

FACTSHEET

Notwendigkeit einer resilienten Rohstoffversorgung – Vol. 2

Herausforderungen bei der Rohstoff-
versorgung für Deutschland –
eine holistische Betrachtung durch
Experteninterviews

Katharina Steiger^{1,2}, Christoph Hilgers¹, Jochen Kolb¹

Zusammenfassung

Nicht erst seit jüngst die Corona-Pandemie oder der Krieg in der Ukraine aufgezeigt haben, dass die deutsche Wirtschaft durch ihre internationale Importabhängigkeit negativ beeinflusst werden kann, wird auf das Thema Rohstoffverfügbarkeit und –sicherung in Europa hingewiesen [1]. Die Industrie in Europa und insbesondere in Deutschland ist auf den Import von Kohlenwasserstoffen als Energieträger und Rohstoff, Industriemineralen, metallischen Rohstoffen sowie Halberzeugnisse angewiesen. Der Bedarf kann, bis auf wenige Ausnahmen, weder durch eine heimische Produktion noch durch die inländische Kreislaufwirtschaft in absehbarer Zeit gedeckt werden.

Der THINKTANK „Industrielle Ressourcenstrategien“ hat 34 Experten aus Unternehmen der Exploration und Produktion sowie der Rohstoffverarbeitung, aus Industrie- und Naturschutzverbänden, Wissenschaft, Landesbergbehörden und Ministerien zu den Herausforderungen der Rohstoffversorgung in Deutschland befragt. Die Experteninterviews geben ein Stimmungsbild aus dem Jahr 2021 wieder, das noch nicht die gravierenden globalen Auswirkungen eines Krieges in Europa berücksichtigt. Umso relevanter und aktueller sind die durchgeführten Analysen und Ergebnisse, die als Ausgangspunkt für eine dringend notwendige, gesellschaftliche Diskussion zu einer zukünftigen, resilienten Rohstoffversorgung und -sicherung dienen.

Neben 27 Herausforderungen, denen die Experten in ihrem jeweiligen Tätigkeitsbereich in Bezug auf die Rohstoffversorgung begegnen, äußerten sie sich ebenso zur Rolle des Staates und definierten Forderungen an diesen. Auch wenn Rohstoffförderpotentiale in Deutschland vorhanden sind, schätzen einige Experten u.a. aufgrund der immer weiter sinkenden Akzeptanz in der Bevölkerung, die Lage für die heimische Förderung als eher pessimistisch und die Bergbaubranche als Auslaufmodell ein. Außerdem wird die differenzierte Position Deutschlands bei der Rohstoffversorgung im internationalen Vergleich zu weiteren führenden Industrienationen als beunruhigend angesehen. Als besonders hinderlich erachten die Experten die Dauer der Genehmigungsverfahren für Rohstoffförderprojekte, den Fachkräftemangel und die Interessenskonflikte verschiedener Akteure. Jedoch werden das vorhandene Fachwissen sowie technische Innovationen als Maßnahmen zur Weiterentwicklung und Erhalt der Branche und folglich als Basis einer resilienten Rohstoffversorgung für die deutsche Industrie gesehen. In Bezug auf die Rolle des Staates sprachen die Experten sich für mehr staatliche Unterstützung bei der heimischen Rohstoffförderung, bei Auslandstätigkeiten von deutschen Unternehmen, wie auch für eine stärkere Einbindung des Themas in die Außen- wie Innenpolitik aus.

Der THINKTANK empfiehlt konsequent die Abhängigkeit der Rohstoffversorgung zu verringern, sowie die Resilienz der globalen Lieferketten deutlich zu erhöhen und schlägt daher die Umsetzung folgender Maßnahmen unter Berücksichtigung klimapolitischer Aspekte vor:

- die Stärkung der Kreislaufwirtschaft für wirtschaftsstrategische Rohstoffe,
- die Diversifizierung der internationalen Rohstoffversorgung,
- die Erkundung und Nutzung deutscher und europäischer Rohstoffvorkommen,
- die Verkürzung der administrativen Prozesslaufzeiten wie bspw. Genehmigungsfristen,
- die Förderung der Aufklärungsarbeit in der Bevölkerung, um die öffentliche Akzeptanz zu verbessern,
- den Aufbau von strategischen Reserven u.a. durch das Lagern nicht nur von Energie- sondern auch von wirtschaftsstrategischen, kritischen Industrierohstoffen zu evaluieren und
- die Befähigung von Unternehmen, um leichter die eigene Verantwortung zur Sicherung ihrer Rohstoffe übernehmen zu können.

Die Vorschläge dienen als Ausgangspunkt für eine weitere Diskussion, um die Verlagerung von sozialen und ökologischen Problemen in die Vorkette im Ausland zu vermeiden, sowie die eigenen Kompetenzen auszubauen und konsequent zu nutzen. Es geht dabei nicht nur um Erdöl und Erdgas, sondern um eine Vielzahl von Industriemetallen und – mineralen, die für eine Beibehaltung der Wertschöpfung und ein erfolgreiches Gelingen der Energie- und Mobilitätswende essentiell sind. Für die Umsetzung müssen Staat wie auch Unternehmen agieren.

Ausgangslage der Rohstoffversorgung für den Wirtschaftsstandort Deutschland

Der Bedarf an Rohstoffen wird in Deutschland über drei Säulen bedient: Heimische Förderung, Recycling und Import. Heimisch gedeckt werden kann der Bedarf derzeit an Steine und Erden sowie an Gips [2]. Auch Steinsalz wird ausreichend gefördert. Deutschland war 2019 mit 7,4 Mio. t der weltweit viertgrößte Produzent für Steinsalz inkl. Siedesalz und Sole [3]. Die Bedeutung der heimischen Gewinnung von Erdöl, Erdgas und Kohle als Energieträger und für die stoffliche Nutzung in der Industrie nimmt ab und der Bedarf wird hauptsächlich durch Importe gedeckt, so wurden 2020 98,3 % des Mineralöls, 88,7 % der Naturgase¹ und 92,8 % der Steinkohle importiert [4]. Etwa 15 % [ca. 15,6 Mio. t] des eingesetzten Erdöls und 5 % [ca. 19,8 Mio. t] der gesamten fossilen Rohstoffe werden in Deutschland zur stofflichen Nutzung für die chemische Industrie verwendet [5]. Der Anteil der fossilen Energieträger am Primärenergieverbrauch in Deutschland betrug 2020 insgesamt ca. 75 % [ca. 9 EJ²], global ca. 83 % [ca. 463 EJ] [6]. Durch den beschlossenen Ausstieg aus der Braunkohle bis spätestens 2038 werden ca. 8 % [ca. 0,9 EJ, Stand 2020] der Primärenergieerzeugung wegfallen, insgesamt werden durch den Kohleausstieg ca. 16 % [ca. 1,8 EJ, Stand 2020] der fossilen Primärenergieträger substituiert werden müssen [Abb. 1, 4]. Mit dem Wegfall des REA-Gips durch den Kohleausstieg wird hier eine Bedarfslücke entstehen, die ab 2038 anderweitig bedient werden muss [7]. Der Erdgasbedarf in Deutschland wurde 2020 zu über 55 % durch Russland gedeckt [6]. 2020 stammten quantitativ 30 % der mineralischen Brennstoffe- und Schmiermittelimporte, sowie ca. 47 % der Steinkohleimporte nach Deutschland aus der Russischen Föderation [8, 9].

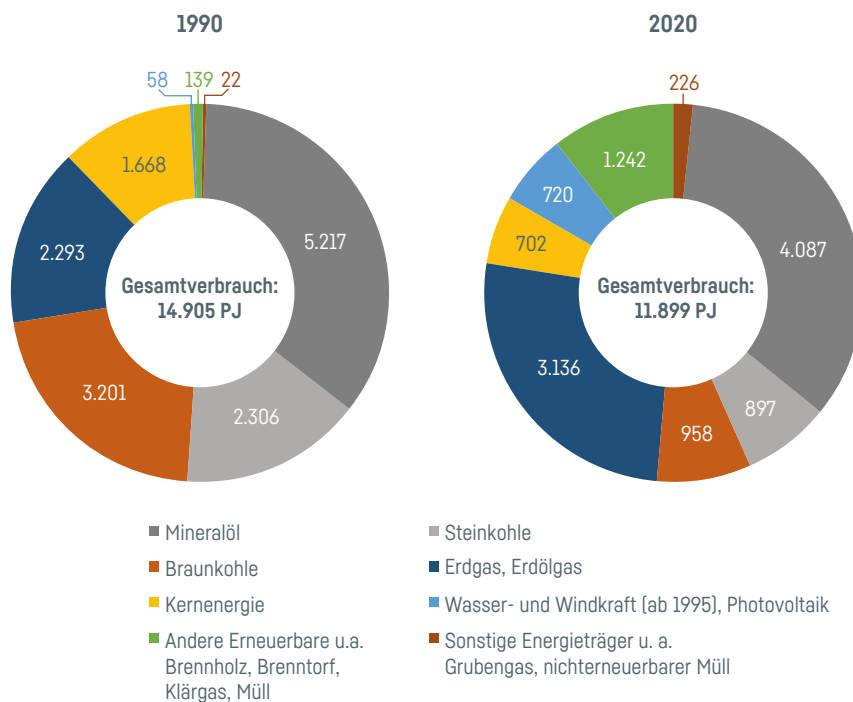


Abbildung 1: Primärenergieverbrauch in Deutschland in PJ. Der Gesamtprimärenergieverbrauch im Jahr ist von 1990 bis 2020 um ca. 3 EJ gesunken, der Anteil an fossilen Energieträgern ist dabei von 87 % auf 76,3 % gesunken, wobei der Anteil an Erdgas von 15,4 % auf 26,4 % gestiegen ist [4].

¹ Naturgase: Erdgas, Erdöl, Grubengas und andere Gase [4]

² EJ = Exajoule, 1 EJ = 1000 PJ; PJ = Petajoule, 1 PJ ~ 278 GWh

Metalle werden nach Deutschland importiert, verhüttet und raffiniert, wodurch auch kritische Rohstoffe, wie beispielsweise Gallium, als Nebenprodukt gewonnen werden [10]. Heimische Metallagerstätten, wie die seit 2011 in Zinnwald-Georgenfeld im Erzgebirge erkundete Lithium-Zinn-Wolfram-Lagerstätte, die erkundete Kupferlagerstätte bei Spremberg in Brandenburg und andere, werden derzeit untersucht und könnten in Zukunft zur Rohstoffversorgung beitragen [11, 2]. Der Kupferverbrauch pro Kopf betrug 2017 weltweit ca. 2,7 t im Jahr [12]. In Deutschland lag die Kupfer-Recyclingrate 2019 bei 41 %, in der EU lag der Anteil an recyceltem Kupfer 2014 bei 17 % [End-of-Life-Recycling-Eingangsrate, EOR-RIR] [3, 13]. Recycling kann die Metallnachfrage zum Teil decken, wenn Hütten und Raffinerien im Land vorhanden sind, die alle notwendigen Trägermetalle verarbeiten könnten [14, 15]. Zudem können einige Technologiemetalle nur als Nebenprodukt von Verhüttung und Raffination gewonnen werden [15]. Das Recycling von Metallen aus komplexen Abfällen wie Elektronikschrott kann zum Ausbau der Kreislaufwirtschaft in Deutschland beitragen [16, 17, 18], wenn die dazu notwendige technische Infrastruktur vorhanden ist und die Gewinnung von Sekundärrohstoffen ökonomischer und ökologischer ist [19].

Importe sind essentiell, da weder die heimische Förderung noch das Recycling den Bedarf an Industriemineralen, metallischen Rohstoffen sowie Halberzeugnissen, und Kohlenwasserstoffen als Energieträger und Rohstoff decken kann [20]. Der Import von Rohstoffen, Brennstoffen und Schmiermitteln lag 2020 insgesamt bei ca. 99 Mrd. €, was ca. 10 % der Gesamtimporte ausmachte [8]. Etwas mehr als die Hälfte davon (ca. 55 Mrd. €) stammten von außerhalb der EU [8]. Metalle (Eisen und Stahl, metallurgische Erze und Metallabfälle und Nichteisenmetalle) wurden 2019 in einer Menge von ca. 84 Mio. t importiert, was einen Rückgang von 8 % zum Vorjahr darstellt. Im Jahr 2020 sanken die Metallimporte weiter auf ca. 73 Mio. t [9]. Exportiert wurden ca. 41 Mio. t Metalle im Jahr 2019 und ca. 38 Mio. t in 2020 [9]. Obwohl der Außenhandel mit Metallen in den letzten Jahren abgenommen hat, zeigen Prognosen eine langfristige Steigerung des Bedarfs [21]. Von unterschiedlichen Fachstellen wurde 2021 angenommen, dass unter den importierten metallischen Rohstoffen vor allem bei Eisenmetallen und Stahl zukünftig mit Versorgungsengpässen zu rechnen sei [22, 23]. Gegenwärtig werden die Sanktionen der EU auf Stahlerzeugnisse aus der Russischen Föderation diese Aussage bekräftigen [24]. In den vergangenen fünf Jahren betrug der Anteil an Koks Kohle, die vornehmlich als Reduktionsmittel bei der Stahlproduktion dient, am gesamten Steinkohleimport jährlich ca. 5 % [8]. Gestiegene Energiepreise führen seit 2021 zu Kürzungen und Stilllegungen in der europäischen Metallproduktion mit einer Kapazitätsreduktion bei Aluminium um 17 % und bei Zink um 24 %, was zu weiteren Engpässen in den Lieferketten führen könnte [25]. Der seit Ende Februar andauernde Russland-Ukraine-Krieg führt zusätzlich zu Preissteigerungen bei Rohstoffen, vor allem der Nickelpreis entwickelte sich rasant, zeitweise kam es innerhalb weniger Tage zu einer Verdreifachung [26]. Deutschland hat 2020 quantitativ 27 % seiner Nickel- und Nickelwaren aus der Russischen Föderation importiert [8, 9]. Die größten Bergwerksförderer von Nickel sind Indonesien mit ca. 720 kt (30,4 %), Philippinen mit ca. 320 kt (12,8 %) und Russland mit 280 kt (11,2 %) [Stand 2020, 27]. Nickel ist ein wichtiges Legierungs- und Batteriemetall [28]. Auch bei potentiell kritischen Rohstoffen für Zukunftstechnologien hat Russland bei der Bergwerksförderung eine wichtige Rolle. Für das Platingruppenmetall Palladium war Russland mit 91 t (43,3 %) Förderung im Jahr 2020 weltweit der Hauptproduzent, gefolgt von Südafrika mit 70 t (33,3 %) [27]. Platin wurde im gleichen Jahr zu 12,4 % (21 t) in Russland und zu 70,5 % (120 t) in Südafrika gewonnen [27]. Beide Metalle, Platin wie auch Palladium, sind von der EU als kritische Rohstoffe gelistet, sie werden in Katalysatoren verwendet und sind essentiell für Wasserstofftechnologien, wie den Bau von Elektrolyseuren [20, 21, 29].

Maßnahmen des Bundes, der Länder und der EU

Um die Versorgung mit Rohstoffen zu sichern, wurden verschiedene Institutionen gegründet. Dazu zählt die 2010 gegründete, staatliche Deutsche Rohstoffagentur (DERA), die die Rohstoffverfügbarkeit analysiert und bewertet. Zudem wurden Rohstoffpartnerschaften mit der Mongolei [2011], Kasachstan [2012] und Peru [2015] sowie Rohstoffkooperationen mit Chile, Australien und Kanada geschlossen [30, 31, 32]. In der Neuauflage ihrer Rohstoffstrategie im Jahr 2019 hat die Bundesregierung 17 Maßnahmen zur Sicherstellung der Verfügbarkeit von nichtenergetischen, mineralischen Rohstoffen in Deutschland, zur Steigerung der Ressourceneffizienz und zur Einhaltung einer nationalen wie internationalen Rohstoffpolitik benannt [33]. Neben der nationalen Rohstoffstrategie haben einige Bundesländer wie beispielsweise die Freistaaten Sachsen und Bayern ihre eigenen Rohstoffstrategien, Baden-Württemberg publizierte 2016 eine Ressourceneffizienzstrategie [34, 35, 36]. Auch auf europäischer Ebene wird die Rohstoffverfügbarkeit bewertet. So hat die EU Kommission im September 2020 einen Aktionsplan für kritische mineralische Rohstoffe, eine aktualisierte Liste kritischer Rohstoffe sowie eine Zukunftsstudie über kritische Rohstoffe publiziert [20, 37]. Die Ziele sind u.a. die Diversifikation von Versorgungsquellen, der Ausbau der Kreislaufwirtschaft, die Steigerung der Ressourceneffizienz sowie bestehendes Potenzial wie ansässiges Wissen intensiver zu nutzen und geschäftliche Verbindungen innerhalb und außerhalb der EU aufzubauen [20]. Mit der Gründung der European Raw Materials Alliance (ERMA; Bestandteil des Aktionsplans) soll die Etablierung einer resilienten Rohstoffversorgung für Europa unterstützt werden [20].

Auszug aus den Ergebnissen der Experteninterviews

Drei Hauptherausforderungen

1. Internationale Konkurrenzfähigkeit

Die Experten nehmen wahr, dass sich die eher passive deutsche Rohstoffaußenpolitik stark von den aktiven staatlichen Maßnahmen anderer Industrienationen wie Südkorea, Japan und den USA unterscheidet [38, 39, 12]. In den USA ist die Rohstoffpolitik in mehrere Ministerien integriert, beispielsweise in das Verteidigungsministerium, das Ministerium für Energie und auch das Handelsministerium [40, 41]. Außerdem betreiben die USA Rohstoff-Lagerhaltung und geben die Mengen in ihrem jährlichen Rohstoffbericht bekannt [29]. Im Gegensatz zu Deutschland hat China sich durch seine „Going Global“-Strategie und durch die „Belt and Road Initiative“ global so positioniert, dass nicht nur Infrastrukturprojekte, sondern auch Lagerstätten und Bergbauprojekte auf allen Kontinenten mit chinesischer Beteiligung umgesetzt und weiter ausgebaut werden [42, 43, 44, 45]. Die Hälfte der befragten Experten sieht durch die Positionierung anderer Großmächte die Stellung Deutschlands im internationalen Vergleich geschwächt (Abb. 2).

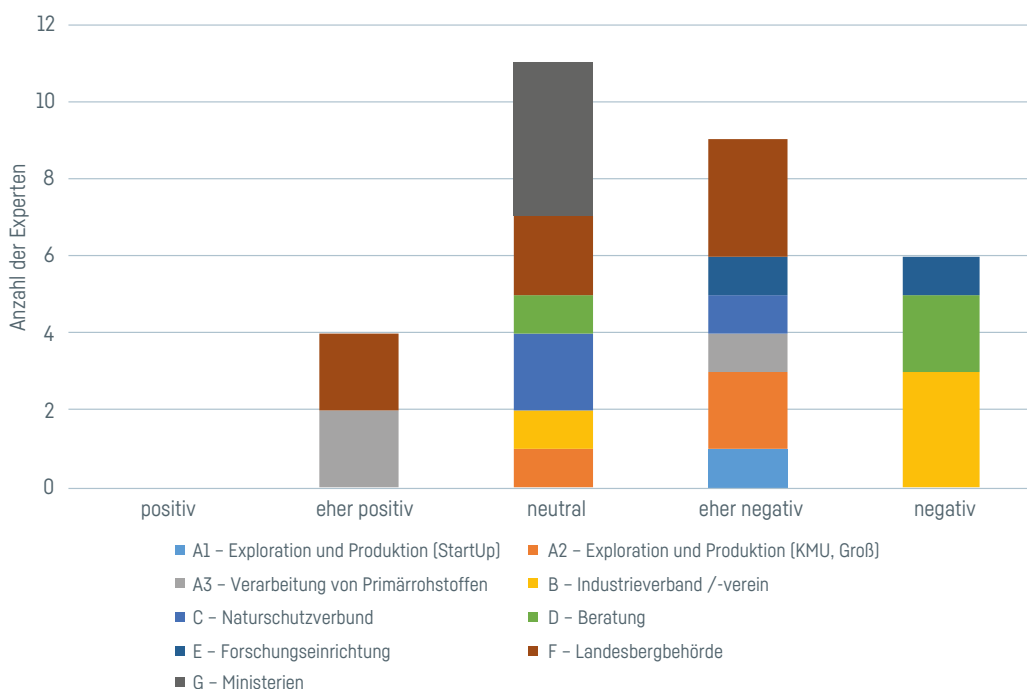


Abbildung 2: Interviewergebnisse zur Frage: Wie sehen Sie die Rolle Deutschlands bei der Rohstoffversorgung im internationalen Vergleich? (siehe komplette Studie, Steiger et al., 2022).

2. Fehlende Akzeptanz für Rohstoffprojekte in der Bevölkerung

15 Experten nehmen wahr, dass die Akzeptanz der Öffentlichkeit für den heimischen Rohstoffabbau immer weiter nachlässt (Abb. 3). Verschiedene Experten beschreiben, dass der Druck durch die Öffentlichkeit gestiegen wäre und eine „not in my backyard“-Mentalität für eine Bergbau-Ablehnung und schwierige Projektumsetzungsbedingungen Sorge. Es wird ebenso angemerkt, dass die Mehrheit des Bergbaus in Deutschland ein Lobbyproblem habe oder dass Bergbau nur noch in Ost- oder Nordeuropa möglich sei. Die Branche der fossilen Energierohstoffe wird als ein „Auslaufmodell“ in Deutschland betitelt und es wird gemutmaßt, dass „die Bergbaubranche [...] am Ende des Jahrzehnts in Deutschland evtl. tot“ sei.

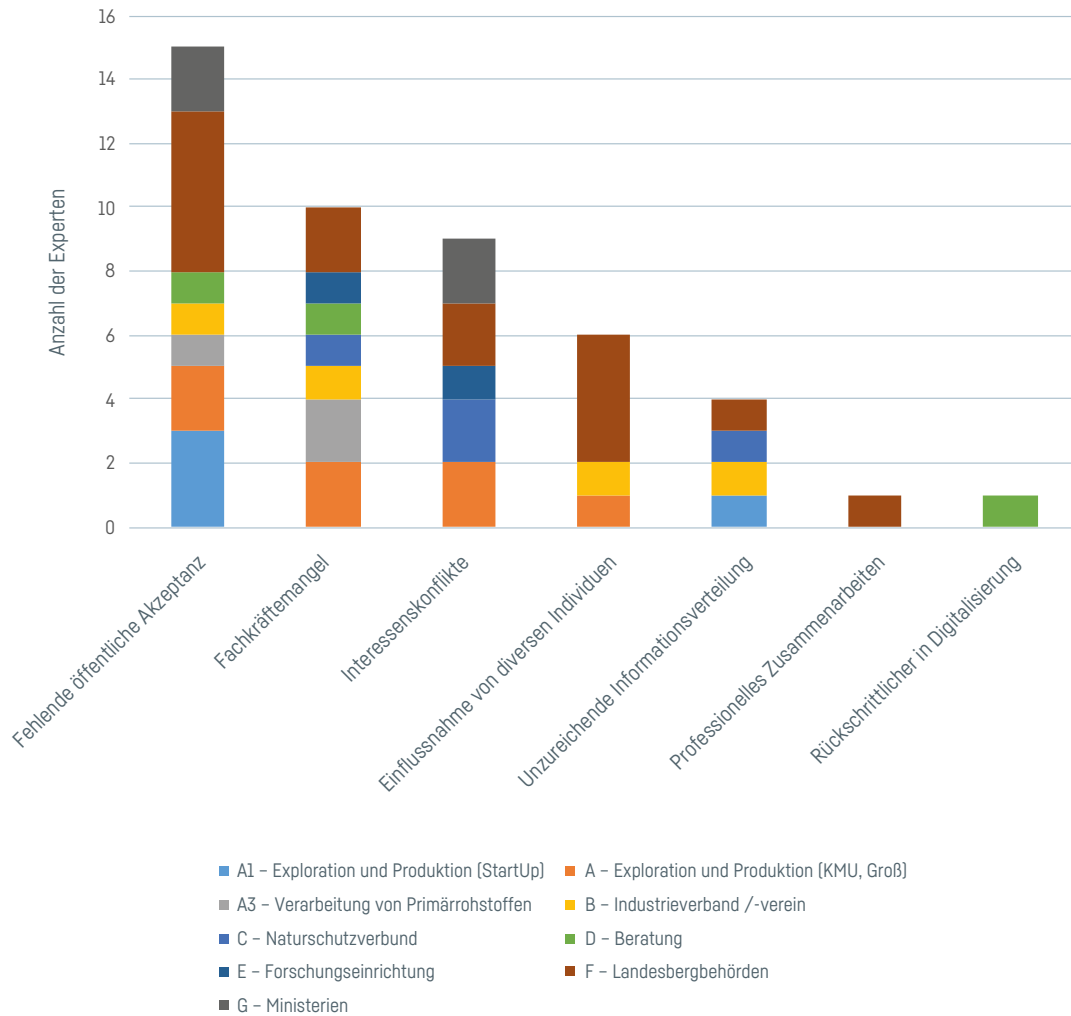


Abbildung 3: Interviewergebnisse zur Frage: Welchen Herausforderungen begegnen Sie? Die in der Abbildung dargestellten Herausforderungen sind alle dem Bereich „disziplinübergreifende Herausforderungen“ zuzuordnen gewesen (Siehe komplette Studie, Steiger et al., 2022).

3. Dauer der Prozesslaufzeiten

10 von 30 Experten sagen, dass die administrativen Prozessabläufe speziell bei Genehmigungsverfahren zu lange dauern würden (Abb. 4). Angegeben wird, dass beispielsweise Regionalplanverfahren sich auch auf zehn Jahre ausweiten können. Verhandlungen mit Grundstückseigentümern können je nach Situation zwischen drei Monate und 30 Jahren dauern, was folglich Verfahren in die Länge ziehen und weitere zum gleichen Verfahren zugehörige Genehmigungen beeinträchtigen kann. Es wird zudem geäußert, dass „die Behörde [...] immer mehr Zeit benötige, um die Verfahren vollumfänglich vorzubereiten und durchzuführen“.

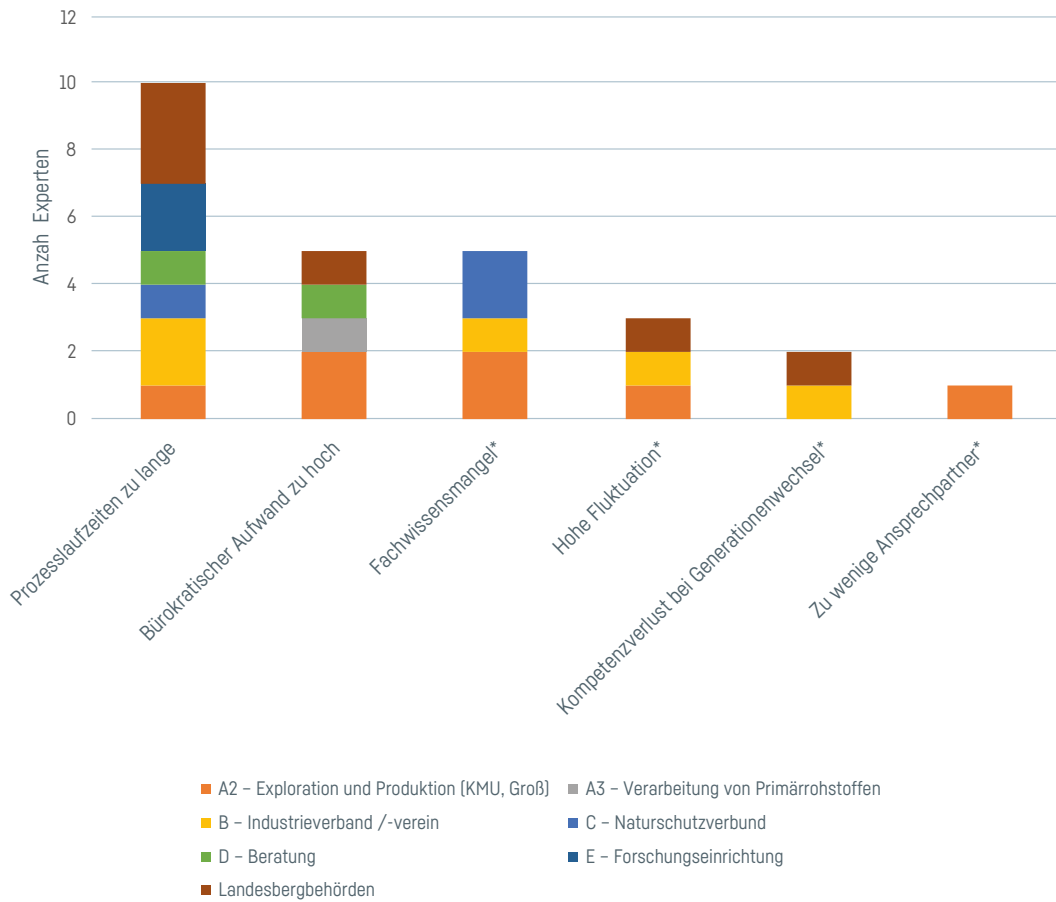


Abbildung 4: Interviewergebnisse zur Frage: Welchen Herausforderungen begegnen Sie? Die in der Abbildung dargestellten Herausforderungen sind alle dem Bereich „administrative Abläufe und Behörden“ zuzuordnen gewesen [Siehe komplette Studie, Steiger et al., 2022]. *in den Behörden.

Forderungen der Experten

In Bezug auf die Rolle des Staates sprachen sich die Experten für mehr staatliche Unterstützung bei der heimischen Rohstoffförderung, bei Auslandstätigkeiten von deutschen Unternehmen, wie auch für eine stärkere Einbindung des Themas in die Außen- wie Innenpolitik aus (Abb. 5). Die letzte Forderung ist aufgrund der gegenwärtigen Krisenlage dringlicher denn je. Neben der Deckung des Bedarfs an (potentiell kritischen) Rohstoffen für die Realisierung der Energie- und Mobilitätswende und Digitalisierung sind die Rohstoffmärkte aufgrund der Sanktionen gegen Russland extrem angespannt. Deutschland ist besonders von Erdgas und Erdöl, Steinkohle, Stahlerzeugnissen, Nickel und den Platingruppenmetallen aus Russland abhängig.

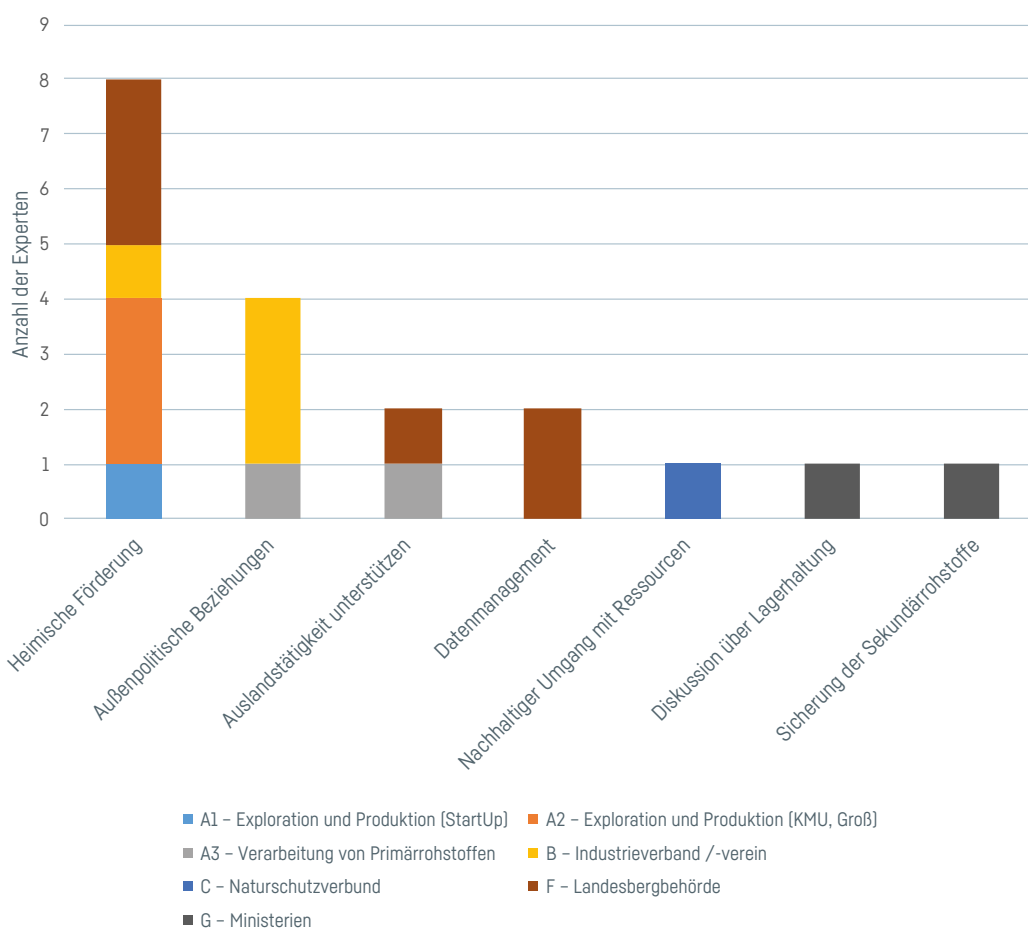


Abbildung 5: Interviewergebnisse im Themenfeld Staat/Regularien – Möglichkeiten wie der Staat die Rohstoffversorgung in Deutschland fördern könnte (Siehe komplette Studie, Steiger et al., 2022).

Die Mehrheit der befragten Experten erwartet stärker unterstützende Rahmenbedingungen des Gesetzgebers, die jedoch individuell definiert werden. So wünschen die einen Experten einfachere Verfahren bis zur Erlaubnis zur Rohstoffgewinnung, während andere mehr Kontrolle hinsichtlich eines nachhaltigeren Umgangs mit natürlichen Ressourcen und die Einführung realistischer Bedarfsrechnungen von mineralischen Rohstoffen fordern. Der Rohstoffversorgung und dem wirtschaftlichen Wachstum stehen Aspekte wie die „not in my backyard“-Mentalität, Klimaschutz und Ressourcenschonung gegenüber. Die deutsche Rohstoffstrategie (2019) belegt, dass die Regierung diverse Wege benennt, um die Rohstoffversorgung in Deutsch-

land sicherzustellen. Eine stärkere Intervention des Staates, die über die Legislative hinausginge, ist von keinem Experten explizit genannt worden. Diese sollte sich auf die Förderung von Innovation und neuen Technologien, die Verkürzung von administrativen Prozesslaufzeiten und folglich die Umsetzung von effizienteren Genehmigungsverfahren beziehen [46].

Handlungsmaßnahmen

Die Rohstoffversorgung muss als eine gesamtgesellschaftliche Aufgabe betrachtet werden, bei der alle Interessensvertreter beitragen müssen.

Staat: Um die Importabhängigkeit zu verringern, muss das ansässige Fachwissen und der Innovationsgeist in Deutschland vom Staat gefördert und von Unternehmen genutzt werden. Bestehende heimische Rohstoffprojekte müssen, unter nachhaltigen Gesichtspunkten, gefördert sowie potentielle Rohstoffprojekte von Staat und Unternehmen gemeinsam evaluiert werden. Der Staat kann der Forderung nach mehr Unterstützung für die heimische Rohstoffförderung nachkommen und gleichzeitig die Position von Deutschland bei der Rohstoffversorgung im internationalen Vergleich strategisch neu ausrichten. Die Reduzierung der administrativen Prozesslaufzeit kann den ohnehin schon langwierigen Rohstoffprojektverläufen, der Zeitrahmen von der Exploration bis zur Produktion kann sich zwischen zehn und fünfzehn Jahren bewegen, entgegenkommen.

Unternehmen: Bislang haben Unternehmen sich zumeist auf den Markt verlassen und überwiegend in der Rohstoffwertschöpfungskette adjustiert. Preisschwankungen wurden über den Finanzmarkt ausgeglichen - es geht aber nicht mehr nur noch um den Preis, sondern um die Verfügbarkeit. Bei einem immer stärker umworbenen Markt muss eine vertikale Integration in der Rohstoffwertschöpfungskette, unternehmerische Kompetenz bei Rohstoffgewinnung bzw. -handel und eine Anpassung des Rohstoffeinkaufs seitens der Unternehmen evaluiert werden. Eine rasche Umsetzung darf die Erreichung der Klimaschutzziele nicht außer Acht lassen und stattdessen sollte durch neue Technologien die Rohstoffversorgung nachhaltig und auf dem höchsten Stand der Technik gestaltet werden. Dies ist eine Chance für die deutsche Industrie, sich in diesem Bereich weltweit zu positionieren und führende Technologien zu entwickeln.

Bevölkerung: Erfolgreiche Rohstoffprojekte innerhalb Deutschlands und Europas werden nicht durchzuführen sein, wenn die Ablehnung durch die Öffentlichkeit solche ver- bzw. behindert. Es ist essentiell, dass die ökologischen, ökonomischen und sozialen Konsequenzen des Realisierens oder des Ablehnens einer heimischen Rohstoffförderung von der Bevölkerung getragen werden. Daher gilt es die Aufklärungsarbeit, die bereits von Bund und unterschiedlichen Initiativen geleistet wird, auszubauen und schon im schulischen System Rohstoffe in ihrer kompletten Vielfalt darzustellen. So können in den nachfolgenden Ausbildungsrichtungen qualifizierte Fachkräfte mit einem holistischen Verständnis ausgebildet werden.

Danksagungen

Für ihren zeitlichen und fachlichen Einsatz wird den 34 Experten vielmals gedankt, sowie Herrn Dr. Benjamin Busch für hilfreiche Diskussionen zur allgemeinen Rohstofflage in Deutschland.

Literatur

[1] Clement, H. [1971]: Rohstoffe für Europas Wirtschaft, Wirtschaftsdienst, ISSN 0043-6275, Verlag Weltarchiv, Hamburg, Vol. 51, Iss. 4, pp. 211-214.

[2] BGR – Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe [2021]: Deutschland – Rohstoffsituation 2020. – 164 S. URL: https://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Min_rohstoffe/Downloads/rohsit-2020.html [17.01.2022].

[3] BGR – Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe [2020]: Deutschland – Rohstoffsituation 2019. 150 S. URL: https://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Min_rohstoffe/Downloads/rohsit-2019.html [30.11.2020].

[4] BMWi – Bundesministerium für Wirtschaft und Energie [2022]: Zahlen und Fakten: Energiedaten, Nationale und internationale Entwicklung. 20.01.2022. URL: <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Artikel/Energie/energiedaten-gesamtausgabe.html> [17.03.2022].

[5] Deutscher Bundestag [2019]: Erdölverbrauch in Deutschland [20.03.2019]. Wissenschaftliche Dienste. Dokumentation WD 5 – 3000 033/19. URL: <https://www.bundestag.de/resource/blob/644154/889aae5fb78d87042e942a3774f4df1d/WD-5-033-19-pdf-data.pdf> [13.01.2022].

[6] BP – British Petrol [2021]: Statistical Review of World Energy 2021. URL: <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2021-full-report.pdf> [28.01.2022].

[7] EU-Recycling [2021]: REA-Gips: Wie kann die Lücke geschlossen werden? Erschienen im EU-Recycling Magazin 10/2021, S.32. URL: <https://eu-recycling.com/Archive/33082> [03.03.2022].

[8] DESTATIS [2021]: Außenhandel, GENESIS-Tabelle 51000-0007.

[9] DESTATIS [2021]: Außenhandel, GENESIS-Tabelle 51000-0005.

[10] DERA – Deutsche Rohstoffagentur in der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe [2018]: Rohstoffrisikobewertung Gallium. 35. Rohstoffinformationen. URL: https://www.deutsche-rohstoffagentur.de/DE/Gemeinsames/Produkte/Downloads/DERA_Rohstoffinformationen/rohstoffinformationen-35.pdf?__blob=publicationFile&v=2 [14.04.2022].

[11] Deutsche Lithium GmbH [2021]: Zinnwald-Lithium-Projekt. URL: <http://www.deutsche-lithium.de/projekte/zinnwald-lithium-projekt/> [07.12.2021].

- [12]** Hilgers, C., Kolb, J., Becker, I. [2021]: Bergbau Verhüttung Recycling. Ist die deutsche Nachfrage und das Angebot an Rohstoffen resilient? Hrsg. ThinkTank für industrielle Ressourcenstrategien angesiedelt am Karlsruher Institut für Technologie (KIT). URL: https://www.thinktank-irs.de/wp-content/uploads/2021/05/RZ_THINKTANK_Broschuere_Bergbau_Verhuettung_Recycling_DE_Web_Einzelseiten_NEU.pdf (07.12.2021).
- [13]** Passarini, F., Ciacci, L., Nuss, P., Manfredi, S. [2018]: Material flow analysis of aluminium, Copper, and Iron in the EU-28. – Report EUR 29220 EN, Publications Office of the European Union – DOI: 10.2760/1079
- [14]** Verhof, E.V., Dijkema, P.J., Reuter, M.A. [2004]. Process knowledge, system dynamics, and metal ecolog. *Journal of Industrial Ecology* 8, 23-43.
- [15]** Reuter, M. A. [2020]. Von der Utopie einer Kreislaufwirtschaft. In O. Jorzik, J. Kandarr & P. Klinghammer (Hrsg.), *ESKP-Themenspezial Rohstoffe in der Tiefsee. Metalle aus dem Meer für unsere High-Tech-Gesellschaft*. Potsdam: Helmholtz-Zentrum Potsdam, Deutsches Geo-ForschungsZentrum GFZ. doi: 10.2312/eskp.2018.2.
- [16]** UBA – Umweltbundesamt [2019]: ILESA - Edel- und sondermetallhaltige Abfallströme intelligent lenken: Bündelung, Zwischenlagerung, Rückgewinnungsgrad. Abschlussbericht. 405 S.
- [17]** Gurita, N., Fröhling, M., Bongaerts, J. [2018]: Assessing potentials for mobile/smartphone reuse/ remanufacture and recycling in Germany for a closed loop of secondary precious and critical metals. *Jnl Remanufactur* [2018] 8:1-22.
- [18]** Flerus, B., Friedrich, B. [2020]: Recovery of Gallium from Smartphones–Part II: Oxidative Alkaline Pressure Leaching of Gallium from Pyrolysis Residue. URL: <https://publications.rwth-aachen.de/record/810727/files/810727.pdf> [12.11.2021].
- [19]** Schmidt, M., Schäfer, P., Rötzer, N. [2020]: Primär- und Sekundärmetalle und ihre Klimarelevanz. In: Holm (ed.) *Berliner Recycling- und Sekundärrohstoffkonferenz*. Berlin, 3-16.
- [20]** EU Kommission [2020]: Widerstandsfähigkeit der EU bei kritischen Rohstoffen: Einen Pfad hin zu größerer Sicherheit und Nachhaltigkeit abstecken. European Commission 474 final, 26 S., URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:52020DC0474&from=EN> .
- [21]** Marscheider-Weidemann, F., 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.

[22] WVMetalle – Wirtschaftsvereinigung Metalle [2021]: Versorgungsengpässe bei Metallen. Pressemitteilung vom 02.12.2021. URL: https://www.wvmetalle.de/presse/artikeldetail/?tx_artikel_feartikel%5Bartikel%5D=8079&tx_artikel_feartikel%5Bback%5D=presse%2F&tx_artikel_feartikel%5Baction%5D=show&cHash=5dd9731d1e566cabbd7593057e39b789 [31.01.2022].

[23] Inverto [2021]: Rohstoffstudie 2021. Ergebnisse der Umfrage von INVERTO in Kooperation mit dem Handelsblatt. 34 S. URL: <https://www.inverto.com/publikationen/ergebnisse-der-rohstoffstudie-2021/> [05.01.2022].

[24] EU Kommission [2022]: Ukraine: EU agrees fourth package of restrictive measures against Russia. Pressemitteilung 15.03.2022. URL: https://ec.europa.eu/commission/press-corner/detail/en/ip_22_1761 [17.03.2022].

[25] DERA – Deutsche Rohstoffagentur in der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe [2022]: Chart des Monats, Januar 2022. Steigende Energiekosten sorgen für Produktionskürzungen. URL: https://www.deutsche-rohstoffagentur.de/DERA/DE/Downloads/DERA%202022_cdm_01_Energiekosten.pdf;jsessionid=1D23DBD8129C8B7E4D279D-8D505EB19B.2_cid292?__blob=publicationFile&v=2 [01.02.2022].

[26] VDI – Verein Deutscher Ingenieure [2022]: Nickelpreis völlig außer Kontrolle – Handel unterbrochen. 11.03.22. URL: <https://www.vdi-nachrichten.com/wirtschaft/rohstoffe/nickelpreis-voellig-ausser-kontrolle-handel-unterbrochen/> [15.03.2022].

[27] USGS - U.S. Geological Survey [2021]: Mineral Commodity Summaries 2021. 01.02.2021. 204 S. URL: <https://pubs.usgs.gov/periodicals/mcs2021/mcs2021.pdf> [02.12.2021].

[28] Szurlies, M. [2021]: Rohstoffrisikobewertung – Nickel. – DERA Rohstoffinformationen, 48: 110 S.; Berlin.

[29] BGR – Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe [2016]: Palladium: Rohstoffwirtschaftliche Steckbriefe. 7 S. URL: https://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Min_rohstoffe/Downloads/rohstoffsteckbrief_pd.html [17.01.2022].

[30] Bundesregierung [2011]: Abkommen zwischen der Regierung der Bundesrepublik Deutschland und der Regierung der Mongolei über Zusammenarbeit im Rohstoff-, Industrie- und Technologiebereich. 13.10.2011. URL: https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Downloads/A/abkommen-zwischen-brd-und-mongolei-zusammenarbeit-rohstoff-industrie-technologie.pdf?__blob=publicationFile&v=1 [18.01.2022].

[31] Bundesregierung [2012]: Abkommen zwischen der Regierung der Bundesrepublik Deutschland und der Regierung der Kasachstan über Zusammenarbeit im Rohstoff-, Industrie- und Technologiebereich. 08.02.2012. URL: https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Downloads/A/abkommen-zwischenbrd-und-kasachstan-partnerschaft-rohstoff-industrie-und-technologiebereich.pdf?__blob=publicationFile&v=1 [18.01.2022].

- [32]** Bundesregierung [2014]: Abkommen zwischen der Regierung der Bundesrepublik Deutschland und der Regierung der Republik Peru über Zusammenarbeit im Rohstoff-, Industrie- und Technologiebereich. 14.07.2014. In: Bundesgesetzblatt Jahrgang 2015 Teil II Nr. 18, ausgegeben zu Bonn am 25. Juni 2015. URL: https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Downloads/A/abkommen-zwischen-brd-und-peru-partnerschaft-rohstoff-industrie-und-technologiebereich.pdf?__blob=publicationFile&v=6 [18.02.2022].
- [33]** BMWi – Bundesministerium für Wirtschaft und Energie [2019]: Rohstoffstrategie der Bundesregierung, Sicherung einer nachhaltigen Rohstoffversorgung Deutschlands mit nicht-energetischen mineralischen Rohstoffen. 40 S. URL: https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Industrie/rohstoffstrategie-der-bundesregierung.pdf?__blob=publicationFile&v=4 [07.12.2021].
- [34]** SMWA - Staatsministerium für Wirtschaft, Arbeit und Verkehr Sachsen [2017]: Rohstoffstrategie für Sachsen. Rohstoffwirtschaft – eine Chance für den Freistaat Sachsen.
- [35]** StMWi - Staatsministerium für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie Bayern [2021]: Rohstoffstrategie. URL: <https://www.rohstoffstrategie-bayern.de/>.
- [36]** UM BaWü – Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg [2016]: Landesstrategie Ressourceneffizienz Baden-Württemberg. 01.03.2016. URL: https://um.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-um/intern/Dateien/Dokumente/6_Wirtschaft/Ressourceneffizienz_und_Umwelttechnik/160301_Landesstrategie_Ressourceneffizienz.pdf [31.01.2022].
- [37]** Bobba, S., Carrara, S., Huisman, J. [co-lead], Mathieux, F., Pavel, C. [2020]: Critical Raw Materials for Strategic Technologies and Sectors in the EU - A Foresight Study. Europäische Kommission, Joint Research Center, 03.09.2020. URL: <https://ec.europa.eu/docsroom/documents/42881> [01.10.2020].
- [38]** Lee, K., Cha, J. [2020]: Towards Improved Circular Economy and Resource Security in South Korea. Sustainability 2021, 13, 17. <https://dx.doi.org/10.3390/su13010017> [18.01.2022].
- [39]** METI - Ministry of Economy, Trade and Industry [2020]: New International Resource Strategy Formulated. Press release 30.03.2020. URL: https://www.meti.go.jp/english/press/2020/0330_005.html [18.01.2022].
- [40]** U.S. Department of Energy [2011]: Critical Materials Strategy. 196 S. URL: https://www.energy.gov/sites/prod/files/DOE_CMS2011_FINAL_Full.pdf [02.12.2021].
- [41]** U.S. Department of Commerce [2019]: A Federal Strategy to Ensure Secure and Reliable Supplies of Critical Minerals. 04.06.2019. 50 S. URL: <https://www.commerce.gov/data-and-reports/reports/2019/06/federal-strategy-ensure-secure-and-reliable-supplies-critical-minerals> [02.12.2021].

- [42]** Farooki, M. [2018a]: European Policy Brief. China's Mineral Sector and the Belt & Road Initiative. Hrsg. v. STRADE. URL: http://stradeproject.eu/fileadmin/user_upload/pdf/STRA-DE_PB_02-2018_One_Belt_One_Road.pdf [06.12.2021].
- [43]** Farooki, M. [2018b]: Non-European Country Engagement with Resource-Rich Developing Countries. Hrsg. v. STRADE. URL: http://www.stradeproject.eu/fileadmin/user_upload/pdf/STRADE_Report_01_2018_Third_Country_Approaches_Min_Dev_Res_Rich.pdf [06.12.2021].
- [44]** Ericsson, M., Löf, O., Löf, A. [2020]: Chinese control over African and global mining—past, present and future. Mineral Economics <https://doi.org/10.1007/s13563-020-00233-4> [2020] 33:153–181.
- [45]** OECD [2018]: China's Belt and Road Initiative in the Global Trade, Investment and Finance Landscape. 46 S.
- [46]** Tilton, J.E., Crowson, P.C.F., DeYoung, J.H., Eggert, R.G., Ericsson, M., Guzman, J.I., Humphreys, D., Lagos, G., Maxwell, P., Radetzki, M., Singer, D.A., Wellmer, F.M. [2018]: Public policy and future mineral supplies. Resources Policy 57, 55-60.

Kontakt und weitere Informationen

Dr. Christian Kühne

Geschäftsführer

THINKTANK Industrielle Ressourcenstrategien

angesiedelt am Karlsruher Institut für Technologie (KIT)

Campus West · Gebäude 6.36

Hertzstraße 16 · 76187 Karlsruhe

T +49 721 608-41368 · **M** +49 157 35711946

E christian.kuehne@kit.edu

www.thinktank-irs.de

Sitz der Körperschaft

Kaiserstraße 12, 76131 Karlsruhe

KIT – Die Forschungsuniversität in der Helmholtz-Gemeinschaft

Datenschutzhinweis

Zur Erfüllung unserer Informationspflichten bezüglich der Verarbeitung Ihrer personenbezogenen Daten verweisen wir auf unsere Datenschutzbestimmungen (<https://www.dsb.kit.edu/>).

Dort finden Sie auch Erläuterungen, wie Sie Ihre Rechte als Betroffener (z. B. Auskunfts-, Berichtigungs- oder Widerspruchsrechte) geltend machen können.