

Hightech-Metalle und Seltene Erden

Akute Rohstoff-Risiken
für Europas Zukunft

„Rohstoffe ... sind für die Zukunftsfähigkeit unserer Gesellschaft und den Technologiestandort Deutschland, insbesondere mit Blick auf die großen Herausforderungen der Energiewende, der Digitalisierung und des zunehmenden globalen Wettbewerbs, essenziell. Um die Innovationsfähigkeit auch künftig zu gewährleisten, ist eine sichere und nachhaltige Versorgung insbesondere von Metallen und Industriemineralen eine wesentliche Voraussetzung.“

Dr. Peter Buchholz, Leiter der Deutschen Rohstoffagentur
DERA (2022, Rohstoffinformationen)

„Der Klimaschutz verlangt die Dekarbonisierung der Wirtschaft. Im Gegenzug werden Metalle wie Lithium, Nickel, Platin oder Kupfer und Seltene Erden immer wichtiger, da diese Rohstoffe für Batterien, Brennstoffzellen oder Windturbinen unabdingbar sind.“

Rainer Weihofen, Wirtschaftsredakteur
FuW (2022, Energiewende)

„Wir importieren Lithium für Elektroautos, Platin für die Wasserstoffproduktion, Silizium für Solarmodule. 98 Prozent der Seltenen Erden, die wir brauchen, kommen von einem einzigen Zulieferer – China. Und das ist nicht nachhaltig.“

Ursula von der Leyen, Präsidentin der EU-Kommission
Handelsblatt (2022, Abhängigkeit)

Bad Homburg, Juli 2022

Vorwort

Liebe Leserinnen und Leser,

für die Umsetzung wichtiger Zukunftsprojekte wie Digitalisierung, Elektromobilität, Raumfahrt und Energiewende benötigt die Welt in immer größerem Umfang metallische Rohstoffe. Vielfach ist der erfolgreiche Aufbau und Einsatz neuer Technologien abhängig von Metallen mit oftmals sehr speziellen Eigenschaften. Ob Elektromotoren, Windturbinen, Photovoltaikanlagen, Wasserstoffwirtschaft, Lasergeräte oder Batterien – diese und viele weitere Technologien benötigen „Hightech-Metalle“ und Elemente aus dem Bereich der „Seltene Erden“. Zu diesem Komplex „strategischer Metalle“ zählen aus heutiger Sicht insbesondere Kupfer, Nickel, Palladium, Kobalt, Lithium und Neodym.

Speziell Deutschland verlässt sich dafür jedoch in hohem Maße auf Rohstoffimporte, insbesondere aus China und Russland. Diese Abhängigkeit ist alarmierend: Ohne beständige Rohstofflieferungen dieser beiden Akteure wird Deutschlands wachsender Bedarf an strategischen Metallen zu einem elementaren Problem. Denn: 19 von insgesamt 30 von der EU als „kritisch“ eingestuften Rohstoffe stammen aus der Volksrepublik China. Diese Konzentration macht Europa verwundbar – zu verwundbar, um sich wirksam in einer fragileren Weltordnung zu behaupten.

Bereits die Corona-Pandemie hat offengelegt, wie riskant Abhängigkeiten von exponierten Ländern und Lieferketten im Krisenfall sein können. Durch die jüngsten Entwicklungen, speziell mit Blick auf Russland, hat sich dieser Befund deutlich verschärft: Die bisherige Weltordnung wird zunehmend instabil und es droht eine Aufspaltung der Weltwirtschaft in getrennte Hemisphären. Speziell für Hightech-Metalle und Seltene Erden sind die damit einhergehenden Verwerfungen von großer Bedeutung – sind sie doch für wichtige Zukunftstechnologien absolut unverzichtbar.

Ziel der vorliegenden Publikation ist deshalb, den Komplex der strategisch wichtigen Hightech-Metalle näher zu beleuchten – speziell vor dem Hintergrund zunehmender Knappheiten, ausgeprägter Abhängigkeiten sowie einer dauerhaften Deformation globaler Transaktionsnetze und Lieferketten. Kriterien sind dabei einerseits die Bedeutung einzelner Metalle für Zukunftstechnologien, andererseits Deutschlands Abhängigkeit von Ländern wie China und Russland.

Ob und inwieweit es gelingt, die drohende Versorgungslücke bei strategischen Metallen langfristig zu schließen, bleibt abzuwarten. Fest steht allerdings schon heute: Die Weichen hierfür sind jetzt zu stellen. Sonst ist die Gefahr groß, dass Europa – nur kurze Zeit nach der aktuellen Energieknappheit – in eine weitere existenzbedrohende Rohstoff-Falle gerät.

Wir wünschen eine erkenntnisreiche Lektüre!



Dr. Heinz-Werner Rapp
Gründer & Leiter Steering Board
FERI Cognitive Finance Institute



Iris Réthy-Jensen
Wissenschaftliche Mitarbeiterin & Projektmanagerin
FERI Cognitive Finance Institute

Inhalt

1	Executive Summary	1
2	Rohstoffversorgung – ein globaler Risikofaktor	2
3	Deutschlands Abhängigkeit von Rohstoffen aus Russland	7
3.1	Nickel	7
3.2	Palladium	9
3.3	Chrom	9
4	Deutschlands Abhängigkeit von Rohstoffen aus China	10
4.1	Gallium	10
4.2	Germanium	11
4.3	Graphit	12
4.4	Indium	13
4.5	Kobalt	14
4.6	Kupfer	15
4.7	Seltene Erden	17
	4.7.1. Neodym	20
5	Die Bedeutung von Urban Mining	21
	Exkurs – Lithium: Unverzichtbare Schlüsselkomponente für die Energiewende	23
6	Fazit und Schlussfolgerungen	27
	Erläuterungen	31
	Literaturverzeichnis	34

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1:	Strategische Metalle: Das zentrale Problem	3
Abb. 2:	Sektorale Verteilung der aus China importierten kritischen Industrieprodukte	4
Abb. 3:	Chinas Anteil an der weltweiten Metallproduktion und am weltweiten Metallverbrauch	5
Abb. 4:	Abhängigkeit von russischen Rohstoffen	6
Abb. 5:	Nickelbedarf nach Erstanwendungen im Jahr 2019	8
Abb. 6:	Länderkonzentration der Bergwerksförderung 2019 und 2025	8
Abb. 7:	Die größten Produktionsländer von Gallium	11
Abb. 8:	Die größten Raffinadeländer von Germanium	12
Abb. 9:	Verwendung nach Graphittypen	13
Abb. 10:	Größte Raffinadeländer von Indium	14
Abb. 11:	Größte Bergbau- und Raffinadeländer von Kobalt	15
Abb. 12:	Größte Bergbau- und Raffinadeländer von Kupfer	16
Abb. 13:	Seltene Erden im Periodensystem der Elemente	18
Abb. 14:	Seltene Erden – Bergwerke, Weiterverarbeitungsanlagen und Projekte	19
Abb. 15:	Wie das Recyclen von Batterien den Primärversorgungsbedarf in Zukunft begünstigen kann ...	22
Abb. 16:	Verwendung von Lithium auf dem Weltmarkt	23
Abb. 17:	Weltweite Lithium-Produktion	24
Abb. 18:	Ausblick auf weltweite Lithiumnachfrage und Produktion	25

1 Executive Summary

- Die Welt befindet sich in einem Zustand akuter Unordnung und stark **erhöhter Fragilität**. Von den Folgen der Corona-Pandemie bis zu den Konsequenzen des russischen Kriegs gegen die Ukraine resultieren **akute Umbrüche** des bisherigen globalen Szenarios.
- Im Kontext dieser geoökonomischen Zeitenwende spielen politisch oder ökonomisch bedingte Verwerfungen und **Entkopplungen globaler Transaktionsnetze** eine zentrale Rolle.
- Zunehmend wird die Belastbarkeit und Verlässlichkeit bestimmter Transportwege und Lieferketten gefährdet oder in Frage gestellt; dadurch wird die strategische Verfügbarkeit wichtiger Rohstoffe (z.B. Erdgas), Vorprodukte (z.B. Stahl), technischer Komponenten (z.B. Computerchips) oder Fertigwaren (z.B. Dünger) zum **globalen Engpassfaktor**.
- Besonders **hohe Abhängigkeiten** – und somit starke Sensitivität gegenüber möglichen geoökonomischen Verwerfungen – bestehen bei Hightech-Metallen wie Kupfer, Palladium, Nickel, Lithium, Kobalt, Neodym und anderen Seltenen Erden.
- Diese Rohstoffe sind äußerst wichtig, um **wichtige Zukunftstechnologien** wie Digitalisierung, Raumfahrt, Telekommunikation und Elektromobilität, aber auch moderne Militär- und Rüstungsprojekte vorantreiben zu können.
- Die Bedeutung dieser besonderen Rohstoffkategorien für moderne Industrieländer sollte in keinem Fall unterschätzt werden. Speziell die anstehende Energie- und Mobilitätswende sowie die erforderliche Transformation ganzer Volkswirtschaften im Sinne reduzierter CO₂-Emissionen („Dekarbonisierung“) erfordern ganz massiv den Einsatz „**strategischer Metalle**“.
- Schon heute unterliegen Hightech-Metalle **ernsthaften Knappheiten und geopolitischen Risiken**. Speziell der Sektor der Seltenen Erden zeigt eine starke Konzentration – sowohl der Lagerstätten als auch der Produktion – auf Länder wie China oder Russland.
- China nimmt im Rohstoffkontext eine wichtige Rolle ein; 19 der insgesamt 30 von der EU als „kritisch“ eingestuft Rohstoffe stammen von dort. Russland wiederum ist nicht nur ein bedeutender Öl- und Gas-Exporteur, sondern auch ein wichtiger Lieferant strategischer Metalle (v.a. Nickel, Palladium und Chrom).
- Wie die Ereignisse der letzten Zeit deutlich belegen, können geopolitische Akteure wie Russland und China mit Blick auf globale Lieferketten nicht dauerhaft als zuverlässig oder gar uneigennützig eingestuft werden: Politische Entscheidungen dort wirken unmittelbar auf Weltmarktpreise, Lieferketten und die Versorgungssicherheit und haben das Potential, die gesamte Weltwirtschaft massiv zu beeinflussen – mit **hochgradig destruktiven Effekten**.
- Jede neue geopolitische Verspannung – ausgelöst etwa durch einen Konflikt zwischen den USA und China um Taiwan – könnte umgehend zu einer **drastischen Verschärfung der weltweiten Versorgungslage bei Hightech-Metallen** führen. Ein solcher Risikofall würde nahtlos an das heutige Bild akuter Energieknappheit anschließen; im Ergebnis würden wichtige Projekte und Zukunftstechnologien in den Industrieländern „abgehängt“.
- Bislang haben viele Länder (speziell im Westen) den Aspekt einer sicheren Versorgung mit Hightech-Metallen sträflich vernachlässigt, wodurch die Abhängigkeit der Weltwirtschaft von wenigen Ländern endgültig zu einem **strategischen Risikofaktor** geworden ist.

- Kritisch sind diese Abhängigkeiten deshalb, weil die meisten der importierten Metalle nur schwer zu substituieren sind. Hieraus resultieren strategische Risiken und mögliche Restriktionen insbesondere für jene Industrie- und Wirtschaftssektoren, die für neue Technologien – speziell im Bereich einer **klimaneutralen Transformation** – unverzichtbar sind.
- Vor dem Hintergrund der aktuellen Entwicklungen sind bei bestimmten Rohstoffen **neue Handelsbeziehungen** zu anderen Exportländern überaus wichtig. Dies erfordert jedoch eine völlig **neu ausgerichtete Wirtschaftspolitik**, auf Grundlage klarer geostrategischer Risiko- bzw. Sicherheitserwägungen.
- Um die Versorgungssicherheit des Standorts Deutschland langfristig zu gewährleisten, muss die Bedeutung von **Recycling** und der Beitrag von **Sekundärrohstoffen** künftig stärker in den Mittelpunkt rücken.
- Unternehmer und Investoren sollten Engagements in Industrien mit hohem Bedarf an „strategischen Metallen“ eng überwachen; langfristig bieten die Sektoren „Recycling“ und „Urban Mining“ attraktive Chancen.

2 Rohstoffversorgung – ein globaler Risikofaktor

Die vergangenen zwei Jahre haben die weltweiten Rohstoffmärkte stark geprägt: Produktionsausfälle, unterbrochene Lieferketten, hohe Frachtraten und massiv gestiegene Rohstoffpreise stehen seit dem Ausbruch der Corona-Pandemie auf der Tagesordnung. 2022 hat der russische Angriffskrieg gegen die Ukraine die globalen Verspannungen im Rohstoffsektor nochmals dramatisch verschärft.

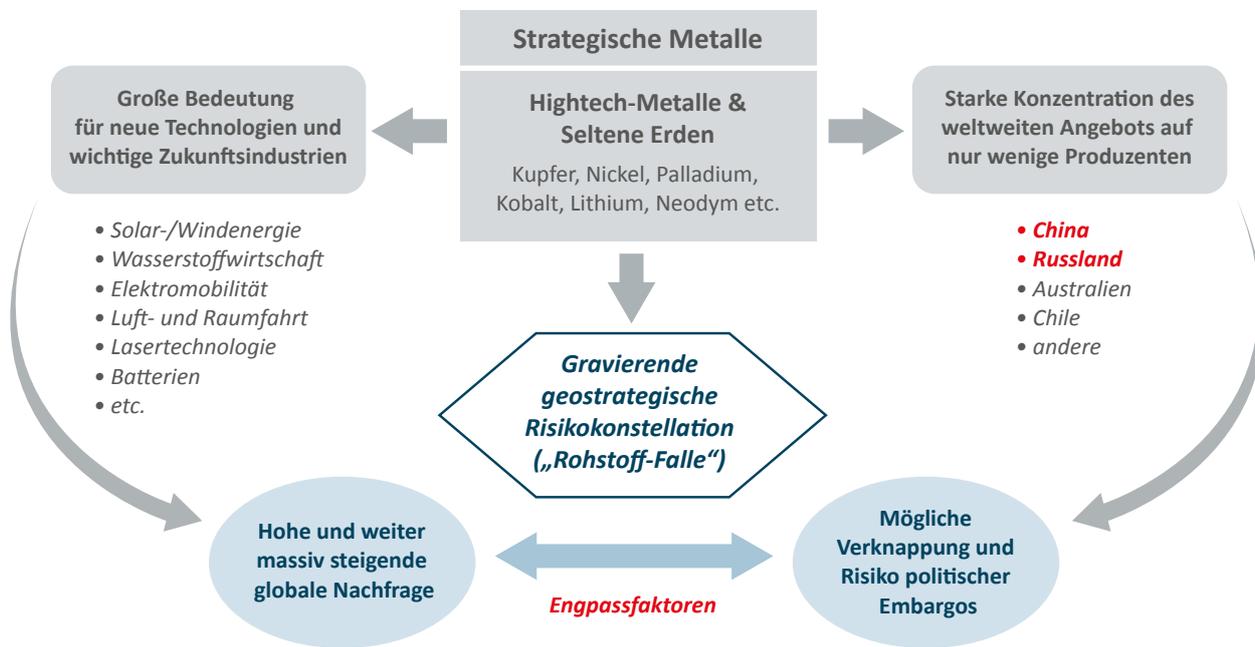
Auffällig ist die nun klar zutage tretende **Marktmacht** einiger weniger Akteure: So unterbricht etwa die Volksrepublik China durch Lockdown-Maßnahmen und Hafenschließungen abrupt einen Großteil der internationalen Lieferketten. Noch stärker wirken – mit Blick auf die Bedeutung Russlands als globaler Rohstofflieferant – die Folgen des russischen Angriffskriegs gegen die Ukraine. Diese Entwicklungen zeigen, wie exponiert bestimmte Bereiche der Weltwirtschaft schon heute sind und welche Risiken für eine nachhaltige Versorgung mit strategisch relevanten Rohstoffen künftig bestehen.

Die Abhängigkeit der globalen Rohstoffversorgung von wenigen Akteuren ist zu einem wesentlichen Risikofaktor geworden, da sich politische Entscheidungen unmittelbar auf die Weltmarktpreise, Lieferketten und die Versorgungssicherheit auswirken und folglich direkt die gesamte Weltwirtschaft beeinflussen.

Aktuell rücken insbesondere Länder wie **Russland und China** ins Blickfeld, die zu den bedeutendsten Lieferanten strategischer Rohstoffe und Metalle zählen. Diese autokratisch geführten und dem Westen nicht übermäßig freundlich gesonnenen Länder haben das Potential, auf Grundlage ihrer **Rohstoff-Dominanz** ganze Industrien und Wirtschaftszweige lahmzulegen oder in ihrer Entwicklung stark einzuschränken.

Vor allem die globale Energie- und Mobilitätswende sowie die erforderliche **Transformation** ganzer Volkswirtschaften im Sinne reduzierter CO₂-Emissionen („Dekarbonisierung“) setzen auf den Einsatz „strategischer Metalle“. Die Bedeutung spezieller Rohstoffkategorien für moderne Industrieländer und die sich daraus ergebenden **Abhängigkeiten**, die in Abb. 1 überblickartig dargestellt werden, sollten deshalb keinesfalls unterschätzt werden.

Abb. 1: Strategische Metalle: Das zentrale Problem



Quelle: FERI Cognitive Finance Institute, 2022

Als **strategische Metalle** werden nachfolgend jene Rohstoffe bezeichnet, die für zentrale Aspekte der Digitalisierung und der Dekarbonisierung (Energie- und Mobilitätswende) sowie für andere strategisch wichtige Hightech-Anwendungen unverzichtbar sind. Im Fokus stehen zentrale Bausteine einer globalen Energiewende, wie etwa Stromnetze, Elektroantriebe, Windturbinen, Energiespeicher, innovative Batterietechnologien oder chemische Katalysatoren; hinzu kommen moderne Informations- und Kommunikationstechnik, Optoelektronik, Lasersysteme, Luft- und Raumfahrt sowie sensible Rüstungsgüter.

► Zu den wichtigsten dieser „strategischen Metalle“ zählen aus heutiger Sicht Kupfer, Palladium, Nickel, Lithium, Kobalt, Neodym und andere Seltene Erden.

Gerade bei den sogenannten Hightech-Metallen und den Seltenen Erden, die für viele moderne Produkte unverzichtbar sind, haben bereits kurzfristige Engpässe fatale Folgen – für den Weltmarkt, aber auch für Deutschland. Und das obwohl lediglich 5 % aller deutschen Importe auf Güter mit kritischen Abhängigkeiten entfallen.¹

China nimmt im Rohstoffkontext eine wichtige Rolle ein. So hat sich das Reich der Mitte in kurzer Zeit zum weltweit größten Verbraucher und Produzenten von Industriemetallen entwickelt und ist im Zuge dessen zur führenden Handelsmacht der Welt sowie zu Deutschlands wichtigstem Handelspartner im internationalen Güterhandel geworden.

Während 1990 noch nicht einmal 1 % des deutschen Güterhandels auf die Volksrepublik entfielen, waren es 2021 bereits 9,5 %. Damit ist China mit 245,4 Mrd. EUR Außenhandelsumsatz Deutschlands größter Handelspartner – vor den Niederlanden (8,0 %) und den Vereinigten Staaten (7,5 %).² Gegenwärtig haben hierzulande eine Million Arbeitsplätze

mit dem Chinahandel zu tun, wobei die Verflechtungen im Automobil- und Maschinenbausektor sowie in der Textilbranche besonders stark sind.³

Abhängig ist Deutschland von China insbesondere bei Chemiegütern, aber auch bei elektrischen Geräten und Transportausrüstung (vgl. Abb. 2). Magnete, Projektoren, Aminosäuren oder heterozyklische Verbindungen, die für die Herstellung pharmazeutischer Wirkstoffe notwendig sind, sind solche kritischen Industriegüter.

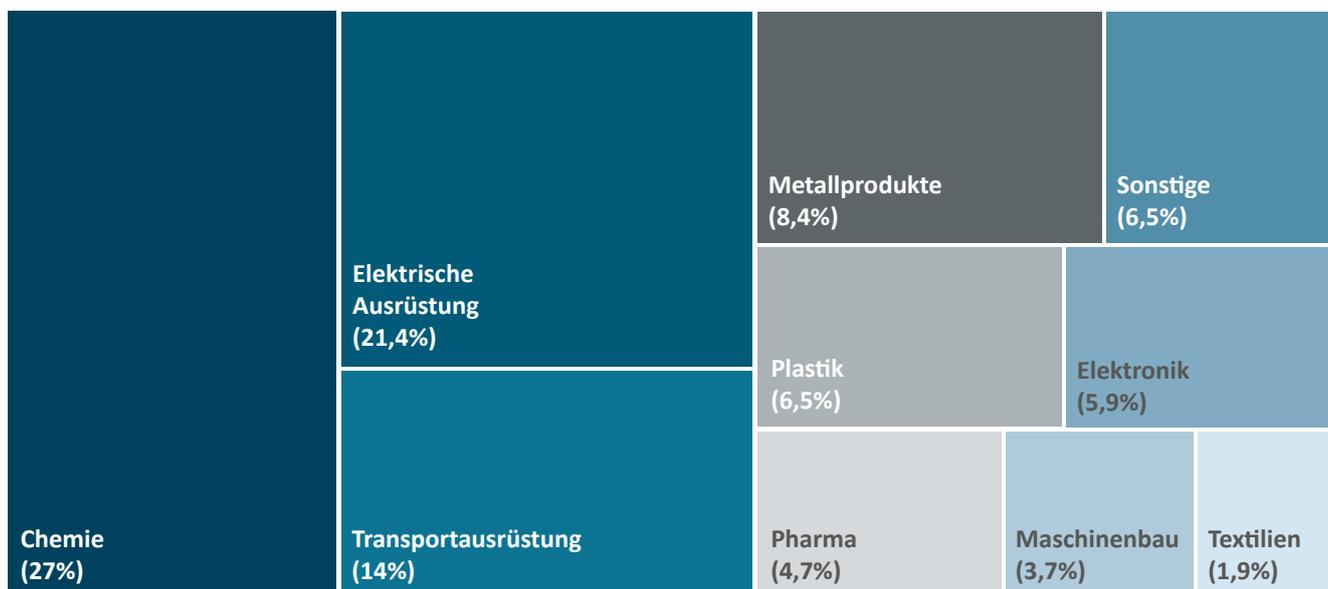
Obwohl China nur über etwa 3 % der weltweit bekannten Bauxit-, Kupfer- und Nickelreserven und über etwa 20 % der bekannten Blei-, Zinn- und Zinkreserven verfügt, fördert die Volksrepublik die entsprechenden Erze erheblich zügiger als andere Nationen und sorgt so für 20 % bis 47 % der weltweiten Produktion von Bauxit-, Blei-, Zinn- und Zinkerzen.⁴

Bei veredelten Metallen ist die Rolle der Volksrepublik noch bedeutender: China stellt mehr als die Hälfte des gesamten Aluminiums her. Bei Kupfer, Zinn, Zink und Blei macht die chinesische Produktion über 40 % des weltweiten Angebots aus.⁵

Der Blick in die von der EU als „kritisch“ eingestuft Rohstoffe ist alarmierend: Bei 19 der 30 aufgeführten Rohstoffe ist China Hauptlieferant.⁶ Angesichts dieser Marktmacht wirken sich Veränderungen der chinesischen Nachfrage und des chinesischen Angebots unmittelbar auf die Märkte aus. Die Tatsache, dass die Regierung des Landes bei Bedarf in den Markt eingreift, verschärfen zusätzlich die ohnehin riskante Ausgangssituation.

Bereits diese Ausführungen machen deutlich, wie wichtig eine **Diversifikation von Lieferketten** ist, um die Versorgungssicherheit nicht zu gefährden – weder durch eine zunehmende Konzentration auf Anbieterseite noch durch überraschende oder einseitige Handelsbeschränkungen.

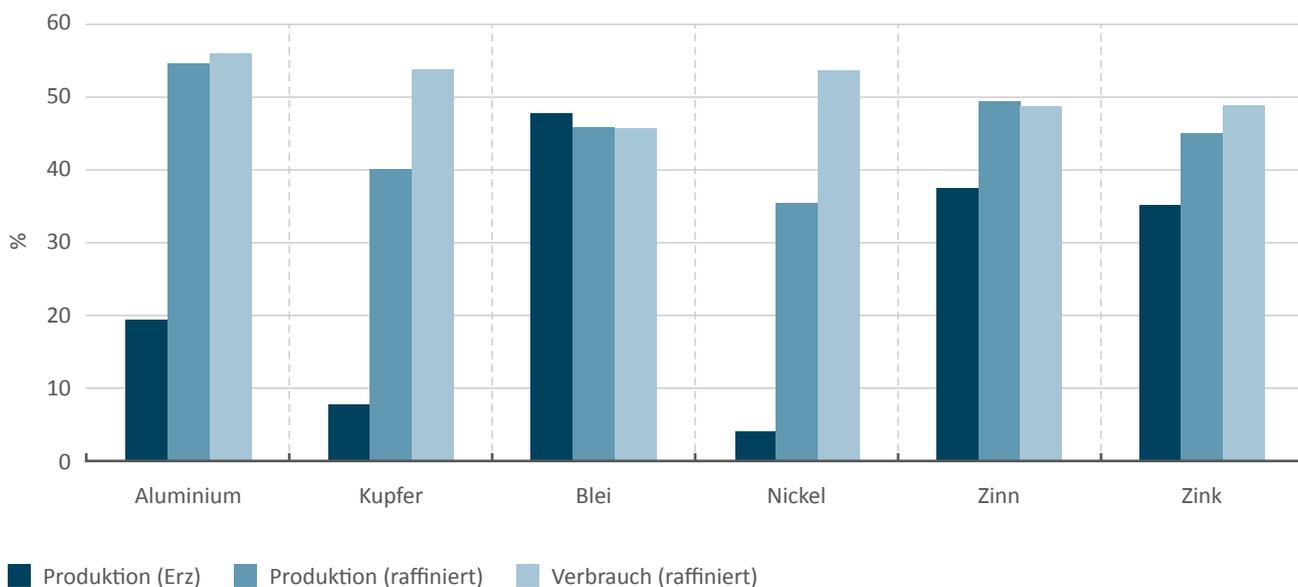
Abb. 2: Sektorale Verteilung der aus China importierten kritischen Industrieprodukte



Quelle: Baur/Flach (2022, Handelsbeziehungen)

Dieses elementare Risiko wird inzwischen jedoch zunehmend erkannt; entsprechend versucht die EU-Kommission unter Führung des Binnenmarkt-Kommissars Thierry Breton, ein neues EU-Gesetz zur langfristigen Sicherung strategischer Rohstoffe und Metalle auf den Weg zu bringen, den sogenannten „Raw Materials Act.“⁷

Abb. 3: Chinas Anteil an der weltweiten Metallproduktion und am weltweiten Metallverbrauch



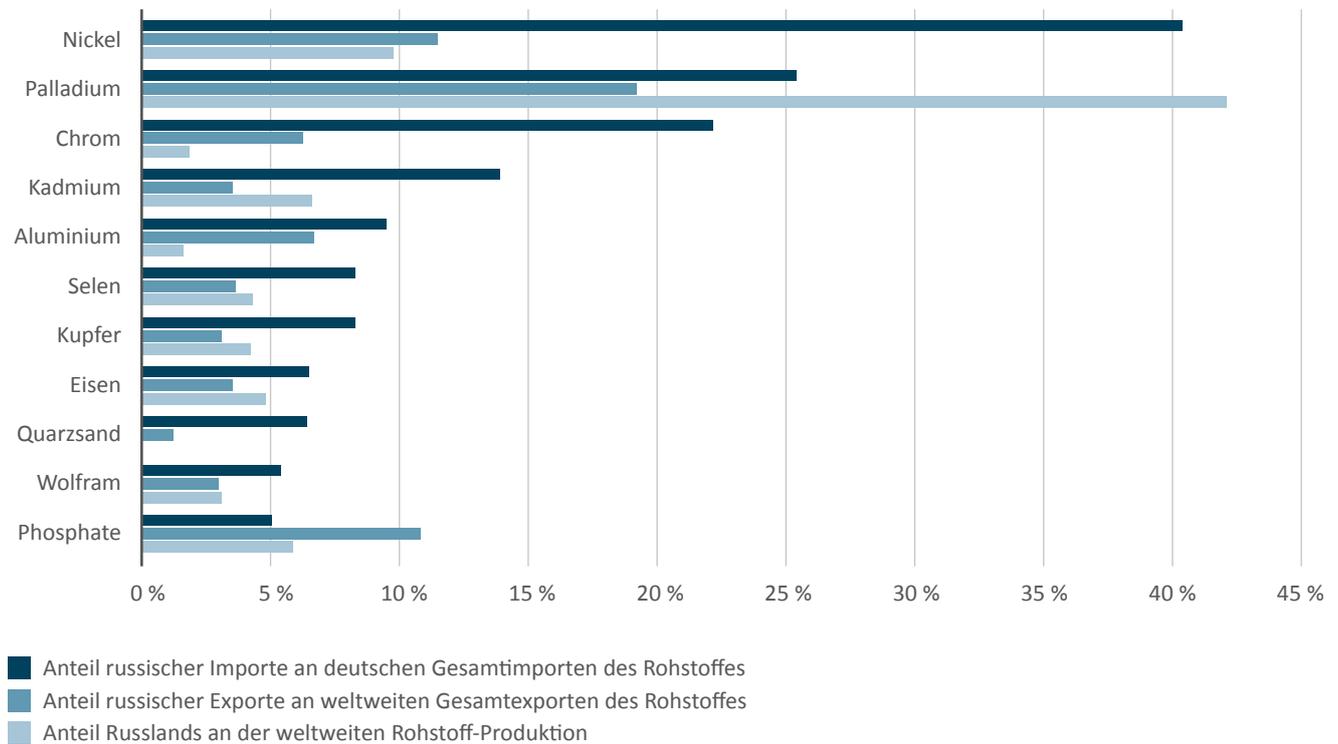
Quelle: Wellenreuther (2022, Chinas Rolle)

Mit Blick auf die Versorgungssicherheit bei Rohstoffen ist, ähnlich wie China, auch **Russland** ein ernstzunehmender Risikofaktor. So ist die Russische Föderation nicht nur ein wichtiger Öl- und Gas-Exporteur, sondern auch bei strategischen Metallen ein wichtiger Lieferant und Deutschlands viertwichtigster Importpartner außerhalb der Europäischen Union.⁸

Vor allem bei Nickel, Palladium und Chrom ist Deutschland – wie auch der Weltmarkt – von russischen Exporten abhängig, wie Abb. 4 verdeutlicht.⁹ Insbesondere die chemische Industrie, aber auch die Metall- und Elektroindustrie sowie die Automobilbranche sind auf diese und andere Rohstoffe angewiesen – und dies zu möglichst wettbewerbsfähigen Preisen.

Als Absatzmarkt oder als Investitionsstandort ist Russland für Deutschland hingegen nicht relevant.¹⁰ Laut einer aktuellen Studie des Forschungsinstituts Prognos „würde selbst ein vollständiges Ende aller Wirtschaftsbeziehungen mit Russland keine größeren Verwerfungen in Deutschland hervorrufen“,¹¹ sobald ein Ersatz für die russischen Rohstoffe gefunden wird. Speziell die letzte Bedingung ist allerdings nicht leicht zu erfüllen.

Abb. 4: Abhängigkeit von russischen Rohstoffen



Quelle: Bähr et al. (2022, Rohstoffabhängigkeiten)

Auch wenn Deutschland 2019 lediglich circa 2 % seiner Importe aus Russland bezog, stammten im erwähnten Jahr 40 % aller Nickelimporte und mehr als 25 % der Palladiumimporte von dort. Weltweit liegt der russische Anteil der weltweiten Palladiumproduktion bei über 40 %.¹²

Kritisch ist diese Abhängigkeit von Russland, weil Nickel, Palladium und Chrom – wie viele andere Rohstoffe auch – in bestimmten industriellen Prozessen nur schwer zu substituieren sind. Vor dem Hintergrund aktueller Entwicklungen sind deshalb neue Handelsbeziehungen zu anderen Exportländern überaus wichtig. Auch das Thema Recycling als Rohstoffquelle gewinnt in diesem Kontext an Relevanz und unterstreicht die Bedeutung einer modernen Kreislaufwirtschaft für Deutschland und die Welt.

Die Liste der im Welthandel zirkulierenden Rohstoffe ist naturgemäß sehr lang, wie die Abb. 3 und Abb. 4 belegen. Nicht jeder dieser Rohstoffe ist jedoch mit Blick auf die Zukunft als „strategisch“ oder gar als „kritisch“ einzustufen. Für viele Rohstoffe existieren vielfältige Transaktionsnetze mit breiten Angebots- oder Substitutionsstrukturen.

Entsprechend konzentriert sich die vorliegende Analyse auf einige wenige **strategische Metalle**, die speziell für den Einsatz und den Fortschritt im Bereich innovativer Zukunftstechnologien von Bedeutung sind. Ziel ist es, dieses spezielle Rohstoffsegment überblickartig vorzustellen und dessen Wichtigkeit für die Zukunft herauszuarbeiten. Zugleich soll aufgezeigt werden, wo künftig kritische Versorgungsengpässe drohen und inwieweit diese möglicherweise abgewendet oder reduziert werden könnten. Die Einbettung in das seit kurzem dramatisch veränderte geoökonomische Umfeld – eine Welt zunehmender Großmachtkonflikte und rivalisierender Wirtschaftsblöcke – dient dabei als zusätzliche wichtige Bezugs- und Betrachtungsebene.¹³

3 Deutschlands Abhängigkeit von Rohstoffen aus Russland

Seit dem russischen Einmarsch in die Ukraine am 24. Februar 2022 tritt die Abhängigkeit Deutschlands vom Rohstoff-giganten Russland immer deutlicher hervor. Und das, obwohl Deutschland 2019, also im Jahr vor dem Corona-Ausbruch, nur 2 % seiner Importe aus Russland bezog. 7 % davon entfielen auf Rohstoffe.¹⁴

Was macht Metalle wie Nickel, Palladium und Chrom für die hiesige Wirtschaft so wertvoll und unverzichtbar? Gibt es realistische Alternativen, die in anderen Regionen der Welt zu finden sind – womöglich sogar in stabilen Demokratien?

3.1 Nickel

In seiner elementaren Form ist Nickel ein glänzendes, silbrig-weißes Metall, das nicht rostet, zäh, verform- und dehnbar sowie magnetisch ist und elektrisch leitet. Eine dünne Oxidschicht sorgt dafür, dass Nickel sehr beständig ist gegen Luft und Wasser.

Diese hervorragenden physikalischen und chemischen Eigenschaften machen das Schwermetall interessant für zahlreiche Industriezweige; so z.B. für die Herstellung von nichtrostenden Stählen bzw. von nickelhaltigem Edelstahl, für Nichteisen-Legierungen, für Oberflächenbeschichtungen, Stahllegierungen, Batterien, Gießereiprodukte sowie Münzen, Magnete und Katalysatoren (vgl. Abb. 5).

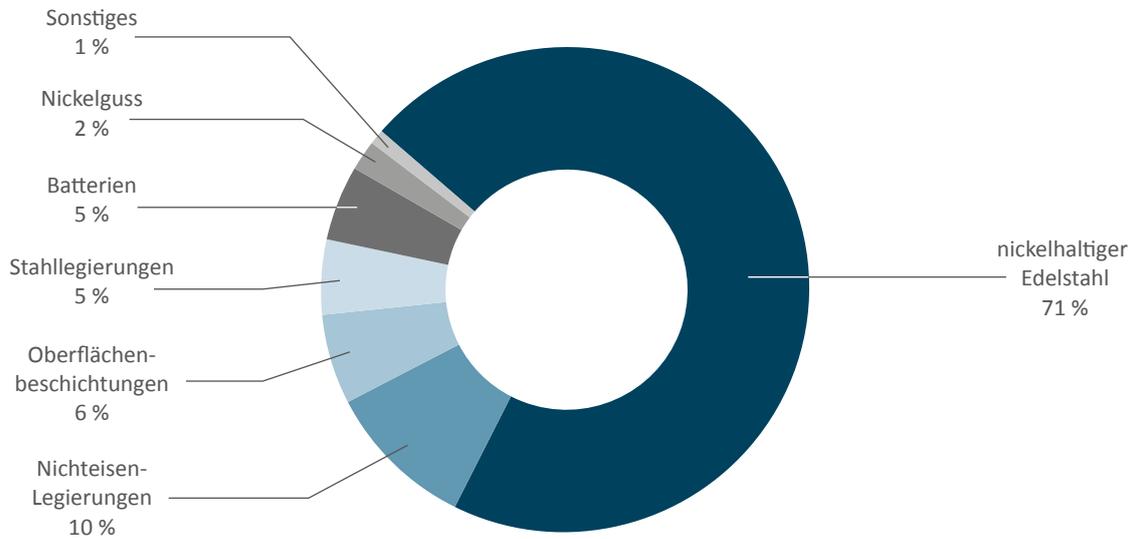
Nicht nur Deutschland, sondern auch der Weltmarkt ist bei diesem Metall von russischen Lieferungen abhängig – gegenwärtig noch überwiegend für die Herstellung korrosionsfreier Stahllegierungen, in Zukunft v.a. für die Verwendung in Lithium-Ionen-Batterien für die Elektromobilität, aber auch beim Ausbau der erneuerbaren Energien.

Es ist damit zu rechnen, dass sich der globale Nickelbedarf aufgrund des zu erwartenden Hochlaufs der Elektro-mobilität auf 3,18 bis 3,38 Mio. t im Jahr 2025 erhöhen wird – von 2,4 Mio. t im Jahr 2019.¹⁵

Gegenwärtig ist Russland mit rund 10 % drittgrößter Nickelexporteur der Welt. Es gibt also noch weitere Nickel-Exportnationen, an die sich Deutschland künftig wenden könnte: Wichtigster Exporteur ist mit 17,5 % Indonesien, gefolgt von Kanada mit 11,8 %. Indonesien produziert mit 31,3 % am meisten Nickel weltweit, gefolgt von den Philippinen mit 13,8 %.¹⁶

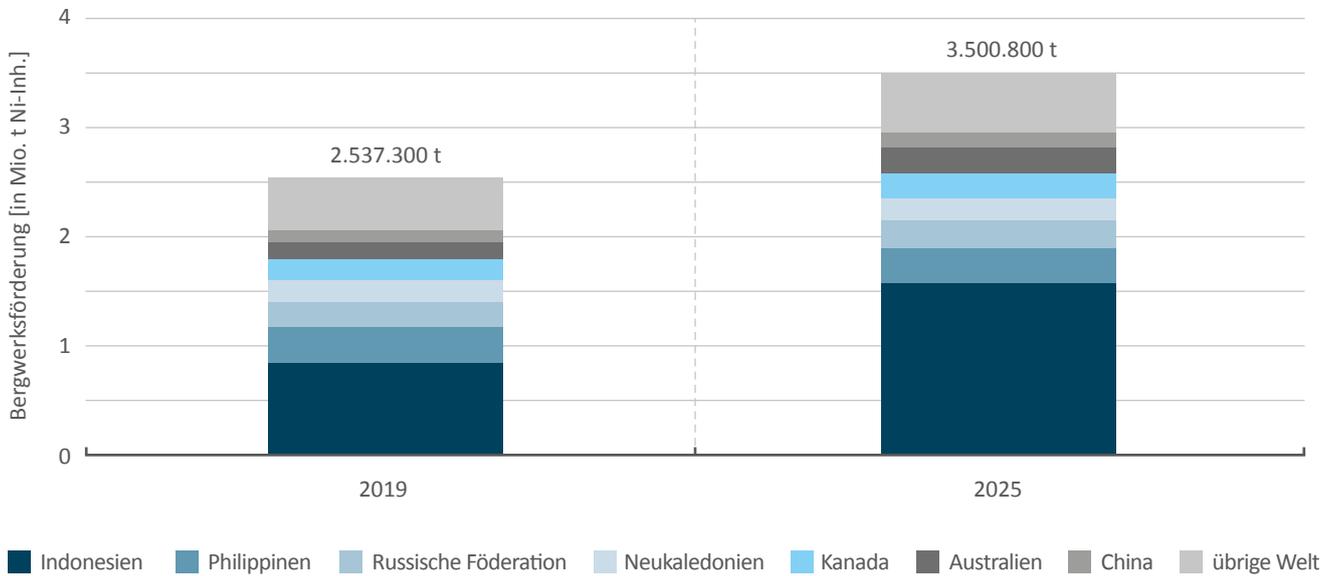
Leider sind die Handelsbeziehungen mit Indonesien nicht ganz unproblematisch: Seit 2020 existiert aufgrund des indonesi-schen Exportstopps von Nickel ein Handelsstreit zwischen der EU und Indonesien. Mit einer Entscheidung hinsichtlich der von der EU eingereichten Beschwerde bei der *World Trade Organisation* ist für Ende 2022 zu rechnen.¹⁷

Abb. 5: Nickelbedarf nach Erstanwendungen im Jahr 2019



Quelle: DERA (2021, Nickel)

Abb. 6: Länderkonzentration der Bergwerksförderung 2019 und 2025



Quelle: DERA (2021, Nickel)

3.2 Palladium

Bei Palladium ist Russland wichtigster Handelspartner der Bundesrepublik. Zum Einsatz kommt dieses silberweiß glänzende Metall, das zu den vier Edelmetallen zählt und etwas härter als Platin ist, beim Bau von Katalysatoren für Benzinmotoren, in der Wasserstoffwirtschaft, der chemischen Industrie sowie in der Elektrotechnik. Aber auch die Schmuckindustrie sowie die Medizin- und Dentaltechnik sind auf Palladium angewiesen.¹⁸ Mit anderen Worten: Dieser Rohstoff ist ein wichtiges Vorprodukt bei führenden deutschen Industrien und wird künftig deutlich an Bedeutung gewinnen – insbesondere bei einem gezielten Ausbau einer europäischen Wasserstoffwirtschaft.¹⁹

Mit einem Importwert von mehr als 760 Mio. EUR im Vor-Corona-Jahr 2019 bezieht die Bundesrepublik rund 25 % seiner Palladium-Importe von Russland, dem wichtigsten Palladium-Exporteur der Welt. Das Land ist verantwortlich für 42 % der weltweiten Produktion und fast 20 % der weltweiten Gesamtexporte. Weitere Exportnationen sind das Vereinigte Königreich, die USA und Südafrika mit 18 %, 14 % bzw. 13 %. Südafrika, Kanada und Simbabwe sind wiederum weitere größere Produzenten.²⁰

Auch wenn Palladium ein sehr seltenes Element ist, kommt es noch etwas häufiger vor als Gold und Platin. Der Markt für Palladium ist jedoch seit Jahren im Defizit, weswegen es laut DERA eher unwahrscheinlich ist, russische Lieferausfälle aus anderen Förderländern zu kompensieren. So könne die Produktion in Südafrika nicht kurzfristig und nach Belieben gesteigert werden.²¹

3.3 Chrom

Chrom ist das härteste Metall aller Elemente und wird bereits bei geringfügigen Verunreinigungen mit Wasserstoff oder Sauerstoff noch härter – allerdings auch gleichzeitig sehr spröde. Es ist in seiner reinen Form silbrig glänzend, lässt sich gut dehnen und schmieden und reagiert bei hohen Temperaturen mit den meisten Nichtmetallen.

Als wichtigstes Legierungselement für Edelstähle ist Chrom wichtig für die Herstellung von nichtrostendem und hitzebeständigem Chromstahl sowie für die Herstellung von Chemikalien und Pigmenten. Zum Einsatz kommt Chrom beispielsweise im Motorenbau, aber auch zur Verschönerung von Möbelstücken und Kunststoffteilen sowie als Katalysator, um chemische Reaktionen zu beschleunigen und zu ermöglichen.

20 % seines Chrombedarfs importiert Deutschland aus Russland. „Zwar machen russische Exporte nur etwa 6 Prozent der weltweiten Chrom-Exporte aus, jedoch liegt Russland damit immerhin auf Platz vier der Chrom-Exportnationen.“²² Wie bei Nickel und Palladium gibt es also potenzielle Ersatzkandidaten für Deutschland: Südafrika ist für die Hälfte der weltweiten Chrom-Exporte verantwortlich, gefolgt von Kasachstan mit 19 % und Indien mit 8 %.²³

4 Deutschlands Abhängigkeit von Rohstoffen aus China

China ist Deutschlands wichtigster Auslandsmarkt. Angesichts der sich gegenwärtig abzeichnenden Herausbildung einer neuen Achse zwischen Russland und China ist diese Grundkonstellation überaus problematisch und gewinnt durch die jüngsten Entwicklungen in der Ukraine noch an Dramatik, zumal viele Zukunftstechnologien von chinesischen Rohstofflieferungen abhängig sind.²⁴

Wie sich in der jüngeren Vergangenheit am Beispiel Japans bereits deutlich gezeigt hat, schreckt China im Falle einer politischen Verstimmung keinesfalls davor zurück, den Export strategisch relevanter Rohstoffe als wirtschaftliches Druckmittel einzusetzen und Lieferungen (speziell im Bereich der Seltenen Erden) abrupt einzuschränken oder komplett einzustellen.²⁵

4.1 Gallium

Das weiche Metall Gallium glänzt silbrig-grau und besitzt das größte Flüssigkeitsintervall aller Metalle. So hat Gallium einen relativ niedrigen Schmelzpunkt von 29,8 °C und einen sehr hohen Siedepunkt von 2.403 °C. Industriell wird diese Eigenschaft für den Bau von Spezialthermometern sowie in der Halbleiterproduktion genutzt.

Neben LED und Solartechnologien sind integrierte Schaltungen heute die wichtigsten Anwendungsbereiche von Gallium. Die wichtigsten galliumhaltigen Zukunftstechnologien mit hohem Wachstumspotenzial sind Radiofrequenz-Mikrochips sowie die Dünnschicht-Photovoltaik.

Schätzungen zufolge wird der Galliumbedarf für Zukunftstechnologien im Jahr 2040 auf bis zu 22 % der Raffinaderproduktion des Jahres 2018 ansteigen.²⁶

Obwohl Gallium nicht zu den seltenen Elementen gehört, ist dieses Metall in der Erdkruste kaum in höheren Konzentrationen vorzufinden. Umfangreiche Ressourcen sind in Bauxit und Zinkerzen gebunden; allerdings sind weniger als 10 % dieser gebundenen Galliumvorkommen potenziell nutzbar. Große Reserven sind laut der *Deutschen Rohstoffagentur (DERA)* in Phosphaterzen und verschiedenen Kohlesorten enthalten, jedoch im niedrigen Konzentrationsbereich.²⁷

Gewonnen wird das Metall als Nebenprodukt der Aluminiumproduktion (aus Bauxit) sowie der Zinkproduktion – v.a. in China. 2019 wurden schätzungsweise 97 % des weltweit produzierten Primärgalliums in der Volksrepublik hergestellt.²⁸ Interessant ist in diesem Zusammenhang eine historische Betrachtung: Zählte Deutschland 2011 noch zu den größten Produktionsländern, so wurde die Bundesrepublik inzwischen durch China, Russland und die Ukraine verdrängt.²⁹ Inzwischen importiert Deutschland mehr als 60 % des hierzulande benötigten Galliums aus China.³⁰

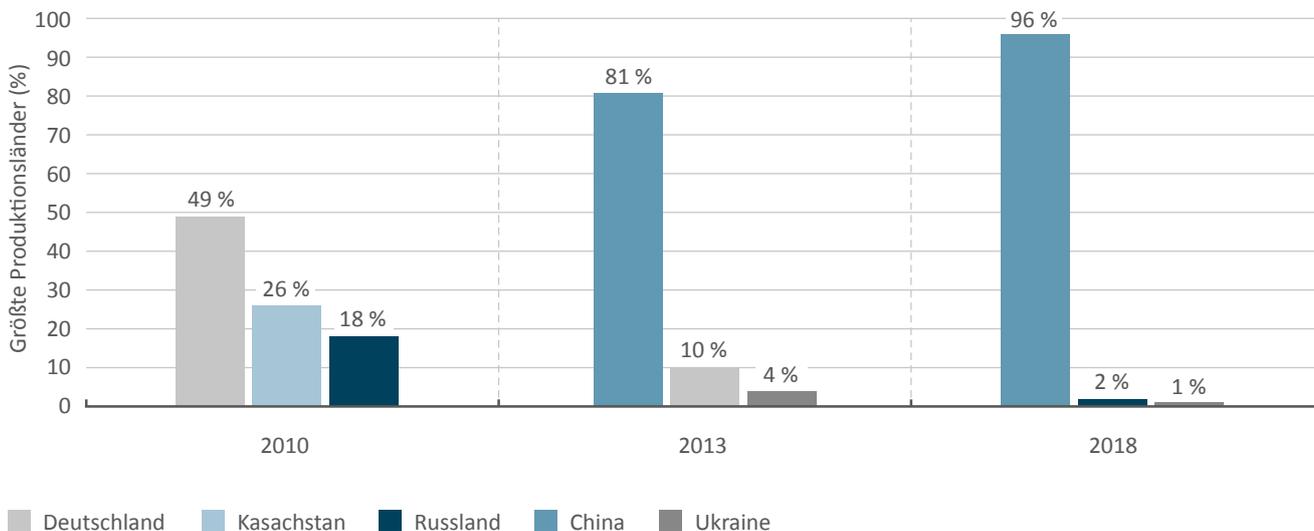


Die Abhängigkeit von vielen mineralischen Rohstoffen aus China ist bereits heute größer als jene von Erdöl und Erdgas aus Russland.

Matthias Wachter
Bundesverband der Deutschen Industrie (BDI)
Handelsblatt (2022, Rohstoffabhängigkeit)



Abb. 7: Die größten Produktionsländer von Gallium



Quelle: FERI Cognitive Finance Institute (2022), nach: DERA (2021, Zukunftstechnologien)

Die Suche nach alternativen Lagerstätten ist schwierig, weswegen inzwischen auch unkonventionelle Vorkommen in den Fokus der Forscher rücken. Chancen verspricht beispielsweise der Tiefseebergbau, der allerdings aufgrund seiner möglichen Auswirkungen auf die Umwelt umstritten ist.³¹

Einer Arbeitsgruppe der *Jacobs University Bremen* gelang es kürzlich, Gallium- und Germanium-Konzentrationen in Eisen-Mangan-Krusten zu bestimmen. Solche Krusten bilden sich sehr langsam am Meeresboden der Tiefsee. Auch wenn die Konzentrationen der beiden Metalle in den Krusten zu niedrig sind, um als alternative Rohstoffquelle in Frage zu kommen, hat das Forschungsprojekt gezeigt, dass sich Gallium und Germanium an Eisenoxide anlagern. Dies bedeutet wiederum, dass sie aus Wasser und somit aus der Umwelt wieder entfernt werden können. Angesichts der wachsenden Verwendung werden diese, wie auch andere seltene Metalle, künftig in immer größeren Größenordnungen in Gewässern und im Grundwasser zu finden sein. Mit Hilfe von Wasserreinigungsverfahren, die Eisenoxide verwenden, könnten wertvolle Metalle wie Gallium und Germanium künftig wiedergewonnen werden.³²

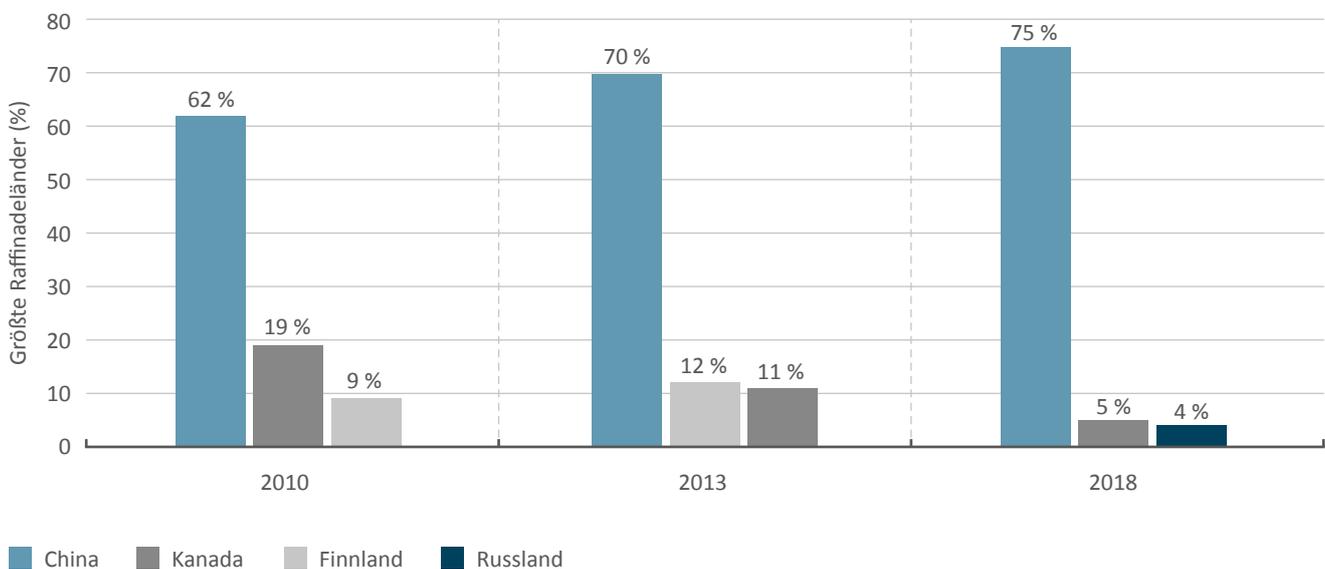
4.2 Germanium

Dieses grauweiße, metallisch glänzende Halbmetall ist ein relativ seltenes Element, das dispers – also fein verteilt – in der Erdkruste vorkommt. Heutzutage wird Germanium hauptsächlich als Beiprodukt bei der Produktion anderer Metalle extrahiert; so z.B. bei der Produktion von Zink. Zur Gewinnung werden aber auch Flugaschen aus der Kohleverbrennung genutzt.

Mit 75 % ist China der größte Raffinadeproduzent, gefolgt von Kanada und Russland mit 5 % bzw. 4 %. Die Sekundärproduktion – also das Recycling – deckt circa 30 % des globalen Bedarfs ab.³³

Germanium verfügt über Halbleitereigenschaften und ist für Infrarotlicht durchlässig. Während dieses Halbmetall früher v.a. für die Herstellung von Transistoren bedeutend war, ist es inzwischen für viele Anwendungen der Hochleistungsoptik unverzichtbar. So ist Germanium insbesondere aufgrund seiner Infrarotlichtdurchlässigkeit für die Produktion von Nachtsichtgeräten, Wärmebildkameras u.ä. notwendig.

Abb. 8: Die größten Raffinadeländer von Germanium



Quelle: FERI Cognitive Finance Institute (2022), nach: DERA (2021, Zukunftstechnologien)

Auch Glasfaserkabel kommen ohne Germanium nicht aus. Hier ist mit einem hohen Wachstumspotenzial zu rechnen. 2018 lag der Bedarf an Germanium für Glasfaser bei 41 % der Raffinadeproduktion. 2040 soll dieser Bedarf auf bis zu 195 % der Raffinadeproduktion von 2018 steigen.³⁴ Vielversprechende Wachstumschancen für Germanium verspricht auch der Bereich der *Urban Air Mobility*, der sich mit der Erweiterung städtischer Transportsysteme in den Luftraum beschäftigt.³⁵

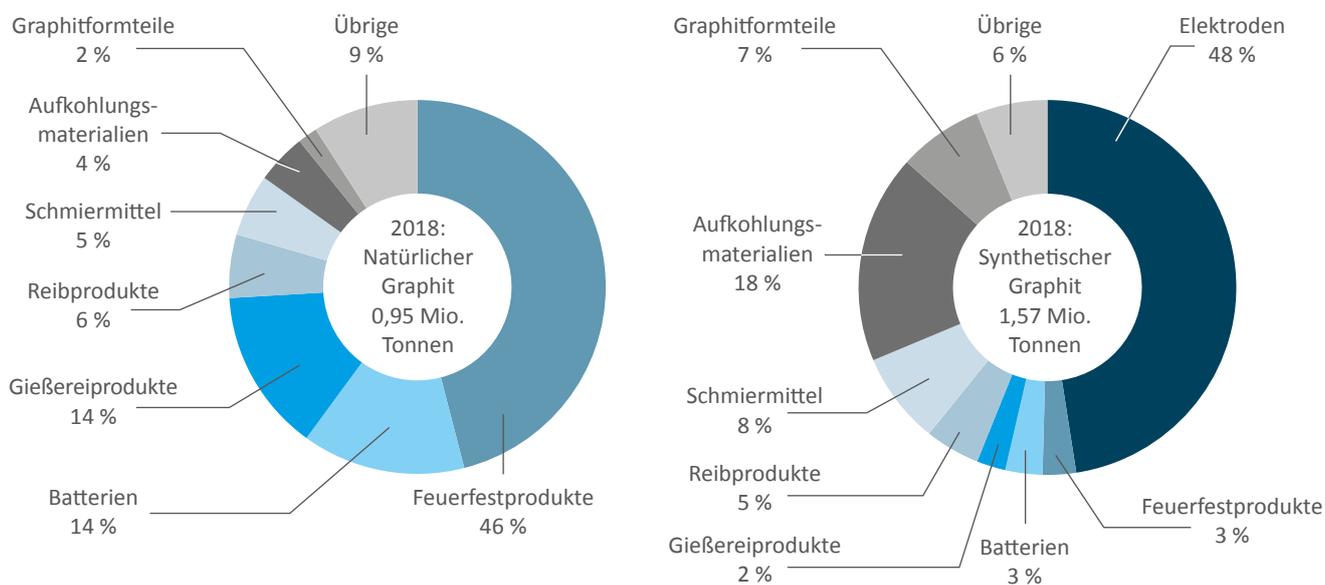
4.3 Graphit

Diese stabile Modifikation des Kohlenstoffs wird schon lange verwendet. Bereits vor fast drei Jahrtausenden wurde Graphit für die Herstellung feuerfester Keramik genutzt und seit Mitte des 16. Jahrhunderts als Bleistiftmaterial.

Seitdem hat sich einiges geändert: Aufgrund seiner exzellenten Leitfähigkeit, der hohen Oxidations- und Temperaturwechselbeständigkeit und der sehr guten Schmiereigenschaften ist Graphit unverzichtbar für die Feuerfest-, Gießerei- und Stahlindustrie. Gleichzeitig ist es ein Schlüsselrohstoff für die Verkehrswende und wird in der Automobilbranche als Anodenmaterial in Lithium-Ionen-Batterien eingesetzt. Noch bestimmen die traditionellen Anwendungsgebiete die Nachfrage. In den nächsten Jahren ist allerdings mit einem weiter steigenden Bedarf an Graphit für Lithium-Ionen-Batterien zu rechnen.

Graphit gibt es in natürlicher und synthetischer Form. Ersterer wird mittels konventioneller Bergbaumethoden gewonnen, wobei die Aufbereitung überwiegend in unmittelbarer Nähe des Bergwerks erfolgt. Letzterer ist eine Form graphitischen Kohlenstoffs, der durch Graphitierung von nicht-graphitischem kohlenstoffhaltigen Ausgangsmaterial hergestellt wird. Wichtig hierfür sind Petrolkokse und Verkokungsprodukte aus der Erdölverarbeitung. In Lithium-Ionen-Batterien wird sowohl synthetischer als auch natürlicher Graphit eingesetzt.³⁶

Abb. 9: Verwendung nach Graphittypen



Quelle: DERA (2021, Graphit)

China, die Türkei und Brasilien verfügen über den Großteil der weltweiten Reserven. Schätzungen zufolge gibt es 800 Mio. Tonnen an natürlichem Graphit. Allerdings kann nur ein Teil hiervon zu batterietauglichen Qualitäten aufbereitet werden.³⁷

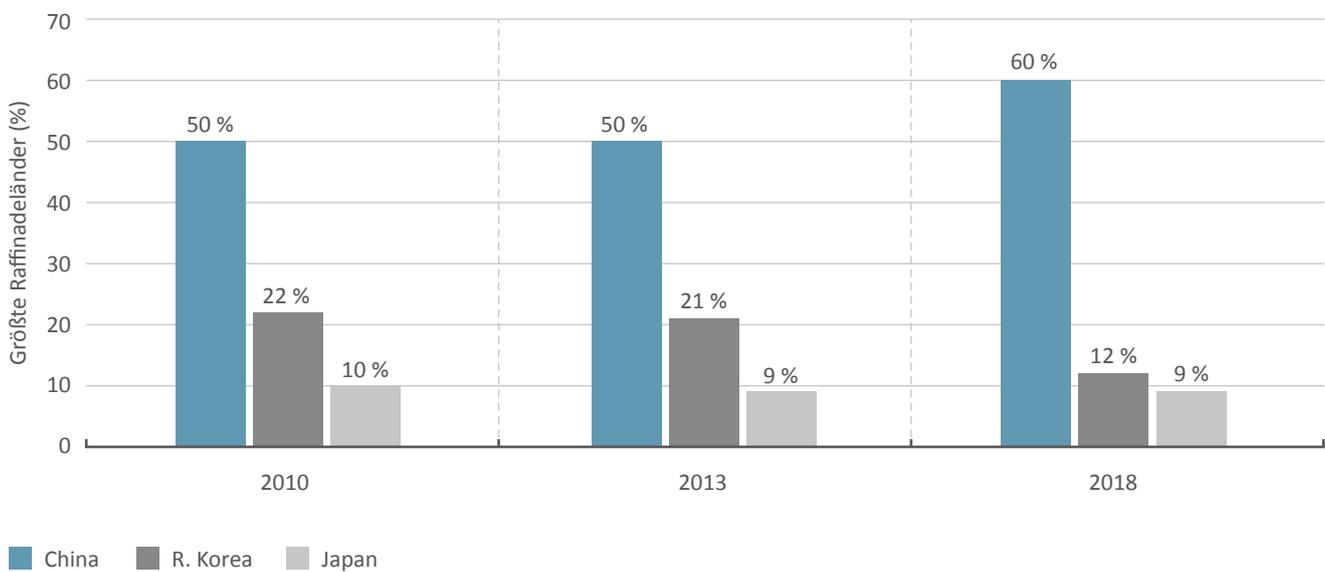
2019 wurden weltweit 1,67 Mio. t natürlicher Graphit gefördert. Die Produktion von synthetischem Graphit betrug 2018 rund 1,57 Mio. t. Wichtigster Produzent ist China – mit einem Marktanteil von knapp 74 % an natürlichem Graphit sowie 49 % an synthetischem Graphit. Madagaskar, Mosambik und Brasilien sind weitere wichtige Förderländer von natürlichem Graphit. Für synthetischen Graphit sind Japan, die USA, Indien und Europa zu erwähnen.³⁸ Mehr als 90 % des in Deutschland benötigten Graphits wird aus China importiert.³⁹

4.4 Indium

Dieses sehr weiche Metall ist silbrig-weiß, stark glänzend und kann Legierungen mit den meisten Metallen bilden. Es benetzt Glas und bildet eine korrosionsresistentere Spiegeloberfläche als Silber – bei gleich guten Reflexionseigenschaften. Für die Produktion von Flachbildschirmen und Flüssigkristallanzeigen (LCDs) ist Indium ausgesprochen wertvoll und für diverse Produkte der Unterhaltungselektronik unverzichtbar – seien es Mobiltelefone, Notebooks oder Fernseher. Dieser Bereich macht bis zu ca. 80 % des gesamten Indiumbedarfs aus. Hohe Wachstumspotenziale für die Zukunft versprechen v.a. die Displaytechnik und die Dünnschicht-Photovoltaik.⁴⁰

In der Erdkruste ist dieses Metall relativ selten und dispers verteilt. Führender Produzent ist China mit einem Anteil von 50 bis 60 % an der globalen Indium-Raffinadeproduktion. Korea und Japan machen 12 % bzw. 9 % der Raffinadeproduktion aus.⁴¹ Deutschland importiert fast 40 % der hierzulande benötigten Indiumvorräte aus China.⁴²

Abb. 10: Größte Raffinadeländer von Indium



Quelle: FERI Cognitive Finance Institute (2022), nach: DERA (2021, Zukunftstechnologien)

4.5 Kobalt

Bereits seit Jahrtausenden kommt Kobalt als (Blau-)Färbemittel für Keramiken und Gläser zum Einsatz. Seit Anfang des 20. Jahrhunderts wird dieses grau-silbrig glänzende Übergangsmetall industriell v.a. im Bereich der Legierungen und Magnete verwendet, denn Kobalt ist fester als Stahl und behält seinen Magnetismus bis 1.121 °C bei. Kobalthaltige Produkte sind Rasierklingen, Bohrer und Werkzeuge sowie Dauermagnete.

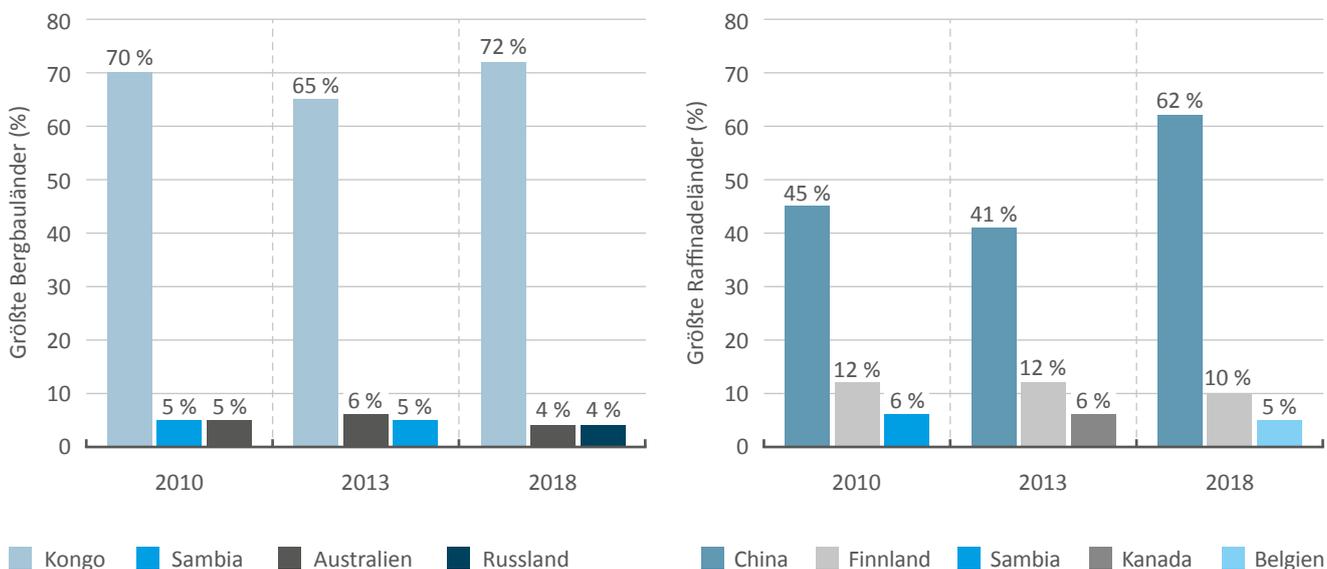
Wichtig ist Kobalt heutzutage insbesondere für die Herstellung von Batterien für Elektrofahrzeuge, stationäre Energiespeichersysteme, Computer und Telekommunikationsgeräte. Knapp die Hälfte der weltweiten Kobaltproduktion wird hierfür verwendet, und zwar in Form von Lithium-Nickel-Mangan-Kobalt-Oxid als Kathodenmaterial.

Hohe Wachstumspotenziale sind in Zukunft v.a. bei Lithium-Ionen-Hochleistungsspeichern, Feststoffbatterien und Superlegierungen zu erwarten.

In der oberen Erdkruste kommt Kobalt seltener vor als Nickel oder Kupfer, auf der Erde ist es weit verbreitet und dispers verteilt. Aufzufinden ist Kobalt als Spurenelement in vielen verschiedenen Mineralen und in der Umwelt. Gewonnen wird es vorwiegend als Beiprodukt von Nickel- und Kupfererzen.

Das weltweit geförderte Kobalt kommt zu 70 % aus der Demokratischen Republik Kongo. Australien und Russland spielen mit jeweils 4 % als Bergbauländer eine eher untergeordnete Rolle. Größter Raffinadeproduzent ist allerdings mit mehr als 60 % China. Finnland und Belgien folgen mit 10 % bzw. 5 %, wie die Abb. 11 verdeutlicht.⁴³

Abb. 11: Größte Bergbau- und Raffinadeländer von Kobalt



Quelle: FERI Cognitive Finance Institute (2022), nach: DERA (2021, Zukunftstechnologien)

Das Beispiel Kobalt offenbart einen weiteren typischen Aspekt der chinesischen Rohstoffpolitik: So tritt die Volksrepublik nicht nur als bedeutender Akteur auf, wenn es um die Rohstoffproduktion im eigenen Land geht. Zusätzlich bauen Staatskonzerne und private chinesische Firmen, die von staatlichen Banken unterstützt werden, im Ausland gezielt Beteiligungen auf, investieren in Bergbauprojekte und gehen Übernahmeverträge für zukünftige Rohstofflieferungen ein.

In Kongo-Kinshasa wird die Kobalt-Produktion durch ein solches Vorgehen zur Hälfte von chinesischen Firmen kontrolliert, wodurch die Liste alternativer Handelspartner automatisch weiter reduziert wird.⁴⁴ Auch in Australien, Chile und in Indonesien haben chinesische Unternehmen erhebliche Investitionen in ausländische Vermögenswerte getätigt.⁴⁵

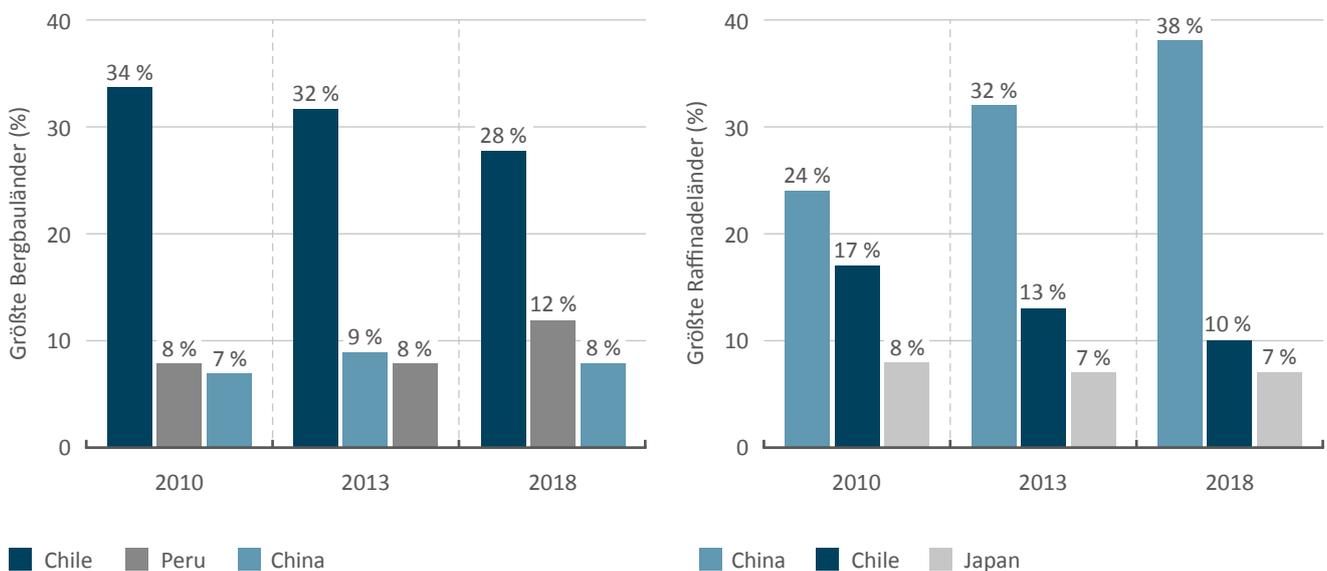
4.6 Kupfer

Reines Kupfer ist ein hellrotes, schweres und gut schmiedbares Metall, das schon seit mehr als 9.000 Jahren verwendet wird und nicht nur in der Kupferzeit von 2000 bis 1800 v. Chr. weiträumig genutzt wurde.

Es kann wie andere Übergangsmetalle relativ hart und sehr zäh sein, behält seine Stärke auch bei Temperaturen unter 0 °C bei und ist nach Silber das Metall mit der höchsten elektrischen Leitfähigkeit sowie Wärmeleitfähigkeit. Das Metall kommt gediegen, also rein, vor und ist in zahlreichen Mineralen enthalten – z.T. mit hohen Anteilen. Als Spurenelement kommt es in der Umwelt vor und ist in der oberen Erdkruste doppelt so häufig zu finden wie Kobalt.

Abgebaut wird Kupfer auf allen Kontinenten in unterschiedlichen geologischen Formationen. Größte Bergbauländer sind Chile, Peru und China; führender Raffinadeproduzent ist China. Über die meisten Kupferreserven verfügen Chile, Peru und Australien, wobei sich mehr als die Hälfte der weltweiten Ressourcen in Nord- und Südamerika befinden (vgl. Abb. 12). Da das Recycling von Kupfer bereits eine wichtige Rolle spielt, liegt die Raffinadeproduktion deutlich höher als die Bergwerksförderung.

Abb. 12: Größte Bergbau- und Raffinadeländer von Kupfer



Quelle: FERI Cognitive Finance Institute (2022), nach: DERA (2021, Zukunftstechnologien)

Verwendet wird Kupfer häufig in seiner nicht-legierten Form. Da Kupfer gut verformbar ist und elektrisch sehr gut leitet, lässt es sich in vielerlei Formen verarbeiten – seien es Bleche, Folien oder Draht – und wird zu ca. 79 % für elektrische Anwendungen eingesetzt.⁴⁶

Kupfer ist wichtig für die Stromverteilung in Gebäuden, aber auch für die elektrische Infrastruktur, Transformatoren und Elektromotoren. Auch in Kabelbäumen in Automobilen wird das Metall verbaut. Ein konventionelles Auto enthält u.a. für Bremsleitungen und elektrische Antriebe 1,5 km Kupferdrähte. Je nach Modell sind dies zwischen 20 und 45 kg.⁴⁷ Für den Bau eines Elektrofahrzeugs wird hingegen mehr als doppelt so viel Kupfer benötigt – nämlich etwa 100 kg.⁴⁸ Wichtig ist Kupfer darüber hinaus für den Elektronikbereich und aufgrund seiner hohen Wärmeleitfähigkeit für Kühlsysteme.

Kupferhaltige Zukunftstechnologien mit hohem Wachstumspotenzial sind neue und leistungsfähigere Stromnetze, elektrische Motoren für Kraftfahrzeuge, Windkraftanlagen und Feststoffbatterien. Circa 8 t Kupfer stecken in einem Windrad, in großen Offshore-Anlagen sind es sogar bis zu 30 t.⁴⁹

Bis zum Jahr 2035 kann der Bedarf an Kupfer auf bis zu 45 % der Bergwerksförderung von 2018 steigen, so die Einschätzung der *DERA*.⁵⁰ Die neuen Beschlüsse der EU von 2022 zu einem deutlich forcierten Ausbau von Offshore-Windrädern dürften diese Projektion mutmaßlich noch spürbar beschleunigen.⁵¹

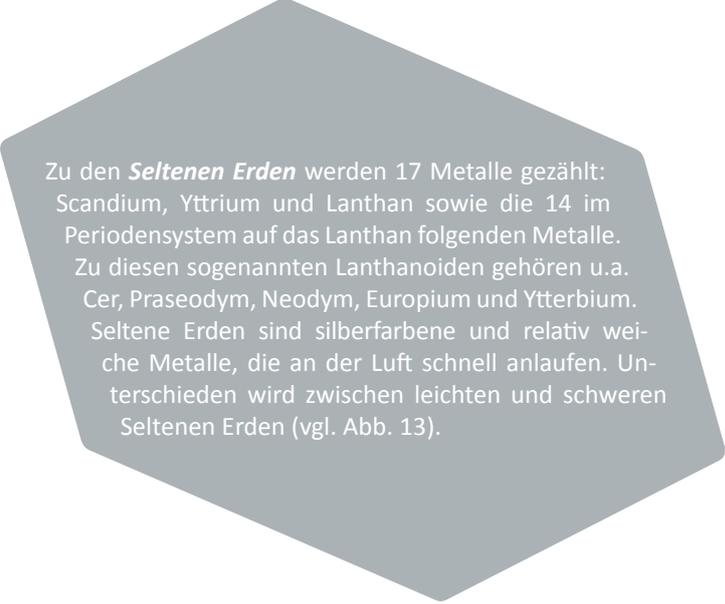
4.7 Seltene Erden

Seltene Erden sind – entgegen der Namensgebung – eine Gruppe spezieller Metalle und zählen in vielen Sektoren zu den wichtigsten Rohstoffkomponenten. In vielen zivilen und militärischen Technologien sind sie unentbehrlich. So funktioniert in der Hightech-Industrie heutzutage fast nichts mehr ohne sie und für die Energiewende sind sie unverzichtbare Rohstoffe. Weder Smartphones, Kopfhörer, LED-Leuchten, Elektromotoren, Flugzeuge noch Windkraftanlagen kommen ohne die Supermagnete aus, die aus den Seltenen Erden entstehen. Aber auch für Krebsmedikamente und Kameralinsen werden Seltene Erden benötigt. Neodym und Praseodym sind die wohl bekanntesten dieser insgesamt 17 chemischen Elemente, die auch als *Seltene Erdelemente (SEE)* oder *Rare Earth Elements (REE)* geläufig sind.

Der Begriff Seltene Erden ist allerdings mehr als irreführend: So handelt es sich genau genommen um Metalle der Seltenen Erden, die in der Erde alles andere als selten vorkommen. Neodym, Cer und Yttrium kommen in der Erdkruste häufiger vor als Blei und Kupfer und sogar das seltenste Element dieser Gruppe – Thulium – ist öfter zu finden als Gold oder Platin. Tatsächlich selten ist nur das kurzlebige radioaktive Element Promethium.⁵²

Der Name Seltene Erden ist historisch bedingt. Als die ersten dieser Metalle entdeckt wurden, fanden Forscher sie in niedriger Konzentration in Mineralien, aus denen sie in Form ihrer Oxide, also Sauerstoffverbindungen, isoliert werden mussten. Damals sprach man von Erden und nicht von Oxiden.⁵³ Daher der etwas missverständliche Begriff.

Größere, zusammenhängende Lagerstätten sind auch heute noch spärlich gesät. Die Metalle kommen meist nur in jeweils kleinen Mengen in sehr vielen, weit verstreut lagernden Mineralien vor oder aber als Beimischungen in anderen Mineralien. Insgesamt gibt es etwa 200 Mineralien, die Seltene Erden enthalten.



Zu den **Seltenen Erden** werden 17 Metalle gezählt: Scandium, Yttrium und Lanthan sowie die 14 im Periodensystem auf das Lanthan folgenden Metalle. Zu diesen sogenannten Lanthanoiden gehören u.a. Cer, Praseodym, Neodym, Europium und Ytterbium. Seltene Erden sind silberfarbene und relativ weiche Metalle, die an der Luft schnell anlaufen. Unterschieden wird zwischen leichten und schweren Seltenen Erden (vgl. Abb. 13).

Zu finden sind Seltene Erden in China, Russland, Brasilien, Australien, USA, Kanada sowie auf Grönland.⁵⁴ Wichtigster Akteur ist jedoch die Volksrepublik China. So lag der chinesische Marktanteil im Jahr 2020 bei der weltweiten Bergwerksförderung von SE-Oxiden bei 57 %; bei der Raffinade-Produktion waren es sogar 85 %.⁵⁵ Temporäre Exportverbote belasten den Markt zusätzlich. Für die Bundesrepublik ist diese Konstellation äußerst riskant, da Chinas Anteil an deutschen Importen bei Seltenen Erden bei 93,5 % liegt.⁵⁶

Ressourcen gibt es aber grundsätzlich mehr als genug, wie die *Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR)* verdeutlicht. Allerdings findet der Abbau in anderen Ländern nur begrenzt oder gar nicht statt, da die hierfür benötigten Anlagen für die Weiterverarbeitung sehr kostenintensiv sind – und dies bei niedrigen Weltmarktpreisen und Umweltbedenken durch die anfallenden radioaktiven Abfälle. In der Volksrepublik scheinen diese Bedenken nachrangig zu sein. So werden Seltene Erden dort zum Teil sogar illegal gewonnen, wobei laut *BGR* Korruption und mafiöse Strukturen zu beobachten sind. 2020 stammten 10.000 t aus illegaler chinesischer Produktion.⁵⁷

Abb. 13: Seltene Erden im Periodensystem der Elemente

Gruppe																				
1																	18			
1	1																	2		
	H																	He		
2	3	4													5	6	7	8	9	10
	Li	Be													B	C	N	O	F	Ne
3	11	12													13	14	15	16	17	18
	Na	Mg													Al	Si	P	S	Cl	Ar
4	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36		
	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr		
5	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54		
	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe		
6	55	56	57-71 siehe unten	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86		
	Cs	Ba		Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn		
7	87	88	89-103 siehe unten	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116		118		
	Fr	Ra		Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg	Uub	UUt	UUq	UUu	UUh		Uuo		

Für die Magnetherstellung relevante Seltene Erden																
Lanthanoide																
57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	39	21
La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Y	Sc
Leichte Seltene Erden (LREE)									Schwere Seltene Erden (HREE)							

Quelle: Fraunhofer ISI (2016, Neodym und Dysprosium)

Gegenwärtig stuft die Europäische Kommission die Metalle der Seltenen Erden mit dem **höchsten Versorgungsrisiko** ein.⁵⁸ Dies hängt insbesondere mit ihren spezifischen Eigenschaften, den relativ niedrigen Preisen und der damit einhergehenden schweren Substituierbarkeit zusammen.

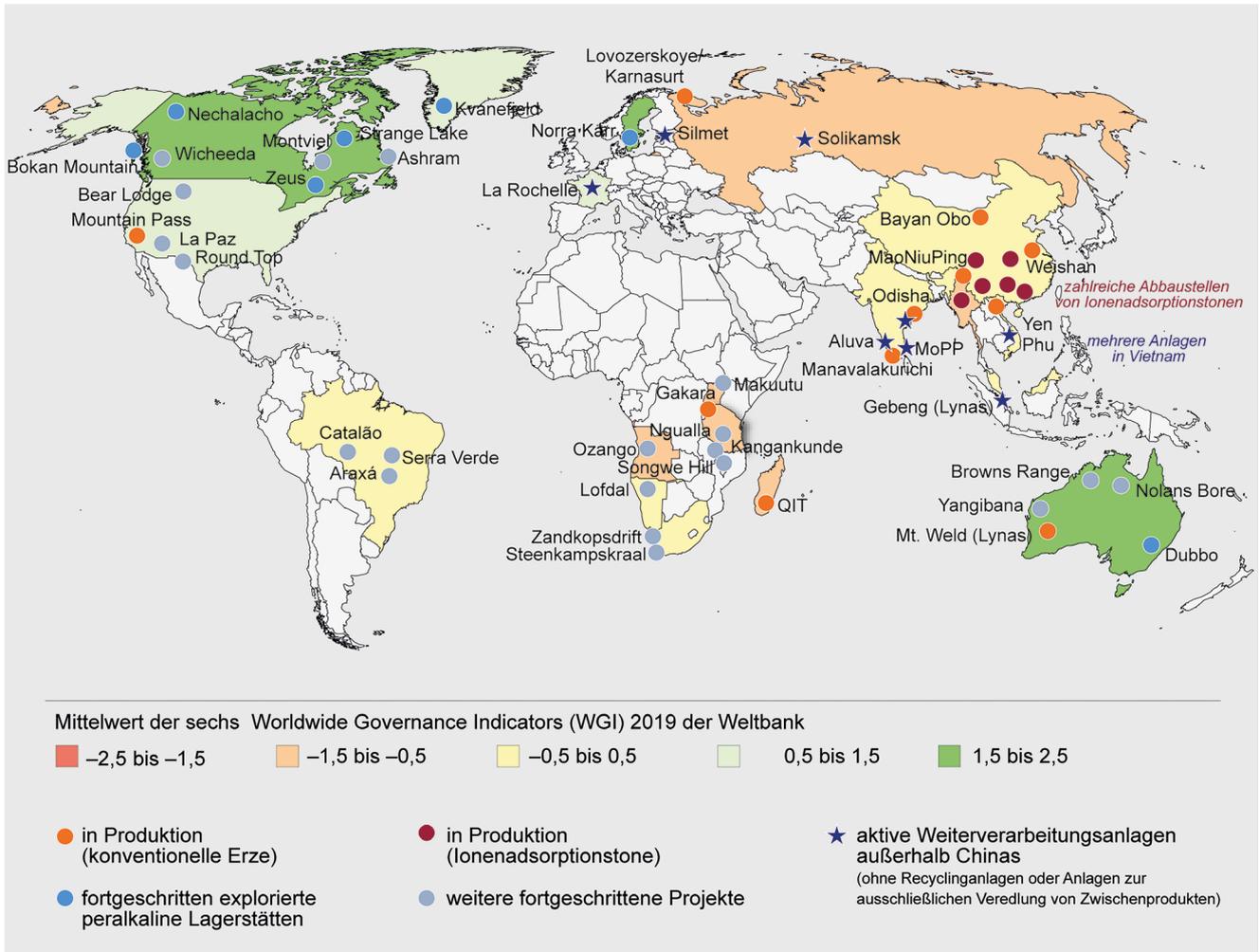
Diese Einstufung ist alarmierend, denn ohne Seltene Erden wäre die Windturbinenindustrie fast sofort unwirtschaftlich. Die Kosten und Nutzungsraten würden auf das Niveau von vor mehr als zehn Jahren zurückfallen und auch die derzeitige Revolution der Elektro- und Hybridautos würde stark gebremst werden.⁵⁹

Chinas dominante Stellung ist nicht allein auf die Produktion dieser strategischen Rohstoffe begrenzt. Inzwischen dominieren chinesische Firmen fast vollständig alle nachgelagerten Bereiche der Wertschöpfungskette bis hin zum Endprodukt. Viele Marktteilnehmer stellen überrascht fest:

► „China kontrolliert seit etwa zwei Jahrzehnten beinahe die gesamte Wertschöpfungskette für Seltene Erden.“⁶⁰

Seit der Jahrtausendwende ist bereits viel Know-how nach China abgewandert; gleiches gilt für wichtige Technologien. So sind chinesische Firmen und Forschungseinrichtungen inzwischen führend in den Bereichen Separation und bei bestimmten Patenten.⁶¹

Abb. 14: Seltene Erden – Bergwerke, Weiterverarbeitungsanlagen und Projekte



Quelle: BGR (2021, Seltene Erden)

Die Folge: „Vom Erz bis zum Endprodukt ist und bleibt die Volksrepublik ein Monopolist auf mehreren Stufen.“⁶² Riskant wird eine solche Abhängigkeit von nur einem Lieferanten insbesondere dann, wenn Rohstoffe wie Seltene Erden auch für politische Verhandlungszwecke und als politisch-ökonomisches Druckinstrument instrumentalisiert werden.

Dass China dazu imstande ist, hat Japan bereits vor mehr als einem Jahrzehnt erfahren. Auslöser war im Jahr 2010 eine Auseinandersetzung im Ostchinesischen Meer. Für mehr als zwei Monate lieferte die Volksrepublik keine Seltenen Erden mehr nach Japan. Aus der Erfahrung hat Japan gelernt und sich aktiv um einen Zugang zu Seltenen Erden außerhalb Chinas bemüht. Seit 2011 unterstützt Japan das australische Rohstoffunternehmen Lynas als Lieferalternative zu China.⁶³

Vor dem Hintergrund der aktuellen geökonomischen Verwerfungen verdeutlicht dieses Beispiel das nicht zu unterschätzende Risiko, das von Deutschlands Abhängigkeit von wenigen Rohstofflieferanten ausgeht.

4.7.1 Neodym

Risikant ist Deutschlands Abhängigkeit von China v.a. bei Neodym – einem Metall der Seltenen Erden, das sowohl für die Elektromobilität als auch für Wachstumsbranchen wie den Windenergiesektor unverzichtbar ist. Ohne das silbrig glänzende Metall würden Windkraftanlagen, Elektro- und Hybridautos sowie E-Bikes gar nicht erst funktionieren. Aber auch Kernspintomographen, Mikromotoren und Computerfestplatten sowie bestimmte Lasertechnologien sind auf dieses Metall angewiesen.⁶⁴

Geschätzt werden die **starken magnetischen Eigenschaften** von Neodym. „Deshalb wird dieses zu den leichten Seltenen Erden gehörende Metall überall dort eingesetzt, wo man starke Magnetfelder bei kleinem Volumen braucht. Das führt dazu, dass z.B. auch die Generatoren in Windkraftanlagen leistungsfähiger sind.“⁶⁵

Die aktuell stärksten Dauermagnete sind Legierungen aus Neodym, Eisen und Bor. Mit Hilfe von Neodym-Eisen-Bor-Magneten (NdFeB-Magneten) lassen sich die derzeit kompaktesten Elektromotoren herstellen – mit der höchsten Leistungsdichte und der besten Energieeffizienz. Benötigt werden sie u.a. für die Produktion kompakter Servomotoren, wie sie in Traktionsmotoren von Hybrid- und Elektrofahrzeugen zum Einsatz kommen. Auch in E-Bikes, Förder- und Pumpsystemen, Werkzeugen, Klimaanlage, Liftmotoren und elektrischen Kleinmotoren konventioneller Pkw werden NdFeB-Magnete verbaut.⁶⁶

Verwendung findet Neodym desweiteren in Nickel-Metallhydrid-Akkumulatoren (NiMH-Akkus). Hauptbestandteile dieser Akkus sind Nickel, Mangan, Aluminium oder Kobalt. Sie enthalten aber auch die Seltenen Erden Neodym, Cer und Praseodym. „Durch den steigenden Marktanteil von Lithium-Ionen-Batterien wird die Nachfrage nach NiMH Batterien allerdings erwartungsgemäß in den kommenden Jahren weiter zurückgehen, wodurch dieser Anwendungsbereich an Bedeutung verliert,“ prognostiziert Fraunhofer ISI.⁶⁷ (Vgl. Exkurs – Lithium)

Auch der Neodym-Markt wird durch die Volksrepublik China dominiert. Weltweit betrachtet ist Japan das einzig verbleibende Land, das neben China noch Permanentmagnete herstellt.

Laut Bundesakademie für Sicherheitspolitik haben die „wenigen verbliebenen europäischen Magnetproduzenten ... ihre Fertigungen fast allesamt nach China verlegt, da sie dort günstiger Seltene Erden beziehen können. Der chinesische Anteil an der weltweiten Magnetproduktion wird auf über 80 Prozent geschätzt. Auch für die nächsten beiden Jahrzehnte wird kein anderes Land Chinas Anteil streitig machen können.“⁶⁸

Um Neodym zu gewinnen, muss das radioaktive Metall Thorium abgebaut werden. Dabei entstehen hochgiftige Abfälle, die als toxischer Schlamm in die Natur geschwemmt werden und ganze Landstriche verseuchen – mit schlimmen Folgen für die Umwelt und die Gesundheit der Menschen; ein hohes Risiko, das bereitwillig in die Volksrepublik verlagert wird und Chinas dominante Stellung zusätzlich erklärt.⁶⁹

5 Die Bedeutung von Urban Mining

Die bisherigen Ausführungen machen deutlich, wie wichtig bestimmte Metalle für Zukunftstechnologien sind und wie abhängig die deutsche Industrie von Importen aus dem Ausland ist, wenn es um die Versorgung mit metallischen Rohstoffen geht.

Um die Versorgungssicherheit des Standorts Deutschland langfristig zu gewährleisten, wird die Bedeutung von Recycling und der Beitrag von Sekundärrohstoffen künftig stärker in den Mittelpunkt rücken müssen. So leistet die Rückführung von Abfallstoffen in den Produktionsprozess nicht nur einen wertvollen Beitrag zum Umwelt- und Ressourcenschutz, sondern ist auch wirtschaftlich interessant.

Im Gegensatz zu nichtmetallischen Rohstoffen werden metallische Rohstoffe nämlich nicht verbraucht. Da sie bei der Herstellung nicht unwiederbringlich verändert werden, werden sie „nur“ gebraucht. Folglich können metallische Rohstoffe durch Recycling wieder zur Verfügung gestellt werden, sobald das Produkt kaputt geht oder ausrangiert wird.

„In der deutschen Raffinade- und Rohstahlproduktion stammten im Jahr 2020 ... etwa 44 % des Kupfers ... aus sekundären Vorstoffen.“⁷⁰ Deutschland ist hier im internationalen Vergleich gut unterwegs und nutzt mehr metallische Sekundärrohstoffe als andere Länder.⁷¹

Nicht nur Handys, Laptops und Autos kommen hierfür in Frage. Städte sind ebenfalls riesige Rohstofflager, die über immense Rohstoffvorkommen verfügen, die es künftig zurückzuführen und wiederzuverwerten gilt. Deutschlands sogenanntes anthropogene – also vom Menschen gemachte – Lager ist gut gefüllt, wächst kontinuierlich und kann durch „Urban Mining“ gezielt als Rohstoffquelle genutzt werden.

Experten sind sich einig, dass dies „... ein notwendiger Weg (ist), um die Rohstoffbasis für die Energie- und Mobilitätswende sowie die großen weiteren Schlüsseltechnologien des 21. Jahrhunderts unter guten Umwelt-, Arbeits- und Sozialstandards zu erweitern.“⁷²



Urban Mining is an important part of the Circular Economy and provides a degree of independence from natural resources, increasing supply security.

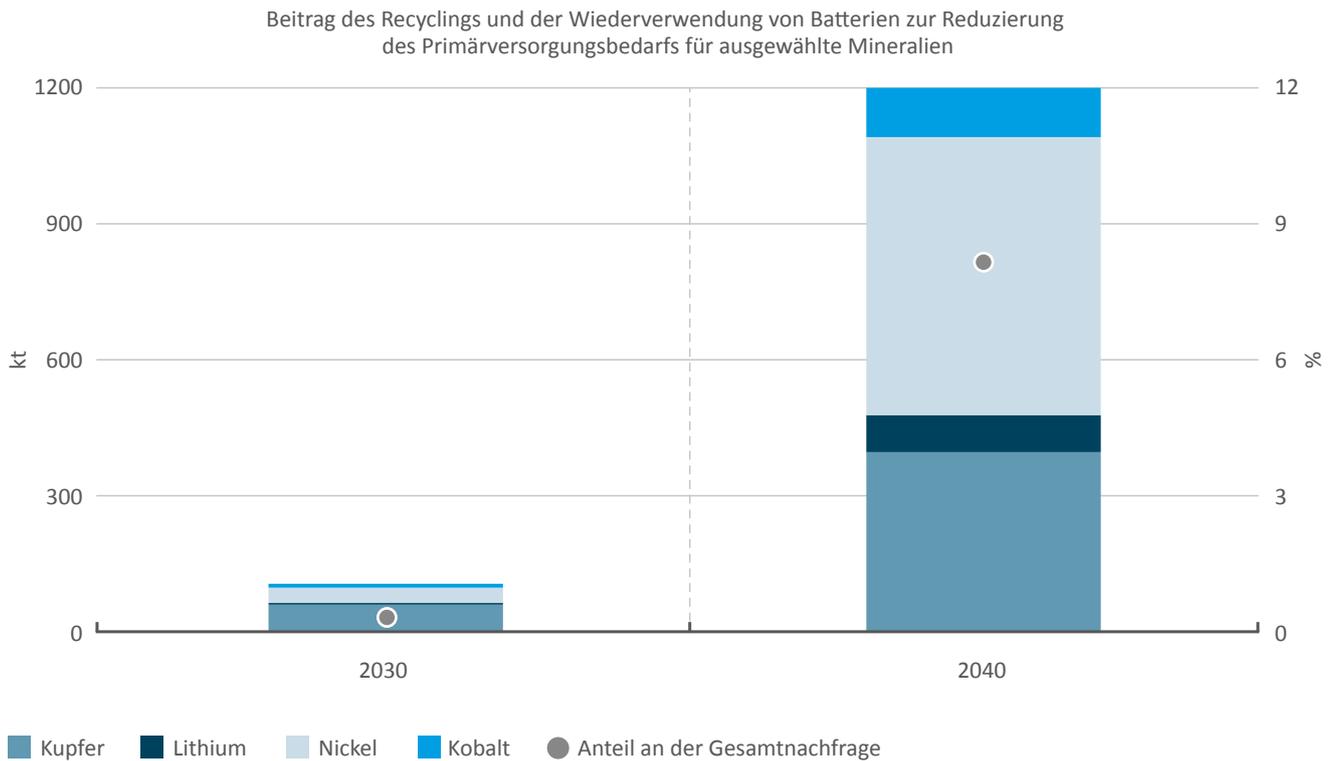
Fraunhofer ISI (2020, Urban Mining)



Ziel von **Urban Mining** ist es, Primärrohstoffe einzusparen, Rohstoffe effizient über den Produktzyklus hinaus zu nutzen und Sekundärrohstoffe aus Gebäuden, Infrastrukturen, Fahrzeugen und anderen langlebigen Gütern zu gewinnen. Dadurch bietet Urban Mining eine weitgehend unabhängige Quelle von Rohstoffen, sowohl zeitlich als auch geografisch.

Für viele Metalle ist Recycling bereits gut etabliert. Für einige, wie die Seltenen Erden, jedoch noch nicht. Dies könnte sich nach Einschätzung der *International Energy Agency (IEA)* allerdings auf längere Sicht ändern, da durch Batterien und Windturbinen wiederum neue, interessante Abfallströme entstehen.⁷³ Dies gilt, wie Abb. 15 verdeutlicht, insbesondere für die in dieser Publikation betrachteten Metalle Kupfer, Nickel und Kobalt, aber auch für Lithium.

Abb. 15: Wie das Recyceln von Batterien den Primärversorgungsbedarf in Zukunft begünstigen kann



Die zunehmende Komplexität der Altschrotte erfordert ... den verstärkten Einsatz neuer innovativer Aufbereitungsverfahren, um diesen „Metallschatz“ auch in Zukunft optimal zu heben.

Rainer Buchholz
Wirtschaftsvereinigung Metalle e.V.
Umweltbundesamt (2021, Stadtgold)



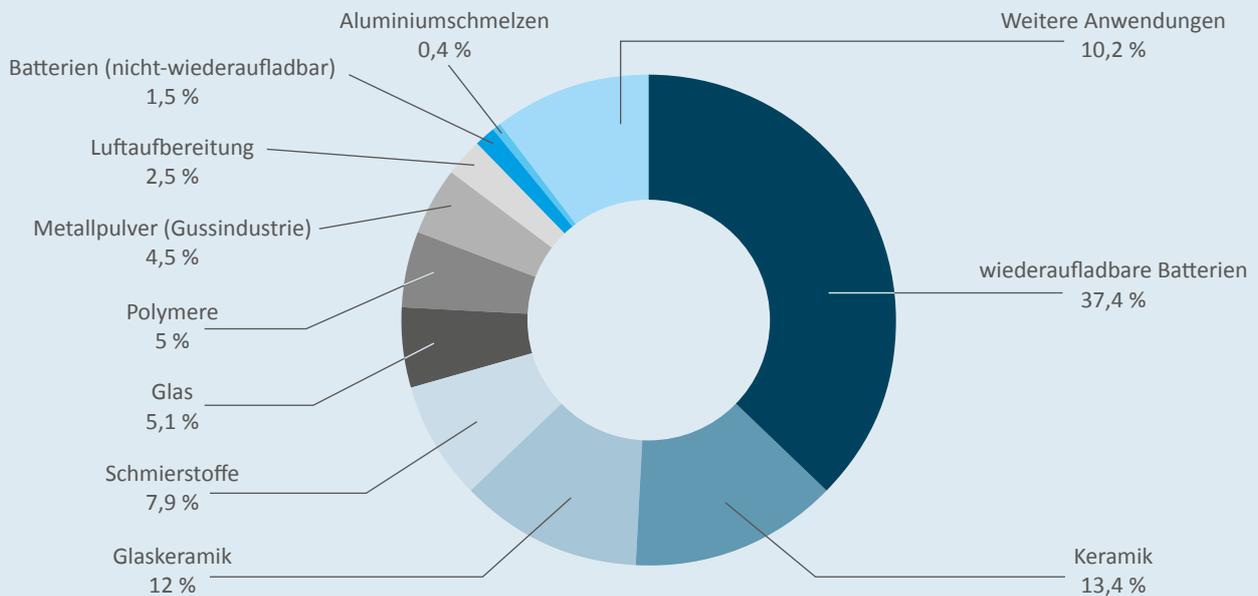
Exkurs – Lithium: Unverzichtbare Schlüsselkomponente für die Energiewende

Industriell bedeutend wurde das silbrig-weiß glänzende Leichtmetall im 20. Jahrhundert als Lagermetall für Eisenbahnen. Bei Zimmertemperatur besitzt es die geringste Dichte aller festen Elemente. Es zeichnet sich wie Eisen durch eine gute elektrische Leitfähigkeit und hohe Reaktionsfähigkeit aus. Aufgrund seiner Weichheit lässt sich Lithium gut zu Draht oder sehr dünnen Blättchen verarbeiten.

Noch vor einigen Jahren wurde Lithium v.a. für Keramiken und Gläser verwendet, denn Lithium reduziert die Empfindlichkeit der Endprodukte (wie Ceranfelder) gegen starke und plötzliche Temperaturschwankungen.

Heutzutage ist Lithium wichtig für Batterien von Elektrofahrzeugen. Hier hat sich der Bedarf in den letzten zehn Jahren auf 65 % fast verdreifacht, schließlich ist das Alkalimetall für die wiederaufladbaren Lithium-Ionen-Batterien unverzichtbar.⁷⁴ Mehr als 37 % des weltweit verwendeten Lithiums werden inzwischen für Lithium-Ionen-Batterien benötigt (vgl. Abb. 16).⁷⁵

Abb. 16: Verwendung von Lithium auf dem Weltmarkt



Quelle: Statista (2022, Lithium)

Verbaut werden Batterien dieser Art in vielen verschiedenen Anwendungen: in elektronischen Produkten wie Smartphones, Laptops, Tablets oder Smartwatches, aber auch in E-Autos und Hybridfahrzeugen sowie E-Bikes. Wichtig sind sie darüber hinaus für großformatige Energiespeicher. Kurzum, ohne das „weiße Gold“ Lithium ist die Mobilitäts- und Energiewende nicht zu realisieren.

Die Nachfrage nach Elektrofahrzeugen wächst deutlich. Allein im vergangenen Jahr haben sich die Absatzzahlen weltweit betrachtet zum Vorjahr verdoppelt; ein weiterer Boom ist realistisch. Aktuelle Prognosen zufolge ist 2022 und 2023 weltweit mit einem Plus von 50 % bei den Verkaufszahlen zu rechnen.⁷⁶ Dieser Trend wird noch dadurch verstärkt, dass immer mehr Länder gesetzliche Vorgaben zum Auslaufen von Verbrennungsmotoren planen oder bereits erlassen – als Schritt zu einem gezielten Übergang zur Elektromobilität.⁷⁷

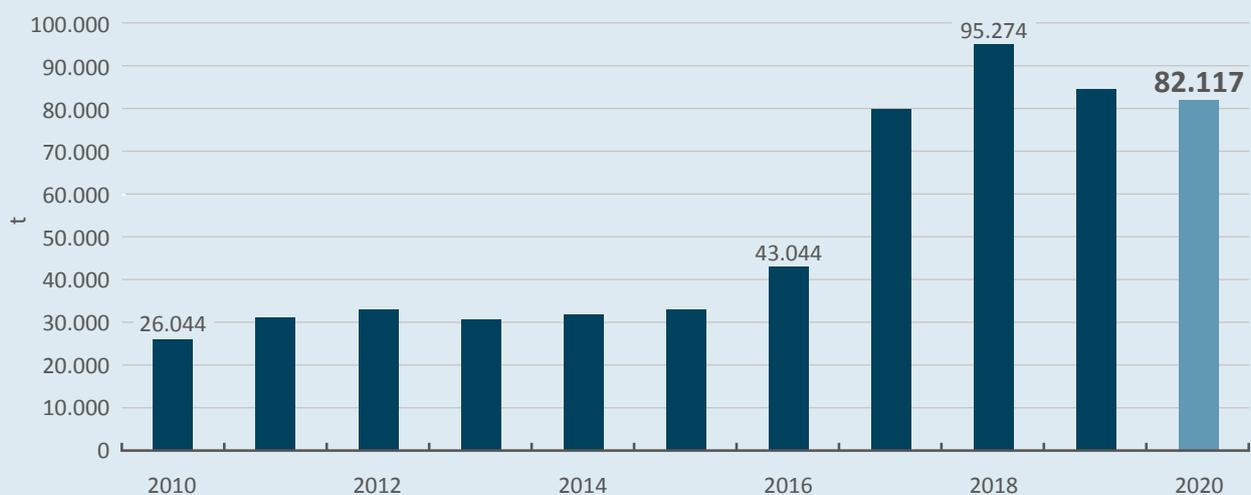
Auf Grundlage aktueller Daten und Einschätzungen rechnet die *KU Leuven* bis zur Mitte des Jahrhunderts im Falle von Lithium mit einem Nachfragezuwachs von über 2.100 % – also einer Verzwanzigfachung! – im Vergleich zu 2020.⁷⁸

Auch wenn sich durch neuartige Batterietechnologien – wie etwa spezielle Feststoffbatterien oder Batterien auf Grundlage anderer Substanzen – der Bedarf an Lithium künftig verändern könnte, bleibt der Rohstoff dennoch in den kommenden Jahren ein primärer Faktor zur Realisierung wichtiger Projekte einer gezielten Dekarbonisierung.⁷⁹

Da Lithium hierzulande nicht primär gewonnen wird, ist Deutschland auch bei diesem Rohstoff auf Importe angewiesen. Von den rund 89 Mio. t weltweiten Lithium-Reserven (2021) verfügt Chile mit 9 Mio. t über die größten bekannten Lagerstätten. Wichtigste Lithium-Förderländer sind derzeit Australien, Chile und China.⁸⁰ Der Abbau ist umstritten, da Lithium in riesigen Verdampfungsbecken gewonnen wird. Dies birgt Umweltgefahren und gefährdet zusätzlich den Lebensunterhalt der indigenen Völker.⁸¹

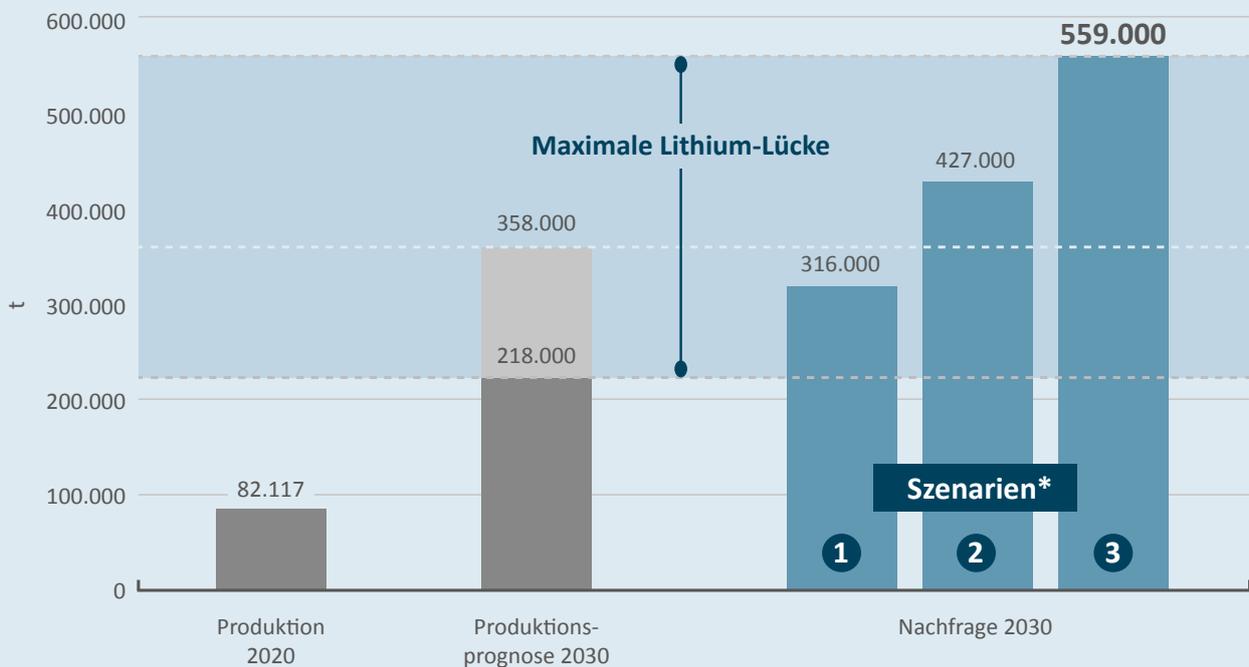
Angesichts des rapiden Ausbaus der Elektromobilität und anderer Bereiche erneuerbarer Energien sind Versorgungslücken schon jetzt spürbar, wie Abb. 17 und 18 verdeutlichen. „*Es ist einfach nicht genug Lithium da, obgleich es geologisch gesehen keine knappe Ressource ist,*“⁸² betont die *Bundesanstalt für Geowissenschaft und Rohstoffe (BGR)*. Schon 2030 wird die Lithiumnachfrage die gegenwärtig geplanten Ausbauproduktionskapazitäten übersteigen. Die Experten von *BGR* prognostizieren: „*Selbst in den optimistischsten Szenarien wäre man (in Europa) zu 56 Prozent auf Importe angewiesen.*“⁸³ In der Folge „*gerate Europa in eine gefährliche Preisabhängigkeit.*“⁸⁴

Abb. 17: Weltweite Lithium-Produktion



Quelle: Handelsblatt (2022, Lithium-Lücke)

Abb. 18: Ausblick auf weltweite Lithium-Nachfrage und Produktion



* Szenarien abhängig von der Nachfrageentwicklung bei der E-Mobilität

Quelle: Handelsblatt (2022, Lithium-Lücke)

Angesicht dieser absehbaren Verknappung hat sich der Autohersteller *Toyota* bereits direkt an einer Lithium-Mine beteiligt; auch andere führende Produzenten – darunter *Tesla* und der chinesische Konzern *BYD* – streben nach einer langfristigen Absicherung kritischer Rohstoffe für den Bau von Elektroautos.⁸⁵ Deutsche Hersteller halten sich bei Investitionen in Lithium-Projekte hingegen noch zurück. So setzt beispielsweise *Volkswagen* vielmehr auf Recycling, um den Bedarf an Primärrohstoffen zu reduzieren.⁸⁶

Kurzfristig ist Recycling noch kein Ausweg aus dem Versorgungsengpass, langfristig hingegen schon. Denn noch fallen nicht genügend ausgediente Fahrzeugbatterien an, um an das „weiße Gold“ zu gelangen. Dies könnte erst ab 2035 der Fall sein.⁸⁷ Auf lange Sicht ist Recycling unter Einbeziehung neuer Abfallströme das Mittel der Wahl: Bis Mitte des Jahrhunderts werde sich Europa, nach Einschätzung von Recyclingexperten, zu 77 % mit Lithium versorgen können.⁸⁸

Geothermie-Kraftwerke könnten in Zukunft für Europa und Deutschland ebenfalls von Relevanz sein, da im Thermalwasser erhöhte Lithiumgehalte zu finden sind. Mit Hilfe einer neuen Technik wird das abgekühlte Thermalwasser im ersten Schritt durch eine chemische Substanz gefiltert, die Lithium-Ionen aufnimmt. Dann wird das Gemisch in einem zweiten Schritt immer weiter konzentriert, bis Lithiumsalz ausfällt. Noch ist diese Form der Lithiumgewinnung an mehreren Standorten am Rheingraben in der Erprobungsphase – auf der französischen und der deutschen Seite.⁸⁹

Für ein erfolgreiches Recycling sind einige Herausforderungen zu meistern. Erstens, die zunehmende **Komplexität der Altschrotte**. Neue, innovative Aufbereitungsverfahren werden benötigt, um hohe Rückgewinnungsraten ohne Qualitätsverlust sicherzustellen. Moderne Detektionsverfahren sind also notwendig, um die Schrottgemische besser aufzutrennen, die Stoffe nutzbar zu machen und so die Schrottaufbereitung voranzutreiben.

Und zweitens die **Sammelquote**, die hierzulande steigerungsfähig ist, um wertvolle Zukunftsmetalle in den Kreislauf zurückzuholen und die Versorgung mit Sekundärrohstoffen zu ermöglichen. Gegenwärtig fließt noch viel aus Deutschlands anthropogenem Lager ins europäische und außereuropäische Ausland – meist als Gebrauchtware. Als Abfall eingestuftes Elektroschrott darf nicht in Entwicklungsländer exportiert werden, Gebrauchtware hingegen schon.

Nicht nur bei Elektrogeräten, auch bei Gebrauchtfahrzeugen sind die Abflüsse hoch. Deshalb fordern Experten klarer definierte Regelungen und Verfahrensabläufe durch die EU, um den Export vermeintlicher „Gebrauchtfahrzeuge“ effizienter zu unterbinden.⁹⁰ Dies betrifft u.a. die teils unzureichenden Kontrollen an den Seehäfen.

Gerade jetzt, wo Deutschlands Rohstoffabhängigkeit deutlich spürbar ist, gewinnen die in Abfällen enthaltenen Rohstoffe an Bedeutung. Sie sind nicht länger „nur“ Endprodukte, sondern Rohstofflieferanten und damit ein wichtiger Teil neuer Wirtschaftskreisläufe und verlängerter Wertschöpfungsketten.



Recycling is Europe's biggest way to improve its long-term self-sufficiency.

Gregoir / Van Acker (2022, Metals)



Bis Recycling eine tragfähige Versorgungsquelle für die begehrten Metalle in Europa darstellen kann, ist noch Geduld gefordert. Gregoir / van Acker gehen in der aktuellen Studie der *KU Leuven* davon aus, dass dies erst nach 2040 der Fall sein wird. Dies hängt primär damit zusammen, dass die für Elektrofahrzeuge und Technologien der erneuerbaren Energien verwendeten Metalle erst in den nächsten 15 Jahren für Recyclingprozesse zur Verfügung stehen werden. Mitte des Jahrhunderts könnten dann jedoch 40 bis 75 % des europäischen Bedarfs an Metallen für die Energiewende durch Recycling gedeckt werden.⁹¹

In der Gewinnung von Sekundärrohstoffen aus Recycling liegen somit vielversprechende Potenziale, die es zu nutzen gilt.

6 Fazit und Schlussfolgerungen

Die Welt befindet sich aktuell in einem Zustand akuter **Unordnung** und stark erhöhter **Fragilität**. Anders ausgedrückt: Das globale Gesamtsystem, getrieben durch ökonomische, geopolitische und ökologische Faktoren, entwickelt eine klare Tendenz in Richtung **zunehmender Entropie**.⁹²

Wie die Entwicklungen der letzten Jahre deutlich zeigen, verändern sich bisherige **ökonomische und geopolitische Strukturen** zuletzt sehr dynamisch. Angefangen von den massiven Folgen der Corona-Pandemie bis hin zu den komplexen und äußerst weitreichenden Konsequenzen des russischen Kriegs gegen die Ukraine kommt es vermehrt zu **akuten Umbrüchen** des bisherigen globalen Szenarios.

Mit Blick auf die Vielzahl gravierender Veränderungen zeichnet der Geopolitik-Experte Heilmann (2022) das Bild einer **geoökonomischen Zeitenwende**:

- ▶ „Die geoökonomische Zeitenwende erzeugt ein neues Szenario, wo Großmachtkonflikte sich weiter zuspitzen und damit auf absehbare Zeit ,die Weltwirtschaft zerlegen‘.“⁹³

Eine zentrale Rolle bei dieser Einschätzung spielen politisch oder ökonomisch bedingte **Verwerfungen** und **Entkopplungen** globaler Transaktionsnetze: Dabei wird im Ergebnis die Verfügbarkeit wichtiger Rohstoffe (z.B. Erdgas), Vorprodukte (z.B. Stahl), technischer Komponenten (z.B. Computerchips) oder Fertigwaren (z.B. Dünger) abrupt unterbrochen. Auch die Belastbarkeit und Verlässlichkeit bestimmter Transportwege und Lieferketten wird ernsthaft gefährdet oder zumindest strategisch in Frage gestellt.

- ▶ Dieser gesamthafte Hintergrund ist für die Analyse und das Verständnis der hier vorliegenden Problemstellung – Hightech-Metalle und Seltene Erden – von größter Bedeutung.

Wie die vorangegangenen Ausführungen gezeigt haben, ist speziell die Gruppe „strategischer Metalle“ (im Fokus stehen dabei Kupfer, Palladium, Lithium, Kobalt, Neodym und andere Seltene Erden) ein eindrucksvolles Beispiel für **strukturelle Abhängigkeiten** und mögliche geoökonomische Verwerfungen, denn:

- ▶ Einerseits ist die Gruppe der „strategischen Metalle“ von großer Wichtigkeit, um **wichtige Zukunftstechnologien** vorantreiben zu können. Dies gilt primär für Bereiche wie Digitalisierung, Raumfahrt, Telekommunikation und Elektromobilität, aber auch für alle modernen Militär- und Rüstungsprojekte. Hinzu kommt das gesamte Feld der **klimabedingten Dekarbonisierung**, mit dem Ziel einer schnellen Energiewende auf Grundlage erneuerbarer Energiequellen.
- ▶ Andererseits unterliegen viele „strategische Metalle“ schon heute **ernsthaften Knappheiten** und geopolitischen Risiken. Speziell der Komplex der Seltenen Erden zeigt eine **starke Konzentration** – sowohl der Lagerstätten als auch der Produktion – auf Länder wie China oder Russland, die sich nicht mehr zwingend als Teil eines freien und offenen Weltmarkts sehen.

Vor diesem Hintergrund wird klar, dass die Weltwirtschaft (speziell im Westen) den Aspekt einer reibungslosen und sicheren Versorgung mit „strategischen Metallen“ (Hightech-Metalle und Seltene Erden) bislang sträflich vernachlässigt hat – genauso wie bei dem Thema Energie. Ein Arbeitspapier der deutschen *Bundesakademie für Sicherheitspolitik (BAKS)* bestätigt und unterstreicht diesen Aspekt eindringlich:

- ▶ *„In Europa ist die Lage ähnlich besorgniserregend, wie in den USA: Nicht nur, dass es in der EU trotz hinreichender Vorkommen keine einzige Mine gibt, die Seltene Erden für Europas Industrie fördert. Die strategische Bedeutung dieser Elemente für die Energiewende und die militärische Autonomie der EU scheint seit der letzten Hochpreisphase 2011/12 in den politischen Entscheidungsebenen schlicht vergessen zu sein.“⁹⁴*

Daraus resultiert aus Sicht westlicher Industrieländer eine sehr **klare Risikoeinschätzung**: Jede neue geopolitische Verspannung – ausgelöst etwa durch einen Konflikt zwischen den USA und China um Taiwan – könnte umgehend zu einer **drastischen Verschärfung** der weltweiten Versorgungslage bei strategischen Metallen führen.⁹⁵

Ein solcher (plausibler) Risikofall würde nahtlos an das heutige Bild akuter Energieknappheit sowie umfassender Lieferbeschränkungen und Sanktions-Regimes zwischen dem Westen und Russland anschließen. Im Ergebnis würden wichtige Projekte und Zukunftstechnologien in den Industrieländern existentiell „abgehängt“, wenn die erforderlichen Mengen „strategischer Metalle“ nicht mehr oder nur zu deutlich höheren Preisen verfügbar wären.

Zur möglichen Relevanz dieses Risikoszenarios bemerkt *BAKS*:

- ▶ *„In den meisten Analysen zu Chinas Rolle im Seltene-Erden-Markt wird übersehen, dass die Volksrepublik nicht nur die meisten Rohstoffe produziert, sondern mittlerweile auch alle nachgeordneten Sektoren der Wertschöpfungskette bis zum Endprodukt fast vollständig durch chinesische Firmen dominiert werden.“⁹⁶*

Das auf Rohstoffmärkte spezialisierte Research-Haus *Fox-Davies* stellt dazu eindringlich klar:

- ▶ *„We would go as far as to say that most investors completely misunderstand the potential predicament surrounding a REE [rare earths] embargo; the myriad causation effects it would inevitably have on modern life, and the calamitous impact on certain industries, such as non-Chinese made EV's [Elektrofahrzeuge] and wind turbines.“⁹⁷*

Ähnlich wie Russland heute wäre dann künftig China in der Lage, bestehende Abhängigkeiten und Knappheiten – nun im Bereich der „strategischen Metalle“ – geopolitisch zu seinem Vorteil zu nutzen.

Und ähnlich wie heute hätte Europa (erneut) einen **abrupten Versorgungsengpass**, der zu massiven Einschränkungen, Verzögerungen oder gar Streichungen strategischer Projekte führen würde. Unternehmerverbände wie der *BDI* mahnen deutlich: *„Die Abhängigkeit von vielen mineralischen Rohstoffen aus China ist bereits heute größer als jene von Erdöl und Erdgas aus Russland.“⁹⁸*

Kritische Beobachter warnen deshalb bereits eindringlich vor einer möglichen „**Rohstoff-Falle**“.⁹⁹

Wie BAKS zutreffend ausführt, hat China in der Vergangenheit schon einmal – im Fall Japans – die Lieferung Seltener Erden massiv eingeschränkt:

- ▶ „Nach einer kleineren Auseinandersetzung zwischen japanischen und chinesischen Booten in den umstrittenen Gewässern des Ostchinesischen Meeres wurden sämtliche Lieferungen von Seltenen Erden aus China nach Japan für mehr als zwei Monate ausgesetzt. Die Folge waren ein bis dahin nie gesehener Preisanstieg und ein hektisches Investieren in neue Erkundungsprojekte und Verarbeitungstechnologien auf der gesamten Welt.“¹⁰⁰

Zu diesem latenten China-Risiko bemerkt BAKS unmissverständlich:

- ▶ „Vom Erz bis zum Endprodukt ist und bleibt die Volksrepublik ein Monopolist auf mehreren Stufen. ... Dieser Zustand hat erhebliche Auswirkungen auf die wirtschaftliche und militärische Sicherheit des Westens und seine Versorgungslage im Konfliktfall.“¹⁰¹

Dieser insgesamt sehr besorgniserregende Befund wird in Politik und Wirtschaft vielfach noch immer unterschätzt. Erst allmählich entsteht Bewusstsein für die potentiell sehr kritische Versorgungslage bei vielen der „strategischen Metalle“. Neue politische Initiativen zielen auf eine stärkere Bündelung von Einkaufsmacht, eine bessere globale Diversifikation möglicher Bezugsquellen sowie generell auf eine stärkere Förderung von Prozessen einer Kreislaufwirtschaft. Der aktuelle Vorstoß der *EU-Kommission*, mit dem Ziel einer speziellen Gesetzgebung zur Sicherung der strategischen Versorgungssicherheit („*Raw Materials Act*“), geht bereits sehr klar in diese Richtung.¹⁰²

Diesbezüglich konstatiert der zuständige EU-Kommissar Thierry Breton eine „*Ära der Naivität*“ und warnt eindringlich:

- ▶ „... die übermäßige Abhängigkeit Europas von kritischen Materialien, die oft nur aus einem Land stammen, wird immer riskanter.“¹⁰³

Zentraler Engpassfaktor für die Beschaffung strategischer Metalle bleibt jedoch auf absehbare Zeit **China**; dies gilt insbesondere für den zunehmend zukunfts-kritischen Bereich der Seltenen Erden. Der Aufbau eines Netzes alternativer Bezugsquellen, die global nur in sehr begrenztem Umfang verfügbar sind, ist jedoch nicht trivial. Dies erfordert in jedem Fall sehr schnelles und entschlossenes Handeln sowie ein neues Verständnis für die Struktur und die Bedeutung globaler Transaktionsnetze. Ebenfalls erforderlich ist eine gezielte (deutlich aktivere) **geostrategische Ausrichtung der Wirtschaftspolitik** sowie eine stärkere Koordination zwischen elementaren Zielen von Politik und Wirtschaft.¹⁰⁴

Denkfabriken wie die BAKS empfehlen der deutschen Politik deshalb eindringlich, „... Rohstoffsicherheit zum Bestandteil der Nationalen Sicherheitsstrategie zu machen, die die Bundesregierung ressortübergreifend erarbeiten und innerhalb des ersten Regierungsjahres vorlegen will.“¹⁰⁵

Speziell mit Blick auf die ambitionierten Ziele der EU, in den nächsten Jahren eine massive Transformation der Wirtschaft – hin zu mehr Nachhaltigkeit und massiver Reduktion klimaschädlicher Emissionen – umzusetzen, tritt hier ein **äußerst beunruhigendes Problem** hervor, das durch den aktuellen Konflikt mit Russland noch akut verschärft wird:

- ▶ Das **neue Paradoxon**, auf das Europa mit voller Kraft zusteuert, führt unmittelbar zu einem **gravierenden strategischen Dilemma**: Je mehr Europa versucht, sich durch alternative Energien von russischem Erdgas zu lösen, desto **größere Abhängigkeiten** entstehen wiederum bei strategischen Metallen (wie etwa das Beispiel Lithium eindrucksvoll zeigt).

Vor diesem Hintergrund ergeben sich für Unternehmer und Investoren sehr klare Schlussfolgerungen:

- Der Themenkomplex der „Hightech-Metalle und Seltenen Erden“ ist sowohl ökonomisch als auch geopolitisch von enormer (und künftig weiter steigender) Bedeutung.
- In vielen **Zukunftsindustrien** – nicht zuletzt in den Bereichen Digitalisierung, Verteidigung und nahezu allen Aspekten der Energiewende – besteht eine ungewöhnlich hohe Abhängigkeit von „strategischen Metallen“.
- Hinter diesen Abhängigkeiten stehen heute – als mögliche **Engpassfaktoren** – primär Länder wie China (Seltene Erden) sowie Russland (Nickel, Palladium); speziell China beherrscht heute faktisch den Weltmarkt für Seltene Erden.
- Damit wird klar, dass die Weltmarktsituation für „strategische Metalle“ schon heute in hohem Maße durch **geopolitische Faktoren** determiniert wird; dies gilt noch weitaus stärker im sich entwickelnden Szenario einer „geoökonomischen Zeitenwende“.
- Künftig denkbare geopolitische Verspannungen – speziell im Verhältnis zu China – könnten zu **abrupten Einschränkungen** der weltweiten Verfügbarkeit von Seltenen Erden und anderen „strategischen Metallen“ führen.
- Unternehmer und Investoren sollten sich in ihren Überlegungen und Aktivitäten auf dieses grundsätzliche Bild einstellen: Entsprechend sollten Investments in Industrien mit hohem Bedarf an „strategischen Metallen“ eng überwacht werden; gleichzeitig sollte verstärkt nach möglichen Chancen in den Sektoren „Recycling“ und „Urban Mining“ Ausschau gehalten werden. Da Investments im Bereich der „strategischen Metalle“ oft nicht problemlos möglich sind, können im Einzelfall auch Aktien entsprechender Minen und Produzenten in Betracht gezogen werden.

Erläuterungen

- ¹ Vgl. dazu: Baur / Flach (2022, Handelsbeziehungen).
- ² Vgl. dazu: Baur / Flach (2022, Handelsbeziehungen).
- ³ Vgl. dazu: Busch et al. (2022, Welt).
- ⁴ Vgl. Wellenreuther (2022, Chinas Rolle).
- ⁵ Vgl. dazu: Wellenreuther (2022, Chinas Rolle).
- ⁶ Vgl. etwa: Tagesspiegel (2022, Recycling).
- ⁷ Vgl. Handelsblatt (2022, Rohstoff-Falle); demnach will Breton „... die Ära der Naivität beenden“ und „... verhindern, dass die Europäer von einer Abhängigkeit in die nächste stolpern.“
- ⁸ Vgl. hierzu ausführlich: Statistisches Bundesamt (2022, Außenhandel).
- ⁹ Vgl. in diesem Zusammenhang: Bähr et al. (2022, Rohstoffabhängigkeiten).
- ¹⁰ Vgl. dazu: Busch et al. (2022, Welt).
- ¹¹ Busch et al. (2022, Welt).
- ¹² Vgl. etwa: Bähr et al. (2022, Rohstoffabhängigkeiten).
- ¹³ Vgl. zu diesem Hintergrund ausführlich: Heilmann (2022, Zeitenwende).
- ¹⁴ Vgl. etwa: Handelsblatt (2022, Rohstoffgigant).
- ¹⁵ Vgl. hierzu: DERA (2021, Nickel).
- ¹⁶ Vgl. in diesem Zusammenhang: Bähr et al. (2022, Rohstoffabhängigkeiten).
- ¹⁷ Vgl. dazu: Bähr et al. (2022, Rohstoffabhängigkeiten).
- ¹⁸ vbw (2021, Rohstoffversorgung).
- ¹⁹ Zur Zukunft von Wasserstoff als Energiequelle vgl. ausführlich: Scheppat et al. (2022, Wasserstoff) sowie Forschung und Wissen (2022, Wasserstoff).
- ²⁰ Vgl. hierzu: Bähr et al. (2022, Rohstoffabhängigkeiten).
- ²¹ Vgl. dazu: DW (2022, Autoindustrie).
- ²² Bähr et al. (2022, Rohstoffabhängigkeiten).
- ²³ Vgl. dazu: Bähr et al. (2022, Rohstoffabhängigkeiten).
- ²⁴ Vgl. hierzu: Heilmann (2022, Zeitenwende).
- ²⁵ Vgl. hierzu: Bardt (2019, Seltene Erden); Handelsblatt (2021, Seltene Erden).
- ²⁶ Vgl. in diesem Kontext: DERA (2021, Zukunftstechnologien).
- ²⁷ Vgl. dazu: DERA (2021, Zukunftstechnologien).
- ²⁸ Vgl. dazu ausführlich: DERA (2021, Zukunftstechnologien).
- ²⁹ Vgl. etwa: Baur / Flach (2022, Handelsbeziehungen).
- ³⁰ Vgl. hierzu: Handelsblatt (2022, Abhängigkeit).
- ³¹ Vgl. dazu: Biber et al. (2022, Blue Economy), zum Thema Tiefseebergbau insbesondere Kap. 3.
- ³² Vgl. dazu einfürend: idw (2022, Rohstoff-Dilemma).
- ³³ Vgl. dazu: DERA (2021, Zukunftstechnologien).
- ³⁴ Vgl. dazu: DERA (2021, Zukunftstechnologien).
- ³⁵ Vgl. zur weiteren Vertiefung: Richter (2021, UAM).
- ³⁶ Vgl. dazu ausführlich: DERA (2021, Graphit).
- ³⁷ Vgl. etwa: DERA (2021, Graphit).
- ³⁸ Vgl. dazu vertiefend: DERA (2021, Graphit).
- ³⁹ Vgl. dazu etwa: Handelsblatt (2022, Abhängigkeit).
- ⁴⁰ Vgl. etwa: DERA (2021, Zukunftstechnologien).
- ⁴¹ Vgl. dazu: DERA (2021, Zukunftstechnologien).
- ⁴² Vgl. dazu: Handelsblatt (2022, Abhängigkeit).
- ⁴³ Vgl. hierzu: DERA (2021, Zukunftstechnologien).
- ⁴⁴ Vgl. etwa: NZZ (2019, Rohstoffmacht).
- ⁴⁵ Vgl. dazu: IEA (2021, Critical Minerals).
- ⁴⁶ Vgl. in diesem Kontext: DERA (2021, Zukunftstechnologien).

- ⁴⁷ Vgl. etwa: BGR (2021, Rohstoffsituation).
- ⁴⁸ Vgl. hierzu: Rauch / Seidel (2015, Urban Mining).
- ⁴⁹ Vgl. in diesem Zusammenhang: Rauch / Seidel (2015, Urban Mining).
- ⁵⁰ Vgl. die Einschätzung von: DERA (2021, Zukunftstechnologien).
- ⁵¹ Vgl. hierzu: Europäischer Rat (2021, Prioritäten) sowie Europäischer Rat (2021, Joint Declaration).
- ⁵² Vgl. dazu einführend: Mineralienatlas (2022, Seltene Erden).
- ⁵³ Vgl. beispielsweise: Mineralienatlas (2022, Seltene Erden).
- ⁵⁴ Vgl. dazu: BGR (2021, Seltene Erden); Jüstel (o.A., Erden).
- ⁵⁵ Vgl. in diesem Kontext: BGR (2021, Seltene Erden).
- ⁵⁶ Vgl. dazu: Handelsblatt (2022, Abhängigkeit).
- ⁵⁷ Vgl. zu diesem Aspekt etwa: BGR (2021, Seltene Erden).
- ⁵⁸ Vgl. in diesem Zusammenhang: BGR (2021, Seltene Erden).
- ⁵⁹ Vgl. hierzu: Fox-Davies (2020, Rare Earths).
- ⁶⁰ Handelsblatt (2022, Abhängigkeit).
- ⁶¹ Vgl. dazu weiterführend: BAKS (2019, Seltene Erden).
- ⁶² BAKS (2019, Seltene Erden).
- ⁶³ Vgl. dazu etwa: BAKS (2019, Seltene Erden).
- ⁶⁴ Vgl. dazu vertiefend: BGR (2010, Elektronikmetalle).
- ⁶⁵ TRADIUM (2021, Neodym).
- ⁶⁶ Vgl. vertiefend: Fraunhofer ISI (2016, Neodym und Dysprosium).
- ⁶⁷ Fraunhofer ISI (2016, Neodym und Dysprosium).
- ⁶⁸ BAKS (2019, Seltene Erden).
- ⁶⁹ Vgl. einführend: NDR (2011, Neodym).
- ⁷⁰ BGR (2021, Rohstoffsituation).
- ⁷¹ Vgl. dazu: BGR (2021, Rohstoffsituation).
- ⁷² Umweltbundesamt (2021, Stadtgold).
- ⁷³ Vgl. dazu etwa: IEA (2021, Critical Minerals).
- ⁷⁴ Vgl.: DERA (2021, Zukunftstechnologien).
- ⁷⁵ Vgl. dazu: Statista (2022, Lithium).
- ⁷⁶ Vgl. etwa: Allianz Research (2022, Energy Transition).
- ⁷⁷ Vgl. dazu etwa das „Fit for 55“-Programm der EU-Kommission: Tagesschau (2022, Verbrennungsmotoren); analog auch: Tagesschau (2022, Verbrennerverbot).
- ⁷⁸ Vgl. dazu: Siebel (2022, Versorgung).
- ⁷⁹ Vgl. zum Thema Feststoffbatterien überblickartig: ntv (2022, Feststoffbatterie).
- ⁸⁰ Vgl. dazu: Statista (2022, Lithiumreserven); Handelsblatt (2022, Lithium-Lücke).
- ⁸¹ Vgl. zu den Umweltgefahren etwa: Deutschlandfunk (2019, Energiewende).
- ⁸² Handelsblatt (2022, Lithium-Lücke).
- ⁸³ Handelsblatt (2022, Lithium-Lücke).
- ⁸⁴ Handelsblatt (2022, Lithium-Lücke).
- ⁸⁵ Vgl. dazu etwa: Handelsblatt (2022, Batterie-Rohstoffe); Handelsblatt (2022, Lithium-Lücke).
- ⁸⁶ Vgl. dazu: Handelsblatt (2022, Lithium-Lücke).
- ⁸⁷ Hier positionieren sich bereits erste Unternehmen wie *Redwood Materials* in den USA, die sich auf das Batterie-Recycling bei Elektrofahrzeugen spezialisieren; vgl. dazu etwa: Handelsblatt (2022, Rohstofflieferant).
- ⁸⁸ Vgl. dazu: Siebel (2022, Versorgung).
- ⁸⁹ Vgl. hierzu einführend etwa: Deutschlandfunk (2022, Geothermie-Kraftwerke).
- ⁹⁰ Vgl. dazu: Umweltbundesamt (2021, Stadtgold).
- ⁹¹ Vgl. ausführlich: Gregoir / Van Acker (2022, Metals).
- ⁹² Als *Entropie* wird in der Systemtheorie der Grad an Unordnung in einem System bezeichnet; gleichbedeutend dazu ist eine stetige Abkehr und dynamische Bewegung weg von einem möglichen Gleichgewichtszustand.
- ⁹³ Heilmann (2022, Zeitenwende).
- ⁹⁴ BAKS (2019, Seltene Erden).

- ⁹⁵ Vgl. dazu bereits: BAKS (2019, Seltene Erden). Zum Risiko eines möglichen Taiwan-Konflikts zwischen den USA und China vgl. ausführlich: Rapp (2021, Taiwan).
- ⁹⁶ BAKS (2019, Seltene Erden).
- ⁹⁷ Fox-Davies (2020, Rare Earths), S. 4.
- ⁹⁸ Matthias Wachter, Leiter der Abteilung Internationale Zusammenarbeit, Sicherheit, Rohstoffe und Raumfahrt, beim Bundesverband der Deutschen Industrie (BDI); zitiert nach: Handelsblatt (2022, Abhängigkeit).
- ⁹⁹ Handelsblatt (2022, Rohstoff-Falle).
- ¹⁰⁰ BAKS (2019, Seltene Erden), S. 3.
- ¹⁰¹ BAKS (2019, Seltene Erden).
- ¹⁰² Vgl. Handelsblatt (2022, Rohstoff-Falle). Vgl. dazu weiterführend auch: ERMA (2020, Raw Materials).
- ¹⁰³ Handelsblatt (2022, Rohstoff-Falle), mit Bezug auf den EU-Binnenmarktkommissar Thierry Breton.
- ¹⁰⁴ Der Komplex der Energiewende ist dafür ein sehr markantes Beispiel: Neuere Politikansätze in Deutschland, angeführt vom grünen Wirtschaftsminister Habeck, zielen bereits in diese Richtung.
- ¹⁰⁵ Zitiert nach: Handelsblatt (2022, Abhängigkeit).

Literaturverzeichnis

- Allianz Research** (2022, Energy Transition): US and European EV outlook: Driving the energy transition, veröffentlicht 10.05.2022, https://www.allianz-trade.com/content/dam/onemarketing/aztrade/allianz-trade_com/en_gl/erd/publications/the-watch/2022_05_09_EV-outlook.pdf, zuletzt abgerufen am 17.06.2022.
- Bähr, C. / Fremerey, M. / Fritsch, M. / Obst, Th.** (2022, Rohstoffabhängigkeiten): Rohstoffabhängigkeiten der deutschen Industrie von Russland, veröffentlicht 03.04.2022 als IW-Kurzbericht Nr. 31/2022, https://www.iwkoeln.de/fileadmin/user_upload/Studien/Kurzberichte/PDF/2022/IW-Kurzbericht_2022-Rohstoffe_Russland.pdf, zuletzt abgerufen am 17.06.2022.
- BAKS** (2019, Seltene Erden): Unter dem Radar – Die strategische Bedeutung Seltener Erden für die wirtschaftliche und militärische Sicherheit des Westens, veröffentlicht 2019, veröffentlicht von Bundesakademie für Sicherheitspolitik, Arbeitspapier Sicherheitspolitik Nr. 13/2019, https://www.baks.bund.de/sites/baks010/files/arbeitspapier_sicherheitspolitik_2019_13.pdf, zuletzt abgerufen am 17.06.2022.
- Bardt, H.** (2019, Seltene Erden): Das vergessene Risiko der Seltenen Erden, veröffentlicht 06.06.2019 als IW-Kurzbericht Nr. 34/2019, [chrome-extension://efaidnbmninnbpcjpcjgclclefindmkaj/https://www.iwkoeln.de/fileadmin/user_upload/Studien/Kurzberichte/PDF/2019/IW-Kurzbericht_2019_Seltene_Erden.pdf](https://www.iwkoeln.de/fileadmin/user_upload/Studien/Kurzberichte/PDF/2019/IW-Kurzbericht_2019_Seltene_Erden.pdf), zuletzt abgerufen am 17.06.2022.
- Baur, A. / Flach, L.** (2022, Handelsbeziehungen): Deutsch-chinesische Handelsbeziehungen – Wie abhängig ist Deutschland vom Reich der Mitte?, veröffentlicht 31.03.2022, <https://www.ifo.de/DocDL/sd-2022-04-baur-flach-deutsch-chinesische-handelsbeziehungen.pdf>, zuletzt abgerufen am 17.06.2022.
- BGR** (2010, Elektronikmetalle): Commodity TopNews 33 (2010): Elektronikmetalle – Zukünftig steigender Bedarf bei unzureichender Versorgungslage?, veröffentlicht am 22.04.2010, https://www.bgr.bund.de/DE/Gemeinsames/Produkte/Downloads/Commodity_Top_News/Rohstoffwirtschaft/33_elektronikmetalle.pdf?__blob=publicationFile&v=4, zuletzt abgerufen am 17.06.2022.
- BGR** (2021, Seltene Erden): Seltene Erden – Informationen zur Nachhaltigkeit, veröffentlicht 03.2021, https://www.bgr.bund.de/DE/Gemeinsames/Produkte/Downloads/Informationen_Nachhaltigkeit/seltene_erden.pdf;jsessionid=6430A45CBCDC90D127EFC-FE196935613.2_cid292?__blob=publicationFile&v=3, zuletzt abgerufen am 17.06.2022.
- BGR** (2021, Rohstoffsituation): Deutschland – Rohstoffsituation 2020, veröffentlicht 11.2021, https://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Min_rohstoffe/Downloads/rohsit-2020.pdf?__blob=publicationFile&v=4, zuletzt abgerufen am 17.06.2022.
- Biber, A. / Knodt, St. / Visbeck, M.** (2022, Blue Economy): Sustainable Blue Economy – Transformation, Value and the Potential of Marine Ecosystems, veröffentlicht bei FERI Cognitive Finance Institute am 28.06.2022, <https://www.feri-institut.de/content-center/20220627>, zuletzt abgerufen am 04.07.2022.
- Busch, A. / Gusbeth, S. / Münchrath, J. / Peer, M. / Rickens, Ch.** (2022, Welt): Die Welt danach – Wie der Ukraine-Krieg Macht und Wohlstand neu verteilt, veröffentlicht 06.05.2022, in: Handelsblatt, <https://www.handelsblatt.com/politik/international/zukunft-der-globalisierung-die-welt-danach-wie-der-ukraine-krieg-macht-und-wohlstand-neu-verteilt/28308582.html>, zuletzt abgerufen am 17.06.2022.
- DERA** (2021, Nickel): DERA Rohstoffinformationen 48 – Rohstoffrisikobewertung – Nickel, veröffentlicht 02.2021, https://www.deutsche-rohstoffagentur.de/DE/Gemeinsames/Produkte/Downloads/DERA_Rohstoffinformationen/rohstoffinformationen-48.pdf;jsessionid=B0FC8078482EC3DB23176494E7E49F73.2_cid321?__blob=publicationFile&v=4, zuletzt abgerufen am 17.06.2022.
- DERA** (2021, Zukunftstechnologien): DERA Rohstoffinformationen 50 – Rohstoffe für Zukunftstechnologien 2021, veröffentlicht 05.2021, aktualisiert 08.2021, https://www.deutsche-rohstoffagentur.de/DE/Gemeinsames/Produkte/Downloads/DERA_Rohstoffinformationen/rohstoffinformationen-50.pdf?__blob=publicationFile&v=4, zuletzt abgerufen am 17.06.2022.
- DERA** (2021, Graphit): DERA Rohstoffinformationen 51 – Rohstoffrisikobewertung – Graphit, veröffentlicht 11.2021, https://www.deutsche-rohstoffagentur.de/DE/Gemeinsames/Produkte/Downloads/DERA_Rohstoffinformationen/rohstoffinformationen-51.pdf?__blob=publicationFile&v=2, zuletzt abgerufen am 17.06.2022.
- DERA** (2022, Rohstoffinformationen): DERA Rohstoffinformationen 52 – Securing raw material supply: Benchmarking of measures of foreign manufacturing companies and recommendations for action, veröffentlicht 03.2022, https://www.deutsche-rohstoffagentur.de/DE/Gemeinsames/Produkte/Downloads/DERA_Rohstoffinformationen/rohstoffinformationen-52.pdf?__blob=publicationFile&v=3, zuletzt abgerufen am 17.06.2022.
- DERA** (o.A., Erden): Rohstoff Seltene Erden, veröffentlicht o.A., [https://www.deutsche-rohstoffagentur.de/DERA/DE/Downloads/m-seltene-erden.pdf?__blob=publicationFile&v=2#:~:text=Seltene%20Erden%20werden%20heute%20fast%20ausschlie%C3%9F%20lich%20nach%20element%2D%20und,Batterien\)%2C%20Katalysatoren%20und%20Polituren.](https://www.deutsche-rohstoffagentur.de/DERA/DE/Downloads/m-seltene-erden.pdf?__blob=publicationFile&v=2#:~:text=Seltene%20Erden%20werden%20heute%20fast%20ausschlie%C3%9F%20lich%20nach%20element%2D%20und,Batterien)%2C%20Katalysatoren%20und%20Polituren.), zuletzt abgerufen am 17.06.2022.
- Deutschlandfunk** (2019, Energiewende): Lithium-Abbau in Südamerika – Kehrseite der Energiewende, veröffentlicht 30.04.2019, <https://www.deutschlandfunk.de/lithium-abbau-in-suedamerika-kehrseite-der-energiewende-100.html>, zuletzt abgerufen am 17.06.2022.
- Deutschlandfunk** (2022, Geothermie-Kraftwerke): Lithium aus Thermalwasser – Geothermie-Kraftwerke sollen begehrtes Metall fördern, veröffentlicht 04.05.2022, <https://www.deutschlandfunk.de/lithium-thermalwasser-foerderung-deutschland-geothermie-100.html>, zuletzt abgerufen am 17.06.2022.

DW (2022, Autoindustrie): Nickel, Palladium, Neon-Gas – Autoindustrie alarmiert wegen fehlender Rohstoffe als Folge des Ukraine-Kriegs, veröffentlicht 30.03.2022, <https://www.dw.com/de/nickel-palladium-neon-gas-autoindustrie-alarmiert-wegen-fehlender-rohstoffe-als-folge-des-ukraine-kriegs/a-61289038>, zuletzt abgerufen am 17.06.2022.

elektroniknet.de (2022, Risiken): Risiken bei der Versorgung, veröffentlicht 03.05.2022, <https://www.elektroniknet.de/power/energiespeicher/ohne-massives-recycling-koennte-der-green-deal-scheitern.195820.html>, zuletzt abgerufen am 17.06.2022.

ERMA (2020, Raw Materials): The Action Plan on Critical Raw Materials, veröffentlicht 03.09.2020, <https://erma.eu/eu-policy/#:~:text=The%20Action%20Plan%20on%20Critical%20Raw%20Materials%20is%20aimed%20to%3A&text=strengthen%20domestic%20sourcing%20of%20raw,respecting%20the%20EU's%20international%20obligations>, zuletzt abgerufen am 17.06.2022.

Europäischer Rat (2021, Prioritäten): EU-Institutionen einigen sich auf Prioritäten für 2022 für eine neu belebte und resilientere EU, veröffentlicht am 16.12.2021, <https://www.consilium.europa.eu/de/press/press-releases/2021/12/16/eu-institutions-agree-priorities-for-2022-for-a-resilient-and-reinvigorated-eu/#>, zuletzt abgerufen am 17.06.2022.

Europäischer Rat (2021, Joint Declaration): Joint Declaration on EU Legislative Priorities for 2022 – Working document, veröffentlicht am 16.12.2021, https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/211215-joint_declaration_2022_working_document_updated_clean.pdf, zuletzt abgerufen am 17.06.2022.

FAZ (2010, Cerium): Cerium – den Namen muss man sich merken, veröffentlicht am 11.11.2010, <https://www.faz.net/aktuell/finanzen/seltene-erden-cerium-den-namen-muss-man-sich-merken-14579.html>, zuletzt abgerufen am 17.06.2022.

Forschung und Wissen (2022, Wasserstoff): Nanoteilchen aus Palladium speichern Wasserstoff, veröffentlicht 02.01.2022, <https://www.forschung-und-wissen.de/nachrichten/chemie/nanoteilchen-aus-palladium-speichern-wasserstoff-13375695>, zuletzt abgerufen am 17.06.2022.

Fox-Davies Capital Ltd. (2020, Rare Earths): Rare Earths, veröffentlicht am 14.10.2020, <https://naturalresourcesforum.com/-/resources/fox-davies-research.pdf>, zuletzt abgerufen am 17.06.2022.

Fraunhofer ISI (2016, Neodym und Dysprosium): Globale Verwendungsstrukturen der Magnetwerkstoffe Neodym und Dysprosium: Eine szenariobasierte Analyse der Auswirkung der Diffusion der Elektromobilität auf den Bedarf an Seltenen Erden, veröffentlicht 06.2016, https://www.isi.fraunhofer.de/content/dam/isi/dokumente/sustainability-innovation/2016/WP05-2016_Globale-Verwendungsstrukturen.pdf, zuletzt abgerufen am 17.06.2022.

Fraunhofer ISI (2020, Urban Mining): The promise and limits of Urban Mining, veröffentlicht 11.2020, https://www.isi.fraunhofer.de/content/dam/isi/dokumente/ccn/2020/Fraunhofer_ISI_Urban_Mining.pdf, zuletzt abgerufen am 17.06.2022.

FuW (2022, Energiewende): Bergbau für die Energiewende, Finanz und Wirtschaft, 15.06.2022, Seiten 1 & 5; inhaltsgleich veröffentlicht unter: <https://www.fuw.ch/article/mit-bergbauriesen-vom-energiewandel-profitieren>, 15.06.2022, zuletzt abgerufen am 17.06.2022.

Gregoir, L. / Van Acker, K. (2022, Metals): Metals for clean energy – Pathways to solving Europe’s raw materials challenge, veröffentlicht 04.2022, <https://eurometaux.eu/media/jmxf2qm0/metals-for-clean-energy.pdf>, zuletzt abgerufen am 17.06.2022.

Handelsblatt (2021, Seltene Erden): Seltene Erden als Druckmittel: Deutsche Industrie fürchtet neue Bestimmungen aus China, veröffentlicht 31.01.2021, <https://www.handelsblatt.com/politik/international/grundstoffe-seltene-erden-als-druckmittel-deutsche-industrie-fuerchtet-neue-bestimmungen-aus-china/26869182.html>, zuletzt abgerufen am 17.06.2022.

Handelsblatt (2022, Rohstoffgigant): Studie – Deutschland nicht nur bei Gas von Rohstoffgigant Russland abhängig, veröffentlicht am 03.04.2022, <https://www.handelsblatt.com/unternehmen/industrie/importe-studie-deutschland-nicht-nur-bei-gas-von-rohstoffgigant-russland-abhaengig/28223682.html>, zuletzt abgerufen am 17.06.2022.

Handelsblatt (2022, Nickel-Markt): Turbulenzen am Nickel-Markt haben Konsequenzen – Preisschranken für alle Metalle, veröffentlicht am 04.04.2022, https://www.handelsblatt.com/finanzen/maerkte/devisen-rohstoffe/londoner-metallboerse-turbulenzen-am-nickel-markt-haben-konsequenzen-preisschranken-fuer-alle-metalle/28225792.html?nlayer=Newsticker_1985586, zuletzt abgerufen am 17.06.2022.

Handelsblatt (2022, Batterie-Rohstoffe): Der Run auf Batterie-Rohstoffe, in: Handelsblatt vom 13.04.2022, S. 4-5. Inhaltsgleich veröffentlicht unter: Das Ringen um den Akku – Immer mehr Autobauer decken sich mit Batteriemetallen ein, veröffentlicht am 12.04.2022, <https://www.handelsblatt.com/unternehmen/industrie/elektromobilitaet-das-ringen-um-den-akku-immer-mehr-autobauer-decken-sich-mit-batteriemetallen-ein/28246478.html>, zuletzt abgerufen am 17.06.2022.

Handelsblatt (2022, Rohstofflieferant): Das Auto wird Rohstofflieferant, in: Handelsblatt vom 13.04.2022, S. 5.

Handelsblatt (2022, Rohstoff-Falle): In der Rohstoff-Falle, in: Handelsblatt vom 10.06.2022, S. 10-11. Inhaltsgleich veröffentlicht unter: Energiewende – Lithium aus Deutschland, Magnesium aus Spanien: So könnte Europa unabhängiger von China werden, veröffentlicht am 10.06.2022, <https://www.handelsblatt.com/politik/international/energiewende-lithium-aus-deutschland-magnesium-aus-spanien-so-koennte-europa-unabhaengerig-von-china-werden/28412264.html>, zuletzt abgerufen am 17.06.2022.

Handelsblatt (2022, Abhängigkeit): Raus aus der Abhängigkeit, in: Handelsblatt vom 20.06.2022, S. 6-7. Inhaltsgleich veröffentlicht unter: Energiewende in chinesischer Hand: Deutschlands gefährliche Rohstoffabhängigkeit, veröffentlicht 20.06.2022, <https://www.handelsblatt.com/politik/international/nationale-sicherheitsstrategie-energiewende-in-chinesischer-hand-deutschlands-gefaehrliche-rohstoffabhaengigkeit/28435376.html>, zuletzt abgerufen am 20.06.2022.

- Handelsblatt** (2022, Lithium-Lücke): Die Lithium-Lücke, in: Handelsblatt vom 23.06.2022, S. 4-5. Inhaltsgleich veröffentlicht unter: Der Elektroauto-Boom droht auszubleiben: „Es ist einfach nicht genug Lithium da“, veröffentlicht 23.06.2022, <https://amp2.handelsblatt.com/unternehmen/energie/elektromobilitaet-der-elektroauto-boom-droht-auszubleiben-es-ist-einfach-nicht-genug-lithium-da/28444618.html>, zuletzt abgerufen am 23.06.2022.
- Heilmann, S.** (2022, Zeitenwende): Geoökonomische Zeitenwende – Wie Großmachtkonflikte die Weltwirtschaft zerlegen, veröffentlicht bei FERI Cognitive Finance Institute am 26.04.2022, <https://www.feri-institut.de/content-center/20220426>, zuletzt abgerufen am 17.06.2022.
- idw** (2022, Rohstoff-Dilemma): Forschung am Rohstoff-Dilemma – Hochtechnologie-Metalle Germanium und Gallium aus der Tiefsee?, veröffentlicht 10.05.2022, <https://idw-online.de/de/news793381>, zuletzt abgerufen am 17.06.2022.
- IEA** (2021, Critical Minerals): The role of critical minerals in clean energy transitions, veröffentlicht 05.2021, <https://www.iea.org/reports/the-role-of-critical-minerals-in-clean-energy-transitions>, zuletzt abgerufen am 17.06.2022.
- Jüstel, T.** (o.A., Erden): Seltene Erden – Vorkommen und Anwendungen, https://www.fh-muenster.de/ciw/downloads/personal/juestel/juestel/chemie/Seltene_Erden-Vorkommen_und_Anwendungen-1.pdf, zuletzt abgerufen am 17.06.2022.
- Mineralienatlas** (2022, Erden): Seltene Erden, <https://www.mineralienatlas.de/lexikon/index.php/Mineralienportrait/Seltene%20Erden/Definition%20der%20Seltenen%20Erden>, zuletzt aufgerufen am 17.06.2022.
- NDR** (2011, Neodym): Neodym – Das schmutzige Geheimnis sauberer Windräder, veröffentlicht 27.04.2011, <https://daserste.ndr.de/panorama/archiv/2011/Das-schmutzige-Geheimnis-sauberer-Windraeder,windkraft189.html>, zuletzt abgerufen am 17.06.2022.
- ntv** (2022, Feststoffbatterie): Wann kommt die Feststoffbatterie?, veröffentlicht 15.06.2022, <https://www.n-tv.de/auto/nachhaltige-e-mobilitaet/Wann-kommt-die-Feststoffbatterie-article23296824.html>, zuletzt abgerufen am 20.06.2022.
- NZZ** (2019, Rohstoffmacht): China ist eine Rohstoffmacht im Verborgenen – Peking dominiert bei vielen Nischenmetallen, was Importländer unter Druck setzen kann, veröffentlicht 26.05.2019, <https://www.nzz.ch/wirtschaft/china-ist-eine-rohstoffmacht-im-verborgenen-ld.1483608>, zuletzt abgerufen am 17.06.2022.
- Rapp, H.-W.** (2021, Taiwan): Trouble Spot Taiwan – Ein gefährlich unterschätztes Problem, veröffentlicht bei FERI Cognitive Finance Institute am 27.04.2021, <https://www.feri-institut.de/content-center/20210427>, zuletzt abgerufen am 17.06.2022.
- Rauch, Ch. / Seidel, A.** (2015, Urban Mining): Urban Mining – Müllberge zu Goldgruben, veröffentlicht 09.2015, <https://www.zukunftsinstitut.de/artikel/urban-mining/>, zuletzt abgerufen am 17.06.2022.
- Richter, M.** (2021, UAM): Urban Air Mobility – Flugdrohnen als Transportmittel der Zukunft, veröffentlicht bei FERI Cognitive Finance Institute am 05.05.2021, <https://www.feri-institut.de/content-center/20210505>, zuletzt abgerufen am 17.06.2022.
- Scheppat, B. / Coleman, D. / Werner, M.** (Wasserstoff als Energiequelle der Zukunft – Grundlagen, Konzepte und mögliche Anwendungsbereiche, veröffentlicht bei FERI Cognitive Finance Institute am 11.01.2022, <https://www.feri-institut.de/content-center/20211221>, zuletzt abgerufen am 17.06.2022.
- Siebel, Th.** (2022, Versorgung): Wie Europas Versorgung mit kritischen Metallen sicherer wird, veröffentlicht 05.05.2022, <https://www.springerprofessional.de/batterie/rohstoffe/wie-europas-versorgung-mit-kritischen-metallen-sicherer-wird/20373964>, zuletzt abgerufen am 17.06.2022.
- Statista** (2022, Lithium): Verwendung von Lithium auf dem Weltmarkt, veröffentlicht 01.04.2022, <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/159921/umfrage/verwendungszwecke-von-lithium-auf-dem-weltmarkt/>, zuletzt abgerufen am 17.06.2022.
- Statista** (2022, Lithiumreserven): Länder mit den größten Lithiumreserven 2021, veröffentlicht 01.04.2022, <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/159933/umfrage/laender-mit-den-groessten-lithiumreserven-weltweit/#:~:text=Weltweit%20belaufen%20sich%20die%20Ressourcen,derzeit%20Australien%2C%20Chile%20und%20China.>, zuletzt abgerufen am 17.06.2022.
- Statistisches Bundesamt** (2022, Außenhandel): Fakten zum Außenhandel mit Russland – Pressemitteilung Nr. N 010 vom 24.02.2022, veröffentlicht 24.02.2022, https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2022/02/PD22_N010_51.html, zuletzt abgerufen am 17.06.2022.
- tagesschau** (2022, Recycling): Mehr Recycling, weniger Abhängigkeit, veröffentlicht 25.04.2022, <https://www.tagesschau.de/wirtschaft/technologie/recycling-seltene-erden-metalle-engpass-eu-energiewende-nachhaltigkeit-versorgungseingpasse-101.html>, zuletzt abgerufen am 17.06.2022.
- tagesschau** (2022, Verbrennungsmotoren): Aus für Verbrennungsmotoren ab 2035?, veröffentlicht 08.06.2022, <https://www.tagesschau.de/ausland/europa/eu-parlament-fit-for-101.html>, zuletzt abgerufen am 20.06.2022.
- tagesschau** (2022, Verbrennerverbot): EU für Verbrennerverbot ab 2035, veröffentlicht 08.06.2022, <https://www.tagesschau.de/ausland/europa/eu-verbrenner-101.html>, zuletzt abgerufen am 20.06.2022.
- Tagesspiegel** (2022, Recycling): Mit Recycling aus der Rohstofffalle, veröffentlicht 25.04.2022, <https://background.tagesspiegel.de/energie-klima/mit-recycling-aus-der-rohstofffalle>, zuletzt abgerufen am 17.06.2022.
- TRADIUM** (2021, Neodym): Neodym – Starke Anziehungskraft, veröffentlicht in: Technologiemetalle.de, <https://www.technologiemetalle.de/neodym-2/>, zuletzt abgerufen am 17.06.2022.

Umweltbundesamt (2021, Stadtgold): Stadtgold – Metalllager mit Zukunft. Ein Leitfaden, veröffentlicht 12.2021, 2. Auflage, https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/uba_leitfaden_kartal_iii_metalle_211217_bf.pdf, zuletzt abgerufen am 17.06.2022.

vbw (2021, Rohstoffversorgung): Sicher Rohstoffversorgung, veröffentlicht 12.2021, https://www.vbw-bayern.de/Redaktion/Freizugaengliche-Medien/Abteilungen-GS/Wirtschaftspolitik/2021/Downloads/211207-E4-Pospap-Sichere-Rohstoffversorgung_final.pdf, zuletzt abgerufen am 17.06.2022.

Wellenreuther, C. (2022, Chinas Rolle): Chinas Rolle auf den Industriemetallmärkten, veröffentlicht 15.02.2022, in: Wirtschaftsdienst, 102. Jahrgang, 2022, Heft 2, S. 151f, <https://www.wirtschaftsdienst.eu/inhalt/jahr/2022/heft/2/beitrag/chinas-rolle-auf-den-industriemetallmaerkten.html>, zuletzt abgerufen am 17.06.2022.

Wikipedia (2022, Erden): Metalle der Seltenen Erden, https://de.wikipedia.org/wiki/Metalle_der_Seltenen_Erden, zuletzt abgerufen am 17.06.2022.

Impressum

Herausgeber: FERI Cognitive Finance Institute, Bad Homburg

Autoren: Dr. Heinz-Werner Rapp, Gründer & Leiter Steering Board, FERI Cognitive Finance Institute
Iris Réthy-Jensen, Wissenschaftliche Mitarbeiterin & Projektmanagerin, FERI Cognitive Finance Institute

Veröffentlichung: Juli 2022

Bisherige Publikationen im FERI Cognitive Finance Institute:

Studien:



1. Carbon Bubble und Dekarbonisierung (2017)
2. Overt Monetary Finance (OMF) (2017)
3. Die Rückkehr des Populismus (2017)
4. KI-Revolution in der Asset & Wealth Management Branche (2017)
5. Zukunftsrisiko „Euro Break Up“ (2018)
6. Die Transformation zu einer kohlenstoffarmen Wirtschaft, (2018)
7. Wird China zur Hightech-Supermacht? (2018)
8. Zukunftsrisiko „Euro Break Up“, 2. aktualisierte und erweiterte Auflage (2018)
9. Risikofaktor USA (2018)
10. Impact Investing: Konzept, Spannungsfelder und Zukunftsperspektiven (2019)
11. „Modern Monetary Theory“ und „OMF“ (2019)
12. Alternative Mobilität (2019)
13. Digitalisierung – Demographie – Disparität (2020)
14. „The Great Divide“ (2020)
15. Zukunftstrend „Alternative Food“ (2020)
16. Digitalisierung – Demographie – Disparität, 2. aktualisierte und erweiterte Auflage (2020)
17. „The Great Progression“ (2021)
18. „Blockchain und Tokenisierung“ (2021)
19. „The Monetary Supercycle“ (2021)
20. Wasserstoff als Energiequelle der Zukunft (2022)

Cognitive Comments:



1. Network Based Financial Markets Analysis (2017)
2. Zwischen Populismus und Geopolitik (2017)
3. „Neue Weltordnung 2.0“ (2017)
4. Kryptowährung, Cybermoney, Blockchain (2018)
5. Dekarbonisierungsstrategien für Investoren (2018)
6. Innovation in blockchain-based business models and applications in the enterprise environment (2018)
7. Künstliche Intelligenz, Quanten-Computer und Internet of Things - Die kommende Disruption der Digitalisierung (2019)
8. Quantencomputer, Internet of Things und superschnelle Kommunikationsnetze (2019)
9. Was bedeutet die CoViD19-Krise für die Zukunft? (2020)
10. Trouble Spot Taiwan – ein gefährlich unterschätztes Problem (2021)
11. Urban Air Mobility – Flugdrohnen als Transportmittel der Zukunft (2021)
12. „Longevity“: Megatrend Langlebigkeit – Die komplexen Auswirkungen und Konsequenzen steigender Lebenserwartung (2022)
13. Hightech-Metalle und Seltene Erden – Akute Rohstoff-Risiken für Europas Zukunft (2022)

Cognitive Briefings:



1. Ressourcenverbrauch der Digital-Ökonomie (April 2020)
2. Globale Bifurkation oder „New Cold War“? (Mai 2020)
3. Digitaler Euro: Das Wettrennen zwischen Europäischer Zentralbank und Libra* Association (Dezember 2020)
4. Herausforderung „Deep Fake“ (Dezember 2021)
5. Geoökonomische Zeitenwende (April 2022)

„Die übermäßige Abhängigkeit Europas von kritischen Materialien, die oft nur aus einem Land stammen, wird immer riskanter.“

Thierry Breton, EU-Kommissar für Binnenmarkt und Dienstleistungen
Handelsblatt (2022, Rohstoff-Falle)

„Europa muss dringend entscheiden, wie es seine drohende Versorgungslücke bei Primärmetallen schließen will. Ohne eine entschlossene Strategie riskiert es neue Abhängigkeiten von nicht nachhaltigen Lieferanten. ... Recycling ist Europas größte Möglichkeit, seine langfristige Selbstversorgung zu verbessern.“

Liesbet Gregoir, KU Leuven
elektroniknet.de (2022, Risiken)



FERI AG | FERI Cognitive Finance Institute
Das strategische Forschungszentrum der FERI Gruppe
Haus am Park
Rathausplatz 8 – 10
61348 Bad Homburg v.d.H.
Tel. +49 (0)6172 916-3631
info@feri-institut.de
www.feri-institut.de



Rechtliche Hinweise: Alle Angaben und Quellen werden sorgfältig recherchiert. Für Vollständigkeit und Richtigkeit der dargestellten Information wird keine Gewähr übernommen. Diese Publikation ist urheberrechtlich geschützt. Jede weitere Verwendung, insbesondere der gesamte oder auszugsweise Nachdruck oder die nicht nur private Weitergabe an Dritte, ist nur mit vorheriger schriftlicher Zustimmung von FERI gestattet. Die nicht autorisierte Einstellung auf öffentlichen Internetseiten, Portalen oder anderen sozialen Medien ist ebenfalls untersagt und kann rechtliche Konsequenzen nach sich ziehen. Die angeführten Meinungen sind aktuelle Meinungen, mit Stand des in diesen Unterlagen aufgeführten Datums. FERI AG, Stand 2022