

ROHSTOFFE FÜR DEUTSCHLAND UND AUSWIRKUNGEN DES RUSSLAND-UKRAINE KONFLIKTS

Autoren
J.A. Ölmez M.Sc.
Prof. Dr. C. Hilgers



Inhaltsverzeichnis

Vorwort	03
Zusammenfassung	04
Betrachtung ausgewählter Rohstoffe aus Russland und der Ukraine – Entwicklungen und Auswirkungen des Russland-Ukraine Konflikts für Deutschland	05
Fazit und Handlungsempfehlungen	08
Ein globaler Anstieg des Rohstoffbedarfs	09
Kritische und strategische Rohstoffe	10
Rohstoffstrategie der EU	14
Deutsche Rohstoffstrategie	15
Sanktionen der EU gegen Russland	16
Deutschlands Rohstoffhandel mit Russland	18
Deutschlands Rohstoffhandel mit der Ukraine	21
Globaler Anteil kritischer und strategischer Rohstoffe aus Russland und der Ukraine	22
Der Einfluss des Russland-Ukraine Konflikts auf die Zulieferung kritischer und strategischer Rohstoffe für die EU und Deutschland	26
Ukraine: Der Einfluss des Russland-Ukraine Konflikts auf die Zulieferung kritischer und strategischer Rohstoffe	29
Russland: Der Einfluss des Russland-Ukraine Konflikts auf die Zulieferung kritischer und strategischer Rohstoffe	33
Recycling und Substitutionen bieten keinen Ausgleich für Rohstoffe und Waren aus Russland oder der Ukraine	40
Beispiele für Maßnahmen gegen den Mangel an verfügbaren Rohstoffen	43
Die Bedeutung der strategischen Allianz Russland-China für Deutschlands Wirtschaft	45
Fazit zu den Strategien zur Rohstoffsicherung	46
Referenzen	48
Impressum	55

Vorwort

Die letzten Jahre haben gezeigt: die geopolitischen Spannung und Krisen nehmen zu. Ein deutliches Zeichen dafür ist der Krieg zwischen der Ukraine und Russland. Das hat direkte Auswirkungen auf unsere Rohstoffversorgung. Dabei ist nicht nur Gas und Öl gemeint.

Sowohl Russland als auch die Ukraine sind rohstoffreiche Länder mit bisher langjährigen wirtschaftlichen Beziehungen zu Deutschland. Während Russland bei Nickel und Vanadium einen großen globalen Anteil bei der Rohstoffgewinnung von Erzen durch Bergbau und bei der Raffination zu Metallen innehält, werden Aluminium und Titan als Erz und Vorprodukt nach Russland importiert und durch die verfügbare und preiswerte Energie in Russland raffiniert und exportiert. Die Ukraine war u.a. ein wichtiger Exporteur des Edelgases Neon für die Halbleiterproduktion mit etwa 50% Weltmarktanteil, welcher durch Lagerhaltung und den Ausbau von Anlagen an vorhandenen großen Stahlwerken im Ausland teilweise kompensiert wurde.

In der Broschüre wurden alle wichtigen Informationen rund um die Gewinnung, Aufbereitung und Weiterverbreitung von wichtigen Industriemetallen und Edelgasen aufbereitet und der Einfluss des Krieges auf die Produktionskapazitäten und Lieferketten analysiert.

Was wir tun können:

- > mehr Bergbau in der EU und Bevölkerung dafür sensibilisieren,
 - > Strategische Abkommen mit Ländern mit ungenutztem Bergbaupotential,
 - > Kreislaufführung kritischer und strategischer Rohstoffe erhöhen,
- um nur einige Beispiele zu nennen.

Informationen, welche politische Maßnahmen in der deutschen Rohstoffstrategie erfasst werden oder wie Unternehmen selbst ihre Rohstoffsicherung und Lieferketten gewährleisten und stärken können, finden Sie in weiteren Broschüren des THINKTANKS auf der Internetseite www.thinktank-irs.de.



Dr. Christian Kühne

Geschäftsführer

THINKTANK Industrielle Ressourcenstrategien

Zusammenfassung

Russland ist eines der rohstoffreichsten Länder der Welt mit langjährigen wirtschaftlichen Beziehungen zu Deutschland und war ein wichtiger Exporteur von Rohstoffen in die EU und nach Deutschland. Auch die Ukraine war ein wichtiger Exporteur von Rohstoffen und Edelgasen. Deutschland ist zu fast 100% von der Einfuhr metallischer Rohstoffe abhängig.

Der Russland-Ukraine Konflikt führte zu Sanktionen der EU gegen Russland und dem kriegsbedingten Wegfall von Rohstoffexporten der Ukraine. Im Jahr 2023 sind die deutschen Warenexporte nach Russland gegenüber 2021 um 45,2% auf 14,6 Mrd. Euro gesunken. Importe (Februar 2023) aus Russland sanken auf 300 Mio. Euro und somit um 67,2% gegenüber dem Vorjahr (Februar 2022, kalender- und saisonalbereinigt). Eine Umfrage des Verbandes Deutscher Maschinen- und Anlagenbau (2022) ergab außerdem eine Beeinträchtigung in der Produktion. Grund dafür sind fehlende Lieferungen aus Russland. Außerdem beeinflusst der Russland-Ukraine Konflikt Exporte negativ, etwa von Fahrzeugen und Maschinen aus Deutschland nach Russland. Deutschland hat den Import von Metallen aus Russland, für die keine Sanktionen vorliegen, reduziert.

Während Russland bei Nickel und Vanadium einen großen globalen Anteil bei der Rohstoffgewinnung von Erzen durch Bergbau und bei der Raffination zu Metallen innehält, werden Aluminium und Titan als Erz und Vorprodukt nach Russland importiert und durch die verfügbare und preiswerte Energie in Russland raffiniert und exportiert. Der Russland-Ukraine Konflikt führte durch den Wegfall von Importen von Aluminiumerzen aus Australien und Titanerzen aus der Ukraine nach Russland zur Verlagerung von Lieferketten. Die Ukraine war u.a. ein wichtiger Exporteur des Edelgases Neon für die Halbleiterproduktion mit etwa 50% Weltmarktanteil, welcher durch Lagerhaltung und den Ausbau von Anlagen an vorhandenen großen Stahlwerken im Ausland teilweise kompensiert wurde.

Neben der Gewinnung von primären Rohstoffen aus dem Bergbau werden auch sekundäre Rohstoffe aus dem Recycling von Neu- und Altschrotten gewonnen. Nicht alle Metalle können recycelt oder substituiert werden. Teilweise ist Recycling auch unter ökonomischen und ökologischen Aspekten nicht sinnvoll, oder die notwendige Qualität des Metalls wird durch recycelte Schrotte nicht erreichbar (bspw. Grad-1 Nickel für Batterien). Wo Recycling möglich ist, wird der Recyclinganteil eines bestimmten Rohstoffs als End-of-Life Recycling Input Rate (EoL-RIR) angegeben, welcher ein Indikator ist und durch verschiedene Faktoren, z. B. die Menge der Materialien im Altschrott, rechnerisch ermittelt wird.

Diversifizierte Lieferketten von aufbereiteten Erzen bis zu Halbzeugen, Lagerhaltung, Verhüttung und Raffination von Trägermetallen und kritischen Rohstoffen, sowie vorhandene Schwerindustrie mit neuen Anlagen zur Gewinnung mangelnder Rohstoffe wie Neon konnten die Rohstoffverfügbarkeit und -sicherheit bei disruptiven Ereignissen erhöhen.

Betrachtung ausgewählter Rohstoffe aus Russland und der Ukraine – Entwicklungen und Auswirkungen des Russland-Ukraine Konflikts für Deutschland

Der Russland-Ukraine Konflikt führte zur Engpässen bei der Rohstoffversorgung und der Verlagerung von Lieferketten. Im Folgenden werden die Auswirkungen des Russland-Ukraine Konflikts anhand der Rohstoffe Aluminium, Nickel, Titan, Vanadium, Kalisalz und dem Edelgas Neon betrachtet (Abb. 1).

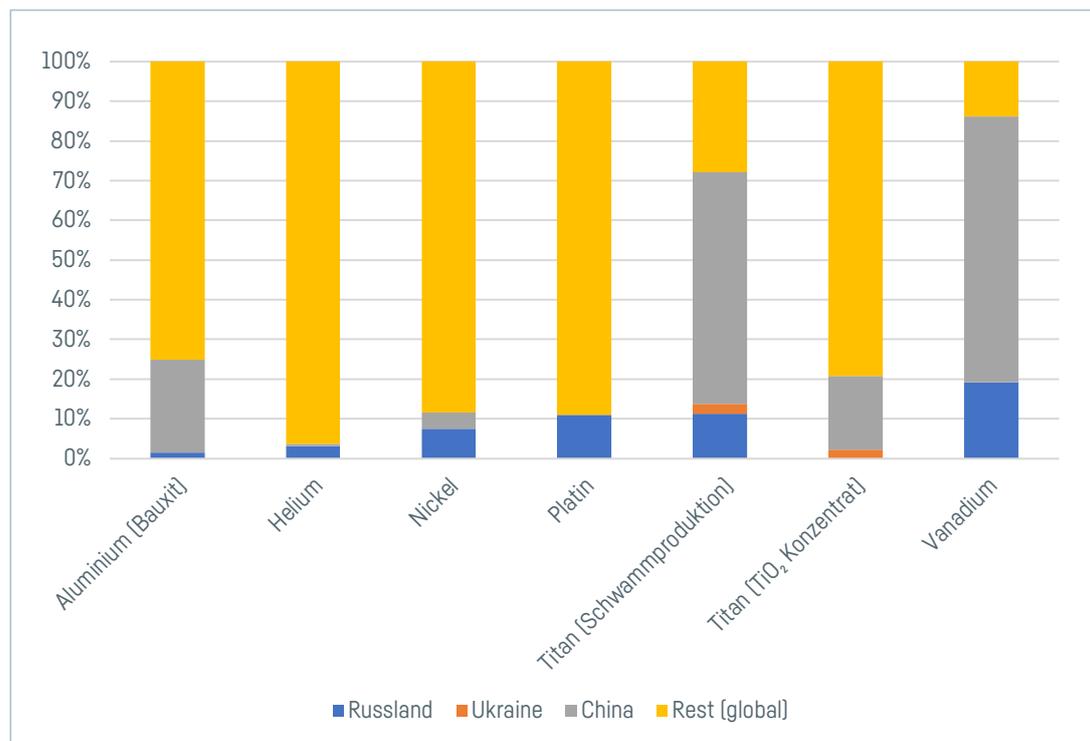


Abb. 1 Anteil der Länder an globaler Produktion der ausgewählten Rohstoffe Aluminium (Bauxit), Edelgase in Form von Helium, Nickel, Platin, Titan (Schwammproduktion und TiO₂-Konzentrat) und Vanadium. Daten aus USGS, Stand der Produktionsdaten 2021 (USGS, 2022).

Aluminium – Russland ist global ein wichtiger Exporteur von Aluminium, ist allerdings von Aluminiumoxidimporten abhängig. Entsprechend spielt Russland durch verfügbare und günstige Energieträger eine wichtige Rolle bei der Raffination von Aluminium, aber nicht beim Bergbau. Russland bezog im Jahr 2021 1,52 Mio. t Aluminiumoxid aus Australien und 2,65 Mio. t aus der Ukraine, bei einem Gesamtimport von 4,7 Mio. t in 2021. Durch das Exportverbot von Bauxit und Alumina (Aluminiumoxid) aus Australien (20. März 2022) nach Russland stehen diese ehemaligen australischen Exportmengen dem Weltmarkt zur Verfügung. Deutschland importierte bis 2021 Aluminiumoxid hauptsächlich aus den Niederlanden, Frankreich, USA, China und Slowenien. Im zehnten Sanktionspaket der EU besteht für Aluminium kein Importverbot. Etwa 10% der deutschen Gesamtimporte an Aluminium wurden im ersten Quartal 2023 aus Russland importiert.

Nickel – Im Jahr 2019 war Deutschland vor allem bei Nickelimporten von Russland abhängig, 40% des deutschen Nickelimportes erfolgte aus Russland. Gegenüber dem größten Grad-1 Nickelproduzenten und Palladiumproduzenten Norinickel aus Russland und für die Einfuhr von Nickel und Palladium bestehen im zehnten Sanktionspaket keine Importverbote in die EU. Im ersten Quartal 2023 bezog Deutschland 25% seines Gesamtimportes an Nickel in Rohform aus Russland. Russland spielt eine wichtige Rolle beim Bergbau und bei der Raffination von hochwertigem Nickel. Bei einem Ausbleiben russischer Nickelimporte könnte ein Ausweichen seitens der EU in Länder mit hoher Minenproduktion wie Indonesien erfolgen.

Titan – Die EU ist vollständig auf den Import von Titanschwamm und Titanprodukten angewiesen. Russland gehört zu den drei größten Lieferanten von Titanschwamm, das für die Herstellung von Titanprodukten benötigt wird. Titanschwamm wurde weltweit im Jahr 2019 weitestgehend in China (40%), Japan (bis zu 25%) und Russland (etwa 20%) produziert. Russland spielt durch verfügbare und günstige Energieträger eine wichtige Rolle bei der Raffination von Titan, aber nicht beim Bergbau von Titanerzen. Im ersten Quartal 2023 bezog Deutschland 25% seines Gesamtimportes an Titan in Rohform aus Russland. Die Ukraine als wichtigster Lieferant Russlands von Titanerzen ist als Lieferant weggebrochen. Aufgrund neuer Produktionskapazitäten in Japan, Kasachstan und Saudi-Arabien, der vorhandenen Lagerbestände in einigen Ländern und aktuell sinkendem Bedarf bspw. im Flugzeugbau ist kurzfristig keine Verknappung durch ein Wegfallen der russischen Lieferungen absehbar. Im zehnten Sanktionspaket der EU besteht für Titan kein Importverbot.



Vanadium – Die EU ist auch bei Vanadium vollständig auf Importe angewiesen. Die größten Bergbauproduzenten im Jahr 2022 sind China (70.000 t) und Russland (17.000 t). Entsprechend spielt Russland eine wichtige Rolle beim Bergbau und der Raffination von Vanadium. Vanadium ist ein wichtiger Zusatzstoff zur Herstellung von speziellen Stählen und Superlegierungen. Die EU bezog im Jahr 2019 raffiniertes Vanadium größtenteils aus Österreich (52%) und Russland (32%). Ein Importverbot von Vanadium aus Russland ist derzeit (Stand 11/2023) nicht bekannt.

Pottasche/Kalisalz – Düngemittel und Nahrungsmittel sind von den EU-Sanktionen ausgeschlossen. Der Einkauf und Handel, auch über EU-Häfen ist erlaubt, sodass es zu keiner Beeinflussung der Welternährungssicherheit kommt. Für bestimmte Kalidünger gibt es Beschränkungen in den EU-Sanktionen, diese gelten nur für Einfuhren in die EU, betreffen aber nicht ihre Ausfuhr aus der EU, aus Russland oder der Ukraine. Russland (22 %) und Belarus (20 %) sind nach Kanada (38%) und vor Israel und Deutschland (je 6%) die größten Exporteure von Pottasche. Mittelfristig wird erwartet, dass die EU ihre Importabhängig von Kalidünger aus Russland und Belarus in alternative Lieferländer wie bspw. Kanada verlagert.

Edelgase – Die Ukraine war 2021 mit etwa 50% der wichtigste Exporteur von Neon in Halbleiterqualität. Die Halbleiterindustrie hat aktuell keinen signifikanten Engpass mit Edelgaslieferungen wie Neon. Die erhöhten Gaspreise waren eine Folge von instabilen Lieferketten und demnach Masseneinkäufen, um ländereigene Lagerbestände aufzurüsten. Durch eine vorhandene Schwerindustrie konnte bspw. Südkorea eine alternative Neonproduktion aufbauen. Die in die EU importierten Edelgase im Jahr 2021 kamen zu 47% (Warenwert) aus der Ukraine und Russland (Abb. 2).

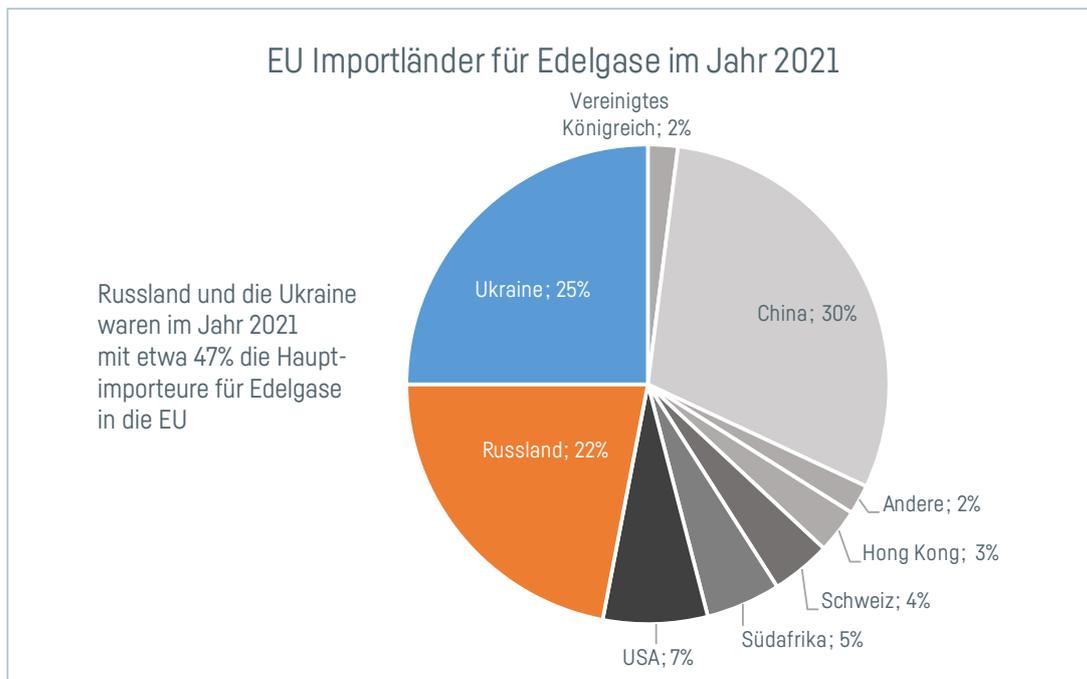


Abb. 2 Import in die EU nach Ländern für Edelgase im Jahr 2021 nach Warenwert. China, Ukraine und Russland sind mit 30%, 25% und 22% führende Exporteure für die EU, Daten aus Europäische Kommission (2022d).

Fazit und Handlungsempfehlungen

Die Beispiele für Maßnahmen gegen den Mangel an verfügbaren Rohstoffen werden folgend zusammengefasst.

- > **Eine Diversifizierung von Importländern und die Reduktion von Marktkonzentrationen** stärken mittel- und langfristig die Versorgungssicherheit der EU und somit auch Deutschlands.
- > Die **Einführung einer Lagerhaltung kritischer Rohstoffe** kann vor Lieferengpässen oder -ausfällen schützen.
- > Die Bevölkerung in der EU sollte für die Bedeutung des **heimischen Bergbaus sensibilisiert** werden.
- > **Heimisch geförderte mineralische Rohstoffe** sorgen für eine sichere Versorgung entlang der gesamten Wertschöpfungskette, reduzieren die Abhängigkeit von Importeuren und fördern die Entwicklung von umweltschonenderen Methoden und Richtlinien.
- > Länder wie Südkorea zeigen die Bedeutung der Schwerindustrie, wie durch die **Produktionskapazitäten heimischer Stahlwerke** die Produktion der fehlenden Edeltmetalle aufgebaut werden könnten.
- > Die **Erschließung und Förderung von Bergbau**, sowie strategische Abkommen mit politisch stabilen Ländern mit ungenutztem Bergbaupotential unterstützt die Wertschöpfungskette, da Recycling und Kreislaufführung für manche Rohstoffe einen wichtigen Beitrag liefern, den Rohstoffbedarf allein aber nicht decken.
- > Das **Recycling erhöhen** wo technisch und ökonomisch möglich, und die dazu notwendige **energieintensive Industrie erhalten**, hierfür bedarf es allerdings hochwertige Schrotte und ausreichende Mengen recycelbaren Materials.
- > **Alternative Handelsrouten** wie das geplante Joint Venture für alternative Handelsrouten über Zentralasien ermöglichen die Rohstoff-Verfügbarkeit sicherzustellen.

Ein globaler Anstieg des Rohstoffbedarfs

Die zunehmende technische Entwicklung wie Digitalisierung und die Energie- und Mobilitätswende führen global zu einem Anstieg des Rohstoffbedarfs. Industrieländer zeigen einen hohen Bedarf an Rohstoffen, haben allerdings auch zum Ziel den Recyclinganteil in sämtlichen Bereichen zu erhöhen. Die Internationale Energieagentur (IEA) schätzt, dass sich der Bedarf an kritischen Metallen und Industriemetallen für das „Net-Zero-Szenario“ bis 2050 verdreifacht [IEA, 2023]. Gleichzeitig erhöht sich der Bedarf, Bereiche wie den Bergbau und die Raffination nachhaltig zu betreiben. Auch die Industrialisierung in Entwicklungs- und Schwellenländern erhöht den Bedarf an metallischen Rohstoffen. Für ein Industrieland wie Deutschland ist ein sicherer Zugang zu Rohstoffen unabdingbar, um eine internationale Wettbewerbsfähigkeit zu behalten. Preis- und Lieferrisiken gefährden die Wettbewerbsfähigkeit, sowie die Wertschöpfungskette, wie bspw. die Covid-19 Pandemie in den Jahren 2020 und 2021 oder fehlende Lieferwege wie bspw. aus Asien nach Deutschland über Russland oder fehlende Lieferungen aus der Ukraine seit Beginn des Russland-Ukraine-Konflikts im Jahr 2022. Gleichzeitig wächst der Rohstoffbedarf in den nächsten Jahrzehnten global weiter an.

Kritische und strategische Rohstoffe

Um die steigende Nachfrage an Rohstoffen für die Entwicklungen im Bereich Energiewende, Elektromobilität und Digitalisierung zu decken, benötigt die EU eine nachhaltige, resiliente und diversifizierte Versorgung mit kritischen und strategischen Rohstoffen (Abb. 3). Die Unterteilung in kritische und strategische Rohstoffe erfolgt nach wirtschaftlichen Kriterien und dem jeweiligen Versorgungsrisiko (Europäische Kommission, 2023c).

Kritische Rohstoffe¹ sind jene, die ein erhöhtes Versorgungsrisiko mit sich ziehen, aber unerlässlich für die Umsetzung ökonomischer Ziele der EU mit Bezug auf Energiewende, E-Mobilität und Digitalisierung sind. Sie werden definiert als Rohstoffe mit wirtschaftlicher Bedeutung, die allerdings nicht zuverlässig in der EU abgebaut werden können (Europäische Kommission, 2021). Kritische Rohstoffe müssen größtenteils importiert werden (Europäische Kommission, 2021). Hierzu zählen metallische Rohstoffe für bspw. Batterien und Halbleiter (Menkhoff & Zeevaert, 2022).

Strategische Rohstoffe² sind besonders im Bereich erneuerbare Energien, Luftfahrt, Elektromobilität, Verteidigung und digitaler sowie medizinischer Technologien von Bedeutung (Europäische Kommission, 2023c; Menkhoff & Zeevaert, 2022). Sie werden definiert als Rohstoffe, die für die digitalen und ökologischen Ziele Europas notwendig sind, für die eine zukünftige Versorgung allerdings nicht gesichert sein könnte (Europäische Kommission, 2023e).

Beispiele für kritische Rohstoffe sind Kobalt und Seltene Erdelemente. Etwa 63% der globalen Kobaltproduktion, welches für Batterietechnologien benötigt wird, stammen aus der Demokratischen Republik Kongo und 60% werden in China raffiniert (Europäische Kommission, 2023b). Seltene Erdelemente (SEE) sind wichtige Bestandteile von Windkraftanlagen, Akkus, Halbleitern und Permanentmagneten für Elektromotoren. Zwischen Januar und November 2022 importierte Deutschland rund 5.300 t (49,3 Mio. Euro) Seltene Erden, wovon 65,9% aus China stammen (Destatis, 2023e). Für die Metalle Scandium und Yttrium lag der Anteil der Importe aus China nach Deutschland für den genannten Zeitraum bei 94,4 % (Destatis, 2023e).



¹ Die Einstufung als kritischer Rohstoff erfolgt laut der Europäischen Kommission anhand einer „Kritikalitätsbewertung“ auf Grundlage der wirtschaftlichen Bedeutung und des Versorgungsrisikos (vgl. Europäische Kommission, 2021, 2023b, Ragonnaud, 2023).

² Strategische Rohstoffe haben laut der Europäischen Kommission eine Bedeutung in strategischen Sektoren, wie bspw. erneuerbaren Energien, Weltraum- und Verteidigungstechnologien und Digitales (Europäische Kommission, 2023c, 2023e). Bei strategischen Rohstoffen kann ein zukünftiger potentieller Anstieg in der Nachfrage zum aktuellen Angebot und eventuelle Schwierigkeiten in der Produktionsausweitung zu Versorgungsrisiken führen (Europäische Kommission, 2023c, 2023e).

Kritische und **strategische*** Rohstoffe in der EU [Stand 11/23]

Aluminium/Bauxit/Aluminiumoxid	Magnesium(*metall)
Antimon	Mangan (*Batteriequalität)
Arsen	Natürlicher Graphit (*Batteriequalität)
Baryt	Nickel (*Batteriequalität)
Beryllium	Niob
Bismut	PGM
Bor (*metallurgische Qualität)	Phosphorit
Feldspat	Phosphor
Flussspat	Scandium
Gallium	leichte und schwere Seltene Erden (*für
Germanium	Magnete Nd, Pr, Tb, Dy, Gd, Sm, Ce)
Hafnium	Siliziummetall
Helium	Strontium
Kobalt	Tantal
Kokskohle	Titanmetall
Kupfer	Vanadium
Lithium (*Batteriequalität)	Wolfram

Abb. 3 Liste kritischer und strategischer Rohstoffe (fett) der Europäischen Kommission (European Commission, 2023) (Europäische Kommission, 2023a). Die kritischen Rohstoffe beinhalten auch alle strategischen Rohstoffe. Kupfer und Nickel erfüllen nicht die Schwellenwerte des Critical Raw Materials Act, werden aber als strategische Rohstoffe eingestuft. Hervorgehobene kritische Rohstoffe gelten zudem als strategisch (fett), teilweise lediglich bestimmte Klassifikationen (z.B. Batteriequalität) sind mit einem Stern markiert. Aufgrund der verspäteten Auflistung von Aluminium als strategischer Rohstoff erhöhte sich die Liste von 16 auf 17 strategische Rohstoffe (vgl. Homann, Europäischer Rat, 2023b), vgl. Ragonnaud, 2023)

Auch die Russische Föderation (Russland) und die Ukraine sind Exporteure wichtiger kritischer und strategischer Metalle (DERA, 2022a). Russland exportierte im Jahr 2020 Metalle im Wert von 2,8 Mrd. Euro nach Deutschland, darunter Metalle für die deutsche Industrie, wie das Platinmetall (PGM) Palladium und das Buntmetall Kupfer (DERA, 2022a). Russland gehört mit Südafrika zu den wichtigsten Produzenten von Platin und Palladium, mit einem geschätzten russischen Anteil an der gesamten globalen Produktion von 10,5% für Platin und 41,9% für Palladium im Jahr 2022 (USGS, 2023). Die größten Reserven³ für Platin und Palladium befinden sich allerdings in Südafrika (63 Mio. kg PGM Metalle; Russland: 5,5 Mio. kg PGM Metalle) (USGS, 2023). Die Ukraine exportierte im Jahr 2020 Energierohstoffe, Metalle und Nichtmetalle im Wert von 386 Mio. Euro nach Deutschland, darunter Eisenerze und -konzentrate und Ferrosilicomangan (DERA, 2022c).

³ Reserven sind die derzeit wirtschaftlich und technisch aus Lagerstätten gewinnbaren, bekannten Rohstoffe. Ressourcen sind bekannte, derzeit nicht technisch und / oder wirtschaftlich gewinnbare Vorkommen. Das Geopotential sind die derzeit unbekannt, vermutlich zukünftig zu entdeckenden Vorkommen (vgl. USGS, 2023).

Die Produktion einzelner kritischer Rohstoffe und somit die Marktkonzentration findet, gemessen am Wert der Rohstoffe, bis zu über 90 % in einzelnen Ländern statt (Europäische Kommission, 2023c; Menkhoff & Zeevaert, 2022). Dies kann, wie bspw. durch den Russland-Ukraine Konflikt, zu Lieferengpässen und -ausfällen führen (Europäische Kommission, 2023c). Im Folgenden wird insbesondere auf die Metalle Aluminium, Stahl, Nickel, Platinmetalle, Titan und Vanadium sowie länderspezifische Rohstoffe wie die ukrainischen Edelgase eingegangen. Die Importabhängigkeit ausgewählter Metalle sind in Tabelle 1 dargestellt. Um die Vorketten von Rohstoffen und Industriezweigen zu visualisieren, werden exemplarisch einige Aspekte der Rohstoffherstellung anhand von Aluminium und Titan adressiert.

Aluminium

Der gemahlene Rohstoff Bauxiterz wird mit Natronlauge versetzt und das flüssige Aluminiumoxid-Natronlauge Gemisch als Aluminiumslurry gewonnen. Es fallen etwa 0,9-1,5 t hämatitreicher Rotschlamm pro Tonne Aluminium als Abfallprodukt an (DERA & acatech, 2023: 198). In einem Ofen wird aus Aluminiumslurry bei etwa 1000°C Alumerde (Aluminiumoxid) gewonnen. Die Alumerde wird in Gefäßen, die mit dem synthetisch hergestellten Fluoridsalz Kryolith (Na_3AlF_6) gefüllt sind, über die Schmelzflußelektrolyse bei bis zu 300.000 A und 4-5 V metallisches Aluminium gewonnen (DERA, 2019b). In der EU wird die Energie zur Aluminiumverhüttung zu 93% aus Wasserkraft bereitgestellt, bei der Verhüttung werden in der EU etwa 17 MWh pro Tonne Aluminium benötigt (Stand 2022, International Aluminium (2023)). Beim Recycling von Aluminium können 95% der Energie eingespart werden, bereits 50% des in Deutschland hergestellten Aluminiums bestehen aus Sekundärrohstoffen (DERA & acatech, 2023: 21). Für die Schmelzflußelektrolyse werden Anoden aus Kohlenstoff verwendet, die aus dem Beiprodukt von Erdölraffinieren, dem Petrolkoks, hergestellt werden. Grünkoks ist der übrigbleibende Feststoff beim Cracken von Kohlenwasserstoffen, aus dem bei etwa 1200°C die restlichen Öle verbrannt werden und Petrolkoks als reiner Kohlenstoff hergestellt wird. Die Kohlenstoffanoden reduzieren das Aluminiumoxid zu Aluminiummetall und geben gleichzeitig Energie in die Schmelzflußelektrolyse ab. Aus Flusssäure HF und $\text{Al}(\text{OH})_3$ wird über die entstandene Säure H_3AlF_6 mit Steinsalz NaCl das für die Aluminiumherstellung notwendige Flussmittel Kryolith hergestellt (Fluorsid, 2020). Die wichtige Grundchemikalie Flusssäure HF wird aus dem Mineral Flussspat CaF_2 mit rauchender Schwefelsäure H_2SO_4 hergestellt. Die industriell benötigten Mengen an Schwefel für die Schwefelsäure werden im Wesentlichen bei der Gewinnung von schwefelhaltigem Erdgas und Erdöl abgetrennt. Das Rohaluminium wird mit unterschiedlichen Elementen (Magnesium, Silizium, Mangan, Kupfer, Zink) legiert, um die notwendigen Materialeigenschaften für die verschiedenen Anwendungsbereiche zu erhalten.



Titan

Das Titanmineral Rutil TiO_2 und der aus dem Titanmineral Ilmenit $FeTiO_3$ hergestellte synthetische Rutil werden im Kroll-Prozesse mit Koks reduziert und mit Chlor bei etwa $1000^\circ C$ zu Titan-tetrachlorid $TiCl_4$ verarbeitet, welches auch Grundlage für die Weißpigmente ist. Dem Titan-tetrachlorid wird bei etwa $900^\circ C$ mit Magnesium das Chlorid zu $MgCl_2$ unter Argon-Atmosphäre und unter Sauerstoffabschluss entzogen und poröses Titan als Zwischenprodukt (Titanschwamm) gebildet. Dem unreinen Titanschwamm wird durch Zugabe von Salzsäure oder durch Vakuumdestillation bei 0,1-1 Pa und $1000^\circ C$ über mehrere Tage das nicht umgesetzte Magnesium entzogen. Bei der üblichen Vakuumdestillation werden etwa 70% der bei der Titanherstellung anfallenden Energie benötigt (Feng et al., 2023). Der Titanschwamm wird zu Elektroden verarbeitet, aus denen mit weiteren Metallen in Lichtbogenöfen die gewünschte Titanlegierung hergestellt wird. Für den Kroll-Prozess geben Florkiewicz et al. (2020) einen Energiebedarf von 100 MWh/t bis 115 MWh/t an (Florkiewicz et al., 2020). Als Reduktionsmittel wird Kohlenstoff in Form von Koks verwendet. Koks wird in Erdölraffinieren als Petrolkoks oder aus ascheärmerer Fettkohle, einer Steinkohle, hergestellt. Der Steinkohle werden unter Sauerstoffausschluss bei etwa $1100^\circ C$ unerwünschte flüchtige Bestandteile ausgetrieben und die Steinkohle als Koks-kohle zu nahezu reinem Kohlenstoff verbacken. Aus den flüchtigen Bestandteilen des Koksroh-gases werden weitere chemische Produkte wie Benzol und Schwefelsäure gewonnen, und das übrigbleibende Koksreingas in Industrieanlagen und als Stadtgas als Energieträger verwendet. Das Chlor zur Chlorierung des synthetischen Rutils zum Titan-tetrachlorid wird elektrochemisch aus Steinsalz $NaCl$ unter Bildung von Natronlauge gewonnen. Argon wird durch fraktionierte Destillation von verflüssigter Luft (Argon-Anteil 0,9 Vol-%) abgetrennt.

Tabelle 1 Importabhängigkeit der EU als Quotient von Nettoimporten zu Verbrauch gemittelt über 2012-2016 (Europäische Kommission, 2023f) und EU EoL-RIR (End of Life – Recycling Input Rates) aus Talens Peiró et al. (2018) und Eurostat (2022).

	Aluminium	Nickel	Palladium	Titan	Vanadium
Rohstoffklasse	Kritisch & strategisch	Kritisch & strategisch	Kritisch & strategisch	Kritisch & strategisch	kritisch
EU-Importabhängigkeit von Primärrohstoff über 2012-2016 Jahre gemittelt	87%	28%	93%	100%	100%
EU-Importabhängigkeit von verarbeiteten Materialien über 2012-2016 Jahre gemittelt	59%	67%	-	100%	47%
EU-Anteil an globaler Bergwerksproduktion	0,4%	2,1%	0,3%	0%	0%
EU-Anteil an globaler Raffinadeproduktion	3,3%	4,4%	-	0%	9%
Jährliche Wachstumsrate der Produktion in den letzten 10 Jahren	+5,2%	+6,4%	-0,4%	+4%	+3,5%
EoL-RIR in der EU (Stand 2017)	20%	16%	33%	0%	1%
EoL-RIR in der EU (Stand 2022)	32%	16%	10%	1%	1%

Rohstoffstrategie der EU

Die europäische Verordnung zu kritischen Rohstoffen hat zum Ziel, die Importe der EU zu diversifizieren, Marktkonzentrationen und somit Abhängigkeiten von einzelnen Drittländern zu minimieren und die europäische Wertschöpfungskette für kritische und strategische Rohstoffe zu stärken (Europäische Kommission, 2023c). Somit sollen durch Kooperationen und mit zuverlässigen Partnern Lieferketten diversifiziert, mögliche Versorgungsengpässe verringert und die globale Zusammenarbeit ausgebaut werden (Europäische Kommission, 2023c). Die EU wird sich nicht selbst vollständig mit kritischen und strategischen Rohstoffen versorgen können (Europäische Kommission, 2023d). Ein internationaler Handel ist auch zukünftig Voraussetzung zur Rohstoffversorgung (Europäische Kommission, 2023d). Die EU versucht mit strategischen Maßnahmen, durch Stärkung inländischer Lieferketten und bilaterale Abkommen mit Drittstaaten die Abhängigkeit von Marktkonzentrationen, z. B. aus China, zu minimieren (Europäische Kommission, 2023d). Hierzu bedarf es kurz- und langfristiger Maßnahmen.

Im März 2023 veröffentlichte die EU den Gesetzesvorschlag "Critical Raw Materials Act (CRMA)", um die zukünftige Rohstoffversorgung der EU sicherzustellen (Europäische Kommission, 2023e). Zukünftig soll die EU im Bereich strategischer und kritischer Rohstoffe unabhängiger werden und bis 2030 10% der strategischen Rohstoffe selbst fördern (Europäischer Rat, 2023b). Mindestens 40% des jährlichen EU-Verbrauchs sollen innerhalb der EU weiterverarbeitet und 25% des jährlichen EU-Verbrauchs bis 2030 durch Recycling in der EU gedeckt werden (Europäischer Rat, 2023b). Zudem sollen nicht mehr als 65% eines strategischen Rohstoffs in jedwedem Verarbeitungsstatus von einem einzigen Drittland in die EU importiert werden (Europäischer Rat, 2023b). Genehmigungsverfahren sollen hierfür beschleunigt, auf höchstens 24 Monate beschränkt und der Abbau der Rohstoffe erleichtert werden (Bähr & Neligan, 2023). Der Aufbau einer Kreislaufwirtschaft soll die Versorgungsabhängigkeit von Importen reduzieren, Raffinerungs- und Weiterverarbeitungsanlagen sollen EU-weit ausgebaut werden (Bähr & Neligan, 2023).

Benötigt werden globale Rohstoffallianzen mit strategischen Partnern, um die Wirtschaft widerstandsfähig gegenüber Lieferengpässen und Energiekrisen zu gestalten (Europäische Kommission, 2023e). Die Verlagerung der Produktion von Neon zeigt beispielhaft auf, welche Bedeutung einer vertikal integrierten Produktion zukommt, um bei Engpässen kurzfristig alternative Lieferketten zu entwickeln.

Deutsche Rohstoffstrategie

Die EU und damit auch Deutschland sind für kritische und strategische mineralische bzw. metallische Rohstoffe auf Importe angewiesen [Bähr & Neligan, 2023; Europäische Kommission, 2023c]. Die deutsche Volkswirtschaft importiert über 90% der benötigten Rohstoffe und ist damit abhängig von geopolitischen Einflüssen auf dem Weltmarkt [Menkhoff & Zeevaert, 2022]. Die importierten Rohstoffe stammen dominierend aus Ländern wie der Volksrepublik China, Russland, Südafrika oder der Demokratischen Republik Kongo und demnach aus Ländern, die nicht deutschen Richtlinien im Bereich Menschenrechte, Arbeitssicherheit und Umweltschutz entsprechen [Menkhoff & Zeevaert, 2022; Spiegel Wirtschaft, 2022].

Die erste Rohstoffstrategie der Bundesregierung wurde 2010 veröffentlicht, erhöhte die Aufmerksamkeit zum Thema Rohstoffversorgung und setzte einen Handlungsrahmen, um Unternehmen zu unterstützen. Hintergrund für die erste Rohstoffstrategie waren zunehmende Preis- und Lieferisiken zwischen 2003 und 2010 [BMWK, 2019]. Die erneuerte Rohstoffstrategie der Bundesregierung „Sicherung einer nachhaltigen Rohstoffversorgung Deutschlands mit nichtenergetischen mineralischen Rohstoffen“ wurde 2020 veröffentlicht. Auch hier ist eines der Ziele Unternehmen in Hinsicht einer nachhaltigen Rohstoffversorgung zu unterstützen [BMWK, 2019]. Außerdem werden 17 konkrete Maßnahmen in den drei Säulen der Rohstoffversorgung (heimische Rohstoffe, Importe und Recycling) vorgeschlagen, wie z. B. „Verantwortungsvolle Rohstoffgewinnung, Sicherung und Offenlegung geologischer Daten“ und „Primäre Rohstoffgewinnung in Deutschland und Europa im Bereich Metall fördern“ [BMWK, 2019]. Die Verantwortung zur Sicherstellung einer Rohstoffversorgung ist weiterhin den Unternehmen zugeschrieben [BMWK, 2019]. Zukünftig sieht die EU-Kommission einen Handlungsschwerpunkt im Aufbau von Gewinnungs- und Verarbeitungskapazitäten von kritischen Rohstoffen in der EU [BMWK, 2019].

Zusätzlich hierzu wurde im Januar 2023 ein „Eckpunktepapier: Wege zu einer nachhaltigen und resilienten Rohstoffversorgung“ veröffentlicht [BMWK, 2023]. In diesem wird u. a. beschrieben, dass die Bundesregierung eine Notwendigkeit darin sieht, Lieferketten kritischer und strategischer Rohstoffe gemeinsam mit Unternehmen mittel- und langfristig zu diversifizieren [BMWK, 2023]. Außerdem sei eine Lagerhaltung für kritische und strategische Rohstoffe zu fördern [BMWK, 2023].

Die „aktuelle Entwicklung im Bereich der nationalen und internationalen Rohstoffsicherung“ wurde ebenfalls im Rahmen eines DGGV-Factsheet im Oktober 2023 veröffentlicht [Buchholz et al., 2023]. Hierbei werden bspw. die aktuellen Maßnahmen in Deutschland und Europa bzgl. der Rohstoffsicherung seitens der Wirtschaft, Wissenschaft und der Politik betrachtet [Buchholz et al., 2023].

Sanktionen der EU gegen Russland

Durch den Russland-Ukraine Konflikt ist der Handel zwischen der EU und Russland in weiten Teilen unterbrochen worden. Seit Februar 2022 beträgt das Exportverbot für EU-Waren nach Russland einen Warenwert von 43,9 Mrd. Euro und das Importverbot aus Russland einen Warenwert von 91,2 Mrd. Euro, sodass verglichen mit 2021 etwa 58% der direkten Importe aus Russland in die EU und 49% der EU-Exporte nach Russland Sanktionen unterliegen [Europäischer Rat, 2023a]. Darunter zählen seit Dezember 2022 Rohöl und ab Februar 2023 auch raffinierte Erdölzeugnisse [Europäischer Rat, 2023a]. Außerdem Gold und Schmuck, Kohle und andere feste fossile Brennstoffe wie Koks, Stahl, Stahlerzeugnisse, Eisen, Zement, Asphalt, Holz, Papier, synthetischer Kautschuk, Kunststoffe, Meeresfrüchte und Spirituosen, Zigaretten und Kosmetika [Europäische Kommission, 2022f; Europäischer Rat, 2023a]. Die EU-Sanktionen gegenüber Russland verbieten beispielsweise den Import von Eisen- und Stahlerzeugnissen russischen Ursprungs. Auch die unmittelbare Zulieferung aus anderen Ländern ist verboten, wenn diese Eisen- und Stahlerzeugnisse aus Russland beziehen. Ab dem 30. September 2023 werden die Einfuhrbeschränkungen für Eisen- und Stahlerzeugnisse verschärft. Allerdings gelten für bestimmte Kombinierte Nomenklatur-Codes (KN-Codes) verlängerte Fristen oder Ausnahmen, z.B. bestimmtes Halbzeug aus Eisen. Für Halbzeug sind Übergangsfristen bis Oktober 2024 gegeben [Krause, 2023]. Halbzeug wie Knüppel (längeres Halbzeug aus Stahl mit rundem oder quadratischem Querschnitt) und Brammen (längeres Halbzeug mit rechteckigem Querschnitt) sind von den Sanktionen bisher nicht direkt betroffen [Stand Juli 2023].

Zum Ausgleich des Einfuhrverbots für Stahl, Stahlerzeugnisse und Eisen werden die Einfuhrkontingente aus anderen Drittländern erhöht. Derzeit ist die Einfuhr russischen Stahls, auch über Drittanbieter, in die EU verboten. Aufgrund von Ausnahmeregeln und teilweise unklar definierten Gesetzen werden noch in begrenztem Umfang russische Stahlhalbzeuge nach Europa importiert [Anfang Oktober 2022 – Ende September 2023 487.202 t, Oktober 2023 – Ende März 2024 133.980 t] [S&P Global, 2022]. Bei unmittelbarer Zulieferung über Zwischenhändlern ohne Herkunftsangabe der Produkte kann eine mögliche russische Herkunft nicht eindeutig nachgewiesen werden.

Des Weiteren hat neben den betrachteten metallischen Rohstoffen auch russisches Erdgas einen großen Anteil an den deutschen Importen ausgemacht, welches jedoch von den Sanktionen nicht betroffen war. Durch den durchgeführten Lieferstopp einerseits und die Finanzsanktionen gegenüber Einzelunternehmen ist der pipelinegebundene Erdgasimport aus Russland nach Deutschland weitestgehend zum Erliegen gekommen. Dies betrifft den Ausfall von Erdgas-Lieferungen aufgrund eines Anschlags auf drei der vier Nordstream Pipelines am 26.9.2022 von bislang unbekanntem Attentätern und assoziierte Kaskadeneffekte im Bereich Rohstoffe. Dies betrifft u. a. die erhöhten Kosten für erdgasbasierte Hochtemperatur-Prozesswärme in der metallverarbeitenden Industrie, sowie die Verfügbarkeit und



Bezahlbarkeit ausreichender Mengen von Wasserstoff aus Erdgas für die Düngemittelindustrie, die zu reduzierter Produktion führten. Der Import russischen LNG-Erdgases und der Import russischen Erdgases in die EU über die Pipelines Ukrainetransit und Turkstream steigen hingegen leicht an [Zachmann et al., 2023].

Im neunten Sanktionspaket der EU, beschlossen im Dezember 2022, sind neue Investitionen in den russischen Bergbau, sowie die Gewinnung von Steinen und Erden verboten. Dies betrifft die Exploration, Abbau, Förderung und Weiterverarbeitung von Blei, Zink, Wolfram, Gold, Silber, Edelsteine (darunter auch Diamanten), Steine und Erden und Baustoffen sowie Stahl und Stahlrohstoffe [Europäische Union, 2022; Krause, 2023; Wittmann, 2022a]. Außerdem betreffen die Einfuhrverbote in die EU auch Kohle, Golderzeugnisse sowie Rohöl und Rohölerzeugnisse, wenn diese mittelbar oder unmittelbar aus Russland stammen [Generalzolldirektion Deutschland, 2023].

Für Rohstoffe kann es aber Ausnahmen im Investitionsverbot der EU geben [Europäische Union, 2022; Wittmann, 2022a]. Die Einfuhr von Bauxit und Aluminium, Chrom, Kobalt, Kupfer, Eisenerz, mineralische Düngemittel einschließlich Phosphatgestein und Kalium, Molybdän, Nickel, Palladium, Rhodium, Scandium, Titan, Vanadium, leichten und schweren Seltenerd-Elementen kann von EU-Staaten auch zukünftig genehmigt werden [Europäische Union, 2022; Wittmann, 2022a].

Deutschlands Rohstoffhandel mit Russland

Eine Übersicht der wichtigsten Rohstofftypen und Waren im deutschen Außenhandel mit Russland ist für den Zeitraum 2020 bis 2022 in Tabelle 2 dargestellt.

Tabelle 2 Deutscher Außenhandel mit der Russischen Föderation von 2020 bis 2022. Werte in 1000 Euro (Stand März 2023 aus Destatis (2023a)).

Warenbezeichnung	2020		2021		2022	
	Export	Import	Export	Import	Export	Import
Kohle	52	865.119	13	2.165.790	2	3.342.125
Erdöl und Erdgas	-	13.003.347	-	19.475.468	-	18.564.798
Erze	5.487	286.924	5.684	638.710	16.944	235.903
Steine und Erden, sonstige Bergbauerzeugnisse	12.819	14.227	14.365	22.890	5.774	24.424
Kokereierzeugnisse und Mineralölerzeugnisse	117.133	2.245.573	145.488	2.762.651	122.979	5.550.509
Metalle	358.247	2.597.778	330.167	4.482.257	152.605	4.655.916
Metallerzeugnisse	865.097	36.217	902.055	38.845	568.791	30.193
Maschinen	5.504.153	148.395	5.807.769	164.777	2.798.084	88.727
Kraftwagen und Kraftwagenteile	3.330.885	70.111	4.377.275	117.518	1.045.717	58.368
Sonstige Fahrzeuge	554.346	60.254	1.253.200	58.235	297.657	28.071

Die Russische Föderation zählte 2021 mit einem Anteil von 2,3% am deutschen Außenhandel zu den 15 wichtigsten Handelspartnern Deutschlands. Russland war außerhalb der EU der viertgrößte Importpartner Deutschlands, insbesondere aufgrund Rohstoffimporten (Erdöl, Erdgas, Metalle, Kohle) [Destatis, 2022]. Im Jahr 2021 importierte Deutschland Erdöl und Erdgas [19,4 Mrd. Euro], Metalle [4,5 Mrd. Euro], Mineralöl- und Kokereierzeugnisse [2,8 Mrd. Euro] und Kohle [2,2 Mrd. Euro] aus Russland [Destatis, 2022] (Tab. 2). Gleichzeitig war Russland der fünftwichtigste Importeur deutscher Waren, vor allem Maschinen [5,8 Mrd. Euro], Kraftwagen und Kraftwagenteile [4,4 Mrd. Euro] und chemische Erzeugnisse [3,0 Mrd. Euro] [Destatis, 2022] (Tab. 2). Deutschland importierte im Jahr 2020 Metalle im Wert von ca. 2,8 Mrd. Euro [2,6 Mrd. aus Destatis (2023a)] aus Russland, wobei Palladium mit 600 Mio. Euro den größten Werteanteil ausmacht [DERA, 2022a]. Ursache des im Folgejahr 2021 erhöhten Importwerts waren die erhöhten Rohstoffpreise. Rund 18% der Palladium-Importe nach Deutschland stammen aus Russland (Abb. 4) [DERA, 2022a; Meier & Topar, 2022].



Neben Platin und Rhodium ist Palladium besonders für den Bau von Katalysatoren und somit für die deutsche Automobilindustrie wichtig [DERA, 2022a; Meier & Topar, 2022]. Der russische Anteil an den jeweiligen Gesamtimporten Deutschlands ist besonders für Raffinadenickel (44%) [Stand 2020 (DERA, 2022a; Meier & Topar, 2022)] und Titanstangen, -profile und -draht (41%) und Titanbleche, -bänder und Folien (33%) hoch [DERA, 2022a; Europäische Kommission, 2023d], Russland ist hierfür der wichtigste Lieferant in Deutschland [DERA, 2022a] (Abb. 4). Sie werden bspw. für die deutsche Stahlindustrie [Stahllegierungen] benötigt und für Batteriezellen in Elektrofahrzeugen [DERA, 2022a; Meier & Topar, 2022]. Russland ist zudem ein wichtiger Exporteur [Anteile der Gesamtimporte nach Deutschland] für Rohaluminium (22%) und Kathodenkupfer (19%) [DERA, 2022a].

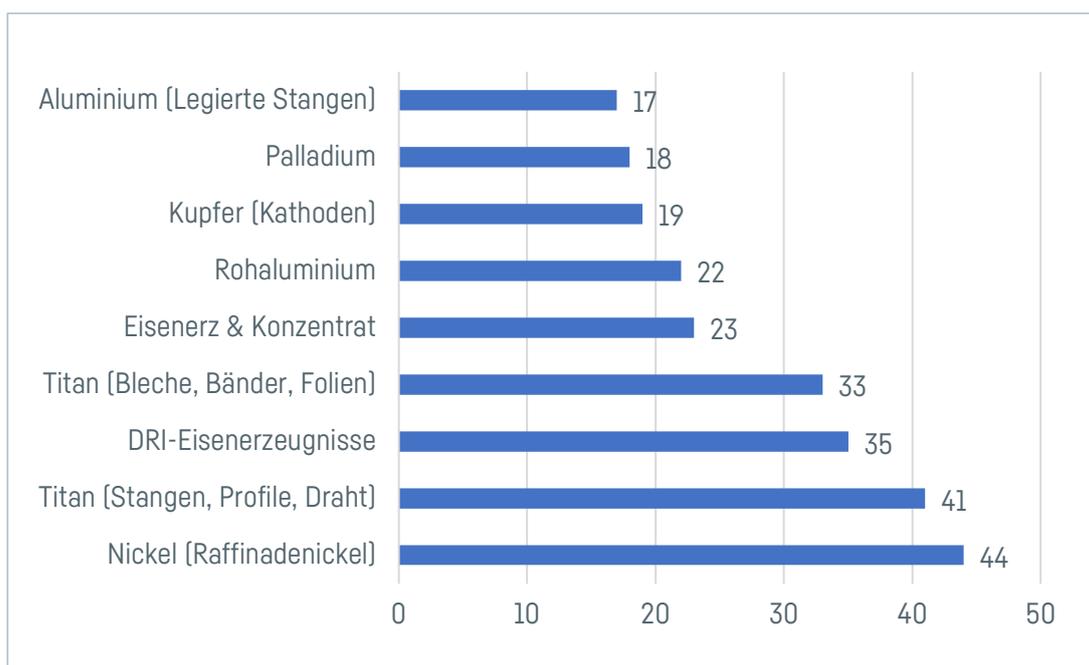


Abb. 4 Darstellung des prozentualen Anteils importierter Metalle als Warenwert aus Russland nach Deutschland, jeweils Anteil an Gesamtimporten, Daten aus DERA (2022a). DRI: Industrielle Produktion von direktreduziertem Eisen.

Russland gehört global zu den bedeutenden Produzenten für Naturgraphit und produzierte im Jahr 2022 etwa 15.000 t [USGS, 2023] bzw. 3% der Weltproduktion [Flach et al., 2022]. Hauptabnehmer für Naturgraphit in Deutschland ist die Stahlindustrie, allerdings können zukünftige Entwicklungen im Bereich von bspw. Batterietechnologie und Brennstoffzellen den Bedarf erhöhen [Flach et al., 2022].



Deutschland importierte im Jahr 2019 etwa 137.936 t Graphit aus verschiedenen Ländern (Summe aus natürlichem und synthetischen Graphit, HS 250410, 250490, 380110, 380120, 380130, 380190, 854511) [Damm, 2021]. Die Importmenge an natürlichem Graphit lag im Jahr 2019 bei 48.587 t (zu 99% Flockengraphit), der wichtigste Exporteur für Deutschland war in 2019 Mosambik [Damm, 2021]. Laut OEC hat Deutschland in 2021 natürliches Graphit (ohne Flocken und Pulver) im Wert von etwa 78.346 Dollar aus Russland importiert [OEC, 2023d]. Demnach kamen gemessen am Wert 1,9% der deutschen Importe an natürlichem Graphit (ohne Flocken und Pulver) aus Russland (Gesamtimporte nach Deutschland in 2021 im Wert von 4.12 Mio. Dollar) [OEC, 2023d].

Deutschlands Rohstoffhandel mit der Ukraine

Im Jahr 2020 wurden in der Ukraine etwa 100 Mio. t Rohstoffe gefördert, wovon etwa 50% auf Eisen und Ferrolegierungen und 43% auf mineralische Brennstoffe (Öl und Gas) zurückzuführen sind [Schulze, 2023]. Die EU hat im Jahr 2021 aufgrund der hohen Potentiale im Bereich Lithium- und Titanlagerstätten eine strategische Rohstoffpartnerschaft mit der Ukraine abgeschlossen [Schulze, 2023]. Zudem wurde Neon aus der Ukraine für Laser, die Halbleiterindustrie und Chip-Herstellung verwendet und auch nach Deutschland exportiert [Alper, 2022; Elsner, 2018].

In Folge des Russland-Ukraine Konflikts haben in Mariupol und Odessa die zwei wichtigsten Produzenten (Cryoin und Ingas in 2020) mit einem Weltmarktanteil von 50% der globalen Produktion (Stand 2020) die Neonproduktion eingestellt [Schulze, 2023; Wittmann, 2022b].

Der deutsche Außenhandel mit der Ukraine fiel im Jahr 2022 um 6,9% auf einen Gesamtumsatz von 7,9 Mrd. Euro (Destatis, 2023b). Im Jahr 2021 importierte Deutschland Erze im Wert von rund 228 Mio. Euro sowie Metalle und Metallerzeugnisse im Wert rund 378 Mio. Euro, sowie Steine und Erden und sonstige Bergbauerzeugnisse (3,1 Mio. Euro) aus der Ukraine [Destatis, 2023b]. Eine Auflistung verschiedener Export- und Importwaren, gemessen am Warenwert zwischen 2020 und 2022, zwischen Deutschland und der Ukraine sind in Tabelle 3 aufgelistet.

Tabelle 3 Deutscher Außenhandel mit der Ukraine von 2020 bis 2022. Werte in 1000 Euro (Stand März 2023 aus Destatis (2023b)).

Warenbezeichnung	2020		2021		2022	
	Export	Import	Export	Import	Export	Import
Kohle	-	834	-	1.408	-	3.686
Erdöl und Erdgas	128.897	-	68.016	-	134.987	-
Erze	505	109.490	82	227.889	24	52.217
Steine und Erden, sonstige Bergbauerzeugnisse	3.114	1.867	3.547	3.122	4.381	4.620
Kokereierzeugnisse und Mineralölerzeugnisse	60.673	20.313	82.036	7.470	95.252	5.383
Metalle	72.481	243.691	80.215	330.357	66.964	273.722
Metallerzeugnisse	122.487	30.515	134.249	47.391	100.166	52.197
Maschinen	955.441	96.561	1.181.954	122.157	695.966	123.007
Kraftwagen und Kraftwagenteile	575.360	468.123	741.550	496.828	611.533	557.928
Sonstige Fahrzeuge	55.235	28.162	93.794	21.287	14.801	24.243

Globaler Anteil kritischer und strategischer Rohstoffe aus Russland und der Ukraine

Die Gewinnung kritischer Rohstoffe ist von zahlreichen Faktoren abhängig und mineral-spezifisch. Neben Bergbau an geologisch geeigneten Stellen mit ausreichender Konzentration im Erz spielen neben gesetzlichen und politischen Rahmenbedingungen, Bergbau- und Aufbereitungstechnologien sowie die Verfügbarkeit preiswerter Energie eine wichtige Rolle, Metallrohstoffe ökonomisch und möglichst unter höchsten ökologischen Standards zu gewinnen. Die Metallverhüttung und Raffination ist ein weiterer essentieller Zweig, um das Metall vom Erz zu trennen, und da zahlreiche wichtige kritische Rohstoffe nicht aus dem Bergbau sondern als Nebenprodukt bei der Verhüttung und Raffination gewonnen werden müssen (Hilgers et al., 2021). Um den Aufbau des Landes und die strategische Entwicklung der Industrie zu fördern, ist China bei der inländischen Gewinnung, Verhüttung und Raffination großer Volumina zahlreicher Rohstoffe wie bspw. Seltene Erden weltweit führend (Abb. 5) und zudem in vielen Ländern im Bergbau und der nachfolgenden Raffinadeproduktion beteiligt (DERA, 2019a).

Der globale Vergleich der in Russland und der Ukraine produzierten kritischen Rohstoffe ist in Abb. 5 dargestellt und zeigt einen hohen Anteil Russlands bei der Gewinnung von Palladium. Ebenso wird der Anteil Chinas als weiterer wichtiger Handelspartner für die Rohstoffversorgung Deutschlands (z. B. Seltene Erden) miteinbezogen. Insgesamt werden in Abb. 5 22 Rohstoffe aufgelistet, die als kritisch oder strategisch gelten (vgl. Abb. 5).

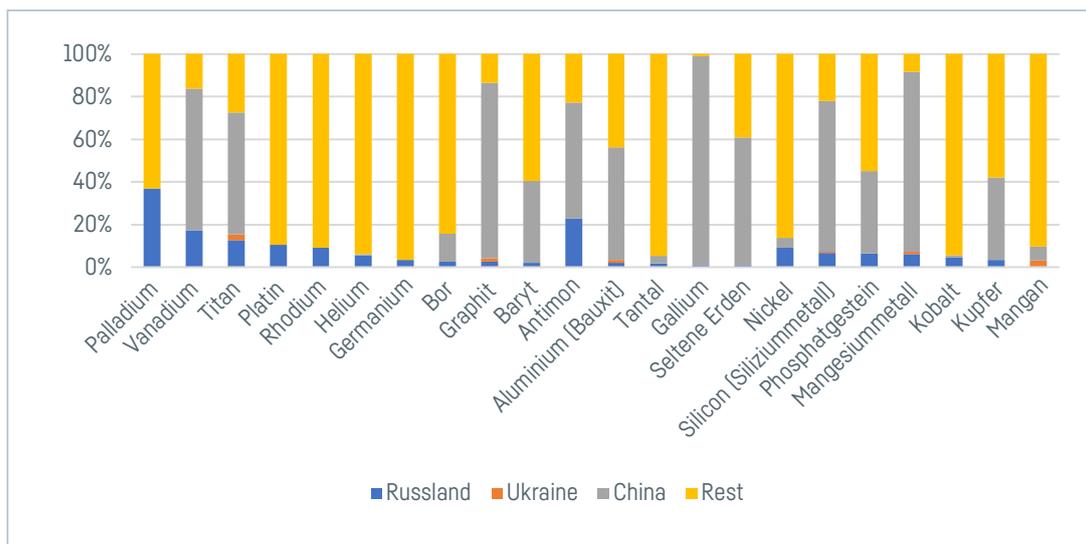


Abb. 5 Anteile am Weltmarkt: Globale Produktion in Tonnen kritischer und strategischer Rohstoffe für Russland (blau), Ukraine (orange), China (grau) und restliche Länder (gelb), Stand 2021, aus USGS (2022).

Abbildung 5 zeigt die Ukraine und Russland als Bergbau-Förderländer für verschiedene Metalle. Im Vergleich zu China und den übrigen Ländern hat Russland bei Palladium, Vanadium und Antimon global eine bedeutende Rolle [Stand 2021]. Die Ukraine bei Titan, Graphit, Aluminium [Bauxit] und Mangan [Stand 2021].

Titanminerale wurden 2022 in der Ukraine abgebaut und als Titanschwamm in Russland verarbeitet (Abb. 6). Auch die Bergwerksförderung von Bauxit, aus dem das Vorprodukt Tonerde [Aluminiumoxid, Alumina, vgl. Abb. 7] und dann in Aluminiumhütten das Primäraluminium gewonnen wird, zeigt unterschiedliche Länderkonzentrationen. Aufgrund der hohen Energiekosten in Europa mussten mehrere Aluminiumhersteller in Deutschland und Europa ihre Produktionen bedeutend reduzieren [USGS, 2023].

Bei der Bergwerksförderung von Nickel ist Russland im Jahr 2022 der drittgrößte Produzent [Abb. 8], es hält einen Anteil von etwa 20% am globalen Export von Grad-1 Batteriequalität Nickel [Sullivan, 2022]. Die führenden Produzenten im Jahr 2022 waren Indonesien [1.600.000 t], Philippinen [330.000 t], Russland [220.000 t], bei einer globalen Minenproduktion von 3.300.000 t im Jahr 2022 [USGS, 2023].

Zudem werden Platinmetalle [PGM] wie Platin und Palladium in Russland produziert. Für Palladium war Russland global in 2021 und 2022 der führende Produzent mit 86.000 kg und 88.000 kg, gefolgt von Südafrika [Abb. 9]. Für Platin war Russland in 2021 und 2022 der zweitgrößte Produzent nach Südafrika mit 21.000 kg und 20.000 kg [Abb. 10].

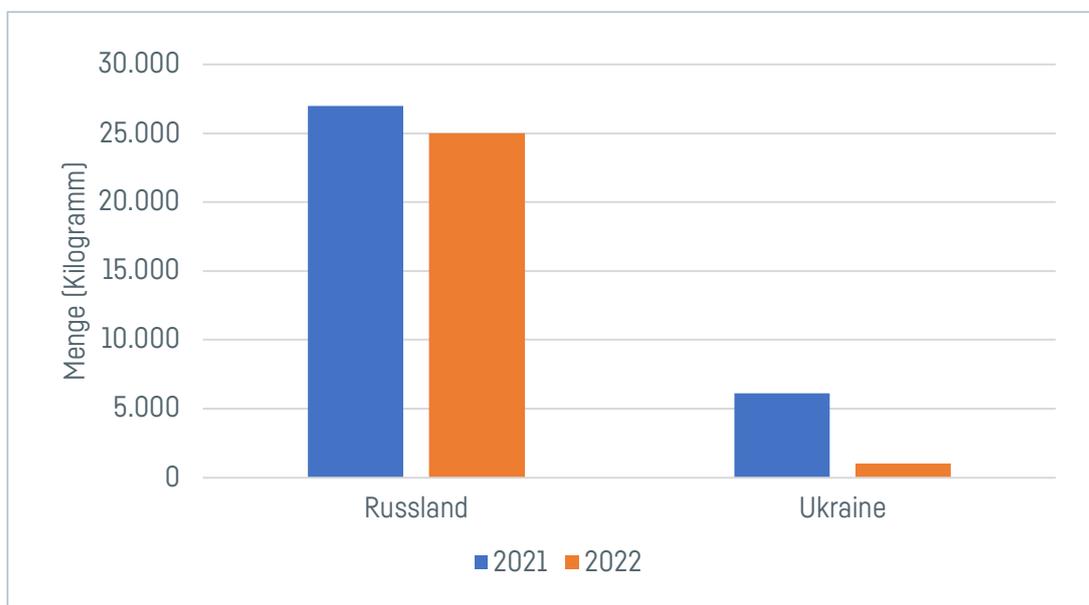


Abb. 6 Produktion von Titanschwamm für 2021 und 2022, Vergleich zwischen Russland und der Ukraine, Daten aus USGS (2023).

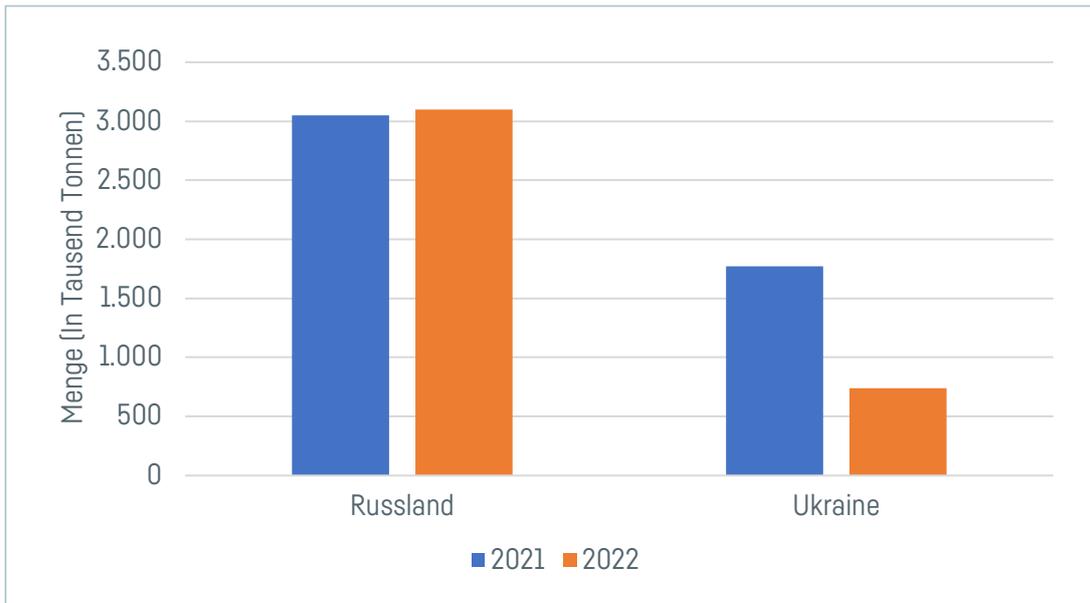


Abb. 7 Produktion von Aluminiumoxid (Alumina) für 2021 und 2022, Vergleich zwischen Russland und der Ukraine, Daten aus USGS (2023).

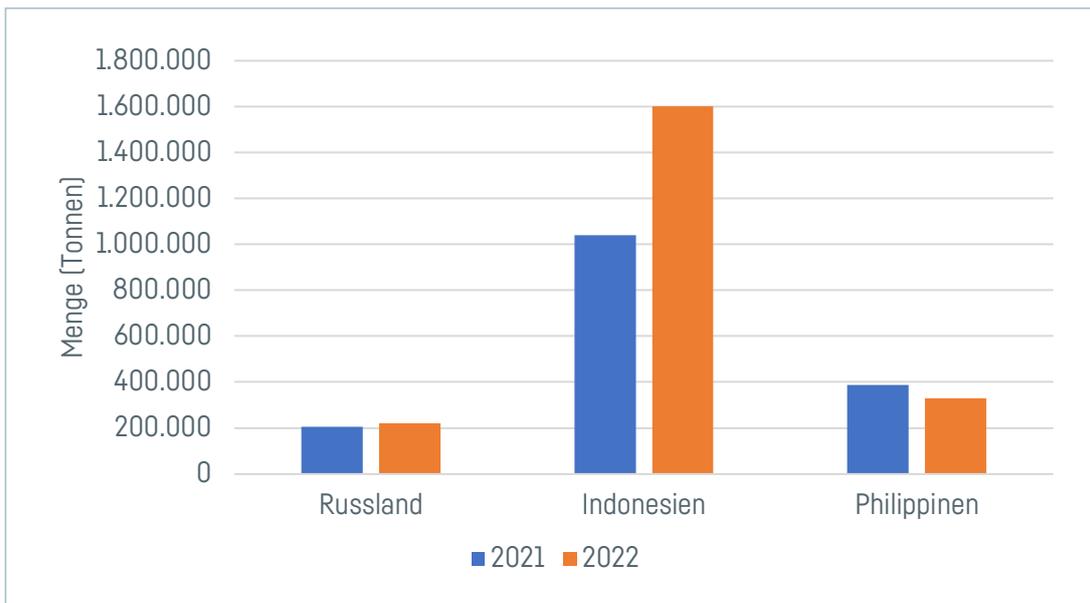


Abb. 8 Produktion von Nickel für 2021 und 2022. Russland ist global der drittgrößte Produzent, hinter Indonesien und den Philippinen, Daten aus USGS (2023).

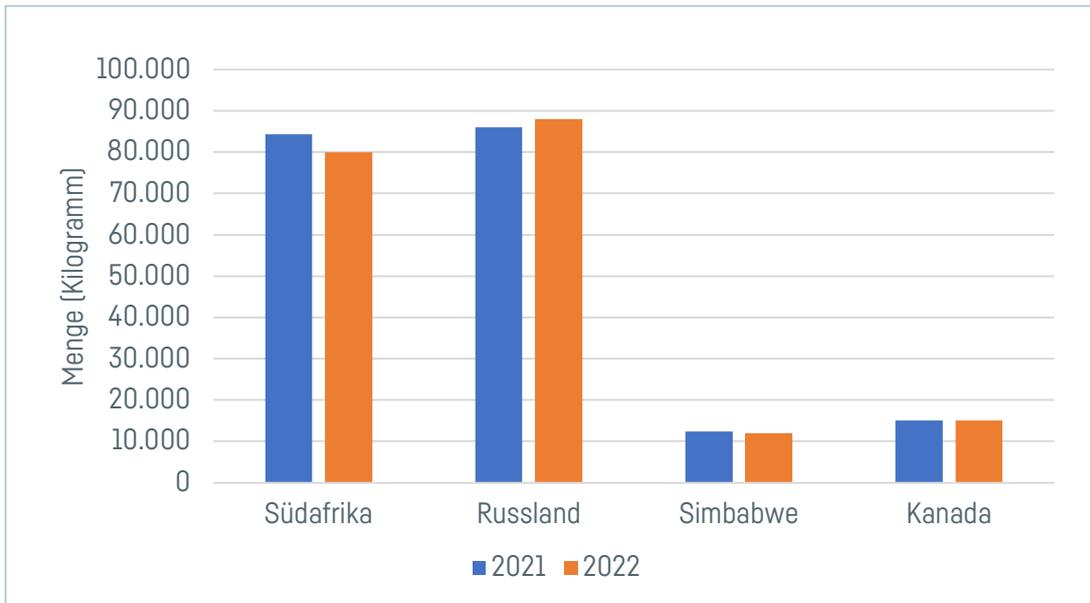


Abb. 9 Produktion des Platinmetalls (PGM) Palladium für 2021 und 2022, Russland und Südafrika sind führende Produzenten, Daten aus USGS (2023).

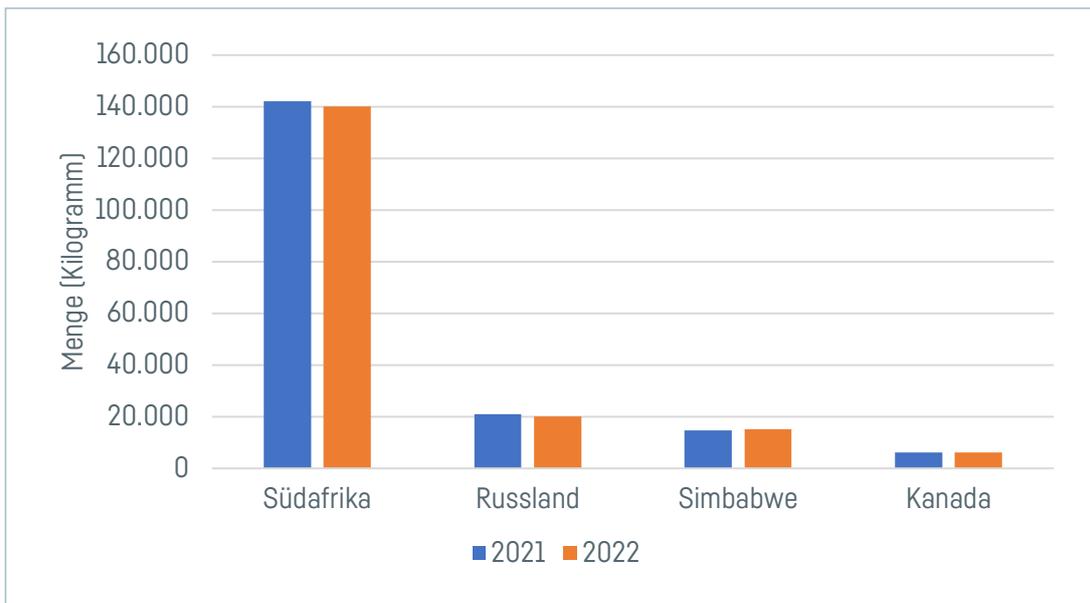


Abb. 10 Produktion des Platinmetalls (PGM) Platin für 2021 und 2022, Südafrika und Russland sind führende Produzenten, Daten aus USGS (2023).

Der Einfluss des Russland-Ukraine Konflikts auf die Zulieferung kritischer und strategischer Rohstoffe für die EU und Deutschland

Ende 2022 kam es aufgrund des Russland-Ukraine Konflikts und der Reduktion russischer Gaslieferungen zu deutlich gestiegenen Energiekosten in Deutschland. Diese gefährden die energieintensiven Industrien, darunter die Verhüttung und Raffination von Metallen aus Primär- und Sekundärrohstoffen in Deutschland. Die Metallindustrie ist zur Gewinnung von Metallen und kritischen Rohstoffen aus Primärrohstoffen und den Erhalt der Recyclingkapazität aus Schrotten sowie Innovationen bei Metallen und Legierungen essenziell.

Die getroffenen EU-Sanktionen gegenüber Russland führten im Jahr 2022 zu einem entsprechend reduzierten deutschen Außenhandel (Destatis, 2023d). Seit Februar 2022 nehmen Russlands Importe und Exporte für Rohstoffe im Handel mit der EU stetig ab (vgl. Abb. 11) (Destatis, 2023d; Eurostat, 2023). Die jährlichen Schwankungen der Exporte und Importe aus Russland und der Ukraine für die Jahre 2018 bis 2022 sind in Tabelle 4 und 5 dargestellt.

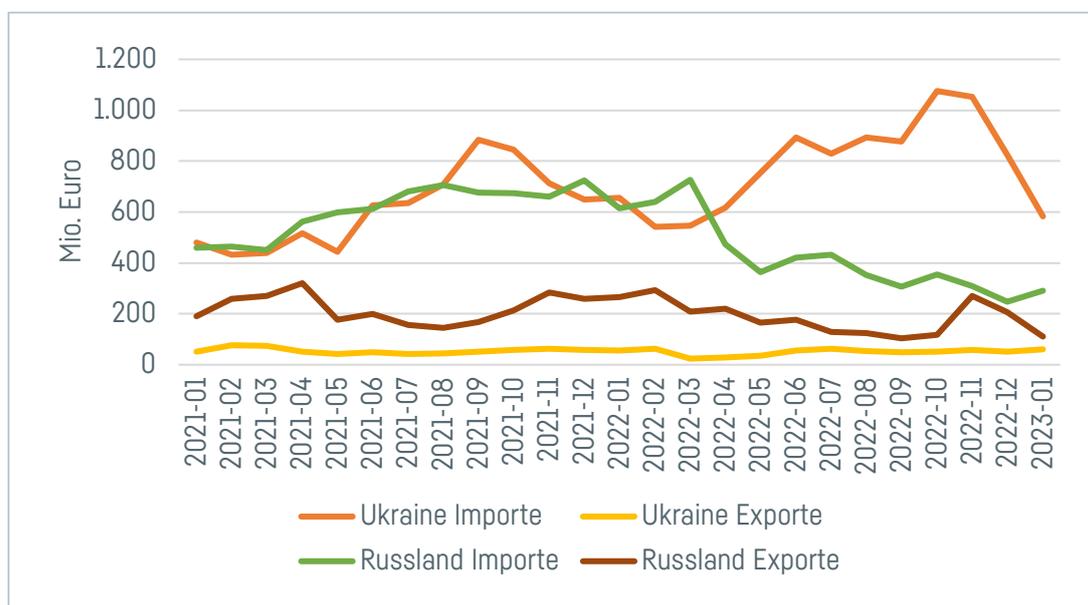


Abb. 11 Geopolitische Handelsbeziehungen der EU 27 für Rohstoffe (SITC2_4) mit Russland und der Ukraine von 01/2021 bis 01/2023, Daten aus Eurostat (2023). Ukraine Importe = Importe aus der Ukraine in die EU, Ukraine Exporte = Exporte aus der EU in die Ukraine, Russland Importe = Importe aus Russland in die EU und Russland Exporte = Exporte aus der EU nach Russland; dargestellt in Mio. Euro. Russlands Importe und Exporte sind seit Kriegsbeginn gesunken. Die Exporte aus der Ukraine sind zum Kriegsbeginn (02/2022) leicht gesunken und seitdem relativ konstant. Die Importe der Ukraine haben von 02/2022 bis 11/2022 zugenommen, sind dann allerdings wieder gesunken.

Tabelle 4 Deutscher Außenhandel mit Russland, prozentuale Entwicklungen im Vergleich zum Vorjahr für Exporte und Importe von 2018 bis 2022. Daten Stand März 2023 aus Destatis (2023a).

Jahr	Tatsächliche Werte in 1000 Euro		Prozentuale Veränderung gegenüber dem Vorjahr	
	Export	Import	Export	Import
2018	25.875.832	35.984.570	+0,5	+14,7
2019	26.556.567	31.252.963	+2,6	-13,1
2020	23.091.015	21.469.638	-13,0	-31,3
2021	26.631.891	33.115.906	+15,3	+54,2
2022	14.585.646	35.462.734	-45,2	-7,1

Tabelle 5 Deutscher Außenhandel mit der Ukraine, prozentuale Entwicklungen im Vergleich zum Vorjahr für Exporte und Importe von 2018 bis 2022. Daten Stand März 2023 aus Destatis (2023b).

Jahr	Tatsächliche Werte in 1000 Euro		Prozentuale Veränderung gegenüber dem Vorjahr	
	Export	Import	Export	Import
2018	4.524.340	2.650.060	+3.00	+18.30
2019	4.842.169	2.874.000	+7.00	+8.50
2020	4.597.549	2.520.654	-5.10	-12.30
2021	5.395.566	3.111.877	+17.40	+23.50
2022	4.786.133	3.139.724	-11.30	+0.90

Die deutschen Warenexporte nach Russland sind gegenüber 2021 um 45,2% auf insgesamt 14,6 Mrd. Euro gesunken [Destatis, 2023c]. Im Februar 2023 sanken die Exporte in die Russische Föderation gegenüber Januar 2023 (kalender- und saisonbereinigt) um 14,3% auf 0,9 Mrd. Euro und nahmen gegenüber Februar 2022 um insgesamt 59,9% ab (Februar 2022, 127 Mrd. Euro) [Destatis, 2023c]. Am Wert gemessen sanken die Importe aus Russland in die EU im Februar 2023 (kalender- und saisonbereinigt) auf 300 Mio. Euro und somit um 67,2% gegenüber dem Vorjahr (Februar 2022, 116,3 Mrd. Euro) [Destatis, 2023c].

Baden-Württemberg gehört zu den größten Industriestandorten Deutschlands und zeigt bundesweit einen Anteil von 30,1% an der Bruttowertschöpfung Deutschlands (Bundesdurchschnitt 20,4%) [Ministerium für Wirtschaft, 2021]. Für Deutschland als Exportland und speziell Baden-Württemberg als eines der größten Industriestandorte in Deutschland mit exportorientierter Wirtschaft im Bereich Fahrzeugbau, Maschinenbau und Elektrotechnik sind Verfügbarkeit und Kosten von Rohstoffen für international wettbewerbsfähige Produkte essenziell. Aufgrund von Lieferengpässen aus der Ukraine und fehlender Lieferungen aus Russland beklagten dreiviertel der in einer Umfrage des „Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau (2022)“ befragten Maschinenbauer Deutschlands Beeinträchtigungen in der Produktion [Wittmann, 2022a]. Ebenso führt der Konflikt zu reduzierten Exporten, z. B. von Fahrzeugen und Maschinen aus Deutschland nach Russland [Wittmann, 2022a].



Deutschland hat den Import von Metallen aus Russland reduziert (DERA, 2023a). Trotzdem ist der Anteil an russischen Metallen in den Gesamtimporten Deutschlands bspw. für Nickel und Titan mit jeweils 25% der Gesamtmengen im ersten Quartal 2023 weiterhin hoch (DERA, 2023a). Im 1. Quartal 2021 importierte Deutschland noch 6.500 t Nickel in Rohform aus Russland, im ersten Quartal 2023 waren es 3.300 t (DERA, 2023b). Für Titan in Rohform sind die Importe im gleichen Zeitraum von 270 t auf 150 t gesunken (DERA, 2023b).

Ukraine: Der Einfluss des Russland-Ukraine Konflikts auf die Zulieferung kritischer und strategischer Rohstoffe

Die Ukraine ist ein rohstoffreiches Land und verfügt über etwa 20.000 bekannte Rohstoffvorkommen, von denen 7.800 exploriert sind [Schulze, 2023]. Im Jahr 2022 wurden 65 Lizenzen für die Erschließung und Förderung von Rohstoffen in der Ukraine vergeben [Schulze, 2023]. Russland kontrolliert bereits seit 2014 einige Lagerstätten der Ukraine, z. B. in den Regionen Donezk und Luhansk [Schulze, 2023]. Durch den derzeitigen Konflikt hat sich die Menge an Lagerstätten unter ukrainischer Kontrolle reduziert, sodass unter anderem 27 Gaslagerstätten und sechs Eisenerzvorkommen unter russischer Besatzung stehen [Schulze, 2023]. Zudem werden für die Stahlproduktion wichtige Kalksteinlagerstätten durch Russland kontrolliert [Schulze, 2023].

Um die Ukraine beim Wiederaufbau zerstörter Produktionsstätten und Infrastruktur zu unterstützen und Spendengelder zu sammeln, wurde durch die National Association of the Extractive Industry of Ukraine (NAEIU) zusammen mit der österreichischen Agentur für Europäische Integration und wirtschaftliche Entwicklung GmbH (AEI) die Initiative "Mining Front" mit Sitz in Wien gegründet [Front, 2022; GMK Center, 2022; Schulze, 2023]. Eine Darstellung über die aktuell bekannten [Stand 08/2022] ukrainischen Rohstoffe unter russischer Kontrolle ist in Abb. 12 dargestellt.

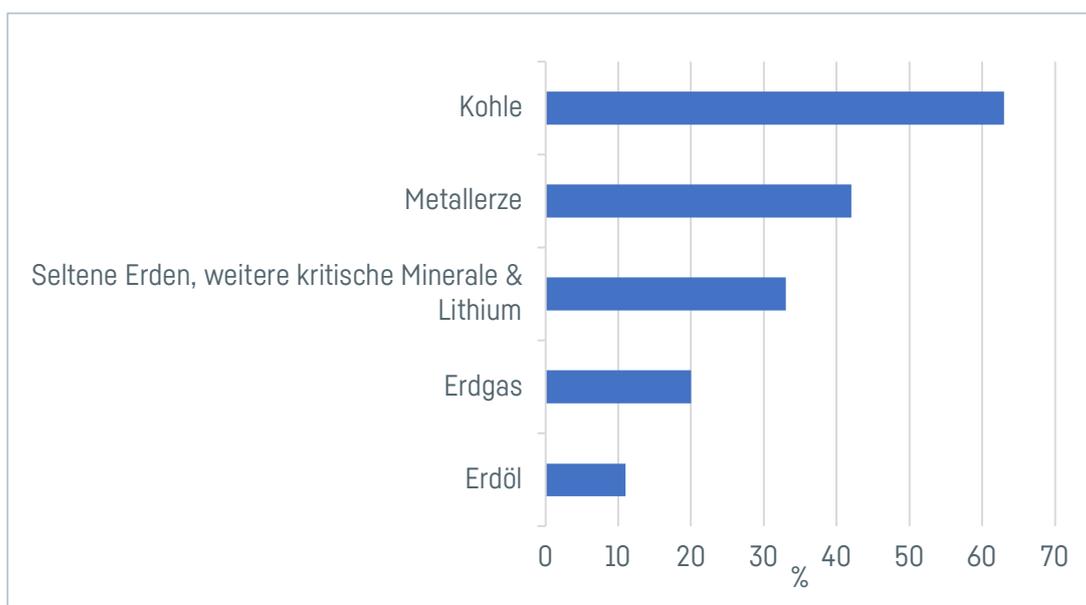


Abb. 12 Prozentualer Anteil ukrainischer Lagerstätten, die zum Stand 08/2022 unter russischer Kontrolle sind, Daten aus Faiola and Bennett (2022).

Aluminium

Die Ukraine war 2021 unter den weltweit zehn größten Produzenten von Tonerde (Aluminiumoxid, Alumina), besitzt aber keine Bauxitlagerstätten oder -ressourcen [USGS, 2023]. Der Rohstoff wurde aus Russland importiert. Russland besitzt auch einen Anteil an der ukrainischen Aluminiumhütte Zaporizhia Aluminum Plant (ZALK), die ihren Betrieb kriegsbedingt einstellen musste [Open4Business, 2022; Van Veen, 2022]. Die Produktion von 1.770.000 t (Trockengewicht) Tonerde (Alumina) in der Ukraine ist 2022 signifikant auf 740.000 t (Trockengewicht) gefallen [USGS, 2023]. Der Import von HS2606 – Aluminiumerze und -konzentrate in die Ukraine war bereits im Jahr 2021 von 1,084 Mio. kg (Jahr 2020) auf 0,541 Mio. kg gesunken [UN Comtrade, 2023a].

Stahl, Eisen und Mangan

Im Jahr 2020 wurden rund 699.000 t Mangan (3,6% Weltmarkanteil) und 49.274.000 t Eisenerz (3,2% Weltmarkanteil) in der Ukraine gefördert [Schulze, 2023]. In der Ukraine fiel die Produktion von Eisen und Stahl 2022 durch den Wegfall von Lieferketten und Energieknappheit um mehr als 50%, beim größten Metallproduzenten ArcelorMittal Kryvyi Rih um 80% [Rihner, 2023]. Der Bahntransport von Eisen- und Manganerzen in der Ukraine betrug 2022 31,7 Mio. t und damit 45,9 Mio. t weniger als im Jahr zuvor [Barich, 2023].

Lithium

Die Ukraine beherbergt eines der größten Lithiumvorkommen in Europa, baut derzeit allerdings noch kein Lithium ab [Ukrainian Geological Survey, 2023]. Eine Übersicht über die Rohstoffquellen von Lithium ist in der ThinkTank Broschüre „Lithium in Europa“ dargestellt [Steiger et al., 2022].

Titan

Rund 6,4% des Weltmarkanteils der Titan (Titandioxid) Förderung stammten 2020 aus der Ukraine (537.000 t) [Schulze, 2023]. Die Ukraine war 2021 unter den zehn größten Bergwerksförderländern der Welt für die Titanminerale Rutil und Ilmenit [USGS, 2023], die auch nach Russland exportiert wurde. Sie besitzt die neuntgrößten Ressourcen an Titanvorkommen weltweit. Die Ukraine war 2021 der fünftgrößte Produzent global für Titanschwamm mit 6.100 t (Russland 27.000 t), was sich 2022 auf 1.000 t (Russland 25.000 t) reduzierte [USGS, 2023]. Von Januar bis Oktober 2022 wurden mit 273.400 t Titanerz 39% weniger aus der Ukraine exportiert als im Jahr zuvor [Barich, 2023]. Laut OCED (2023, UN Comtrade [2023b]) lag der weltweite Export von Titanerzen und -konzentraten (HS2614) im Jahr 2022 mit 115 t um etwa den Faktor 10 geringer als 2020 (1 Mio. t).



Edelgase

Die Edelgase Krypton, Neon und Xenon werden zur Herstellung von Halbleitern bspw. für die Automobilindustrie und Raumfahrtindustrie eingesetzt [Europäische Kommission, 2022d]. Die Ukraine lieferte etwa 50% des globalen Neons und weitere Edelgase [Alper, 2022]. Etwa 30.000 m³/Monat wurden aus der Ukraine nach China, Deutschland, USA, Taiwan und Südkorea geliefert [Alper, 2022]. Die Gewinnung von Edelgasen als Nebenprodukt bei der Stahlherstellung, die in Mariupol (Fa. Ingas) und Odessa (Fa. Cryoin) ansässig waren, musste eingestellt werden. Zudem beendete Russland den Export der Edelgase Ne, Kr, Xe an „unfreundliche“ Länder, was die globale Knappheit weiter erhöhte [Baron, 2022]. Im Jahr 2021 stammten anteilig 47% an den Gesamtimporten an Edelgasen in die EU [Abb. 13] aus Russland und der Ukraine [Europäische Kommission, 2022d]. Der Gesamtwert an importierten Edelgasen in 2021 betrug 17,3 Mio. Euro, davon entfielen 25% auf die Ukraine und 22 % auf Russland [Europäische Kommission, 2022d]. Deutschland ist gemessen am Wert der größte Importeur von Edelgasen in der EU und importierte zwischen 2019 und 2021 Edelgase mit einem durchschnittlichen Wert von 4,3 Mio. Euro, 39% stammen aus Russland und 23% aus der Ukraine [Europäische Kommission, 2022d]. Die EU bezieht Edelgase aus verschiedenen Ländern mit unterschiedlicher Gewichtung, diese sind für das Jahr 2021 in Abb. 14 dargestellt. Hauptimportländer für die EU im Jahr 2021 sind China, Russland und die Ukraine [Europäische Kommission, 2022d]. Der Vergleich des globalen Exports auf Grundlage von UN Comtrade Daten für Edelgase (außer Argon) mit Kennung HS280429 aus Russland und der Ukraine sind in Abb. 14 dargestellt. Sowohl aus Russland, als auch aus der Ukraine sind die globalen Exporte an Edelgasen (außer Argon) jedoch bereits vom Jahr 2020 in das Jahr 2021 gesunken. Die Edelgase Helium Neon, Krypton und Xenon werden als Nebenprodukte bei der Gewinnung von Sauerstoff für die Stahlindustrie gewonnen. Große Stahlwerke mit einem Bedarf von mehr als 1.000 t Sauerstoff pro Tag können durch die kryogene Destillation großer Mengen verflüssigter Luft aus den geringen Konzentrationen der inerten Edelgase in der Luft von 0,9% Ar, 0,0018% Ne, 0,00011% Kr und 0,000009% Xe bspw. aus 10 Mm³ [12.920 t] Luft 1 m³ Xe [5.9 kg] produzieren. Anlagen werden aus technischen Gründen auf die Gewinnung von Kr und Xe, oder die Gewinnung von He und Ne als Beiprodukt ausgelegt [Europäische Kommission, 2022d].

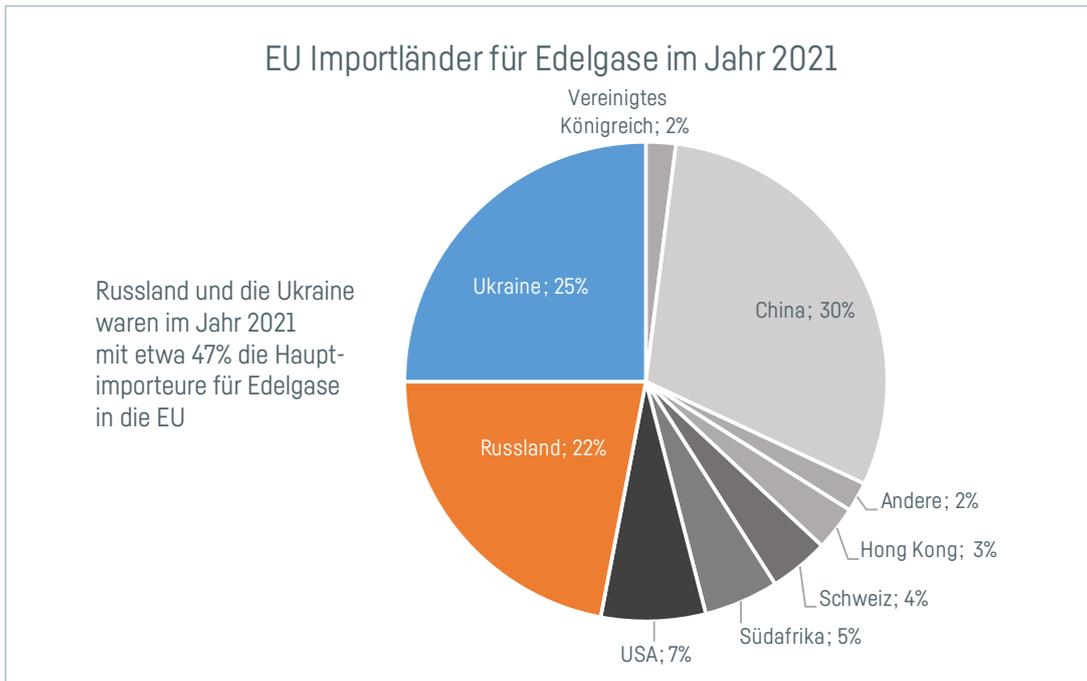


Abb. 13 EU-Importländer für Edelgase im Jahr 2021 nach Warenwert. China, Ukraine und Russland sind mit 30%, 25% und 22% führende Exporteure für die EU, Daten aus Europäische Kommission (2022d).

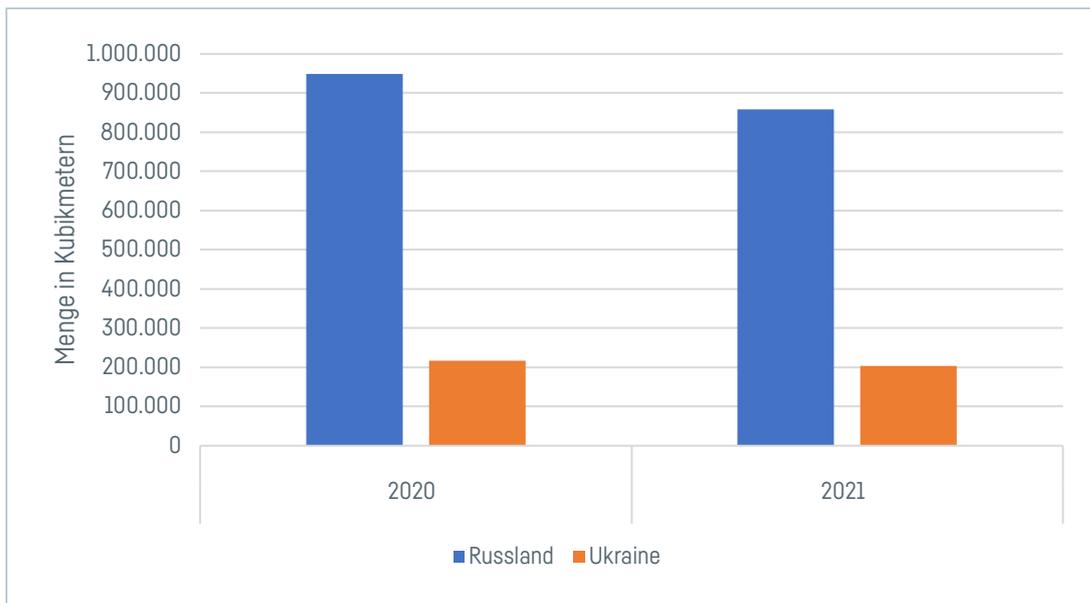


Abb. 14 Vergleich des globalen Exports von Edelgasen (HS280429) außer Argon aus Russland und der Ukraine für die Jahre 2020 und 2021. Werte in Kubikmeter, Daten aus UN Comtrade (2023c).

Russland: Der Einfluss des Russland-Ukraine Konflikts auf die Zulieferung kritischer und strategischer Rohstoffe

Nach China [18%], Australien [13,4%] und Brasilien [6,5%] ist Russland mit 5,9% vom Gesamtwert vor Chile und den USA das viertgrößte Land bei der globalen Rohstoffproduktion [BGR Stand 2020, Drobe [2020]]. In der Ukraine kontrolliert Russland laut der Washington Post [Stand 08/2022] 63% der Kohlevorkommen, 11% der Ölvorkommen, 20% des Erdgasvorkommens, sowie 42% der Metalle und 33% der seltenen Erden, weitere kritische Minerale und sowie potentielle Lithiumlagerstätten (vgl. Abb. 12) [Faiola & Bennett, 2022; Schulze, 2023]. Durch den andauernden Konflikt stellten Lagerstättenbetreiber in den Regionen Donezk und Luhansk ihren Abbau ein, Investitionen in den Wiederaufbau oder in die Erschließung neuer Lagerstätten fehlen [Schulze, 2023].

Aluminium

Für Russland ist der Import von Tonerde (Aluminiumoxid, Alumina) aus der Ukraine (Importanteil 2020 37%) und Australien (Importanteil 2020 30%) zur russischen Aluminiumproduktion notwendig [Barich & Chen, 2022]. Seit dem 20. März 2022 stoppte Australien die Lieferungen von Tonerde nach Russland [Barich & Chen, 2022]. Im Jahr 2021 betrug der Import von Tonerde aus Australien nach Russland 1,52 Mio. t von insgesamt 4,7 Mio. t der russischen Tonerde-Importe, China exportierte im selben Zeitraum 0,87 Mio. t nach Russland [Ong, 2022]. Russland wird derzeit teilweise durch erhöhte Importe aus China und anderen Ländern wie der Türkei [Abb. 15] mit Aluminiumerzen und -konzentraten (HS2606) beliefert [UN Comtrade, 2023a]. Australien und die Ukraine lieferten 2021 noch mehr als die Hälfte des russischen Tonerde-Imports [Abb. 16]. Australiens Exporte sind, am Handelswert gemessen, von 2019 bis 2021 gesunken [Abb. 17]. Der Gesamtexportwert Australiens von Tonerde, gemessen am Handelswert, betrug im Jahr 2019 rund 6,53 Mrd. USD, im Jahr 2020 rund 4,45 Mrd. USD und im Jahr 2021 bei rund 2,96 Mrd. USD [OEC, 2023a]. Der russische Anteil steht seit dem 20. März 2022 demnach dem Weltmarkt zur Verfügung. Die Importmenge von Tonerde nach Russland, gemessen am Handelswert, ist seit 2019 gestiegen. Im Jahr 2019 lag der Gesamtimportwert bei rund 1,66 Mrd. USD, im Jahr 2020 bei rund 1,38 Mrd. USD und im Jahr 2021 bei rund 1,81 Mrd. USD [OEC, 2023c]. Dies kann mit vorübergehend gestiegenen Preisen seit Konfliktbeginn im Februar 2022 erklärt werden und muss nicht zwangsweise bedeuten, dass die Handelsvolumina gemessen in Tonnen zugenommen haben. Bei der Aluminiumverhüttung ist jedoch die russische Produktion von 3.640.000 t im Jahr 2021 auf 3.700.000 t gestiegen und belegt nach wie vor hinter China und Indien Rang drei der globalen Tonnageproduktion [USGS, 2023].



Seit dem Exportverbot Australiens im Jahr 2022 und aufgrund fehlender Aluminiumoxid-Lieferungen aus der Ukraine musste Russland seine Lieferketten für Aluminiumoxid auf andere Länder wie bspw. Indien umlenken [Devitt et al., 2023]. Der Import von Tonerde aus bspw. China ist mit höheren Kosten verbunden, trotzdem wurde Russland in 2022 zum größten Abnehmer von Tonerde aus China [Devitt et al., 2023]. Die russische Rusal [zweitgrößter Aluminiumproduzent der Welt nach China] diversifizierte ihre Lieferungen durch Tonerdeimporte aus Indien und Kasachstan [Devitt et al., 2023].

Folgend werden die Lieferketten (Import und Export) für Aluminiumerz und -konzentrat, sowie Aluminiumoxid betrachtet, um Russlands Standpunkt eindeutiger darzustellen und die Wertschöpfungskette zu verfolgen. Russland ist auf den Import von Rohmaterial angewiesen um weiter eine Aluminiumverhüttung (derzeit global Rang drei) aufrecht zu erhalten. Ein wesentlicher Anteil des Aluminiumoxids stammte aus der Ukraine und Australien [Abb. 16]. Diese Exporteure entfallen weitestgehend seit Beginn des Russland-Ukraine Konflikts und des Exportverbots Australiens nach Russland im Jahr 2022.

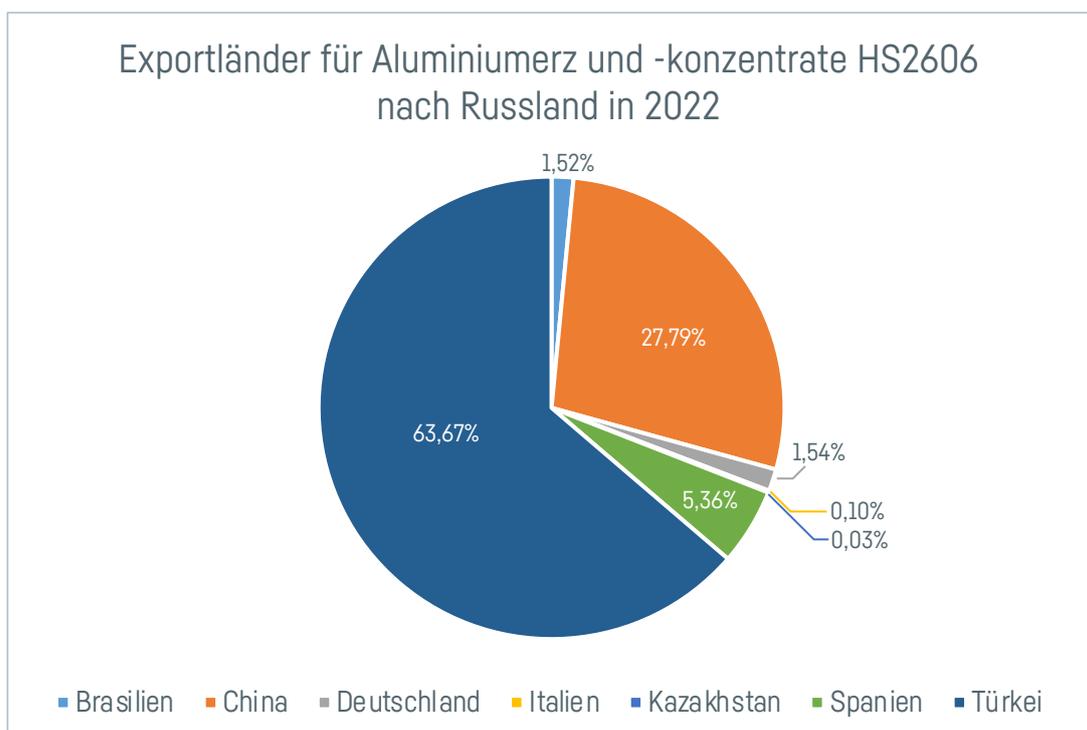


Abb. 15 Exportländer für Aluminiumerz und Aluminiumkonzentrat (HS2606) nach Russland im Jahr 2022, Daten aus UN Comtrade (2023a).

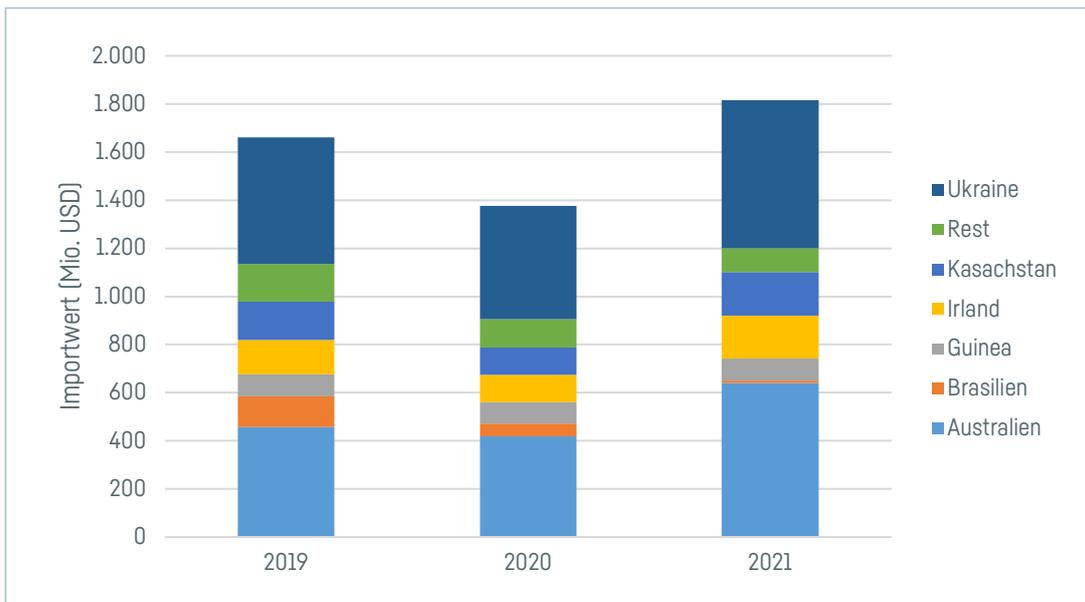


Abb. 16 Import Russlands von Aluminiumoxid von 2019 bis 2021 mit einem wesentlichen Anteil aus der Ukraine und Australien, die durch den Konflikt und Embargo zu Erliegen kamen, Daten aus OEC (2023c).

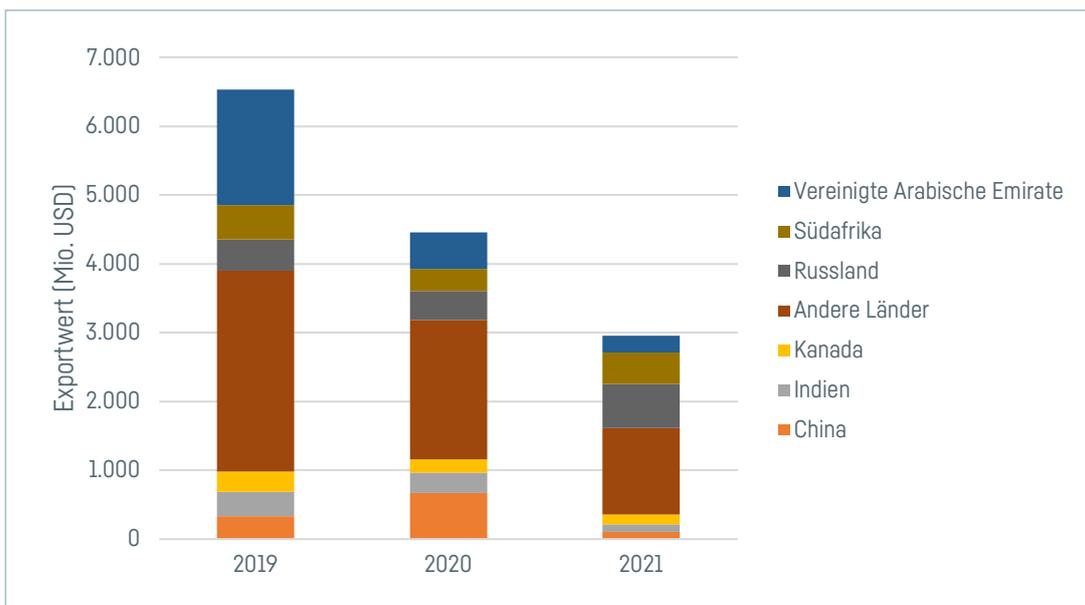


Abb. 17 Hauptexportländer aus Australien für Aluminiumoxid von 2019 bis 2021, Daten aus OEC (2023a). Der Exportwert nach Russland nahm von 2019 (457,9 Mio. USD) bis 2021 (640,2 Mio. USD) zu (dargestellt in dunkelgrau). Australien hat im März 2022 den Export von Aluminiumoxid nach Russland eingestellt, sodass Russland auf alternative Exporteure umlenken musste.

Stahl

Aufgrund von Ausnahmeregeln und teilweise unklar definierten Gesetzen werden russische Stahlprodukte, Stahlvorprodukte und Halbzeug weiterhin in die EU importiert (Lebedew, 2022). Bei unmittelbarer Zulieferung über Zwischenhändlern ohne Herkunftsangabe der Produkte kann eine mögliche russische Herkunft nicht eindeutig nachgewiesen werden (Lebedew, 2022).

Nickel

Russland fördert nach Indonesien und den Philippinen mit 205.000 t die drittgrößte Menge an Nickelerz im Jahr 2021 (USGS, 2023). Es hält 11% der Bergwerksförderung und 15% des globalen Exports, wovon besonders Finnland mit einem Importanteil von 84% betroffen ist (OECD, 2022). Russland liefert global etwa 20% des für den Bau von Batterien notwendige hochreine Grad-1 Nickel (Sullivan, 2022). Von den etwa 100.000 t russischen Nickel-Grad-1 Exporten (Jan-Nov 2021) wurden etwa 53.000 t in die Niederlande und nach Deutschland exportiert (Erickson, 2022). Indonesien war in 2022 das Land mit der höchsten Minenproduktion (1.600.000 t, USGS (2023)).

Palladium und Platin

Russland förderte im Jahr 2021 86.000 kg Palladium und 21.000 kg Platin (USGS, 2023). Im Jahr 2022 erhöhte sich der Wert für Palladium auf 88.000 kg und reduzierte sich für Platin auf 20.000 kg (USGS, 2023). Damit gehört Russland für Palladium zum weltweit größten Produzenten, gefolgt von Südafrika (80.000 kg in 2022) (USGS, 2023). Für Platin ist Russland der zweitgrößte Produzent nach Südafrika (140.000 kg in 2022) (USGS, 2023). Weitere bedeutende Produzenten von Platin und Palladium sind Kanada und Simbabwe (USGS, 2023).

Im Jahr 2020 wurden 41% des globalen Palladiums und 13% des globalen Platins in Russland gefördert (Europäische Kommission, 2022a, 2022b). Auch beim globalen Export für raffiniertes Palladium war Russland mit 30% ein bedeutender Akteur (Europäische Kommission, 2022a). Außerdem machte der Anteil Russlands im Export von Platin 7% aus (Europäische Kommission, 2022b).

Weltweit stehen nur begrenzte Produktionskapazitäten zur Verfügung (Europäische Kommission, 2022a). Durch bestehende Produktionen in Südafrika und Simbabwe können Importe von raffiniertem Palladium diversifiziert werden (Europäische Kommission, 2022a). Es wird erwartet, dass sich der Platinmarkt bis 2030 global in einem Defizit befindet, sodass eine Diversifizierung von Platinproduzenten erschwert wird (Europäische Kommission, 2022b). Auch wenn der Anteil Russland mit 7% des globalen Exports in 2020 keine dominierende Rolle einnahm, wird bei einer generellen Verknappung von Platin der Anteil nicht ohne Weiteres kompensierbar sein (Europäische Kommission, 2022b). Der Russland-Ukraine Konflikt sorgte zunächst für Besorgnisse über die Palladium- und Platinversorgung der EU (Europäische Kommission, 2022a). Noronickel, der weltweit größte Produzent für Palladium und Grad-1 Nickel mit Sitz in Russland ist bisher nicht von den Sanktionen betroffen, sodass es zunächst zu keinen Einschränkungen kam (Europäische Kommission, 2022a). Im Jahr 2021 importierte die EU etwa 62 t raffiniertes Palladium, wovon 36% aus Russland stammten (Europäische Kommission, 2022a). Südafrika und Simbabwe sind aktuelle Alternativen für die Platinversorgung der EU, um primäres Platin aus Russland zu ersetzen (Europäische Kommission, 2022b).

Titan

Das russische Unternehmen „VSMPO-Avisma“ ist weltweit der größte Produzent für Titan, das beispielweise für die Luft- und Raumfahrt von Bedeutung ist (Stock, 2022). Zu seinen Vertragspartnern gehören die amerikanische Boeing und die europäische Airbus, wobei erstere aktuell kein Titan mehr aus Russland bezieht und zunächst gelagerte Bestände verwenden werden (Stock, 2022). Bisher deckte VSMPO-Avisma 35% des Titanbedarfs bei Boeing und 50% bei Airbus (Schulze, 2022). Für die Produktion von Titanprodukten wird Titanschwamm benötigt (DERA, 2022b). Titanschwamm wurde im Jahr 2019 vor allem in China (40%), Japan (bis zu 25%) und Russland (etwa 20%) produziert (DERA, 2022b; Schulze, 2022). Im Jahr 2021 war China mit 120.000 t der größte Produzent von Titanschwamm (57%), gefolgt von Japan (35.000 t, 17%) und Russland (27.000 t, 13%) (Bhutada, 2023).

Titan wird vor allem aus den Mineralen Ilmenit und Rutil gewonnen, die größten Reserven befinden sich in China (Ilmenit 190 Mio. t) und Australien (Ilmenit 160 Mio. t und Rutil 31 Mio. t) (USGS, 2023). Russland hat nur geringe Titanmineralreserven und ist auf den Import angewiesen (Schulze, 2022). Im Jahr 2021 bezog Russland Titanminerkonzentrate aus der Ukraine, diese unterliegen seit Konfliktbeginn im Februar 2022 einem Exportverbot nach Russland (Schulze, 2022). Im Jahr 2021 produzierte die Ukraine aus Ilmenit und Rutil insgesamt 411.000 t Titan und im Jahr 2022 257.000 t (USGS, 2023). Russland ist abhängig von Importen von Titanminerkonzentraten und bezog diese im Jahr 2022 zu rund 5% aus der Ukraine (UN Comtrade, 2023b). Im Jahr 2020 lag der Importanteil aus der Ukraine laut Comtrade noch bei rund 96% (UN Comtrade, 2023b). Das Titaneisenerz Ilmenit bspw. unterliegt aber seit Konfliktbeginn im Februar 2022 einem Exportverbot von der Ukraine nach Russland (Schulze, 2022). Russland produzierte 2021 nach China und Japan 27.000 t Titanschwamm und ist 2022 mit einer Produktion von 25.000 t nach wie vor der weltweit drittgrößte Produzent (USGS, 2023).

Die EU produziert keinen Titanschwamm und ist vollständig auf den Import angewiesen (Europäische Kommission, 2022e). Die Importe erfolgen zu 85% (Stand 2020) als verarbeitete Produkte (Europäische Kommission, 2022e). Russland ist auf den Import von Titanerz angewiesen, um Titanschwamm zu produzieren und zu exportieren. Die Herstellung von Titanschwamm ist energieintensiv und wird durch verfügbare und günstige Energieträger in Russland raffiniert, sodass Titanschwamm und Titanprodukte aus Russland exportiert werden können. Laut des U.S. Geological Survey (Stand 2023) werden Explorationsprojekte zur Gewinnung von Schwermineralsand in Russland zur Gewinnung von Titan begonnen (USGS, 2023). Die EU ist global der größte Importeur von verarbeitetem Titan, auch in Form von Waren (Europäische Kommission, 2022e). Im Jahr 2020 stammten rund 16% der Importe in die EU aus Russland (Europäische Kommission, 2022e). Die EU importierte unbearbeitetes Titan und Pulver aus Russland (9% des Gesamtimportes nach Deutschland in 2020) und aus der Ukraine (8 % des Gesamtimportes nach Deutschland in 2020) (Europäische Kommission, 2022e). Eine mögliche kurzfristige Verknappung an Titan ist nicht

zu erwarten, was zum einen an hohen Lagerbeständen liegt und zum anderen an einer geringeren Nachfrage an Titan während der Corona-Pandemie bspw. durch den reduzierten Flugzeugbau [Europäische Kommission, 2022e]. Vorhandene Titanreserven in Japan und Kasachstan, sowie in Saudi-Arabien und den USA wären in der Lage, bei Versorgungsengpässen oder fehlenden Lieferungen aus Russland und der Ukraine unverarbeitetes Titan für die EU zu decken [Europäische Kommission, 2022e]. Russland importierte gemessen am Handelswert in den Jahren 2019 113,3 Mio. USD, 2020 29,7 Mio. USD und 2021 71,6 Mio. USD Titanerz und -konzentrat, überwiegend aus der Ukraine [OEC, 2023f] (Abb. 18).

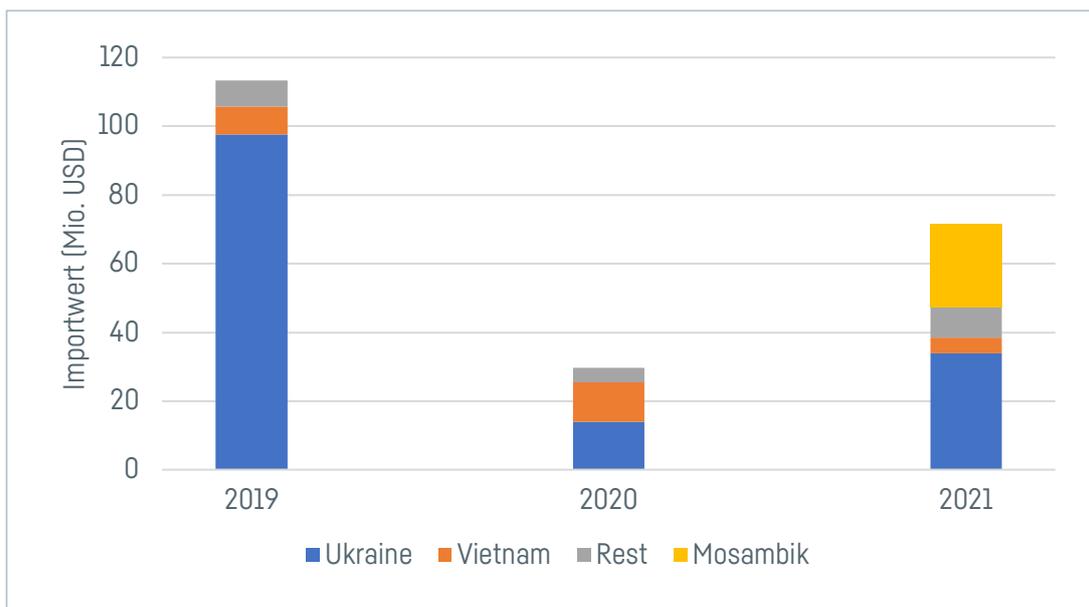


Abb. 18 Hauptimportländer für Titanerz und -konzentrate nach Russland von 2019 bis 2021, Daten aus OEC (2023f). Der Importwert hat sich von 2019 bis 2021 verringert.

Vanadium

Vanadium ist ein wichtiger Zusatzstoff zur Herstellung von speziell gehärteten Stählen und Superlegierungen sowie zunehmend für Vanadium-Redoxfluss-Batterien [Neitzel, 2022]. Die EU bezog 2019 raffiniertes Vanadium größtenteils aus Österreich [52%] und Russland [32%] [Neitzel, 2022]. Deutschland bezog im selben Jahr 80% des Vanadiumoxids/-hydroxids aus China [Gesamtimportwert 6,28 Mio. USD], 2021 zu 80% aus den Niederlanden. Die Niederlande wiederum bezogen Vanadiumkonzentrate aus Südafrika [2019 zu 80%, 2021 zu 41%] [OEC, 2023e]. Russland besitzt mit 20.100 t [Stand 2021] die weltweit zweitgrößte Bergwerksförderung nach China [USGS, 2023]. Die Produktion ist 2022 auf 17.000 t gesunken und vom dritt- und viertgrößten Förderland Südafrika und Brasilien um +300 bzw. +420 t gestiegen [USGS, 2023]. Mit etwa 25% ist Russland der weltweit größte Exporteur von Vanadium [OECD, 2022]. Die größten Bergwerksproduzenten in 2022 sind China (70.000 t) und Russland (17.000 t) [USGS, 2023].

Weitere Rohstoffe

Der russische Export von Kalisalz (Kaliumoxid, K₂O Äquivalent) ist trotz Sanktionen durch neue Lieferketten nicht geschrumpft (Rihner, 2023). In den Sanktionen der EU enthalten sind mineralische, chemische Düngemittel, die Kalium, Phosphor oder Stickstoff enthalten, die von den wichtigsten Düngemittelherstellern Uralchim, Uralkali, Ecrochim und Phosagro hergestellt werden (Wittmann, 2023). Der weltweite Handel mit russischen Düngemitteln wurde von der EU von den Sanktionen ausgenommen, da diese für die globale Ernährungssicherheit von Bedeutung sind (Die Bundesregierung, 2023; Wittmann, 2023). Düngemittellieferungen in Nicht-EU-Staaten und die Verschiffung über Häfen in der EU sind erlaubt (Die Bundesregierung, 2023; Wittmann, 2023).

Russland ist mit 22% Anteil am weltweiten Export von Pottasche (Kali) nach Kanada (38%) und vor Belarus mit 20% weltweit zweitgrößter Exporteur von Pottasche (Stand 2021, Volumen) (Government of Canada, 2022). Die EU-Importe von Kalisalzen ist seit 2018 gestiegen und erreichten im Jahr 2020 mit 2,1 Mio. t ihren Höhepunkt (Europäische Kommission, 2022c). Dabei wurden mehr als die Hälfte aus Russland und Belarus importiert (Europäische Kommission, 2022c). Die Ukraine produziert derzeit kein Kaliumoxid (Europäische Kommission, 2022c), hat aber vermutlich einige Milliarden Tonnen unentdeckte Ressourcen (USGS, 2017).

Die Sanktionen gegenüber Russland werden kurzfristig einen Einfluss auf die internationale Marktlage haben, das genaue Ausmaß ist derzeit noch unklar (Europäische Kommission, 2022c). Im Januar und Februar 2023 fiel laut dem russischen Statistikdienst jedoch die produzierte Menge an Mineräldünger (u. a. auch Kali) in Russland um 10,2% auf 4 Mio. t (Wittmann, 2023). Russland veränderte außerdem seine Düngemittelexporte in Staaten wie China und Indien zu günstigeren Preisen (Wittmann, 2023). Neben Kalidünger hat Russland auch einen Weltmarktanteil von 15% bei Stickstoff- und 14% bei Phosphordünger (Our World Data, 2020). Steigende Düngemittelpreise und Preisvolatilitäten sind zu erwarten, die sich auf die Lebensmittelindustrie auswirken könnten (Europäische Kommission, 2022c). Kurzfristige Versorgungsengpässe könnten bspw. durch Importe aus Kanada in die EU gedeckt werden (Europäische Kommission, 2022c). Kanada hat im Jahr 2022 16 Mio. t Kali produziert, gefolgt von China mit 6 Mio. t und Russland mit 5 Mio. t (USGS, 2023).

Recycling und Substitutionen bieten keinen Ausgleich für Rohstoffe und Waren aus Russland oder der Ukraine

Nicht alle Metalle können aus der Legierung recycelt oder substituiert werden und die produktspezifische Analyse zeigt, dass Recycling nicht immer ökonomischer und ökologischer als Bergbau ist (Schmidt et al., 2020). Da Deutschland vor allem Nickel, Palladium, Rohaluminium und Titan aus Russland bezieht, beschränkt sich dieser Abschnitt auf diese Rohstoffe. Der Recyclinganteil wird folgend als End-of-Life Recycling Input Rate (EoL-RIR) angegeben (Beispiel, Abb. 19). Der EoL-RIR ist ein Indikator für einen bestimmten Rohstoff und wird durch mehrere Faktoren, z.B. die Nachfrage des Rohstoffs, die Menge der Materialien im Altschrott (Schrott am Ende der Lebensdauer, End of Life, EoL) rechnerisch bestimmt, die für das Recycling zur Verfügung stehen (Eurostat, 2022). Der Indikator misst demnach wie viel Input eines Rohstoffs in das Produktionssystem aus Recycling von Altschrott stammen (Recycling Input Rates, Recycling Input Rates, RIR), wobei die Herkunft des Altschrotts bspw. durch Import in die EU nicht bekannt ist (Eurostat, 2022). Hierbei wird kein Schrott berücksichtigt, der aus Herstellungsprozessen stammt („Prozess- bzw. Neuschrott“), der im allgemeinen eine homogenere und bekannte Zusammensetzung hat (Eurostat, 2022). Für Prozess- bzw. Neuschrott ist das Recycling wirtschaftlich günstiger (Eurostat, 2022). EoL-Schrotte hingegen bestehen zumeist aus einer Mischung verschiedener Materialien und Legierungen, die das Recycling von Sekundärrohstoffen erschweren (Eurostat, 2022).

Aluminium

Der globale Aluminiumbedarf wird bis zum Jahr 2040 von 90 Mio. t (Stand 2020) auf 150 Mio. t (inkl. recyceltes Material) steigen (Kinch, 2020). Der Recyclinganteil liegt in der EU aktuell bei EoL-RIR 32% (Stand 2022) (Eurostat, 2022) und in Deutschland bei etwa 50% (DERA & acatech, 2023: 21). Laut DERA 2023 sind Substitutionen von Aluminium bei einem zunehmenden Leichtbau unwahrscheinlich; die Schrottverfügbarkeit wird wegen des Marktwachstums zunächst langsam steigen (DERA & acatech, 2023: 30).

Nickel

Sekundärnickel kann in Form von Nickelanteilen in Edelstahlschrott gewonnen werden, wenn Anlagen zur Aufbereitung vorhanden sind (USGS, 2023). Aus nickelhaltigen Abfällen kann Nickel in legierter Form gewonnen werden, der zur Herstellung neuer Nickellegierungen oder als Zusatz für Edelstahl verwendet werden kann (USGS, 2023). Außerdem kann Nickel aus Lithium-Ionen-Batterien zurückgewonnen werden (USGS, 2023). Einsparungen von Nickel sind im Bereich Stahl möglich, Nickelbasislegierungen oder Nickelmetall können zudem in korrosiven chemischen Umgebungen durch Titanlegierungen ersetzt werden (USGS, 2023). Dennoch wird der globale Bedarf an Nickel weiter steigen (DERA, 2021). Der Recyclinganteil liegt in der EU aktuell bei EoL-RIR 16% (Stand 2022) (Eurostat, 2022).

Platinmetalle

Im Jahr 2022 wurden global etwa 110.000 Kilogramm Palladium und Platin aus Schrott (neu und alt) zurückgewonnen [USGS, 2023]. Die Zurückgewinnung aus Autokatalysatoren macht dabei einen bedeutenden Anteil aus [USGS, 2023]. In den USA wurden bspw. 40.000 Kilogramm Palladium und 11.000 Kilogramm Platin aus Autokatalysatoren zurückgewonnen [USGS, 2023]. Substitutionen von Palladium durch Platin sind möglich, in Dieselkatalysatoren kann der Anteil bis zu 50% betragen [USGS, 2023]. Innerhalb der Platinmetalle (PGM) können diese sich gegenseitig ersetzen, allerdings mit Folge von Effizienzverlusten [USGS, 2023]. Zukünftig wird der globale Bedarf an PGM im Jahr 2040 steigen [DERA, 2021]. Der Recyclinganteil von Platin liegt in der EU aktuell bei EoL-RIR 11% und für Palladium 10% (Stand 2022) [Eurostat, 2022].

Titan

Die Minerale Ilmenit und Rutil, aber auch Leukoxen, Schlacke und synthetischer Rutil werden für die Herstellung von Titandioxid, Titanmetall und Schweißdrahtbeschichtungen verwendet [USGS, 2023]. Zukünftig könnte der Titanbedarf im Jahr 2040, je nach Zukunftstechnologie, global auf bis zu 55% der Produktion im Jahr 2018 steigen und für Titanschwämme auf bis zu 72% [DERA, 2021]. Der Recyclinganteil von Titan liegt in der EU aktuell bei EoL-RIR 1% (Stand 2022) [Eurostat, 2022].

Vanadium

Zukünftig könnte der Vanadium Bedarf bis 2040 um etwa 77% relativ zur primären Produktion in 2018 steigen [DERA, 2021]. Der Recyclinganteil von Vanadium liegt in der EU aktuell bei EoL-RIR 1% (Stand 2022) [Eurostat, 2022].

Weitere Entwicklungen

Es ist zu erwarten, dass sich durch die Digitalisierung, Entwicklungen im Bereich Technologie und E-Mobilität und die Umstrukturierung auf erneuerbarer Energien für den „Grünen Deal“ der globale Bedarf an metallischen Rohstoffen bis 2060 mehr als verdoppeln wird [Lutter et al., 2022; OECD, 2019]. Dieser Zuwachs an metallischen und auch (potentiell) kritischen Rohstoffen kann trotz notwendiger Maßnahmen beim Recycling auch zukünftig aufgrund des wachsenden globalen Bedarfs und limitierender technischer Randbedingungen nicht allein durch Recycling und dem Einsatz von Sekundärrohstoffen gedeckt werden [Lutter et al., 2022]. Für bestimmte Sondermetalle wie bspw. Tantal sind keine etablierten Recyclingstrukturen vorhanden [Deutscher Bundestag Fraktion der CDU/CSU, 2022].



Einige kritische Elemente, z. B. Indium und Tellur, sind nur über die Verhüttung über Trägermetalle als Nebenprodukt produzierbar und werden nicht primär in Lagerstätten abgebaut. Fällt die energieintensive Verhüttung aus, können solche kritischen Nebenprodukt nicht mehr bei der Verhüttung gewonnen werden (Hilgers et al., 2021). Ebenso wird bspw. Kobalt aus Deutschland, obgleich weder Kobalt noch Nickel in Deutschland gefördert werden – es wird als Nebenprodukt in deutschen Hütten gewonnen (vgl. Hilgers et al., 2021). Eine Magnesiumverhüttung, bspw. für Aluminiumlegierungen, gibt es in Europa bislang nicht. Auch die Datenlage im Bereich Recyclingpotential ist derzeit nicht aussagekräftig (Deutscher Bundestag Fraktion der CDU/CSU, 2022). Auch wenn das Recyclingpotential erweitert werden muss, wird Deutschland Kooperationen mit rohstoffreichen Nicht-EU-Ländern eingehen müssen, um eine Rohstoffversorgung sicherzustellen.

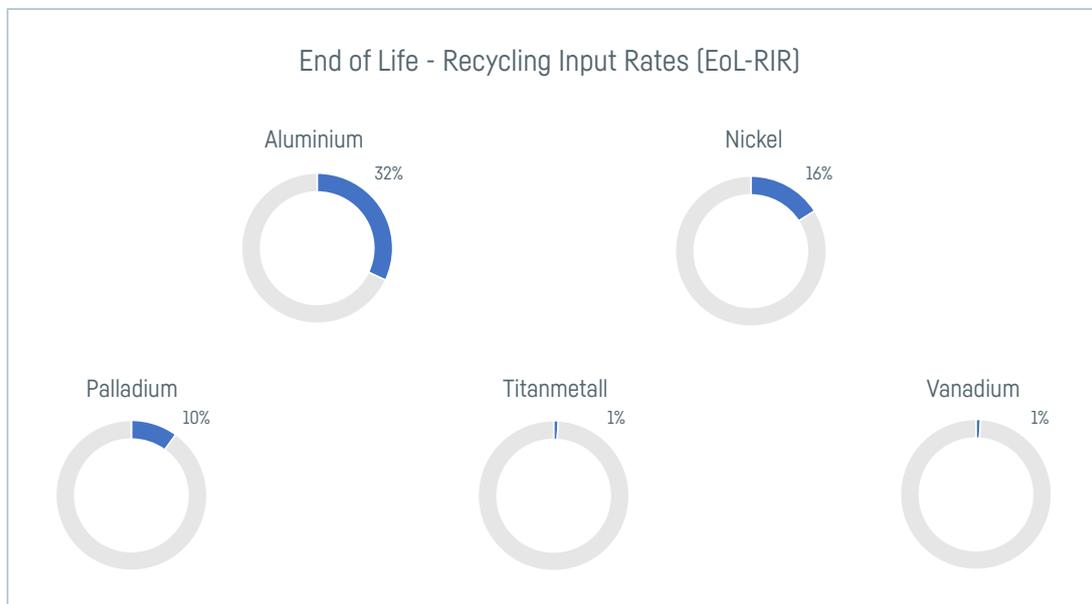


Abb. 19 End of Life - Recycling Input Rates (EoL-RIR) aus dem Jahr 2022 für Europa. Daten aus Eurostat (2022).

Beispiele für Maßnahmen gegen den Mangel an verfügbaren Rohstoffen

Edelgase – Aufbau von Produktionskapazitäten an Stahlwerken

Während die Stahlproduktion in Taiwan gering ist, konnte in Südkorea die südkoreanische Stahlfirma POSCO und der Gasfabrikant TEMC Co. die Produktion der fehlenden Edelgase für die Halbleiterproduktion aufbauen [Baron, 2022]. Die südkoreanische POSCO ist der sechstgrößte Stahlproduzent weltweit mit 42 Mio. t, der größte deutsche Produzent Thyssenkrupp produziert 12 Mio. t [Rang 39] [Worldsteel, 2021]. Die Produktion von Neon nahm im April 2022 den Betrieb auf und soll bis 2024 100% den Neon-Bedarfs [derzeit 40%] für den südkoreanischen Chiphersteller SK Hynix Inc. decken [Stand 2021, Korea Bizwire, 2022; Worldsteel, 2021]. Der ukrainische Neonhersteller Cryoin Engineering soll in Südkorea ein Joint Venture mit dem koreanischen JI Tech (Hersteller von Rohstoffen für die Halbleiterindustrie) gegründet haben, was einen Transfer der Produktionstechnologien nach Südkorea bedeuten könnte [The New Voice of Ukraine, 2023]. Die Preissteigerungen zu Beginn des Russland-Ukraine Konflikts waren auf Lieferkettenproblematiken und dem Einkauf großer Neommengen zurückzuführen [Kang, 2023]. Letztere, um bspw. Lagerbestände aufzufüllen [Kang, 2023]. Zudem schwanken die Preise aufgrund der zunehmenden Nutzung chinesischer und lokaler Lieferanten für die südkoreanische Chipherstellung [Kang, 2023]. Hinzu kommen aktuell gesunkene Nachfragen für Chips bei bspw. Samsung, wodurch auch weniger Neon benötigt wird [Kang, 2023]. Der Neon-Preis soll aktuell dem Preisniveau vor Konfliktbeginn gleichen [Kang, 2023].

Metalle – Diversifizierung und Auswirkungen von EU-Sanktionen

Nicht alle Metalle sind von den EU-Sanktionen Russlands gegenüber betroffen. Im zehnten Sanktionspaket wurden weiterhin keine Importverbote für Aluminium, Eisenerz, Kupfer, Nickel, Palladium und Titan aus Russland verhängt [DERA, 2023a]. Der Rohstoffhandel zwischen Deutschland und Russland zeigt aber laut DERA (Stand Juni 2023) Rückgänge [DERA, 2023a]. Im ersten Quartal 2023 betragen die Importe aus Russland (anteilig an Gesamtimporten) für Nickel und Titan 25%, verglichen mit 2021 ist der russische Anteil für Rohnickel damit von 40% auf 25% des Gesamtimportes gesunken [DERA, 2023a]. Für Aluminium und Palladium (jeweils Rohform) lag der Anteil Russlands an den Gesamtimporten im ersten Quartal 2023 bei 10% [DERA, 2023a]. Der Anteil Russlands an den deutschen Gesamtimporten für Rohkupfer im ersten Quartal 2023 lag bei 7% [DERA, 2023a]. Deutschland hat den Import russischer Metalle, für die keine Sanktionen vorliegen, zwar reduziert aber nicht vollständig eingestellt [DERA, 2023a]. Auch Nornickel, ist bspw. nicht von den aktuellen Sanktionen betroffen [Europäische Kommission, 2022a]. Seit Konfliktbeginn zwischen Russland und der Ukraine sind vor allem Preissteigerungen zu verzeichnen. Bspw. stieg der Preis für Kalisalze zwischen Februar und März 2022 (verglichen mit Januar 2022) um 150% und erreichte somit den höchsten Preis seit dem Jahr 2009 [Europäische Kommission, 2022c]. Optionen die Lieferungen aus Belarus und Russland zu ersetzen sind limitiert. EU-Importeure könnten die Importquelle nach Kanada verlegen, um fehlende



Importe aus Russland und Belarus zu decken. Eine weitere Alternative wären Nickelimporte aus Indonesien oder Australien, die laut USGS Mineral Commodities 2023 48,5% und 4,9%, [Kanada 3,9%] der Jahresproduktion 2022 deckten [3.300.000 t] [USGS, 2023].

Der Russland-Ukraine Konflikt bedroht zwar den Zugang zu Titan für die EU, allerdings sind keine Defizite bei der Versorgung mit Titanschwamm zu erkennen [Europäische Kommission, 2022e]. Die Produktionskapazitäten in Japan und Kasachstan, sowie das Hochfahren von Produktionen in Saudi-Arabien können den Verlust des russischen und ukrainischen Anteils decken [Europäische Kommission, 2022e]. Für den Luft- und Raumfahrtsektor sind kurze Versorgungsengpässe unproblematisch, da hohe Lagerbestände vorhanden sind und keine erhöhte Nachfrage erwartet wird [Europäische Kommission, 2022e]. Fehlende Titanprodukte oder Titanschwamm in westlichen Ländern und der EU bzw. Deutschland können außerdem aus China importiert werden, was jedoch die Abhängigkeit Deutschlands von China erhöht. Eine Alternative würden beispielweise Titanmineralkonzentrat-Importe aus europäischen Ländern wie Norwegen [37 Mio. t Reserven] oder afrikanische Länder wie Südafrika [30 Mio. t Reserven] darstellen [USGS, 2023].

In den vier Monaten nach Konfliktbeginn am 24.2.2022 war die EU der größte Importeur von Rohaluminium aus Russland und importierte von März bis Juni 2022 durchschnittlich 78.207 t pro Monat und somit 13% mehr als im gleichen Zeitraum in 2021 [Onstad, 2022]. Das am 20. März 2022 von Australien verhängte Verbot des Exports vom Rohstoff Bauxit und die daraus hergestellte Tonerde [Aluminiumoxid] nach Russland führte global zu einem Überangebot [Ong, 2022]. Laut dem Föderalen Zolldienst importierte Russland im Jahr 2021 1,52 Mio. t Tonerde aus Australien, somit ein Drittel der 4,7 Mio. t Gesamtimporte, an Tonerde nach Russland [Ong, 2022]. Dahingegen wurden im Jahr 2021 lediglich 780 t von China nach Russland importiert [Ong, 2022]. Deutschland bezog Aluminiumoxid Importe im Jahr 2021 [Abb. 20] weitestgehend aus den Niederlanden, Frankreich, USA, China und Slowenien [OEC, 2023b]. Der Gesamtimport Deutschlands an Aluminiumoxid, gemessen am Handelswert, lag 2021 bei rund 653 Mio. USD [OEC, 2023b].

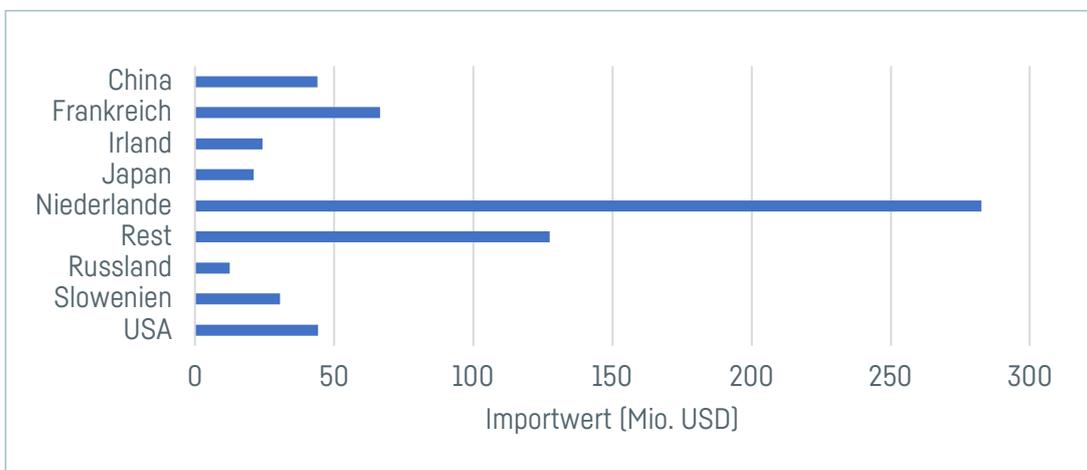


Abb. 20 Importländer Deutschlands für Aluminiumoxid in 2021 gemessen am Handelswert in Mio. USD, Daten aus OEC [2023b]. Der Gesamtimportwert im Jahr 2021 betrug rund 653 Mio. USD [OEC, 2023b].

Die Bedeutung der strategischen Allianz Russland-China für Deutschlands Wirtschaft

Handelsrouten über Zentralasien

Die von der EU gegen Russland verhängten Sanktionen betreffen auch die chinesische Wirtschaft [Grosser, 2022]. Die bisherigen Handelsrouten chinesischer Güter über Russland nach Europa und damit Deutschland sind entfallen, eine alternative Route über das Kaspische Meer ermöglicht derzeit lediglich drei bis fünf Prozent des Handels über russische Routen nach Europa. [Grosser, 2022]. Zukünftig sollen die Handelsabläufe durch ein Joint Venture zwischen Aserbaidschan und Kasachstan, der Türkei und Georgien vereinfacht und beschleunigt werden [Grosser, 2022]. Damit sollen die Handelsrouten über Zentralasien ausgebaut werden. Chinas Exporte nach Russland sind um 38% gesunken, vor allem aufgrund von US-Sanktionen im Bereich Elektronik [Grosser, 2022]. Rückzüge chinesischer Firmen aus Russland sollen vor US-Sanktionen gegenüber China schützen und schaden somit dem russischen wie auch dem chinesischen Markt [Grosser, 2022].

Preiswerte Verhüttung und Raffination in Asien

Durch niedrige Preise für Prozessenergie profitieren China und andere asiatische Staaten von den westlichen Sanktionen [Grosser, 2022] im Bereich des Rohstoffmarktes. China kauft 55% mehr Rohöl aus Russland als im Vorjahr und wird damit zu Russlands größtem Abnehmer für Rohöl [Grosser, 2022]. Damit verdrängt Russland Saudi-Arabien als ehemals wichtigsten Öllieferanten Chinas [Tagesschau, 2022]. Ähnliches gilt für Indien und andere Staaten Asiens. Durch fehlende Importe in die EU bietet Russland Erdöl zu vergünstigten Preisen an, wodurch unter anderem auch Indien die aus Russland stammenden Ölimporte ausweitet [Tagesschau, 2022]. Außerdem sichert sich China Flüssigerdgas (LNG) aus Russland [Tagesschau, 2022]. Diese energiedichten Rohstoffe werden auch für die Aufbereitung von Erzen und die Raffination verwendet. Die Kohlenwasserstoffe in Verwendung als Rohstoff sind Grundlage der chemischen und pharmazeutischen Industrie und bislang preisgünstige Träger von Wasserstoff bspw. für die Düngemittelindustrie. Zudem führen die günstigen Preise in Asien für die Prozessenergie für die Verhüttung und Raffination aus Primärrohstoffen und Recycling zu einer potenziellen Marktverdrängung heimischer Verhüttung und Raffination, die unter höchsten Umweltauflagen klimafreundlicher Metalle herstellt und recycelt.

Fazit zu den Strategien zur Rohstoffsicherung

Bergbau in der EU sensibilisieren

Die Bevölkerung in EU-Ländern für einen potenziellen heimischen Bergbau zu sensibilisieren und die Weiterverarbeitung in Form von Verhüttung und Raffination zu erhalten würde die Abhängigkeit von nicht-EU Ländern für einige Rohstoffe reduzieren. Zudem wird dadurch die Rohstoffversorgung aus Ländern mit hohen Sozial- und Umweltstandards und geringeren Risikofaktoren für Lieferketten unterstützt. Für viele Rohstoffe wird eine Importabhängigkeit bestehen bleiben, wobei neben den Primärrohstoffen die Recyclingkapazität von Verhüttung und Raffination einen weiteren Beitrag leisten kann. Der Aufbau neuer Bergbaustandorte ist nicht unmittelbar möglich. Vom Finden einer Lagerstätte bis zum Abbau vergehen im Schnitt 16 Jahre (IEA, 2021). Entsprechend ist das politische Signal der EU durch die Zielvorgaben des CRMA wichtig, einen 10% Anteil durch heimischen EU-Bergbau und 40% Anteil durch heimische Aufbereitung strategischer Rohstoffe bis 2030 vorzugeben aber kaum realistisch. Obwohl die Notwendigkeit einer resilienten Rohstoffversorgung zunehmend erkannt wird, führen langwierige Genehmigungsverfahren oft zu einem vorzeitigen Ende von Bergbauaktivitäten. So wurde bspw. das seit 2012 laufende Verfahren (KSL, 2023) auf den Abbau einer Kupfererzlagerstätte in 800 – 1.200 m Tiefe in Brandenburg am 15.9.2023 durch die Landesplanerische Beurteilung des Landes negativ beschieden, da die Raumverträglichkeit des Vorhabens nicht festgestellt werden konnte (Gemeinsame Landesplanungsabteilung Berlin-Brandenburg (GL), 2023).

Strategische Abkommen mit Ländern mit ungenutztem Bergbaupotential

Die Erschließung und Förderung in politisch und sozial instabilen Ländern, wie bspw. die Demokratische Republik Kongo für Kobalt, zeigt Risiken entlang der gesamten Wertschöpfungskette auf. Der Abbau von Rohstoffen soll laut deutschen Lieferkettengesetz aber weder soziale, klimatische noch umweltrelevante Folgen im Abbauland verursachen. Einige politisch und sozial stabilere Länder weisen ungenutzte Bergbaupotentiale auf, wie bspw. Botswana. Botswana ist reich an verschiedenen Rohstoffen z. B. auch Kupfer und Nickel. Bisherige Investitionen stammen vor allem aus China. Der Ausbau strategischer Abkommen mit Ländern wie bspw. Botswana und die Investition in den Bergbau und die Weiterbearbeitung im Land (z.B. Kupferraffinade) unterstützt die Wertschöpfung im Abbauland, sichert vor Ort Arbeits- und Ausbildungsplätze und gleichzeitig Deutschland den sicheren Zugang zu Rohstoffen. Das politische Signal der EU, durch Zielvorgaben des CRMA bei mehr als 65% Import-Abhängigkeit von strategischen Rohstoffen aus einem Drittland in die EU zu diversifizieren, ist wichtig, erfordert aber größte Anstrengungen.

Recycling erhöhen

Etablierte Recyclingstrukturen fördern den Einsatz oder die Gewinnung von Sekundärrohstoffen. Um Recycling als Teil der Wertschöpfungskette auszubauen, bedarf es ausreichender Mengen recycelbaren Materials, bzw. hochwertigen Schrott. Durch die Kenntnis von Im- und Exporten von hochwertigem Schrott nach und von Europa und Verhüttung und Raffination in Europa ist Recycling und demnach eine Gewinnung, auch von kritischen Elementen, dauerhaft möglich. Ohne den Erhalt der energieintensiven Metallindustrie wird nicht nur Innovation, sondern auch die ökologischere Metallgewinnung aus Primärrohstoffen und Schrotten, sowie die Gewinnung von kritischen Rohstoffen als Nebenprodukt aus der Schmelze in Deutschland beendet. Das politische Signal der EU für den Erhalt von Verhüttung und Raffination ist wichtig und herausfordernd die Zielvorgaben des CRMA von 25% Recyclingquote für strategische Rohstoffe bis 2030 in der EU zu erreichen.

Referenzen

- Alper, A. (2022). Exclusive: Russia's attack on Ukraine halts half of world's neon output for chips. Retrieved 05. April 2023 from <https://www.reuters.com/technology/exclusive-ukraine-halts-half-worlds-neon-output-chips-clouding-outlook-2022-03-11/>
- Bähr, C., & Neligan, A. (2023, 14. März 2023). EU-Rohstoff-Gesetz: Internationales Ringen um unverzichtbare Rohstoffe <https://www.iwkoeln.de/presse/iw-nachrichten/cornelius-baehr-adriana-neligan-internationales-ringen-um-unverzichtbare-rohstoffe.html>
- Barich, A. (2023, 21. Februar 2023). Metals and the invasion: Ukraine aims for critical minerals after the war. S&P Global. Retrieved 05. Juni 2023 from <https://www.spglobal.com/marketintelligence/en/news-insights/latest-news-headlines/metals-and-the-invasion-ukraine-aims-for-critical-minerals-after-the-war-74205684>
- Barich, A., & Chen, A. (2022, 31. März 2022). Australian ban of alumina exports to Russia to leave Rusal scrambling S&P Global Retrieved 06. Juni 2023 from <https://www.spglobal.com/marketintelligence/en/news-insights/latest-news-headlines/australian-ban-of-alumina-exports-to-russia-to-leave-rusal-scrambling-69503392>
- Baron, J. (2022, 24.11.2022). Will the War in Ukraine Impact Noble Gas Supplies? AmCham Taiwan, . Retrieved 05. Juni 2023 from <https://topics.amcham.com.tw/2022/11/will-the-war-in-ukraine-impact-noble-gas-supplies/>
- Bhutada, G. (2023, 06. März 2023). Visualizing Asia's Dominance in the Titanium Supply Chain. Visual Capitalist. <https://www.visualcapitalist.com/sp/visualizing-asias-dominance-in-the-titanium-supply-chain/>
- BMWK. (2019). Rohstoffstrategie der Bundesregierung - Sicherung einer nachhaltigen Rohstoffversorgung Deutschlands mit nichtenergetischen mineralischen Rohstoffen. B. f. W. u. E. (BMW). https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Publikationen/Industrie/rohstoffstrategie-der-bundesregierung.pdf?__blob=publicationFile&v=1
- BMWK. (2023). Eckpunktepapier: Wege zu einer nachhaltigen und resilienten Rohstoffversorgung. 11 S. https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/E/eckpunktepapier-nachhaltige-und-resiliente-rohstoffversorgung.pdf?__blob=publicationFile&v=1
- Buchholz, P., Kolb, J., & Hilgers, C. (2023). DGGV-Factsheet: Aktuelle Entwicklungen im Bereich der nationalen und internationalen Rohstoffsicherung. <https://www.dggv.de/wp-content/uploads/2023/10/DGGV-Factsheet-Rohstoffsicherung.pdf>
- Damm, S. (2021). Rohstoffrisikobewertung – Graphit. – DERA Rohstoffinformationen, 51. Deutsche Rohstoffagentur [DERA] in der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe [BGR]. https://www.deutsche-rohstoffagentur.de/DE/Gemeinsames/Produkte/Downloads/DERA_Rohstoffinformationen/rohstoffinformationen-51.pdf;jsessionid=7D06DDA610587FEFC3D89AD1B3A984A5.internet011?__blob=publicationFile&v=4
- DERA. (2019a). Einblicke in die chinesische Rohstoffwirtschaft [DERA Rohstoffinformationen, Issue. Deutsche Rohstoffagentur [DERA] in der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe [BGR]. https://www.deutsche-rohstoffagentur.de/DE/Gemeinsames/Produkte/Downloads/DERA_Rohstoffinformationen/rohstoffinformationen-41.pdf?__blob=publicationFile&v=2
- DERA. (2019b). Rohstoff Aluminium. Deutsche Rohstoffagentur [DERA] in der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe [BGR]. https://www.deutsche-rohstoffagentur.de/DERA/DE/Downloads/m-aluminium.pdf?__blob=publicationFile&v=5
- DERA. (2021). Rohstoffe für Zukunftstechnologien 2021. Deutsche Rohstoffagentur [DERA] in der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe [BGR]. https://www.deutsche-rohstoffagentur.de/DE/Gemeinsames/Produkte/Downloads/DERA_Rohstoffinformationen/rohstoffinformationen-50.pdf?__blob=publicationFile&v=4
- DERA. (2022a). Chart des Monats Februar 2022, Deutsche Metallimporte aus Russland https://www.deutsche-rohstoffagentur.de/DERA/DE/Downloads/DERA%202022_cdm_02_Metallimporte%20aus%20Russland.pdf?__blob=publicationFile&v=3
- DERA. (2022b). Mineralische Rohstoffe für die Wasserelektrolyse [DERA Themenheft, Issue. Deutsche Rohstoffagentur [DERA] in der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe [BGR]. https://www.bgr.bund.de/DERA/DE/Downloads/DERA%20Themenheft-01-22.pdf?__blob=publicationFile&v=3

DERA. (2022c). Rohstoff-Trends Q1/22. Deutsche Rohstoffagentur [DERA] in der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe [BGR]. https://www.deutsche-rohstoffagentur.de/DE/Gemeinsames/Produkte/Downloads/Rohstoff-Trends/rohstoff-trends_01-22.pdf?__blob=publicationFile

DERA. (2023a). Chart des Monats Mai 2023, Deutschland reduziert Abhängigkeiten von russischen Metallen https://www.deutsche-rohstoffagentur.de/DERA/DE/Downloads/DERA%202023_cdm_05_Metallimporte.pdf?__blob=publicationFile&v=2

DERA. (2023b). DERA untersucht deutsche Metallimporte aus Russland, 13.06.2023 https://www.bgr.bund.de/DE/Gemeinsames/Nachrichten/Aktuelles/2023/2023-06-13_dera-untersucht-deutsche-metallimporte-aus-russland.html

DERA, & acatech. (2023). Abschlussbericht Dialogplattform Recyclingrohstoffe – Handlungsoptionen zur Stärkung des Beitrags von Recyclingrohstoffen für die Versorgungssicherheit mit Metallen und Industriemineralen. a. D. A. d. T. Deutsche Rohstoffagentur [DERA] in der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe [BGR]. <https://www.acatech.de/publikation/abschlussbericht-dialogplattform-recyclingrohstoffe/>

Destatis. (2022, 24. Februar 2022). Fakten zum Außenhandel mit Russland, Pressemitteilung Nr. N 010 vom 24. Februar 2022 https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2022/02/PD22_N010_51.html

Destatis. (2023a). Außenhandel nach Ländern: Russische Föderation, März 2023 <https://www.destatis.de/DE/Themen/Wirtschaft/Aussenhandel/Tabellen/russische-foederation-xls.html>

Destatis. (2023b). Außenhandel nach Ländern: Ukraine, März 2023 <https://www.destatis.de/DE/Themen/Wirtschaft/Aussenhandel/Tabellen/ukraine-xls.html>

Destatis. (2023c). Exporte im Februar 2023: +4,0 % zum Januar 2023 - Pressemitteilung Nr. 133 vom 4. April 2023 https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2023/04/PD23_133_51.html

Destatis. (2023d, 10. Februar 2023). Exporte nach Russland im Jahr 2022 um 45,2 % niedriger als im Vorjahr, Pressemitteilung Nr. 054 vom 10. Februar 2023 https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2023/02/PD23_054_51.html

Destatis. (2023e). Zahl der Woche Nr. 04 vom 24. Januar 2023 https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/Zahl-der-Woche/2023/PD23_04_p002.html

Deutscher Bundestag Fraktion der CDU/CSU. (2022). Heimischer Rohstoffabbau, internationaler Rohstoffbezug und Auswirkungen auf die Ausbauziele der erneuerbaren Energien - Drucksache 20/2958 und Drucksache 20/3243 <https://dserver.bundestag.de/btd/20/032/2003243.pdf>

Devitt, P., Jadhav, R., & Lui, S. (2023, 14. September 2023). Analysis: To cut reliance on China, Russia turns to India for aluminium feedstock Reuters. Retrieved 25. Oktober 2023 from <https://www.reuters.com/markets/commodities/cut-reliance-china-russia-turns-india-aluminium-feedstock-2023-09-14/>

Die Bundesregierung. (2023, 25. Februar 2023). Zehntes EU-Sanktionspaket gegen Russland. Retrieved 06. Juni 2023 from <https://www.bundesregierung.de/breg-de/themen/krieg-in-der-ukraine/eu-sanktionen-2007964>

Drobe, M. (2020). Vorkommen und Produktion mineralischer Rohstoffe – ein Ländervergleich (2020). Deutsche Rohstoffagentur in der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe. https://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Min_rohstoffe/Downloads/studie_Laendervergleich_2020.pdf?__blob=publicationFile&v=4

Elsner, H. (2018). Edalgase – Versorgung wirklich kritisch? D. R. i. d. B. f. G. u. Rohstoffe. https://www.deutsche-rohstoffagentur.de/DE/Gemeinsames/Produkte/Downloads/DERA_Rohstoffinformationen/rohstoffinformationen-39.pdf;jsessionid=A575169B0783CFD5FD81752FD5CAF811.internet962?__blob=publicationFile&v=3

Erickson, C. (2022, 03. März 2022). Nickel price spike during Russia-Ukraine conflict could drive up EV costs. S&P Global. Retrieved 06. Juni 2023 from <https://www.spglobal.com/marketintelligence/en/news-insights/latest-news-headlines/nickel-price-spike-during-russia-ukraine-conflict-could-drive-up-ev-costs-69130867>

Europäische Kommission. (2021). Kritische Rohstoffe und ihre Bedeutung für die Zukunft Europas <https://cor.europa.eu/de/news/Pages/critical-raw-materials-role-future-of-europe.aspx>

Europäische Kommission. (2022a). Palladium: Impact assessment for supply security. https://rmis.jrc.ec.europa.eu/uploads/jrc133117_briefing_palladium_final.pdf

Europäische Kommission. [2022b]. Platinum: Impact assessment for supply security. https://rmis.jrc.ec.europa.eu/uploads/jrc133245_briefing_platinum_final.pdf

Europäische Kommission. [2022c]. Potash: Impact assessment for supply security. https://rmis.jrc.ec.europa.eu/uploads/220420_Briefing_Potash.pdf

Europäische Kommission. [2022d]. Rare Gases (Krypton, Neon, Xenon): Impact assessment for supply security. https://rmis.jrc.ec.europa.eu/uploads/JRC130349_01_rare_gases.pdf

Europäische Kommission. [2022e]. Titanium metal: Impact assessment for supply security. https://rmis.jrc.ec.europa.eu/uploads/220616_Briefing_Titanium.pdf

Europäische Kommission. [2022f]. Verordnung (EU) 2022/1904 des Rates vom 6. Oktober 2022 zur Änderung der Verordnung (EU) Nr. 833/2014 über restriktive Maßnahmen angesichts der Handlungen Russlands, die die Lage in der Ukraine destabilisieren. Retrieved 15. Juni 2023 from <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2022/1904/deu>

Europäische Kommission. [2023a]. Anhänge des Vorschlags für eine Verordnung des Europäischen Parlaments und des Rates zur Schaffung eines Rahmens zur Gewährleistung einer sicheren und nachhaltigen Versorgung mit kritischen Rohstoffen und zur Änderung der Verordnungen (EU) 168/2013, (EU) 2018/858, (EU) 2018/1724 und (EU) 2019/1020. https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:903d35cc-c4a2-11ed-a05c-01aa75ed71a1.0003.02/DOC_2&format=PDF

Europäische Kommission. [2023b, März 2023]. Factsheet on European Critical Raw Materials Act https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/fs_23_1663

Europäische Kommission. [2023c, 16. März 2023]. Fragen und Antworten zur europäischen Verordnung zu kritischen Rohstoffen https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/de/qanda_23_1662

Europäische Kommission. [2023d, 16. März 2023]. Kommissions-Vorschlag für eine sichere und nachhaltige Versorgung der EU mit kritischen Rohstoffen https://germany.representation.ec.europa.eu/news/kommission-vorschlag-fur-eine-sichere-und-nachhaltige-versorgung-der-eu-mit-kritischen-rohstoffen-2023-03-16_de

Europäische Kommission. [2023e, 16. März 2023]. Kritische Rohstoffe: Sichere und nachhaltige Lieferketten für die grüne und die digitale Zukunft der EU gewährleisten https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/de/ip_23_1661

Europäische Kommission. [2023f]. Raw Materials Information System (RMIS) - Raw Materials Dashboard <https://rmis.jrc.ec.europa.eu/rmp/>

Europäische Union. [2022]. Amtsblatt der Europäischen Union, L 322 I - Rechtsvorschriften, Verordnung (EU) 2022/2474 des Rates. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=OJ:L:2022:322:FULL&from=EN>

Europäischer Rat. [2023a]. Die EU-Sanktionen gegen Russland im Detail. <https://www.consilium.europa.eu/de/policies/sanctions/restrictive-measures-against-russia-over-ukraine/sanctions-against-russia-explained/>

Europäischer Rat. [2023b, 21. November 2023]. Infografik – Ein EU-Gesetz zu kritischen Rohstoffen für die Zukunft der EU-Lieferketten Retrieved 30. November 2023 from <https://www.consilium.europa.eu/de/infographics/critical-raw-materials/>

European Commission. [2023]. Study on the Critical Raw Materials for the EU 2023 - Final Report. E. Union. https://single-market-economy.ec.europa.eu/publications/study-critical-raw-materials-eu-2023-final-report_en

Eurostat. [2022]. Contribution of recycled materials to raw materials demand - end-of-life recycling input rates (EOL-RIR) [cei_srm010] https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/CEI_SRM010_custom_3026831/default/table?lang=en

Eurostat. [2023]. EU27 (ab 2020) Handel nach SITC Produktgruppen https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/EXT_ST_EU27_2020SITC_custom_5679978/default/table?lang=en

Faiola, A., & Bennett, A. [2022]. In the Ukraine war, a battle for the nation's mineral and energy wealth. The Washington Post. <https://www.washingtonpost.com/world/2022/08/10/ukraine-russia-energy-mineral-wealth/>

Feng, Q., Lv, M., Mao, L., Duan, B., Yang, Y., Chen, G., Lu, X., & Li, C. [2023]. Research Progress of Titanium Sponge Production: A Review. Metals, 13(2), 408. <https://www.mdpi.com/2075-4701/13/2/408>

Flach, L., Teti, F., Gourevich, I., Scheckenhofer, L., & Grandum, L. (2022). Wie abhängig ist Deutschland von Rohstoffimporten? Eine Analyse für die Produktion von Schlüsseltechnologien. https://www.ifo.de/DocDL/ifo-Studie_Rohstoffimporte.pdf

Florkiewicz, W., Malina, D., Tyliszczak, B., & Sobczak-Kupiec, A. (2020). Manufacturing of Titanium and Its Alloys. In G. M. Królczyk, M. Wzorek, A. Król, O. Kochan, J. Su, & J. Kacprzyk (Eds.), *Sustainable Production: Novel Trends in Energy, Environment and Material Systems* (pp. 61-74). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-11274-5_5

Fluorsid. (2020). Cryolite Retrieved 20. November 2023 from <https://fluorsid.com/what-we-do/chemical/synthetic-cryolite/>

Front, M. (2022). The Mining Front. <https://mining-front.com/en/about>

Gemeinsame Landesplanungsabteilung Berlin-Brandenburg (GL). (2023). Abschluss des Raumordnungsverfahrens für das Vorhaben „Entwicklung und Betrieb eines Kupferbergwerkes inklusive Aufbereitung in Spremberg“. Retrieved 20. November 2023 from <https://gl.berlin-brandenburg.de/umsetzung/raumordnungsverfahren/artikel.977880.php>

Generalzolldirektion Deutschland. (2023). Länderembargo Russland. Retrieved 26. Mai 2023 from https://www.zoll.de/DE/Fachthemen/Aussenwirtschaft-Bargeldverkehr/Embargomassnahmen/Laenderembargos/Russland/russland_node.html

GMK Center. (2022, 22. September 2022). The «Mining Front» project was created to restore the destroyed Ukrainian mining infrastructure. Retrieved 20. Juni 2023 from <https://gmk.center/en/news/the-mining-front-project-was-created-to-restore-the-destroyed-ukrainian-mining-infrastructure/>

Government of Canada. (2022, 31. Oktober 2023). Potash facts. Retrieved 20. November 2023 from <https://natural-resources.canada.ca/our-natural-resources/minerals-mining/minerals-metals-facts/potash-facts/20521#L5>

Grosser, T. (2022, 19.07.2022). Russland-Sanktionen: Chinas Suche nach Auswegen Friedrich Naumann Stiftung. <https://www.freiheit.org/de/deutschland/russland-sanktionen-chinas-suche-nach-auswegen-0>

Hilgers, C., Kolb, J., & Becker, I. (2021). Ist die deutsche Ressourcenstrategie resilient? Bergbau – Verhüttung – Recycling https://www.thinktank-irs.de/wp-content/uploads/2021/05/RZ_THINKTANK_Broschuere_Bergbau_Verhuettung_Recycling_DE_Web_Einzelseiten_NEU.pdf

Homann, V. (2023, 30. November 2023). Franßen & Nusser Rechtsanwälte. Retrieved 08. Dezember 2023 from <https://fn.legal/de/kritische-und-strategische-rohstoffe-in-der-eu-einigung-auf-einen-kompromisstext-fuer-den-crma/>

IEA. (2021, 03. Mai 2021). Global average lead times from discovery to production, 2010-2019. Retrieved 04. Dezember 2023 from <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/global-average-lead-times-from-discovery-to-production-2010-2019>

IEA. (2023). Critical Minerals Market Review 2023. <https://iea.blob.core.windows.net/assets/afc35261-41b2-47d4-86d6-d5d77fc259be/CriticalMineralsMarketReview2023.pdf>

International Aluminium. (2023, 29. September 2023). Primary Aluminium Smelting Power Consumption. Retrieved 04. Dezember 2023 from <https://international-aluminium.org/statistics/primary-aluminium-smelting-power-consumption/>

Kang, S. T. (2023). Prices of neon gas used in chip production starts to drop. Retrieved 28. Mai 2023 from <https://thelec.net/news/articleView.html?idxno=4351>

Kinch, D. (2020, 17. Juli 2020). Global aluminum demand to drop 5.4% this year; output rising: IAI secretary general S&P Global. Retrieved 26. Juni 2023 from <https://www.spglobal.com/commodityinsights/en/market-insights/latest-news/metals/071720-global-aluminum-demand-to-drop-54-this-year-output-rising-iai-secretary-general>

Korea Bizwire. (2022, 6. Oktober 2022). SK hynix Expands Use of Domestically-produced Neon Gas. Retrieved 06. Juni 2023 from <http://koreabizwire.com/sk-hynix-expands-use-of-domestically-produced-neon-gas/230369>

Krause, G. (2023). Metallische Rohstoffe – die Bausteine der Kreislaufwirtschaft. Retrieved 30. März 2023 from <https://recyclingportal.eu/Archive/77781>

- KSL. [2023]. Unser Ziel ist es, in den 2030er Jahren mit der Kupferproduktion in der Lausitz zu beginnen. Retrieved 20. November 2023 from <https://www.kslmining.com/>
- Lebedew, A. [2022, 02. September 2022]. Wie russischer Stahl trotz Sanktionen nach Deutschland kommt Wirtschaftswoche. <https://www.wiwo.de/unternehmen/industrie/importe-von-brammen-wie-russischer-stahl-trotz-sanktionen-nach-deutschland-kommt/28652510.html>
- Lutter, S., Kreimel, J., Giljum, S., Dittrich, M., Limberger, S., Ewers, B., Schoer, K., & Manstein, C. [2022]. Die Nutzung natürlicher Ressourcen - Ressourcenbericht für Deutschland 2022 - Spezial: Rohstoffnutzung der Zukunft. <http://www.umweltbundesamt.de/ressourcenbericht2022>
- Meier, H., & Topar, J. [2022]. Rohstoffe aus Russland: Abhängigkeit bei Metallen. Retrieved 08. Mai 2023 from <https://bankenverband.de/finanzbildung/rohstoffe-aus-russland-abhaengigkeit-bei-metallen/#authors>
- Menkhoff, L., & Zeevaert, M. [2022]. DIW Wochenbericht - Deutschland kann seine Versorgungssicherheit bei mineralischen Rohstoffimporten erhöhen. Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung e. V. https://www.diw.de/de/diw_01.c.861639.de/publikationen/wochenberichte/2022_50_1/deutschland_kann_seine_versorgungssicherheit_bei_mineralischen_rohstoffimporten_erhoehen.html
- Ministerium für Wirtschaft, A. u. T. B.-W. [2021]. Industriegiganten und Mittelständler. Retrieved 05. April 2023 from <https://wm.baden-wuerttemberg.de/de/wirtschaft/wirtschaftsstandort/wirtschaftsstruktur>
- Neitzel, D. [2022, 01. März 2022]. Knapp und teuer: Diese Rohstoffe kommen aus Russland. Technik+Einkauf. Retrieved 08. Juni 2023 from <https://www.technik-einkauf.de/rohstoffe/kritische-rohstoffe/diese-rohstoffe-kommen-aus-russland-215.html>
- OECD. [2023a]. Aluminium oxide in Australia <https://oec.world/en/profile/bilateral-product/aluminium-oxide/reporter/aus>
- OECD. [2023b]. Aluminium oxide in Germany <https://oec.world/en/profile/bilateral-product/aluminium-oxide/reporter/deu>
- OECD. [2023c]. Aluminium oxide in Russia <https://oec.world/en/profile/bilateral-product/aluminium-oxide/reporter/rus>
- OECD. [2023d]. Natural graphite, except powder or flakes in Germany <https://oec.world/en/profile/bilateral-product/natural-graphite-except-powder-or-flakes/reporter/deu>
- OECD. [2023e]. Niobium, Tantalum, Vanadium and Zirconium Ore in Netherlands <https://oec.world/en/profile/bilateral-product/niobium-tantalum-vanadium-and-zirconium-ore/reporter/nld?yearExportSelector=exportYear1>
- OECD. [2023f]. Titanium ores and concentrates in Russia <https://oec.world/en/profile/bilateral-product/titanium-ores-and-concentrates/reporter/rus>
- OECD. [2019]. Global Material Resources Outlook to 2060. <https://www.oecd-ilibrary.org/content/publication/9789264307452-en>
- OECD. [2022, 04. August 2022]. The supply of critical raw materials endangered by Russia's war on Ukraine. Retrieved 06. Juni 2023 from <https://www.oecd.org/ukraine-hub/policy-responses/the-supply-of-critical-raw-materials-endangered-by-russia-s-war-on-ukraine-e01ac7be/>
- Ong, J. [2022, 13. April 2022]. Trade Review: Alumina faces an uncertain Q2 as Russia-Ukraine war continues, disrupts trade S&P Global. Retrieved 06. Juni 2023 from <https://www.spglobal.com/commodityinsights/en/market-insights/latest-news/metals/041322-trade-review-alumina-faces-an-uncertain-q2-as-russia-ukraine-war-continues-disrupts-trade>
- Onstad, E. [2022]. EXCLUSIVE EU, U.S. step up Russian aluminium, nickel imports since Ukraine war. Reuters. Retrieved 07. Juni 2023 from <https://www.reuters.com/markets/europe/exclusive-eu-us-step-up-russian-aluminium-nickel-imports-since-ukraine-war-2022-09-06/>
- Open4Business. [2022, 28. August 2022]. Ukraine for 7 months reduced imports of aluminum ores by 69%. Retrieved 06. Juni 2023 from <https://open4business.com.ua/en/ukraine-for-7-months-reduced-imports-of-aluminum-ores-by-69/>
- Our World Data. [2020]. Global fertilizer exports: how much comes from Russia, Belarus & Ukraine? 2020 <https://ourworldindata.org/grapher/fertilizer-exports-russia-ukraine?time=2020>

Ragonnaud, G. [2023]. Critical raw materials act, briefing EU Legislation in Progress. [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2023/747898/EPRS_BRI\(2023\)747898_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2023/747898/EPRS_BRI(2023)747898_EN.pdf)

Rihner, A. [2023, 10. März 2023]. Metals and the Invasion, Daily Update: March 10, 2023 S&P Global. Retrieved 06. Juni 2023 from <https://www.spglobal.com/en/research-insights/articles/daily-update-march-10-2023>

S&P Global. [2022, 07. Oktober 2022]. New EU sanctions to include Russian semi-finished steel imports. Retrieved 20. Juni 2023 from

Schmidt, M., Schäfer, P., & Rötzer, N. [2020]. Primär-und Sekundärmetalle und ihre Klimarelevanz.

Schulze, G. [2022]. Westliche Flugzeugindustrie spürt die Kriegsfolgen. Germany Trade and Invest. Retrieved 16. Mai 2023 from <https://www.gtai.de/de/trade/russland/branchen/westliche-flugzeugindustrie-spuert-die-kriegsfolgen-833408>

Schulze, G. [2023, 16. Januar 2023]. Rohstoffreichtum der Ukraine in Gefahr. Germany Trade & Invest. <https://www.gtai.de/de/trade/ukraine/branchen/rohstoffreichtum-der-ukraine-in-gefahr-941166>

Spiegel Wirtschaft. [2022]. Deutsche Wirtschaft bei 14 kritischen Rohstoffen komplett auf Importe angewiesen, DIW-Studie Retrieved 31. März 2023 from <https://www.spiegel.de/wirtschaft/deutschland-wirtschaft-bei-14-kritischen-rohstoffen-komplett-auf-importe-angewiesen-a-3928c6e3-b5c5-4cf0-827a-8373cbb1ec17>

Steiger, K., Reich, R., Slunitschek, K., Steinmüller, K., Bergemann, C., Hilgers, C., & Kolb, J. [2022]. Lithium in Europa. <http://dx.doi.org/10.5445/IR/1000154047>

Stock, O. [2022, 23. März 2022]. Boeing boykottiert Titan aus Russland - Airbus kann sich das nicht leisten. Focus online. https://www.focus.de/politik/ausland/ukraine-krise/boeing-setzt-kauf-von-titan-aus-russland-aus_id_72463482.html

Sullivan, A. [2022, 4. November 2022]. Nickel: Germany's other big Russian import. DW. Retrieved 06. Juni 2023 from <https://www.dw.com/en/russian-nickel-palladium-chromium-exports-a-headache-for-germany/a-61429132>

Tagesschau. [2022]. Russland jetzt Chinas größter Öl-Lieferant <https://www.tagesschau.de/wirtschaft/weltwirtschaft/russland-ukraine-oelexport-china-indien-preisnachlaesse-saudi-arabien-101.html>

Talens Peiró, L., Nuss, P., Mathieux, F., & Blengini, G. [2018]. Towards Recycling Indicators based on EU Flows and Raw Materials System Analysis Data. <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC112720>

The New Voice of Ukraine, T. V. o. [2023, 12. April 2023]. Ukrainian neon manufacturer, suspected of collaboration, moves production to South Korea <https://english.nv.ua/business/neon-manufacturer-cryoin-engineering-accused-of-treason-moves-production-to-korean-ukraine-news-50317320.html>

Ukrainian Geological Survey. [2023]. Presentation - Investment Opportunities in Exploration & Production. Retrieved 20. März 2023 from <https://www.geo.gov.ua/wp-content/uploads/presentations/en/investment-opportunities-in-exploration-production-strategic-and-critical-minerals.pdf>

UN Comtrade. [2023a]. Database, Trade Data - HS2606 <https://comtradeplus.un.org/TradeFlow>

UN Comtrade. [2023b]. Database, Trade Data - HS2614 <https://comtradeplus.un.org/TradeFlow?Frequency=A&Flows=M&CommodityCodes=2614&Partners=0&Reporters=804&period=all&AggregateBy=none&BreakdownMode=plus>

UN Comtrade. [2023c]. Database, Trade Data - HS280429 <https://comtradeplus.un.org/TradeFlow>

USGS. [2017, 03. August 2023]. Technical Announcement, USGS Assesses Billions of Potential Potash Resources in Ukraine. Retrieved 20. November 2023 from <https://www.usgs.gov/news/technical-announcement/usgs-assesses-billions-potential-potash-resources-ukraine>

USGS. [2022]. Mineral Commodity Summaries 2022. <https://pubs.usgs.gov/periodicals/mcs2022/mcs2022.pdf>

USGS. [2023]. Mineral Commodity Summaries 2023. <https://pubs.usgs.gov/periodicals/mcs2023/mcs2023.pdf>

Van Veen, K. [2022]. Russia and Aluminum Supply Chains. U. S. I. T. Commission. https://www.usitc.gov/publications/332/executive_briefings/russia_and_aluminum_supply_chains.pdf

Wittmann, H.-J. (2022a, 24.12.2022). EU verbietet Investitionen in den russischen Bergbau. Retrieved 29.05.2023 from <https://www.gtai.de/de/trade/russland/branchen/eu-verbietet-investitionen-in-den-russischen-bergbau-938026>

Wittmann, H.-J. (2022b). Ukrainekrieg: Engpass für Rohstoffe und globale Lieferketten. Retrieved 29.05.2023 from <https://www.gtai.de/de/trade/russland/branchen/ukraine-krieg-rohstoffe-globale-lieferketten-engpass-832784>

Wittmann, H.-J. (2023, 23. Mai 2023). Handel mit Düngemitteln aus Russland von Sanktionen ausgenommen. Germany Trade & Invest. Retrieved 08.06.2023 from <https://www.gtai.de/de/trade/russland/branchen/handel-mit-duengemitteln-aus-russland-von-sanktionen-ausgenommen-1004736>

Worldsteel. (2021). Top steel-producing companies 2021. Retrieved 06. Juni 2023 from <https://worldsteel.org/steel-topics/statistics/top-producers/>

Zachmann, G., Sgaravatti, G., & McWilliams, B. (2023, 29. November 2023). European natural gas imports Bruegel Datasets. Retrieved 04. Dezember 2023 from <https://www.bruegel.org/dataset/european-natural-gas-imports>

Impressum

Titel

Rohstoffe für Deutschland und Auswirkungen des Russland-Ukraine Konflikts

Herausgeber

THINKTANK Industrielle Ressourcenstrategien
angesiedelt am Karlsruher Institut für Technologie (KIT)
c/o Unternehmer Baden-Württemberg e. V.
Türlestrasse 2, 70191 Stuttgart
Homepage: www.thinktank-irs.de
LinkedIn: THINKTANK Industrielle Ressourcenstrategien

Autoren

- > Jasemin A. Ölmez M.Sc.
- > Prof. Dr. Christoph Hilgers

Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Institut für Angewandte Geowissenschaften (AGW),
Adenauerring 20a, 76131 Karlsruhe

Stand

Veröffentlicht 12/2023

Grafische Konzeption, Illustration, Satz

unger+ kreative strategien GmbH, Stuttgart, www.ungerplus.de

DOI-Nummer

10.5445/IR/1000166052

Copyright

Wiedergaben in jeglicher Form, auch in Auszügen, müssen mit Quellenangaben gekennzeichnet werden.

Verteilerhinweis

Der THINKTANK Industrielle Ressourcenstrategien ist gefördert aus Mitteln des
Ministeriums für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg.