

## Entwurf Artikel BDG Dez 2020 (für die Ausgabe Jan 2021 – Schwerpunktthema Rohstoffe)

Die Strategische Rohstoffversorgung Deutschlands im internationalen Kontext – eine Bestandsaufnahme

Christoph Hilgers & Katharina Steiger, Institut für Angewandte Geowissenschaften & Think Tank Industrielle Ressourcenstrategien, Karlsruhe Institut für Technologie – KIT, Adenauerring 20a, 76131 Karlsruhe

Ein knappes Viertel des deutschen BIP wird durch das produzierende Gewerbe erwirtschaftet. Als Nettoexportnation mit der Ausfuhr von Metallerzeugnissen, Maschinen, Kraftwagen u.v.a.m. stehen exportierte Produkte als Sekundärrohstoffe für eine heimische Kreislaufwirtschaft nicht mehr zur Verfügung. Wachsende Weltbevölkerung, wachsender globaler Wohlstand, neue Technologien und politische Maßnahmen führen zu einem weiter steigenden, absoluten und pro-Kopf Rohstoffbedarf bei gleichzeitig neuen, großen Rohstoffkonsumenten wie China und Indien.

Ein schwindendes Verständnis grundlegender Zusammenhänge von Rohstoffen hinsichtlich Mengen, Raten und Kosten, fehlende Akzeptanz des Abbaus heimischer Rohstoffe, langwierige Genehmigungsprozesse, mangelnder Zugang zu Risikokapital im Bereich Rohstoffinvestitionen, und ein variabler, rechtlicher Rahmen für langfristige Investitionsentscheidungen sind einige Parameter, welche die Entwicklung von neuen Projekten hemmen. Zusätzlich erhöhen zunehmender Protektionismus verschiedener Länder und neue Marktteilnehmer, wie China und Indien, den globalen Wettbewerb um Rohstoffe [1].

Nur durch den nachhaltigen Zugang zu Primärrohstoffen und den Ausbau der Kreislaufwirtschaft zur Gewinnung von Sekundärrohstoffen kann der Rohstoffbedarf gedeckt werden. Ausgewählte Aspekte von Nachfrage und der Verfügbarkeit, Herausforderungen und Strategien aus [2-4] werden dargestellt, und die Rolle der Fachgesellschaften diskutiert.

## Steigende Rohstoffnachfrage durch Bevölkerungswachstum, Wohlstand und industriellen Strukturwandel

Die Nachfrage nach metallischen Rohstoffen wird sich mit einer globalen Förderung metallischer Erze von 9 Gt in 2017 auf 20 Gt im Jahr 2060 mehr als verdoppeln [5] (Abb. 1). Gründe dafür sind zum einen die bis 2060 um weitere 2 bis 3 Mrd. Menschen zunehmende Weltbevölkerung, die sich in der zweiten Hälfte dieses Jahrhunderts aufgrund höherer Bevölkerungsdichte und steigendem Wohlstand bei etwa 10 Mrd. Menschen einpendeln wird [6, 7]. Seit dem Jahr 2000 steigt das Bevölkerungswachstum durch die immer älter werdenden Menschen [8], ein Resultat des steigenden Wohlstands.

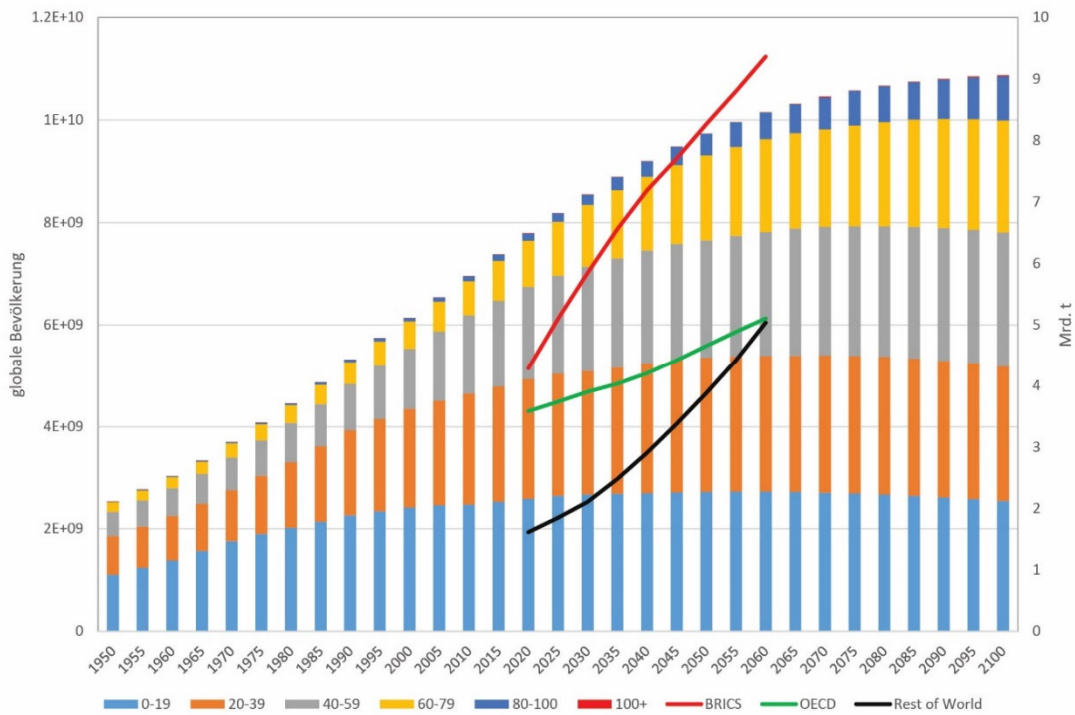


Abbildung 1: Entwicklungsprognose der Weltbevölkerung nach Altersgruppen (als Balken) und Verbrauch nach metallischen Rohstoffen (als Linien) (nach [5], [8]).

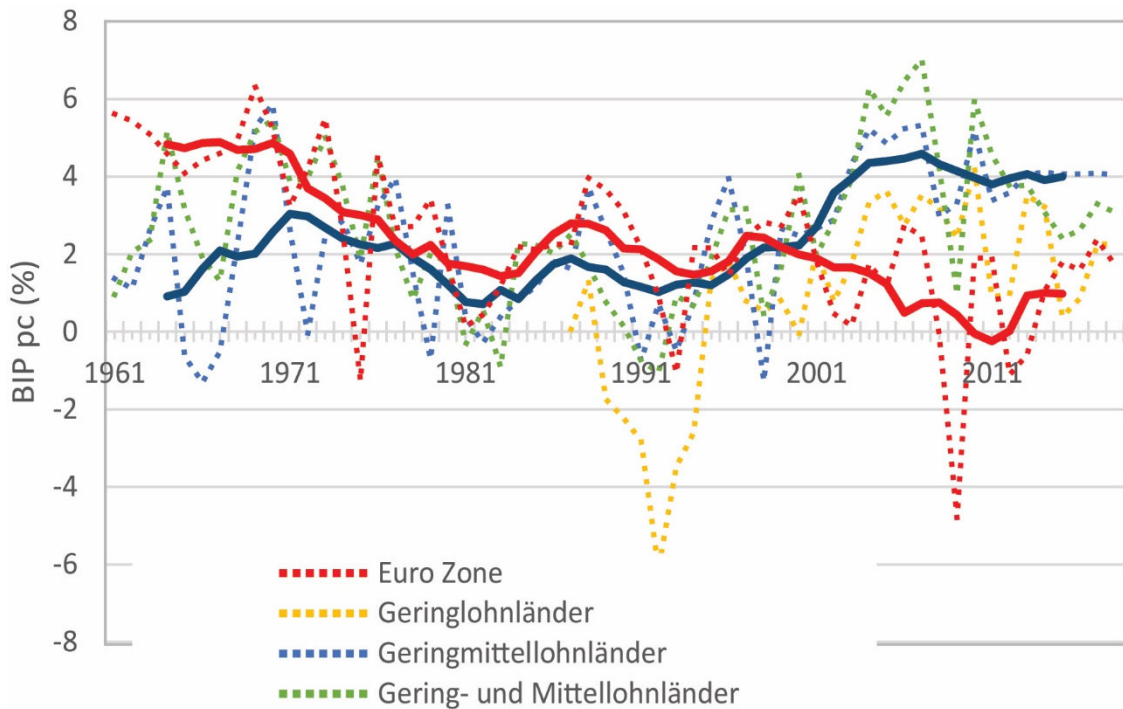


Abbildung 2: Die Veränderungen des BIP pro Kopf von 1961 bis heute zeigen, dass der Wohlstand der Schwellenländer stärker steigt als der Europas (durchgezogene Linien –gleitender Mittelwert über 7 Jahre, nach [7]).

Zum anderen wird sich das globale BIP bis 2060 verdreifachen und der globale Wohlstand und damit der pro-Kopf Rohstoffverbrauch weiter steigen [8]. Ausschlaggebende Treiber des Wachstums sind die wirtschaftlich aufstrebenden Länder wie China und Indien. Hingegen wird das Wachstum in Deutschland

und Europa beschränkt bleiben [5]. Die Wertschöpfung pro Kopf in Europa sinkt im Vergleich zu den Schwellenländern (Abb. 2). Bereits 2004 lag Indien im kaufkraftbereinigten BIP vor Deutschland, China hat seit 2015 alle Industrieländer hinter sich gelassen [9] (Abb. 3).

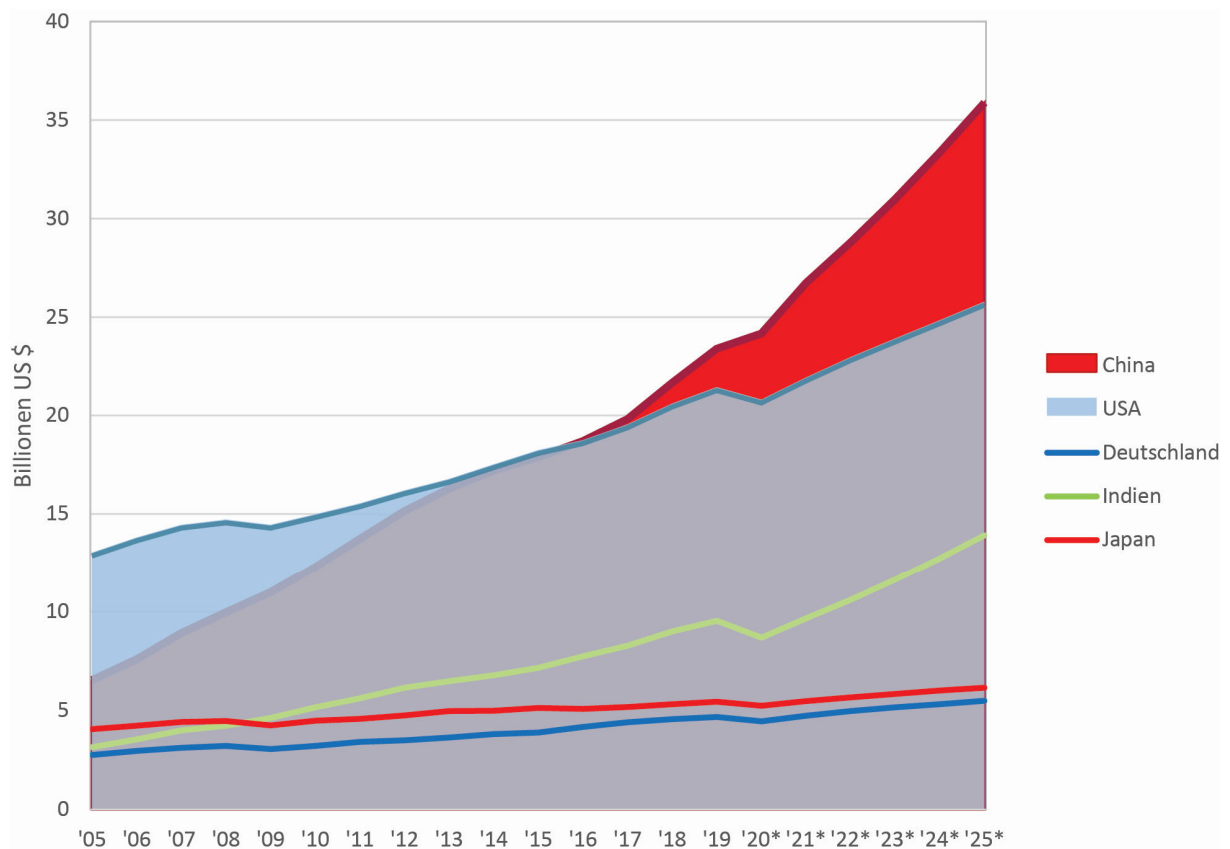


Abbildung 3: Kaufkraftbereinigtes BIP ausgewählter Industrie- und Schwellenländer, \*Schätzungen aus dem Jahr 2019 (nach [9]).

Neue Technologien und der industrielle Strukturwandel, wie der Ausbau der Erneuerbaren Energien, die E-Mobilität und die fortschreitende Digitalisierung erfordern mehr und qualitativ hochwertige Rohstoffe, was im Folgenden am Beispiel einer Energiewende skizziert wird.

Der globale Ausbau von Photovoltaik wird mit einem Anstieg von 0,63 TW im Jahr 2019 [10] auf 10,6 TW Kapazität mit einer Stromproduktion von 18,7 PWh/a im Jahr 2050 prognostiziert, während der Ausbau von Windenergie von einer derzeitigen Leistung von 0,73 TW auf 6,2 TW in 2050 mit einer Stromproduktion von 18,5 PWh/a (derzeit 1,3 PWh/a, 2017) prognostiziert wird [11]. Da die Rohstoffmenge pro Megawatt (Mineralintensität) bei den wenig energiedichten, erneuerbaren Solar- und Windenergien höher und die Lebensdauer kürzer als die Energiegewinnung durch Kohlenwasserstoffe und Atomkraft ist [5,12], gehen [13] bei Einhaltung des +2°C-Klimaziels von einem Anstieg des Metallbedarfs durch erneuerbare Energien von 250 bis 300 % aus.

Auch der Bedarf der mineralischen Rohstoffe wird steigen. Allein eine Windkraftanlage benötigt als Fundament je nach Auslegung um die 1000 bis 2000 t Beton. Ebenso sind organische Rohstoffe notwendig. Ein einzelnes Rotorblatt einer 2 MW Anlage wiegt etwa 5 bis 7,5 t, und besteht aus Kunststoffharzen, Glas- oder Karbonverstärkungsfasern, im Inneren werden Balsahölzer oder Schaumstoffe verbaut.

In Deutschland liegt der Anteil der erneuerbaren Energien Solar und Wind derzeit bei 1,3 bzw. 3 % des Primärenergieverbrauchs [14]. Mit dem Ausstieg aus Kohle- und Atomverstromung fallen 28 % und mit dem Ausstieg aus Erdöl und Erdgas weitere 57 % der Primärenergie des Landes weg, die auszugleichen sind.

### Verfügbarkeit von Rohstoffen

Neben der geologischen Verfügbarkeit wird das Rohstoffangebot, wie auch dessen Nachfrage, durch soziale, technologische, ökonomische, ökologische, politische, rechtliche wie auch ethische Faktoren beeinflusst (engl. STEEPLE-Analysis) [2]. Während eine geologische Knappheit nicht zu erwarten ist (z.B. [15]), beschränken die STEEPLE-Faktoren den Zugang zu Rohstoffen und deren Verfügbarkeit. Im Folgenden werden einige Aspekte der Aufsuchung und Gewinnung, Verhüttung und Raffination, sowie des Recyclings adressiert [3, 4].

Im Bergbau von Metallen gibt es derzeit kein in Deutschland förderndes Unternehmen, obwohl Metallagerstätten vorhanden sind, welche unter rechtlichen und politischen Gegebenheiten auch ökonomisch erfolgreich produzieren könnten (z.B. [16]). International agierende, in Deutschland ansässige Unternehmen haben in den letzten Jahrzehnten ihre Tätigkeiten im Bergbau und Handel von Metallen rationalisiert und den Aufbau ihres Konzerns umstrukturiert (vgl. Metallgesellschaft AG 2000, Preussag AG 1997).

Die Bergbauunternehmen, die noch in Deutschland ansässig und national wie international tätig sind, sind in der Aufsuchung und Gewinnung von Industriemineralen (u.a. Gips, Salz, Kalkstein) und Kohlenwasserstoffen (als organische- und Energierohstoffe) tätig. Daneben sichern zahlreiche Klein- und mittelständische Unternehmen (KMUs) die Versorgung mit heimischen Rohstoffen. Große, in Deutschland ansässige, international tätige Unternehmen im Bereich mineralischer Rohstoffe sind bspw. K+S AG (4 Mrd. € Umsatz), Knauf AG (10 Mrd. € Umsatz), HeidelbergCement AG (18,8 Mrd. € Umsatz), während organische- und Energierohstoffe noch von der letzten großen in Deutschland ansässigen Firma Wintershall Dea GmbH (5,9 Mrd. € Umsatz) aufgesucht und gewonnen werden. Die Kompetenz zur Exploration und Gewinnung von Rohstoffen im nationalen und internationalen Umfeld ist in Deutschland noch vorhanden, nimmt an Bedeutung jedoch ab (Abb. 4).

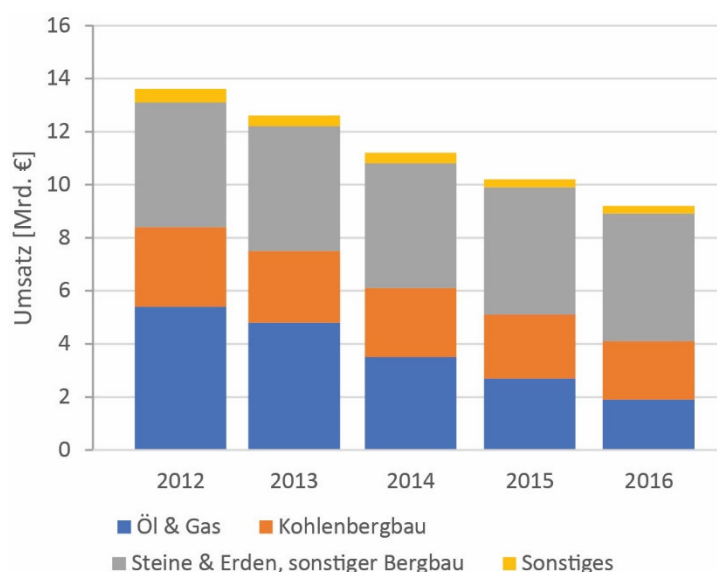


Abbildung 4: Umsatz der heimischen Rohstoffe in Deutschland [aus 3, nach 17].

Technisch anspruchsvoller Bergbau im Bereich von Massenrohstoffen, Braun- und Steinkohle, sowie Kohlenwasserstoffen geht mit zahlreichen Unternehmen einher, die ihre technischen Innovationen und Dienstleistungen global anbieten. So ist Europa noch führender Exporteur von Bergbauausrüstung, darunter 135 deutsche Firmen [18].

Zahlreiche Anlagen zur Verhüttung und Raffination von Kupfer, Eisen, Stahl, Nickel, Blei, Zink und Titan sind in Deutschland in Betrieb. Dies ermöglicht neben der Gewinnung der Primärmetalle aus dem Konzentrat ein Recycling mit der Gewinnung von Sekundärmetallen. Insbesondere kritische Metalle für Wind- und Solarenergieanlagen werden als Nebenprodukt bei der Zink- (Ga, In), Aluminium- (Ga) und Kupferraffination (Se, Te) gewonnen, es erfolgt kein Abbau in Lagerstätten [19, 20, 21]. Die Raffination von Seltenerdelementen und Lithium ist in Europa (noch) nicht möglich.

Das Recycling trägt für einige Metalle zur Deckung des Rohstoffbedarfs bei, wie beispielsweise in der deutschen Stahlproduktion 2019 zu 43 % [22]. 2018 betrug der Anteil an Sekundärkupfer an der Produktion in Deutschland 41 %, in der EU lag der Anteil an recyceltem Kupfer 2014 bei 17 % (End-of-Life-Recycling-Eingangsrate EOR-RIR) [23], [24]. Für die Erhöhung der Recyclingquoten ist eine vollständige Infrastruktur von Verhüttung und Raffination von Schrott notwendig. Nicht nur die COVID-19-induzierte Wirtschaftskrise führte allerdings zu mehreren Insolvenzverfahren im Bereich Verhüttung und Raffination. Ein globales Überangebot und Fehlinvestitionen resultierten in wirtschaftlichen Problemen weiterer, etablierter, deutscher Konzerne.

### Herausforderungen

Obwohl das Industrieland Deutschland durch die Gründung des Helmholtz-Instituts Freiberg für Ressourcentechnologien und die Deutsche Rohstoffagentur DERA wichtige Fortschritte bei Innovation und Rohstoffberatung erreicht hat, bleibt das industrielle Engagement gering.

Die sich in Deutschland konsolidierende Rohstoffindustrie von Bergbau, Verhüttung und Raffination resultiert in weniger Arbeitnehmern und einem geringeren Anteil an der nationalen Wertschöpfung. Erfahrene Kapitalgeber, die Investitionsrisiken im Rohstoffbereich bewerten und den Zugang zu Risikokapital ermöglichen, sind vor allem in anderen Ländern wie Australien und Kanada angesiedelt. Das schlechte, „fossile“ Image des „umweltverschmutzenden“ Rohstoffsektors kann zu einem selbstverstärkenden Effekt führen. Hierzu zählt eine geringere Bereitschaft, in dem Industriezweig arbeiten zu wollen. Gleichzeitig können nicht-verfügbare, industrieerfahrene Personen am Arbeitsmarkt einen Mangel an Fachpersonal in Genehmigungsbehörden hervorrufen, bei gleichzeitig mangelnder Stellenausstattung. Lange Genehmigungsverfahren und Berücksichtigung zahlreicher Stakeholder führen zu Investitionen in anderen Bereichen oder im Ausland. Schließlich führen schrumpfende Rohstoffindustrien zu einem reduzierten Austausch mit innovativen Hochschulen und dem Verlust von Kompetenzen auf unterschiedlichen Ebenen.

Die Aufsuchung und Gewinnung von Rohstoffen wird von global tätigen, chinesischen Rohstofffirmen wie die Zijin Mining (Welt #6, 16,3 Mrd. USD Umsatz), China National Petroleum CNPC (Welt #3, 392 Mrd. USD Umsatz), Sinopec (Welt #1, 414 Mrd. USD Umsatz) umgesetzt. Unternehmen vergleichbarer Größe sind in der EU-27 im Bereich von Energie- und organischen Rohstoffen (z.B. BP 282 Mrd. USD, Shell 345 Mrd. USD, Umsatz) vorhanden. Im Bereich des Bergbaus auf Metalle liegt die KGHM Polska auf Platz 38 [25] während Großunternehmen wie AngloAmerican, BHPbilliton, Glencore, RioTinto u.a. in London registriert sind. Eine geringe Größe deutscher und europäischer Unternehmen begrenzt deren Möglichkeiten, neue Lagerstätten zu entwickeln.

Schließlich unterliegt die mediale Darstellung der Rohstoffindustrie einer kontinuierlichen Änderung. Während Erneuerbare Energien zwar erneuerbar sind, die noch rohstoffintensiven Energieanlagen jedoch nicht, und eine Kreislaufführung ein 100%-iges Recycling ohne Abfall suggeriert, sind positive Darstellungen von Primär- und Sekundärrohstoffen nicht Zentrum des medialen Interesses. „Fossile“ Energien, die auch die Rohstoffe der chemischen Industrie u.a. liefern, werden wie Bergbau als Überreste eines fossilen Zeitalters angesehen, obwohl Alternativen zum Ersatz der metallischen, mineralischen und organischen Primärrohstoffmengen nicht absehbar sind. Eine mediale Präsenz von Grünen Metallen, Grünem Zement und nachhaltigem Bergbau finden keine mediale Verbreitung, obwohl eine Mobilitätswende, Energiewende und Digitalisierung ohne Rohstoffe nicht umsetzbar ist.

## Rohstoffstrategien

Nationale Rohstoffstrategien führender Länder wie Südkorea, Japan, USA, China und Indien unterstützen auf verschiedene Art und Weise ihre nationalen Firmen bei Exploration, Verhüttung und Raffination sowie die nationale Lagerhaltung strategischer Metalle. Auch die deutsche Rohstoffstrategie wurde 2020 aktualisiert.

Große, international tätige Unternehmen im Erzbergbau (Lagerhaltung in der Lagerstätte) und im Rohstoffhandel (Lagerhaltung im Handel) gibt es in Deutschland nicht mehr. Auch der Bereich der Metallurgie konsolidiert sich in Deutschland weiter. Dabei halten Verhüttung und Raffination von Primär- und Sekundärrohstoffen ebenfalls Reinmetalle vor (Lagerhaltung der Hütte). Die nationale Lagerhaltung der Bundesrepublik Deutschland beschränkt sich auf Erdöl, Erdgas und Erdölzerzeugnisse zur nationalen Krisenvorsorge.

Die „Made in China 2025“ Strategie beinhaltet, ausländisches durch inländisches Wissen zu ersetzen, und mit der Strategie „China 2049“ in ausgewählten Hochtechnologien bis zum Jahr 2049 Innovationsführer und Weltmarktführer zu werden [26, 27, 28, 29]. Schon heute übersteigen die Patentanmeldungen in China die der gesamten westlichen Welt. Auch bei der Verhüttung und Raffination von Rohstoffen werden internationale Lieferketten über China geleitet, die Aufbereitungsanlagen vorhalten und teilweise einen Innovationsvorsprung vorweisen.

Ebenso eröffnen die neuen Handelswege, wie die „Belt and Road Initiative“ (Seidenstraße) Chinas, neue geostrategische Korridore für neue Märkte und Rohstoffe, ob unilateral oder multilateral bleibt abzuwarten. Mit künstlichen Inseln im Südchinesischen Meer und einer Militärstation am Roten Meer in Djibouti baut China die Sicherung seiner Handelswege und Rohstoffquellen aus. Der Ausbau der Nordostpassage verkürzt Handelswege und könnte China auch den Zugang zu Rohstoffen der russischen Arktis ermöglichen.

Die EU erkannte die fehlende Resilienz ihrer Wertschöpfungsketten und rief im Rahmen des Aktionsplans zu kritischen Rohstoffen im September 2020 die Europäische Rohstoffallianz (ERMA – European Raw Materials Alliance) ins Leben. Daneben hat die EU weitere Ziele, wie beispielsweise die Raffination von Seltenerdmetallen in Europa, die Beschaffung von kritischen Rohstoffen innerhalb der EU, die Diversifizierung der Rohstoffversorgung mit ausgewählten Ländern, und einige Projekte zu Recycling und Kreislaufwirtschaft. Dies wird um die 2020 erneuerte nationale Rohstoffstrategie der Bundesregierung ergänzt, um die Rohstoffverfügbarkeit für den Industriestandorts Deutschland sicherzustellen.

## Ausblick

Für die Rohstoffversorgung des Industriestandorts Deutschland sind resiliente Rohstofflieferketten essentiell. Diese erfordern auch in Zukunft den Zugang zu Primärrohstoffen und den Ausbau der

Kreislaufwirtschaft zur Gewinnung von Sekundärrohstoffen bei geringstem ökologischen Fußabdruck. Verhüttung und Refinement von Primärrohstoffen und Schrott sichern die Gewinnung von Reinformen und kritischen Rohstoffen. Kompetitive Rahmenbedingungen und begleitende politische Maßnahmen könnten die Aktivitäten von KMUs und Industrie bei nationalen und internationalen Aktivitäten stützen.

Obwohl Geowissenschaften, Bergbau und Metallurgie bei der Gewinnung von Primär- und Sekundärrohstoffen wichtige Beiträge zur strategischen Versorgung liefern, bleibt deren Beitrag in der öffentlichen Wahrnehmung gering. Initiativen wie RohstoffWissen e.V. bemühen sich, mit unabhängigen und sachlichen Informationen zu Rohstoffthemen aufzuklären. Die zahlreichen, historisch gewachsenen Interessensgemeinschaften in Deutschland erscheinen jedoch zu klein, um im größeren Kontext Themen und Entwicklungen im Bereich Rohstoffstrategien wesentlich mitzugestalten.

## Referenzen

- [1] Monopolkommission (2020): Wettbewerb 2020, XXIII. Hauptgutachten der Monopolkommission gemäß § 44 Abs. 1 Satz 1 GWB. Monopolkommission Publikation.
- [2] Hilgers, C., Becker, I. & Dehn, F. (2020): Geologische und STEEPLE-Aspekte zur überregionalen Verfügbarkeit von Rohstoffen zur Herstellung von Beton. – Beton, 70(9): 326-335.
- [3] Hilgers, C, Becker, I. (2020). Lokale Verfügbarkeit von Rohstoffen bei steigender globaler Nachfrage – Aspekte zu resilienten Ressourcenstrategien. World of Mining 72(5), 254-263.
- [4] Hilgers, C., Kolb, J. & Becker, I. (2020): Bergbau, Refinement, Recycling – ist die deutsche Nachfrage und das Angebot an Rohstoffen widerstandsfähig? ThinkTank Publikation. – URL: [https://www.thinktanks.de/wp-content/uploads/2020/10/RZ\\_THINKTANK\\_Broschu%CC%88re\\_Bergbau\\_Verhu%CC%88ttung\\_Recycling\\_DE\\_Web\\_VA-1.pdf](https://www.thinktanks.de/wp-content/uploads/2020/10/RZ_THINKTANK_Broschu%CC%88re_Bergbau_Verhu%CC%88ttung_Recycling_DE_Web_VA-1.pdf)
- [5] OECD (2019): Global Material Resources Outlook to 2060: Economic Drivers and Environmental Consequences. – OECD Publishing, Paris.
- [6] UN (2017): World Population Prospects: The 2017 Revision, Key Findings and Advance Tables. – Working Paper No. ESA/P/WP/248.
- [7] UN (2019): 2019 Revision of world population prospects. – URL: [http://esa.un.org/wpp/unpp/panel\\_population.html](http://esa.un.org/wpp/unpp/panel_population.html)
- [8] UN (2020): World population prospects 2019. – URL: <https://population.un.org/wpp/Download/Standard/Population/>
- [9] Internationaler Währungsfonds (2020): International Monetary Fund, World Economic Outlook Database, October 2020. – URL: <https://www.imf.org/en/Publications/WEO/weo-database/2020/October/download-entire-database>
- [10] IEA (2019): Oil security: The global oil market remains vulnerable to a wide range of risk factors. – URL: <https://www.iea.org/areas-of-work/ensuring-energy-security/oil-security>
- [11] DNV-GL (2020): Energy transition outlook 2020 – a global and regional forecast to 2050, S. 104, 109.
- [12] Vidal, O., Goffe, B. & Arndt, N. (2013): Metals for a low-carbon society. – Nature Geoscience 6: 894-896.
- [13] Drexhage, J.R., La Porta, D., Hund, K.L., McCormick, M.S. & Ningthoujam, J. (2017): The growing role of minerals and metals for a low carbon future. – World Bank Group, EGPS (Extractives Global Programmatic Support), Washington DC.
- [14] BMWI (2019): Energiedaten: Gesamtausgabe. – URL: [https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Downloads/Energiedaten/energiedaten-gesamt-pdf-grafiken.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=34](https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Downloads/Energiedaten/energiedaten-gesamt-pdf-grafiken.pdf?__blob=publicationFile&v=34)
- [15] Acatech (2017): Rohstoffe für die Energiewende, 104 pp. – URL: <https://www.acatech.de/publikation/rohstoffe-fuer-die-energiewende-wege-zu-einer-sicheren-und-nachhaltigen-versorgung/>
- [16] Schäfer, C. (2019): Die Jagd nach dem Milliarden-Schatz. FAZ.net, <https://www.faz.net/aktuell/wirtschaft/unternehmen/bergbau-im-erzgebirge-die-jagd-nach-dem-milliarden-schatz-16292751.html>



- [17] D-EITE (2018): Bericht für 2016. 2. Auflage. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GmbH, Bonn.
- [18] VDMA (2020): Mining equipment. – URL: [https://india.vdma.org/viewer/-/v2article/render/38078405 – Webseite aufgerufen 2/2020](https://india.vdma.org/viewer/-/v2article/render/38078405-Webseite%20aufgerufen%202020)
- [19] BGR (2016): Supply and demand of lithium and gallium, S. 50 — ISBN: 978-3-943566-33-8.
- [20] NREL (2015): The availability of indium: The present, medium term, and long term, 79 pp.
- [21] Weltbank (2017): Growing role of minerals and metals for low carbon future. Weltbank Publikation.
- [22] Wirtschaftsvereinigung Stahl (2020): Fakten zur Stahlindustrie in Deutschland. WV Stahl Publikation.
- [23] BGR (2018): Deutschland – Rohstoffsituation 2018, S. 37.
- [24] 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
- [25] PwC (2019): Mine 2019 – resourcing the future. – URL: <https://www.pwc.com/gx/en/energy-utilities-mining/publications/pdf/mine-report-2019.pdf>
- [26] WIPO (2019): World intellectual property indicators 2019. Genf, World Intellectual Property Organization.
- [27] Eurostat (2020): Patent applications to the European Patent Office. [https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/sdg\\_09\\_40/default/table?lang=en](https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/sdg_09_40/default/table?lang=en)
- [28] EPO (2020): Patent statistics. <https://www.epo.org/about-us/annual-reports-statistics/statistics.html>
- [29] AEI (2020). China global investment tracker. – American Enterprise Institute – URL: <https://www.aei.org/china-global-investment-tracker/>