für beide wirtschaftliche Szenarien ein Rückgang an Sekundärrohstoffen erwartet. Somit setzt sich die Entkopplung zwischen Rohstoffgewinnung und Wachstum fort. Produktinnovationen befördern die wertmäßige Produktion bei mengenmäßig rückläufiger Rohstoffnachfrage. Dennoch tragen Sekundärrohstoffe auch weiterhin zur Substitution und somit zur Ressourcenschonung der Primärrohstoffe bei (bbs, 2019). Die Nachfrage nach den Rohstoffen kann je nach Region und politischer Zielsetzung schwanken. In Bayern kann beispielsweise durch die Wohnraumförderung des Freistaats, die preisgünstigen Wohnraum schaffen soll, der Bedarf steigen. Um die ambitionierten Bauziele zu erreichen, werden in Bayern durch verschiedene Förderprogramme zur Wohnraumförderung (676,2 Millionen Euro), zur Studentenwohnraumförderung (38 Millionen Euro), und zur kommunalen Wohnraumförderung (150 Millionen Euro) entsprechende Anreize gesetzt.

Abbildung 26

Zukünftige Nachfrage nach Primär- und Sekundärrohstoffen bei Steinen und Erden



Angaben in Millionen Tonnen

Quelle: vdz; eigene Darstellung IW Consult

Neue Forschungsvorhaben befassen sich mit bislang ungenutzten mineralischen Sekundärrohstoffen aus der Steine- und Erden-Industrie, die ressourcenschonender und klimafreundlicher Bestandteil der Zementherstellung werden könnten. Ein Forschungsprojekt versucht beispielsweise calcinierte Tone aus mineralischen Sekundärrohstoffen zu gewinnen. Hierbei werden physikalische, chemisch-mineralogische sowie zement- und beton-technische Untersuchungen durchgeführt, die neben der Tauglichkeit auch die Marktreife prüfen (vdz, 2021b).

5.2.4 Herausforderungen und Chancen der Branche durch Energiewende und Klimaneutralität

Der Klimaschutz ist eine globale Aufgabe des 21. Jahrhunderts. Um die Ziele der Klimaneutralität in Europa bis 2050 zu erreichen, sind alle Branchen gefordert, Emissionen zu reduzieren und einen Beitrag zum Erreichen des 1,5-Grad Ziels zu leisten. Deutschlands Beitrag an der weltweiten CO₂-Emission beträgt 2 Prozent, davon entfällt ein Zehntel auf Bayern (vdz, 2021). In Deutschland entstehen jährlich insgesamt 20 Millionen Tonnen CO₂-Emissionen durch die Zementindustrie, davon entfallen 13,2 Mio. Tonnen CO₂ auf die Prozessemission und 6,8 Mio. Tonnen auf die Brennstoffemission (Müller, 2021). Gegenwärtig entstehen für die Herstellung pro Tonne Zement etwa 600 kg CO₂-Emissionen. Seit 1990 konnte die Emission pro Tonne um etwa 22 Prozent gesenkt werden. Treiber waren unter anderem Verfahrensverbesserungen durch Steigerungen der thermischen und elektrischen Energieeffizienz sowie die Substitution fossiler Brennstoffe und Rohstoffe.

Global betrachtet trägt die Zementindustrie mit acht Prozent der CO₂-Emissionen einen wesentlichen Beitrag zu den weltweiten Treibhausgasen bei und steht angesichts der zu erzielenden Klimaziele vor enormen Herausforderungen. Die Zementindustrie verursacht allein mehr CO₂-Emissionen als ganz Indien, dem nach China und den USA mit sieben Prozent weltweit drittgrößten Verursacher an CO₂-Emissionen.

Gleichzeitig bietet die Industrie auch einen guten Anknüpfungspunkt, wie durch Innovation und Einsatz neuer Technologien ein signifikanter Anteil an CO₂-Emission reduziert werden kann. Als energieintensive Branche waren die wettbewerbsfähigen Rahmenbedingungen bereits vor der Energiekrise kritisch zu betrachten. Zwei Drittel der CO₂-Emissionen bei der Zementherstellung sind rohstoffbedingte Prozessemissionen. Ein Drittel ist auf die Brennstoffemission zurückzuführen. Vor dem Hintergrund, dass die Prozessemissionen mit den gegenwärtig verfügbaren Technologien nicht direkt minderbar sind, stellt diese Herausforderung auf dem Weg zur Klimaneutralität eine besondere Hürde für die Zementindustrie dar (vdz, 2020).

Die deutsche Zementindustrie unternimmt große Anstrengungen zur Reduzierung von CO₂-Emissionen. Beispielsweise kann das CO₂-intensive Vorprodukt Zementklinker in Zement und Beton durch weitere Einsatzstoffe substituiert werden. Hierfür eignen sich u. a. Hüttensand aus der Stahlproduktion, Flugasche aus Kraftwerken, Kalkstein, natürliches Puzzolangestein und gebrannter Ölschiefer. Dies spart indirekt brennstoff- und prozessbedingte CO₂-Emissionen, während der Einsatz von Sekundärrohstoffen aus anderen Wirtschaftszweigen natürliche Ressourcen schont.

Diese konventionellen Minderungsmaßnahmen stoßen jedoch an ihre Grenzen. Zur weiteren Reduzierung der Emissionen müssen Potenziale entlang der gesamten Wertschöpfungskette betrachtet werden. CO₂-Minderungen können erzielt werden durch den Einsatz innovativer, besonders CO₂-effizienter Zementarten wie CEM II/C und CEM VI, neuartige mineralische Bindemittel, ressourcenschonenden Einsatz am Bauwerk und durch Technologien zur CO₂-Abscheidung, -Transport und -Nutzung sowie -Speicherung in geeigneten und sicheren geologischen Formationen (vdz, 2020).

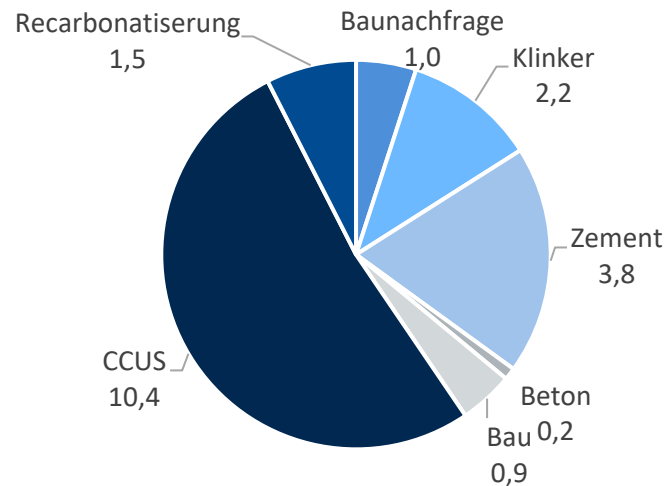
Auf dem Weg zu Klimaneutralität kann Carbon Capture and Utilization bzw. Storage (CCUS) den größten potentialen Anteil zur CO₂-Reduzierung abbilden. Für die Dekarbonisierung der Zementindustrie ist diese Technologie unerlässlich, da Prozessemissionen aus der Entsäuerung des Kalksteins nicht direkt minderbar sind. CCUS vermeidet CO₂-Emission zum einen durch die CO₂-Speicherung (CCS) als auch durch geeignete Verfahren zur CO₂-Nutzung (CCU). Hierfür bedarf es jedoch für die dafür notwendige CO₂-Transportinfrastruktur politischer und rechtlicher Grundlagen, die es vorab umzusetzen gilt.

Abbildung 27 illustriert in einem Szenario Klimaneutralität den Anteil der aus heutiger Sicht technisch realisierbaren Reduktion an CO₂ in den einzelnen Bereichen der Zementindustrie (Müller und Mohr, 2021). Mit Vermeidung der CO₂-Emission in die Atmosphäre durch CO₂-Speicherung (CCS) und geeigneten Verfahren zur CO₂-Nutzung (CCU) können bis 2050 10,4 Millionen Tonnen CO₂ und somit 52 Prozent der gesamten Emission eingespart werden. Die Einsparungen werden durch zusätzliche Anwendungen von Breakthrough-

Technologien erzielt, wie durch die Markteinführung von CEM VI-Zementen mit einem Klinkeranteil von 35-50 Prozent oder mithilfe von Wasserstoff als Energieträger.

Abbildung 27

Notwendige CO₂-Minderung zur Klimaneutralität bis 2050 (in Mio. Tonnen)



Anmerkung: CCUS: Carbon Capture and Storage

Quelle: vdz; eigene Darstellung IW Consult

Neben den technischen und materiellen Möglichkeiten ist ebenso die Mitwirkung aller am Bauprozess beteiligten Akteure notwendig. Planer, Architekten und Bauherren nehmen eine entscheidende Rolle in diesem Prozess ein, um in der Entscheidungsfindung Ressourceneffizienz und Klimaschutz verstärkt zu betrachten.

In einer Studie der vbw (2021) werden zahlreiche alternative Baustoffe genannt, die schon heute einen Teil der Nachfrage bedienen oder ein hohes Potenzial aufweisen, klimaneutrales Bauen in Zukunft stärker zu befördern. Beispielsweise können durch die Weiterentwicklung mineralischer Baustoffe (CO₂-Bilanz, Zirkularität, Click Brick) und biologischer Baustoffe (Bambus, Pilzsporen) abseits des Zements bedarfsorientiert neue Technologien eingesetzt werden. Zudem kann durch intelligente Prozesstechnologien für Herstellung und Recycling der Materialien auch ein weiterer Beitrag für den Klimaschutz im Hinblick auf die Nutzung verfügbarer erneuerbarer Energien (Sonne, Wind) geleistet werden. Schon heute können Materialien im Bau einen größeren Mehrwert bieten als es Zement bislang konnte.

Zusätzlich zu Technologien zur Reduzierung der CO₂-Emission werden in der Forschung neue Recyclingmethoden entwickelt, die auf dem Weg zur Klimaneutralität einen entscheidenden Beitrag leisten können. Technologische Innovationen, an denen aktuell geforscht wird, können echte „Gamechanger“ in der Bauindustrie werden:

Fallstudien

- Kalziumkarbonbeton: Japanische Forscher haben kürzlich einen klimaneutralen Baustoff entwickelt, der CO₂ aus der Luft bindet. Sogenannter Kalziumkarbonatbeton wird aus Altbeton und CO₂ hergestellt. Kalzium wird dabei aus altem Beton gewonnen und zusätzlich mit Kohlendioxid aus Industrieabgasen kombiniert. Für den Produktionsprozess ist eine viel niedrigere Temperatur als bei der konventionellen Gewinnung von Kalzium aus Kalkstein notwendig. Der geringere Energiebedarf wirkt sich zusätzlich positiv auf die CO₂-Reduktion aus. Lediglich die Belastbarkeit entspricht noch nicht aktuellen Anforderungen und bedarf weiterer Forschung, um die Baubranche einen großen Schritt zur Klimaneutralität weiterzuführen (Maruyama et al., 2021).
- Karbonbeton: Das C³-Verbundforschungsprojekt – unter Führung der Technischen Universität Dresden und Beteiligung von über 140 Firmen – schafft mit Kunststoff gebundenen Carbonfasern eine Alternative zum herkömmlichen Bewehrungsstahl in Bauwerken. Das Verfahren kann die Kohlenstoffemission um bis zu 50 Prozent senken und bis zu 80 Prozent Material einsparen, da das Betonvolumen gesenkt und leichteres Carbon eine ähnliche Beständigkeit erfährt. Darüber hinaus wird weniger Sand und Wasser eingesetzt. Durch die dünnwandigere Bauweise kann zudem mehr Nutzungsfläche gewonnen werden und etwa 50 Prozent der Bauzeit eingespart werden (TU Dresden, 2021). Auch die Lebensdauer ist deutlich länger, so werden beim Brückenbau 200 Jahre statt bislang 60-80 Jahre prognostiziert (Curbach und Kranich, 2020). Das erste Haus aus Karbonbeton wurde kürzlich in Dresden errichtet.

Weitere Beispiele für Materialien, die sich bereits in der Entwicklung befinden und alternative Bautechniken hervorbringen könnten oder Substitutionsmöglichkeiten zum Zement schaffen:

- Ashcrete verwendet Flugasche als Nebenprodukt der Kohleverbrennung.
- Finite bindet Wüstensand der so stark ist wie Beton und nach einem Schmelzprozess wiederverwendet oder abgebaut werden kann.
- Hempcrete verbindet Hanffasern mit Kalk und Wasser, wodurch Ziegel deutlich leichter werden.
- Myzele sind fadenförmige Pilze, die sich je nach klimatischen Bedingungen ausdehnen können und neue Anwendungsmöglichkeiten bieten.
- Ferrock ist fünfmal stärker als Zement und besteht aus Stahlpulver und Kieselsäure aus gemahlenem Glas.

Zement wird weiterhin ein wichtiger Bestandteil für verschiedene Bauweisen bleiben, jedoch können durch die Entwicklung neuer Materialien und Bautechniken neue Anwendungsmöglichkeiten erschlossen werden. Diese können durch ihre bedarfsgerechte Spezialisierung oder funktionelle Eigenschaften eine Alternative zum Zement bilden, der aber nur partiell substituiert werden kann. Neben den sich teilweise noch in der Entwicklung befindlichen Baustoffen, die zukünftig einen größeren Stellenwert in der Bauwirtschaft erlangen können, bleiben weiterhin auch andere konventionelle Materialien, wie Holz, eine Alternative zum Zement.

5.2.5 Handlungsempfehlungen

Aufbauend auf der Fallstudie ergeben sich für die Wirtschaft folgende Handlungsempfehlungen, die für die Wettbewerbsfähigkeit Bayerns neue Impulse setzen können:

- Digitalisierung: Planung, Errichtung, Umbau und Sanierung von Gebäuden kann im Zuge der Digitalisierung revolutioniert werden. Dabei kann durch das Building Information Modeling (BIM) ein digitales Abbild der Bauwerke die Grundlage schaffen, um zukünftig über den gesamten Lebenszyklus hinweg Verbesserungen am Bau rechtzeitig und effizient umzusetzen. Die Daten aller Bauwerke können erfasst und analysiert werden, um integrierte und sektorübergreifende Planungs- und Bauprozesse zur Sanierung des Bestands präzise zu lenken (vbw, 2021).
- Technologieoffenheit bewahren: Lösungen, die zur Emissionsminderung beitragen sowie die Optimierung von Produktions- und Verfahrensprozessen können durch neue Technologien erreicht werden. Hierfür bedarf es seitens der Politik Unterstützung, verschiedene technologische Wege zu begleiten, ohne voreilige Richtungen vorzugeben.
- Nachhaltigkeit fördern: Die bayerischen Zementstandorte haben in den vergangenen Jahren durch Investitionen, die zu Energieeinsparungen geführt haben, nicht nur die eigene Zukunftsfähigkeit gewahrt, sondern gleichzeitig auch im Sinne der Nachhaltigkeit zum Erreichen der Klimaziele einen erkennbaren Beitrag geleistet. Die Forschungs- und Entwicklungsabteilungen der Unternehmen können durch verstärkten Einsatz zur Reduzierung der CO₂-Emission neue innovative Produkte entwickeln, die im weltweiten Wettbewerb Nachahmung finden. Hierfür gilt es, Produkte möglichst durch Vernetzung und Kooperationen weiter zu vermarkten. Durch eine neue Plattform Bauen 4.0 kann das gefördert werden (vbw, 2021). Ebenso gilt es, Klimaschutz- und Klimaanpassungstechnologien stärker zu fördern, etwa durch Programme zur Beschleunigung der Produktion von CO₂-armen und CO₂-freien Baustoffen.
- Fachkräfte qualifizieren: Zur Erreichung der vorherigen Ziele ist die Gewinnung gut ausgebildeter Fachkräfte sowie die Weiterqualifizierung des bestehenden Personals hinsichtlich neuer Anforderungen und Verfahren notwendig. Hierfür müssen die Anstrengungen an mehreren Stellen erhöht werden, sowohl bei der begleitenden Kommunikation von Infrastrukturprojekten als auch durch den Einsatz von Assistenzsystemen am Bau zur Erleichterung körperlicher Anstrengungen.
- Effizienzoffensive Bau: Der demografische Wandel, steigende Strom- und Energiepreise, hohe technische Anforderungen an Bau- und Infrastrukturprojekte, notwendiger bezahlbarer Wohnraum, fehlendes Fachpersonal sowie die großen globalen Herausforderungen werden im Baugewerbe greifbar. Die Effizienzoffensive Bau kann den gesamten Prozess harmonisieren, indem einzelne Phasen des Bauprojekts von der Planung bis zur Fertigstellung vereinfacht werden (vbw, 2021). Hierfür sind gemeinsame Zielsetzungen der Industrie erforderlich.

6 Deutsche und europäische Rohstoffpolitik

Die Politik verfolgt das Ziel der sicheren Rohstoffversorgung mit einem breiten Bündel von Instrumenten

Neben den technologischen Abbaumöglichkeiten bestimmen die politischen und ökonomischen Rahmenbedingungen die Sicherheit der Rohstoffversorgung. Auf Seiten der Bundesregierung prägt die Rohstoffstrategie aus dem Jahr 2020 die zentralen Leitlinien der deutschen Rohstoffpolitik. Die Deutsche Rohstoffagentur (DERA) ist darin die zentrale Institution. Wichtige Ziele sind sichere Rahmenbedingungen für die (internationalen) Rohstoffmärkte, die Weiter- und Neuentwicklung einer Kreislaufwirtschaft bei einer zunehmenden Zahl von Rohstoffen sowie die entwicklungspolitische Begleitung der Wirtschaft bei ihrer weltweiten Rohstoffbeschaffung.

Die deutsche Rohstoffpolitik entfaltet sich innerhalb des europäischen Rahmens. Die Europäische Kommission verfolgt eine eigene Rohstoffpolitik, die maßgeblich vom *European Green Deal* beeinflusst wird. Neben der Versorgungssicherheit tritt die Einhaltung von ESG-Kriterien (*Environmental, social and governance criteria*; Umwelt- und Sozialstandards sowie Aufsichtsstrukturen in den Unternehmen) bei der Rohstoffbeschaffung als zweites Ziel der Politik zu Tage.

In einigen Punkten verschränken sich deutsche und europäische Initiativen. Europäische Richtlinien werden in nationales Recht umgesetzt, die europäische Ebene reagiert auf nationale Initiativen oder beide staatliche Ebenen führen koordinierte Programme durch wie z. B. die neuen *Important Projects of Common European Interest* (IPCEI).

Die nationalen und europäischen Rohstoffstrategien werden punktuell auch auf Landesebene flankiert. In Bayern zählen unter anderem die Entwicklung von Recyclingkonzepten, die Forschungsunterstützung zu effizientem Rohstoffeinsatz und Rohstoffsubstitution sowie die außenwirtschaftliche Unterstützung der bayerischen Unternehmen zu den bearbeiteten Themen. Dazu erhebt der Freistaat im Rahmen der staatlichen Lagerstätten erkundung Informationen zur Neubewertung und Exploration heimischer Lagerstätten.

6.1 Die Rohstoffstrategie der Bundesregierung

Im Jahr 2020 beschloss die Bundesregierung eine Neuauflage ihrer Rohstoffstrategie (Deutscher Bundestag, 2020), deren zentrales Ziel es ist, Unternehmen bei einer „sicheren, verantwortungsvollen und nachhaltigen Rohstoffversorgung“ zu unterstützen. Grundsätzlich ist ein marktwirtschaftlicher Ansatz, der die Rohstoffversorgung in erster Linie als Aufgabe der Unternehmen selbst sieht.

Angesichts der zunehmenden geopolitischen Risiken entwickelt sich allerdings in Deutschland und auf europäischer Ebene eine Diskussion über ein stärkeres staatliches

Engagement mit dem Ziel, die Rohstoffversorgung zu sichern und die Unternehmen in ihrer Resilienz gegenüber Versorgungsrisiken zu unterstützen. In der Diskussion stehen etwa eine staatliche Lagerhaltung von Rohstoffen für Notfälle oder die Gründung einer staatlichen Rohstoffgesellschaft. Beides sollte und könnte auf europäischer Ebene koordiniert werden, um Doppelstrukturen innerhalb der EU zu vermeiden. Hierzu könnte es notwendig sein, ein eigenes Rohstoffgesetz auf Bundesebene zu entwickeln oder die Regulierung im Bereich der kritischen Rohstoffe auf EU-Ebene zu verdichten (Hackenbruch, 2022). Es wurden bislang (Stand: November 2022) allerdings weder konkrete Maßnahmen beschlossen noch die Rohstoffstrategie ergänzt.

Gleichwohl werden zwei strukturelle Problemfelder in den internationalen Rahmenbedingungen identifiziert, aus denen sich gemäß der Rohstoffstrategie ein Ansatz für staatliches Engagement ableitet:

- Die Bedrohung freier internationaler Rohstoffmärkte durch Handelsstreitigkeiten und die Ausnutzung von Marktmacht durch einzelne Akteure erfordert das Eintreten für einen freien und fairen Welthandel sowie international gleiche Wettbewerbsbedingungen (Stichwort: *Level Playing Field*).
- Änderungen von Marktstrukturen durch disruptive Technologien sowie gestiegene Anforderungen an die Einhaltung von ESG-Standards und Menschenrechten in den Lieferketten begründen einerseits die Unterstützung von Unternehmen bei Investitionen in Forschung und Entwicklung sowie in der Transformation der Unternehmensprozesse, andererseits die Bereitstellung von Informationen und das Ziel, eine höhere Transparenz auf den Beschaffungsmärkten zu erreichen.

Die Rohstoffstrategie wird in drei Handlungsfelder strukturiert:

- Als Teil der industriepolitischen Strategie auf den Feldern der E-Mobilität, der Energiewende, des Klimaschutzes und der Digitalisierung soll die Sicherung der Rohstoffversorgung auch bei geänderten Rohstoffbedarfen gewährleistet werden.
- ESG-Kriterien sollen im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung der rohstoffproduzierenden Länder durch die Maßnahmen der Bundesregierung und das unternehmerische Handeln auch in den Rohstoffländern berücksichtigt werden.
- Der Einsatz von Primärrohstoffen soll durch effizienten Umgang mit Rohstoffen – einschließlich der Kreislaufwirtschaft – niedrig gehalten werden und so gleichzeitig die Umwelt schonen.

Dazu werden in der Rohstoffstrategie 17 Maßnahmen benannt, die von der Bundesregierung in Ressortverantwortung umgesetzt werden sollen. Eventuelle Zielkonflikte sollen von einem interministeriellen Ausschuss gelöst werden.

In Hinblick auf die Versorgungssituation mit Rohstoffen werden strategisch drei Quellen unterscheiden: heimische Primärrohstoffe, Rohstoffe aus dem Import sowie Sekundärrohstoffe. In der Rohstoffstrategie wird eine verantwortungsvolle Rohstoffgewinnung für alle drei Quellen als Ziel formuliert, der Nutzung der Sekundärrohstoffe gleichzeitig der Vorrang vor den anderen Quellen eingeräumt.

Dennoch beruht ein großer Teil der Rohstoffversorgung weiterhin auf dem Import von Primärrohstoffen und deren Weiterverarbeitungsprodukten. Der DERA kommen insbesondere in diesem Bereich wichtige Aufgaben zu.

- Sie betreibt ein kontinuierliches Rohstoffmonitoring im Auftrag der Bundesregierung für Unternehmen, Politik und Öffentlichkeit.
- Sie berät die Bundesregierung bei Rohstoff-Förderprogrammen und beurteilt die Anträge zu UFK-Garantien (Garantien für Ungebundene Finanzkredite) im Rohstoffbereich.
- Sie engagiert sich in internationalen Rohstoffkooperationen und Kompetenzzentren, gemeinsam mit AHK und GTAI im German Mining Network.

Die Reduzierung der Abhängigkeit von Primärrohstoffen soll einerseits durch eine Stärkung der Sekundärrohstoffwirtschaft und des Recyclings, andererseits durch die Verbesserung der Rohstoff- und Ressourceneffizienz unterstützt werden. Dazu sind im deutschen Programm für Ressourceneffizienz (ProgRes III) 118 Maßnahmen und Instrumente gebündelt.

6.2 Internationale Zusammenarbeit

Die Europäische Union vertritt ihre Mitgliedstaaten in allen Außenhandelsfragen. Verhandlung und Abschluss von Außenhandelsverträgen und die Vertretung der Mitgliedstaaten bei der Welthandelsorganisation (WTO) fallen so in die Kompetenz der EU. In diesen konkreten Fällen bleibt der Bundesregierung die indirekte Einflussnahme über die europäischen Institutionen.

Auf internationaler Ebene besteht die Zielsetzung der Bundesregierung in der Durchsetzung und Verteidigung ihrer ordnungspolitischen Grundhaltung. Der gleichberechtigte Zugang für alle Akteure zu den Rohstoffmärkten und ein freier Welthandel im Sinne eines *Level-Playing-Fields* sind hier die zentralen Elemente.

Der Aufbau und Betrieb von Kompetenzzentren für Bergbau und Rohstoffen dient hier 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*.

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

Das Internationale Forum für Bergbau, Minerale, Metalle und nachhaltige Entwicklung (IGF) ist ein Instrument der internationalen Zusammenarbeit. Hier werden Leitlinien und

Maßnahmen zur Förderung einer nachhaltigen Rohstoffpolitik entwickelt. Zudem 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.

Zur internationalen Zusammenarbeit zählt auch die Beteiligung der Bundesrepublik an der Extractive Industries Transparency Initiative (EITI), an der rund 50 Länder teilnehmen. Sie dient der Stärkung der Entwicklungs- und Schwellenländer im gemeinsamen Kampf gegen Korruption. Kern der EITI-Berichterstattung sind kontextbezogene Informationen über den Rohstoffsektor sowie die Offenlegung der staatlichen Rohstofferlöse und weiterer Zahlungen – wie beispielsweise Lizenzgebühren, Dividenden oder Steuern – der aktiven Öl-, Gas- und Bergbaufirmen an die jeweilige Regierung. Für Deutschland wurde der vierte EITI-Bericht im Frühjahr 2022 vorgelegt.

6.3 Die Rohstoffstrategie der Europäischen Union

Der Europäischen Union obliegt die Zuständigkeit für die Außenhandelspolitik ihrer Mitgliedstaaten. So muss sie im Rahmen der Handelspolitik auch die Rohstoffversorgung berücksichtigen. Dies geschieht im Einsatz für einen grundsätzlich freien Welthandel und bei der hinreichenden Berücksichtigung der Rohstoffversorgung in den bilateralen Handelsbeziehungen und -verträgen mit Drittstaaten.

Zentrale Richtschnur der Wirtschaftspolitik der derzeitigen EU-Kommission bleibt der *European Green Deal* aus dem Jahr 2019, in dem eine „Industriestrategie für eine saubere und kreislauforientierte Wirtschaft“ angelegt ist. Konkrete Maßnahmen wurden in zwei Aktionsplänen formuliert: dem Aktionsplan für kritische Rohstoffe und dem Aktionsplan für die Kreislaufwirtschaft.

Der Aktionsplan für kritische Rohstoffe setzt die Rohstoffinitiative (*Raw Materials Initiative* – RMI) der EU-Kommission von 2008 fort und verfolgt weiterhin den strategischen Dreiklang Sicherung und Diversifizierung der Rohstoffimporte, Ausbau heimischer Rohstoffquellen sowie Nutzung von Sekundärrohstoffen durch Recycling und Kreislaufwirtschaft.

Mit der Europäischen Rohstoffallianz besteht ein breites Bündnis der relevanten Stakeholder aus Wirtschaft, Mitgliedstaaten und Regionen, Gewerkschaften, Zivilgesellschaft, FuE-Organisationen, Investoren und Nicht-Regierungsorganisationen. Ziel ist es, die Widerstandsfähigkeit der Wertschöpfungsketten in der Europäischen Union bei kritischen Rohstoffen zu stärken. Mittel dazu sind die Nutzung von Sekundärrohstoffen, die Entwicklung eines inländischen Rohstoffangebots in der EU und die Diversifikation der Rohstoffquellen beim Bezug aus Drittländern.

Zum Aktionsplans zählen des Weiteren die Ermittlung von Bergbau- und Verarbeitungsprojekten in der EU, die Stärkung der Sekundärrohstoffwirtschaft, die Nutzung von FuE zur Verbesserung der Exploration von Ressourcen, der Bergbau- und

Verarbeitungstechnologien sowie von Substitution und Recycling. Darüber hinaus werden die Entwicklung nachhaltiger Finanzierungskriterien für den Bergbau- und Verarbeitungssektor sowie die Förderung verantwortungsvoller Bergbaupraktiken für kritische Rohstoffe gefördert.

Der Aktionsplan kritische Rohstoffe umfasst auch den Aufbau strategischer Partnerschaften zur Sicherung einer diversifizierten Versorgung. Im Juni 2021 wurde die erste dieser Partnerschaften mit Kanada besiegelt, im Juli 2021 folgte die zweite Partnerschaft mit der Ukraine. Die Projekte konzentrieren sich auf Rohstoffe für Magneten und Batterien wie Lithium, Kobalt, Graphit und Mangan.

Der Aktionsplan für die Kreislaufwirtschaft ist für die Sekundärrohstoffwirtschaft relevant. Elemente dieses Aktionsplans sind 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.

Weitere Entwicklungen mit Auswirkungen auf den Rohstoffbereich sind vor allem auf zwei Feldern zu erkennen:

- Im Februar 2022 hat die Europäische Kommission einen Vorschlag zu einer Richtlinie über die Nachhaltigkeitspflichten von Unternehmen angenommen. Der Vorschlag befindet sich im Abstimmungsverfahren zwischen EU-Parlament, EU-Kommission und den Mitgliedstaaten. Die vorgeschlagene Regelung erstreckt sich auch auf die Beschaffung von Rohstoffen.
- Die Verschärfung der EU-Klimaschutzziele und die Vorlage des „Fit-for-55“-Programms durch die EU-Kommission haben direkte Rückwirkungen auf die Rohstoffnachfrage in und für Europa. Sie erhöhen besonders den metallischen und mineralischen Rohstoffbedarf in den Bereichen der Elektromobilität und des Ausbaus der erneuerbaren Energiewirtschaft. Im Gegenzug soll der Verbrauch fossiler Energieträger vermindert werden.

7 Fazit und Handlungsempfehlungen

Vielschichtige Herausforderungen im Rohstoffbereich erfordern die gezielte Kooperation aller beteiligten Akteure

Die Risiken für eine gesicherte und preislich wettbewerbsfähige Rohstoffversorgung für die Industrie in Deutschland und Bayern lassen sich in verschiedene Bereiche einordnen. Für jeden Rohstoff ergibt sich eine eigene Kombination dieser Risiken. In Deutschland oder Europa kommen die meisten Rohstoffe nicht in ausreichender Menge vor und müssen importiert werden. Länder mit hohen wirtschaftlichen und politischen Risiken und mangelhaften Institutionen zählen bei vielen Rohstoffen zu den größten Anbietern. Hier ist die Investitionssicherheit der Rohstoffförderung oft nicht gewährleistet. Zudem ist eine strategische Verknappung des Rohstoffangebots zu befürchten. Diese Risiken nehmen mit zunehmender Unsicherheit in der Handelspolitik und wachsenden geopolitischen Konfrontationen zu.

Die zunehmende Marktdurchdringung neuer Technologien, auch im Zuge von Digitalisierung und Dekarbonisierung, verursacht neuen und steigenden Rohstoffbedarf. Zunehmende Ambitionen im Klimaschutz beschleunigen den Markthochlauf der Elektromobilität und den Ausbau von Klimaschutztechnologien in der Energieerzeugung, in der Erzeugung von grünem Wasserstoff und der Dekarbonisierung von Produktionsprozessen. Die Versorgungskrise am Energiemarkt erzeugt hier weiteren Handlungsdruck. Doch auch Neuinvestitionen in alternative Gasförderstätten zögen eine zusätzliche Rohstoffnachfrage nach sich. Von diesen Entwicklungen geht weiterhin eine steigende Rohstoffnachfrage nach spezifischen Rohstoffen wie Kobalt, Lithium, Graphit, Nickel, Seltenen Erden oder Platingruppenmetallen aus, die das Potenzial hat, den Rohstoffeinsatz nachhaltig zu verändern. Kupfer gilt als Schlüsselement für die Elektrifizierung des Energiesystems. Gleichzeitig zeichnen sich Reaktionen auf der Angebotsseite ab, die die aktuellen Versorgungsrisiken vermindern können. Langfristig gilt es hier, im Hinblick auf einen ökologischen Umbau der Produktion, geschlossene Recyclingkreisläufe für die wichtigsten Materialien zu entwickeln.

Diesen Bemühungen zum Trotz wird die Importabhängigkeit Deutschlands und Europas bei den metallischen Rohstoffen auf absehbare Zeit bestehen bleiben und macht internationale Lösungen für Unternehmen und Staat unverzichtbar. Das Bemühen um den Fortbestand eines international gesicherten regelbasierten Handelssystems ist eine der zentralen Aufgaben der Rohstoffpolitik. Umso wichtiger ist es, heimische Versorgungsquellen zu stärken, wo immer dies möglich ist: einerseits, um nicht neue Importabhängigkeiten zu schaffen, andererseits, weil – wie im Falle von Zement – die Produktion und deren Dekarbonisierung vor Ort günstigere Umweltwirkungen erwarten lassen als eine Beschaffung im Ausland.

Aus marktwirtschaftlicher Perspektive ist die Sicherung der eigenen Rohstoffversorgung in erster Linie Aufgabe der Unternehmen selbst. Dazu gehört die Analyse des eigenen Rohstoffbedarfs und das Ergreifen geeigneter Maßnahmen. Die Zusammenarbeit einzelner

Unternehmen entlang der Wertschöpfungskette ist hier genauso wie in anderen Bereichen Teil einer ökonomisch sinnvollen Arbeitsteilung und Spezialisierung. Staatliche Aufgaben entstehen demnach erst dann, wenn gesamtwirtschaftliche oder gesellschaftliche Herausforderungen eine gemeinsame Lösung für alle ökonomischen Akteure erfordern oder wenn eigenes oder fremdes staatliches Handeln die Rahmenbedingungen für die Unternehmen spürbar verändern.

Im internationalen Kontext ist dies der Fall, wenn der Zugang zu ausländischen Märkten administrativ oder mit Zöllen beschränkt wird. Deutschland und die EU sollten sich auf internationaler Ebene für freie Marktzugänge und die Aufrechterhaltung des freien Welthandels einsetzen. 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.

Es gibt daher verschiedene Ansatzpunkte für Maßnahmen für eine erfolgreiche Rohstoffpolitik. 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

Auf Unternehmensebene kann die Rohstoffabhängigkeit über die vertikale Integration der Rohstoffbeschaffung besser kontrolliert werden. Ein Unternehmen kann sich beispielsweise den Zugang zum in- und ausländischen Bergbau sichern. Die Aktivitäten einiger Automobilhersteller im Bereich der Batterieherstellung für die Elektromobilität illustrieren dieses Vorgehen. Diese Maßnahme steht eher großen als kleinen und mittelständischen Unternehmen offen.

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

Die Abhängigkeit von Primärrohstoffen kann durch Maßnahmen an verschiedenen Stellen der Produkt- und Prozessgestaltung verringert werden. Produktentwicklung, Materialeffizienz, Recycling und Substitution sind hier die relevanten Stichworte.

Das Risiko der Preisvolatilität lässt sich mittels verschiedener Instrumente zur Absicherung gegen Preisschwankungen verringern. Die Diversifikation von Lieferanten und die Vorratshaltung knüpfen an der stofflichen Seite des Rohstoffhandels an und sichern gleichzeitig

gegen Versorgungsausfälle ab. Auf der finanziellen Seite können Finanzinstrumente wie Optionen oder Futures – Stichwort *Hedging* – oder langfristige Lieferverträge mit Preisgleitklauseln zum Einsatz kommen.

Einzelne Unternehmen haben dagegen auf die politische und wirtschaftliche Stabilität und Korruption in den Rohstoffländern insgesamt kaum 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

Die interaktive Ebene bildet einen Kooperationsraum für Unternehmen, Forschungseinrichtungen oder staatliche Stellen ab. 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.

Die Abhängigkeit von ausländischen Rohstoffquellen können Unternehmen jenseits der vertikalen Integration auch durch gemeinsame Exploration und Projektentwicklung mit anderen Unternehmen oder Forschungseinrichtungen begrenzen. Auch die staatliche Unterstützung solcher Projekte – wie in Deutschland durch die UFK-Garantien – lässt sich dieser Ebene zuordnen.

Die Kooperation zwischen Unternehmen entlang der Wertschöpfungskette oder zwischen Unternehmen und Forschungseinrichtungen kann in verschiedenen Formen an unterschiedlichen Punkten der Versorgungsrisiken ansetzen:

- Für eine vollständige Analyse der Rohstoffsituation eines Unternehmens entlang der gesamten Wertschöpfungskette ist die Kooperation aller Beteiligten notwendig. 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 bei Produktdesign, Recycling und Substitution können die Abhängigkeit von Primärrohstoffen reduzieren. Die Verbundforschung in Kooperation zwischen Unternehmen und Forschungseinrichtungen kann hier zu einer schnelleren Transformation wissenschaftlicher Erkenntnisse in anwendungsorientiertes Wissen beitragen. Die staatliche Förderung der Forschungseinrichtungen insgesamt sowie die Förderung

spezifischer Projekte der Verbundforschung zwischen Unternehmen und Forschungseinrichtungen unterstützen diese Bemühungen.

- Unternehmen können mittels der Zusammenarbeit in Netzwerken durch Nachfragebündelung in Einkaufsgemeinschaften und gemeinsame Lagerhaltung die Risiken aus Preisschwankungen und Versorgungsausfällen leichter bewältigen als jedes Unternehmen individuell.
- In den letzten Jahren haben auf deutscher und europäischer Ebene die Aktivitäten einer aktiven Industriepolitik zugenommen, die auch die Sicherung der Rohstoffversorgung der Unternehmen berücksichtigen. Dazu zählen die europäische Batterieallianz und die staatliche Unterstützung bei den IPCEI-Vorhaben in verschiedenen Bereichen. Die Etablierung internationaler Kooperationen mit den Abbauländern und die Aufrechterhaltung des offenen internationalen Handels gelten auch hier als wesentliche Pfeiler einer Rohstoffstrategie, denen in Zukunft voraussichtlich eine wachsende Bedeutung zukommen wird.

7.3 Staatliche Ebene

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

Die EU ist für Fragen der Handelspolitik zuständig. Die Aufrechterhaltung und Förderung eines möglichst freien Welthandels und eines gesicherten Marktzugangs deutscher und europäischer Unternehmen zu den internationalen Rohstoffmärkten zählen zu den wichtigsten Aufgaben. Der WTO-Rahmen wird dabei zunehmend durch weitere bi- und multilaterale Vereinbarungen ergänzt. Zu den Maßnahmen zählen der Schutz deutscher und europäischer Investitionen in Förderländern und die Beschränkung des strategischen Einsatzes von Marktmacht der Rohstoffländer.

Die politische und wirtschaftliche Instabilität in wichtigen Förderländern zählt in Europa zu den Hauptrisiken einer gesicherten Rohstoffversorgung. Ein Ziel der Rohstoffpolitik in der EU und Deutschland ist es, die Stabilität in den Förderländern durch die Unterstützung bei der Entwicklung von Institutionen und der Etablierung guter Regierungsführung zu stärken. Technologische, politische und rechtliche Unterstützung bei der Rohstoffeffizienz, bei der Umsetzung internationaler Minen- und Bergbaustandards sowie bei Umwelt- und Sozialnormen verknüpft diesen Ansatz mit entwicklungspolitischen Zielsetzungen. Die Rohstoffpartnerschaften der Bundesregierung mit Kasachstan, der Mongolei und Peru als Teil der Rohstoffstrategie stellen eine Umsetzung dieses Ansatzes dar. Das Engagement in der internationalen Initiative für Transparenz in der Rohstoffwirtschaft (EITI) oder der *European Partnership for Responsible Minerals (EPRM)* sind weitere Beiträge.

Ein an Bedeutung gewinnender Aspekt der politischen Risiken der Rohstoffversorgung ist die weitere Entwicklung der internationalen Handelsbeziehungen. Eine schärfere Abschottung von Seiten Chinas oder handelspolitische Implikationen einer möglichen

geopolitischen Blockbildung stellen derzeit kaum zu kalkulierende neue Risiken dar. Eine stärkere Diversifizierung von Handelspartnern und strategische Ausweitung von Rohstoffpartnerschaften kann hier die Risikoentwicklung dämpfen.

Zu den klassischen Staatsaufgaben zählt auch die Förderung der Grundlagenforschung, 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.

Die Organisation der Sekundärrohstoffwirtschaft und die Etablierung einer Kreislaufwirtschaft ist auf staatlicher Ebene angesiedelt. Dies betrifft primär jene Rohstoffe, bei denen sich mangels Wirtschaftlichkeit noch keine privaten Recyclingkreisläufe gebildet haben.

Die DERA erfüllt 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.

Zu den Staatsaufgaben zählt es nicht zuletzt, die Rahmenbedingungen für den inländischen Primärrohstoffabbau zu regeln. Dabei gilt es einerseits, die derzeit geförderten Rohstoffe in den Blick zu nehmen. Andererseits wandeln sich durch technologische Innovationen die Rohstoffnachfrage und das potenzielle Rohstoffangebot. Die Erschließung neuer Rohstoffvorkommen kann durch zusätzliche Nachfrage oder durch neue Fördertechniken rentabel werden. Ein Beispiel ist die Entwicklung der Lithiumförderung aus unterirdischem Thermalwasser im Oberrheingraben. Effiziente Raumplanungs-, Genehmigungs- und Zulassungsverfahren sind eine wesentliche Voraussetzung für die wirtschaftliche Erschließung solcher Ressourcen.

Tabelle 5

Maßnahmen zur Rohstoffsicherung

Adressiertes Problem	Ziel der Maßnahme	Maßnahmen auf der Ebene von		
		Unternehmen	Unternehmensverbund	Staat/EU
Rohstoffabhängigkeit vom Ausland	Zugang zu in- und ausländischem Bergbau	– Vertikale Integration	– Exploration und Projektentwicklung	– Investitionssicherheit – Partnerschaften – Exploration – Förderung der inländischen Primärrohstoffgewinnung – Sekundärrohstoffe
		– Analyse der eigenen Rohstoffsituation	– Netzwerkbildung	– Schaffung von Informationsangeboten
Unsicherheit und ineffizientes Marktverhalten	Transparente Preisbildung, Kritikalitätslisten	– Produktentwicklung	– Verbundforschung	– Ausbildung – Grundlagenforschung – Sekundärrohstoffe
		– Materialeffizienz – Recycling – Substitution		
Abhängigkeit von Primärrohstoffen	Geringere Abhängigkeit von Primärrohstoffen	– Hedging – Langfristige Lieferverträge – Diversifikation von Lieferanten – Vorratshaltung	– Nachfragebündelung – Gemeinsame Lagerhaltung	
Preisvolatilität	Absicherung gegen Preisschwankungen	– Diversifikation von Lieferanten – Vorratshaltung	– Gemeinsame Lagerhaltung	
Versorgungsausfall	Absicherung gegen Versorgungsschwankungen	– Diversifikation von Lieferanten – Vorratshaltung	– Gemeinsame Lagerhaltung	
Strategischer Einsatz von Marktmacht	Freier Wettbewerb auf Rohstoffmärkten	– Klage gegen Missbrauch von Marktmacht	– Klage gegen Missbrauch von Marktmacht	– Handelspolitik, u. a.: multilaterale und bilaterale Freihandelsverträge, WTO-Verfahren
Krisen, Korruption, fehlende Stabilität in Rohstoffländern	Politische und wirtschaftliche Stabilisierung der Rohstoffländer	– Technologietransfer – Analyse der eigenen Liefer- und Wertschöpfungskette	– Technologietransfer – Informations- und Beratung für Unternehmen	– Unterstützung für Rohstoffländer, z. B. Partnerschaften, Good Governance, Entwicklungshilfe – Informationen und Beratung für Unternehmen

Eigene Darstellung in Anlehnung an Bardt et al. (2013), IW Consult, 2022

Literaturverzeichnis

Bardt, Hubertus (2011):

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

Bbs, Bundesverband Baustoffe – Steine und Erden e.V. (2019):

Die Nachfrage nach Primär- und Sekundärrohstoffen der Steine-und-Erden-Industrie bis 2035 in Deutschland.

Curbach, M. und Kranich, S. (2020):

Carbonbeton: Daraus werden nicht nur Häuser gemacht. <https://www.haus.de/bauen/carbonbeton-cube-dresden-30022>, abgerufen am 19. September 2022.

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,

Deutsches Kupferinstitut, (2019):

Recycling von Kupferwerkstoffen, Auskunft- und Beratungsstelle für die Verwendung von Kupfer- und Kupferlegierungen, Düsseldorf.

Dorner, U., (2020):

Rohstoffrisikobewertung – Kupfer. – DERA Rohstoffinformationen 45: 58 S.; Berlin.

Europäische Kommission (2020a):

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

Hackenbruch, F. (2022): Regierung auf Schatzsuche, in: Der Tagesspiegel vom 11.11.2022, S.4

HeidelbergCement (2022):

Unsere Zementwerke. <https://www.heidelbergcement.de/de/zementwerke>, abgerufen am 9. September 2022.

International Energy Agency – IEA (2022):

The Role of Critical Minerals in Clean Energy Transitions, World Energy Outlook Special Report, veröffentlicht im Mai 2021, überarbeitet im März 2022, <https://www.iea.org/reports/the-role-of-critical-minerals-in-clean-energy-transitions>, abgerufen am 20.10.2022

ISCG (2021):

International Copper Study Group, The World Copper Factbook 2021. <https://icsg.org/>, zuletzt abgerufen am 21.10.2022.

Marscheider-Weidemann, F. et al. (2021):

Marscheider-Weidemann, F. et al., Langkau, S.; Baur, S.-J.; Billaud, M.; Deubzer, O.; Eberling, E.; Erdmann, L.; Haendel, M.; Krail, M.; Loibl, A.; Maisel, F.; Marwede, M.; Neef, C.; Neuwirth, M.; Rostek, L.; Rückschloss, J.; Shirinzadeh, S.; Stijepic, D.; Tercero Espinoza, L.; Tippner, M. (2021): Rohstoffe für Zukunftstechnologien 2021. – DERA Rohstoffinformationen 50: 366 S., Berlin.

Maruyama et al. (2021):

A New Concept of Calcium Carbonate Concrete using Demolished Concrete and CO₂. https://www.jstage.jst.go.jp/article/jact/19/10/19_1052/_article, abgerufen am 19. September 2022.

Müller, C. und Mohr, M. (2021):

Wie gelingt die Dekarbonisierung des Betonbaus in der Praxis? konstruktiv 2/2021.

SPZ, Solnhofer Portland Zementwerke (2022):

Die Herstellung von Qualitätszement. <https://www.spz-solnhofen.de/zementherstellung.html>, abgerufen am 26. September 2022.

Statistisches Bundesamt (2022a):

Aus- und Einfuhr (Außenhandel): Deutschland, Monate, Land, Warenverzeichnis (4-/6-Steller), <https://www-genesis.destatis.de/genesis/online>, abgerufen am 20. Oktober 2022

Statistisches Bundesamt (2022b):

Aus- und Einfuhr (Außenhandel): Deutschland, Monate, Warensystematik, <https://www-genesis.destatis.de/genesis/online>, abgerufen am 21. Oktober 2022

Statistisches Bundesamt (2022c):

Beschäftigte und Umsatz der fachlichen Betriebsteile im Verarbeitenden Gewerbe: Deutschland, Jahre, Wirtschaftszweige (WZ2008 2-4-Steller Hierarchie), <https://www-genesis.destatis.de/genesis/online>, abgerufen am 19. September 2022.

TU Dresden (2021):

CARBONBETON: SCHÖNER, SCHNELLER, EFFIZIENTER – UNTERSUCHUNGEN HALTEN DEN BAUSTOFF FÜR EINEN GAME-CHANGER ZUR BEKÄMPFUNG DES KLIMAWANDELS. <https://tu-dresden.de/tu-dresden/newsportal/news/carbonbeton-schoener-schneller-effizienter-untersuchungen-halten-den-baustoff-fuer-einen-game-changer-zur-bekaempfung-des-klimawandels>, abgerufen am 19. September 2022.

Umweltbundesamt (2022):

Carbon Capture and Storage. <https://www.umweltbundesamt.de/themen/wasser/gewaesser/grundwasser/nutzung-belastungen/carbon-capture-storage#grundlegende-informationen>, abgerufen am 9. September 2022.

USGS, United States Geological Survey (2022):

Mineral Commodity Summaries 2022. <https://pubs.usgs.gov/periodicals/mcs2022/mcs2022.pdf>, abgerufen am 26. September 2022.

vbw, Vereinigung der Bayerischen Wirtschaft e.V. (2021):

Constructing Our Future. Planen. Bauen. Leben. Arbeiten. Handlungsempfehlungen des Zukunftsrats der Bayerischen Wirtschaft.

vdz, Verein Deutscher Zementwerke e.V. (2022):

Zementindustrie in Deutschland. <https://www.vdz-online.de/zementindustrie/zahlen-und-daten/zementindustrie-in-deutschland>, abgerufen am 9. September 2022.

vdz, Verein Deutscher Zementwerke e.V. (2021a):

Hrsg. Zementindustrie im Überblick 2021/2022. Düsseldorf, 2021, verfügbar unter: <https://vdz.info/ziue21>, abgerufen am 9. September 2022.

vdz, Verein Deutscher Zementwerke e.V. (2021b):

Calcinierte Tone aus mineralischen Sekundärrohstoffen. <https://www.vdz-online.de/wissensportal/forschungsprojekte/calcinierte-tone-aus-mineralischen-sekundaerrohstoffen>, abgerufen am 19. September 2022.

vdz, Verein Deutscher Zementwerke e.V. (2020):

Dekarbonisierung von Zement und Beton – Minderungspfade und Handlungsstrategien. Eine CO₂-Roadmap für die deutsche Zementindustrie. https://www.vdz-online.de/fileadmin/wissensportal/publikationen/zementindustrie/VDZ-Studie_Dekarbonisierung_von_Zement_und_Beton.pdf, abgerufen am 19. September 2022.

Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH (2015):

Rohstoffversorgung und Ressourcenproduktivität in der deutschen Zementindustrie. Analyse des Status quo und Perspektiven. https://mitglieder.vdz-online.de/fileadmin/gruppen/vdz/3LiteraturRecherche/Studien/Studie_Rohstoffversorgung_Ressourcenproduktivitaet_Zementindustrie.pdf, abgerufen am 26. September 2022.

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 Anfang November 2022 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 2021 etwa 21,6 Millionen Tonnen Kupfer produziert bei einem bekannten Vorkommen von weltweit rund 880 Millionen Tonnen. Somit würde dieser Rohstoff rechnerisch noch rund 41 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 Korruptionsniveau 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 Produzenteländer auf sich vereinen.

Unternehmenskonzentration

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

Preisrisiko

Das Preisrisiko eines Rohstoffs wird für den Rohstoff-Risiko-Index als Mischung aus der Dynamik der Preisentwicklung und der Schwankungen der Preise im Betrachtungszeitraum verstanden. Zur Quantifizierung werden der Preisanstieg im Zeitraum von September 2019 bis September 2022 und die Preisvolatilität im gleichen Zeitraum herangezogen. Preisrückgänge gehen mit einem Wert von null ein. Aus diesen beiden Indikatoren wird ein Index gebildet, in den der Preisanstieg mit einem Gewicht von 25 Prozent und die Volatilität mit einem Gewicht von 75 Prozent eingehen. Bei einigen wenigen Rohstoffen müssen Experteneinschätzungen die konkreten Preisberechnungen ersetzen, da die Datenlage zu intransparent ist.

Bedeutung für Zukunftstechnologien

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

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

Gefahr strategischer Rohstoffpolitik

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

Substituierbarkeit

Rohstoffe können in Funktion und Eigenschaften unterschiedlich gut durch andere Rohstoffe ersetzt werden. Gleichzeitig sind diese Substitute selbst nicht immer einfach und ohne Risiko zu beschaffen. Eine einheitliche Quantifizierung der Rohstoffe besteht auch hier nicht, sodass das Rohstoffexpertenpanel auch zu einer Einordnung dieses Aspekts auf einer sechsstufigen Skala aufgefordert wurde. Ein Abgleich mit der Einstufung im Rahmen der europäischen SCREEN Initiative¹ rundet das Bild ab.

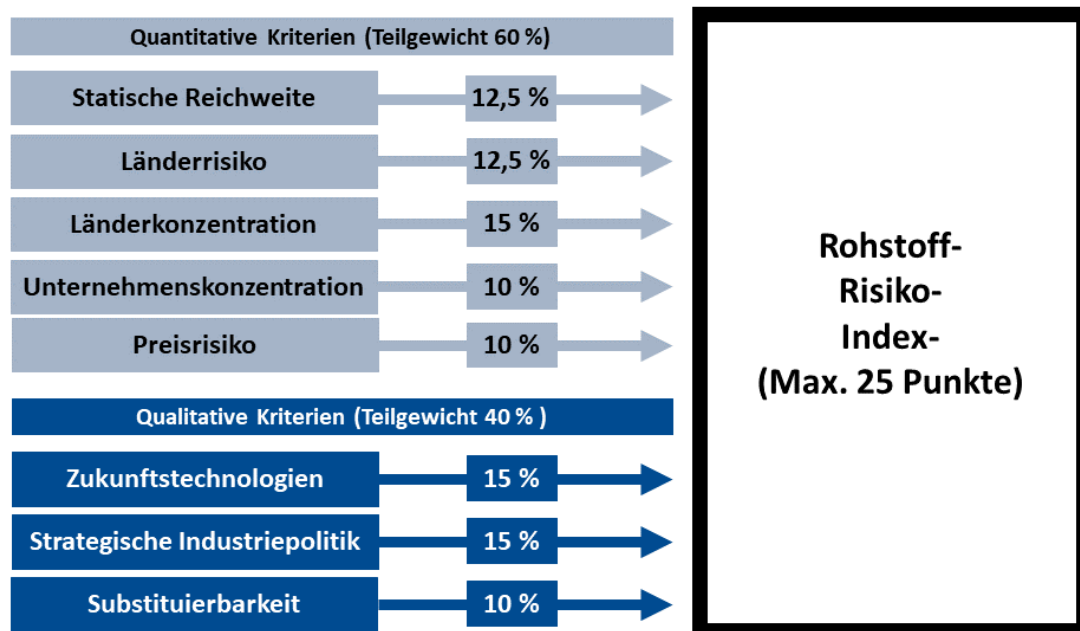
¹ Das Akronym SCREEN steht für Solution for Critical Raw Materials – a European Expert Network.

Gewichtung

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

Tabelle 6

Gewichtung des Rohstoff-Risiko-Index



Eigene Darstellung IW Consult, 2020

Anhang – Rohstoffsteckbriefe

Die Rohstoff-Steckbriefe berücksichtigen den verfügbaren Datenstand von Anfang November 2022.

Metalle

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

Edelmetalle

Gold
Palladium
Platin
Rhodium
Silber

Industriemineralien

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

Schwefel
Steinsalz
Zement

Seltene Erden

Scandium
Yttrium
Neodym

Spezialmetalle

Indium
Germanium
Gallium
Selen

ALUMINIUM



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

Einsatzfelder:

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

Risikoklasse (3er-Skala)

Vorräte und Verbrauch

Risikoklasse



2020 wurden rund 369 Mio. Tonnen des Aluminiumerzes Bauxit gewonnen.

Aluminium kann bei einer Bauxitreserve von etwa 32 Mrd. Tonnen noch fast 87 Jahre produziert werden.

Abbauländer und Konzentration

Risikoklasse



- 96 % des Bauxitabbaus wurden 2020 von zehn Ländern geleistet.
- In fünf Ländern wurden 85 % des Bauxits gewonnen: Australien (28 %), Guinea (24 %), China (17 %), Brasilien (9 %) und Indonesien (7 %).
- Der Weltmarktanteil der Top-10-Unternehmen liegt bei über 75 %.

Preisentwicklung

Risikoklasse



Der Preis für Aluminium ist in den letzten drei Jahren ähnlich wie am Rohstoffmarkt gestiegen. Die Volatilität war aber geringer.

- Preis pro Tonne September 2019: 1.754 US-Dollar
- Preis pro Tonne September 2022: 2.225 US-Dollar
- Anstieg von 27%

Substitutionsmöglichkeiten

Risikoklasse



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

Zukunftsrelevanz

Risikoklasse



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

Politische Risiken

Risikoklasse



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

BLEI

Bedeutung für Bayern: Mittel



Risikoklasse (3er-Skala)

Einsatzfelder:

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

Vorräte und Verbrauch

Risikoklasse



2021 wurden 5,1 Mio. Tonnen Blei produziert.

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

Abbauländer und Konzentration

Risikoklasse



- 89 % der Bleiförderung wurden 2021 von zehn Ländern erbracht.
- In sechs Ländern wurden 80 % des Bleis gewonnen: China (48 %), Australien (10 %), USA (7 %), Peru (6 %), Mexiko (5 %), und Indien (4 %).
- Der Weltmarktanteil der Top-10-Unternehmen liegt bei 46 %.

Preisentwicklung

Risikoklasse



Der Bleipreis entwickelte sich in den letzten drei Jahren mit nur mäßigen Schwankungen.

- Preis pro Tonne September 2019: 2.072 US-Dollar
- Preis pro Tonne September 2022: 1.870 US-Dollar
- Rückgang um knapp 10 %

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 



2020 wurden 31 Mio. Tonnen des Erzes Chromit gewonnen.

Chrom kann bei einer Chromitreserve von etwa 570 Mio. Tonnen bei gleichem Verbrauch nur für rund 18 Jahre produziert werden.

Abbauländer und Konzentration

Risikoklasse 



- 97 % des Chromitabbaus wurden 2020 in zehn Ländern erbracht.
- In fünf Ländern wurden rund 86 % des Chromits abgebaut: Südafrika (43 %), Kasachstan (20 %), Türkei (10 %), Indien (9 %) und Simbabwe (4 %).

Preisentwicklung

Risikoklasse 



In den letzten drei Jahren sank der Chrompreis bis Mitte 2020 auf rund 6.600 US-Dollar und stieg seitdem wieder an.

- Preis pro Tonne September 2019: 7.952 US-Dollar
- Preis pro Tonne September 2022: 10.114 US-Dollar
- Anstieg um 27 %

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

mittel

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

Einsatzfelder:

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

Risikoklasse (3er-Skala)

Vorräte und Verbrauch

Risikoklasse



2021 wurden 2,4 Mrd. Tonnen Eisenerz gefördert.

Bei Eisenerzvorräten von rund 180 Mrd. Tonnen kann Eisen noch für rund 74 Jahre produziert werden.

Abbauländer und Konzentration

Risikoklasse



- 92 % des Eisenerzabbaus fanden 2021 in zehn Ländern statt.
- In fünf Ländern wurden rund 79 % des Eisenerzes gewonnen: Australien (37 %), Brasilien (16 %), China (12 %), Indien (9 %) und Russland (5 %).
- Die Top-10 Unternehmen vereinen einen Weltmarktanteil von rund 63 % auf sich.

Preisentwicklung

Risikoklasse



Bei Eisen waren bis Sommer 2021 stärker steigende Preise und größere Schwankungen als im Marktdurchschnitt zu beobachten. Nach einem starken Abfallen und einem erneuten Anstieg gab es zuletzt eine sinkende Tendenz.

- Preis September 2019: 93 US-Dollar je Tonne Feinerz
- Preis September 2022: 100 US-Dollar je Tonne Feinerz
- Anstieg von 7 %

Substitutionsmöglichkeiten

Risikoklasse



Substitutionsmöglichkeiten bestehen teilweise durch Aluminium, Plastik und Verbundwerkstoffe.

Zukunftsrelevanz

Risikoklasse



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

Politische Risiken

Risikoklasse



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

KADMIUM

Bedeutung für Bayern: Mittel



Risikoklasse (3er-Skala)

Einsatzfelder:

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

Vorräte und Verbrauch

Risikoklasse



2020 wurden rund 24.500 Tonnen Kadmium produziert.

Bei Kadmiumvorräten von rund 750.000 Tonnen kann Kadmium bei gleicher Produktion noch für rund 31 Jahre hergestellt werden.

Abbauländer und Konzentration

Risikoklasse



- 95 % des Kadmiumabbaus fanden 2020 in zehn Ländern statt.
- In fünf Ländern wurden rund 79 % des Kadmiuns gewonnen: China (42 %), Südkorea (18 %), Japan (7 %), Kasachstan und Russland (je 6 %).

Preisentwicklung

Risikoklasse



Bei Kadmium gibt es seit Sommer 2020 einen kontinuierlichen Preisanstieg.

- Preis pro Tonne September 2019: 2.789 US-Dollar
- Preis pro Tonne September 2022: 3.141 US-Dollar
- Anstieg von 12,6 %

Substitutionsmöglichkeiten

Risikoklasse



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

Zukunftsrelevanz

Risikoklasse



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

Politische Risiken

Risikoklasse



Die Länderkonzentration ist mäßig. Mit Südkorea, Japan, den Niederlanden sind zwar auch politisch stabile Länder unter den größeren Produzenten vertreten. Mit China und Russland liegen aber rund 48 Prozent der Produktion in Risikoländern.

KOBALT



Risikoklasse (3er-Skala)

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

Einsatzfelder:

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

Vorräte und Verbrauch

Risikoklasse



2021 wurden rund 165.000 Tonnen Kobalt produziert.

Die Vorräte belaufen sich auf rund 7,6 Mio. Tonnen und reichen theoretisch bei gleicher Produktion für weitere rund 46 Jahre. Im Zuge der steigenden Nachfrage für die Elektromobilität ist aber mit deutlich steigendem Verbrauch zu rechnen.

Abbauländer und Konzentration

Risikoklasse



- Rund 94 % der Kobaltgewinnung konzentrierten sich 2020 auf zehn Länder.
- Die Demokratische Republik Kongo kam allein auf einen Anteil von 71% der weltweiten Produktion. Die nächstgrößeren vier Förderländer sind Australien (4 %), Philippinen, Sambia und Kuba (je 3 %).
- Die 10 größten Unternehmen vereinen 70 Prozent der Produktion auf sich.

Preisentwicklung

Risikoklasse



Die Kobaltpreise sind im Betrachtungszeitraum gestiegen. Seit einem Preishoch von rund 81.800 US-Dollar pro Tonne (April 2022) gibt es wieder eine sinkende Tendenz.

- Preis September 2019: 35.831 US-Dollar pro Tonne
- Preis September 2022: 51.516 US-Dollar pro Tonne
- Anstieg um 44 %

Substitutionsmöglichkeiten

Risikoklasse



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

Zukunftsrelevanz

Risikoklasse



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

Politische Risiken

Risikoklasse



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

KUPFER



Risikoklasse (3er-Skala)

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

Einsatzfelder:
Elektroindustrie, Bauindustrie, Maschinenbau,
Radio Frequency Identification (RFID), Windkraft, Münzwesen

Vorräte und Verbrauch

Risikoklasse



2021 wurden rund 21,6 Mio. Tonnen Kupfer gewonnen.

Bei Vorräten von rund 880 Mio. Tonnen wäre die Produktion für weitere rund 41 Jahre gesichert.

Abbauländer und Konzentration

Risikoklasse



- 79 % des Kupferabbaus fanden 2021 in zehn Ländern statt.
- Fünf Länder kamen zusammen auf einen Anteil von 60 %: Chile (26 %), Peru (11 %), China (9 %), die Demokratische Republik Kongo (8 %) und USA (6 %).
- Die größten zehn Unternehmen erreichen einen Anteil von 47 %.

Preisentwicklung

Risikoklasse



Die Preise für Kupfer stiegen in den letzten drei Jahren stark insbesondere zwischen Mai 2020 und März 2022. Seitdem gibt es eine sinkende Tendenz.

- Preis September 2019: 5.759 US-Dollar pro Tonne
- Preis September 2022: 7.746 US-Dollar pro Tonne
- Anstieg von 34,5 %

Substitutionsmöglichkeiten

Risikoklasse



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

Zukunftsrelevanz

Risikoklasse



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

Politische Risiken

Risikoklasse



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

LITHIUM



Risikoklasse (3er-Skala)

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

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

Vorräte und Verbrauch

Risikoklasse



2021 wurden 490.000 Tonnen Lithium gewonnen. Gegenüber dem Jahr 2015 hat sich diese Menge um mehr als ein Fünftel erhöht.

Lithium kann bei bestehenden Reserven von rund 22 Mio. Tonnen noch rund 45 Jahre abgebaut werden.

Abbauländer und Konzentration

Risikoklasse



- 90 % des Lithiumabbaus wurden 2021 von drei Ländern geleistet.
- In fünf Ländern wurden 98 % des Lithiums gewonnen: Australien (49 %), Chile (30 %), China (10 %), Argentinien (7 %) und Simbabwe (2 %).
- Der Weltmarktanteil der Top-10-Unternehmen liegt bei rund 89 %.

Preisentwicklung

Risikoklasse



Die Lithiumpreise verzeichneten seit dem Jahr 2022 einen extremen Anstieg.

- Preis pro Tonne September 2019: 9.583 US-Dollar
- Preis pro Tonne September 2022: 60.442 US-Dollar
- Anstieg von 531 %

Substitutionsmöglichkeiten

Risikoklasse



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

Zukunftsrelevanz

Risikoklasse



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

Politische Risiken

Risikoklasse



- Zunehmende Umweltrisiken in der Förderung.
- Die bedeutendsten zukünftig relevanten Vorkommen von Lithium(-sole) liegen in Bolivien, geplante Kooperationsabkommen zur Förderung sind gescheitert.
- Leicht risikomildernd wirkt, dass der Rohstoff auch in risikoärmeren Ländern (z. B. Australien, Chile, Argentinien) vorhanden ist.

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



2020 wurden rund 945.800 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 2020 auf weniger als zehn Länder.
- Fünf Länder erreichten gemeinsam einen Anteil von 99 %: China (91 %), USA (3 %), Brasilien, Israel (je 2 %), Russland (1 %).
- 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.

- Preis September 2019: 2.162 US-Dollar pro Tonne
- Preis September 2022: 3.558 US-Dollar pro Tonne
- Anstieg von 65 %

Substitutionsmöglichkeiten

Risikoklasse



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

Zukunftsrelevanz

Risikoklasse



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

Politische Risiken

Risikoklasse



- Die Produktion ist derzeit zu über 90 % in China konzentriert, das im September 2021 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



2020 wurden rund 49,6 Mio. Tonnen Mangan produziert.

Die Vorräte belaufen sich auf über 1,5 Mrd. Tonnen. Das heutige Produktionsniveau ließe sich damit rund 30 Jahre aufrechterhalten.

Abbauländer und Konzentration

Risikoklasse



- 2020 vereinigten zehn Länder 94 % der Manganproduktion auf sich.
- Fünf Länder erreichten gemeinsam einen Anteil von 76 %: Südafrika (32 %), Gabun (16 %), China (13 %), Australien (10 %) und Indien (5 %).
- Die Top-10-Unternehmen kommen auf einen Marktanteil von über 62 %.

Preisentwicklung

Risikoklasse



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

- Preis September 2019: 5,2 US-Dollar pro Tonne Mangan-Erz
- Preis September 2022: 4,5 US-Dollar pro Tonne Mangan-Erz
- Rückgang von 13 %

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 



2021 wurden 322.000 Tonnen Molybdän hergestellt.

Die Vorräte von rund 16 Mio. Tonnen reichen für eine unveränderte Produktion von weiteren 50 Jahren aus.

Abbauländer und Konzentration

Risikoklasse 



- 98 % der Molybdänproduktion konzentrierten sich 2021 auf zehn Länder.
- Fünf Länder erreichten gemeinsam einen Anteil von 92 %: China (44 %), Chile (17 %), USA (15 %), Peru (11 %) und Mexiko (5 %).
- Die Top-10-Unternehmen kommen auf einen Marktanteil von rund 65 %.

Preisentwicklung

Risikoklasse 



Der Preis ist seit Ende 2020 gestiegen, die Volatilität war allerdings geringer als im Durchschnitt der Rohstoffe.

- Preis September 2019: 39,7 USD pro kg
- Preis September 2022: 53,9 USD pro kg
- Anstieg von 36 %

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



2021 wurden 2,7 Mio. Tonnen Nickel hergestellt.

Die Vorräte von rund 95 Mio. Tonnen decken eine unveränderte Produktion von weiteren 35 Jahren.

Abbauländer und Konzentration

Risikoklasse



- 89 % der Nickelförderung fanden 2021 in zehn Ländern statt.
- Rund 72 % der Nickelförderung wurden in fünf Ländern erbracht: Indonesien (39 %), Philippinen (14 %), Russland, Neu-Kaledonien (je 7 %) sowie Australien (6 %).
- Die Top-10-Unternehmen kommen auf einen Marktanteil von 57 %.

Preisentwicklung

Risikoklasse



Der Preisanstieg von Nickel war in den letzten drei Jahren relativ moderat mit einem kurzfristigen Preishoch im Frühjahr 2022, die Volatilität war leicht unterdurchschnittlich.

- Preis September 2019: 17.657 US-Dollar pro Tonne
- Preis September 2022: 22.774 US-Dollar pro Tonne
- Anstieg von 29 %

Substitutionsmöglichkeiten

Risikoklasse



- Rund 17 Prozent des in der EU verarbeiteten Nickels stammt aus Recyclingmaterial, das in der EU gewonnen wurde.
- Substitutionsmöglichkeiten bestehen teilweise durch Aluminium, beschichtete Stähle, Plastik und Titanlegierungen.

Zukunftsrelevanz

Risikoklasse



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

Politische Risiken

Risikoklasse



Hohe Zukunftsrelevanz spricht für 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



2020 wurden 72.600 Tonnen Niob gefördert.

Die Vorräte von rund 17 Mio. Tonnen reichen für eine unveränderte Produktion von weiteren rund 234 Jahren.

Abbauländer und Konzentration

Risikoklasse



- Die Förderung von Niob war 2020 auf sehr wenige Länder konzentriert.
- 86% % der Niobförderung wurden in Brasilien erbracht. Kanada (10 %) und Nigeria (2 %) sind die einzigen weiteren Länder mit mehr als 1 % Anteil an der Weltproduktion.

Preisentwicklung

Risikoklasse



Die Volatilität des Niob Preises war in den letzten drei Jahren leicht überdurchschnittlich, das Preisniveau stieg an.

- Preis September 2019:
18,5 US-Dollar pro Kilogramm
- Preis September 2022:
30,1 US-Dollar pro Kilogramm
- Anstieg von 63 %

Substitutionsmöglichkeiten

Risikoklasse



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

Zukunftsrelevanz

Risikoklasse



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

Politische Risiken

Risikoklasse



- 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

Vorräte und Verbrauch

Risikoklasse 



2020 wurden rund 8.200 Tonnen Tantal produziert.

Bei unveränderter Produktion reichen die Vorräte in Höhe von rund 134.000 Tonnen für weitere rund 16 Jahre.

Abbauländer und Konzentration

Risikoklasse 



- Zehn Länder vereinigten 2020 praktisch die gesamte Förderung von Tantal auf sich.
- Fünf Länder kontrollierten rund 95 % der Tantalförderung: Brasilien (76 %), Ruanda (7 %), die Demokratische Republik Kongo (7 %) sowie Mosambik (3 %) und Australien (2 %).

Preisentwicklung

Risikoklasse 



Der Preis von Tantal stieg seit November 2020 in Wellen an. Die Volatilität war unterdurchschnittlich.

- Preis September 2019: 119 US-Dollar pro Kilogramm
- Preis September 2022: 184 US-Dollar pro Kilogramm
- Anstieg von 55 %

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



2020 wurden rund 8.200 Tonnen Titan hergestellt.

Bei unveränderter Produktion reichen die Vorräte der wichtigsten Erze Ilmenit und Rutil in Höhe von rund 750 Mio. Tonnen sehr lange Zeit aus.

Abbauländer und Konzentration

Risikoklasse



- 92 % der Förderung der Titan-Erze Ilmenit und Rutil konzentrierte sich 2020 auf zehn Länder.
- Aus fünf Ländern stammten rund 69 % der geförderten Erze: China (28 %), Südafrika (13 %), Australien (12 %), Kanada (8 %) und Mosambik (7 %)
- Es gibt nur sechs Firmen, die über nennenswerte Anteile der weltweiten Produktion verfügen.

Preisentwicklung

Risikoklasse



In den letzten drei Jahren die Titanpreises bis Februar 2022 relativ konstant. Seitdem kam es zu einem starken Preisanstieg.

- Preis September 2019: 4,5 USD/kg pro Tonne
- Preis September 2022: 8,7 USD/kg
- Anstieg von 92,5 %

Substitutionsmöglichkeiten

Risikoklasse



- Rund 20 % des in der EU verarbeiteten Titans stammt aus Recyclingmaterial, das in der EU gewonnen wurde.
- Als Pigment bestehen Substitutionsmöglichkeiten durch Kalziumkarbonat, Kaolin oder Talk.

Zukunftsrelevanz

Risikoklasse



- Aufgrund seiner besonderen Eigenschaften als Legierungszusatz (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



2020 wurden rund 92.500 Tonnen Wolfram produziert.

Bei unveränderter Produktion reichen die Vorräte von rund 3,7 Mio. Tonnen für 40 Jahre aus.

Abbauländer und Konzentration

Risikoklasse



- Die Förderung von Wolfram konzentrierte sich 2020 zu 99 % auf zehn Länder.
- Rund 96 % der Produktion wurden in fünf Ländern geleistet: China (82 %), Vietnam (9 %), Russland (3 %), Nordkorea und Bolivien (je 1 %).

Preisentwicklung

Risikoklasse



Im Zeitraum der letzten drei Jahre war der Preis bis Ende 2020 relativ stabil, seit Anfang des Jahres 2021 stieg der Wolframpreis kontinuierlich an und verharrt seit April 2022 auf hohem Niveau. Die Volatilität war geringer als im Marktdurchschnitt.

- Preis September 2019: 198 US-Dollar pro Tonne
- Preis September 2022: 335 US-Dollar pro Tonne
- Anstieg von 69 %

Substitutionsmöglichkeiten

Risikoklasse



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

Zukunftsrelevanz

Risikoklasse



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

Politische Risiken

Risikoklasse



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

ZINK



Risikoklasse (3er-Skala)

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

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

Vorräte und Verbrauch

Risikoklasse 



2021 wurden rund 13,1 Mio. Tonnen Zink produziert.

Mit Vorräten von rund 250 Mio. Tonnen kann die Produktion für 19 Jahre unverändert fortgesetzt werden.

Abbauländer und Konzentration

Risikoklasse 



- Die Förderung von Zink konzentrierte sich 2021 zu 84 % auf zehn Länder.
- In fünf Ländern wurden 67 % der Produktion erbracht: China (34 %), Peru (12 %), Australien (10 %), Indien und USA (je 6 %).
- Die Top-10-Unternehmen erreichen zusammen einen Marktanteil 44 %.

Preisentwicklung

Risikoklasse 



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

- Preis September 2019: 2.332 US-Dollar pro Tonne
- Preis September 2022: 3.125 US-Dollar pro Tonne
- Anstieg von 34 %

Substitutionsmöglichkeiten

Risikoklasse 



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

Zukunftsrelevanz

Risikoklasse 



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

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



2020 wurden rund 278.300 Tonnen Zinn gefördert.

Mit Vorräten von rund 4,9 Mio. Tonnen kann die Produktion für knapp 18 Jahre unverändert fortgesetzt werden.

Abbauländer und Konzentration

Risikoklasse



- 97 % der Zinnproduktion konzentrierten sich 2020 auf zehn Länder.
- 79 % der Zinnproduktion stammten aus fünf Ländern: China (34 %), Indonesien (19 %), Burma (13 %), Peru (7 %) und Brasilien (6 %).
- Es gibt nur sieben Firmen, die über nennenswerte Anteile der weltweiten Produktion verfügen.

Preisentwicklung

Risikoklasse



In den letzten drei Jahren folgte nach einer Phase relativ konstanter Preise ein starker Anstieg auf rund 44.000 US-Dollar bis Februar 2022, seitdem sinken die Preise. Die Volatilität war höher als im Marktdurchschnitt.

- Preis September 2019: 16.831 US-Dollar pro Tonne
- Preis September 2022: 21.124 US-Dollar pro Tonne
- Anstieg von 25,5 %

Substitutionsmöglichkeiten

Risikoklasse



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

Zukunftsrelevanz

Risikoklasse



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

Politische Risiken

Risikoklasse



- China und Indonesien sind die wichtigsten Lieferanten.
- Unsicherheit über zukünftige politische Bedingungen in den anderen wichtigen Förderländern.

ZIRKON



Risikoklasse (3er-Skala)

Bedeutung für Bayern: Mittel

Einsatzfelder:

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

Vorräte und Verbrauch

Risikoklasse



2020 wurden rund 1,2 Mio. Tonnen Zirkon produziert.

Mit Vorräten von rund 70 Mio. Tonnen kann die Produktion für 58 Jahre unverändert fortgesetzt werden.

Abbauländer und Konzentration

Risikoklasse



- 2020 entfielen 96 % der Zirkonförderung auf zehn Länder.
- Fünf Länder erbrachten 82 % der Zirkonproduktion: Australien (36 %), Südafrika (27 %) USA (7 %), Mosambik (6 %), Indonesien (5 %).
- Wenige Unternehmen kontrollieren den gesamten weltweiten Zirkon-Abbau.

Preisentwicklung

Risikoklasse



Im Drei-Jahres-Zeitraum war der Preis zunächst bis Mitte des Jahres 2021 konstant, bevor er kontinuierlich anstieg. Die Volatilität war unterdurchschnittlich.

- Preis September 2019: 1.500 US-Dollar pro Tonne
- Preis September 2022: 2.300 US-Dollar pro Tonne
- Anstieg von 53 %

Substitutionsmöglichkeiten

Risikoklasse



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

Zukunftsrelevanz

Risikoklasse



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

Politische Risiken

Risikoklasse



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

GOLD



Risikoklasse (3er-Skala)

Bedeutung für Bayern: Niedrig

Einsatzfelder:
Schmuckwaren, Zahlungsmittel,
Zahntechnik, Elektroindustrie

Vorräte und Verbrauch

Risikoklasse



2021 wurden rund 3.200 Tonnen Gold gefördert.

Bei Vorräten von 54.000 Tonnen ergibt sich eine gesicherte Versorgung für rund 17 Jahre.

Abbauländer und Konzentration

Risikoklasse



- 2021 entfielen 61 % der Goldförderung auf zehn Länder.
- Fünf Länder erbrachten rund 42 % der Goldproduktion: China, Australien (je 10 %), Russland (9 %), USA und Kanada (je 6 %).
- Auf die Top-10-Unternehmen entfällt ein gemeinsamer Marktanteil von rund 36 %.

Preisentwicklung

Risikoklasse



Der Preis stieg in den letzten Jahren nur moderat an, die Preisschwankungen waren geringer als im Durchschnitt.

- Preis September 2019: 1.511 US-Dollar pro Feinunze
- Preis September 2022: 1.681 US-Dollar pro Feinunze
- Anstieg von 11 %

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



2021 wurden rund 207 Tonnen Palladium produziert.

Die Vorräte von 45.300 Tonnen (bzw. 70.000 Tonnen für die Platingruppenmetalle insgesamt) resultieren in einer gesicherten Versorgung für mehr als 200 Jahre.

Abbauländer und Konzentration

Risikoklasse



- Die gesamte Palladiumförderung 2021 fand in weniger als zehn Ländern statt.
- 83 % der Förderung konzentrierten sich 2021 auf drei Länder, 98 % auf die fünf größten Förderländer: Russland (36 %) Südafrika (35 %), Kanada (12 %), USA (10 %) und Simbabwe (6 %).
- Auf die Top-10-Unternehmen entfällt ein gemeinsamer Marktanteil von 95 %.

Preisentwicklung

Risikoklasse



Der Preisanstieg bei Palladium verlief moderat, die Volatilität war geringer als im Marktdurchschnitt.

- Preis September 2019: 1.605 US-Dollar pro Feinunze
- Preis September 2022: 2.119 US-Dollar pro Feinunze
- Anstieg von 32 %

Substitutionsmöglichkeiten

Risikoklasse



- Palladium kann teilweise durch Platin ersetzt werden, das jedoch auch selten und vor allem teuer ist.
- Das große Problem ist, dass die Platingruppenmetalle nur untereinander austauschbar sind.
- Knapp 30 Prozent des in der EU verwendeten Palladiums stammen aus Recycling innerhalb der EU.

Zukunftsrelevanz

Risikoklasse



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

Politische Risiken

Risikoklasse



- Große Anteile der Förderung befinden sich in Risiko-Ländern.
- Hohe Zukunftsrelevanz und wechselseitige Substitutionsbeziehungen der Platingruppenmetalle erhöhen Risiko.

PLATIN



Risikoklasse (3er-Skala)

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

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

Vorräte und Verbrauch

Risikoklasse



2021 wurden rund 191 Tonnen Platin produziert.

Die Vorräte von 20.600 Tonnen (bzw. 70.000 Tonnen für die Platingruppenmetalle insgesamt) resultieren in einer gesicherten Versorgung für 108 Jahre.

Abbauländer und Konzentration

Risikoklasse



- Die gesamte Platinförderung 2021 konzentriert sich auf wenige Länder.
- 89 % der Förderung konzentrierten sich 2020 auf drei Länder, 97 % auf die fünf größten Förderländer: Südafrika (71 %), Russland (10 %), Simbabwe (8 %), Kanada (4 %), USA (3 %).
- Auf die Top-10-Unternehmen entfällt ein gemeinsamer Marktanteil von 90 %.

Preisentwicklung

Risikoklasse



Sinkende Preise und geringe Preisschwankungen führten zu einem niedrigen Preisrisiko.

- Preis September 2019: 945 US-Dollar pro Feinunze
- Preis September 2022: 881 US-Dollar pro Feinunze
- Rückgang von 7 %

Substitutionsmöglichkeiten

Risikoklasse



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

Zukunftsrelevanz

Risikoklasse



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

Politische Risiken

Risikoklasse



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

RHODIUM



Bedeutung für Bayern: Hoch
(über 80 % der Weltproduktion wird für Kfz-Abgaskatalysatoren verwendet)

Einsatzfelder:

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

Risikoklasse (3er-Skala)

Vorräte und Verbrauch

Risikoklasse



2021 wurden rund 24 Tonnen Rhodium produziert.

Die Vorräte von 4.100 Tonnen (bzw. 70.000 Tonnen für die Platingruppenmetalle insgesamt) resultieren in einer gesicherten Versorgung für 174 Jahre.

Abbauländer und Konzentration

Risikoklasse



- Die gesamte Rhodiumförderung 2021 fand in weniger als zehn Ländern statt.
- Fast die gesamte Förderung entfiel auf die fünf größten Förderländer: Südafrika (81 %), Russland (12 %), Simbabwe (5 %), Kanada, USA (je 1 %).
- Auf die Top-10-Unternehmen entfällt ein gemeinsamer Marktanteil von 91 %.

Preisentwicklung

Risikoklasse



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

- Preis September 2019: 4.992 US-Dollar pro Feinunze
- Preis September 2022: 14.200 US-Dollar pro Feinunze
- Anstieg von 184 %

Substitutionsmöglichkeiten

Risikoklasse



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

Zukunftsrelevanz

Risikoklasse



Rhodium ist für Fahrzeugkatalysatoren nahezu unersetzlich.

Politische Risiken

Risikoklasse



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

SILBER

Bedeutung für Bayern: Niedrig



Risikoklasse (3er-Skala)

Einsatzfelder:

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

Vorräte und Verbrauch

Risikoklasse



2021 wurden rund 30.000 Tonnen Silber gefördert.

Bei Vorräten von 530.000 Tonnen ist eine unveränderte Produktion für rund 18 Jahre gewährleistet.

Abbauländer und Konzentration

Risikoklasse



- 81 % der Silberförderung konzentrierten sich auf zehn Länder.
- Sechs Länder erbrachten rund 64 % der Produktion: Mexiko (21 %), Peru (15 %), China (12 %), Chile (6 %) sowie Russland und Bolivien (je 5 %).
- Auf die Top-10-Unternehmen entfällt ein gemeinsamer Marktanteil von 37 %.

Preisentwicklung

Risikoklasse



Mitte des Jahres 2020 kam es zu einem deutlichen Preissprung. Seitdem bewegte sich der Preis schwankend auf diesem Niveau, zuletzt sank er wieder.

- Preis September 2019:
18,2 US-Dollar pro Feinunze
- Preis September 2022:
18,9 US-Dollar pro Feinunze
- Anstieg von 4 %

Substitutionsmöglichkeiten

Risikoklasse



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

Zukunftsrelevanz

Risikoklasse



- Kein anderer Rohstoff leitet Strom so gut wie Silber und daher ist mit einer hohen Nachfrage nach diesem Material in der RFID- und allgemein in der Informations- und Kommunikationstechnologie zu rechnen.
- Die Mengen sind aber überschaubar.

Politische Risiken

Risikoklasse



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

BARYT



Risikoklasse (3er-Skala)

Bedeutung für Bayern: Niedrig

Einsatzfelder:

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

Vorräte und Verbrauch

Risikoklasse 



2020 wurden rund 7,7 Mio. Tonnen Baryt produziert.

Bei Vorräten von 389 Mio. Tonnen kann Baryt für knapp 51 Jahre unverändert gefördert werden.

Abbauländer und Konzentration

Risikoklasse 



- Zehn Länder erbrachten rund 93 % der Barytförderung.
- Auf fünf Länder entfielen 78 % der Produktion: China (33 %), Indien (20 %), Marokko (13 %), Kasachstan (7 %) und USA (6 %).

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

Politische Risiken

Risikoklasse 



- Die Gefahr, dass Baryt strategisch eingesetzt werden könnte, ist eher gering.
- Aber hohe Konzentration in Ländern mit stra-tegischer 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



2020 wurden rund 17,1 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 88 % der Bentonitförderung.
- Auf fünf Länder entfielen 74 % der Produktion: USA (25 %), Indien (20 %), China (12 %), Türkei (10 %) 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

Bedeutung für Bayern: Niedrig



Risikoklasse (3er-Skala)

Einsatzfelder:

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

Vorräte und Verbrauch

Risikoklasse 



2020 wurden rund 30,3 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 



- 86 % der Förderung von Feldspat erfolgten 2020 in zehn Ländern.
- Auf fünf Länder entfielen 75 % der Produktion: Türkei (33 %), Indien (14 %), Italien (13 %), Iran (8 %) und China (7 %).

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



2020 wurden rund 6,5 Mio. Tonnen Fluorit produziert.

Vorräte von 320 Mio. Tonnen erlauben eine unveränderte Förderung von Fluorit für weitere knapp 50 Jahre.

Abbauländer und Konzentration

Risikoklasse



- Zehn Länder erbrachten rund 98 % der Fluoritförderung.
- Auf fünf Länder entfielen 92 % der Produktion: China (67 %), Mexiko (14 %), Südafrika (5 %), Vietnam und Spanien (je 3 %)

Preisentwicklung

Risikoklasse



Nach einem Preisrückgang bis September 2020 und einer anschließenden Stagnation stiegen die Preise seit dem Jahr 2022 wieder an. Die Volatilität war gering.

- Preis September 2019: 490 US-Dollar pro Tonne
- Preis September 2022: 457 US-Dollar pro Tonne
- Rückgang von 7 %

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



2020 wurden rund 157 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 70 % der Produktion von Gips und Anhydrit.
- Auf fünf Länder entfielen 48 % der Produktion: USA (13 %), China (10 %), Iran (10 %), Spanien (8 %) und Oman (7 %)

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



2020 wurden rund 298.600 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 95 % der Produktion von Glimmer.
- Auf die Top-5-Länder entfallen 80 % der Produktion: China (32 %), Madagaskar (23 %), USA (12 %), Südkorea (7 %) und Frankreich (6 %)

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



2020 wurden rund 958.400 Tonnen Graphit abgebaut.

Die Vorräte an Graphit werden auf rund 320 Mio. Tonnen veranschlagt. Bei unveränderter Produktion reichen sie für über 300 Jahre.

Abbauländer und Konzentration

Risikoklasse



- 98 % des Graphitabbaus waren auf zehn Länder verteilt.
- 89 % der Produktion entfielen auf fünf Länder: China (68 %), Brasilien (10%), Madagaskar (5 %), Indien sowie Nordkorea (je 3 %)

Preisentwicklung

Risikoklasse



Der Preisanstieg bei Graphit war überdurchschnittlich, die Volatilität etwas geringer als bei anderen Rohstoffen.

- Preis September 2019: 795 US-Dollar pro Tonne
- Preis September 2022: 1.462 US-Dollar pro Tonne
- Anstieg von 84 %

Substitutionsmöglichkeiten

Risikoklasse



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

Zukunftsrelevanz

Risikoklasse



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

Politische Risiken

Risikoklasse



- China stellt gut 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



mittel

Risikoklasse (3er-Skala)

Bedeutung für Bayern: Mittel

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

Vorräte und Verbrauch

Risikoklasse



2020 wurden rund 43,9 Mio. Tonnen Kalisalz produziert.

Bei Vorräten von rund 3,5 Mrd. Tonnen ist eine unveränderte Produktion für weitere rund 80 Jahre gesichert.

Abbauländer und Konzentration

Risikoklasse



- In zehn Ländern konzentrierten sich 98 % der Gewinnung von Kalisalz.
- 83 % der Produktion entfielen auf fünf Länder: Kanada (31 %), Weißrussland (17 %), Russland (16 %), China (12 %) und Deutschland (7 %).
- Auf die Top 5 Unternehmen entfällt ein Marktanteil von 82 %.

Preisentwicklung

Risikoklasse



Nach langer Stagnation stiegen die Preise ab dem Jahr 2022 deutlich an, die Volatilität war hoch.

- Preis September 2019: 266 US-Dollar pro Tonne
- Preis September 2022: 563 US-Dollar pro Tonne
- Anstieg von 112 %

Substitutionsmöglichkeiten

Risikoklasse



Kalisalz kann nicht durch andere Stoffe ersetzt werden. Veränderungen in der landwirtschaftlichen Praxis können aber die Verwendung kalium-basierter 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

Vorräte und Verbrauch

Risikoklasse



2020 wurden rund 23,9 Mio. Tonnen Kaolin gewonnen.

Die Vorräte sind als nahezu unbegrenzt anzusehen.

Abbauländer und Konzentration

Risikoklasse



- 79% der Produktion von Kaolin wurden in zehn Ländern erbracht.
- Auf fünf Länder konzentrierten sich 60 % der Produktion: China (21 %), USA (19 %), Ukraine sowie Iran (je 7 %) und Russland (6 %).

Preisentwicklung

Risikoklasse



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

Substitutionsmöglichkeiten

Risikoklasse



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

Zukunftsrelevanz

Risikoklasse



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

Politische Risiken

Risikoklasse



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

PHOSPHATE

Bedeutung für Bayern: Mittel



Risikoklasse (3er-Skala)

Einsatzfelder:

Herstellung von Düngemittel und Phosphorsäure

Vorräte und Verbrauch

Risikoklasse



2020 wurden rund 221,2 Mio. Tonnen Phosphate gewonnen.

Die Vorräte werden auf rund 71 Mrd. Tonnen geschätzt, so dass eine unveränderte Produktion von gut 300 Jahren gesichert ist.

Abbauländer und Konzentration

Risikoklasse



- Phosphate werden zu 91 % der weltweiten Produktion in zehn Ländern gewonnen.
- Auf fünf Länder konzentrierten sich rund 79 % der Produktion: China (42 %), Marokko (16 %), USA (11 %), Russland (6 %) und Jordanien (4 %).

Preisentwicklung

Risikoklasse



Phosphate erfuhren seit dem Jahr 2022 einen sehr starken Preisanstieg bei überdurchschnittlicher Volatilität.

- Preis September 2019: 77,5 US-Dollar pro Tonne
- Preis September 2022: 320,0 US-Dollar pro Tonne
- Anstieg von 313 %

Substitutionsmöglichkeiten

Risikoklasse



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

Zukunftsrelevanz

Risikoklasse



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

Politische Risiken

Risikoklasse



Wesentliche Reserven liegen in Nordafrika und China.

QUARZSAND

Bedeutung für Bayern: Mittel



Risikoklasse (3er-Skala)

Einsatzfelder:

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

Vorräte und Verbrauch

Risikoklasse



Die jährliche Produktion von Quarzsanden beläuft sich 2020 auf rund 243 Mio. Tonnen.

Die Vorräte sind als nahezu unbegrenzt anzusehen.

Abbauländer und Konzentration

Risikoklasse



- Rund 80 % der Quarzsandproduktion wurde 2019 in zehn Ländern erbracht.
- Die fünf größten Produzenten waren die USA (29 %), die Niederlande (22 %), Indien (5 %), Frankreich (5 %) und die Türkei (4 %).

Preisentwicklung

Risikoklasse



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

Substitutionsmöglichkeiten

Risikoklasse



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

Zukunftsrelevanz

Risikoklasse



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

Politische Risiken

Risikoklasse



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

SCHWEFEL

Bedeutung für Bayern: Mittel



Risikoklasse (3er-Skala)

Einsatzfelder:

chemische und pharmazeutische Industrie,

Grundstoff für Schwefelsäure, Farbstoffe, Insektizide und Kunstdünger

Vorräte und Verbrauch

Risikoklasse



Im Jahr 2020 wurden rund 79,7 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 80 % der Schwefelproduktion fielen 2019 in zehn Ländern an.
- Fünf Länder erzeugten 57 % des Schwefels: China (22 %), USA (10 %), Russland (9 %), Saudi-Arabien und die Vereinigten Arabischen (je 8 %).

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 2021 wurden schätzungsweise 285 Mio. Tonnen Salz (auch Meersalz) gewonnen.

Die Vorräte sind als unbegrenzt anzusehen.

Abbauländer und Konzentration

Risikoklasse



- Rund 72 % der Salzproduktion fielen in zehn Ländern an.
- Fünf Länder erzeugten fast 56 % des Salzes: China (22 %), USA (14 %), Indien (10 %), Deutschland (5 %) und Kanada (4 %).

Preisentwicklung

Risikoklasse



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

Substitutionsmöglichkeiten

Risikoklasse



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

Zukunftsrelevanz

Risikoklasse



Technologisch untergeordnete Rolle, aber mittlere Bedeutung bei wachsender Weltbevölkerung.

Politische Risiken

Risikoklasse



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

ZEMENT



Risikoklasse (3er-Skala)

Bedeutung für Bayern: Hoch

Einsatzfelder:
Infrastrukturprojekte, Bau

Vorräte und Verbrauch

Risikoklasse 



Im Jahr 2020 wurden rund 4,2 Mrd. Tonnen Zement produziert.

Die Vorräte sind als nahezu unbegrenzt anzusehen.

Abbauländer und Konzentration

Risikoklasse 



- 77 % der Zementproduktion erfolgten in zehn Ländern.
- In fünf Ländern wurden 70 % des Zements weltweit produziert: China (57 %), Indien (7 %) sowie in Vietnam, 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. Der Erzeugerpreisindex in Deutschland zeigt ein im Vergleich zu den anderen Rohstoffpreisen eher niedriges und stetiges Wachstum der Preise in den letzten drei Jahren an.

Substitutionsmöglichkeiten

Risikoklasse 



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

Zukunftsrelevanz

Risikoklasse 



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

Politische Risiken

Risikoklasse 



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

SELTENERDMETALLE (SCANDIUM, YTTRIUM, NEODYM)



Risikoklasse (3er-Skala)

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

Einsatzfelder:

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

Vorräte und Verbrauch

Risikoklasse



2021 wurden rund 280.000 Tonnen Seltene Erden gewonnen.

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

Abbauländer und Konzentration

Risikoklasse



- Die gesamte Produktion konzentrierte sich auf rund zehn Länder.
- In fünf Ländern wurden gut 95 % der Seltenerdmetalle gewonnen: China (60 %), USA (15 %), Burma (9 %), Australien (8 %) und Thailand (3 %).

Preisentwicklung

Risikoklasse



Die Preisrisiken und -volatilitäten waren in den letzten drei Jahren heterogen. Bei Scandium sanken die Preise, der Neodympreis verdoppelte sich.

- Preise September 2019:
6.934 CNY/kg (Scandium), 31 US-Dollar/kg (Yttrium), 58 US-Dollar/kg (Neodym)
- Preise September 2022:
5.420 CNY/kg (Scandium), 38 US-Dollar/kg (Yttrium), 120 US-Dollar /kg (Neodym)
- Veränderung: –21 % bis +107 %

Substitutionsmöglichkeiten

Risikoklasse



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

Zukunftsrelevanz

Risikoklasse



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

Politische Risiken

Risikoklasse



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

SPEZIALMETALLE (INDIUM, GERMANIUM, GALLIUM, SELEN)



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

Risikoklasse (3er-Skala)

Einsatzfelder:

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

Vorräte und Verbrauch

Risikoklasse



2020 wurden insgesamt rund 5.000 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, Germanium und Indium kommt China jeweils auf Anteile von über 60 %. Selen wird zu 38 % in China, zu 20 % in Japan und zu 8 % in Deutschland und Deutschland raffiniert.

Preisentwicklung

Risikoklasse



Die Preisrisiken sind heterogen, vor allem Gallium weist ein erhöhtes Preisrisiko auf. Während die Preise bei Germanium leicht fielen, stiegen sie insbesondere bei Gallium deutlich an.

- Preise September 2019 (in US-Dollar/kg):
150 (In), 636 (Ge), 144 (Ga), 17 (Se)
- Preise September 2022 (in US-Dollar/kg):
213 (In), 626 (Ge), 375 (Ga), 23 (Se)
- Veränderung: –2 % bis + 160 %

Substitutionsmöglichkeiten

Risikoklasse



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

Zukunftsrelevanz

Risikoklasse



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

Politische Risiken

Risikoklasse



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

Ansprechpartner/Impressum

Dr. Peter Pfleger

Abteilung Wirtschaftspolitik

Telefon 089-551 78-253
peter.pfleger@vbw-bayern.de

Impressum

Alle Angaben dieser Publikation beziehen sich grundsätzlich auf alle Geschlechter. Aus Gründen der besseren Lesbarkeit und ohne jede Diskriminierungsabsicht wurde an einigen Stellen auf eine Bezeichnung mit dem Genderstern * verzichtet.

Herausgeber

vbw
Vereinigung der Bayerischen
Wirtschaft e. V.

Max-Joseph-Straße 5
80333 München

www.vbw-bayern.de

© vbw Dezember 2022

Weiterer Beteiligter

Institut der deutschen Wirtschaft
Consult GmbH

Cornelius Bähr
Thomas Okos
Iris Richter

0221 4981-758
baehr@iwkoeln.de
www.iwconsult.de