

POLICY PAPER

Ist die deutsche Ressourcenstrategie resilient?
Bergbau – Verhüttung – Recycling

Prof. Dr. Christoph Hilgers, Prof. Dr. Jochen Kolb,
Dr. Ivy Becker und M. Sc. Katharina Steiger

Hervorgerufen durch die Covid-19-Pandemie erfuhr die deutsche Wirtschaft in den vergangenen Monaten Engpässe bei Rohstofflieferungen und Preissteigerungen auch bei Ressourcen wie Kupfer oder Stahl [1]. Als exportorientierte Industrienation ist Deutschland auf Rohstoffimporte angewiesen. In den vergangenen 19 Jahren, von 2000 bis einschließlich 2018, hat das produzierende Gewerbe in Deutschland jedes Jahr ein Viertel der deutschen Bruttowertschöpfung erwirtschaftet [2]. Durch rasant wachsende Volkswirtschaften wie die von China oder Indien und die kontinuierlich wachsende Weltbevölkerung wird der Wettbewerb um Rohstoffe weiter zunehmen. Im Vergleich zu den Strategien anderer führender Produktionsländer unterscheidet sich die deutsche Rohstoffstrategie jedoch deutlich. Es gibt unterschiedliche Ansätze, wie man der konkurrierenden Rohstoffnachfrage begegnen kann.

Notwendigkeit einer resilienten Ressourcenstrategie

Deutschland ist die drittgrößte Export- und Importnation [3]. Bundesweit betrachtet leistete der Dienstleistungssektor 2020 mit 70,3 % den größten Anteil an der Bundes-Bruttowertschöpfung, das produzierende Gewerbe ohne das Baugewerbe trug zu 22,9 % bei [2].

Nach einem Einbruch der Bruttowertschöpfung während der globalen Finanz- und Wirtschaftskrise 2008/2009 stieg diese in Baden-Württemberg, wie die des Bundes, von 2010 bis einschließlich 2019 an. Das produzierende Gewerbe hat im Jahr 2020 in Baden-Württemberg mit 31,9 % weiterhin den größten Anteil an der Landes-Bruttowertschöpfung erbracht [Abb. 1] [4].

Maschinen, Kraftwagen und Kraftwagenteile, pharmazeutische und chemische Erzeugnisse, Metalle und Metallerzeugnisse sowie elektrische Anlagen und Geräte und Datenverarbeitungsgeräte hatten im Jahr 2020 einen Anteil von ca. 82 % des gesamten Exportwerts am baden-württembergischen Export, was 155 Mrd. EUR entspricht [5]. Die gleichen Branchen importierten im gleichen Zeitraum 14 Mrd. t an Produkten und Materialien [5]. Im Jahr 2020 lag Baden-Württemberg an der Spitze der sieben Bundesländer, die einen Außenhandelsüberschuss verzeichneten [6]. Insgesamt trägt das positive Außenhandelsvolumen des Bundes dazu bei, dass Deutschland den Status einer Nettoexportnation hat [7].

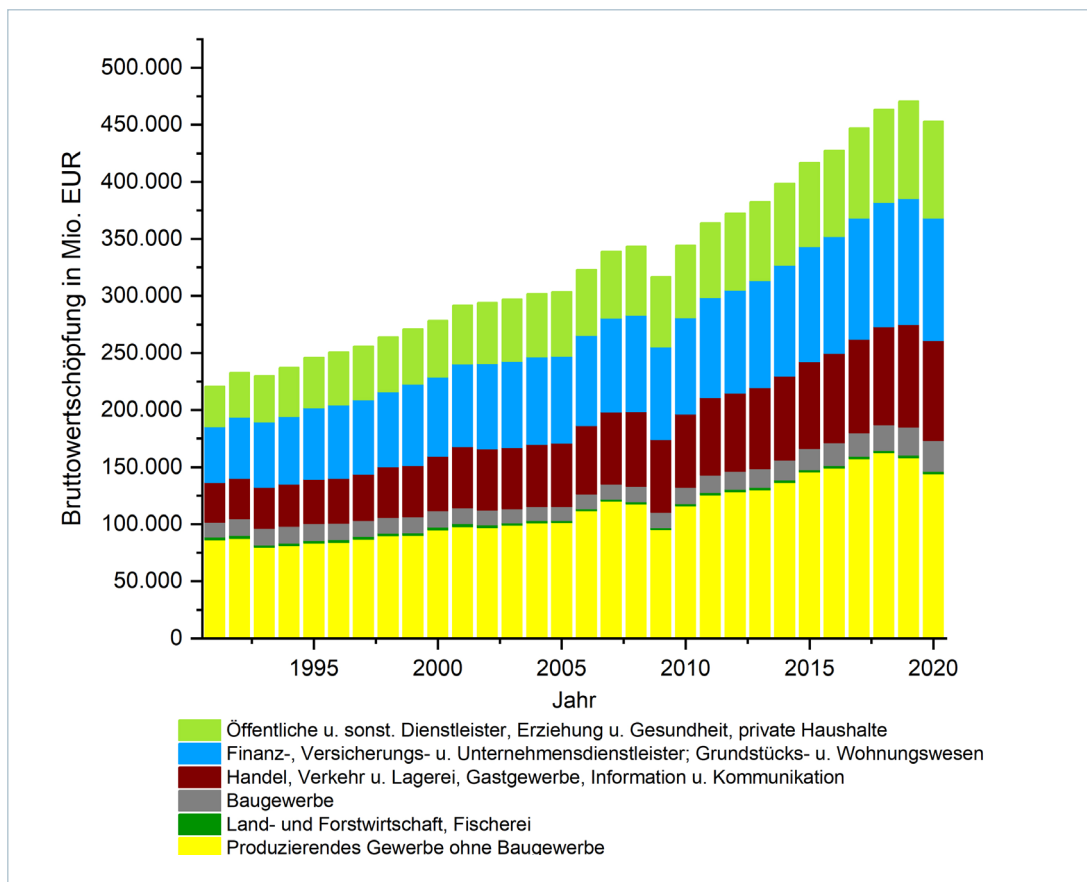


Abbildung 1: Die Entwicklung der Bruttowertschöpfung der letzten 30 Jahre in Baden-Württemberg [4].

Die Produktion ist auf eine resiliente Versorgung mit Primär- und Sekundärrohstoffen sowie Halbfertigprodukten angewiesen. Die Covid-19-Pandemie hat die Auswirkungen auf die Resilienz der Lieferkette für die deutsche Wirtschaft deutlich gemacht [8, 9]. Dazu gehören Engpässe bei pharmazeutischen Produkten oder Computerchips, aber auch steigende Rohstoffpreise und Versorgungsengpässe wie bei Kupfer und Stahl [10, 11, 12]. Zusätzlich können Handelsrouten ein Risiko darstellen, wie das im März 2021 im Suezkanal verkeilte Containerschiff aufzeigte [13].

Global gesehen werden der zunehmende Protektionismus sowie schnell wachsende Volkswirtschaften wie China und Indien den Wettbewerb um Rohstoffe weiter verschärfen [14]. Die Herausforderung ist, eine resiliente Versorgungssicherheit für Primär- und Sekundärrohstoffe wie auch Halbfertigprodukte zu garantieren und dabei unter den gegebenen technischen, ökonomischen, ökologischen und sozialen Voraussetzungen die jeweils beste Lösung auszuwählen.

Drei Dringlichkeitsthesen

1. Die Konkurrenz um Rohstoffe ist bereits im Gange und wird weiter zunehmen.

Die Nachfrage nach metallischen Rohstoffen wird sich global bis 2060 mehr als verdoppeln und besonders in den aufstrebenden BRIICS-Staaten (B: Brasilien, R: Russland, I: Indien, I: Indonesien, C: China, S: Südafrika) wird die Nachfrage stark ansteigen [15]. Gründe dafür sind die auch bis 2060 um weitere 2 bis 3 Mrd. Menschen zunehmende Weltbevölkerung sowie das globale Wirtschaftswachstum und die damit einhergehende Zunahme des globalen Wohlstands, vor allem außerhalb Europas [Abb. 2] [16].

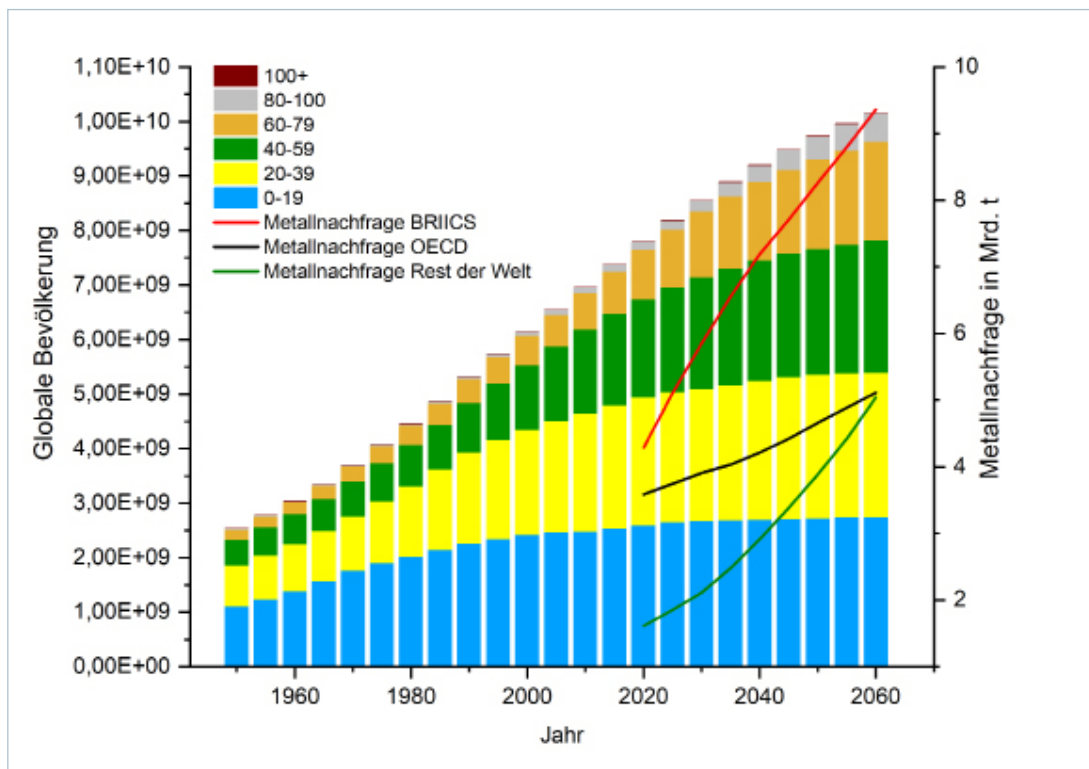


Abbildung 2: OECD-Entwicklungsprognose für die Nachfrage nach metallischen Rohstoffen und die UN-Prognose für das Wachstum der Weltbevölkerung. Die prognostizierte Nachfrage nach Metallen wird weiter zunehmen. Die Weltbevölkerung wird älter, der Anteil der jungen Bevölkerung sinkt [nach 15, 16].

Indien hat Deutschland bereits 2004 im kaufkraftbereinigten BIP überholt, China hat seit 2015 alle Industrieländer hinter sich gelassen – ein Trend, der sich laut Internationalem Währungsfonds so weiterentwickeln wird (Abb. 3) [17].

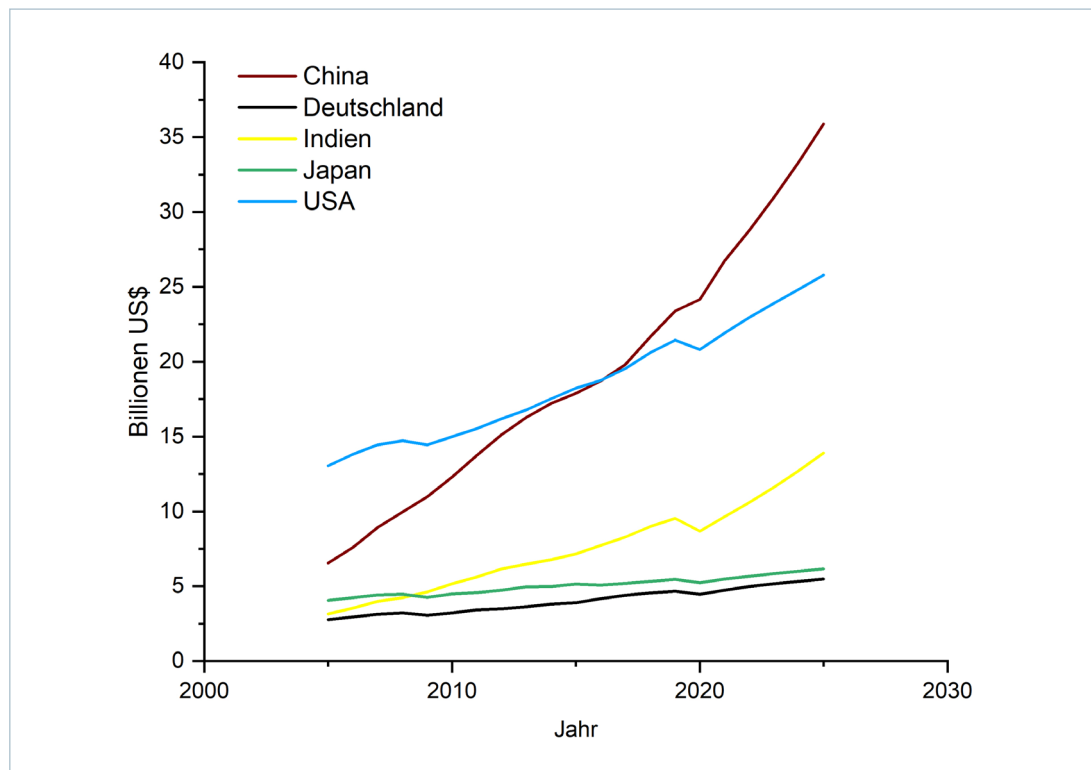


Abbildung 3: Kaufkraftbereinigtes BIP in US\$ – Top-5-Industrieländer im Vergleich; die Jahre 2020 bis 2025 sind Schätzungen aus dem Jahr 2019 [nach 17].

Auch der Ausbau der Erneuerbaren Energien, der Wandel hin zur E-Mobilität und die fortschreitende Digitalisierung tragen dazu bei, dass mehr und qualitativ hochwertigere Rohstoffe nachgefragt werden. So wird beispielsweise der Verbrauch an Kupfer und Seltene-Erden-Elementen (SEE) pro Kopf durch den Ausbau des Stromnetzes und neue Technologien kontinuierlich ansteigen (vgl. Tabelle 1). Im Jahr 2035 werden allein für elektrische Traktionsmotoren für die E-Mobilität 5 Mio. t Kupfer benötigt werden, was einem Viertel der weltweiten Produktion im Jahr 2019 entspricht [18, 19]. Für Lithium-Ionen-Hochleistungselektrolytenspeicher werden 2035 128 % der heutigen globalen Produktionsmenge weltweit benötigt werden [18, 19].



Rohstoffe für ausgewählte Zukunftstechnologien in Tonnen	2013	2035
Elektromobilität		
Kupfer für elektrische Traktionsmotoren für Hybrid-, Elektro und Brennstoffzellenfahrzeuge	n. b.	5.000.000
Lithium für Lithium-Ionen-Hochleistungselektrizitätsspeicher	607	110.000
Kobalt für Lithium-Ionen-Hochleistungselektrizitätsspeicher	1.200	110.000
Erneuerbare Energien		
Kupfer für Windkraftanlagen	103.000	244.098
Silber für solarthermische Kraftwerke	12	536
Digitalisierung		
Gallium für Hochleistungsmikrochips	38	86
Germanium für Glasfaserkabel	56	118
Indium-Zinn-Oxid (ITO) in der Displaytechnik	130	274
Seltenerdmetalle für ausgewählte Zukunftstechnologien in Tonnen		
Festoxid-Brennstoffzellen (SOFC)		
Yttrium	1	5
Lanthan	10	80
Cerium	2	20
Automatisches Pilotieren von Kfz		
Neodym	0	16
Yttrium	0	1.004
Hochleistungspermanentmagnete		
Dysprosium/Terbium	2.000	7.200
Neodym/Praseodym	28.900	62.400

Tabelle 1: Rohstoffbedarf in Tonnen weltweit für ausgewählte Zukunftstechnologien im Vergleich 2013 und 2035 [nach 18].

Die Marktgegebenheiten werden sich durch den stark wachsenden Rohstoffbedarf der BRIICS-Staaten weiter verlagern und deutsche Unternehmen bei der Nachfrage nach [kritischen] Rohstoffen zunehmend Konkurrenz bekommen (vgl. Abb. 2). Die Aufsuchung und Gewinnung von Primärrohstoffen wie auch die Herstellung von Sekundärrohstoffen erfordern tiefgehendes Know-how und große und langfristige Investitionen [20]. Zusätzlich müssen soziale, technologische, ökonomische, ökologische, politische, rechtliche wie auch ethische Faktoren berücksichtigt werden (engl. STEEPLE-Analysis) [21].

2. Die globalen Rohstoffstrategien sind kompetitiv und werden in unterschiedlichem Umfang staatlich unterstützt.

Die Rohstoffstrategien der führenden Produktionsländer (China, Japan, Südkorea, USA und Deutschland) unterscheiden sich merklich. In Deutschland sichern sich Unternehmen den Zugang zu Primärrohstoffen durch bilaterale Abkommen. Andere außereuropäische Produktionsländer halten in unterschiedlichen Wirtschaftsmodellen die komplette Wertschöpfungskette inklusive strategischer Lagerhaltung metallischer Rohstoffe vor und sind auch in Europa in Bergbau, Verhüttung und Raffination tätig [22, 23].

Um sich konkurrenzfähig aufzustellen, wurde von der EU im September 2020 im Rahmen des Aktionsplans für kritische Rohstoffe die European Raw Material Alliance (ERMA) gegründet. Weitere Handlungsansätze im Aktionsplan zur Sicherung der Rohstoffversorgung sind die Identifizierung von Bergbau- und Verarbeitungsprojekten, der Investitionsbedarf und die damit verbundenen Finanzierungsmöglichkeiten für kritische Rohstoffe innerhalb der EU oder die Unterstützung von Recycling und Kreislaufwirtschaft [24].

Wessen Rohstoffnachfrage umfänglich gedeckt werden kann, wird am Ende die Wettbewerbsfähigkeit auf dem internationalen Markt entscheiden.

3. Kreislaufwirtschaft wird nicht ausreichen.

Auch wenn Wiederverwertung, Wiederaufbereitung und Recycling zur Deckung des Rohstoffbedarfs teilweise zu einem nennenswerten Teil zur Materialmenge beitragen, wie beispielsweise in der deutschen Stahlproduktion 2019 zu 43 % [25], kann die Kreislaufwirtschaft den Rohstoffbedarf allein nicht decken. Im Jahr 2019 betrug der Anteil an Sekundärkupfer an der Produktion in Deutschland 41 % [26], in der gesamten EU lag dieser im Jahr 2017 bei 17 % [27].

Die Herausforderungen des Recyclings liegen beispielweise in der Verbesserung der Qualität des Rezyklats und vor allem beim Vorhalten notwendiger Kapazitäten von Verhüttung und Raffination zur Rückgewinnung von Metallen, um den Anteil an Sekundärrohstoffen weiter zu erhöhen [28]. Primärrohstoffe werden nicht nur langfristig zur Deckung des Rohstoffbedarfs benötigt, sondern sind auch in der Kreislaufwirtschaft u. a. für hochqualitative Legierungen essentiell. Die wirtschaftliche Gewinnung von Sekundärrohstoffen kann nach einer ausreichenden Marktdurchdringung und dem Vorhandensein ausreichender, wettbewerbsfähiger Recyclingtechnologien erfolgen.

Drei Strategieansätze zur resilienten Rohstoffversorgung

1. Investitionen entlang der Wertschöpfungskette fördern.

Eine investitionsintensive Strategie stellt die Gründung, der anteilige Erwerb oder die langfristige vertragliche Bindung mit einem international tätigen Explorations- und Bergbauunternehmen dar. Heimische Unternehmen im Bereich der Rohstoffe erhöhen die Sicherheit von Lieferketten und tragen zur Entwicklung neuer, umweltschonender Exporttechnologien bei. Der Erhalt bzw. der Ausbau von Hütten und Raffination stellt nicht nur die Weiterverarbeitung von Rohstoffkonzentraten nach höchsten Umweltstandards sicher, sondern ermöglicht Recycling und erweitert die Gewinnung kritischer Rohstoffe. Durch die Erweiterung des Spektrums an Verhüttung und Raffination könnten auch spezielle Trägerelemente wie Seltene-Erden-Elemente in Europa verarbeitet und neue Technologien entwickelt werden. Dadurch wird auch die Recyclingkapazität sichergestellt. Der anteilige Erwerb oder langfristig vereinbarte Geschäftsbeziehungen mit Unternehmen der Verhüttung und Raffination stellen eine weitere Möglichkeit dar, Rohstoffmengen zu sichern. Die Bedürfnisse, insbesondere der regionalen mittelständischen Unternehmen, sind zu erfassen und die Bedingungen für international tätige, in Europa ansässige Unternehmen im Bereich Bergbau, Verhüttung und Raffination zu evaluieren.

2. Technologische Innovationen und weitere bilaterale Abkommen fördern.

Die Förderung von technologischen Prozess- wie auch Produktinnovationen ermöglicht es, die Rohstoffmenge zu verringern und manche Rohstoffe zu ersetzen. Gleichzeitig kann die Wiederverwendung, die Wiederaufbereitung und das Recycling den Einsatz primärer Rohstoffe reduzieren. Das Recycling ist allerdings materialspezifisch unter Berücksichtigung der ökonomischen und ökologischen Kosten zu betrachten [29]. Anwendungen wie die Blockchain-Technologie können den Informationstransfer über die gesamte Wertschöpfungskette sicherstellen und Wissensverlust im operativen Geschäft reduzieren.

Die Fähigkeit, innovative, marktführende Technologien im Bereich der Explorations-, Bohr-, und Fördertechnik von primären Rohstoffen und der Aufbereitungs- und Raffinationstechnik von primären und sekundären Rohstoffen anbieten zu können, stellt einen wichtigen Zugang zu Rohstoffen her. Eine Technologieführerschaft kann durch Demonstratoren unterstützt werden.

Ebenso erlaubt das Fördern etablierter Wissensstrukturen und interdisziplinärer Einrichtungen, Synergieeffekte zu nutzen. Der Ausbau bestehender nationaler bilateraler Abkommen fördert zudem die internationalen Beziehungen und kann den Zugang zu Primärrohstoffen vereinfachen, wenn konkrete Projekte realisiert werden können.

Ein Schritt für die Sicherung der Rohstoffversorgung durch Innovation und multilateralen Austausch in Europa ist mit der Gründung der Europäischen Rohstoff Allianz (European Raw Material Alliance, ERMA) bereits getan worden [24].

3. Die Lagerhaltung evaluieren.

Die Lagerhaltung von kritischen Rohstoffen kann staatlich wie auch privatwirtschaftlich erfolgen. Sie stellt eine Möglichkeit dar, der Volatilität des Rohstoffangebots entgegenzuwirken. Die Möglichkeiten, Rohstoffe zu sichern, erstrecken sich vom Eigentum natürlicher Lagerstätten über den Prozess von Verhüttung, Raffination und Recycling in der Produktion bis zu einer strategischen Lagerhaltung von Industrie und/oder Land.

Im Gegensatz zu China, Japan, Südkorea und den USA wird in Deutschland keine Lagerhaltung kritischer Rohstoffe betrieben. In welchem Szenario es strategische oder wirtschaftliche Gründe für den Bund für eine Lagerhaltung geben könnte, ist zu eruieren.



Literatur

[1] Hubik, F. (2021): Der neue Rohstoff-Fluch: Rekordpreise lasten auf den Gewinnerwartungen der deutschen Industrie. Handelsblatt 10.05.2021.

URL: <https://www.handelsblatt.com/finanzen/maerkte/devisen-rohstoffe/kupfer-oel-holz-der-neue-rohstoff-fluch-rekordpreise-lasten-auf-den-gewinnerwartungen-der-deutschen-industrie/27171944.html>

[2] Statistisches Bundesamt (2021): Volkswirtschaftliche Gesamtrechnung des Bundes. GENESIS-Tabelle: 81000-0013.

[3] OEC (2021): The Observatory of Economic Complexity.

URL: <https://oec.world/en/profile/country/deu>

[4] Statistisches Landesamt Baden-Württemberg (2021): Volkswirtschaftliche Gesamtrechnung.

URL: <https://www.statistik-bw.de/GesamtWBranchen/VGR/LRtBWSjewPreise.jsp>

[5] Statistisches Bundesamt (2021): Außenhandel. GENESIS-Tabelle: 51000-0034.

[6] Statistisches Bundesamt (2021): Außenhandel. GENESIS-Tabelle: 51000-0030.

[7] Statistisches Bundesamt (2021): Außenhandel. GENESIS-Tabelle: 51000-0001.

[8] Lund, S, Manyika, J, Woetzel, J, Barriball, E, Krishnan, M, Alicke, K, Birshan, M, George, K, Smit, S, Swan, D, Hutzler, K, (2020): Risk, resilience, and rebalancing in global value chains. McKinsey Global Institute.

URL: <https://www.mckinsey.de/~ /media/mckinsey/locations/europe%20and%20middle%20east/deutschland/news/presse/2020/2020-08-06%20mgi%20global%20value%20chains/risk-resilience-and-rebalancing-in-global-value-chains-full-report-vf.pdf>

[9] Huth, M., Knauer, C., Prang, J. (2020): BME-Logistikumfrage, Supply Chain Risk Management. 59 S.

URL: <http://assets.bme.de/public/uploads/0aca4b392cabe372e4f25109775dc942ce27f-02434dcb3376ae044fa07>

[10] Bundesinstitut für Arzneimittel und Medizinprodukte (2020): Lieferengpässe für Humanarzneimittel.

URL: https://www.bfarm.de/DE/Arzneimittel/Arzneimittelzulassung/Arzneimittelinformationen/Lieferengpaesse/_functions/Filter suche_Formular.html?queryResultId=null&pageNo=0

[11] Hahne, S. (2021): Die Macht der Mikrochips. Lieferengpässe bei Halbleitern. Deutschlandfunk 22.02.2021.

URL: https://www.deutschlandfunk.de/lieferengpaesse-bei-halbleitern-die-macht-der-mikrochips.724.de.html?dram:article_id=492930

[12] Deutsche Industriebank [2021]: Rohstoffpreise: Temporäre Knappheit treibt Preise. IKB Information Rohstoffpreise KW 4. Februar 2021, 3 S.

URL: <https://www.ikb-blog.de/rohstoffpreise-temporaere-knappheit-treibt-preise>

[13] Russon, M-A [2021]: The cost of the Suez Canal blockage. BBC News 29. March 2021.

URL: <https://www.bbc.com/news/business-56559073>

[14] Monopolkommission [2020]: Wettbewerb 2020. XXIII. Hauptgutachten der Monopolkommission gemäß § 44 Abs. 1 Satz 1 GWB. 430 S.

URL: https://www.monopolkommission.de/images/HG23/HGXXIII_Gesamt.pdf

[15] OECD [2019]: Global Material Resources Outlook to 2060: Economic Drivers and Environmental Consequences, OECD Publishing, Paris, 210 S.

URL: <https://www.oecd-ilibrary.org/docserver/9789264307452-en.pdf?expires=1619623501&id=id&accname=ocid43023314&checksum=4DB1BC3C44785EF8BAB96FBCD-7BED9C6>

[16] UN [2019]: World Population Prospects 2019. United Nations Department of Economic and Social Affairs.

URL: <https://population.un.org/wpp/Download/Standard/Population>

[17] Internationaler Währungsfonds [2020]: World Economic Outlook Database.

URL: <https://www.imf.org/en/Publications/WEO/weo-database/2020/October/download-entire-database>

[18] Marscheider-Weidemann, F., Langkau, S., Hummen, T., Erdmann, L., Tercero Espinoza, L., Angerer, G., Marwede, M., Benecke, S. [2016]: Rohstoffe für Zukunftstechnologien 2016. DERA Rohstoffinformationen 28, 353 S., Berlin.

URL: https://www.isi.fraunhofer.de/content/dam/isi/dokumente/ccn/2016/Studie_Zukunftstechnologien-2016.pdf

[19] U.S. Geological Survey [2021]: Mineral Commodity Summaries 2021. U.S. Geological Survey, 200 p.

URL: <https://doi.org/10.3133/mcs2021>

[20] Wellmer FW, Dalheimer M, Wagner, M [2008]: Economic Evaluations in Exploration. Springer, 250 p.

[21] Hilgers, C., Becker, I., Dehn, F. [2020]: Geologische und STEEPLE-Aspekte zur überregionalen Verfügbarkeit von Rohstoffen zur Herstellung von Beton. Beton, 9, S. 232–241.

[22] Hilgers, C., Kolb, J., Becker, I. (2021): Ist die deutsche Ressourcenstrategie resilient? Bergbau – Verhüttung – Recycling. THINKTANK Industrielle Ressourcenstrategien, Karlsruhe, 72 S., DOI: 10.5445/IR/1000124406.

[23] acatech (2017): Rohstoffe für die Energiewende: Wege zu einer sicheren und nachhaltigen Versorgung. 104 S.

URL: <https://www.acatech.de/publikation/rohstoffe-fuer-die-energiewende-wege-zu-einer-sicheren-und-nachhaltigen-versorgung>

[24] COM (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>

[25] Wirtschaftsvereinigung Stahl (2020): Fakten zur Stahlindustrie in Deutschland 2020. 48 S., Berlin.

URL: https://www.stahl-online.de/wp-content/uploads/WV-Stahl_Fakten-2020_rz_neu_Web1.pdf

[26] BGR (2020): Deutschland – Rohstoffsituation 2019. 150 S., Hannover.

URL: https://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Min_rohstoffe/Downloads/rohsit-2019.pdf

[27] Talens Peiró, L, Nuss, P, Mathieux, F, Blengini, GA (2018): Towards Recycling Indicators based on EU flows and Raw Materials System Analysis data, EUR 29435 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2018, ISBN 978-92-79-97247-8 [online], DOI: 10.2760/092885 [online], JRC112720.

[28] Reuter, M. (2018): 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 GeoForschungszentrum GFZ. DOI: 10.2312/eskp.2018.2. S. 92-97.

[29] Schmidt, M., Schäfer, P., Rötzer, N. (2020): Primär- und Sekundärmetalle und ihre Klimarelevanz. In: Holm et al. (Hrsg.): Berliner Recycling- und Sekundärrohstoffkonferenz. Berlin, S. 3-16.

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.