



75 Jahre
Demokratie
lebendig



Deutscher Bundestag
Wissenschaftliche Dienste

Ausarbeitung

Rohstoffe der Ukraine

Rohstoffe der Ukraine

Aktenzeichen: WD 5 - 3000 - 076/23
Abschluss der Arbeit: 17. Oktober 2023
Fachbereich: WD 5: Wirtschaft und Verkehr, Ernährung und Landwirtschaft

Die Wissenschaftlichen Dienste des Deutschen Bundestages unterstützen die Mitglieder des Deutschen Bundestages bei ihrer mandatsbezogenen Tätigkeit. Ihre Arbeiten geben nicht die Auffassung des Deutschen Bundestages, eines seiner Organe oder der Bundestagsverwaltung wieder. Vielmehr liegen sie in der fachlichen Verantwortung der Verfasserinnen und Verfasser sowie der Fachbereichsleitung. Arbeiten der Wissenschaftlichen Dienste geben nur den zum Zeitpunkt der Erstellung des Textes aktuellen Stand wieder und stellen eine individuelle Auftragsarbeit für einen Abgeordneten des Bundestages dar. Die Arbeiten können der Geheimschutzordnung des Bundestages unterliegende, geschützte oder andere nicht zur Veröffentlichung geeignete Informationen enthalten. Eine beabsichtigte Weitergabe oder Veröffentlichung ist vorab dem jeweiligen Fachbereich anzuzeigen und nur mit Angabe der Quelle zulässig. Der Fachbereich berät über die dabei zu berücksichtigenden Fragen.

Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung	5
1.1.	Fragestellung	5
1.2.	Quellenlage	5
2.	Überblick	5
2.1.	Rohstoffreichtum	5
2.2.	Motiv und Auswirkung des Angriffskriegs	7
2.3.	Vorkommen in Kriegsgebieten	10
3.	Fossile Rohstoffe	13
3.1.	Öl	13
3.2.	Gas	14
3.3.	Kohle	15
4.	Metalle der Seltenen Erden und seltene Metalle	17
4.1.	Definition	17
4.2.	Überblick über Vorkommen	18
4.2.1.	Beryllium	22
4.2.2.	Chrom, Kobalt, Molybdän und Nickel	23
4.2.3.	Germanium	24
4.2.4.	Hafnium	24
4.2.5.	Lithium	25
4.2.6.	Magnesium	27
4.2.7.	Mangan	27
4.2.8.	Niob und Tantal	28
4.2.9.	Scandium	28
4.2.10.	Titan	28
5.	Weitere Metalle	29
5.1.	Aluminium	30
5.2.	Eisen	31
5.3.	Kupfer	32
5.4.	Silizium	32
6.	Graphit	32
7.	Edelgase: Krypton, Neon und Xenon	33
8.	Getreide	34
9.	Knappheit und Verwendung	36
9.1.	Kritische und strategische Rohstoffe	36
9.2.	Technologische Schlüsselminerale	38

9.2.1.	Wirtschaft und Militär	38
9.2.2.	Energiewende	39
10.	Weniger Rohstoffe: ökonomische Situation der Ukraine	41
10.1.	Überblick	41
10.2.	Erschließung neuer Lagerstätten	42
10.3.	Wiederaufbau der Ukraine	44
10.4.	Anteil am BIP: Dienstleistungen, Industrie und Landwirtschaft	44
10.5.	Prognosen	46
11.	Anhang	48
11.1.	Lage einzelner Oblaste (Regionen)	48
11.2.	Kritische und strategische Rohstoffe der EU	50
11.3.	Leichte und schwere Seltene Erden	52
11.4.	Tabelle wichtiger Rohstoffe und deren Verwendung	53

1. Einleitung

1.1. Fragestellung

Gefragt wurde nach den Vorkommen folgender **Rohstoffe** in der Ostukraine, die Russland aktuell kontrolliert: Kohle, Öl, Erdgas; Metalle und Seltene Erden (u. a. Aluminium, Germanium, Magnesium, Silizium, Tantal, Titan); Edelgase wie Krypton, Neon und Xenon; Weizen/Getreide.

Ostukraine ist in der Fragestellung definiert als das Gebiet rechts des Dnepr. Für die Fragestellung ist auch von Belang, ob und wie die Rohstoffe militärisch genutzt oder in Hochtechnologien eingesetzt werden. Ferner stellt sich die Frage, wie sich die fehlende Kontrolle über Rohstoffe in der Ostukraine auf die Volkswirtschaft der Ukraine auswirkt.

1.2. Quellenlage

Informationen über bestimmte Rohstoffvorkommen in der Ukraine sind **vertraulich** und werden nicht oder nicht mehr in der staatlichen Bilanz der Mineralreserven der Ukraine veröffentlicht. Alle Daten dieser Arbeit sind öffentlichen Quellen entnommen.

Fremdsprachige Texte wurden mit Hilfe von Online-Diensten maschinell übersetzt. Für die Richtigkeit besteht keine Gewähr, insbesondere bei Übersetzungen aus dem ukrainischen Original.

Zwei Karten im Anhang zeigen die einzelnen Regionen (**Oblaste**) und ihre unterschiedlichen Schreibweisen.

2. Überblick

2.1. Rohstoffreichtum

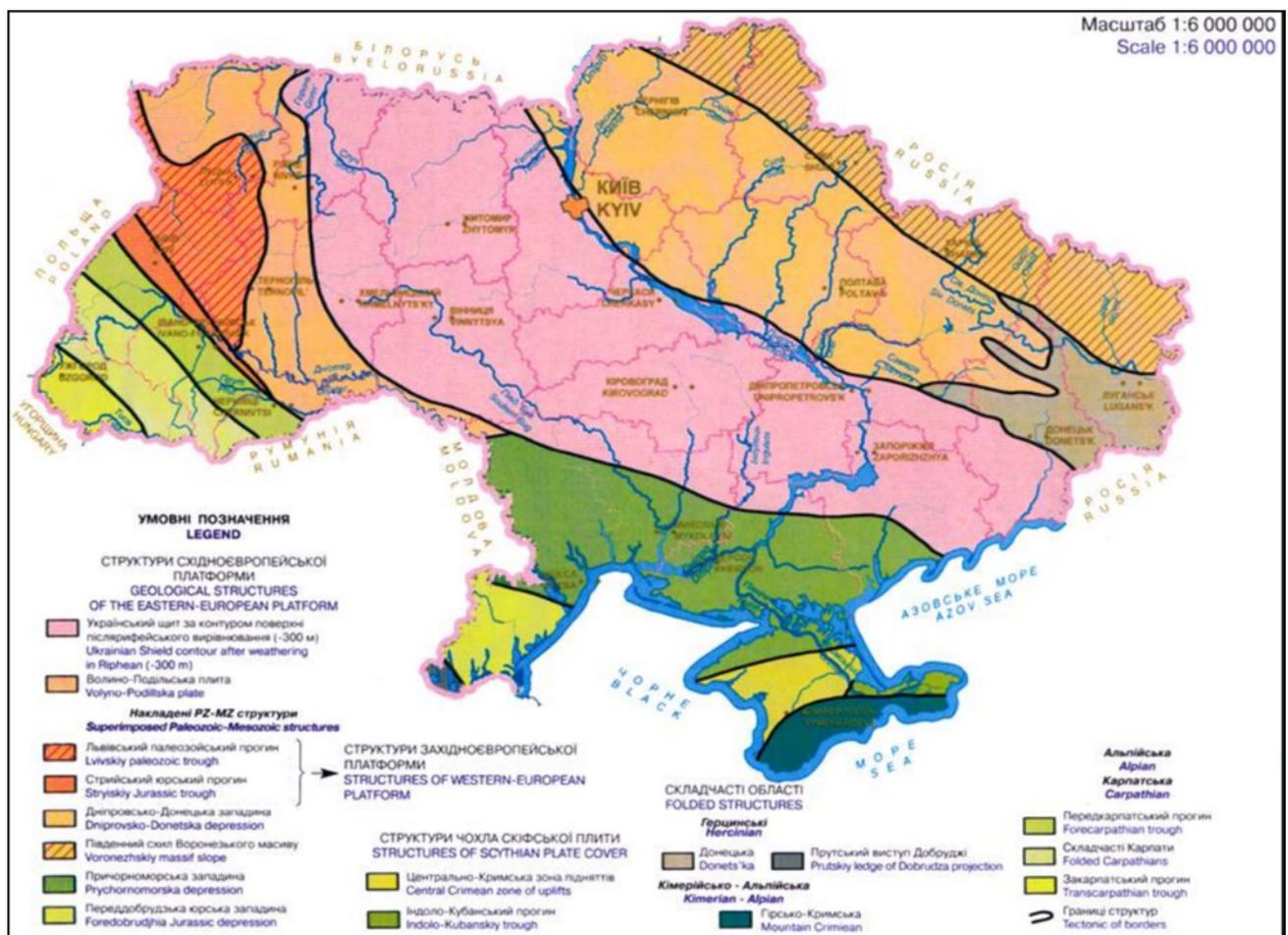
Die Ukraine besitzt vielfältige Bodenschätze. Die Vielfalt und der Reichtum an Bodenschätzen sind auf eine Reihe unterschiedlicher geologischer Strukturen der Ukraine zurückzuführen.¹ Die Vorsitzende des ukrainischen Geologenverbandes, Hanna Liventseva, betonte im Mai 2022² die weltweite Bedeutung der Ukraine aufgrund ihrer Mineralvielfalt. Die Ukraine bedecke zwar nur 0,4 % der Erdoberfläche, verfüge aber über rund **5 %** der **weltweiten** Mineralressourcen. Bei mehreren Rohstoffen rangiere sie unter den **ersten 10** der **Welt**.

Die meisten Lagerstätten metallhaltiger Minerale und das größte Eisenerzbecken Kryvyi Rih seien mit der kristallinen Basis des **Ukrainischen Schildes** (in der folgenden Abbildung in rosa) verbunden. Hinzu kämen komplexe Primärlagerstätten von Ilmenit-Apatit-Erzen, Lagerstätten

1 Dr. Hettler & Partner, Gemeinschaft Beratender Ingenieure (2001), Länderbericht, Consulting Ukraine, Förderkennzeichen 201 19 102: Beratungshilfe für den Umweltschutz in der Ukraine, Möglichkeiten der Förderung von umweltorientierter Unternehmensführung in der Ukraine durch Partnerschaften von Unternehmen der Zielregion mit deutschen Unternehmen, erstellt für das Umweltbundesamt, 30. Juni 2001, S. 5, https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/laenderbericht_deutsch.pdf.

2 Stark gekürzt; The Mineral Resources of the Ukraine, In: Tierra y Tecnologia, Nr. 59, <https://www.icog.es/TyT/index.php/2022/05/the-mineral-resources-of-ukraine/>.

anderer Nichteisen- und Edelmetalle sowie seltene Metalle (Aluminium, Beryllium, Germanium, Gold, Kupfer, Lithium, Molybdän, Nickel, Niob, Platin, Scandium, andere Seltenerdmetalle, Tantal, Uran), außerdem Diamanten, Fluorit, Graphit, Magnesit, Nephelin etc. Die **Volyn-Podillya-Platte**, die westlich des Ukrainischen Schildes liegt, enthält Gips-, Kohle-, Phosphorit- und Schwefelvorkommen. In der **Dnipro-Donets-Senke** nordöstlich des Ukrainischen Schildes finden sich Öl- und Gasvorkommen, Gips, Kohle, Quecksilbererze, Fluorit usw. Am südlichen Rand der **Schwarzmeer-Senke** seien Vorkommen von Bauxit, Kohle, Manganerzen, Polymetallen und Steinsalz bekannt. Im **Krimgebirge** liegen Eisenerze, verschiedene Salze und Erze und in den ukrainischen Karpaten Alaunstein, Baryt, polymetallische Minerale, Quecksilber, Steinsalz und Zeolithe.³



Weiter heißt es dort, es gebe etwa 20.000 Minerallagerstätten und **Vorkommen von 117 Mineralarten**. Die Ukraine sei ein wichtiger Lieferant von Eisen, Gallium, Kaolin, Manganerzen, Titanerzen und Ton, und habe ein großes Potenzial für die Gewinnung wichtiger Minerale wie Lithium.⁴

3 <https://www.icog.es/TyT/wp-content/uploads/2022/05/Imagen1-1.jpg>.

4 <http://www.icog.es/TyT/index.php/2022/05/the-mineral-resources-of-ukraine/>.

2.2. Motiv und Auswirkung des Angriffskriegs

In den Medien und in wissenschaftlichen Artikeln finden sich Meldungen, die auf die strategische und geopolitische Bedeutung der Rohstoffe und Bodenschätze in der Ukraine hinweisen.⁵

Robert Muggah und Vadim Dryganov von der SecDev Group,⁶ einem kanadischen Think Tank, vermuten Ende April 2022 unter anderem den außerordentlichen Ressourcenreichtum der Ukraine als **Motiv** für den Angriffskrieg: Die Ukraine verfüge über einige der größten Energie-, Mineral- und Agrarressourcen der Welt. Mit Ausnahme der Landwirtschaft und der Kohle seien viele der ukrainischen Ressourcen während der Sowjetunion und lange danach unterentwickelt und unerforscht geblieben. Durch die Erschließung dieser Ressourcen und die Diversifizierung ihrer Exporte habe sich die Ukraine in jüngster Zeit bemüht, unabhängiger von Russland zu werden und ihre wirtschaftliche und energetische Sicherheit zu erhöhen. Im Jahr 2013 leitete das Land eine umfangreiche Öl- und Gasprivatisierung ein, die die russische Invasion und Annexion der Krim im Jahr 2014 und der Angriff auf den Donbas unterbrochen habe.

Viele der ukrainischen Ressourcen fänden sich in den **östlichen Regionen** und unterhalb des **Schwarzen Meeres**, die nun entweder von Russland kontrolliert oder angegriffen würden. In diesen Regionen – einschließlich des ukrainischen Abschnitts des Schwarzen Meeres, der jetzt hauptsächlich von Russland kontrolliert werde – befänden sich etwa die Hälfte des konventionellen **Erdöls** der Ukraine, **72 % des Erdgases**, fast die gesamte **Kohleproduktion** sowie die meisten Kohlelagerstätten des Landes. Der Großteil der wichtigen ukrainischen Mineralvorkommen, insbesondere die begehrten Seltenerdmetalle, befinde sich ebenfalls in Donezk und anderen Teilen der Ukraine, die entweder von Russland besetzt oder bedroht seien.

Nachdem Russland 2014 die Krim und im Jahr 2022 einen Großteil der ukrainischen Schwarzmeerküste erobert habe, kontrolliere Russland nun schätzungsweise **80 %** der riesigen ukrainischen **Offshore-Kohlenwasserstoffvorkommen**, darunter über 37 Milliarden Kubikmeter **Erdgas**.

5 Siehe hierzu Blum, Ulrich; Borg, Gregor; Kropp, Nico; Liventseva, Hanna; Rozhkova, Ievgeniia (2023), Die Rohstoffe der Ukraine und ihre strategische Bedeutung – eine geopolitische Analyse, SIRIUS – Zeitschrift für Strategische Analysen, https://www.researchgate.net/publication/373712318_Die_Rohstoffe_der_Ukraine_und_ihre_strategische_Bedeutung_-_eine_geopolitische_Analyse; Deuker, Oliver (2023), Bodenschätze in der Ukraine: Krieg auch um Rohstoffe, 2. September 2023 <https://www.zdf.de/nachrichten/wirtschaft/rohstoff-seltene-erden-ukraine-krieg-russland-100.html#xtor=CS5-281>; Coakley, Amanda (2023), Ukraine was poised to become an important rare earths exporter. Then came the invasion, Russia's invasion has dealt a big blow to Ukraine's ambitions to become a raw materials powerhouse, 20. März 2023, <https://www.co-dastory.com/waronscience/ukraine-lithium-export/>; Lazard, Olivia (2022), Rohstoffe der Ukraine: „Das Angebot ist knapp“, aktualisiert am 5. Dezember 2022 (Papier-Version: 1. Dezember 2022), <https://www.zeit.de/2022/49/ukraine-rohstoffe-bodenschaetze-olivia-lazard>; Covatariu, Andrei (2022), Ukraine's critical minerals and Europe's energy transition: A motivation for Russian aggression?, 21. Juli 2022, <https://www.mei.edu/publications/ukraines-critical-minerals-and-europes-energy-transition-motivation-russian-aggression>. Bereits 2014 fragten Martin Nunn und Martin Foley: „Why does Putin want Crimea anyway?“, <https://euobserver.com/opinion/123496>; Klute, Jürgen (2023), A European Energy Union as a Path to Peace Between Ukraine and Russia, 23. Februar 2023, <https://www.transform-network.net/blog/article/a-european-energy-union-as-a-path-to-peace-between-ukraine-and-russia/>.

6 <https://digital.secdev.com/>.

Die Ukraine verfüge möglicherweise nach Russland über die zweitgrößten Erdgasvorkommen in Europa – 1,1 Billionen Kubikmeter nachgewiesene Reserven und bis zu 5,4 Billionen Kubikmeter, wenn wahrscheinliche Vorkommen einbezogen würden. Außerdem verfüge die Ukraine über 151 in Betrieb befindliche **Kohlebergwerke** und bis zu 41 Milliarden Tonnen Kohlereserven, die zu den größten Vorkommen der Welt zählten.

Die Ukraine sei auch eine potenzielle Supermacht bei der Produktion von wichtigen Industriemetallen. Sie verfüge über kommerziell relevante Vorkommen von **117** der **120** meistgenutzten **Industrieminerale** in mehr als 8.700 untersuchten Lagerstätten. Der Gesamtwert der Vorkommen – einschließlich Titan, Eisen, Neon, Nickel, Lithium und anderer wichtiger Ressourcen – könne zwischen 3 und 11,5 Billionen US-Dollar liegen.

Von den ukrainischen Vorkommen an **Seltenerdmetallen** werde angenommen, dass sie das **größte** abbaubare **Vorkommen** dieser zunehmend kritischen Ressourcen in **Europa** darstellen. Auch bei den wahrscheinlichen, aber unbestätigten **Lithiumreserven** – ein wichtiger Rohstoff für die Herstellung von Batterien für Elektrofahrzeuge – könne es sich ebenfalls um die größten in Europa handeln. Geografisch gesehen konzentrierten sich möglicherweise die meisten Vorkommen seltener Erden – einschließlich beträchtlicher Beryllium-, Niob- und Tantalvorkommen – auf Kruta Balka in Saporischschja, Schewtschenko in Donezk und den Polokhivske-Felder in Dobra, in den oder in der Nähe der von Russland besetzten Gebiete.

Nur wenige Monate vor der Invasion sei die Ukraine damit beschäftigt gewesen, Investitionen in kritische Minerale, einschließlich seltener Erden, auszubauen. Neben anderen Staaten habe auch die Europäische Union (EU) eine strategische Partnerschaft⁷ für Rohstoffe unterzeichnet, um ihre Abhängigkeit zu diversifizieren.

In der **Ost- und Südostukraine** werde eine Reihe wichtiger landwirtschaftlicher Erzeugnisse für den Weltmarkt geerntet, darunter Weizen, Mais, Gerste und Sonnenblumenöl.

Der Krieg zwischen Russland und der Ukraine habe jedoch vor allem Einfluss auf die Produktion und den Export von Nahrungsmitteln in die ganze Welt und werde sich auf die schwächsten Länder der Welt auswirken. Im Jahr 2021 habe die Ukraine 12 % des weltweiten Weizens exportiert, 16 % des Mais, 18 % der Gerste und fast die Hälfte des weltweiten Angebots an Sonnenblumenkernen und Distelöl – im Gesamtwert von fast 28 Milliarden US-Dollar.

Fast ein **Drittel** der ukrainischen **Maisernte** werde beispielsweise in den von Russland besetzten Gebieten angebaut. Etwa **30 %** der ukrainischen **Weizenproduktion** konzentriere sich auf die Ob- und Donbas, Saporischschja, Cherson und Odessa, die von den Kämpfen betroffen seien. Nach Angaben des ukrainischen Landwirtschaftsministers könne sich die Anbaufläche von 15 Millionen Hektar im Jahr 2021 auf 7 Millionen Hektar im Jahr 2022 halbieren.

7 EU-Kommission, Vertretung in Deutschland (2021), EU und Ukraine bringen strategische Partnerschaft für Rohstoffe und Batterien auf den Weg, Presseartikel, 13. Juli 2021, https://germany.representation.ec.europa.eu/news/eu-und-ukraine-bringen-strategische-partnerschaft-fur-rohstoffe-und-batterien-auf-den-weg-2021-07-13_de.

Der Großteil der ukrainischen Agrar-, Mineral- und Kohlenwasserstoffexporte würde über die großen **Hafenstädte** am Schwarzen Meer und am Asowschen Meer abgewickelt, unter anderem über Mariupol und Odessa – doch diese Häfen würden entweder angegriffen oder seien besetzt.

Der Einmarsch Russlands lege große Teile der ukrainischen Wirtschaft lahm mit weitreichenden globalen Folgen. Die Kämpfe beeinträchtigten nicht nur die wichtigsten Bereiche der Kohlenwasserstoff- und der Mineralgewinnung und der landwirtschaftlichen Produktion; deren **Zukunfts-aussichten** seien auch aufgrund der weit verbreiteten Zerstörungen, Schäden und fehlenden Investitionen **ungewiss**. Durch die Destabilisierung oder Besetzung der wichtigsten ukrainischen Produktionsgebiete sei Russland in der Lage, ein hohes Maß an Einfluss und Kontrolle über einen beträchtlichen Teil der globalen Rohstoffe zu erlangen, darunter Lebensmittel, Energie und die strategischen Minerale, auf die die Energiewende angewiesen sei.⁸

Auch der Artikel von Faiola/Bennett in der Washington Post vom 10. August 2022, der den Krieg in der Ukraine als Kampf um die Bodenschätze und den Energiereichtum des Landes thematisiert, basiert auf einer Analyse des kanadischen Think Tanks SecDev. Faiola/Bennett weisen darauf hin, dass auf den offiziellen Webseiten die geografischen Standorte bestimmter Vorkommen nicht mehr zu finden seien: Die Regierung habe sie im Frühjahr mit Verweis auf die nationale Sicherheit vom Netz genommen. Die Analyse von SecDev zeige, dass Energievorkommen, Metalle und Minerale im Wert von mindestens 12,4 Billionen Dollar unter russischer Kontrolle stünden. Neben **63 %** der **Kohlevorkommen** des Landes kontrolliere Moskau **11 %** der **Ölreserven**, **20 %** der **Erdgasreserven**, **42 %** der **Metalle** und **33 %** der Vorkommen an **Seltenen Erden** sowie weiterer wichtige Rohstoffe wie **Lithium**.

Einige dieser Vorkommen seien schwer zugänglich oder müssten erst erkundet werden, um ihre Wirtschaftlichkeit zu beurteilen. Seit Beginn der Invasion im Februar kontrolliere Russland nach Angaben von SecDev und ukrainischen Führungskräften aus der Bergbau- und Stahlindustrie 41 Kohlefelder, 27 Erdgasfelder, 14 Propangasfelder, neun Ölfelder, sechs Eisenerzlagerstätten, zwei Titanerzlagerstätten, zwei Zirkoniumerzlagerstätten, eine Strontiumlagerstätte, eine Lithiumlagerstätte, eine Uranlagerstätte, eine Goldlagerstätte und einen großen Kalksteinbruch, der früher für die ukrainische Stahlproduktion genutzt worden sei.

Nach Angaben des Generaldirektors des Geologischen Dienstes der Ukraine sei die Regierung noch dabei, die Auswirkungen des Krieges auf die Bodenschätze der Ukraine zu bewerten. Da sich ein **Großteil** der ukrainischen Bodenschätze im **Osten** und **Süden** des Landes befinde, gehe er davon aus, dass der Wert der verlorenen Vorkommen den in der unabhängigen Analyse ermittelten Betrag übersteige. Der Großteil der Öl- und Gasreserven des Landes befinde sich weiterhin unter russischer Kontrolle.

Der jüngste Versuch der Ukraine, ihr Energienetz zu modernisieren, sei durch den Krieg zunichte gemacht worden. Fast die Hälfte der **Anlagen für erneuerbare Energien** – darunter 89 % der Windparks – befinde sich in besetzten Gebieten oder Konfliktzonen. Mehr als die Hälfte der Windkraftanlagen seien stillgelegt.

8 <https://foreignpolicy.com/2022/04/28/ukraine-war-russia-resources-energy-oil-gas-commodities-agriculture/>.

Durch die russische Beschlagnahmung wichtiger ukrainischer **Häfen** und die weitgehende Blockade des Schwarzen Meeres verschlimmerte sich der Schaden. Einige Analysten seien der Ansicht, dass die verlorenen **Seetransitrouten bedeutender** seien als die verlorenen Mineralreserven, da andere Länder auf umweltfreundlichere Energie umgestiegen seien. Dies betreffe insbesondere Kohle, trotz ihres derzeitigen Wertes. Rohstoffe wie Kohle seien nicht die Zukunft, sondern die Vergangenheit, zitieren die Autoren den Ökonomen Anders Aslund, der sich seit langem mit der Ukraine beschäftigt. Laut Aslund gehe es eher darum, ob die Ukraine ihre Häfen verliere (was er nicht glaube). Ohne diese Häfen müssten sie eine völlig neue Exportinfrastruktur aufbauen.⁹

Blum et al. (2023) gehen ebenfalls davon aus, dass Russlands Invasion auch von wirtschaftlichen Interessen geleitet war. Russland habe bisher als Lieferant fossiler Energieträger Einfluss ausüben können. Angesichts der potenziell großen **Lithiumvorkommen** in der Ukraine scheine es sich nun Zugang zu Stoffen verschaffen zu wollen, die für die Dekarbonisierung westlicher Staaten unverzichtbar seien.¹⁰

2.3. Vorkommen in Kriegsgebieten

Die folgenden Grafiken zu den Kohle-, Gas-, Öl- und Metallvorkommen sind dem Artikel von Faiola/Bennett in der Washington Post vom 10. August 2022 entnommen.¹¹ Bedeutende Vorkommen befinden sich vor allem östlich und südlich des Dnepr:

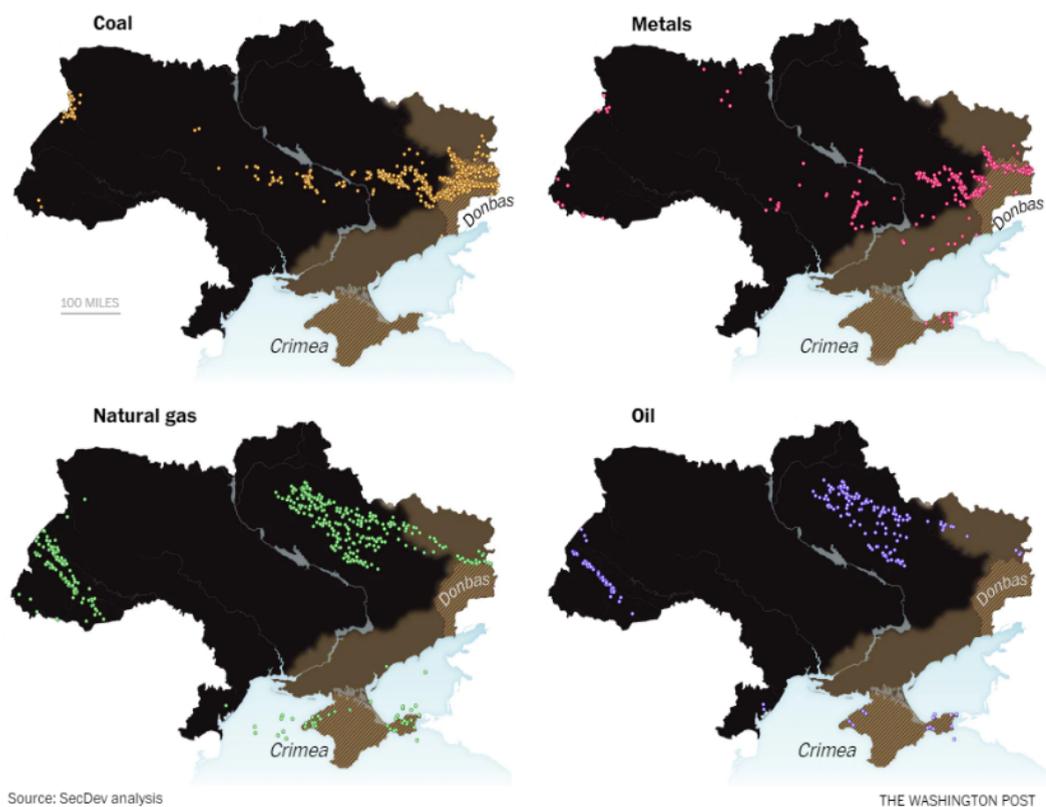
9 Faiola, Anthony; Bennett, Dalton (2022), In the Ukraine war, a battle for the nation's mineral and energy wealth, 10. August 2022, <https://www.washingtonpost.com/world/2022/08/10/ukraine-russia-energy-mineral-wealth/>.

10 <https://www.degruyter.com/document/doi/10.1515/sirius-2023-3006/html?lang=de>.

11 <https://www.washingtonpost.com/world/2022/08/10/ukraine-russia-energy-mineral-wealth/>. In der Abbildung findet sich der Hinweis, dass Russland die braun eingefärbten Gebiete seit „Februar 2024“ kontrolliert. Richtig muss es heißen: seit „Februar 2022“.

Ukraine's major resources

■ Russian-controlled areas since Feb. 24 ■ Russia-annexed (Crimea) or separatist-controlled (Donbas) areas since 2014



In dem Artikel „Rohstoffreichtum der Ukraine in Gefahr“ stellt die bundeseigene „Germany Trade & Invest“ (GTAI)¹² die unter russischer Kontrolle stehenden ukrainischen Rohstoffvorkommen in Prozent grafisch dar. Die Daten basieren auf der in der Washington Post zitierten Analyse von SecDev. Den größten Anteil hat demnach Steinkohle (63 %), gefolgt von Metallerzen (42 %), Seltenen Erden (33 %), Erdgas (20 %) und Erdöl (11 %):¹³

12 GTAI (2023), Rohstoffreichtum der Ukraine in Gefahr, 16. Januar 2023, <https://www.gtai.de/de/trade/ukraine/branchen/rohstoffreichtum-der-ukraine-in-gefahr-941166>.

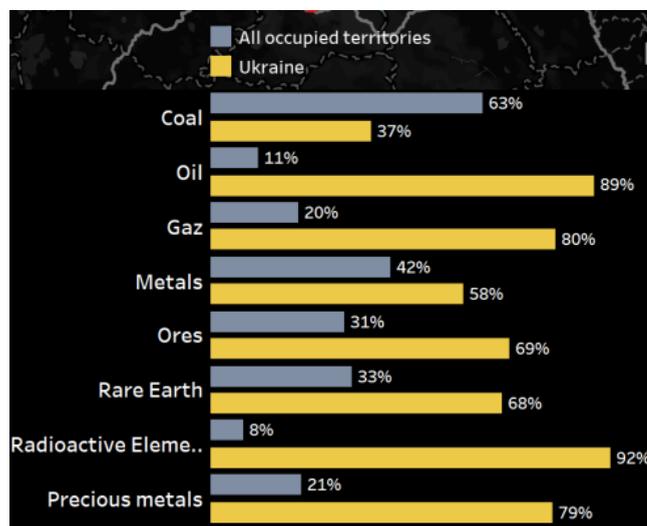
13 <https://www.gtai.de/de/trade/ukraine/branchen/rohstoffreichtum-der-ukraine-in-gefahr-941166>.

Anteil der ukrainischen Rohstoffvorkommen unter russischer Kontrolle (in %)

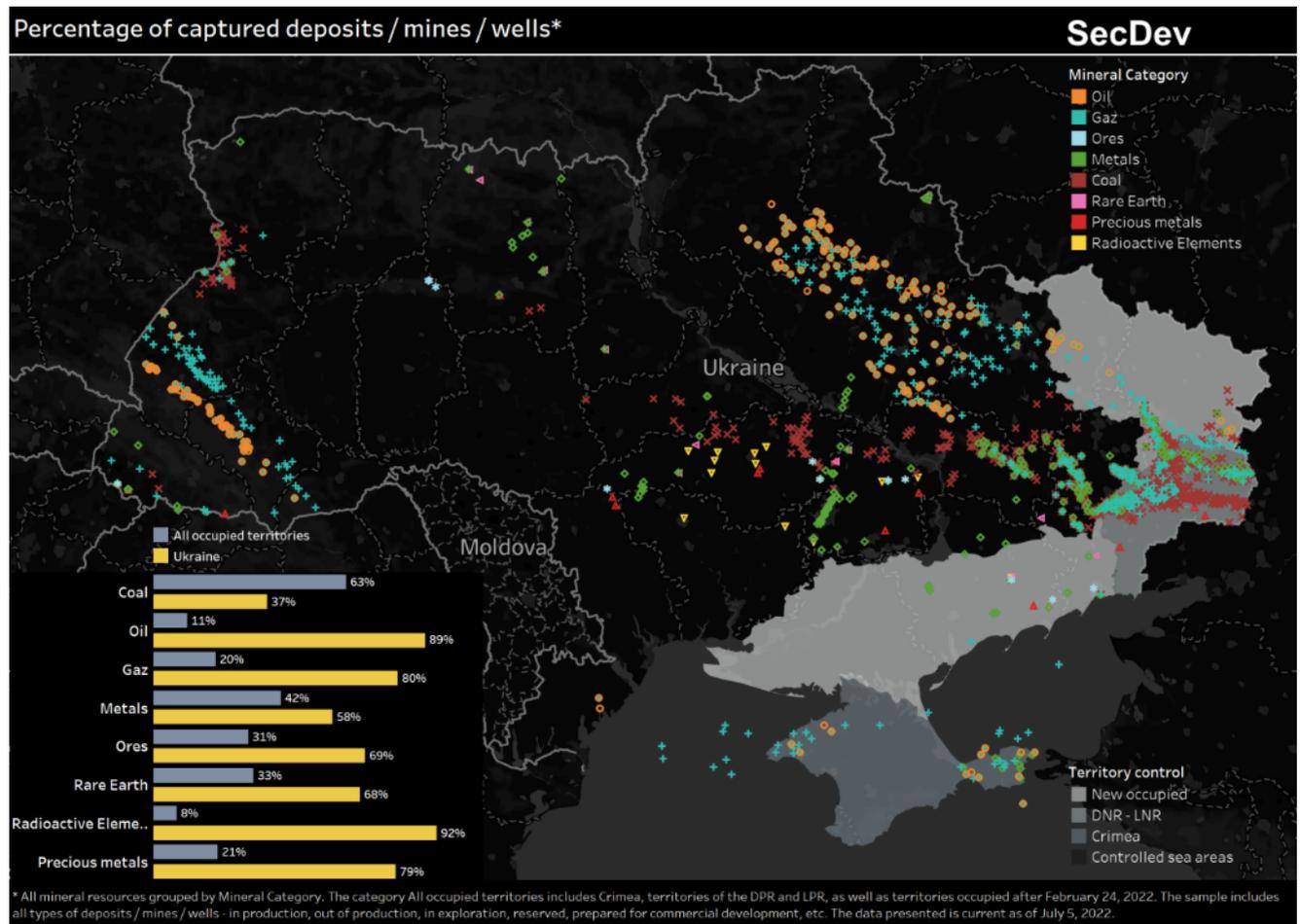


Quelle: SecDev (zitiert nach Washington Post vom 10.8.2022)

Ein am 10. August 2022 auf LinkedIn veröffentlichter Artikel mit dem Titel „Ukraine’s mineral wealth and global markets“, der sich ebenfalls auf Analysen des kanadischen Think Tanks SecDev stützt, zeigt den prozentualen Anteil weiterer ukrainischer Rohstoffvorkommen in den besetzten Gebieten: **Erze (31 %)**, **radioaktive Elemente (8 %)** und **Edelmetalle (21 %)**. Die Daten beziehen sich auf den Stand der Okkupation am 5. Juli 2022.¹⁴ Zur besseren Lesbarkeit ist der folgende Ausschnitt der umseitigen Grafik entnommen:



14 <https://www.linkedin.com/pulse/ukraines-mineral-wealth-global-markets-the-secdev-group>.



3. Fossile Rohstoffe

3.1. Öl

Laut dem Bericht der Task Force „Cooperation for Restoring the Ukrainian Energy Infrastructure“ vom Mai 2023, die dem Sekretariat der „International Energy Charter“ angehört, wurden 2020 die Ölreserven der Ukraine auf etwa **85 Mio. Tonnen** geschätzt. Mehr als 51 % der Gesamtreserven befänden sich in den nördlichen und zentralen Regionen, 36 % in der westlichen und 13 % in der südlichen Ukraine. Seit dem 24. Februar 2022 befänden sich fast **10 % der Ölvorkommen** des Landes in **besetzten Gebieten**.¹⁵

15 Task Force der International Energy Charter (2023), Ukrainian energy sector evaluation and damage assessment – X (24. Mai 2023), Cooperation for Restoring the Ukrainian Energy Infrastructure project Task Force, S. 16, https://www.energycharter.org/fileadmin/DocumentsMedia/Occasional/2023_05_24_UA_sectoral_evaluation_and_damage_assessment_Version_X_final.pdf.

3.2. Gas

Der „International Energy Charter Task Force“ (2023) zufolge verfügte die Ukraine 2020 über die **drittgrößten Erdgasreserven** Europas (bis zu **719 Mrd. m³**). Seit dem 24. Februar 2022 befänden sich rund **15 %** der Erdgasreserven des Landes in Gebieten unter **russischer Besatzung**. Mehr als 150 Gasförderanlagen, vor allem in der Region Charkiw, seien aufgrund der Feindseligkeiten stillgelegt worden.¹⁶ Der „Extractive Industries Transparency Initiative“ (2022) zufolge gibt es in der Ukraine **drei Öl- und Gasregionen**:

- Östlich – in den Verwaltungsregionen Dnipropetrowsk, Luhansk, Poltawa, Sumy, Charkiw, Tschernihiw und Donezk;
- Westlich – in den Verwaltungsregionen Iwano-Frankiwsk, Lwiw, Czernowitz, Wolhynien, Sakarpatien;
- Südlich – in den Verwaltungsregionen Odessa, Saporischschja, im Schwarzmeerschelf, im Asowschen Meer und in der Autonomen Republik Krim.

76,50 % der **Erdgasreserven** befänden sich in der **östlichen Region** und 14,24 % bzw. 9,26 % in der westlichen und südlichen Öl- und Gasregion. Nach Verwaltungsoblasten betrachtet, fänden sich die größten Erdgasreserven in den Oblasten Charkiw, Poltawa und Lwiw – 39,75 %, 29,50 % bzw. 9,55 % der Gesamtreserven der Ukraine. Von allen 467 Erdgasfeldern in der Ukraine lägen 101 Felder in der Region Poltawa, 83 Felder in Charkiw und 76 Felder in der Verwaltungsregion Lwiw.¹⁷ Dies verdeutlicht auch die folgende Abbildung, die die Erdöl- und Erdgasregionen der Ukraine aufzeigt:¹⁸

16 S. 13, https://www.energycharter.org/fileadmin/DocumentsMedia/Occasional/2023_05_24_UA_sectoral_evaluation_and_damage_assessment_Version_X_final.pdf.

17 Extractive Industries Transparency Initiative (2022), National Report of Ukraine 2020, S. 43 f., https://www.geo.gov.ua/wp-content/uploads/presentations/en/UA_EITI_Report_2020_EN.pdf.

18 Extractive Industries Transparency Initiative (2022), National Report of Ukraine 2020, S. 43 f., https://www.geo.gov.ua/wp-content/uploads/presentations/en/UA_EITI_Report_2020_EN.pdf.



3.3. Kohle

Nach Angaben der „International Energy Charter Task Force“ (2023) besitzt die Ukraine die **größten Kohlevorkommen in Europa**. Verschiedenen Schätzungen zufolge belaufen sich die nachgewiesenen Gesamtkohlereserven auf etwa **38 Mrd. Tonnen**.¹⁹ Etwa 92,4 % der gesamten Kohlevorkommen befänden sich im Steinkohlebecken von Donezk (Donbass). Derzeit seien **etwa 60 % der Kohlelagerstätten des Landes von Russland besetzt**.²⁰ Die Lagerstätten im Donezk- und dem Lwiw-Wolyn-Becken zeigt die nächste Grafik.²¹

19 Die Extractive Industries Transparency Initiative (2022) beziffert die Kohlevorkommen etwas höher und geht von 41.185,36 Mio. Tonnen aus (Stand: 1. Januar 2021), S. 34, https://www.geo.gov.ua/wp-content/uploads/presentations/en/UA_EITI_Report_2020_EN.pdf.

20 S. 18, https://www.energycharter.org/fileadmin/DocumentsMedia/Occasional/2023_05_24_UA_sectoral_evaluation_and_damage_assessment_Version_X_final.pdf.

21 Extractive Industries Transparency Initiative (2022), National Report of Ukraine 2020, S. 34, https://www.geo.gov.ua/wp-content/uploads/presentations/en/UA_EITI_Report_2020_EN.pdf.

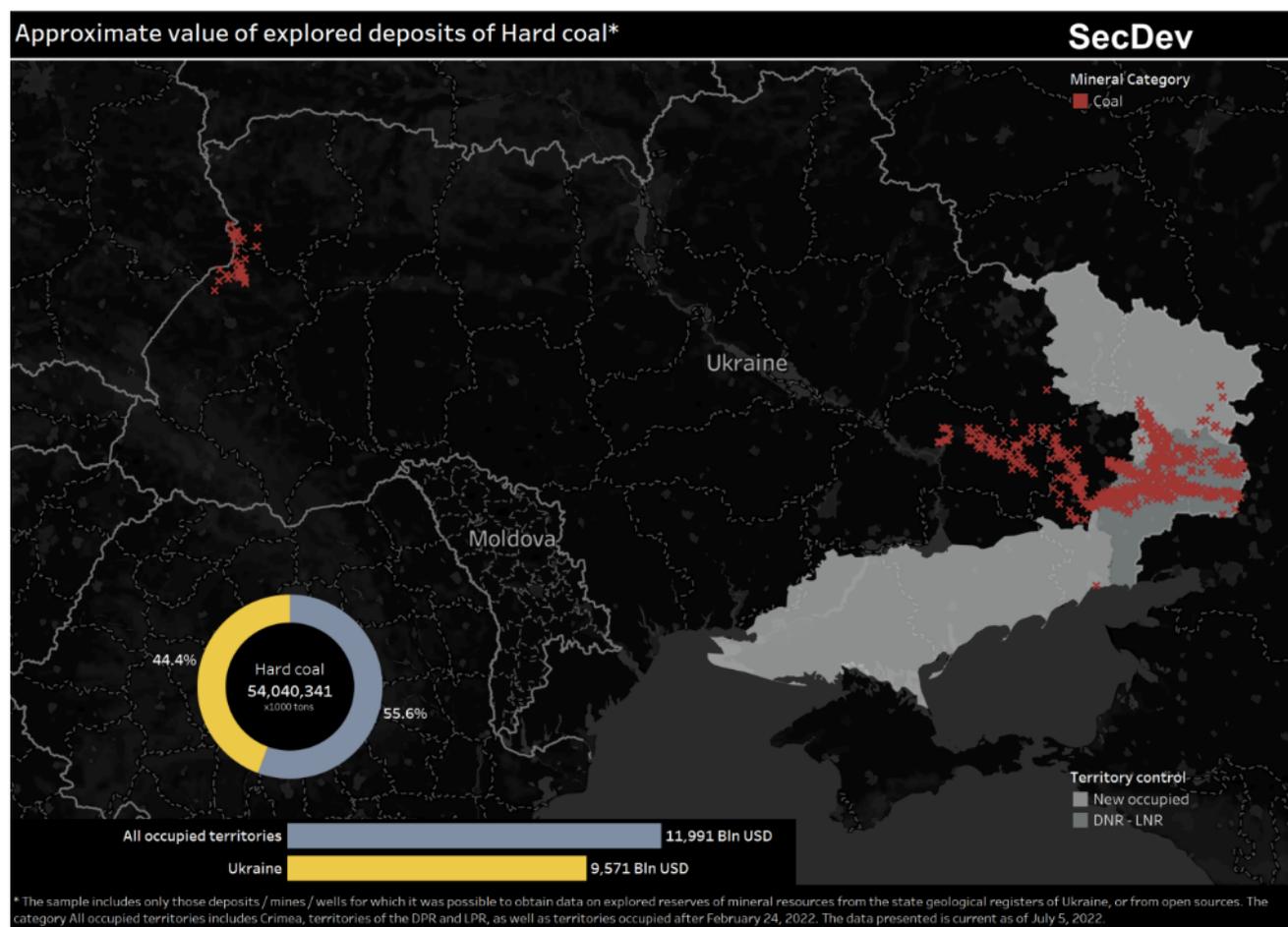


Die Kohlevorkommen der Ukraine machen nach Angaben der Internationalen Energieagentur mehr als 90 % der fossilen Brennstoffreserven des Landes aus. Sie umfassen das gesamte Spektrum der Kohlearten von Anthrazit über Braun- und Steinkohle bis hin zu Kessel- und Koks-kohle.²² Laut SecDev befinden sich 55,6 % der Steinkohle (hard coal)²³ im Wert von 11.991 Milliarden US-Dollar in den besetzten Gebieten. Siehe hierzu die folgende Grafik.²⁴

22 <https://www.iea.org/reports/ukraine-energy-profile/energy-security>.

23 Steinkohle hat einen höheren Heizwert als Braunkohle, <https://www.energie-lexikon.info/kohle.html>.

24 <https://www.linkedin.com/pulse/ukraines-mineral-wealth-global-markets-the-secdev-group>.



4. Metalle der Seltenen Erden und seltene Metalle

4.1. Definition

Der Begriff „Seltene Erden“ ist laut Mineralienatlas nicht einheitlich definiert.²⁵ Zu den insgesamt 17 **Metallen der Seltenen Erden**, auch **Seltenerdmetalle** oder **Seltene Erden** genannt (Rare Earth Elements – REE) werden Cer, Dysprosium, Erbium, Europium, Gadolinium, Holmium, Lanthan, Lutetium, Neodym, Praseodym, Promethium, Samarium, Scandium, Terbium, Thulium, Ytterbium und Yttrium gezählt. Sie kommen in der Erdkruste nicht selten vor, selbst die nicht so häufig vorkommenden Elemente Lutetium und Thulium sind noch über 100-mal häufiger als Gold. Sie sind in bestimmten Lagerstätten zu finden und aus den Erzen ausgesprochen aufwändig zu extrahieren.²⁶

Der Begriff der „seltenen Metalle“ ist ebenfalls nicht einheitlich definiert. Neben Seltenen Erden kommen je nach Definition z. B. in Betracht: Antimon, Beryllium, Barium, Blei, Cadmium,

25 <https://www.mineralienatlas.de/lexikon/index.php/Mineralienportrait/Seltene%20Erden/Definition%20der%20Seltenen%20Erden>, siehe auch im Anhang unter Punkt 9.3.

26 https://www.bundestag.de/resource/blob/191660/be7dc664df4ff469d2736c54d7c32c10/seltene_erden-data.pdf.

Cäsium, Chrom, Cobalt, Gallium, Germanium, Gold, Hafnium, Indium, Iridium, Magnesium, Mangan, Molybdän, Nickel, Niob, Osmium, Palladium, Platin, Quecksilber, Rhenium, Rhodium, Rubidium, Ruthenium, Scandium, Selen, Silber, Strontium, Thallium, Vanadium, Wismut, Wolfram, Yttrium, Zink, Zinn und Zirkon.²⁷

4.2. Überblick über Vorkommen

Laut Bashniak et al. (2022) wurden in den geologischen Komplexen der Ukraine hunderte Lagerstätten von Metallerzen mit **Seltenen Erden** identifiziert, die in unterschiedlichem Umfang untersucht werden. Die meisten von ihnen befänden sich auf dem Ukrainischen Schild und den angrenzenden Strukturen. Zu den wichtigsten und am besten untersuchten Vorkommen gehöre die industrielle Zirkonium-Seltene-Erden-Lagerstätte Asow. Erzführend sei ein Bereich von etwa 20 Kilometer mit Elementen der Cer- und der Yttrium-Gruppe.²⁸ Die Vorkommen Seltener Erden in der Region des Asowschen Meeres und den Mazurivske Lagerstätten seien bisher nur wenig untersucht. Das gesamte Gebiet verfüge über einzigartige Reserven und große prognostizierte Vorkommen.²⁹ Der „Ukrainian Geological Survey“ aus dem Jahr 2021 wurde erstellt, um Investitionsmöglichkeiten in die Exploration und Produktion strategischer und kritischer Rohstoffe aufzuzeigen. Der Survey zufolge befinden sich Vorkommen Seltener Erden in den folgenden Gebieten:³⁰

27 Umweltbundesamt, Seltene Metalle, 2007, S. 19, <https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/publikation/long/3182.pdf>.

28 In diesen beiden Gruppen werden jeweils mehrere Elemente der Seltenerdmetalle zusammengefasst.

29 S. 43 f., <https://brdo.com.ua/wp-content/uploads/2022/11/CRM-Report-2022-Ukraine.pdf>.

30 2021, <https://www.geo.gov.ua/wp-content/uploads/presentations/en/investment-opportunities-in-exploration-production-strategic-and-critical-minerals.pdf>.

Rare earth minerals spots



Der polnische Verband der Arbeitgeber und Unternehmer (Związek Pracodawców i Przedsiębiorców – ZPP) fasst in seinem Memorandum die Diskussion während des ZPP Energie- und Klimaforums zusammen, das im Rahmen des Projekts „Europe-Poland-Ukraine Rebuilt Together 2023“ stattfand. Es befasst sich mit den strategischen Ressourcen und den Seltenerdmetallen in der Ukraine.³¹ Der ZPP vermutet, dass die **Ressourcen an Seltenen Erden** einer der **Gründe für Russlands Aggression** gegen die Ukraine sind.³² Nachfolgend findet sich eine Liste der 17 Seltenen Erden mit deren Anwendungspotenzial:³³

1. Cer – für Katalysatoren, Legierungen,
2. Dysprosium – starke Magnete, Laser,
3. Erbium – Laser, optische Verstärker,
4. Europium – Flüssigkristallanzeigen, Leuchtstofflampen,

31 ZPP (2023), Ukraine's Resource Policy – Strategic Resources and Rare Earth Metals, 17. Juli 2023, <https://zpp.net.pl/wp-content/uploads/2023/07/17.07.2023-Memorandum-ZPP-Ukraines-Resource-Policy-Strategic-Resources-and-Rare-Earth-Metals.pdf>.

32 <https://zpp.net.pl/wp-content/uploads/2023/07/17.07.2023-Memorandum-ZPP-Ukraines-Resource-Policy-Strategic-Resources-and-Rare-Earth-Metals.pdf>.

33 <https://zpp.net.pl/wp-content/uploads/2023/07/17.07.2023-Memorandum-ZPP-Ukraines-Resource-Policy-Strategic-Resources-and-Rare-Earth-Metals.pdf> (Reihenfolge im Original nicht alphabetisch).

5. Gadolinium – Herstellung von grünen Leuchtstoffen für CRT-Bildschirme und Szintillatoren sowie Kontrastmittel für die Röntgenbildgebung und für die Magnetresonanztomographie,
6. Holmium – starke Magnete,
7. Lanthan – Batterien, Röntgenfilme, Katalysatoren in der Öltraffination,
8. Lutetium – Röntgen-Luminophore,
9. Neodym – starke Neodym-Magnete, Laser,
10. Praseodym – Nebenbestandteil von Legierungen, die für Magnete verwendet werden (Korrosionsschutz),
11. Promethium – Betastrahlungsquelle,³⁴
12. Samarium – Magnete für den Hochtemperaturbetrieb, Steuerstäbe in Reaktoren,
13. Scandium – Legierungen für die Luft- und Raumfahrtindustrie, Keramiken und Brennstoffzellen,
14. Terbium – Leuchtstoffe für Lampen und Displays,
15. Thulium – keramische Magnetwerkstoffe,
16. Ytterbium – Lichtwellenleiter, Solarzellenplatten,
17. Yttrium – Keramik, Katalysatoren, Laser, Metallurgie und Leuchtstoffe.

Weitere seltene Metalle wurden in komplexen Lagerstätten und Erzvorkommen innerhalb des Ukrainischen Schildes gefunden. Seltene Metalle wie Beryllium (Be), Niob (Nb) und Tantal (Ta) werden in sechs Lagerstätten vermutet. Niob und Tantal werden nur als Nebenprodukt der Titanförderung und in nicht kommerziellen Mengen abgebaut. Seltene Erden wie z. B. Scandium (Sc) fänden sich in sehr komplexen Lagerstätten. In der Berylliumlagerstätte in Perzhanske seien auch Lithium, Molybdän, Niob, Tantal, Zink, Zinn, Zirkonium und weitere Minerale vorhanden.³⁵ Scandium und Zirkonium (Zr) gebe es in signifikanten Mengen, sie würden aber bisher noch nicht abgebaut.³⁶ Die folgende Übersicht zeigt die Vorkommen:³⁷

34 Zum Teil wird der Begriff „Seltene Erden“ etwas enger gefasst (ohne Scandium und Promethium), <https://www.bundestag.de/resource/blob/886424/16cb4318a6eaf7b2e5d2221d85e81927/WD-5-003-22-pdf-data.pdf>; vergleiche auch unter Punkt 11.3.

35 <https://www.geo.gov.ua/wp-content/uploads/presentations/en/critical-minerals-portfolio.pdf>.

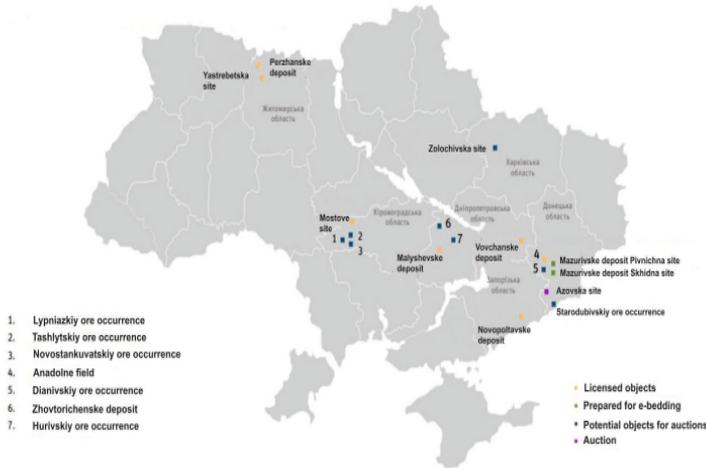
36 <https://www.geo.gov.ua/wp-content/uploads/presentations/en/investment-opportunities-in-exploration-production-strategic-and-critical-minerals.pdf>.

37 https://unece.org/sites/default/files/2021-04/7.%20Heorhii%20Rudko%20_eng.pdf.

Rare and rare earth metals



UNECE



Lypniatzkiy, Tashlytskiy and Novostankuvatskiy ore occurrences belong to one structure, there are also occurrences of beryllium, lithium (Dobra site). These objects are offered for exploration and can be considered as one investment project.

Ta, Nb, Be, Zr, Sc

Rare and rare earth metals have been found in complex deposits and ore occurrences within the Ukrainian Shield.

Zirconium and scandium are concentrated in placer and bedrock deposits in significant quantities, their extraction is not underway.

Reserves of tantalum pentoxide, niobium, beryllium have been estimated at six deposits, extraction is carried out at Malyshevske and Vovchanske deposits.

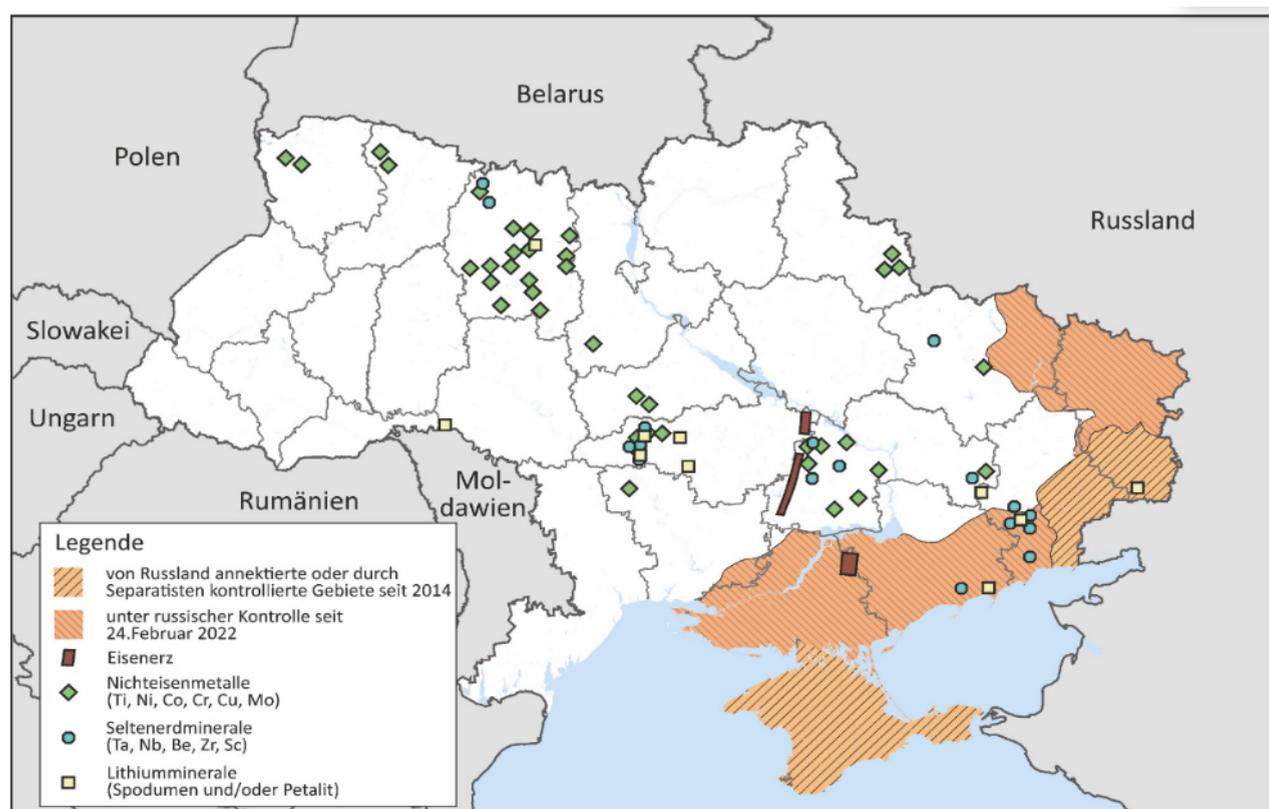
Source: *Investment Atlas of the State Service of Geology and Subsoil of Ukraine*

RESOURCE MANAGEMENT WEEK 2021 | ENABLING SUSTAINABILITY PRINCIPLES IN RESOURCE MANAGEMENT | 26-30 April 2021 | Geneva

7

Die folgende Grafik von Blum et al. (2023) gibt ebenfalls Aufschluss über Vorkommen der Selten-erdminerale Beryllium (Be), Niob (Nb), Tantal (Ta), Scandium (Sc) und Zirconium (Zr), die als blaue Kreise dargestellt sind:³⁸

38 Blum, Ulrich; Borg, Gregor; Kropp, Nico; Liventseva, Hanna; Rozhkova, Ievgeniia (2023), Die Rohstoffe der Ukraine und ihre strategische Bedeutung – eine geopolitische Analyse, <https://www.researchgate.net/publication/373712318> Die Rohstoffe der Ukraine und ihre strategische Bedeutung - eine geopolitische Analyse.



4.2.1. Beryllium

Vor allem im nordwestlichen Teil des Ukrainischen Schildes finden sich Berylliumerzvorkommen.³⁹ Nach Angaben von Bashniak et al. (2022) ist die Perzhanske Beryllium-Lagerstätte gründlich erkundet und für den Betrieb vorbereitet. Weitere Gebiete seien der Ukrainische Schild und die Donbass-Verbindungszone, wo sich ebenfalls Berylliummineralisierung fänden. Die Gesamtreserven an Berylliumoxid in der Ukraine beliefen sich auf etwa 66 Kilotonnen.⁴⁰ Die folgende Grafik zeigt das Hauptvorkommen im nordwestlichen Teil des Ukrainischen Schildes:⁴¹

39 S. 65, https://geoinf.kiev.ua/M_R_2020.pdf.

40 S. 46, <https://brdo.com.ua/wp-content/uploads/2022/11/CRM-Report-2022-Ukraine.pdf>.

41 <https://www.icog.es/TyT/index.php/2022/09/beryllium-mineralization-in-ukraine/>.



4.2.2. Chrom, Kobalt, Molybdän und Nickel

Die Ukraine verfügt nach eigenen Angaben über bedeutende Vorkommen an Nichteisenmetallen (Chrom, Kobalt, Kupfer, Molybdän und Nickel). Die Lagerstätten konzentrierten sich vor allem auf den Ukrainischen Schild. Diese Minerale seien bisher nicht oder nur in sehr geringem Umfang abgebaut worden. Die geschätzten förderbaren Vorkommen in Kilotonnen (kt) betragen für Nickel 215 kt, für Kobalt 8,8 kt und für Chrom (berechnet als Chromdioxid) 453 kt; vermutet würden für Chrom (berechnet als Chromdioxid) sogar 3.120 kt und für Kupfer 95 kt.⁴² Die Lagerstätten von Chrom (Cr), Kobalt (Co), Kupfer (Cu), Nickel (Ni) und Molybdän (Mo) zeigt folgende Karte:⁴³

42 State Geologic and Subsoil Survey of Ukraine, Ministry of Environmental Protection and Natural Resources of Ukraine, UkraineInvest (2020), Investment Opportunities in Exploration & Production Strategic and Critical Minerals, <https://www.wko.at/service/aussenwirtschaft/4-opimakh.pdf>.

43 2021, https://unece.org/sites/default/files/2021-04/7.%20Heorhi%20Rudko%20_eng.pdf. „Non-ferrous metals“ = Nichteisenmetalle.

Non-ferrous metals



Ni, Co, Cr, Cu, Mo



Ukraine has significant deposits of non-ferrous metals, but imports them in large quantities for its own needs.

Explored deposits and ore occurrences are complex and concentrated, mainly, within the Ukrainian Shield.

They are extracted in very small quantities or not extracted at all.

Recoverable reserves are (thousand tonnes): Ni - 215, Co - 8,8, chromium oxide - 453;
inferred resources (thousand tonnes): chromium oxide - 3120, Cu - 95.

Source: *Investment Atlas of the State Service of Geology and Subsoil of Ukraine*

RESOURCE MANAGEMENT WEEK 2021 | ENABLING SUSTAINABILITY PRINCIPLES IN RESOURCE MANAGEMENT | 26-30 April 2021 | Geneva

5

4.2.3. Germanium

Germanium ist laut Bashniak et al. (2022) als assoziierter nützlicher Begleitbestandteil in Kohle enthalten und findet sich in den Kohlelagerstätten von Donezk und Lwiw-Wolyn. Die Hauptquelle für Germanium in der Ukraine sei die Donbas-Kohle. In der Ukraine werde seit 1991 kein Germanium mehr industriell gewonnen.⁴⁴

4.2.4. Hafnium

In Gesteinen der Region Asowsches Meer, im Nordwesten des Usch, finde sich eine beträchtliche Menge an Hafnium.⁴⁵ Die Hafniumreserven seien in der staatlichen Bilanz der Mineralreserven der Ukraine in zwei Lagerstätten ausgewiesen – der Zirkon-Rutil-Ilmenit-Lagerstätte Malyshevske und der Titan-Zirkon-Lagerstätte Vovchanske.

Nach Angaben von Bashniak et al. (2022) sind die Informationen über die Hafniumvorkommen in der Ukraine zwar als vertraulich **eingestuft**, aber in der staatlichen Bilanz der Mineralreserven der Ukraine öffentlich zugänglich. Zusammen mit den Reserven an Titandioxid und

44 S. 46, <https://brdo.com.ua/wp-content/uploads/2022/11/CRM-Report-2022-Ukraine.pdf>.

45 S. 78, https://geoinf.kiev.ua/M_R_2020.pdf.

Zirkoniumdioxid handele es sich um die größten Vorkommen der ehemaligen Sowjetunion, und sie seien einzigartig in Bezug auf den hohen Rohstoffgrad. Das Feld werde seit 1961 abgebaut. Am 1. Januar 2018 betragen die Reserven an Hafniumoxid 13,6 Kilotonnen, insgesamt werden 100 Kilotonnen vermutet. Der Umfang dieser Vorkommen decke den gesamten Bedarf der Ukraine an Zirkonium und Hafnium und ermögliche die Lieferung von Rohstoffen für den Export.⁴⁶

4.2.5. Lithium

Der „International Energy Charter Task Force“ (2023) zufolge ist nach vorläufigen Schätzungen das Gesamtpotenzial der ukrainischen Lithiumvorkommen relativ hoch und liegt bei etwa 500.000 Tonnen Lithiumoxid (berechnet als Lithiumoxid Li_2O).⁴⁷ Lithium wird für die Zukunft des ukrainischen Energiesystems eine entscheidende Bedeutung zugemessen, da es in großem Umfang zur Herstellung von Batterien, einschließlich Energiespeichern und Elektrofahrzeugen, verwendet wird. In der Ukraine gebe es zwei erkundete Lagerstätten und zwei vorerkundete Gebiete mit Lithiumerzen. Derzeit befänden sich mindestens zwei Lithiumlagerstätten in den von Russland besetzten Gebieten in den Regionen **Saporischschja** und **Donezk**.⁴⁸ Nach Angaben des Vorsitzenden der staatlichen Kommission der Ukraine für mineralische Ressourcen im April 2021 wird aktuell in der Ukraine **kein Lithium** abgebaut, eine Lagerstätte ist lizenziert.⁴⁹ Laut Bashniak et al. (2022) sind Informationen über die Lithiumreserven in der Ukraine als vertraulich **eingestuft**. Die nachgewiesenen Reserven und prognostizierten Ressourcen an Lithium seien vielversprechend und vielleicht die reichsten in Europa. Sie könnten nicht nur den Bedarf der heimischen Produktion, sondern auch die Nachfrage des europäischen Rohstoffmarktes vollständig decken.⁵⁰ In der folgenden Grafik des Geologenverbands der Ukraine geben die Sternchen Auskunft über die entdeckten Lithiumvorkommen.⁵¹

46 S. 46, <https://brdo.com.ua/wp-content/uploads/2022/11/CRM-Report-2022-Ukraine.pdf>.

47 Ein Autor schätzt die Lithiumvorkommen der Ukraine sogar auf 2,5 bis 5 Millionen Tonnen: Romanov, Oleksii (2023), Ukraine's Role in the EU's and Germany's Energy Transition, LibMod Policy Brief, April 2023, https://libmod.de/wp-content/uploads/LibMod_PB_Ukraine_EnergyTransition.pdf.

48 S. 19, https://www.energycharter.org/fileadmin/DocumentsMedia/Occasional/2023_05_24_UA_sectoral_evaluation_and_damage_assessment_Version_X_final.pdf.

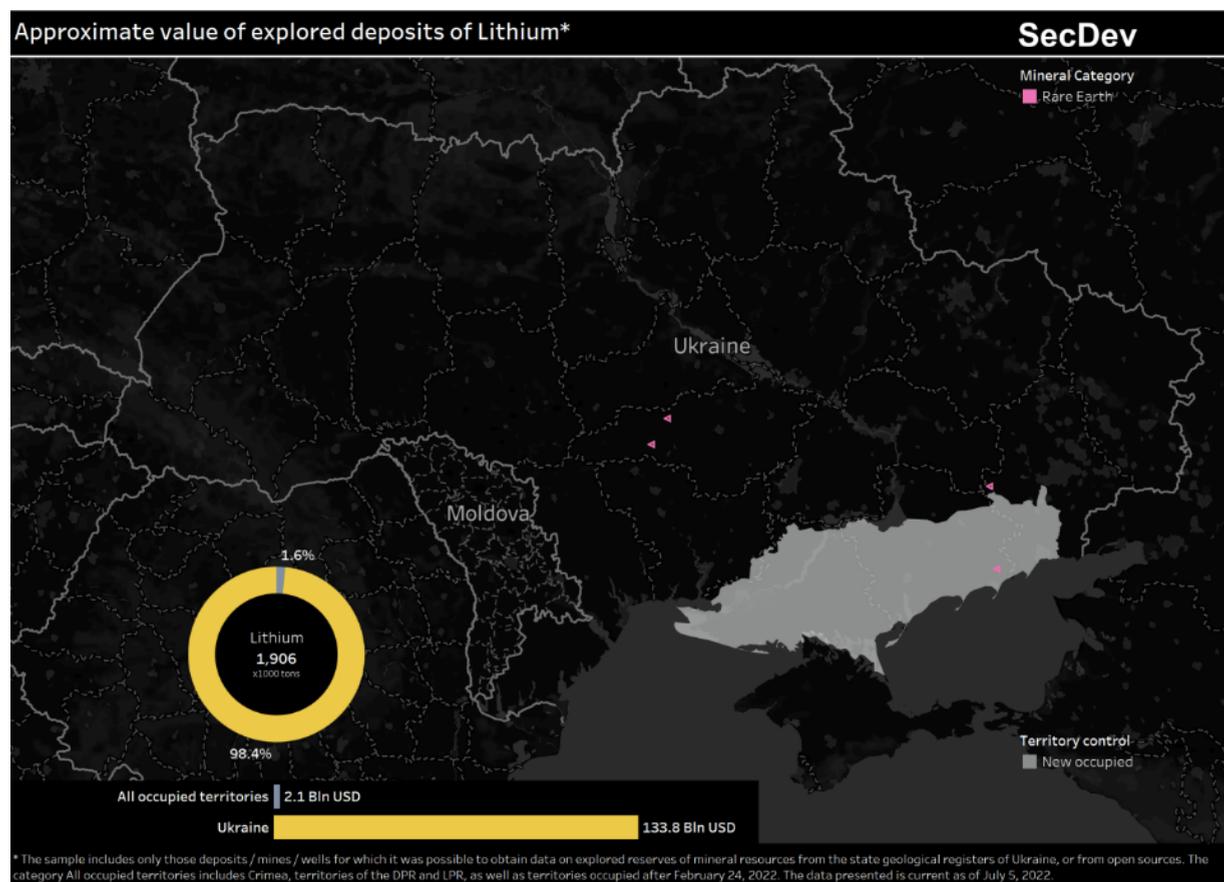
49 Rudko, H. I. (2021), Guidelines and best practices for MSMEs to assure resiliency and progress towards a circular economy in sustainable resource management and critical raw material supply chain solutions in Ukraine, Resource Management Week 2021, 27. April 2021, <https://unece.org/sites/default/files/2021-04/7.%20Heorhii%20Rudko%20eng.pdf>.

50 S. 47 f., <https://brdo.com.ua/wp-content/uploads/2022/11/CRM-Report-2022-Ukraine.pdf>.

51 <https://www.icog.es/TyT/index.php/2022/05/the-mineral-resources-of-ukraine/>.



Laut dem auf LinkedIn veröffentlichten Artikel befanden sich am 5. Juli 2022 **1,6 % der Lithiumvorkommen** auf besetztem Gebiet. Die Daten seien auf der Grundlage des Geologischen Registers der Ukraine und frei verfügbarer Daten ermittelt:⁵²



52 <https://www.linkedin.com/pulse/ukraines-mineral-wealth-global-markets-the-secdev-group>.

4.2.6. Magnesium

Bashniak et al. (2022) zufolge befinden sich auf dem Territorium der Ukraine Magnesium-Chlorid-Sulfaterze in den Lagerstätten Kalush und Stebnykiv. Magnesium sei auch im westlichen Asowschen Meer gefunden worden. Die geschätzten Ressourcen an Magnesiumrohstoffen bis zu einer Tiefe von 200 Metern betragen 250 Megatonnen. Eine vielversprechende Quelle für Magnesiumrohstoffe sei die Sole der Lagerstätte Sivaske im Osten der Oblast Cherson.⁵³

4.2.7. Mangan

Nach Angaben der „Extractive Industries Transparency Initiative“ (2022) ist die Ukraine weltweit führend bei den nachgewiesenen Manganerzvorkommen. Der größte Teil der Manganerzvorkommen befinde sich im Nikopol-Manganerzbecken, dem größten der Welt. Bedeutende Manganerzvorkommen in der Ukraine befänden sich auch in den künstlichen, durch Industrietätigkeit entstandenen Schlämmen. Im Jahr 2020 befand sich der größte Teil der Manganerzvorkommen in der Region Saporischschja (72,97 %). Auf die Region Dnipropetrowsk entfielen 26,75 % und auf die Region Cherson 0,28 %.⁵⁴ Nach Angaben des Geoinformationsdienstes der Ukraine verfügte das Land am 1. Januar 2021 über 2.162,83 Millionen Tonnen Manganerz.⁵⁵ Die Karte zeigt im Wesentlichen das Nikopol-Manganerzbecken östlich und westlich des Dnjepr:⁵⁶



53 S. 48, <https://brdo.com.ua/wp-content/uploads/2022/11/CRM-Report-2022-Ukraine.pdf>.

54 S. 97, https://www.geo.gov.ua/wp-content/uploads/presentations/en/UA_EITI_Report_2020_EN.pdf.

55 S. 96, https://www.geo.gov.ua/wp-content/uploads/presentations/en/UA_EITI_Report_2020_EN.pdf.

56 S. 46, https://geoinf.kiev.ua/M_R_2020.pdf.

4.2.8. Niob und Tantal

Laut Bashniak et al. (2022) sind die Informationen über die Niob- und Tantalreserven in der Ukraine als vertraulich **eingestuft** und werden nicht in der staatlichen Bilanz der Mineralreserven der Ukraine veröffentlicht. Tantal und Niob seien auf dem Territorium der Ukraine in komplexen Lagerstätten und Erzvorkommen in den zentralen, südöstlichen und nordwestlichen Teilen des ukrainischen Schildes gefunden worden. Tantal-Niob-Erze seien im Nordwesten des Ukrainischen Schildes gemeinsam mit Yttrium, Zinn und Zirkonium gefunden worden sowie im zentralen und nordöstlichen Teil des Ukrainischen Schildes. Auch in der Region Asow seien recht große Tantal- und Niobvorkommen entdeckt worden. Als zwei komplexe Lagerstätten wurden Malyshevskaya und Novopoltavske ausgemacht.⁵⁷

4.2.9. Scandium

Bashniak et al. (2022) zufolge gehören die Scandiumvorkommen zu den größten der Welt; die Informationen darüber seien als vertraulich **eingestuft**. Scandium sei in Ilmenit- und Titanmagnetit- und anderen Erzen konzentriert. Die Scandiumvorkommen befänden sich wahrscheinlich in vier komplexen Lagerstätten: Zhovtorichanske, Stremyhorodske, Torchynske und in der Zlobitske-Ilmenit-Sekundärlagerstätte. Erhebliche Scandium-Ressourcen seien in den Ilmenit- und Rutil-Zirkon-Ilmenit-Lagerstätten der Gebiete Volyn und Right Bank konzentriert. Mehr als 40 g/t Scandium seien in den Abfallprodukten des Titan- und Magnesiumwerkes Saporischschja enthalten, die durch Extraktion gewonnen werden könnten.⁵⁸

4.2.10. Titan

Die Ukraine gehört nach eigenen Angaben weltweit zu den zehn Ländern mit den größten nachgewiesenen Reserven an Titanerzen und liefert mehr als 6 % der weltweiten Produktion. Das wichtigste titanhaltige Mineral ist Ilmenit. Titan und seine Legierungen werden in der Luft- und Raketentechnik, im Schiffbau, im Maschinenbau, in der Lebensmittelindustrie, in der medizinischen Industrie und in der Nichteisenmetallurgie verwendet.⁵⁹ Nach Angaben der „Extractive Industries Transparency Initiative“ konzentrieren sich die Titanerzvorkommen auf den nordöstlichen Teil des ukrainischen Kristallschildes, das Dnjepr-Donetsk-Becken und einen Teil des südwestlichen Abhangs des kristallinen Voronezh-Massivs. Die Titanerzvorkommen würden in den Verwaltungsregionen Sumy, Zhytomyr und Kharkiv erkundet sowie in den Gebieten Dnipropetrovsk und Zhytomyr abgebaut. Die Daten über die Reserven an Titanerzen in der Ukraine sind als vertraulich **eingestuft** und nicht öffentlich zugänglich.⁶⁰ Die Titanvorkommen zeigt folgende

57 Main Barriers and Perceived Risks for Investment in the Ukrainian Raw Materials Resources Sector, S. 40 f., <https://brdo.com.ua/wp-content/uploads/2022/11/CRM-Report-2022-Ukraine.pdf>.

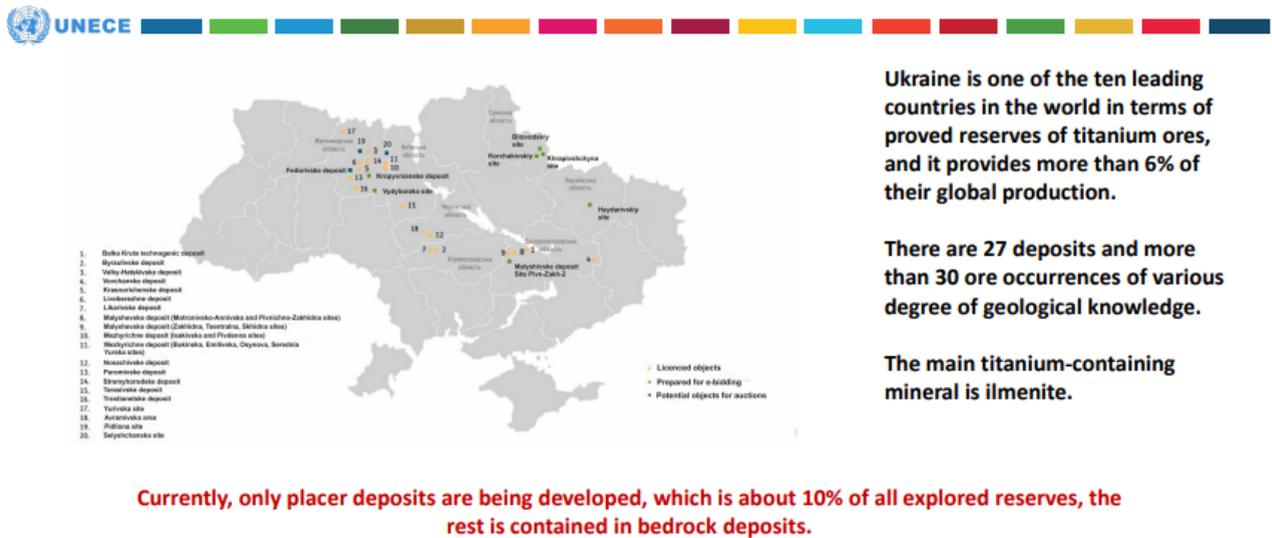
58 S. 44, <https://brdo.com.ua/wp-content/uploads/2022/11/CRM-Report-2022-Ukraine.pdf>.

59 Investment Opportunities in Exploration & Production, Strategic and Critical Minerals, <https://www.wko.at/service/aussenwirtschaft/4-opimakh.pdf>.

60 S. 91, https://www.geo.gov.ua/wp-content/uploads/presentations/en/UA_EITI_Report_2020_EN.pdf.

Karte:⁶¹

Titanium ore



Source: Investment Atlas of the State Service of Geology and Subsoil of Ukraine

RESOURCE MANAGEMENT WEEK 2021 | ENABLING SUSTAINABILITY PRINCIPLES IN RESOURCE MANAGEMENT | 26-30 April 2021 | Geneva

8

Laut Blum et al. (2023) ist die Bedeutung von Titan besonders hervorzuheben. Derzeit sei die Ukraine eines von fünf Ländern weltweit, die Titanmineralkonzentrate (Ilmenit und Rutil) produzierten. Mehr als 30 Titanvorkommen, teilweise in Produktion und teilweise im Detail erkundet, befänden sich auf dem Staatsgebiet der Ukraine. Die Daten über die Vorkommen seien als vertraulich eingestuft. Der geologische Dienst der USA vermute Reserven in Höhe von 8,4 Millionen Tonnen, darunter Ilmenit mit 5,9 Millionen und Rutil mit 2,5 Millionen Tonnen. Dies entspräche 1,12 % der Weltreserven. Das ukrainische Unternehmen UMCC Titanium, einer der größten Titanhersteller der Welt, gehe davon aus, dass die Ukraine über etwa 20 % der verzeichneten Weltbestände von Titanerzen verfüge – rund 40,2 Millionen Kubikmeter.⁶²

5. Weitere Metalle

Metalle kommen in der Natur überwiegend als Erze (in Form von Oxiden, Sulfaten, Silicaten usw.) vor und nur selten in elementarer Form wie z. B. Gold oder Silber.⁶³ Nach Angaben von Li-ventseva (2022) wird die Ukraine in vier **metallreiche Provinzen** unterteilt (siehe hierzu die folgende Abbildung):

- den Ukrainischen Schild (rosa),

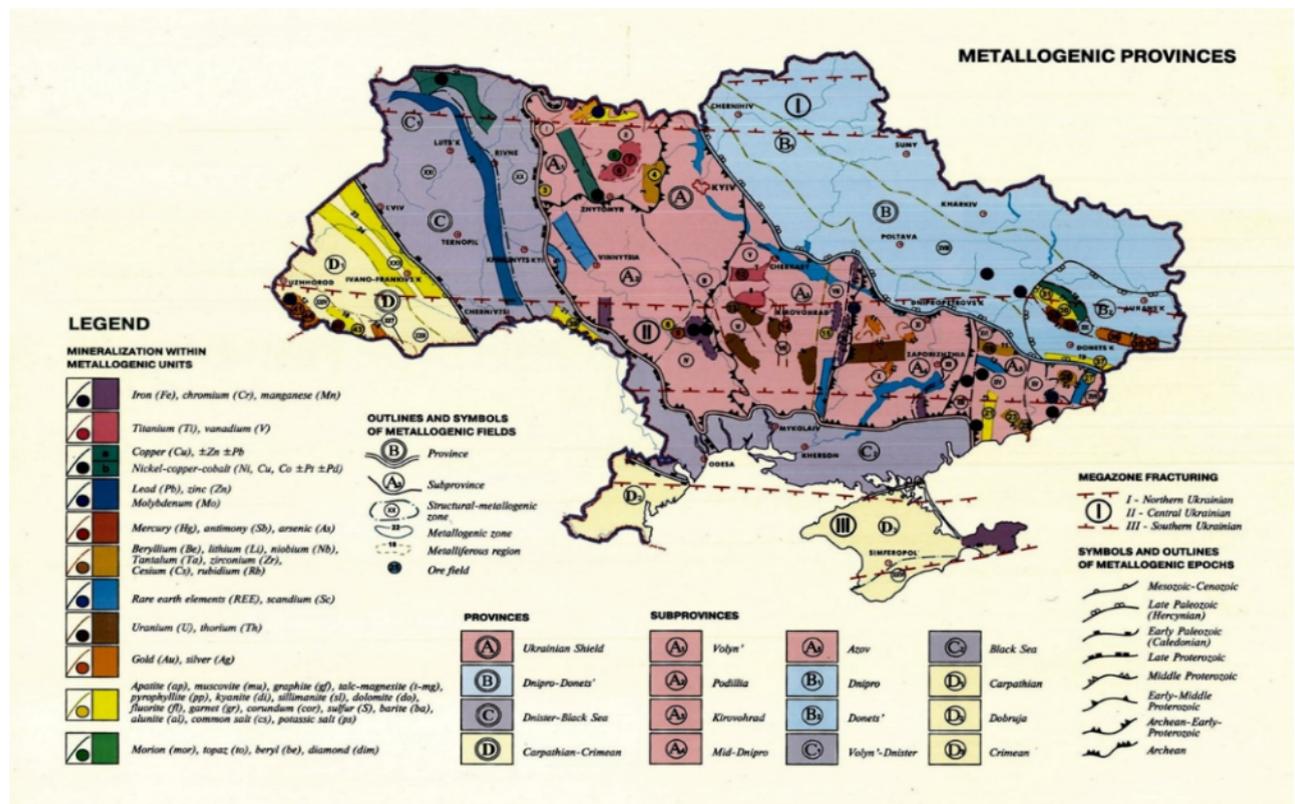
61 https://unece.org/sites/default/files/2021-04/7.%20Heorhii%20Rudko%20_eng.pdf.

62 <https://www.degruyter.com/document/doi/10.1515/sirius-2023-3006/html?lang=de>.

63 Thieme, Römpf-Online (kostenpflichtige Datenbank), unter dem Stichwort „Metalle“.

- die metallreiche Provinz Dniprovsko-Donetska (hellbau),
- die metallreiche Provinz Dnister – Vorderes Schwarzes Meer (lila) und
- die metallreiche Provinz Karpaten-Krim (hellgelb).

Der **Ukrainische Schild** zeichne sich durch die größte Vielfalt an metallenen Vorkommen aus. Verschiedenste Minerale wie Eisen, Titan oder Uran seien hier häufig zu finden. Die Provinz **Dniprovsko-Donetska** beherberge Quecksilber-, Gold-, Polymetall- und Kupferminerale. Die Provinz **Dnister – Vorderes Schwarzes Meer** zeichne sich durch natürliche Kupferminerale und Flussspat aus. In der **Karpaten-Krim-Provinz** seien Vorkommen von Gold, polymetallischen Erzen, Quecksilber und Eisen in Andesit-Basalt-, Liparit-Dazit- und Grünschiefer-Formationen typisch.⁶⁴



5.1. Aluminium

Nach Bashniak et al. (2022) sind die mineralischen Grundlagen für Aluminium in der Ukraine Bauxit-, Nephelin- und Alaunsteinvorkommen. Die Ukraine sei ein an Bauxit **armes** Land: Es seien nur drei Lagerstätten entdeckt worden – Vysokopilske, Nikopol und Smiliansk. In der staatlichen Bilanz der Reserven an Aluminiumrohstoffen werde nur die Lagerstätte Vysokopilske berücksichtigt, die 18,9 Megatonnen Eisenbauxit enthalte. Die bedeutendsten Komplexe befänden

64 <http://www.icog.es/TyT/index.php/2022/05/the-mineral-resources-of-ukraine/>.

sich in den Regionen Asow, Mazurivske, Kalinino-Shevchenkivske und Vali-Taram mit insgesamt rund 2,9 Milliarden Tonnen; das Feld sei noch nicht erschlossen. Derzeit gebe es in Transkarpatien zwei große Lagerstätten mit erkundeten Vorkommen an Alaunsteinerzen – 290,3 bzw. 51,4 Millionen Tonnen. Aufgrund des Mangels an heimischen Rohstoffen seien die Werke vollständig auf stabile Importe angewiesen. In dieser Hinsicht sei die Aluminiumindustrie kein wettbewerbsfähiges Umfeld für die zukünftige Entwicklung der Bergbauindustrie der Ukraine.⁶⁵ Die Aluminiumproduktion ist sehr energieintensiv.

5.2. Eisen

Die gesamten Eisenerzvorkommen beliefen sich 2020 auf 18.836,4 Mio. Tonnen.⁶⁶ Laut Blum et al. (2023) besitzt die Ukraine die **weltweit** größten Reserven an kommerziell nutzbarem Eisenerz – 30 Milliarden Tonnen oder etwa ein **Fünftel** der weltweiten Gesamtmenge.⁶⁷ Die folgende Karte zeigt die Eisenerzlagerstätten.⁶⁸

65 Bashniak, Hanna; Hamkens, Torge; Maksymov, Maksym; Ozeran, Oleksandr (2022), Main Barriers and Perceived Risks for Investment in the Ukrainian Raw Materials Resources Sector, November 2022, S. 45, <https://brdo.com.ua/wp-content/uploads/2022/11/CRM-Report-2022-Ukraine.pdf>.

66 S. 38, https://geoinf.kiev.ua/M_R_2020.pdf.

67 <https://www.degruyter.com/document/doi/10.1515/sirius-2023-3006/html?lang=de>.

68 S. 39, https://geoinf.kiev.ua/M_R_2020.pdf.



5.3. Kupfer

Zu Kupfer-Vorkommen siehe oben unter 4.2.2.

5.4. Silizium

Laut Bashniak et al. (2022) veröffentlicht der Staat Informationen über die Vorkommen an Silizium nicht mehr. Die großen Quarzrohstoffreserven eigneten sich hauptsächlich für Glas und feuerfeste Materialien; relativ wenige Lagerstätten seien für die Herstellung von Silizium geeignet. Zum 1. Januar 2018 umfasste die staatliche Bilanz der Mineralreserven der Ukraine neun Vorkommen mit einem Volumen von rund **170 Millionen Tonnen**. Derzeit würden vier Lagerstätten erschlossen. Seit 1968 werden die Produkte an das Aluminiumwerk Dnipro als Rohstoff für die Herstellung von kristallinem (metallischem) Silizium geliefert.⁶⁹

6. Graphit

Die Ukraine verfügt laut polnischem Verband der Arbeitgeber und Unternehmer (Związek Przesiębiorców i Pracodawców – ZPP) über einige der **fünf größten** Graphitvorkommen der **Welt** mit

69 S. 48, <https://brdo.com.ua/wp-content/uploads/2022/11/CRM-Report-2022-Ukraine.pdf>; vergleiche auch S. 13, https://www.geo.gov.ua/wp-content/uploads/2021/09/mru_2_2021.pdf.

insgesamt 19 Millionen Tonnen. Derzeit würden aus sechs Lagerstätten jährlich 5.000 Tonnen Graphitkonzentrat gewonnen. Die Konzession für diese Lagerstätten liege derzeit bei der australischen Firma Volt Resources.⁷⁰ Ein Vertreter der ukrainischen Geological Investment Group wird in einem Medienbericht zitiert mit den Worten: „Graphit wird in der Batterieproduktion verwendet und ist sehr begehrt“. Zwei der ukrainischen Graphitlagerstätten befänden sich unter russischer Kontrolle. Die übrigen vier befänden sich unter ukrainischer Kontrolle und bei einer davon sei der Abbau bereits im Gange.⁷¹ Die folgende Karte zeigt die sechs Graphitlagerstätten:⁷²



7. Edelgase: Krypton, Neon und Xenon

Laut Hong et al. (2022) ist die Ukraine ein **Hauptlieferant** von Neon, das für die Halbleiterproduktion außerordentlich relevant sei. Sie liefere etwa 70 % des weltweiten Neonangebots und sei auch ein wichtiger Lieferant von Krypton und Xenon, die ebenfalls für die Chipherstellung von entscheidender Bedeutung seien. Die Konzentration dieser strategisch wichtigen Gase in der Ukraine sei ein Zufall: Diese Gase seien ein Nebenprodukt der Stahlproduktion insbesondere älterer Stahlwerke, die noch über Luftzerlegungsanlagen verfügten und die sich noch größtenteils im Osten der Ukraine befänden. In neuen Stahlwerken sei diese Technologie nicht mehr vorhanden.⁷³

70 <https://zpp.net.pl/wp-content/uploads/2023/07/17.07.2023-Memorandum-ZPP-Ukraines-Resource-Policy-Strategic-Resources-and-Rare-Earth-Metals.pdf>.

71 <https://www.dw.com/de/kriegsbeute-russland-greift-nach-ukrainischen-bodensch%C3%A4tzen/a-66635568>.

72 S. 137, https://geoinf.kiev.ua/M_R_2020.pdf.

73 Hong, Per K.; Peterson, Erik; Kapoor, Bharat; DeLong, Drew (2022), More Trouble for Semiconductor Supply, 10. Mai 2022, <https://sloanreview.mit.edu/article/russias-invasion-spells-more-trouble-for-semiconductor-supply/>.

8. Getreide

Die Ukraine ist wegen ihrer fruchtbaren Böden als die „Kornkammer Europas“ bekannt.⁷⁴ Sie verfügt über fast 40 % der weltweiten Schwarzerdevorkommen, dem wertvollsten Ackerbodentyp.⁷⁵ 70 % des ukrainischen Territoriums bestehen aus Ackerland, 66 % aus Schwarzerde oder auch Chernozem genannt.⁷⁶ Die Karte zeigt die wertvollen landwirtschaftlichen Flächen in der Ukraine in unterschiedlichen Brauntönen. Je dunkler die Farbe, desto höher ist der Gehalt an Schwarzerde:⁷⁷



Die Ukraine ist ein weltweit bedeutender Exporteur von Weizen (Platz 5), Gerste (Platz 4), Mais (Platz 4), Sojabohnen (Platz 7), Sonnenblumenöl (Platz 1) und Geflügel (Platz 10).⁷⁸

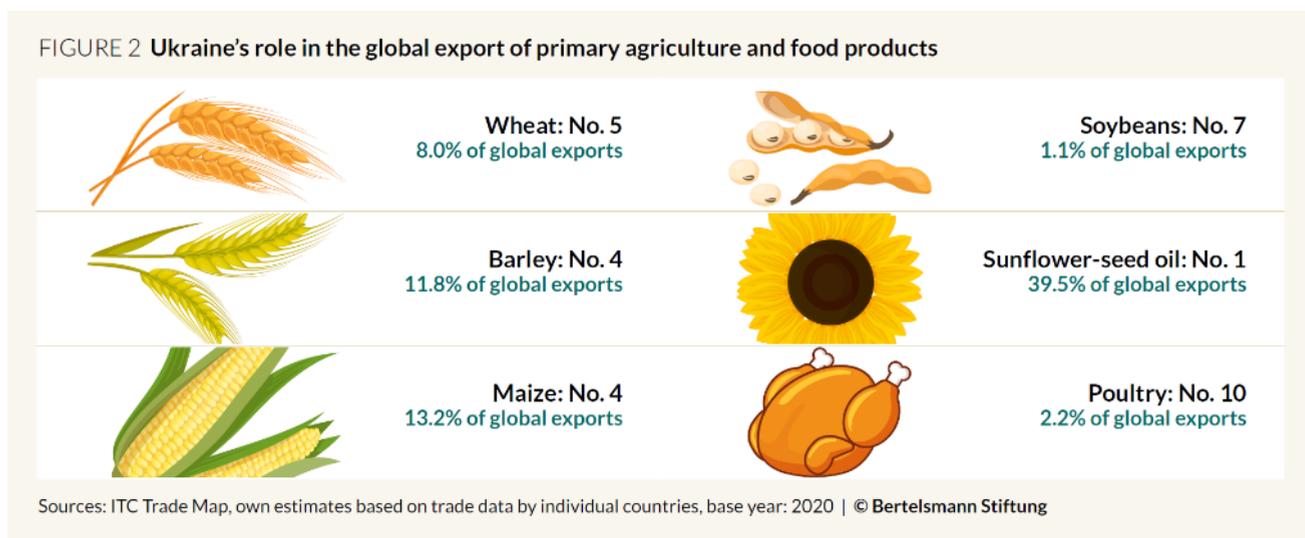
74 <https://www.nationsonline.org/oneworld/ukraine.htm>.

75 <https://www.gisreportsonline.com/r/ukraine-agricultural-production/>.

76 Horovetska, Yuliia; Rudloff, Bettina; Stewart, Susan (2017), Agriculture in Ukraine: Economic and Political Frameworks 2017, S. 5, https://www.swp-berlin.org/publications/products/arbeitspapiere/Horovetska_Rudloff_Stewart_Agriculture_in_Ukraine.pdf; siehe auch das Tortendiagramm auf S. 31, <https://www.fao.org/3/i3905e/i3905e.pdf>.

77 <https://www.gisreportsonline.com/r/ukraine-agricultural-production/>.

78 Movchan, Veronika (2022), Ukraine's Role in Global Food Supply: Individual Countries' Vulnerability, S. 10, https://www.bertelsmann-stiftung.de/fileadmin/files/user_upload/Ukraines_Role_in_Global_Food_Supply.pdf.



Vor Kriegsbeginn erfolgte der Getreideexport vor allem über die Seehäfen Mykolajiw, Pivdenny (Juschne), Odessa und Chormomorks (Tschornomorsk):⁷⁹



Derzeit (September 2023) erfolgt der Export über Chormomorks (Tschornomorsk) als temporärem Korridor.⁸⁰ Die im vergangenen Jahr unter Vermittlung der Vereinten Nationen und der Türkei getroffene Vereinbarung über einen sicheren humanitären Seekorridor im Schwarzen Meer, über

79 <https://www.capital.de/wirtschaft-politik/angriff-auf-die-ukraine--die-rohstoffversorgung-europas-ist-bedroht-31654072.html>.

80 <https://www.deutschlandfunk.de/getreide-frachter-verlaesst-ukrainischen-hafen-am-schwarzen-meer-100.html>.

den Getreideschiffe aus den drei Seehäfen Chormomorks (Tschornomorsk), Odessa und Pivdenny (Juschne) auslaufen konnten, kündigte Russland im Juli 2023 auf.⁸¹ Die GTAI befürchtete im August 2023, dass Russland bestrebt sei, die Ukraine dauerhaft als Getreidelieferanten auszuschalten.⁸²

Inwieweit Russland die Nahrungsmittelversorgung, z.B. bei Getreide, kontrolliert – abgesehen von der bereits erwähnten Seeblockade, der Verminung von Ackerland, der Zerstörung der Infrastruktur usw. – ist aus offenen Quellen nicht ersichtlich. Offensichtlich ist, dass der Bruch des Kachowka-Staudamms große Folgeschäden für die Landwirtschaft verursacht,⁸³ es sich bei den besetzten Gebieten um Schwarzerdegebiete handelt und dass der Handel mit den Agrarprodukten stark eingeschränkt ist.

9. Knappheit und Verwendung

9.1. Kritische und strategische Rohstoffe

Die EU überprüft und benennt alle drei Jahre wirtschaftlich wichtige Rohstoffe mit hohem Versorgungsrisiko, die für die Ziele der EU in den Bereichen erneuerbare Energien, Digitalisierung, Raumfahrt und Verteidigung von besonderer Bedeutung sind. Der aktuelle Verordnungsvorschlag zur Gewährleistung einer sicheren und nachhaltigen Versorgung mit kritischen Rohstoffen vom März 2023 enthält eine Liste der strategischen Rohstoffe und eine Liste der kritischen Rohstoffe.⁸⁴ In der neuesten Version vom März 2023 ist die Liste länger geworden und benennt **34 Rohstoffe** als **kritisch**. Kritisch sind Rohstoffe, „die für die EU-Wirtschaft wichtig sind und bei deren Versorgung ein hohes Versorgungsrisiko besteht.“⁸⁵

Von diesen bezeichnet der Rat der Europäischen Union („Ministerrat“) 17 als **strategische Rohstoffe**. Der Begriff „strategische Rohstoffe“ bedeutet, dass ihre Verfügbarkeit vor allem für die Schlüsselindustrien von besonderer Bedeutung ist, deren Bedarf sehr stark wachsen dürfte.⁸⁶

81 <https://www.consilium.europa.eu/de/infographics/ukrainian-grain-exports-explained/>.

82 <https://www.gtai.de/de/trade/ukraine/branchen/russland-will-ukraine-dauerhaft-als-getreidelieferant-ausschalten-1022514>.

83 <https://www.gtai.de/de/trade/ukraine/branchen/bruch-des-kachowka-staudamms-verursacht-grosse-folgeschaeden-1015096>.

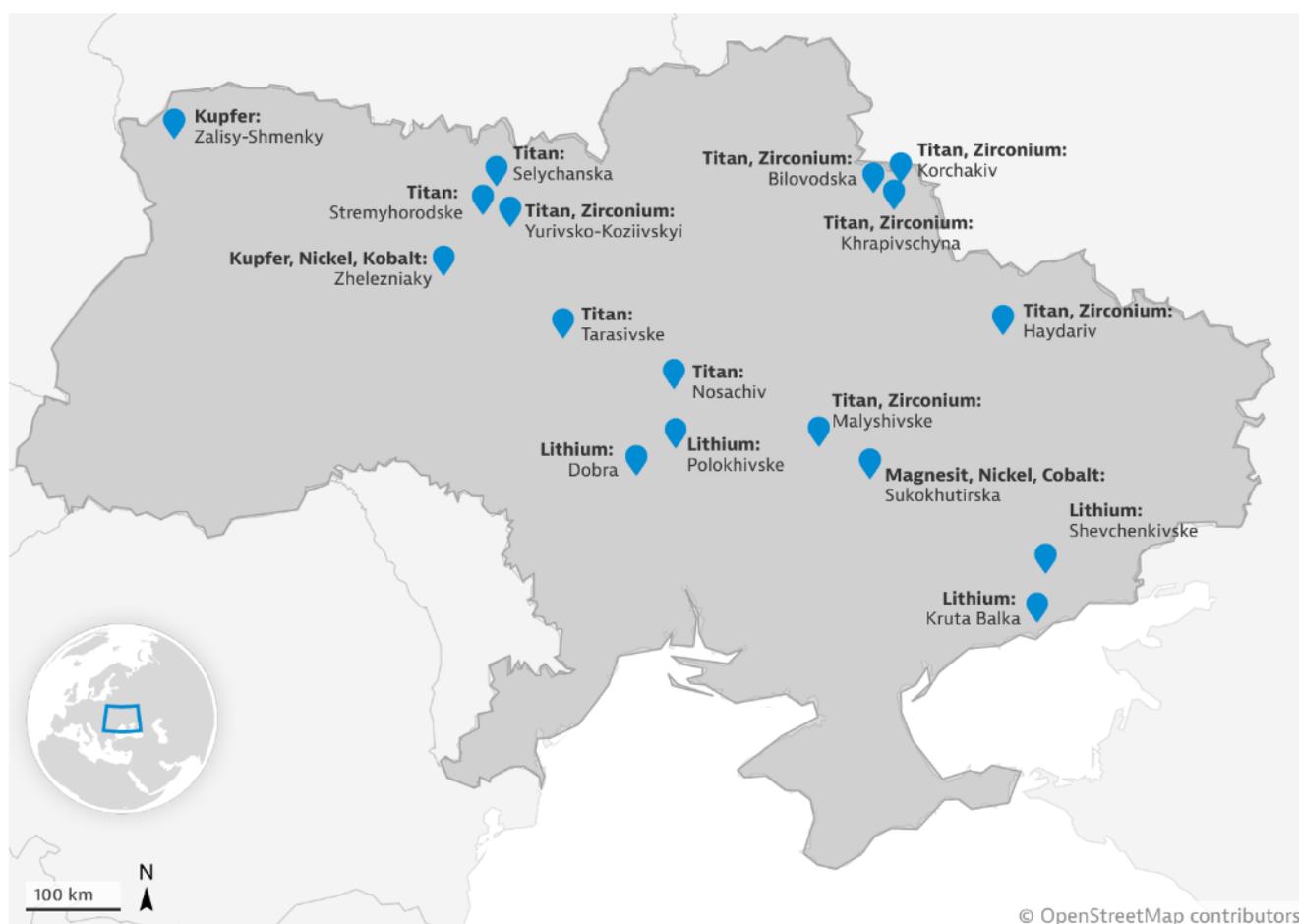
84 Vorschlag für eine Verordnung des Europäischen Parlaments und des Rates zur Schaffung eines Rahmens zur Gewährleistung einer sicheren und nachhaltigen Versorgung mit kritischen Rohstoffen und zur Änderung der Verordnungen (EU) 168/2013, (EU) 2018/858, (EU) 2018/1724 und (EU) 2019/1020, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=CELEX%3A52023PC0160>, dann nach Auswahl der Sprache weiter zu Dokument 1 und 2.

85 Vorschlag, Fn. 84, Satz 2 der Begründung.

86 Siehe Anhang unter Punkt 9.2.

Nach Angaben des ukrainischen Ministeriums für Umweltschutz und natürliche Ressourcen verfügt die Ukraine über Vorkommen von **21** der **30** von der **EU** benötigten **kritischen Rohstoffe**, darunter Lithium, Kobalt, Scandium, Graphit, Tantal und Niob.⁸⁷

In der nachfolgenden Übersicht zeigt die GTAI Lagerstätten ausgewählter für die Ukraine strategisch wichtiger Rohstoffe (Kobalt, Kupfer, Lithium, Nickel, Titan und Zirkonium). Insbesondere Lithium-, Titan- und Zirkoniumvorkommen finden sich demnach auch im Osten und im Süden des Landes.⁸⁸



Quelle: Ukraine: Investment Opportunities in Exploration & Production, Ukrainian Geological Survey, 2022

87 Ministry of Environmental Protection and Natural Resources of Ukraine (2022), Impact of Russian Aggression on raw materials security of Ukraine and Europe, <https://www.mpo.cz/assets/cz/stavebnictvi-a-suroviny/surovinova-politika/vyzvy-seminare-a-informace-ze-sveta-nerostnych-surovin/2022/9/12-Rusla-Striets-Minister-Ukraine.pdf>. Laut Bashniak et al. (2022) verfügt die Ukraine sogar über 24 der 30 kritischen Rohstoffe der EU-Liste der kritischen Rohstoffe aus dem Jahr 2020, S. 7, <https://brdo.com.ua/wp-content/uploads/2022/11/CRM-Report-2022-Ukraine.pdf>.

88 <https://www.gtai.de/de/trade/ukraine/branchen/rohstoffreichtum-der-ukraine-in-gefahr-941166>.

9.2. Technologische Schlüsselminerale

9.2.1. Wirtschaft und Militär

Folgende Metalle und Nichtmetalle sind dem NATO Energy Security Centre of Excellence (2021) zufolge Schlüsselminerale für die Wirtschaft und die militärischen Fähigkeiten der NATO-Staaten: Aluminium, Antimon, Kobalt, Lithium, Naturgraphit, Nickel, Niob, Seltenerdmetalle, Silizium und Titan.⁸⁹ Zu den Seltenerdmetallen, die im Verteidigungsbereich verwendet werden, gehören z. B. Lanthan für Nachtsichtgeräte, Neodym für Laserentfernungsmesser, Europium für Fluoreszenz- und Leuchtstoffe in Lampen und Bildschirmen, Erbium für Verstärker in der optischen Kommunikation und Samarium für hochtemperaturstabile Dauermagnete, präzisionsgesteuerte Waffen und Tarnkappentechnologie.⁹⁰

Defense Uses of Rare Earth Elements	
Lanthanum	night-vision goggles
Neodymium	laser range-finders, guidance systems, communications
Europium	fluorescents and phosphors in lamps and monitors
Erbium	amplifiers in fiber-optic data transmission
Samarium	permanent magnets that are stable at high temperatures
Samarium	precision-guided weapons
Samarium	"white noise" production in stealth technology

Laut Feulner (2022) gelten **Neodym-Eisen-Bor-Magnete** als die stärksten Permanentmagnete und sind in vielen militärischen Systemen enthalten, z. B. in präzisionsgelenkten Waffen, Satelliten- und Tarnkappentechnologien sowie in unbemannten Fahrzeugen und modernen Kommunikationssystemen.⁹¹

Nach Angaben der Deutschen Rohstoffagentur (2022) werden **Seltenerdmetalle** heute fast ausschließlich in Hochtechnologiebereichen eingesetzt. Hauptanwendungsbereich seien die zuvor erwähnten Permanentmagnete, Metalllegierungen (NiMH-Batterien), Katalysatoren und Polituren. Die einzelnen Seltenerdmetalle würden dabei für ganz verschiedene Anwendungen genutzt. Ihre Nachfrage werde zunehmen, aber nicht für alle Anwendungen gleichermaßen. Hohe Wachstumsraten würden vor allem bei Magneten (für die vor allem Dysprosium, Neodym, Praseodym

89 NATO Energy Security Centre of Excellence (2021), Strategic Analysis on the Key Minerals Markets in the Framework of the Hybridization of the Fighting Aircraft, Vehicle and Warship Powertrain, <https://www.ensec-coe.org/data/public/uploads/2021/06/nato-ensec-coe-strategic-analysis-on-the-key-minerals-markets.pdf>.

90 <https://geology.com/articles/rare-earth-elements/>.

91 <https://researchanalyst.com/de/report/defense-metals-die-abhaengigkeit-der-ruestungsindustrie>.

und Terbium verwendet werden), aber auch Batterien (Cer, Lanthan) erwartet. Hingegen sei der Einsatz in Leuchtmitteln (z. B. Europium) rückläufig.⁹²

Das „Arbeitspapier Sicherheitspolitik“ aus dem Jahr 2019 weist auf die Bedeutung **Seltenerdmetalle** hin, die aufgrund ihrer physikalischen und chemischen Eigenschaften in zahlreichen Technologien benötigt würden. Für die (Zukunfts-)Technologien der Energiewende, wie z. B. voll-elektrische Autos, Batterien und „vernetzte Industrie 4.0“-Anwendungen seien sie zusammen mit einer Reihe weiterer Rohstoffe wie Kobalt oder Lithium die elementare Grundlage. Da all diese zivilen Technologien auch im Militärbereich verwendet würden, hätten sie eine strategische Bedeutung für die Funktionsfähigkeit moderner und zunehmend vernetzter Hochtechnologie-Armeen.⁹³

Laut Liventseva (September 2022) ist **Beryllium** ein Schlüsselmetall des Weltraumzeitalters und der Hochtechnologie.⁹⁴ Als eines der leichtesten Metalle mit geeigneten physikalischen, mechanischen und thermischen Eigenschaften werde Beryllium in der Elektronik-, Luft- und Raumfahrt- sowie Militärindustrie verwendet.

Laut Hong et al. (2022) dienen die drei **Edelgase** Neon-, Xenon- und Krypton der Herstellung von Halbleitern, die auch in experimentellen Hochleistungslaserwaffen, Raketen und Satelliten Verwendung finden.⁹⁵

9.2.2. Energiewende

In ihrer Analyse „Exploration and mining perspectives of the critical elements for green technologies in Ukraine“ identifizieren Mykhailov et al. (2022) ukrainische Bodenschätze, die für die Energiewende in Europa von entscheidender Bedeutung sind. Die Autoren kommen zu folgendem Ergebnis:

„(1) **Eisen, Mangan und Graphit** – große Vorkommen, die in der Ukraine seit langem abgebaut werden und nahezu unbegrenzte Ressourcen/Perspektiven für eine weitere Förderung haben.“

92 S. 5, https://www.deutsche-rohstoffagentur.de/DERA/DE/Downloads/m-seltene-erden.pdf?_blob=publication-File&v=2#:~:text=Unter%20dem%20Begriff%20Seltene%20Erden,chemisch%20%C3%A4hnlichen%20Elements%20Yttrium%20zusammengefasst. Siehe auch: Wissenschaftliche Dienste, Abhängigkeit deutscher Unternehmen von Rohstoffimporten, WD 5 - 3000 - 110/22, <https://www.bundestag.de/re-source/blob/886424/16cb4318a6eaf7b2e5d2221d85e81927/WD-5-003-22-pdf-data.pdf>; Wissenschaftliche Dienste, Seltene Erden als wichtige Ressource, WD 5 - 3000 - 003/2, <https://www.bundestag.de/re-source/blob/922148/cb88309a1d91a8292826377880eab81b/WD-5-110-22-pdf-data.pdf>.

93 Arbeitspapier Sicherheitspolitik Nr. 13/2019, Unter dem Radar, Die strategische Bedeutung Seltener Erden für die wirtschaftliche und militärische Sicherheit des Westens, https://www.baks.bund.de/sites/baks010/files/arbeitspapier_sicherheitspolitik_2019_13.pdf.

94 <https://www.icog.es/TyT/index.php/2022/09/beryllium-mineralization-in-ukraine/>.

95 Hong, Per K.; Peterson, Erik; Kapoor, Bharat; DeLong, Drew (2022), More Trouble for Semiconductor Supply, 10. Mai 2022, <https://sloanreview.mit.edu/article/russias-invasion-spells-more-trouble-for-semiconductor-supply/>.

(2) **Lithium** und **Seltene Erden (REEs)** – Lagerstätten, die größtenteils erkundet sind und über beträchtliche Reserven verfügen; diese Lagerstätten werden noch nicht ausgebeutet, können aber in die kommerzielle Produktion überführt werden, sofern eine angemessene geologische und wirtschaftliche Bewertung vorgenommen wird.

(3) **Kobalt** und **Nickel** – Lagerstätten, die entdeckt wurden, deren Reserven jedoch eher gering sind und bei denen einige technologische Probleme bei der Erzaufbereitung bestehen; diese Lagerstätten können nur erschlossen werden, wenn ihre wirtschaftliche Durchführbarkeit durch eine objektive ökologisch-geologische Bewertung bestätigt wird.

(4) **Aluminium** und **Blei** – kleine Lagerstätten und Vorkommen, die zwar bekannt sind, deren Reserven und Erzgehalte jedoch eher gering sind; daher ist ihre Ausbeutung zweifelhaft und die Möglichkeiten für eine kommerzielle Produktion sind nicht klar.⁹⁶

Für die erneuerbaren Energien werden nach Angaben des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz folgende mineralische Rohstoffe benötigt:

- Gallium, Indium, Cadmium, Selen, Silizium und Tellur werden in Photovoltaikanlagen eingesetzt.
- Für Windkraftanlagen werden neben Stahl die Seltenerdmetalle Dysprosium, Neodym, Praseodym benötigt sowie Zink, Kupfer und Aluminium.⁹⁷

Die aktuelle Studie „Souveränität Deutschlands sichern. Resiliente Lieferketten für die Transformation zur Klimaneutralität 2045“ von Prognos, dem Öko-Institut und dem Wuppertal-Institut (2023) ermittelt sieben Rohstoffe, die für die Schlüsseltechnologien zur Klimaneutralität bedeutend sind: „Es handelt sich um: **Graphit, Iridium, Kobalt, Lithium, Mangan, Nickel**, sowie Leichte und Schwere **Seltene Erden**.“⁹⁸

96 Mykhailov, Volodymyr; Hrinchenko, Oleksandr V.; Malyuk, Boris I. (2022), Exploration and mining perspectives of the critical elements for green technologies in Ukraine, https://www.researchgate.net/publication/359538385_Exploration_and_mining_perspectives_of_the_critical_elements_for_green_technologies_in_Ukraine.

97 Vgl. <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Dossier/rohstoffe-und-ressourcen.html>; <https://www.bmwk-energie-wende.de/EWD/Redaktion/Newsletter/2023/07/Meldung/news3.html>.

98 Souveränität Deutschlands sichern, Resiliente Lieferketten für die Transformation zur Klimaneutralität 2045, https://www.stiftung-klima.de/app/uploads/2023/09/Stiftung_Klimaneutralitaet_2023-Resiliente-Lieferketten_Kurzfassung-1.pdf; Langfassung; https://www.stiftung-klima.de/app/uploads/2023/09/Stiftung_Klimaneutralitaet_2023-Resiliente-Lieferketten_Langfassung-1.pdf.

10. Weniger Rohstoffe: ökonomische Situation der Ukraine

10.1. Überblick

Der Weltbank (April 2023) zufolge bleiben die wirtschaftlichen Aussichten der Ukraine höchst **unsicher** und hängen von der Dauer des **Krieges** ab.⁹⁹ Der European Parliamentary Research Service hat im September 2023 vier Szenarien entworfen, die auf Annahmen über den Ausgang des Krieges und die europäische Annäherung der Ukraine beruhen. Jedes einzelne Szenario wird die ökonomische Situation der Ukraine anders beeinflussen.¹⁰⁰

„1. **Angemessene Stabilität** geht davon aus, dass die Ukraine ihr gesamtes Territorium zurückerhält und der EU und der NATO beitrifft, während ein neues kooperatives russisches Regime ein Friedensabkommen unterzeichnet.

2. **Kalter Krieg II** geht davon aus, dass die Front ohne Einigung zwischen den Parteien stecken bleibt, was zu einer bipolaren Welt und einer teilweisen Integration der Ukraine in die EU und die NATO führt.

3. Der **eingefrorene Konflikt** geht davon aus, dass die Parteien nach dem Festfahren der Front Kompromisse aushandeln würden, was zu ukrainischer Neutralität und einem stagnierenden EU-Beitrittsprozess führen würde.

4. **Zerstörtes Europa** geht davon aus, dass Russland den Krieg eskalieren würde, was zu einer Beteiligung der NATO an dem Krieg und einer stärkeren und erweiterten NATO, aber einer uneinigen, schwachen EU führen würde. [...]

Fair Stability Low hazard, high EU-Ukraine integration	Cold War II High hazard, high EU-Ukraine integration
Frozen Conflict Low hazard, low EU-Ukraine integration	Devastated Europe High hazard, low EU-Ukraine integration

[...].“

Laut Blum et al. (2023) sind die derzeit von Russland **besetzten Gebiete** der Ukraine weit mehr als irgendein Prozentsatz der Landesfläche: Sie sind integraler Bestandteil der Ukraine und unersetzbare **Basis** für den industriellen und wirtschaftlichen Wiederaufbau des Landes nach dem Krieg.¹⁰¹

99 <https://thedocs.worldbank.org/en/doc/d5f32ef28464d01f195827b7e020a3e8-0500022021/related/mpo-ukr.pdf>.

100 European Parliamentary Research Service (2023), EU-Ukraine 2035, Strategic foresight analysis on the future of the EU and Ukraine, S. I, [https://www.europarl.europa.eu/Reg-Data/etudes/STUD/2023/747454/EPRS_STU\(2023\)747454_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/Reg-Data/etudes/STUD/2023/747454/EPRS_STU(2023)747454_EN.pdf).

101 Blum et al. (2023), Die Rohstoffe der Ukraine und ihre strategische Bedeutung – eine geopolitische Analyse, 20. April 2023.

Nach Ansicht von Faiola/Bennett erfordert voraussichtlich jede Wiederaufbauanstrengung mit umfangreichen ausländischen Investitionen auch ein wirkliches **Ende** der **Kämpfe**. Die Ukraine habe nicht nur einen Großteil ihres Territoriums und ihrer Ressourcen verloren, sondern sei auch ständig neuen russischen Angriff ausgesetzt, wird Jacob Kirkegaard zitiert (Fellow am Peterson Institute for International Economics in Washington). Niemand bei „klarem Verstand“ und kein Privatunternehmen investiere in der restlichen Ukraine, wenn der Konflikt eingefroren würde.¹⁰²

Nach Angaben von GTAI ist die Ukraine nun bei einigen Rohstoffen, wie z. B. Kohle, auf **Importe** angewiesen. Da Russland die Seehäfen am Schwarzen Meer blockiere, verursachten die Transporte aus dem Ausland hohe Kosten. Zudem hielten sich Investoren mit der Erschließung neuer Lagerstätten zurück, solange der russische Beschuss andauere. Bis Sommer 2022 hätte die Hälfte der ukrainischen Rohstoffförderer ihre Arbeit eingestellt. Kiew setze allerdings perspektivisch weiter auf den Rohstoffreichtum des Landes.¹⁰³

10.2. Erschließung neuer Lagerstätten

Auch der Generaldirektor des Geologischen Dienstes der Ukraine äußerte in einer Veranstaltung der ZPP, die ukrainische Regierung setze weiterhin auf **ausländische Investoren**. Es könnten Lizenzen und Konzessionen für die Exploration und Produktion wichtiger Minerale erworben werden. Es seien z. B. 1.200 Lagerstätten von Seltenen Erden identifiziert und konzeptionelle Karten erstellt worden. Es gebe Standorte, an denen bereits Operationen durchgeführt werden könnten.¹⁰⁴

Der „Staatliche Dienst für Geologie und Bodenschätze der Ukraine“¹⁰⁵ unterhält ein Register in englischer Sprache für Lizenzauktionen kritischer Rohstoffe („Critical Raw Materials“).¹⁰⁶ Das **Register der kritischen Rohstoffe** gibt u. a. Auskunft über die Lizenz, die Art des Minerals, das Schürfgebiet und die Größe des Gebietes z. B. für Lithium, Tantal und Titanium, wie folgender Auszug verdeutlicht:¹⁰⁷

102 Faiola, Anthony; Bennett, Dalton (2022), In the Ukraine war, a battle for the nation's mineral and energy wealth, 10. August 2022, <https://www.washingtonpost.com/world/2022/08/10/ukraine-russia-energy-mineral-wealth/>; <https://www.washingtonpost.com/world/2022/08/10/ukraine-russia-energy-mineral-wealth/>.

103 <https://www.gtai.de/de/trade/ukraine/branchen/rohstoffreichtum-der-ukraine-in-gefahr-941166>.

104 <https://zpp.net.pl/wp-content/uploads/2023/07/17.07.2023-Memorandum-ZPP-Ukraines-Resource-Policy-Strategic-Resources-and-Rare-Earth-Metals.pdf>.

105 <https://www.geo.gov.ua/>.

106 <https://www.geo.gov.ua/en/critical-raw-materials/>.

107 <https://www.geo.gov.ua/en/critical-raw-materials/>.

Name of license	Kind of available minerals	Type of license	Location	Plot area	Initial cost of the lot	Status
SHEVCHENKIVSKE	Lithium ores; Concomitant minerals: tantalum ores, niobium ores, beryllium ores, quartz, feldspar, muscovite	Production	Donetsk region	39.84 ha		Open for nomination
KRUTA BALKA	Tantalum ores, niobium ores, lithium ores, rubidium ores, cesium-containing ores; Concomitant minerals: feldspar, quartz, muscovite, granodiorite, vein quartz, amphibolite	Exploration & development	Zaporizhzhia region	146.69 ha		Open for nomination
DOBRA	Lithium ores; Concomitant minerals: tantalum ores, niobium ores, beryllium ores, rubidium ores, tin ores, cesium ores	Exploration & extraction	Kirovograd region	1706.9 ha		Prepared for e-auction
MALYSHEVSKE (North-Western - 2)	Titanium ores, zirconium ores; Concomitant minerals: kyanite, sillimanite, staurolite	Exploration & development	Dnipropetrovsk region, Kirovograd region	3309.8 ha		Open for nomination
PIDLISNA	Titanium ores, zircon	Production	Zhytomyr region	571.35 ha		Prepared for e-auction

Weitere Register in ukrainischer Sprache zu folgenden Rohstoffen sind ebenfalls beim „State Service on Geology and Mineral Resources of Ukraine“ abrufbar:

- Kohlenwasserstoffe, <https://www.geo.gov.ua/investytsiynyy-atlas-nadrokorystuvacha/vuglevodneva-syrovyna/>.
- Metallische Minerale, <https://www.geo.gov.ua/investytsiynyy-atlas-nadrokorystuvacha/metalychni-korysni-kopalyny/>.
- Nichtmetallische Minerale, <https://www.geo.gov.ua/investytsiynyy-atlas-nadrokorystuvacha/nemetalichni-korysni-kopalyny/>.
- Fossile Brennstoffe, <https://www.geo.gov.ua/investytsiynyy-atlas-nadrokorystuvacha/gyryuchi-tverdi-korysni-kopalyny/>.

10.3. Wiederaufbau der Ukraine

Bereits jetzt gibt es viele **Initiativen** zum Wiederaufbau der Ukraine, wie z. B. Projekte der Weltbank,¹⁰⁸ Überlegungen zur Finanzierung eines erfolgreichen Wiederaufbaus durch die EU,¹⁰⁹ Vorschläge des „Ost-Ausschusses der Deutschen Wirtschaft“ zum Wiederaufbau und zur Modernisierung.¹¹⁰ Die internationale Konferenz „Europe – Poland – Ukraine. Rebuild Together 2023“ tagte im Juli 2023 in Warschau.¹¹¹ Das „Center for Strategic & International Studies“ (CSIS) hat eine Kommission für den wirtschaftlichen Wiederaufbau der Ukraine gegründet.¹¹²

Laut Cramon-Taubadel/Nivievskyi ist auch die **Landwirtschaft** der Ukraine angesichts ihrer nationalen und globalen Bedeutung ein Schlüsselsektor beim Wiederaufbau nach dem Krieg. Im September 2022 seien die gesamten Kriegsschäden und -verluste für die ukrainische Landwirtschaft auf 40,9 Milliarden US-Dollar geschätzt worden. Die Regenerierung der ukrainischen Landwirtschaft werden nach Schätzungen des ukrainischen „KSE-Agrocenter“ (2023) mindestens 23,5 Milliarden US-Dollar kosten. Zu den wichtigsten Prioritäten gehörten die Minenräumung und Rekultivierung landwirtschaftlicher Flächen, der Wiederaufbau von landwirtschaftlichen und lokalen Lagereinrichtungen sowie die Reparatur der Exportinfrastruktur.¹¹³

10.4. Anteil am BIP: Dienstleistungen, Industrie und Landwirtschaft

Die folgende Grafik gibt Auskunft über die Anteile der drei Wirtschaftssektoren Landwirtschaft, Industrie und Dienstleistungen am Bruttoinlandsprodukt der Ukraine in den Jahren 2012 bis 2022. In all den Jahren trägt der **Dienstleistungssektor** den größten Anteil zum BIP bei, gefolgt von der Industrie und der Landwirtschaft:¹¹⁴

108 https://projects.worldbank.org/en/projects-operations/projects-summary?lang=en&countrycode_exact=UA.

109 Finanzierung des Wiederaufbaus der Ukraine: Folgen für den EU-Haushalt und die Haushaltskontrolle sowie Grundsätze für den Erfolg, [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/IDAN/2023/749804/EPRS_IDA\(2023\)749804_DE.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/IDAN/2023/749804/EPRS_IDA(2023)749804_DE.pdf); Nam, Chang Woon (2023), Introduction to the Issue on How to Reconstruct Ukraine? Challenges, Plans and the Role of the EU, <https://www.cesifo.org/de/publikationen/2023/aufsatz-zeitschrift/introduction-issue-how-reconstruct-ukraine-challenges-plans>; Åslund, Anders (2023), How to Reconstruct Ukraine, <https://www.cesifo.org/de/publikationen/2023/aufsatz-zeitschrift/how-reconstruct-ukraine>.

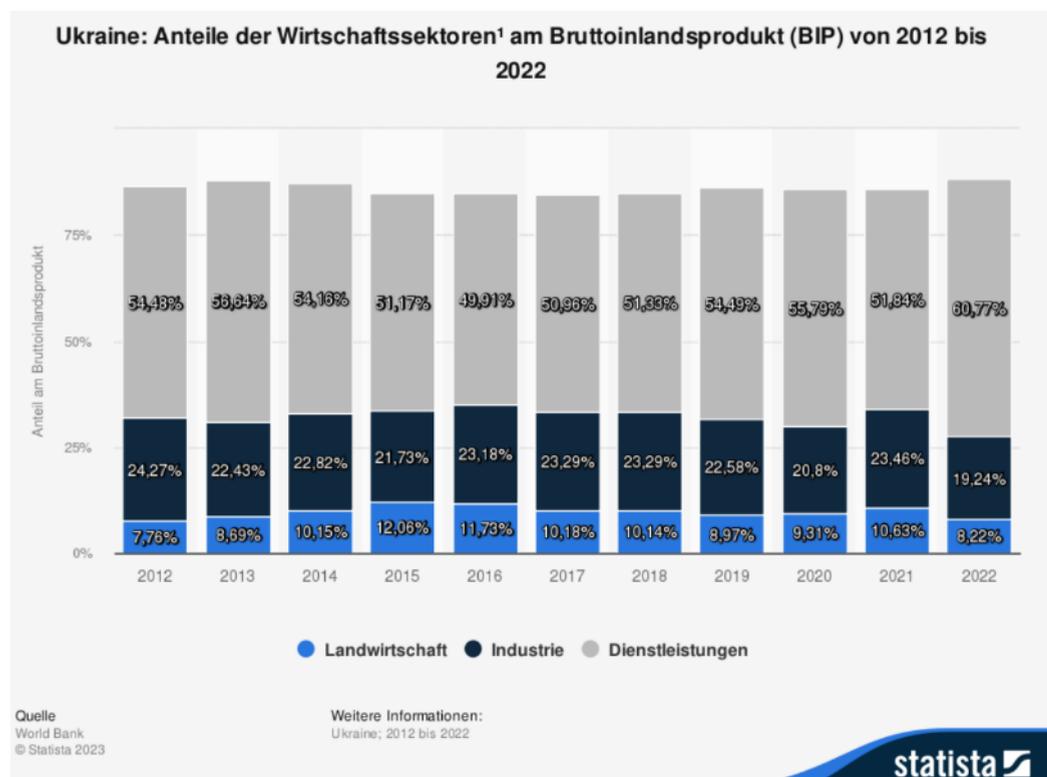
110 Rebuild Ukraine, Proposals of the German business community for the reconstruction and modernization of the Ukrainian economy, August/September 2022, https://www.ost-ausschuss.de/sites/default/files/2023-01/Dossier%20Ukraine_Dossier%20Recovery%20Ukraine.pdf.

111 <https://zpp.net.pl/en/events/event/28299/>.

112 <https://www.csis.org/news/isis-launches-new-ukraine-economic-reconstruction-commission>.

113 Cramon-Taubadel, Stephan von; Nivievskyi, Oleg (2023), Rebuilding Ukraine – the Agricultural Perspective, CESifo, 2023, <https://www.cesifo.org/de/publikationen/2023/aufsatz-zeitschrift/rebuilding-ukraine-agricultural-perspective>.

114 <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/314484/umfrage/anteile-der-wirtschaftssektoren-am-bruttoinlandsprodukt-bip-der-ukraine/>.



Einer ukrainischen Wirtschaftskanzlei zufolge zählten zu „den **stärksten Industrieregionen** der Ukraine [...] in den letzten Jahren (Daten für 2016): Dnipro (18,3%), Donetsk (11,8%), Stadt Kyiv (8,3%), Saporischschja (8,1%), Poltawa (7,1%) und Charkiw (7,4%).“¹¹⁵

Einem Medienbericht zufolge gehen Wirtschaftsexperten

„zwar davon aus, dass die Ukraine die langfristigen **Auswirkungen** des Krieges **abmildern** kann, selbst wenn sie große Teile ihres Territoriums abtreten würde. Dafür müssten der Technologie- und Dienstleistungssektoren vollumfänglich einbezogen und die alternativen Energien ausgebaut werden. Jedoch wären die Herausforderungen immens.

Die dann durch Russland besetzten Gebiete würden ein Einfrieren des Krieges bedeuten. Ausländische Investoren dürfte die Gefahr erneuter russischer Angriffe weiterhin abschrecken. Zudem wäre das Land von einem Großteil seiner **Energieversorgungskapazitäten** abgeschnitten.

89 % der teuer und intensiv ausgebauten **Windkraft** im Osten des Landes ist bereits in russischer Hand. Ebenso die riesigen Kohlevorkommen. Die Besitznahme, Beschädigung oder Zerstörung wichtiger Infrastruktur im Osten wirkt sich auf die Kernindustrie wie die Stahlindustrie der Ukraine aus. Zwei große Fabriken wurden bereits zerstört. Das Azovstahlwerk in Mariupol steht sinnbildlich für den Krieg um Rohstoffe, den Putin in der Ukraine führt.

Verlieren die Ukrainer den Kampf um die wirtschaftlich wichtigsten Teile ihres Landes, verlieren sie dauerhaft den Zugang zu fast zwei Dritteln ihrer Vorkommen. Die Verluste von **Rohstoffen, Häfen** und Investitionen zeigen schon heute Auswirkungen. Ohne Exporte fehlt dem Land Geld. Ohne Rohstoffe kommt die heimische Industrie zum Stillstand. Ohne Kohle und Gas gibt es keinen Strom, und die Heizungen bleiben kalt.

Kann Putin die Gebiete halten, stärkt das Russlands Position auf dem Rohstoff- und Lebensmittelmarkt der Welt weiter. Mit ‚nur‘ einem Fünftel besetztem Gebiet kann er die Ukraine wirtschaftlich ausbluten lassen. Eine Pattsituation wäre für ihn wie ein Sieg.“¹¹⁶

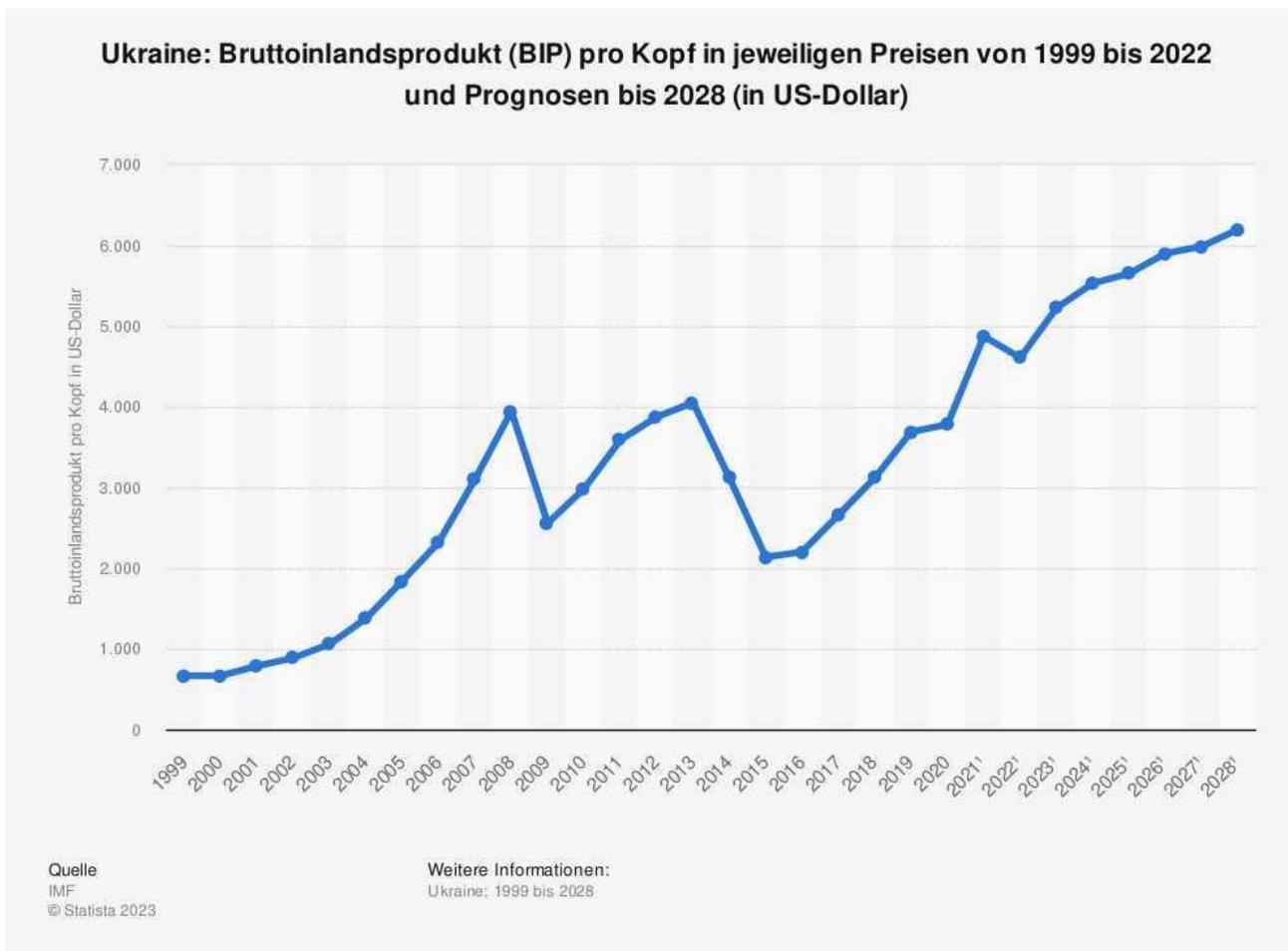
10.5. Prognosen

Der IWF prognostiziert mit Stand Oktober 2023 ein Wirtschaftswachstum der Ukraine im Jahr 2023 von 2 % und für das Jahr 2024 von 3,2 %.¹¹⁷ Die Prognose des IWF für das Wirtschaftswachstum bis 2028 stellt sich wie folgt dar:¹¹⁸

116 https://www.focus.de/finanzen/krieg-um-rohstoffe-mit-annexionen-reisst-sich-putin-die-schatztruhe-der-ukraine-unter-den-nagel_id_156496237.html (mit leichten Rechtschreibkorrekturen durch die Verf.).

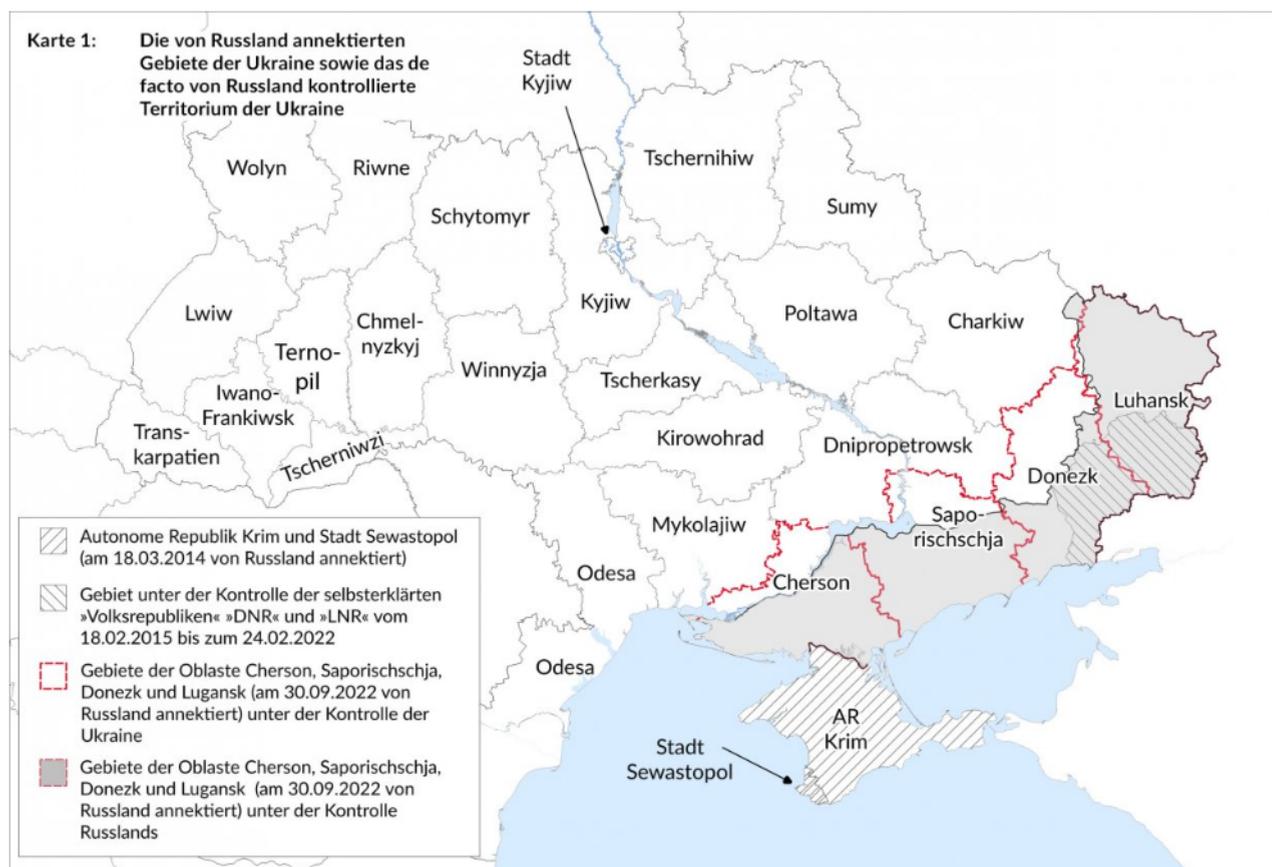
117 IWF (2023), World Economic Outlook Projections, <https://www.imf.org/en/Publications/WEO/Issues/2023/10/10/world-economic-outlook-october-2023>.

118 <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/232390/umfrage/bruttoinlandsprodukt-bip-in-der-ukraine/>.



11. Anhang

11.1. Lage einzelner Oblaste (Regionen)



Die Karte mit Stand vom 22.03.2023 basiert auf öffentlich zugänglichen Daten von liveuamap (<https://liveuamap.com/>). Die Daten sind frei verfügbar unter <https://github.com/conflict-investigations>. Auf Grundlage der Daten erstellt die NZZ eine interaktive Karte mit dem Frontverlauf, die täglich aktualisiert wird und abrufbar ist unter <https://www.nzz.ch/english/ukraine-war-interactive-map-of-the-current-front-line-ld.1688087>.

Quelle: BPB¹¹⁹

119 Stand vom 22. März 2023, <https://www.bpb.de/themen/europa/ukraine-analysen/nr-282/519763/karte-besetzte-gebiete/>; der aktuelle Frontverlauf findet sich auf dieser Netzseite der NZZ: <https://www.nzz.ch/english/ukraine-war-interactive-map-of-the-current-front-line-ld.1688087>.



Quelle: Kooperation International¹²⁰

120 <https://www.kooperation-international.de/laender/europa/ukraine/allgemeine-landesinformationen>.

11.2. Kritische und strategische Rohstoffe der EU

Die folgende Grafik enthält 34 kritische Rohstoffe der EU (2023). Die strategischen Rohstoffe sind gelb markiert und in der folgenden Liste gefettet:¹²¹ „[...]“



1. **Aluminium/Bauxit/Aluminiumoxid**
2. Kokskohle
3. **Lithium**
4. Phosphor

121 <https://www.consilium.europa.eu/de/infographics/critical-raw-materials/> (Reiter „Textfassung“ unter der Grafik); siehe auch U.S. Department of Energy (2023), Critical Materials Assessment, Mai 2023, <https://www.energy.gov/sites/default/files/2023-05/2023-critical-materials-assessment.pdf>.

-
5. Antimon
 6. Feldspat
 7. **Leichte Seltene Erden (Neodym, Praseodym, Terbium, Samarium und Cer)**^[122]
 8. Scandium
 9. Arsen
 10. Fluorapatit
 11. Magnesium^[123]
 12. **Siliziummetall**
 13. Baryt
 14. **Gallium**
 15. **Mangan**
 16. Strontium
 17. Beryllium
 18. **Germanium**
 19. **Natürlicher Grafit**
 20. Tantal
 21. **Bismut**
 22. Hafnium
 23. Niob
 24. **Titanmetall**
 25. **Bor**
 26. Helium
 27. **Metalle der Platingruppe**^[124]
 28. **Wolfram**

-
- 122 Von den leichten Seltenen Erden werden die Elemente in Klammern als strategisch wichtig erachtet. Sowohl die leichten als auch die schweren Seltenen Erden werden wegen ihrer Bedeutung für Magnete als kritisch eingestuft.
- 123 Im Verordnungsentwurf steht Magnesiummetall in der Liste der strategischen Rohstoffe: https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:903d35cc-c4a2-11ed-a05c-01aa75ed71a1.0003.02/DOC_2&format=PDF.
- 124 „Platin (Pt), Palladium (Pd) und Rhodium (Rh) gehören neben Ruthenium (Ru), Osmium (Os) und Iridium (Ir) zu den Platingruppenmetallen. Die drei erst genannten werden vorrangig für die Herstellung von Autoabgaskatalysatoren und Industriekatalysatoren eingesetzt. Darüber hinaus werden große Mengen Platin in der Schmuckindustrie eingesetzt. Für Palladium stellt die Elektrotechnik einen weiteren wichtigen Anwendungsbereich dar.“, https://www.bgr.bund.de/DERA/DE/Aktuelles/rohstoff_platingruppenmetalle.html.

29. Kobalt**30. Schwere Seltene Erden (Dysprosium und Gadolinium)^[125]**

31. Phosphorit

32. Vanadium

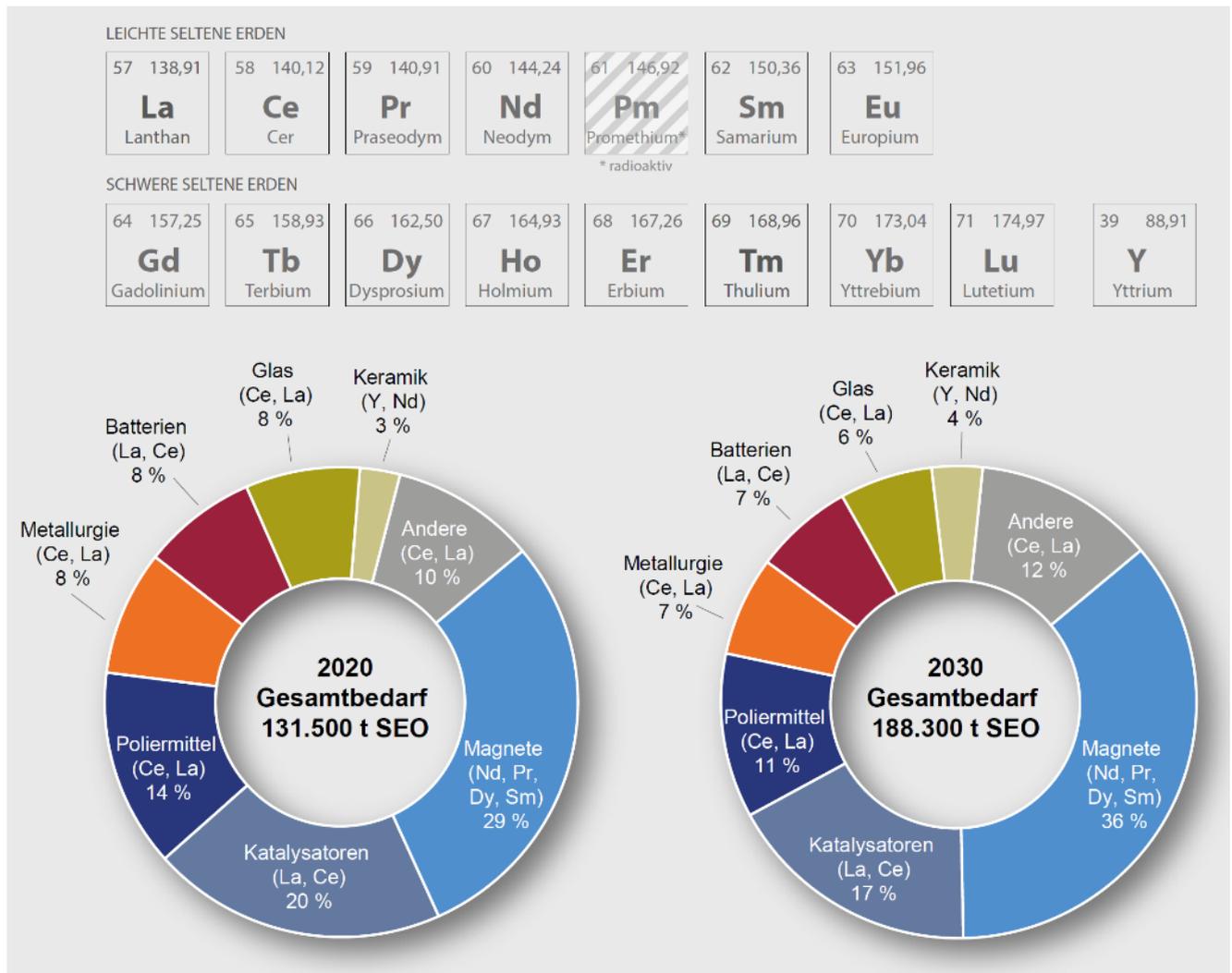
33. Kupfer34. **Nickel** [...].“**11.3. Leichte und schwere Seltene Erden**

Da Seltene Erden nicht eindeutig definiert sind, finden sich z.B. im Abschlussbericht der „Study on the Critical Raw Materials for the EU 2023“ unter den schweren Seltenen Erden (Heavy Rare Earths Elements – HREE) Dysprosium, Erbium, Europium, Gadolinium, Holmium, Lutetium, Terbium, Thulium, Ytterbium und Yttrium und unter den leichten Seltenen Erden (Light Rare Earths Elements – LREE) Cer, Lanthan, Neodym, Praseodym und Samarium sowie zusätzlich Scandium.¹²⁶ Die Darstellung der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) hingegen führt z.B. Scandium nicht auf, aber zählt Europium und das radioaktive Element Promethium zu den LREE:¹²⁷

125 Von den schweren Seltenen Erden werden die Elemente in Klammern als strategisch wichtig erachtet.

126 Study on the Critical Raw Materials for the EU 2023 Final Report, 16. März 2023, https://single-market-economy.ec.europa.eu/publications/study-critical-raw-materials-eu-2023-final-report_en, dann weiter zum Download.

127 BGR, Seltene Erden, S. 3, https://www.bgr.bund.de/DE/Gemeinsames/Produkte/Downloads/Informationen_Nachhaltigkeit/seltene_erden.pdf;jsessionid=55172AF0642993510D002F8B95D8AE06.inter-net942?_blob=publicationFile&v=4.



11.4. Tabelle wichtiger Rohstoffe und deren Verwendung

Die Tabelle zeigt anhand 25 ausgewählter Rohstoffe, wie diese in verschiedenen Technologien zum Einsatz kommen:¹²⁸

128 Critical Raw Materials for Strategic Technologies and Sectors in the EU, A Foresight Study, 2020, S. 17, [https://rmis.jrc.ec.europa.eu/uploads/CRMs for Strategic Technologies and Sectors in the EU 2020.pdf](https://rmis.jrc.ec.europa.eu/uploads/CRMs%20for%20Strategic%20Technologies%20and%20Sectors%20in%20the%20EU%202020.pdf).

Supply Risk	Material									
●	LREEs	●	●	●	●	●	●	●	●	●
●	HREEs	●	●	●	●	●	●	●	●	●
●	Magnesium	●	●	●	●	●	●	●	●	●
●	Niobium	●	●	●	●	●	●	●	●	●
●	Germanium	●	●	●	●	●	●	●	●	●
●	Borates	●	●	●	●	●	●	●	●	●
●	Scandium	●	●	●	●	●	●	●	●	●
●	Strontium	●	●	●	●	●	●	●	●	●
●	Cobalt	●	●	●	●	●	●	●	●	●
●	PGMs	●	●	●	●	●	●	●	●	●
●	Natural graphite	●	●	●	●	●	●	●	●	●
●	Indium	●	●	●	●	●	●	●	●	●
●	Vanadium	●	●	●	●	●	●	●	●	●
●	Lithium	●	●	●	●	●	●	●	●	●
●	Tungsten	●	●	●	●	●	●	●	●	●
●	Titanium	●	●	●	●	●	●	●	●	●
●	Gallium	●	●	●	●	●	●	●	●	●
●	Silicon metal	●	●	●	●	●	●	●	●	●
●	Hafnium	●	●	●	●	●	●	●	●	●
●	Manganese	●	●	●	●	●	●	●	●	●
●	Chromium	●	●	●	●	●	●	●	●	●
●	Zirconium	●	●	●	●	●	●	●	●	●
●	Silver	●	●	●	●	●	●	●	●	●
●	Tellurium	●	●	●	●	●	●	●	●	●
●	Nickel	●	●	●	●	●	●	●	●	●
●	Copper	●	●	●	●	●	●	●	●	●

Materials in red are critical raw materials. Light rare earth elements (LREEs), heavy rare earth elements (HREEs) and platinum group metals (PGMs) are groups of multiple raw materials

Legende:



Li-ion battery technology is rapidly being deployed for both e-mobility and energy storage for intermittent electricity generation. The technology is increasingly relevant for defence applications;



Fuel cells (FCs) are an important energy conversion technology, which together with hydrogen as fuel, will offer a high potential for decarbonisation of the energy system and e-mobility in the future, although large-scale deployment has not yet taken place;



Wind energy is already one of the most cost-effective renewable energy technologies for climate-change mitigation and will remain a growing sector in the EU industrial base;



Electric traction motors are central components in e-vehicles. Permanent magnet motors containing rare earth elements are particularly efficient and attractive for current and future e-mobility applications.



Photovoltaic (PV) technology together with wind energy will lead in the transformation of the global electricity sector; PV panels are also relevant for space applications;



Robotics is an emerging technology with an increasing role in future manufacturing, including defence and aerospace, as well as energy technologies and automotive applications;



Drones (Unmanned aerial vehicles or UAV) are increasingly deployed for both civil and various defence applications;



3D Printing (3DP, Additive manufacturing or AM) will rapidly reshape traditional supply chains and replace conventional manufacturing, in particular in defence and aerospace. It will lead to a significant shift in the amount and types of raw materials and processed materials consumed;



Digital technologies sustain the enormous digital sector enabling all technologies evaluated in this study.

Eine weitere Liste ausgewählter kritischer Rohstoffe (EU und USA) und deren Hauptverwendungen findet sich auf den Seiten 4 f. unter dem folgenden Link:

https://www.allianz.com/content/dam/onemarketing/azcom/Allianz_com/economic-research/publications/specials/en/2023/august/01_08_2023-Critical-Raw-Materials.pdf.

Auch bei Flach et al. (2022) „Wie abhängig ist Deutschland von Rohstoffimporten? Eine Analyse für die Produktion von Schlüsseltechnologien“, ifo Institut, München, findet sich eine Liste wichtiger Rohstoffe und deren Verwendung:

<https://www.ifo.de/publikationen/2022/monographie-autorenschaft/wie-abhaengig-ist-deutschland-von-rohstoffimporten>, S. 6 f.
