Im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK)

24. Juli 2023

Begleitforschung des Expertenkreises Transformation der Automobilwirtschaft zum Thema Resilienz der automobilen Wertschöpfungs- und Liefernetzwerke

Analyse kritischer Rohstoffe in der deutschen Automobilindustrie und mögliche Handlungsoptionen

Endbericht

© 2023 Ernst & Young GmbH Wirtschaftsprüfungsgesellschaft.

EY | Building a better working world

Mit unserer Arbeit setzen wir uns für eine besser funktionierende Welt ein. Wir helfen Kunde, Mitarbeitenden und der Gesellschaft, langfristige Werte zu schaffen und das Vertrauen in die Kapitalmärkte zu stärken

In mehr als 150 Ländern unterstützen wir unsere Kunden, verantwortungsvoll zu wachsen und den digitalen Wandel zu gestalten. Dabei setzen wir auf Diversität im Team sowie Daten und modernste Technologien in unseren Dienstleistungen.

Ob Assurance, Tax & Law, Strategy and Transactions oder Consulting: Unsere Teams stellen bessere Fragen, um neue und bessere Antworten auf die komplexen Herausforderungen unserer Zeit geben zu können.

„EY" und „wir" beziehen sich in dieser Präsentation auf alle deutschen Mitgliedsunternehmen von Ernst & Young Global Limited (EYG). Jedes EYG-Mitgliedsunternehmen ist rechtlich selbstständig und unabhängig. Ernst & Young Global Limited ist eine Gesellschaft mit beschränkter Haftung nach englischem Recht und erbringt keine Leistungen für Mandanten. Informationen darüber, wie EY personenbezogene Daten sammelt und verwendet, sowie eine Beschreibung der Rechte, die Einzelpersonen gemäß der Datenschutzgesetzgebung haben, sind über ey.com/privacy verfügbar. Weitere Informationen zu unserer Organisation finden Sie unter ey.com. In Deutschland finden Sie uns an 20 Standorten.

© 2023 Ernst & Young GmbH Wirtschaftsprüfungsgesellschaft. All Rights Reserved.

Projektleiter

Dr. Ferdinand Pavel
Director - EY
+49 30 25471 18919
ferdinand.pavel@de.ey.com

Stellvertretender Projektleiter

Hanno Kempermann
Director – IW Consult
+49 221 498 1735
kempermann@iwkoeln.de

Projektmanager

Dr. Dr. Tobias Liebing
Manager - EY
+49 30 25471 17274
tobias.liebing@de.ey.com

Projektteam

Dr. Lars Knuth
Senior Manager - EY

Cornelius Bähr
Senior Consultant – IW Consult

Maria Bernstein
Senior Consultant – EY

Dr. Thorsten Lang
Senior Consultant – IW Consult

Leopold Schenk von Stauffenberg
Praktikant - EY

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis 3
Abbildungsverzeichnis 4
Tabellenverzeichnis 5
Abkürzungsverzeichnis 6
1 Executive Summary 8
2 Kritische Rohstoffe in der deutschen Automobilwirtschaft 10
2.1 Identifikation und Bedarf kritischer Rohstoffe 10
2.1.1 Kritikalität von Rohstoffen: Definition und Operationalisierung 10
2.1.2 Identifikation kritischer Rohstoffe für die Transformation der deutschen Automobilwirtschaft 11
2.1.3 Aktueller Bedarf der kritischen Rohstoffe in der Automobilwirtschaft 13
2.2 Bezug kritischer Rohstoffe der deutschen Automobilindustrie 14
2.2.1 Förderung kritischer Rohstoffe 15
2.2.2 Weiterverarbeitung kritischer Rohstoffe 16
2.2.3 Bezugsquellen der Automobilwirtschaft 17
2.2.4 Anteilsstrukturen von Minenprojekten 17
2.2.5 Abhängigkeiten in der Lieferkette 18
2.2.6 Zulieferer und strategische Partnerschaften der Automobilhersteller 19
3 Status Quo Recycling kritischer Rohstoffe 22
3.1 Recyclingraten europäischer Länder 22
3.2 Recycling von Altfahrzeugen 23
3.3 Recycling in der Automobilwirtschaft 24
4 Analyse einer europäischen Bedarfsdeckung 26
4.1 Zukünftiger Bedarf der Automobilwirtschaft und anderer Industrien 26
4.1.1 Zukünftiger Bedarf der Automobilwirtschaft 26
4.1.2 Bedarfskonkurrenz in anderen Industrien 28
4.2 Bedarfsdeckung 30
5 Diskussion von Handlungsoptionen 36
6 Anhang 45
Literaturverzeichnis 45
6.1 Ansätze zur Bestimmung der Kritikalität von Rohstoffen 48
6.2 Methodisches Vorgehen zur Bestimmung der Zulieferer und strategischen Partnerschaften 51
6.3 Ausführliche Darstellung des in Kapitel 4.1 verwendeten Vorgehens beim Abschätzen der zukünftigen Rohstoffbedarfe der deutschen EV-Fahrzeugproduktion 52
6.4 Darstellung der Methodik zur Ermittlung der Rohstoffbedarfe weiterer automobiler Zukunftstechnologien 57
6.5 Exkurs: Aluminium in der Automobilproduktion in Deutschland 59
6.6 Kurzbeschreibung des Vorgehens und der Erkenntnisse aus Vorgängerstudie 59

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Rohstoffbedarf der deutschen Automobilindustrie im Sektor Elektromobilität 14

Abbildung 2: Vorgehen zur Analyse des Rohstoffbezugs der Automobilindustrie..... 15

Abbildung 3: Führende Produzentenländer der betrachteten kritischen Rohstoffe 15

Abbildung 4: Top 3-Verarbeitungsländer kritischer Rohstoffe 16

Abbildung 5: Übersicht des Rohstoffbezugs von Automobilherstellern und -zulieferern 17

Abbildung 6: Anteilsstrukturen von Minenprojekten am Beispiel von Lithium und Kobalt..... 18

Abbildung 7: Untersuchung von Abhängigkeiten in ausgewählten Wertschöpfungsstufen von Nickel- und Seltenen-Erden-basierten Komponenten in der Automobilindustrie 19

Abbildung 8: Zulieferer der OEM (in %) 20

Abbildung 9: Strategische Partnerschaften der OEM mit Unternehmen in rohstoffabhängigen Branchen (in %) 21

Abbildung 10: End-of Life-Recycling-Raten (EoL-RR) in der EU 22

Abbildung 11: End-of-Life-Recycling-Input-Raten (EoL-RIR) in der EU 22

Abbildung 12: Recycling- und Verwertungsquoten verwerteter Altfahrzeuge nach Gewicht (2015-2020) 23

Abbildung 13: Recycling-Ziele der Batterieverordnung 24

Abbildung 14: Szenarien zur Produktion von Elektrofahrzeugen in Deutschland (BEV und Plugin-Hybrid) 26

Abbildung 15: Rohstoffbedarf 2040 der Automobilindustrie in Deutschland für Elektromobilität und andere automobile Zukunftstechnologien (in Tonnen pro Jahr) und Anteil an der derzeitigen Weltproduktion (in %) im Low- und High-Demand-Szenario 27

Abbildung 16: Rohstoffbedarf 2040 der Automobilindustrie in Deutschland und konkurrierender Zukunftstechnologien (in Tonnen pro Jahr) und Anteil an der derzeitigen Weltproduktion (in %) 30

Abbildung 17: Einschätzung zur europäischen Bedarfsdeckung 31

Abbildung 18: Strategien und deren Zuordnung zu drei übergeordneten Maßnahmenblöcken 37

Abbildung 19: Vorgehen zur Bestimmung der Zulieferer und Partnerschaften der OEM 51

Abbildung 20: Vorgehen beim Abschätzen der zukünftigen Rohstoffbedarfe der deutschen EV-Fahrzeugproduktion 52

Abbildung 21: Spannbreiten beim Rohstoffbedarf je Fahrzeug im Jahr 2040 – Beispiel Batterierohstoffe 54

Abbildung 22: Szenarien zur weltweiten Fahrzeugproduktion – alle Antriebstechnologien..... 55

Abbildung 23: Szenarien zur weltweiten Fahrzeugproduktion – BEV und Plugin-Hybrid..... 56

Abbildung 24: Anteil Elektrofahrzeuge (BEV und Plugin-Hybrid) an der deutschen Pkw-Produktion 57

Abbildung 25: Ergebnisse der Messung des Rohstoffversorgungsrisikos aus EY-Studie..... 60

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Zuordnung von kritischen Rohstoffen zu Chancenfeldern und Nutzungskonkurrenzen..... 13

Tabelle 2: Maßnahmen Block I - Daten & Standards 38

Tabelle 3: Maßnahmen Block II - Effizienz, Recycling, Substitute..... 41

Tabelle 4: Maßnahmen Block III - Rohstofffonds 42

Tabelle 5: Zuordnung Rohstoffe zu Chancenfeldern, Kritikalität und Nutzungskonkurrenz 50

Abkürzungsverzeichnis

BEV	Battery Electric Vehicle (Elektroauto mit Batterie)
BMW	Bayrische Motoren Werke
BMWK	Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz
CRM	Critical Raw Materials (kritische Rohstoffe)
D-EITI	EITI im deutschen Rohstoffkontext
DERA	Deutsche Rohstoffagentur
EITI	Extractive Industries Transparency Initiative (Initiative für Transparenz im rohstoffgewinnenden Sektor)
EoL-RR	End-of-Life Recycling Rate
EoL-RIR	End-of-Life Recycling Input Rate
ESG	Environmental, Social und Governance (Umwelt, Soziales und Unternehmensführung)
EU	Europäische Union
EV	Electric Vehicle (Elektrofahrzeug)
HDS	High-Demand-Szenario
HS	Harmonisiertes System zur Beschreibung und Kodierung von Waren
ICE	Internal Combustion Engine (Verbrennungsmotor)
IEA	Internationale Energieagentur
IKT	Informations- und Kommunikationstechnologien
JOGMEC	Japan Organization for Metals and Energy Security
JRC	Joint Research Center der Europäischen Kommission
KOMIR	Korea Mine Rehabilitation and Mineral Resources Corporation
LBBW	Landesbank Baden-Württemberg
LDS	Low-Demand-Szenario
LED	Light Emitting Diode (Leuchtdiode)
Nfz	Nutzfahrzeuge
NRW	Nordrhein-Westfalen
OEM	Original Equipment Manufacturer (Fahrzeughersteller)
PFAS	Per- and Polyfluoroalkyl Substances (Per- und polyfluorierte Alkylverbindungen)
PGM	Platingruppenmetalle
Pkw	Personenkraftwagen
REACH	Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals (europäische Chemikalienverordnung)
USGS	United States Geological Survey
Vbw	Vereinigung der bayerischen Wirtschaft
VDA	Verband der Automobilindustrie
VW	Volkswagen

EXECUTIVE SUMMARY

1 Executive Summary

Im Zuge der Energiewende, dem Ausbau neuer Mobilitätskonzepte als auch dem Vorantreiben klimaneutraler Produktionsprozesse über die gesamte automobile Wertschöpfungskette hinweg ist Deutschland auf den Zugang zu mineralischen Rohstoffen angewiesen. Dabei ergibt sich die Kritikalität von Rohstoffen aus dem Zusammenspiel von Angebots- oder Versorgungsrisiken und ihrer wirtschaftlichen Bedeutung. Die wirtschaftliche Bedeutung zeigt sich in wichtigen Verwendungen und geringer Substituierbarkeit und ergibt sich aus dem Rohstoffbedarf für die Transformation der Automobilwirtschaft, die sich in drei Chancenfeldern: der Elektrifizierung, Vernetzung und der Automatisierung widerspiegelt.

- Insgesamt werden 20 für die Automobilindustrie kritische Rohstoffe identifiziert.
- Der aktuell höchste Bedarf besteht mengenmäßig nach Aluminium, Graphit und Kupfer. Insbesondere für die Batterieproduktion werden neben Graphit auch Kobalt, Mangan und Lithium stark nachgefragt. Elektromotoren erfordern zudem Rohstoffe wie Neodym und Dysprosium.
- In Bezug auf zwölf der kritischen Rohstoffe ist China ein äußerst bedeutender Produzent und hält bei der Hälfte davon einen globalen Förderanteil von über 50%. Weitere bedeutende Produzentenländer sind Australien, Russland, Südafrika und die Vereinigten Staaten. Einige Länder weisen zudem eine hohe Angebotskonzentration für bestimmte Rohstoffe auf. Im Gegensatz dazu spielt Europa bei der Förderung kritischer Rohstoffe eine untergeordnete Rolle.
- Die Weiterverarbeitung der betrachteten kritischen Rohstoffe konzentriert sich, im Gegensatz zur Förderung, auf eine deutlich geringere Anzahl von Ländern. Insbesondere hebt sich eine starke Abhängigkeit von China hervor, dass bei zwölf der 20 untersuchten Rohstoffe als führendes Verarbeitungsland aufgeführt wird. Darüber hinaus gibt es weitere Angebotskonzentrationen, wie z.B. bei der Verarbeitung von Niob zu Ferroniob, von dem 90% in Brasilien erfolgt. Weitere wichtige Verarbeitungsländer sind zudem Australien, Indonesien, Japan und Russland. Der europäische Anteil an der globalen Verarbeitung fällt im Vergleich zur Förderung etwas höher aus.
- Die Analyse bestätigt, dass die Automobilwirtschaft ihre Rohstoffe hauptsächlich aus den führenden Produzentenländern bezieht. Jedoch zeigt sich auch eine Diversifizierung der Bezugsquellen von Primärrohstoffen, da bspw. Kupfer nicht nur aus Chile und Peru, sondern auch aus der Mongolei und Australien bezogen wird.
- Die Eigentumsverhältnisse von Rohstoffminen in bestimmten Ländern stehen nicht im zwingenden Zusammenhang mit der Förderung des Rohstoffs. Obwohl die DR Kongo das Hauptproduktionsland für Kobalt ist, gehören lediglich 13% den kobaltproduzierenden Unternehmen kongolesischen Stakeholdern. Ähnlich verhält es sich mit Argentinien und Brasilien in Bezug auf die Lithiumförderung. China und die USA scheinen besonders aktiv als Anteilseigner von Lithiumprojekten, was ihnen den Zugang zu Rohstoffen für ihre eigene Wirtschaft erleichtert.

- In der Lieferkette können starke Abhängigkeiten auftreten. So zeigt das Beispiel Nickel, dass verschiedene Zwischenprodukte von unterschiedlichen Ländern dominiert werden. So konzentriert sich ein großer Anteil der Produktion von Nickeloxiden und -hydroxiden in China, von Nickelchlorid in Frankreich oder von Ferronickel in Indonesien. Bei den Seltenen Erden ist eine deutliche Abhängigkeit von China in mehreren Wertschöpfungsstufen erkennbar.
- Die Hauptzulieferer für OEM stammen vorwiegend aus Indien und den USA. Europäische OEM ziehen im Vergleich zu asiatischen und amerikanischen OEM vermehrt europäische Zulieferer heran. Strategische Partnerschaften der europäischen und amerikanischen OEM konzentrieren sich stark auf den chinesischen Markt. Zudem verfolgen fast ausschließlich europäische OEM Partnerschaften mit europäischen Unternehmen.
- Die Recyclingraten für die meisten kritischen Rohstoffe liegen in der EU derzeit unter 5%. Für Rohstoffe wie Lithium, Seltene Erden, Niob, Gallium u.v.m. liegen die derzeitigen Recyclingraten (EoL-RR, EoL-RIR) nahezu bei 0%, womit es kurz- bis mittelfristig kaum möglich scheint, Versorgungslücken bei diesen Rohstoffen über das Recycling zu schließen.
- Bereits in den Low-Demand-Szenarien werden für die Automobilproduktion große Mengen Rohstoffe benötigt, insbesondere für die Batterieproduktion. In den High-Demand-Szenarien steigen die Rohstoffbedarfe weiter an, vor allem für Batterierohstoffe, wie Lithium, Graphit und Kobalt. Diese Bedarfe könnten in Zukunft einen Großteil der heutigen Weltproduktion beanspruchen.
- Potenzial für eine europäische Deckung des Rohstoffbedarfs im Jahr 2040 wird bspw. bei Aluminium, Boraten, Mangan, Kupfer und Silizium gesehen. Allerdings setzt dies die erfolgreiche Bewältigung verschiedenster Herausforderungen wie bspw. den Zugang zu europäischen Quellen, wettbewerbsfähige Energiepreise und die Steigerung von Recyclingfähigkeiten voraus. Im Fall von bspw. Kobalt und Platingruppenmetallen scheint eine langfristige Bedarfsdeckung auf europäischer Ebene unwahrscheinlich, und eine Unterstützung der Verfügbarkeit dieser Rohstoffe kann nur durch verstärktes Recycling erreicht werden.
- Mehrere Länder sichern ihre Rohstoffversorgung durch politische Maßnahmen oder direkte Minenkontrolle (wie China). Dadurch steigt der Druck auf die EU, zusätzliche Maßnahmen zur Stärkung der Rohstoffresilienz zu ergreifen. Dabei erzielt die Implementierung einzelner Maßnahmen allein keine hinreichende Wirkung. Um die deutsche Automobilwirtschaft kurz-, mittel- und langfristig resilient zu machen, ist ein umfangreiches Portfolio von Maßnahmen aus den Bereichen Daten & Standards, Effizienz, Recycling & Substitute und Rohstofffonds erforderlich.
- Vorgeschlagene Maßnahmen umfassen bspw. die Implementierung einer europäischen Rohstoffdatenbank, die alle Wertschöpfungsstufen der Komponenten, Vorkommen und Bedarfe der Automobilindustrie abdeckt; ein Review bestehender EU-Regulierungen; die Fortführung der Förderung von F&E, den Aufbau von Allianzen sowie Rohstoffinvestitionen im Ausland.

2 Kritische Rohstoffe in der deutschen Automobilwirtschaft

2.1 Identifikation und Bedarf kritischer Rohstoffe

2.1.1 Kritikalität von Rohstoffen: Definition und Operationalisierung

In der Literatur existiert kein einheitliches Verfahren zur Ermittlung der Kritikalität von Rohstoffen. Die verschiedenen Verfahren nutzen aber ähnliche Konzepte der Kritikalität und ähnliche Indikatoren. Die Kritikalität von Rohstoffen ergibt sich prinzipiell aus dem Zusammenwirken von Angebots- oder Versorgungsrisiken und der wirtschaftlichen Bedeutung der Rohstoffe. Angebotsrisiken bei einzelnen Rohstoffen entstehen demnach u.a. durch:

- Hohe Konzentration der Exporte oder der Förderung in wenigen Ländern,
- Hohe Importabhängigkeit,
- Hohe politische Risiken in den Förderländern,
- Hohes Wachstum des Rohstoffverbrauchs bei begrenzten, nicht in gleichem Maße erweiterbaren Förderkapazitäten.

Eine hohe wirtschaftliche Bedeutung entsteht u.a. durch:

- Hohe Einsatzmengen der Rohstoffe in Verwendungen von hoher ökonomischer Relevanz,
- Eine geringe Ersetzbarkeit (Substituierbarkeit) der Rohstoffe in Verwendungen von hoher ökonomischer Relevanz.

In der Literatur finden sich verschiedene Ansätze zur Ermittlung kritischer Rohstoffe. Drei exemplarische Ansätze bestehen im Vorgehen der Europäischen Union (European Commission, 2023a, 2023b, Carrara et al., 2023), der Deutschen Rohstoffagentur (DERA, 2021, 2023) oder der Vereinigung der bayerischen Wirtschaft (vbw, 2022).[1] Die betrachteten Ansätze zur Kritikalitätsbewertung unterscheiden sich demnach grundsätzlich in zwei Dimensionen. Einerseits gibt es einen Unterschied hinsichtlich der Detaillierung der Bestimmung und des Bezugsrahmens der ökonomischen Bedeutung. Andererseits unterscheiden sich die Ansätze dadurch, ob die Angebotsrisiken lediglich global oder auch in Bezug auf eine geografische oder staatliche Perspektive, wie z.B. die Europäische Union, bestimmt werden.

Die verschiedenen Ansätze der Kritikalitätsbewertung und der Umfang der untersuchten Rohstoffe führen jeweils zu unterschiedlich umfangreichen Listen kritischer Rohstoffe. Die verschiedenen Ansätze weisen allerdings Gemeinsamkeiten auf, wie etwa die globale Angebotssituation. Die Kritikalitätseinstufungen einzelner Rohstoffe, die in allen Ansätzen berücksichtigt werden, stimmen dadurch in der Tendenz auch stark überein.

[1] Für eine detailliertere Darstellung der Ansätze vgl. Kapitel 6.1 im Anhang.

2.1.2 Identifikation kritischer Rohstoffe für die Transformation der deutschen Automobilwirtschaft

Für die Identifikation der kritischen Rohstoffe für die Transformation der deutschen Automobilwirtschaft soll auf ein ähnliches Verfahren zurückgegriffen werden, wie es in den einschlägigen Kritikalitätsstudien zu finden ist. Kritische Rohstoffe für die Transformation sollen demnach einerseits eine ökonomische Bedeutung für die Transformation der deutschen Automobilwirtschaft aufweisen. Andererseits sollen nur solche Rohstoffe betrachtet werden, bei denen nennenswerte Angebotsrisiken bestehen.

Die ökonomische Bedeutung resultiert aus dem Rohstoffbedarf für die Transformation der Automobilwirtschaft, die sich in drei Chancenfeldern[2] widerspiegelt:

- Elektrifizierung des Antriebsstrangs: Durch die Elektrifizierung des Antriebsstrangs wird mindestens ein Teil der Traktion im Fahrzeug rein elektrisch ermöglicht.
- Vernetzung: Bei einem vernetzten Fahrzeug (englisch: „Connected Car“) handelt es sich um ein Fahrzeug, das sich mittels der entsprechenden Hard- und Software über internetbasierte Verbindungen mit seinem Umfeld vernetzt.
- Automatisierung: In der Endstufe (Level 5) ist das vollautomatisierte fahrerlose Fahren erreicht. Die Umsetzung erfolgt schrittweise.

Auf diesen Feldern könnten bis 2040 zusätzliche Umsatzvolumina in Höhe von ca. 480 Milliarden Euro weltweit entstehen.[3] Innerhalb dieser Chancenfelder ist der Einsatz jeweils spezifischer, neuer Technologien notwendig. Diesen Technologien lassen sich wiederum einzelne Bauteile zuordnen, für die sich ein Rohstoffbedarf bestimmen lässt. So ist bspw. für die Elektrifizierung des Antriebs die Nutzung eines elektrischen Traktionsmotors unerlässlich, die elektrische Energieversorgung des Motors wird in den derzeit am Markt erhältlichen Modellen überwiegend durch Batterien bereitgestellt. Entsprechend entsteht hier eine neue oder zusätzliche Rohstoffnachfrage z.B. nach Kupfer, Lithium, Kobalt oder Seltenen Erden. Für die Automatisierung müssen zusätzliche Sensoren im Auto verbaut werden. Wegen der Vernetzung steigt der Einsatz von Halbleitern. Beides zieht einen zusätzlichen Rohstoffbedarf nach sich. In der einschlägigen Literatur wird daher eruiert, welche Rohstoffe aus technologischer Sicht für die Besetzung der Chancenfelder benötigt werden. Damit wird die Liste der relevanten Rohstoffe gegenüber allgemeinen Kritikalitätsstudien eingeschränkt.

Für die Abgrenzung von kritischen und unkritischen Rohstoffen werden die Kritikalitätseinstufungen der oben genannten Literatur (European Commission, 2023a, 2023b; Carrara et al., 2023; DERA, 2021, 2023; vbw, 2022) übernommen sowie die Kritikalitätsstudie der EU-Kommission von

---

2 Vgl. z.B. IW Consult/Fraunhofer IAO/automotiveland nrw (2021).

3 Vgl. IW Consult/Fraunhofer IAO/automotiveland nrw (2021): Gesamte Veränderung Marktvolumen 2020-2040 in den drei Bereichen Antriebe, Automatisierung und Vernetzung: 476,8 Mrd. Euro.

2020 berücksichtigt. Globale oder europäische Angebotsrisiken gelten in ähnlicher Weise für die deutsche Automobilwirtschaft.

Im Unterschied zur Betrachtung der Angebotsrisiken für die Gesamtwirtschaft, bspw. auf EU-Ebene oder global, muss bei einem engeren Bezugsrahmen wie der Automobilindustrie in Deutschland der Bedarf anderer Industriebranchen mitdiskutiert werden. Bei der Betrachtung globaler Angebotsrisiken werden automatisch alle Nachfrager berücksichtigt. Sollte die Nachfrage nach einem bestimmten Rohstoff in der Automobilindustrie selbst gering sein, könnte es aber dennoch zu Versorgungsengpässen kommen, wenn die Nachfrage aus anderen Wirtschaftsbereichen sehr hoch ist. So benötigt z.B. die Energiewirtschaft für die „grüne Transformation" ähnliche Rohstoffe wie die Automobilindustrie. Daher wird zusätzlich zur Bedeutung für die Automobilwirtschaft auch die Nutzungskonkurrenz aus anderen Zukunftsfeldern hinzugezogen, um die kritischen Rohstoffe für die Automobilwirtschaft zu identifizieren.

Tabelle 1 bietet eine Übersicht der im Sinne der Studie als kritisch ausgewählten Rohstoffe und ihre Zuordnung zu Chancenfeldern in der Automobilwirtschaft und anderen Konkurrenztechnologien. Die Zuordnung der Rohstoffe, ihre Kritikalitätseinstufung in verschiedenen Studien und die Verwendung in anderen Technologien ist in Tabelle 5 im Anhang detaillierter dargestellt.

Tabelle 1: Zuordnung von kritischen Rohstoffen zu Chancenfeldern und Nutzungskonkurrenzen[4]

	Chancenfelder			Nutzungskonkurrenzen			
Rohstoffe (20)	Elektrifizierung	Automatisierung	Vernetzung	Erneuerbare Energien	IKT	Produktionsverfahren	Luft- und Raumfahrt
Borate	X	-	-	X	X	X	X
Graphit	X	-	-	(X)	X	X	X
Kobalt	X	-	-	(X)	X	X	X
Magnesium	X	-	-	X	X	X	X
Mangan	X	-	-	X	X	X	X
Nickel	X	-	-	X	X	X	X
Platingruppenelemente	X	-	-	X	X	X	X
Silizium	X	-	-	X	X	X	X
Strontium	X	-	-	X	X	-	-
Vanadium	X	-	-	X	X	X	X
Phosphor	X	-	-	X	X	-	-
Fluorspar	X	-	-	X	X	X	X
Kupfer	X	X	-	X	X	X	X
Lithium	X	-	X	(X)	X	X	X
Niob	X	-	X	X	X	X	X
Seltene Erden	X	X	-	X	X	X	X
Aluminium	X	X	-	X	X	X	X
Arsen	-	-	X	X	X	-	X
Gallium	-	-	X	X	X	X	X
Tantal	-	-	X	X	X	-	-

Quelle: Eigene Darstellung auf Basis von Carrara et al. (2023), Marscheider-Weidemann et al. (2021), European Commission (2020)

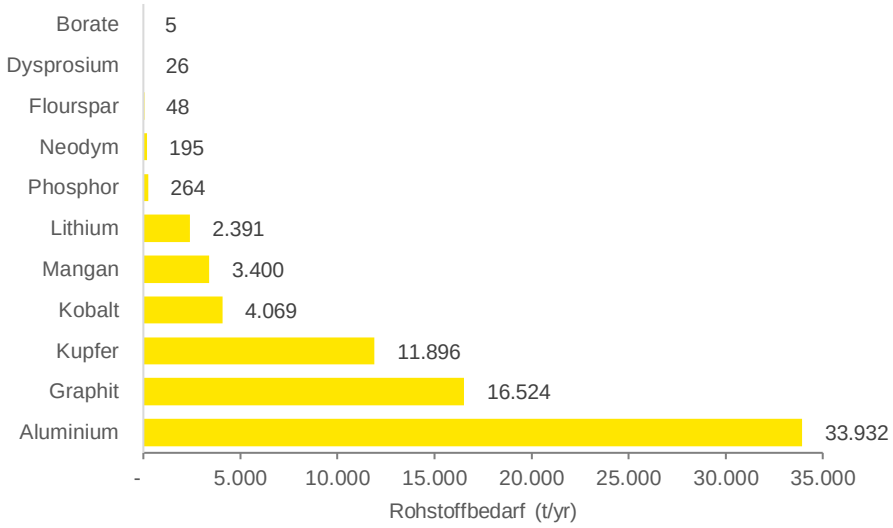
2.1.3 Aktueller Bedarf der kritischen Rohstoffe in der Automobilwirtschaft

Bereits heute benötigt die Automobilindustrie Rohstoffe zur Herstellung von elektrisch betriebenen Fahrzeugen. Die EU-Foresight-Study (Carrara et al., 2023) hat für den Sektor der Elektromobilität eine Nachfrageprognose erstellt, wobei das Jahr 2020 zur Kalibrierung der Nachfragemodelle dient. Daher ist für ausgewählte Rohstoffe, die für die Elektromobilität benötigt werden, die derzeitige Nachfrage abgebildet. Betrachtet werden die Rohstoffe für Traktionsbatterien und Elektromotoren. Zudem wird für Brennstoffzellenfahrzeuge Platin berücksichtigt. Gleiches gilt für die produzierten Fahrzeugmengen. Aus diesen Angaben lassen sich die Bedarfe je Fahrzeug ableiten.

[4] Kreuze in Klammern sind so zu verstehen, dass Rohstoffe nur für Batteriespeicher, nicht aber für andere Technologien im Bereich der Erneuerbaren Energien benötigt werden. Der Bedarf kann durch ein Second Life von Autobatterien deutlich sinken. Zu den berücksichtigten Produktionsverfahren zählen „Additive Manufacturing" (3D-Druck) und „Robotics" (Robotertechnik).

Anhand von Daten des Verbands der Automobilindustrie (VDA) werden für das Jahr 2020 die in Deutschland produzierten Personenkraftwagen und leichten Nutzfahrzeuge mit Elektroantrieb abgeschätzt (VDA, 2023). Zusammen mit den Bedarfen je Fahrzeug wird damit der bekannte aktuelle Rohstoffbedarf der Automobilindustrie in Deutschland für die heimische Produktion abgeschätzt (s. Abbildung 1). Platin wird dabei nicht berücksichtigt, da in Deutschland im Jahr 2020 lediglich 24 Brennstoffzellenfahrzeuge produziert wurden. Die mengenmäßig höchste Nachfrage besteht demnach nach Aluminium[5], Graphit und Kupfer. Weiterhin besteht eine höhere Nachfrage nach Rohstoffen für die Batterieproduktion, neben Graphit noch Kobalt, Mangan und Lithium. Für die Elektromotoren werden unter anderem Neodym und Dysprosium benötigt.

Abbildung 1: Rohstoffbedarf der deutschen Automobilindustrie im Sektor Elektromobilität



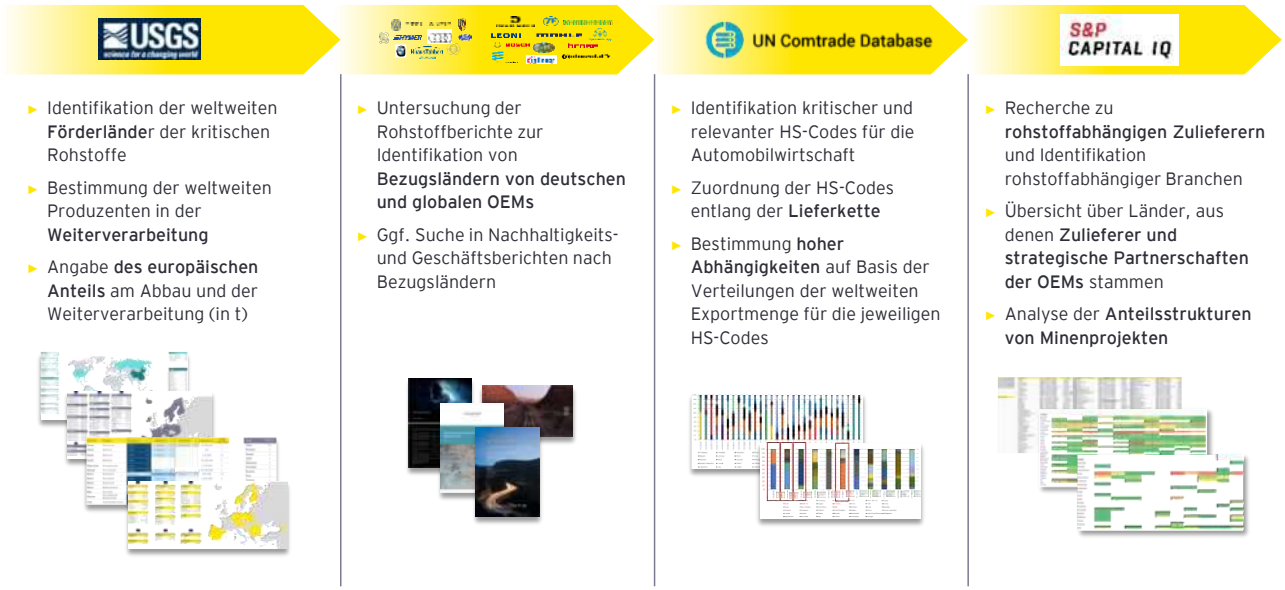
Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis von Carrara et al. (2023), VDA (2023)

2.2 Bezug kritischer Rohstoffe der deutschen Automobilindustrie

Für die Analyse des Rohstoffbezugs in der deutschen Automobilindustrie werden verschiedene Ansätze verfolgt: Nutzung von USGS-Daten zur Bestimmung von Förder- und Verarbeitungsländern, Analyse der Berichte der Automobilhersteller für Informationen über Rohstoffbezüge, Untersuchung der Lieferländer entlang der Lieferkette für Nickel und Seltene Erden, Betrachtung der Anteilsstrukturen von Minenprojekten und Untersuchung der Herkunftsländer von rohstoffabhängigen Zulieferern und strategischen Partnern mithilfe von S&P Capital IQ-Daten.

[5] Aluminiumnachfrage für den Bereich Elektromobilität. Zur gesamten Aluminiumnachfrage vgl. Kap. 6.5 im Anhang.

Abbildung 2: Vorgehen zur Analyse des Rohstoffbezugs der Automobilindustrie

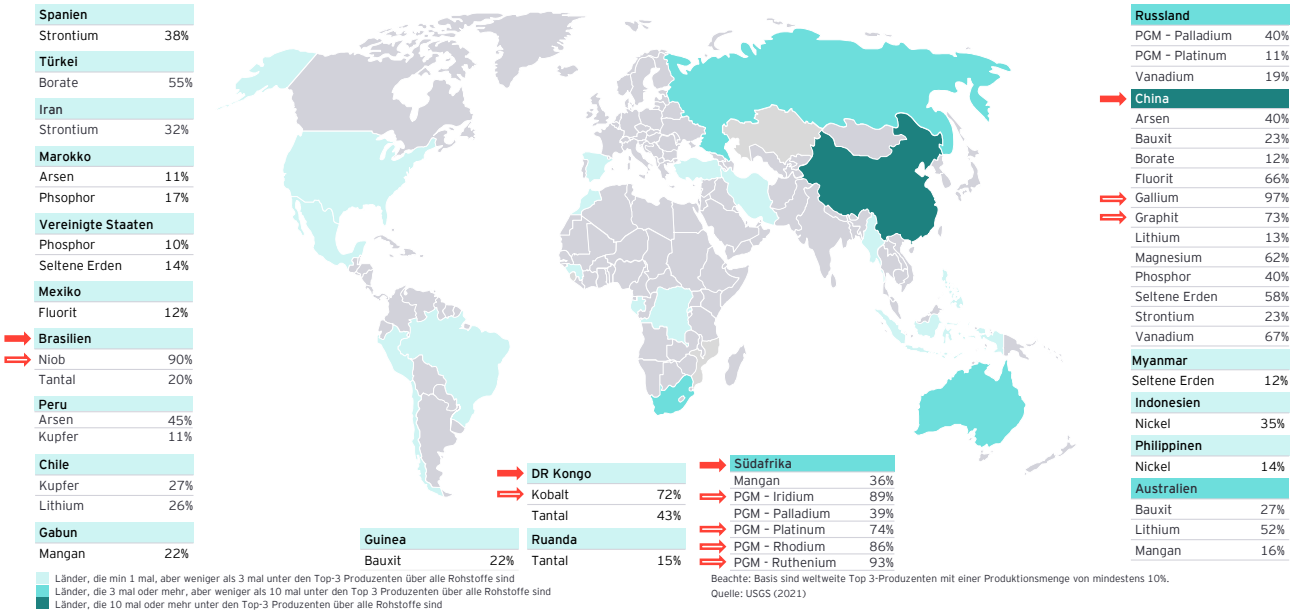


Quelle: Eigene Darstellung

2.2.1 Förderung kritischer Rohstoffe

Im Ergebnis kann festgestellt werden, dass die Förderung von kritischen Rohstoffen global auf viele Länder verteilt ist (s. Abbildung 3). Dabei zeigt sich jedoch eine deutliche Abhängigkeit von China: Es ist eines der drei wichtigsten Produzentenländer für zwölf Rohstoffe und hat bei der Hälfte der Rohstoffe einen globalen Förderanteil von mehr als 50%. Auch Australien, Russland und Südafrika sind häufig unter den Top 3-Produzentenländern vertreten.

Abbildung 3: Führende Produzentenländer der betrachteten kritischen Rohstoffe



Quelle: Eigene Darstellung auf Basis von USGS-Daten (Stand: 2021)

Zudem zeigen sich bei vereinzelten Ländern und Rohstoffen hohe Angebotskonzentrationen: So beträgt Chinas Anteil an der weltweiten Gallium-Förderung bspw. 97%, Südafrikas Anteil an der weltweiten Ruthenium-Produktion 93%, der Anteil der Demokratischen Republik Kongo an der weltweiten Kobaltförderung 72% und Brasiliens Anteil an der weltweiten Niob-Förderung 90%.

Im Gegensatz dazu spielt die Förderung kritischer Rohstoffe in Europa eine untergeordnete Rolle. Lediglich bei der Förderung von Strontium (38%) und der Produktion von Magnesium (9%) liegt der europäische Anteil an der globalen Förderung bzw. Produktion über 3%.

2.2.2 Weiterverarbeitung kritischer Rohstoffe

Die Analyse zeigt, dass sich die Weiterverarbeitung der betrachteten kritischen Rohstoffe im Gegensatz zur Förderung auf eine deutlich geringere Anzahl von Ländern konzentriert.[6] Insbesondere hebt sich eine starke Abhängigkeit von China, das vierzehnmal als führendes Verarbeitungsland für verschiedene Rohstoffe aufgeführt wird, hervor (vgl. Abbildung 4). Darüber hinaus gibt es Angebotskonzentrationen, wie z.B. bei der Verarbeitung von Niob zu Ferroniob, die zu 90% in Brasilien erfolgt oder in Bezug auf die Raffinierung Seltener Erden, die zu 91% in China stattfindet.

Der europäische Anteil an der globalen Verarbeitung fällt höher aus als der europäische Anteil an der globalen Förderung. Z.B. beträgt der europäische Anteil an der Nickelmetallproduktion 23% und an der Kobalt-Raffinierung 16%.

Abbildung 4: Top 3-Verarbeitungsländer kritischer Rohstoffe[7]

Rohstoff (10)	Produkt	Land 1	%	Land 2	%	Land 3	%	Menge (in t)	Anteil Europa (%)	Quelle
Aluminium	Tonerde	China	54	Australien	15	Brasilien	9	139.000.000	3	USGS
Aluminium	Schmelze	China	58	Andere Länder	14	Indien	6	67.500.000	3	USGS
Gallium*	Rohgallium	China	85	Deutschland	4	Kasachstan	3	768	n/a	DERA
Kobalt*	Raffinade	China	69	Finnland	12	Kanada	5	130.000	16	USGS
Kupfer*	Primär-Schmelze	China	45	Japan	7	Chile	7	17.800.000	11	USGS
Kupfer*	Sekundär-Schmelze	China	52	Japan	10	Russland	7	3.390.000	21	USGS
Kupfer*	Primär-Raffinade	China	38	Chile	11	DR Kongo	6	21.100.000	9	USGS
Kupfer*	Sekundär-Raffinade	China	50	Japan	9	Deutschland	7	3.970.000	22	USGS
Magnesium	Schmelze	China	87	Russland	5	Brasilien	2	1.070.000	0	USGS
Mangan	Ferromangan + Ferrosilikomangan	China	60	Indien	16	Ukraine	4	20.700.000	6	USGS
Nickel	Nickelmatte	Indonesien	31	Russland	23	Kanada	22	229.000	14	USGS
Nickel	Ferronickel	China	51	Indonesien	17	Neukaledonien	6	1.185.000	1	USGS
Nickel	Nickelmetall	China	24	Russland	22	Australien	14	768.000	23	USGS
Nickel	Nickeloxidsinter	Japan	61	Neukaledonien	21	Kuba	18	82.000	0	USGS
Niob	Ferroniob	Brasilien	90	Kanada	9	Russland	1	74.800	0	USGS
Seltene Erden*	Raffinade	China	91	Malaysia	7	Estland	1	221.000	n/a	DERA
Silizium	Ferrosilizium & Siliziummetall	China	69	Russland	8	Brasilien	4	12.300.000	8	USGS

Land	# Top 3**
China	14
Australien	2
Indonesien	2
Japan	2
Russland	2
Brasilien	1
Chile	1
Kanada	1
Kuba	1
Finnland	1
Indien	1
Neukaledonien	1

Länder, die mehr als 1 mal, aber weniger als 3 mal unter den Top-3 Produzenten über alle Rohstoffe sind
Länder, die 3 mal oder mehr, aber weniger als 10 mal unter den Top 3 Produzenten über alle Rohstoffe sind
Länder, die 10 mal oder mehr unter den Top-3 Produzenten über alle Rohstoffe sind

* Letzte aktualisierte Daten sind aus dem Jahr 2020
** Anzahl gibt an, wie oft ein Land unter den weltweiten Top 3-Produzenten mit einer Menge von mindestens 10% ist.

Quelle: Eigene Darstellung auf Basis von USGS-Daten (Stand: 2021) und DERA-Rohstoffliste 2023 (Stand: 2020)

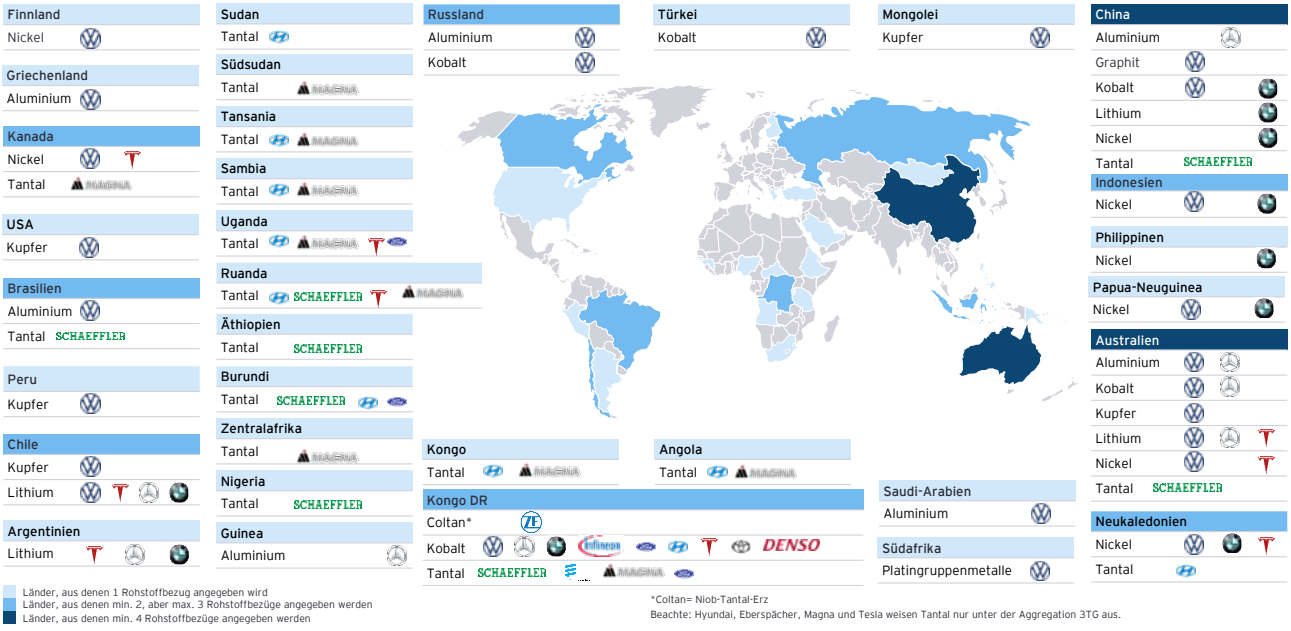
6 Es werden vorrangig Daten von USGS verwendet, da diese die Berechnung des europäischen Anteils an den jeweiligen Verarbeitungsverfahren für nahezu alle Rohstoffe ermöglichen. Falls die verfügbaren Daten die Aufschlüsselung der verschiedenen Verarbeitungsverfahren bzw. Einzelprodukte gestatten, geben wir diese Informationen separat aus. Dies geschieht, um einen besseren Überblick darüber zu erhalten, in welchem Umfang einzelne Produkte und Verfahren bereits in Europa umgesetzt werden.

7 Für die 23 bei der Förderung betrachteten Rohstoffe liegen vollumfassende Informationen zu weiterverarbeiteten Rohstoffen und Ländern nur zu zehn von diesen vor. Für acht von diesen lässt sich ein europäischer Anteil an der Weiterverarbeitung kritischer Rohstoffe ermitteln. Die Ergebnisse sind daher im Kontext dieser Einschränkung zu betrachten.

2.2.3 Bezugsquellen der Automobilwirtschaft

Die Analyse bestätigt die Annahme, dass die Automobilwirtschaft ihre Rohstoffe hauptsächlich aus den führenden Produzentenländern bezieht.[8] Allerdings zeigt sich auch ein Bezug aus weiteren/alternativen Ländern (vgl. Abbildung 5). So wird bspw. Kupfer nicht nur aus Chile und Peru, sondern auch aus der Mongolei und Australien bezogen. Kobalt wird neben der Demokratischen Republik Kongo auch aus China, Russland, Australien und der Türkei geliefert. Die Ergebnisse bestätigen den Ursprungsbezug der Lieferketten der Automobilindustrie aus den führenden Produzentenländern, zeigen jedoch auch eine gewisse Diversifizierung der Bezugsquellen.

Abbildung 5: Übersicht des Rohstoffbezugs von Automobilherstellern und -zulieferern



Quelle: Eigene Darstellung auf Basis von Rohstoff-, Jahres- und Nachhaltigkeitsberichten deutscher und anderer Automobilhersteller und -zulieferer[9]

2.2.4 Anteilsstrukturen von Minenprojekten

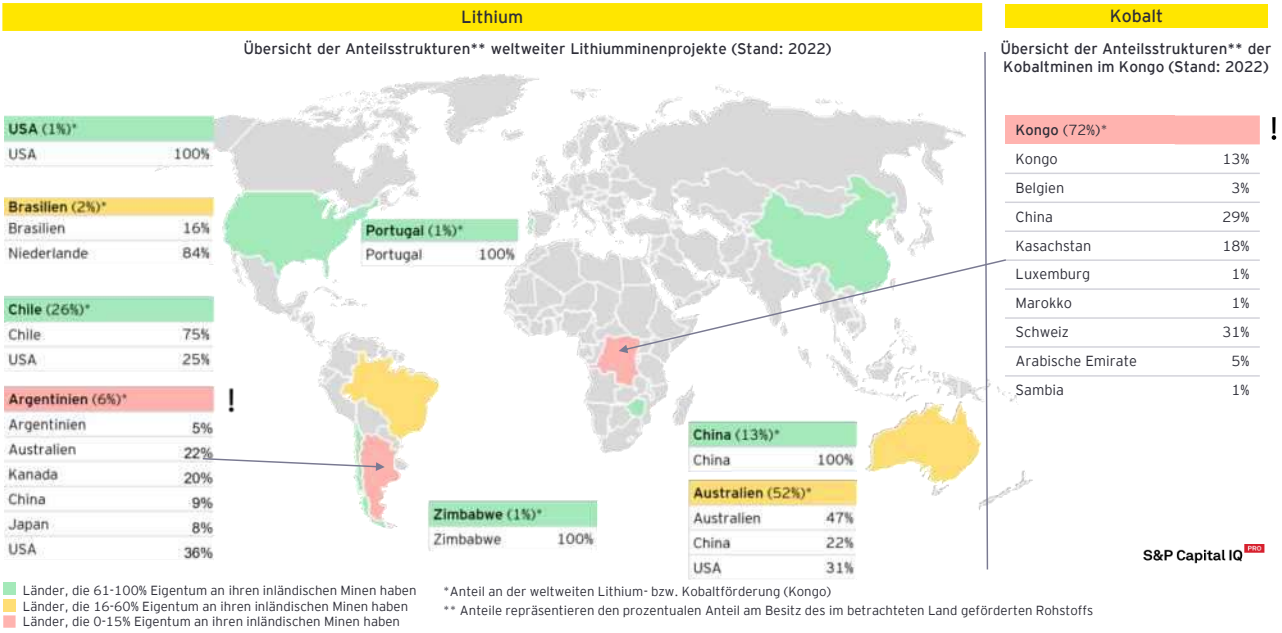
Die industrielle Förderung eines Rohstoffs aus einer Mine in einem bestimmten Land sagt nicht zwangsläufig etwas darüber aus, ob die Mine auch dem Land oder einem Unternehmen aus diesem Land gehört. Der Kongo ist das Hauptproduktionsland für Kobalt, mit einem Anteil von 72% an der weltweiten Fördermenge. Eine Analyse der Anteilseigner, basierend auf Daten von S&P Capital IQ, zeigt jedoch, dass lediglich 13% der industriell geförderten Menge kobaltproduzierenden Unternehmen im Kongo gehören (vgl. Abbildung 6).

---

[8] Bezugsquellen der deutschen Automobilwirtschaft gemäß der Rohstoff-, Jahres- und Nachhaltigkeitsberichte deutscher und anderer Automobilhersteller und -zulieferer. In diesen Berichten werden verschiedene Bezugsquellen für acht kritische Rohstoffen angegeben. Zu beachten ist hierbei, dass dies keine vollumfassende Analyse darstellt, da einige OEM keine individuellen Rohstoffberichte, sondern nur auf Konzernebene veröffentlichen. Andere wiederum legen keine konkreten Angaben zu Bezugsquellen in den Berichten offen, während einige keine Informationen zu kritischen Rohstoffen angeben.

[9] Quellenangaben zu den Rohstoff-, Jahres- und Nachhaltigkeitsberichten deutscher und anderer Automobilhersteller und -zulieferer können dem Literaturverzeichnis im Anhang entnommen werden.

Abbildung 6: Anteilsstrukturen von Minenprojekten am Beispiel von Lithium und Kobalt



Quelle: Eigene Darstellung auf Basis von S&P Capital IQ-Daten

Auch in Bezug auf die Lithiumförderung ergibt sich für Argentinien und Brasilien ein ähnliches Bild. In Argentinien gehören 5% des geförderten Lithiums einheimischen Unternehmen, in Brasilien sind es 16%. Es fällt auf, dass insbesondere China und die USA aktiv als Anteilseigner bei Lithiumprojekten auftreten. Durch ihre Beteiligung sichern sich global agierende Unternehmen aus den genannten Ländern den Zugang zu Lithium. Die sich daraus ergebenden Implikationen für Versorgungssicherheit einzelner Volkswirtschaften bzw. der europäischen Unternehmen sind unklar. Solange die jeweiligen Rohstoffunternehmen den Weltmarkt bzw. Europa beliefern, ist die Versorgungssicherheit zunächst nicht eingeschränkt. Wenn aber die Unternehmen vorrangig Abnehmer aus ihrem jeweiligen Heimatland beliefern, etwa aufgrund expliziter Bedingung von Fördermaßnahmen des jeweiligen Landes oder auch nur bestehender langjähriger Geschäftsbeziehungen, kann dies Auswirkungen auf die Versorgungssicherheit auf europäische Unternehmen haben.

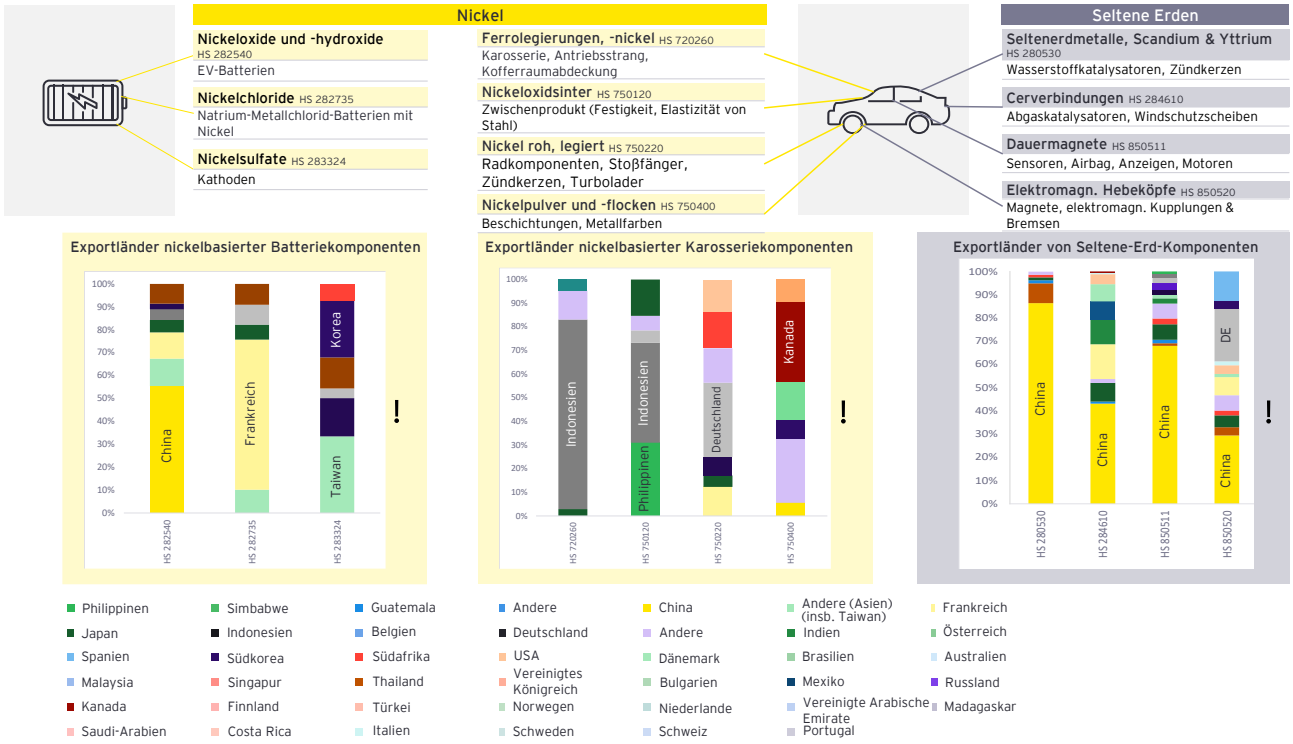
2.2.5 Abhängigkeiten in der Lieferkette

Die exemplarische Untersuchung der verschiedenen Wertschöpfungsstufen eines Rohstoffes, aufgeschlüsselt nach HS-Codes, wie im Fall von Nickel und Seltenen Erden zeigt, dass es zu starken Abhängigkeiten in der Lieferkette kommen kann, sogenannten Bottlenecks. Dabei ergeben sich bspw. bei Nickel verschiedene Komponenten, deren Exporte von verschiedenen Ländern dominiert werden: Nickeloxide und -hydroxide aus China, Nickelchloride aus Frankreich sowie Ferrolegierungen und -nickel aus Indonesien (vgl. Abbildung 7).[10]

[10] Analysen basieren auf Bruttoexportmengen der einzelnen Komponenten.

Bei den einzelnen Wertschöpfungsstufen der Seltenen Erden zeigt sich eine deutliche Abhängigkeit von China.[11] Dies führt zu einer starken Konzentration der Lieferkette in einem Land und birgt potenzielle Risiken für die Versorgungssicherheit der Automobilindustrie.

Abbildung 7: Untersuchung von Abhängigkeiten in ausgewählten Wertschöpfungsstufen von Nickel- und Seltenen-Erden-basierten Komponenten in der Automobilindustrie



Quelle: Eigene Darstellung auf Basis von UN Comtrade-Daten (Stand: 2021)

2.2.6 Zulieferer und strategische Partnerschaften der Automobilhersteller

Diese Analyse verfolgt das Ziel, einen Überblick über die Herkunftsländer der Zulieferer von OEM zu erhalten sowie die strategischen Partnerschaften zu eruieren, die OEM mit verschiedenen Ländern unterhalten. Dazu werden insgesamt zehn OEM mittels S&P Capital IQ-Daten analysiert, darunter sowohl deutsche als auch europäische Vertreter.

Die strategischen Partnerschaften, die hierbei betrachtet werden, erstrecken sich über verschiedene Bereiche, wie bspw. technologische Zusammenarbeit, Forschungs- und Entwicklungs-Kooperationen sowie Forschungsvereinbarungen.

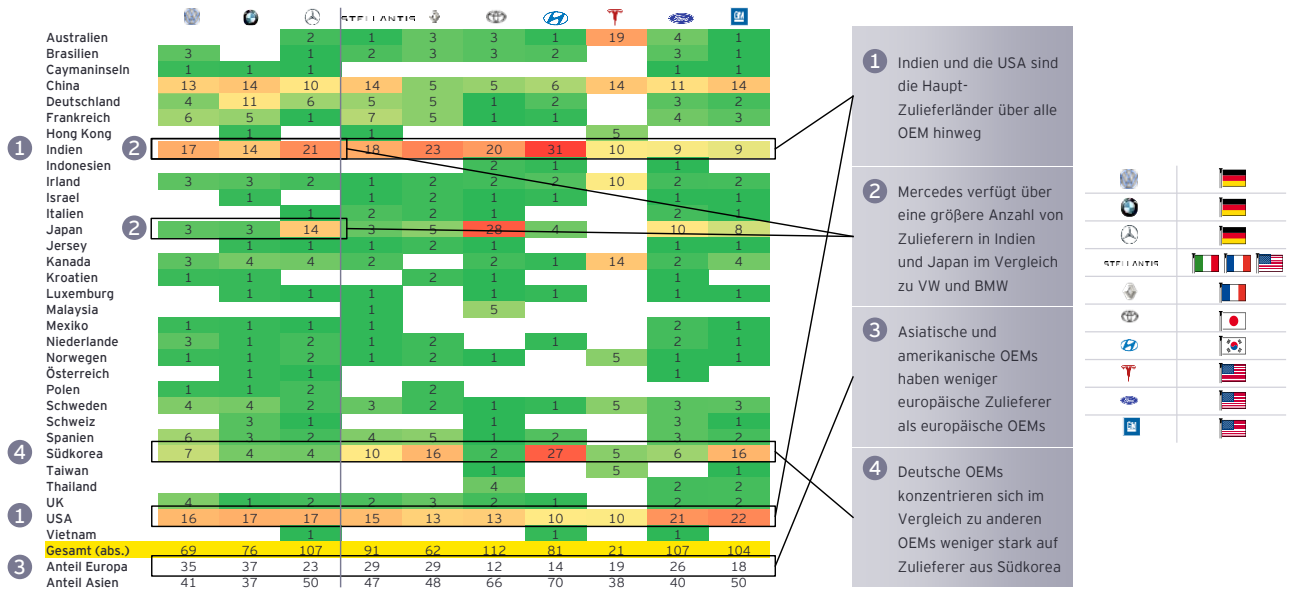
Die Identifikation rohstoffabhängiger Branchen stellt dabei einen wesentlichen Schritt dar, um die Analyse auf relevante Zulieferer und Partnerschaften zu fokussieren. Hierbei werden diejenigen Wirtschaftszweige ermittelt, die stark von Rohstoffen abhängig sind (vgl. hierzu auch die

[11] Die Analyse greift u.a. auf die HS-Codes für Magnete zurück, da diese zu den Industrien gehören, die Seltene Erden verwenden. Eine EU-Studie bestätigt, dass Magnete zu den Hauptanwendungen von Seltenen Erden zählen (vgl. CRM_2020_Factsheets_critical_Final.pdf (europa.eu), S. 547, zuletzt abgerufen am 16.08.2023.

Darstellung zum methodischen Vorgehen im Anhang, Abschnitt 6.2). Dies ermöglicht eine gezielte Erfassung von Zulieferern und Partnerschaften innerhalb dieser rohstoffabhängigen Sektoren.

Die Analyse der Herkunftsländer der Zulieferer von OEM ergibt, dass die Hauptzulieferer der OEM aus Indien und den USA stammen (vgl. Abbildung 8). Darüber hinaus zeigt sich, dass die deutschen OEM VW, Mercedes und BMW weniger Zulieferer aus Südkorea haben als die übrigen analysierten OEM. Insgesamt ist erkennbar, dass die OEM bestrebt sind, ihre Zulieferer zu diversifizieren, wobei auffällt, dass europäische OEM im Vergleich zu asiatischen und amerikanischen OEM mehr europäische Zulieferer heranziehen.

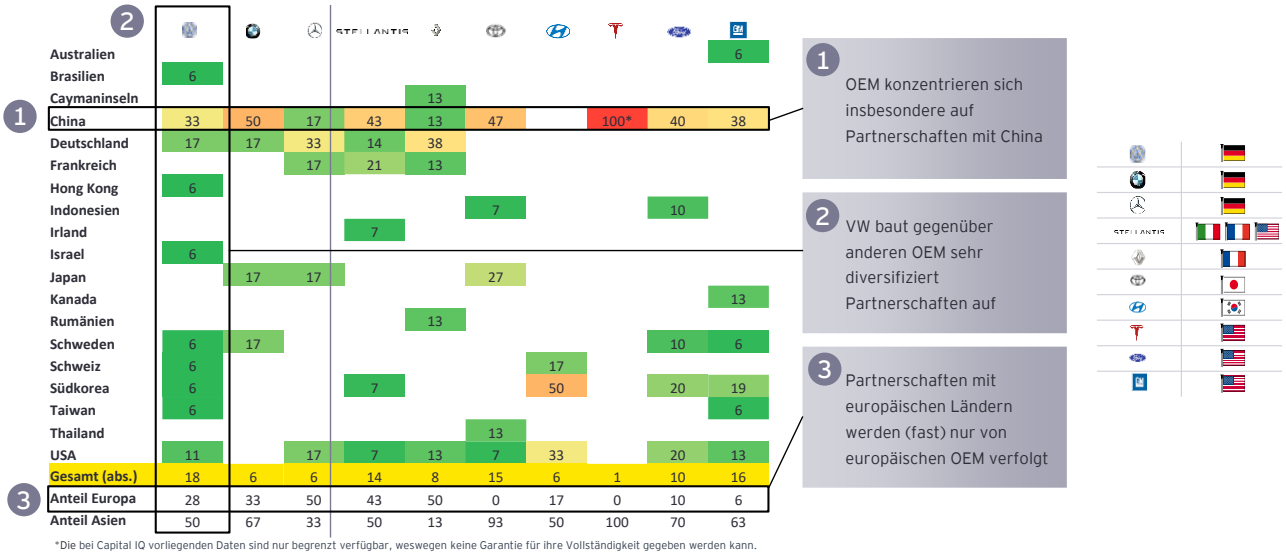
Abbildung 8: Zulieferer der OEM (in %)



Quelle: Eigene Darstellung auf Basis von S&P Capital IQ-Daten

Die strategischen Kooperationsbeziehungen der OEM weisen eine Konzentration auf den chinesischen Markt auf (vgl. Abbildung 9). Zudem zeigt sich, dass fast ausschließlich die europäischen OEM Partnerschaften mit europäischen Unternehmen verfolgen. Zudem zeigt Volkswagen im Vergleich zu anderen OEM eine diversifiziertere Ausrichtung in Bezug auf seine Partnerschaften.

Abbildung 9: Strategische Partnerschaften der OEM mit Unternehmen in rohstoffabhängigen Branchen (in %)

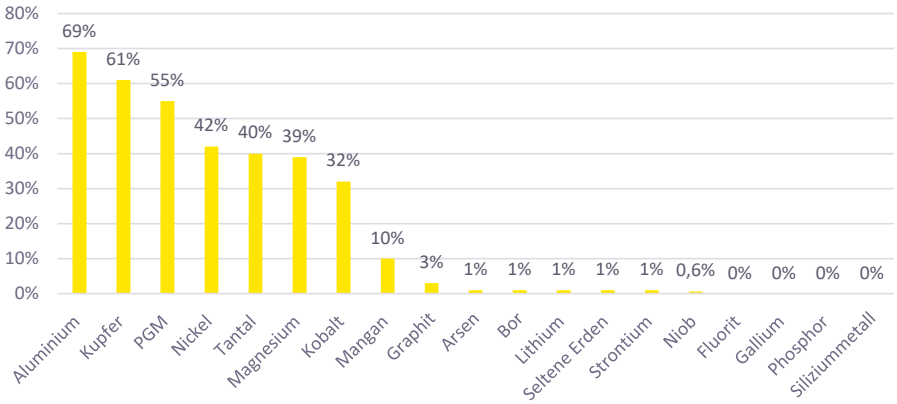


Quelle: Eigene Darstellung auf Basis von S&P Capital IQ-Daten

3 Status Quo Recycling kritischer Rohstoffe

3.1 Recyclingraten europäischer Länder

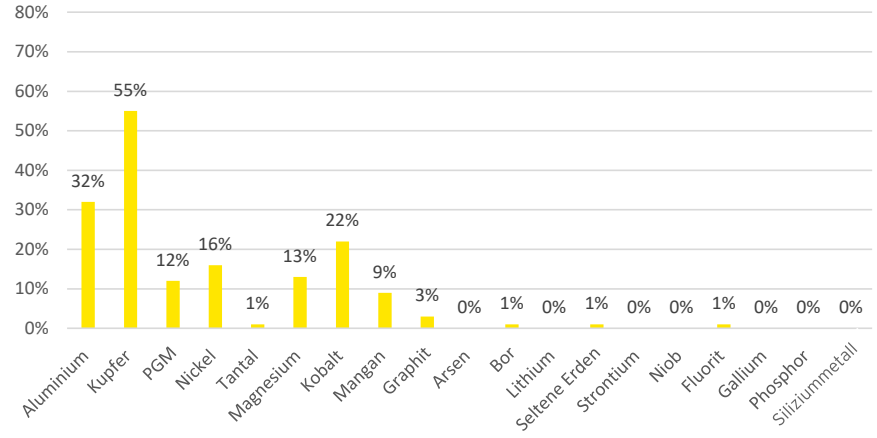
Abbildung 10: End-of Life-Recycling-Raten (EoL-RR) in der EU



Quelle: Eigene Darstellung auf Basis von SCRREEN Factsheets 2023

Bei den Recyclingraten wird unterschieden zwischen der End-of-Life-Recycling-Rate (vgl. Abbildung 10) sowie der End-of-Life-Recycling-Input-Rate (vgl. Abbildung 11). Während erstere sich auf den Anteil des zurückgewonnenen Materials durch Recycling am Gesamtmaterial bezieht, bezeichnet zweitere den Anteil an Rezyklat eines neuen Produktes. Die Recyclingraten in der EU liegen momentan für mehr als die Hälfte der kritischen Rohstoffe bei unter 5%.[12] Allerdings wird in den kommenden Jahren aufgrund der voranschreitenden Elektrifizierung und der zunehmenden Anzahl von Elektrofahrzeug-Batterien, die recycelt werden können, eine steigende Recyclingrate für die Batterierohstoffe erwartet.[13]

Abbildung 11: End-of-Life-Recycling-Input-Raten (EoL-RIR) in der EU



Quelle: Eigene Darstellung auf Basis der Europäischen Kommission (2023)

Für Rohstoffe, wie Arsen, Bor, Lithium, Seltene Erden, Strontium, Niob, Fluorit, Gallium, Phosphor und Silizium liegt derzeit die Recyclingrate nahezu bei 0%, womit es unter den derzeitigen Rahmenbedingungen kaum möglich scheint, Versorgungslücken bei diesen Rohstoffen über das Recycling zu schließen.

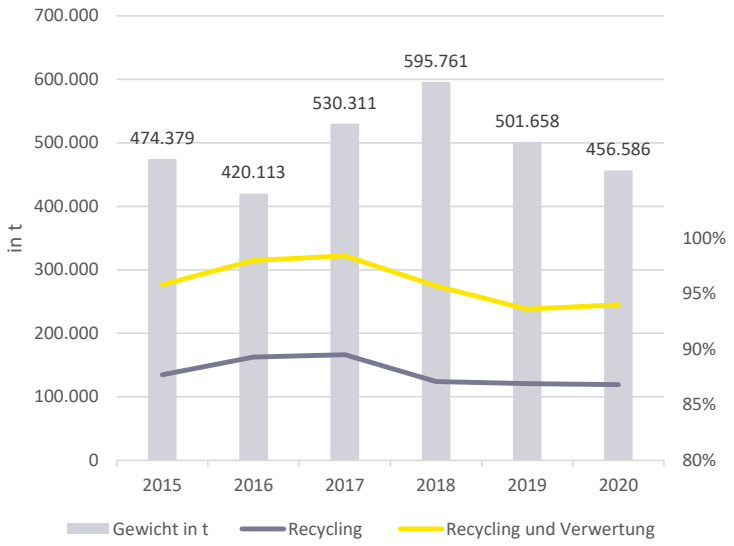
[12] Daten der EoL-RIR basieren auf der *Study on the Critical Raw Materials for the EU 2023*, da in dieser aktuellen Studie der Europäischen Kommission u.a. mittels der Durchführung von 30 neuen Material-System-Analysen erhebliche Anstrengungen unternommen werden, der geringen Verfügbarkeit, der mangelnden Qualität und der Repräsentativität der Daten entgegenzuwirken.

[13] Vgl. hierzu auch die Diskussionen u.a. zur Batterieverordnung im Abschnitt 3.3.

3.2 Recycling von Altfahrzeugen

Die EG-Altfahrzeug-Richtlinie[14] und die deutsche Altfahrzeug-Verordnung[15] geben vor, dass mindestens 95% des Leergewichts aller Altfahrzeuge wiederverwendet oder verwertet werden müssen. Davon sind mindestens 85% des Gewichtes zu recyceln. Im Juli 2023 hat die EU-Kommission einen Vorschlag zur Überarbeitung der Altfahrzeug-Richtlinie vorgelegt. Die Maßnahmen der vorgeschlagenen Verordnung sind u.a. darauf ausgerichtet, eine erhöhte Rückgewinnung von Rohstoffen, darunter auch kritische Rohstoffe, zu bewirken.[16]

Abbildung 12: Recycling- und Verwertungsquoten verwerteter Altfahrzeuge nach Gewicht (2015-2020)



Quelle: Eigene Darstellung auf Basis von Umweltbundesamt-Daten

In Deutschland wurde die Recyclingquote in den Jahren 2015 bis 2020 immer nahezu erreicht, nur in den Jahren 2019 und 2020 lag die Verwertungsquote leicht unter der Vorgabe (vgl. Abbildung 12). Da die Recyclingquoten auf Basis des Gewichts ermittelt werden, werden sie vorrangig durch "Massenmetalle" wie Aluminium, Nickel (Karosserie) und Kupfer erreicht, die auch hohe Recyclingraten aufweisen. Rohstoffe, die kritisch sind und nicht recycelt werden, wie z.B. Lithium, Seltene Erden, Gallium, fallen hier nicht ins Gewicht. Laut einer Studie des Verbands der Automobilindustrie (VDA) ist der recycelbare Anteil eines Fahrzeugs im Vergleich zu anderen Verbraucherprodukten besonders hoch.[17] Die Fahrzeuge der BMW Group werden bspw. derzeit im Durchschnitt aus knapp 30% recycelten und wiederverwendeten Materialien hergestellt. Unter Verfolgung des "Secondary First"-Ansatzes strebt BMW zudem an, den Einsatz von Sekundärmaterial kontinuierlich zu erhöhen. Das Unternehmen verfolgt das Ziel, diesen Anteil schrittweise auf 50% zu steigern.[18]

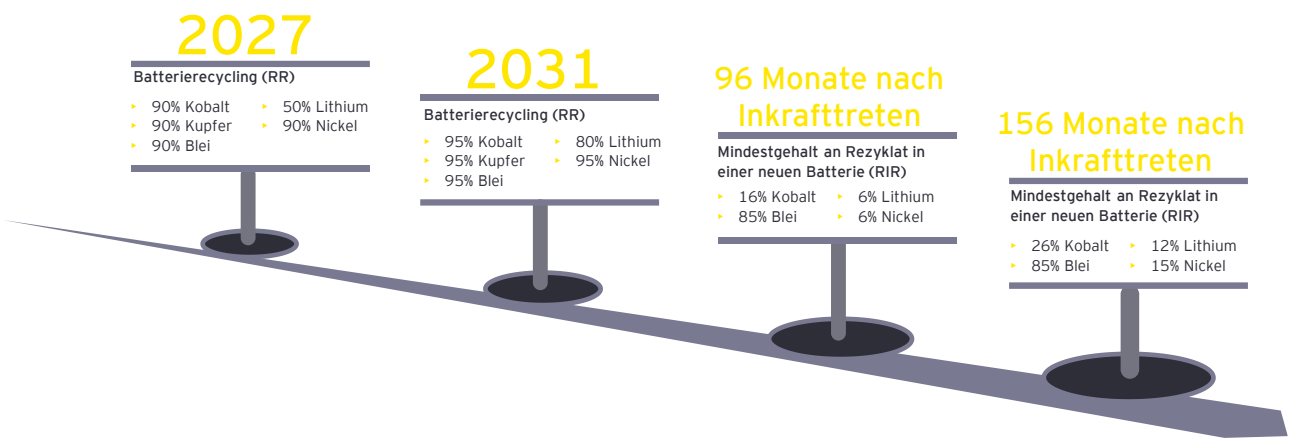
[14] Vgl. Richtlinie 2000/53/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 18.09.2000 über Altfahrzeuge: resource.html (europa.eu), zuletzt abgerufen am 18.07.2023.
[15] Vgl. Verordnung über die Überlassung, Rücknahme und umweltverträglich Entsorgung von Altfahrzeugen: AltfahrzeugV.pdf (gesetze-im-internet.de), zuletzt abgerufen am 18.07.2023.
[16] Vgl. hierzu Verbesserung der Konstruktion und des End-of-Life-Managements von Kraftfahrzeugen (europa.eu), zuletzt abgerufen am 15.08.2023.
[17] Vgl. hierzu Positionspapier_Zukunft-der-Kreislaufwirtschaft.pdf (vda.de), zuletzt abgerufen am 03.07.2023.
[18] Vgl. hierzu Zirkulärwirtschaft: nachhaltig ins Jahr 2040 | BMW.com, zuletzt abgerufen am 18.07.2023.

3.3 Recycling in der Automobilwirtschaft

Europäische Batterieverordnung

Die europäischen Zielvorgaben für das Recycling in der Automobilwirtschaft werden schrittweise erhöht. So sieht die neue europäische Batterieverordnung vom Juli 2023 vor, dass bis 2031 die Recyclingraten aus alten Batterien stark ansteigen sollen (siehe Abbildung 13).[19]

Abbildung 13: Recycling-Ziele der Batterieverordnung



Quelle: Eigene Darstellung auf Basis der Europäischen Kommission (2023)

Demnach sollen bis zum Jahr 2031 95% des Kobalts, des Kupfers und des Nickels als auch 80% des Lithiums aus einer Batterie wiedergewonnen werden. Außerdem ist vorgesehen, dass in den Jahren nach dem endgültigen Inkrafttreten der Verordnung auch der Mindestgehalt an Rezyklat für die kritischen Rohstoffe Kobalt, Lithium und Nickel erhöht wird. Die Batteriehersteller sind zudem verpflichtet, ihre neuen Batterien mit Informationen über die verbauten Rohstoffe und den prozentualen Anteil an recyceltem Material auszustatten.

2nd-Life-Wiederbenutzung

Nach dem ersten Einsatz einer Batterie gibt es verschiedene Möglichkeiten für ihre Wiederverwendung oder das Recycling. Alte Elektrofahrzeug-Batterien können in sogenannte 2nd-Life-Anwendungen integriert werden, bspw. für Energiespeicher oder die Ladeinfrastruktur. In Deutschland gibt es mehrere Projekte dieser Art, wie einen Ladepark von VW in Zwickau, einen Charging Hub von Audi in Nürnberg oder eine Speicherfarm von BMW in Leipzig.[20] In diesen Anlagen werden mehrere alte Batterien zu großen Speichern zusammengeschlossen. Diese können z.B. durch

[19] Vgl. Batterieverordnung des europäischen Parlaments und des Rates: Verordnung (EU) 2023/ des Europäischen Parlaments und des Rates vom 12. Juli 2023 über Batterien und Altbatterien, zur Änderung der Richtlinie 2008/98/EG und der Verordnung (EU) 2019/1020 und zur Aufhebung der Richtlinie 2006/66/EG (europa.eu), zuletzt abgerufen am 21.08.2023.

[20] Vgl. hierzu Second Life für Batterien: Volkswagen eröffnet Ladepark in Zwickau (automobil-produktion.de), Audi Charging Hub in Nürnberg in Betrieb - electrive.net und BMW nimmt "Speicherfarm" in Betrieb, 100.000 i3-Stromer produziert - ecomento.de, zuletzt abgerufen am 18.07.2023.

Solaranlagen aufgeladen werden oder bei hoher Belastung Strom ins Netz einspeisen. Dadurch wird die Nutzungsdauer der Batterien verlängert und eine effiziente Ressourcennutzung gefördert.

Recycling-Technologien

Es gibt verschiedene Technologien, um Batterien zu recyceln. Dabei wird zwischen der Pyrometallurgie und Hydrometallurgie unterschieden. Bei der Pyrometallurgie, die besonders effektiv für Batterien mit einem hohen Kobaltgehalt ist, werden die Materialien Nickel, Kobalt und Kupfer durch Schmelzprozesse wiedergewonnen. Allerdings ist diese Methode sehr energie- und kapitalintensiv. Lithium kann aus der entstandenen Schlacke in einem nachfolgenden Prozess, der Hydrometallurgie, gelöst werden. Dieser Prozess strebt Recyclingquoten von über 96% an und stellt Kobalt-, Nickel-, Lithium-Rezyklat in Batteriequalität her.[21]

VW betreibt bereits eine Pilotfabrik für die Metallurgie in Salzgitter und Mercedes-Benz baut momentan eine solche Fabrik in Kuppenheim, die voraussichtlich im Dezember 2023 in Betrieb genommen wird.[22] Auch Drittanbieter wie bspw. die BASF recyceln in ihrer Prototypanlage in einem hydrometallurgischen Prozess Lithium, Nickel, Kobalt und Mangan.[23] Da es derzeit noch zu wenige End-of-Life- bzw. ausgediente Batterien gibt, werden derartige Fabriken voraussichtlich erst Ende des Jahrzehnts wirtschaftlich rentabel sein.

---

[21] Vgl. hierzu Mercedes-Benz legt Grundstein für nachhaltige Batterie-Recyclingfabrik im süddeutschen Kuppenheim | Mercedes-Benz Group > Unternehmen > News, zuletzt abgerufen am 15.08.2023.

[22] Vgl. hierzu Aus alt mach neu – Batterierecycling in Salzgitter | Volkswagen Newsroom (volkswagen-newsroom.com), VW Elektroautos: Volkswagen startet Batterie-Recycling in Salzgitter (handelsblatt.com) und Mercedes-Benz legt Grundstein für nachhaltige Batterie-Recyclingfabrik im süddeutschen Kuppenheim | Mercedes-Benz Group > Unternehmen > News, zuletzt abgerufen am 18.07.23.

[23] Vgl. BASF und Porsche entwickeln gemeinsam leistungsstarke Lithium-Ionen-Batterie für Elektrofahrzeuge, zuletzt abgerufen am 15.08.2023.

4 Analyse einer europäischen Bedarfsdeckung

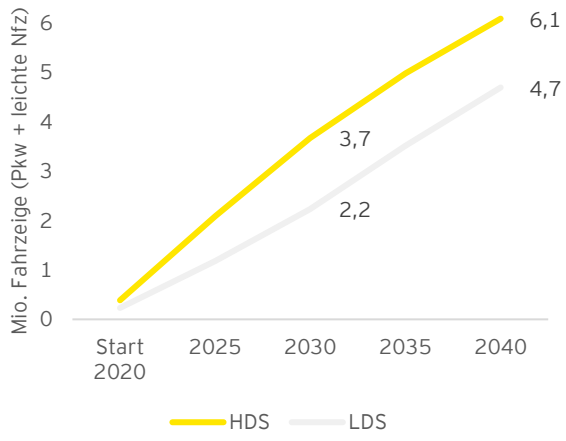
4.1 Zukünftiger Bedarf der Automobilwirtschaft und anderer Industrien

4.1.1 Zukünftiger Bedarf der Automobilwirtschaft

Zukünftig wird mit einem bislang beispiellosen Anstieg der Rohstoffnachfrage durch Zukunftstechnologien gerechnet (Carrara et al., 2023). Um den zukünftigen Rohstoffbedarf in der deutschen Automobilproduktion abzuschätzen, werden für die Elektromobilität als wichtigsten Treiber der Rohstoffnachfrage Szenarien zu den weltweiten Rohstoffbedarfen der Automobilproduktion (Elektromobilität und weitere automobile Zukunftstechnologien) ausgewertet. Die Abschätzung erfolgt für ein Low-Demand-Szenario und ein High-Demand-Szenario für das Jahr 2040, da die meisten Szenarien für dieses Jahr die erforderlichen Daten liefern (zur ausführlichen Darstellung der Methodik siehe Anhang 6.3 und Anhang 6.4). Dabei ist zu beachten, dass Szenarien keine Vorhersage der Zukunft sind. Vielmehr bilden sie Möglichkeitsräume und techno-ökonomische Pfade unter verschiedenen Annahmen und Unsicherheiten ab (Wietschel et al., 2021). Die großen Spannbreiten der Rohstoffbedarfe zeigen eine hohe Unsicherheit über die zukünftige Entwicklung, die sich aus den Möglichkeitsräumen ableiten (siehe Abbildung 21 im Anhang).

Für die zukünftigen Rohstoffbedarfe spielt neben der Technologie die Verbreitung der Elektromobilität eine entscheidende Rolle. Daher werden Szenarien zur Entwicklung der weltweiten Fahrzeugproduktion gesucht und als Low-Demand- oder High-Demand-Szenario klassifiziert. Basierend auf den derzeitigen Anteilen Deutschlands an der Produktion von Fahrzeugen mit elektrischem Antrieb werden die Szenarien auf Deutschland übertragen (siehe zur ausführlichen Methodik Anhang 6.3). Im Jahr 2040 rechnen die verschiedenen Szenarien mit einer weltweiten Fahrzeugproduktion zwischen 96 und 136 Mio. Fahrzeugen. Der Mittelwert aus allen Szenarien liegt bei 116 Mio. Fahrzeugen (siehe Abbildung 22 im Anhang). Nur ein Teil aller Fahrzeuge wird zukünftig elektrisch betrieben werden. Der Mittelwert über alle Szenarien hinweg liegt bei 80,2 Mio. Fahrzeugen mit Elektroantrieb (siehe Abbildung 23 im Anhang).

Abbildung 14: Szenarien zur Produktion von Elektrofahrzeugen in Deutschland (BEV und Plugin-Hybrid)



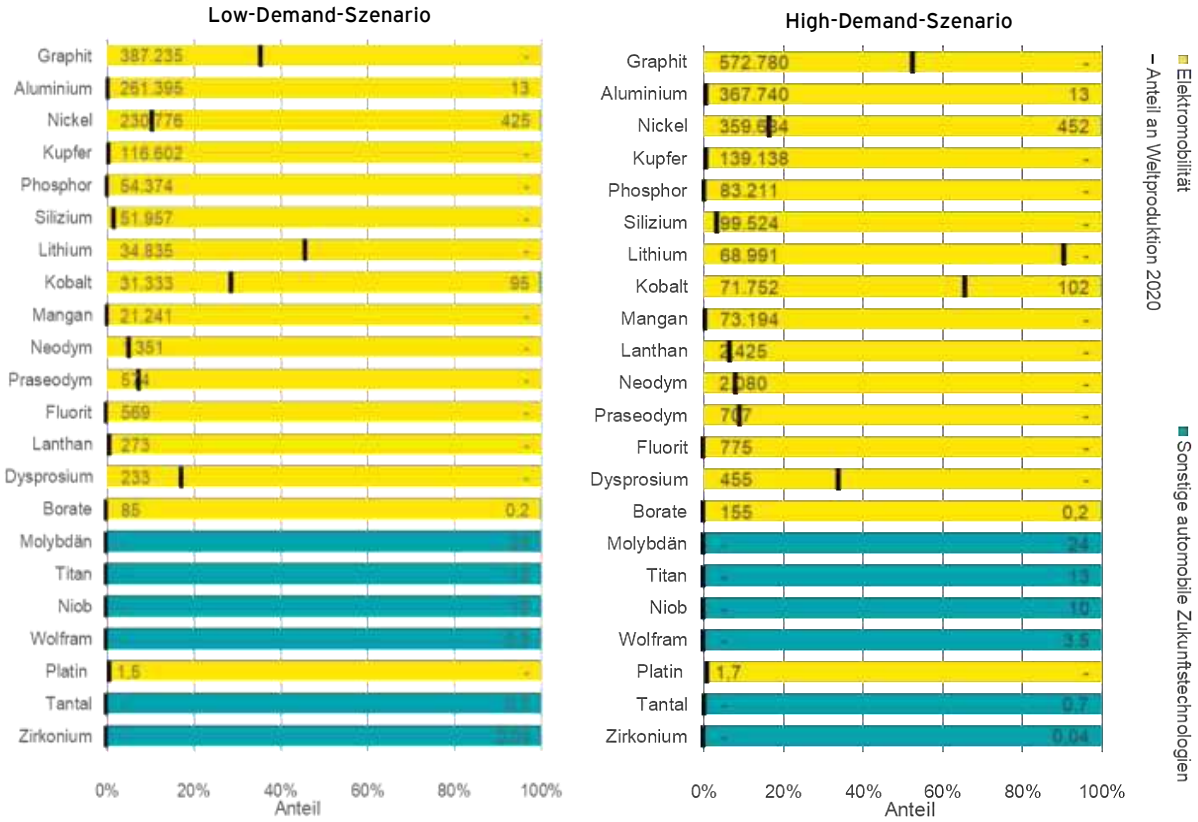
Quelle: Eigene Berechnung

Der VDA berichtet seit dem Jahr 2013 Produktionszahlen von Elektrofahrzeugen in Deutschland. Der Anteil der Elektrofahrzeuge ist erheblich angestiegen und liegt am im ersten Halbjahr 2023 bei rund 30% (siehe Abbildung 24 im Anhang). Gemessen an den weltweiten Verkaufszahlen (und damit Produktionszahlen) von Elektrofahrzeugen (IEA, 2023) erreicht die Produktion Deutschland im Zeitraum 2017 bis 2020 einen Anteil von 6,9% bei Pkw. Wird dieser Anteil an die Szenarien zur

weltweiten Produktion von Elektrofahrzeugen (Pkw und leichte Nfz) angelegt, kann im Jahr 2040 von einer Produktion zwischen 4,7 Mio. (Low Demand) und 6,1 Mio. (High Demand) Elektrofahrzeugen ausgegangen werden (siehe Abbildung 14). Im Jahr 2030 liegt die Produktion im Bereich der Elektromobilität zwischen 2,2 und 3,7 Mio. Fahrzeugen.

Die Ergebnisse der erfolgten Abschätzungen der Rohstoffbedarfe für die Elektromobilität (Batterien, Traktionsmotoren, Brennstoffzellen) sowie die sonstigen automobilen Zukunftstechnologien (autonomes und vernetztes Fahren, Superlegierungen, Displays) stellen sich auf dieser Grundlage wie folgt dar (vgl. Abbildung 15):

Abbildung 15: Rohstoffbedarf 2040 der Automobilindustrie in Deutschland für Elektromobilität und andere automobile Zukunftstechnologien (in Tonnen pro Jahr) und Anteil an der derzeitigen Weltproduktion (in %) im Low- und High-Demand-Szenario



Lesebeispiel: Im Jahr 2040 werden für die Elektromobilität im Low-Demand-Szenario 230.776 t Nickel und für weitere automobile Zukunftstechnologien 425 t Nickel benötigt. Der Bedarf der Automobilproduktion entspricht 10,7% der Weltproduktion aus dem Jahr 2020.

Quelle: Eigene Berechnungen

- Im Low-Demand-Szenario werden im Rahmen der Automobilproduktion mengenmäßig viele Rohstoffe für die Batterieproduktion benötigt: Graphit (387.235 t Nickel (230.776 t), Lithium (34.835 t), Kobalt (31.333 t) und Mangan (21.241 t). Zudem sind große Mengen an Aluminium, Kupfer und Silizium erforderlich, wobei noch größere Aluminiummengen in der Automobilproduktion außerhalb der Elektromobilität und sonstigen automobilen

Zukunftstechnologien eingesetzt werden (siehe Exkurs „Aluminium in der Automobilproduktion in Deutschland“ in Anhang 6.5). Werden Rohstoffe für beide Bereiche benötigt, dominiert die Elektromobilität den Gesamtbedarf. So sind im Low-Demand-Szenario 230.776 t Nickel für Batterien und 425 t für Superlegierungen erforderlich. Daneben gibt es einige Rohstoffe, wie Molybdän, Titan oder Niob, die nur für die weiteren automobilen Zukunftstechnologien Einsatz finden.

- Im High-Demand-Szenario steigen die Rohstoffbedarfe nochmals an. Die größten Rohstoffmengen werden im Jahr 2040 auch im High-Demand-Szenario für Batterien benötigt. Zwischen den Anteilen der Rohstoffnachfrage durch die Elektromobilität und den anderen automobilen Zukunftstechnologien gibt es kaum Veränderungen gegenüber dem Low-Demand-Szenario.

Allerdings geben die absoluten Mengen noch keine Auskunft über mögliche Rohstoffknappheiten. Daher werden die Rohstoffbedarfe in Relation zur heutigen Förderung (in der Regel Mittelwert der Fördermengen nach Carrara et al., 2023 und Marscheider-Weidemann et al., 2021)[24] gestellt. Hier zeigen sich sehr hohe Bedarfe bei den Batterierohstoffen Lithium (ca. 46%), Graphit (ca. 36%) und Kobalt (ca. 29%). Ebenfalls hohe Bedarfe gibt es bei Dysprosium (ca. 17%) (siehe Abbildung 15). Im High-Demand-Szenario steigen die Anteile an der heutigen Weltproduktion deutlich an: Bei Lithium könnte der Bedarf der deutschen Automobilproduktion über 90% der heutigen Weltproduktion ausmachen, bei Kobalt über 65% und bei Graphit über 52%. Der Anteil bei Dysprosium steigt auf über 33%. Vor diesem Hintergrund wird es stark von der Entwicklung der Batteriechemie abhängen, ob und bzw. in welchem Umfang Engpässe bei der Rohstoffversorgung auftreten. Eine Ausweitung des Rohstoffangebots aus zunehmender Bergbauproduktion und Recycling reduziert das Risiko von Engpässen weiter.

4.1.2 Bedarfskonkurrenz in anderen Industrien

Rohstoffe werden nicht nur für die Automobilproduktion in Deutschland benötigt, sondern auch für weitere Zukunftstechnologien. Carrara et al. (2023) haben den weltweiten Rohstoffbedarf für den Sektor erneuerbare Energien (Stromspeicher, Elektrolyseure, Windturbinen, Solaranlagen und Wärmepumpen) sowie den IKT-Sektor (Datenspeicher, Server, Endgeräte) untersucht.

Die Rohstoffbedarfe für diese Technologien werden hier nicht über die Produktions-, sondern über die Anwendungsseite abgeschätzt. Bei den Elektrolyseuren wird bspw. der in Deutschland erwartete jährliche Zubau der Elektrolyseurleistung herangezogen. Der Zubau kann aus inländischer Produktion, aber auch aus Importen stammen. Zugleich können Elektrolyseure aus inländischer Produktion auch exportiert werden. Gleiches gilt für Windturbinen, Solarpanels, Wärmepumpen und stationäre Batteriespeicher. Anhand des erwarteten Zubaus in Deutschland werden für diese

[24] In Marscheider-Weidemann et al. (2021) ist das Bezugsjahr für die Fördermengen 2018, Carrara et al. (2023) ist eine entsprechende Jahresangabe nicht zu entnehmen.

Bereiche die Rohstoffbedarfe abgeschätzt. Die Angaben folgender Studien werden herangezogen, um den jährlichen Zubau im Jahr 2040 abzuschätzen:

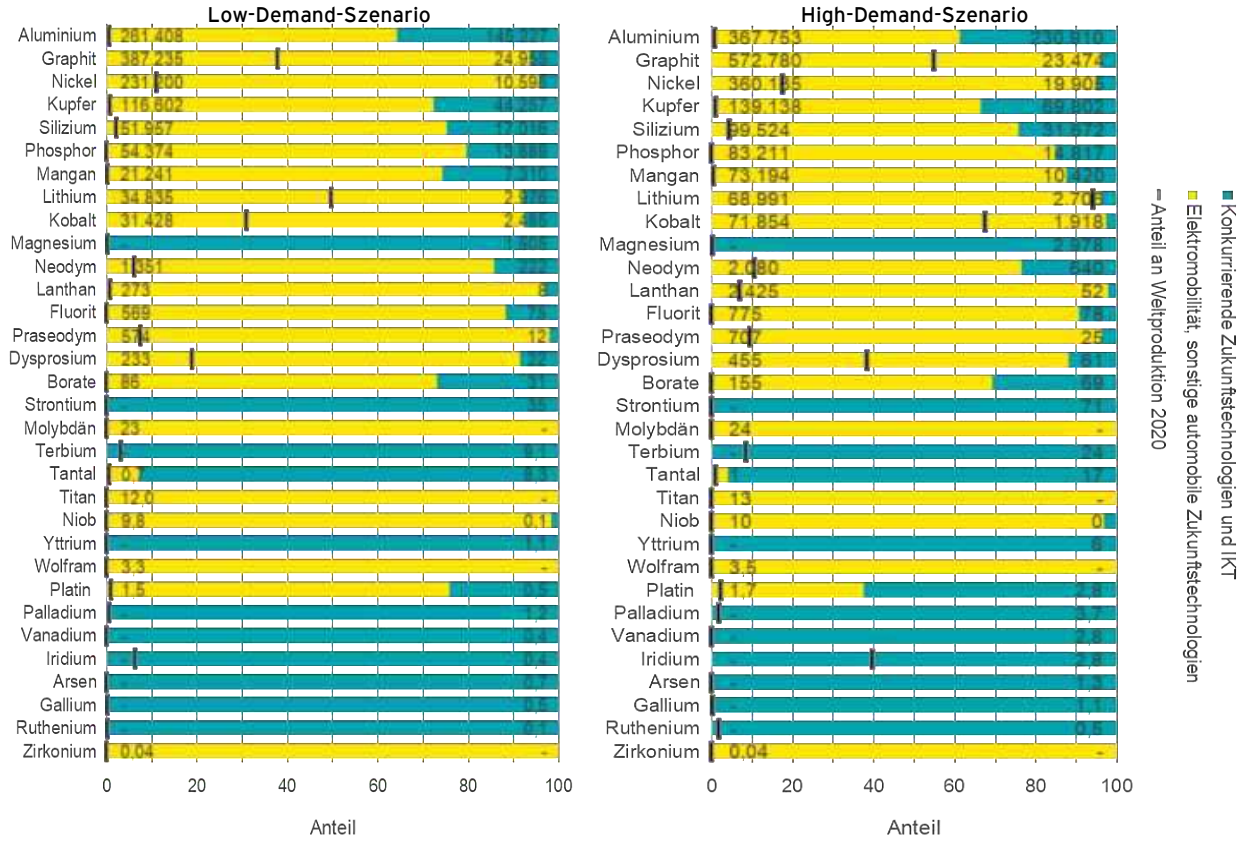
- Elektrolyseure: Brandes et al. (2021) und Wietschel et al. (2021)
- Wärmepumpen: Agora (2021) und Dena (2021)
- Stationäre Batteriespeicher: Agora (2021)
- Solar: Agora (2021)
- Windturbinen: Agora (2021) und Dena (2021)

Der IKT-Sektor wird in der Studie von Carrara et al. (2023) nur bis zum Jahr 2030 betrachtet. Um die Rohstoffbedarfe in der Europäischen Union bis zum Jahr 2040 abzuschätzen, wird das Wachstum der Jahre 2020 bis 2030 fortgeschrieben. Der deutsche Anteil wird dabei anhand des Anteils am europäischen IKT-Sektor bestimmt.

Durch die konkurrierenden Zukunftstechnologien zeigen sich in Deutschland weitere erhebliche Bedarfe, die in den Mengen aber hinter der Automobilproduktion zurückbleiben (siehe Abbildung 16). Angesichts sich abzeichnender Knappheiten und Risiken erhöhen die Rohstoffbedarfe der weiteren Zukunftstechnologien aber den Druck auf die Rohstoffbeschaffung der Automobilproduktion. Zugleich kommen Bedarfe bei weiteren Rohstoffen hinzu.

Insgesamt zeigt sich ein hoher Rohstoffbedarf der deutschen Automobilproduktion. Sie wird in Zukunft ein wesentlicher Treiber der Rohstoffnachfrage sein. Andere Zukunftstechnologien weisen im Vergleich bei vielen Rohstoffen eine eher geringere Nachfrage auf. Gleichwohl führt diese Nachfrage in der Summe zu teils hohen Nachfragen im Verhältnis zur heutigen Rohstoffproduktion, sodass auch vor dem Hintergrund der Rohstoffnachfrage anderer Länder mit kritischen Situationen zu rechnen ist, die sowohl die Automobilproduktion als auch die anderen Zukunftstechnologien gefährden. Allerdings muss dies nicht zwingend bedeuten, dass die Rohstoffe in Deutschland direkt verarbeitet werden. Die Automobilwirtschaft weist globale Wertschöpfungsketten auf. Deshalb können Rohstoffe, die Deutschland für die Produktion benötigt, bereits in im Ausland hergestellten Komponenten enthalten sein, bspw. bei Displays. Somit kann festgehalten werden, dass es hohe Rohstoffbedarfe der deutschen Automobilproduktion gibt, es aber unklar bleibt, ob diese Rohstoffe direkt in Deutschland verarbeitet werden.

Abbildung 16: Rohstoffbedarf 2040 der Automobilindustrie in Deutschland und konkurrierender Zukunftstechnologien (in Tonnen pro Jahr) und Anteil an der derzeitigen Weltproduktion (in %)



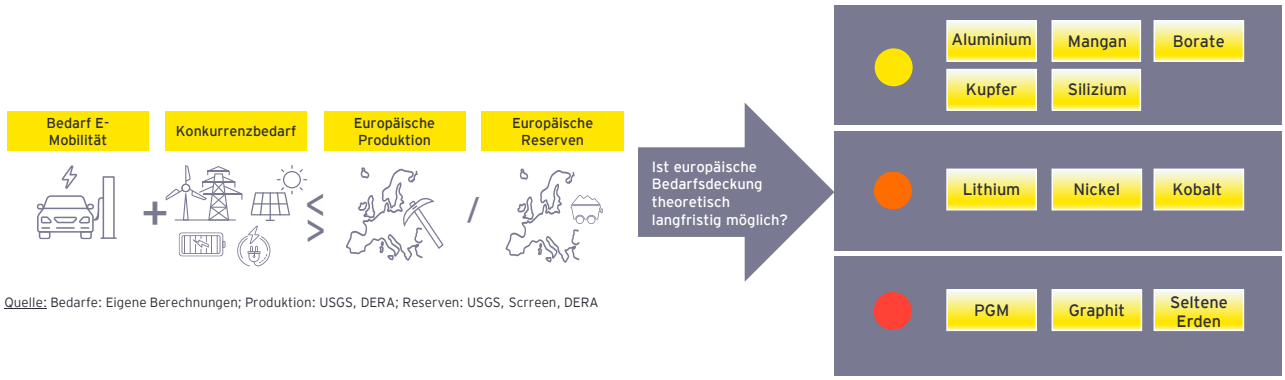
Lesebeispiel: Im Jahr 2040 werden für die Automobilproduktion im High-Demand-Szenario 360.135 t Nickel und für konkurrierende Zukunftstechnologien 19.905 t Nickel benötigt. Der gesamte Bedarf entspricht 17,5% der Weltproduktion aus dem Jahr 2020

Quelle: Eigene Berechnungen

4.2 Bedarfsdeckung

Zur Untersuchung der potenziellen Bedarfsdeckung kritischer Rohstoffe in der Automobilindustrie werden die Bedarfe der deutschen Automobilindustrie (vgl. Abschnitt 4.1.1) und die Bedarfe der konkurrierenden Industrien (vgl. Abschnitt 4.1.2) der europäischen Förderung und den europäischen Vorkommen gegenübergestellt. Zusätzlich wird die Sekundärproduktion durch Berücksichtigung der aktuellen Recyclingraten (vgl. Abschnitt 3.1) als weiterer Faktor in die Betrachtung einbezogen. In Bezug auf diese Analyse ist anzumerken, dass es sich bei dieser Einschätzung um eine Bewertung der langfristigen europäischen Bedarfsdeckung handelt und nicht um eine Einschätzung der Kritikalität der Rohstoffe. Eine umfassende Diskussion zur Kritikalität der Rohstoffe kann dem Kapitel 2.1 entnommen werden. Die Ergebnisse zur Analyse einer möglichen europäischen Bedarfsdeckung der für die Automobilwirtschaft kritischen Rohstoffe stellt sich wie folgt dar (vgl. Abbildung 17):

Abbildung 17: Einschätzung zur europäischen Bedarfsdeckung



Quelle: Bedarfe: Eigene Berechnungen; Produktion: USGS, DERA; Reserven: USGS, Scrreen, DERA

Quelle: Eigene Darstellung

Kategorie I: Aluminium, Mangan, Borate, Kupfer, Silizium

Aluminium

Um eine Einschätzung zur langfristigen europäischen Bedarfsdeckung für Aluminium in Europa vornehmen zu können, sind verschiedene Aspekte zu berücksichtigen. Dabei spielen die Prozessschritte des Bergbaus, der Tonerde-Produktion und der Schmelzflusselektrolyse eine entscheidende Rolle.[25] Insbesondere ist zu beachten, dass die Elektrolyse zur Herstellung von Primäraluminium stark von den Strompreisen abhängig ist. Die aktuelle Energiepreissituation führt zu einem Rückgang der heimischen Primäraluminiumproduktion, was die Versorgungslage und die bestehenden Abhängigkeiten weiterhin verschärft. Im Jahr 2021 wurden von der deutschen Aluminiumindustrie 1,1 Mio. t Rohaluminium erzeugt.[25] Die Herstellung von Rohaluminium teilt sich auf 509.000 t Hüttenaluminium und 564.000 t Recyclingaluminium auf.[25] Als stabile Handelspartner haben Norwegen und Island im selben Jahr zusammen 2,15 Mio. t Primäraluminium produziert.[26]

Eine umfassende Einschätzung der europäischen Aluminiumreserven gestaltet sich dahingehend schwierig, da sich verfügbare Daten auf Bauxitreserven beschränken, welche keine Aussagen zu dem enthaltenem Aluminiumgehalt beinhalten und daher auch nicht mit dem Prozessschritt der Primärproduktion vergleichbar sind.[27] Aufgrund der Datenlage lassen sich daher nur eingeschränkt Schlüsse auf eine europäische Bedarfsdeckung ziehen. Übergreifend lässt sich feststellen, dass die hohe Recyclingfähigkeit und europäische Bauxitreserven (Griechenland, Rumänien, Italien) ein gewisses Potenzial anzeigen, wobei die Industrie auf Importabhängigkeiten und mögliche Engpässe hinweist, die die aktuelle Bedarfsdeckung in der Automobilindustrie beeinflussen könnten.

---

25 Vgl. WV Metalle Geschäftsbericht Situation in den Teilbranchen | 21.22 WVMetalle (wvmetalle-geschaeftsbericht.de)
26 Vgl. hierzu Daten von USGS, Stand 2021 und 2022: Aluminum (usgs.gov), zuletzt abgerufen am 15.08.2023.
27 Das Scrreen Factsheet zu Aluminium gibt 250 Mio. t Bauxitreserven in Griechenland an, 2,5 Mio. t Reserven in Rumänien und 1 Mio. Tonne in Italien: SCRREEN2_factsheets_ALUMINIUM.pdf, zuletzt abgerufen am 18.07.2023.

- **Mangan**

  Gemäß den Daten von USGS wurde im Jahr 2021 in Europa eine Menge von 234.000 t Mangan-Inhalt produziert.[28] Diese setzt sich aus 224.000 t aus Georgien, 7.000 t aus Bulgarien und 3.000 t aus Rumänien zusammen.

  Die steigende Nachfrage im Bereich der Elektromobilität wird für das Jahr 2040 auf etwa 47.200 t geschätzt, während konkurrierende Industrien voraussichtlich einen Bedarf von 8.900 t haben werden.[29]

  Tschechien stellt einen bedeutenden Standort für Explorations- und Bergbauprojekte im Bereich Mangan dar. Hier sind einige der weltweit größten Ressourcen und Reserven von etwa 26,9 Mio. t vorhanden.[30]

  Unter der Voraussetzung, dass der Zugang zu europäischen Manganquellen gewährleistet werden kann, deutet die Kombination aus den derzeitigen Produktionsmengen in Europa und den umfangreichen Manganvorkommen in Tschechien darauf hin, dass eine europäische Deckung des Manganbedarfs prinzipiell möglich ist.[31]

- **Borate**

  Der prognostizierte Bedarf an Boraten beläuft sich auf etwa 170 t bis zum Jahr 2040.[29] Deutschland fördert derzeit etwa 60.000 t Bor.[32] Des Weiteren verfügt Serbien über bedeutende Ressourcen von mehreren Mio. t Bortrioxid.[33] Eine europäische Bedarfsdeckung wird somit als möglich eingeschätzt.

- **Kupfer**

  Die geschätzte Nachfrage nach Kupfer wird im Jahr 2040 bei etwa 186.000 t liegen.[29] Die Primar-Kupferschmelzproduktion in Europa liegt bei ca. 1,9 Mio. t[34], während die sekundäre Kupferschmelzproduktion etwa 0,7 Mio. t beträgt.[35]

  Die Primär-Raffinadeproduktion beläuft sich auf 1,9 Mio. t, während die Sekundär-Raffinadeproduktion ca. 0,9 Mio. t erreicht.[36]

---

28 Vgl. hierzu die Datenbank von USGS unter: myb1-2021-manga-ert.xlsx (live.com), zuletzt abgerufen am 17.08.2023.
29 Daten stammen aus den Abschnitten 4.1.1 und 4.1.2, wobei Durchschnitte der Werte des Low- und High-Demand-Szenarios gebildet werden.
30 Vgl. hierzu Mangan - Rohstoffwirtschaftliche Steckbriefe (deutsche-rohstoffagentur.de), zuletzt abgerufen am 18.08.23.
31 Die Analyse bezieht sich auf die erste Wertschöpfungsstufe (Förderung). Dabei ist zu berücksichtigen, dass für eine umfassende europäische Manganproduktion auch der Aufbau von Weiterverarbeitungskapazitäten mitgedacht werden muss.
32 Vgl. hierzu Boron (usgs.gov), zuletzt abgerufen am 18.08.2023.
33 Vgl. hierzu SCRREEN2_factsheets_BORATES.pdf, zuletzt abgerufen am 18.08.2023.
34 Vgl. hierzu myb1-2020-coppe-ert.xlsx (live.com), Stand: 2020, zuletzt abgerufen am 18.08.2023. Die Produktionsmenge setzt sich aus den Produktionsmengen für Bulgarien, Finnland, Deutschland, Polen, Serbien, Spanien und Schweden zusammen.
35 Vgl. hierzu myb1-2020-coppe-ert.xlsx (live.com), Stand: 2020, zuletzt abgerufen am 18.08.2023. Die Produktionsmenge setzt sich aus den Produktionsmengen für Österreich, Belgien, Bulgarien, Finnland, Deutschland, Polen, Serbien, Slowakei, Spanien und Schweden zusammen.
36 Vgl. hierzu myb1-2020-coppe-ert.xlsx (live.com), Stand: 2020, zuletzt abgerufen am 18.08.2023.

Sowohl Polen als auch Deutschland treten als wichtige Produktionsländer für Kupfer in Europa hervor, wobei Deutschland insbesondere in der Sekundärproduktion hervorsticht.

Angesichts dieser Fakten sowie polnischen Reserven in Höhe von 30 Mio. t scheint eine europäische Bedarfsdeckung realisierbar.[37]

- **Silizium**

Die prognostizierte Nachfrage nach Silizium wird im Jahr 2040 voraussichtlich bei etwa 102.000 t liegen.[29] Die Produktion von Siliziummetall und Ferrosilizium in Europa betrug im Jahr 2021 ca. 1,1 Mio. t und verteilte sich auf verschiedene Länder. Norwegen produzierte bspw. etwa 480.000 t, Island 156.000, Frankreich 144.000 t, Spanien 89.000 t und Polen 75.000 t. Deutschland trug mit 64.000 t Siliziummetall zur europäischen Gesamtproduktion von Siliziummetall und Ferrosilizium bei.[38]

Wichtig dabei zu beachten ist, dass in der Automobilindustrie Reinstsilizium eingesetzt wird. Dies bedeutet, dass auf einer Mrd. Teile Silizium nur eine äußerst geringe Menge schädlicher Fremdatome akzeptabel ist. Ausgangsrohstoff für die Produktion von Silizium ist Quarz. Daher sind äußerst reine Quarzrohstoffe vonnöten, die durch wiederholte Reinigungsprozesse auf die erforderlichen Reinheitsgrade gebracht werden. Deutschland verfügt bspw. über hochwertige Quarzsandvorkommen, während geeignete Quarzrohstoffe für die Siliziumherstellung seltener sind.[39] Eine europäische Deckung des Bedarfs im Jahr 2040 scheint unter Nutzung vorhandener Vorkommen in Europa realisierbar, sofern potenzielle Herausforderungen, wie bspw. konkurrierende Nutzungsansprüche, erfolgreich bewältigt werden.

Kategorie II: Lithium, Nickel, Kobalt

- **Lithium**

Die gegenwärtige europäische Produktion von Lithium ist noch sehr gering und kann den Bedarf nicht decken. Derzeit liegen keine Daten zu europäischen Reserven vor, aber Daten zu europäischen Ressourcen, also Lithiummengen, die geologisch nachgewiesen sind, aber derzeit nicht wirtschaftlich gewonnen werden können.[40] Durch die zukünftige Erschließung dieser Ressourcen sowie einer zu erwartenden steigenden Recyclingrate, u.a. durch eine wachsende Menge an recycelbaren Elektrofahrzeug-Batterien, zeichnet sich die Möglichkeit ab, den zukünftigen Bedarf an Lithium zu decken. Dies eröffnet das Potenzial für eine Lithiumproduktion in Europa unter wirtschaftlich rentablen und technologisch geeigneten Rahmenbedingungen.

---

37 Vgl. hierzu Copper (usgs.gov), zuletzt abgerufen am 18.08.2023.
38 Vgl. hierzu myb1-2021-simet-ERT.xlsx (live.com), Stand: 2021, zuletzt abgerufen am 21.08.2023.
39 Vgl. hierzu Quarzrohstoffe in Deutschland (bund.de), zuletzt abgerufen am 21.08.2023.
40 Gemäß USGS-Daten aus dem Jahr 2023 existieren in Deutschland 3,2 Mio. t Lithium-Ressourcen, 68.000 t in Finnland, 60.000 t in Österreich, 270.000 t in Portugal und 320.000 t in Spanien.

- **Nickel**

  Die prognostizierte Nickelnachfrage für das Jahr 2040 beläuft sich auf etwa 310.100 t[29], was derzeit die europäische Nickelförderung übersteigt: Die Fördermengen in Finnland, Griechenland und Norwegen belaufen sich auf etwa 52.100 t.[41]

  Die Vorkommen an Nickel in Europa, unter Vorbehalt in Spanien mit ca. 680.000 t Nickel-Inhalt und in Finnland mit ca. 59.000 t Nickel-Inhalt sowie den nachgewiesenen 480.000 t Nickel-Inhalt in Finnland, könnten ausreichen, um den Bedarf für Nickel im Jahr 2040 vorübergehend zu decken.[42] Die tatsächliche Verfügbarkeit von Nickel unterliegt jedoch verschiedenen Faktoren, einschließlich technischer Herausforderungen und wirtschaftlicher Rentabilität. Andererseits gewinnt das Recycling von Nickel zunehmend an Bedeutung und könnte die Perspektive auf den künftigen Nickelbedarf beeinflussen. Bei einer Recyclingrate von 42% und einer Rückgewinnungsrate von 16% zeigt sich hierbei weiterhin Potenzial.

- **Kobalt**

  Für Kobalt gibt es keine nennenswerte europäische Produktion und auch die Nutzung der bekannten Reserven würde lediglich für eine Bedarfsdeckung von etwa sechs Jahren ausreichen.[43] Zu beachten ist dabei, dass mittels des Recyclings (aktuelle RR: 32%, RIR: 22%) die Dauer einer möglichen Bedarfsdeckung verlängert werden könnte.

Kategorie III: Platingruppenmetalle, Graphit und Seltene Erden

Wenig Chancen auf eine europäische Bedarfsdeckung werden aktuell bei den Rohstoffen der Platingruppenmetalle, Graphit und den Seltenen Erden gesehen.

- **Seltene Erden**

In Europa eröffnen sich vermehrt Chancen und Potenziale für Projekte zur Förderung Seltener Erden. Ein bedeutendes Vorkommen wurde bspw. Anfang 2023 in Schweden entdeckt. Allerdings wird es noch einige Jahre dauern, bis diese Ressource abbaubar wird. Gleichzeitig plant bspw. das Unternehmen Tanbreez Mining, ab dem kommenden Jahr Seltene Erden in Grönland abzubauen. Die notwendige Genehmigung liegt bereits vor, die Errichtung der Fabrik steht noch aus. Schätzungen gehen davon aus, dass ungefähr 19 Mio. t Seltene-Erden-Oxide vorhanden sind, von denen rund 30% zu den Schweren Seltenen Erden gehören.[44]

---

41 In Finnland werden außerdem 31.000 t Zwischenprodukte hergestellt. Die primäre Nickelproduktion in Europa verteilt sich wie folgt: Finnland mit 62.400 t (davon 62.400 t in Form von Chemikalien und Metall), Frankreich mit etwa 6.900 t (Metall und Nickelchlorid), Griechenland mit circa 12.000 t (Ferronickel), Norwegen mit 92.100 t (Metall), Österreich mit 1.000 t (Ferronickel) und das Vereinigte Königreich mit 35.000 t (Metall). Vgl. myb1_2019_nicke-advrel.xlsx (live.com), zuletzt abgerufen 21.08.2023.

42 Vgl. Scrreen Factsheet zu Nickel unter: SCRREEN2_factsheets_NICKEL.pdf, zuletzt abgerufen am 18.07.2023.

43 Vgl. hierzu SCRREEN2_factsheets_COBALT.pdf, zuletzt abgerufen am 21.08.2023. Die Abschätzung einer ca. sechsjährigen Bedarfsdeckung ergibt sich aus den Reserven von insgesamt 282.000 t Nickel in Finnland, Griechenland und Polen und den in den Abschnitten 4.1.1 und 4.1.2 ermittelten Daten des Low- und High-Demand-Szenarios.

44 Vgl. Ab 2024 könnten Seltene Erden in Grönland abgebaut werden - electrive.net, zuletzt abgerufen am 21.08.2023.

- **Graphit**

Der Bedarf an Graphit im Jahr 2040, der auf rund 0,5 Mio. t geschätzt wird, übersteigt die derzeitige europäische Produktion von etwa 7.000 t Graphit (Norwegen, Österreich und Deutschland) erheblich.[45] Dennoch besteht Potenzial, den Bedarf durch europäische Förderung zu decken. Dies zeigt sich insbesondere in den beträchtlichen Reserven in Schweden mit 10,7 Mio. t Graphit-Inhalt, 1,3 Mio. t Graphit-Inhalt in Finnland und etwa 0,4 Mio. t Graphit-Inhalt in Norwegen.[46] Dabei ist zu beachten, dass die gegenwärtig ausgewiesenen Reserven begrenzt sind und dass auch ein erheblicher Fortschritt im Recycling notwendig wäre, um eine nachhaltige langfristige Deckung des Bedarfs innerhalb Europas herbeizuführen.

- **Platingruppenmetalle**

Bei Platingruppenmetallen sind hingegen weder die Produktion noch die bekannten europäischen Vorkommen ausreichend, um den Bedarf der E-Mobilität und konkurrierender Industrien decken zu können. Das Recycling stellt hier die einzige Möglichkeit dar, den Bedarf zumindest teilweise durch europäische Produktion decken zu können. Allerdings spiegelt die aktuelle Recyclingrate von 55% und die Rückgewinnungsrate von 12% wider, dass nach wie vor erhebliche Herausforderungen bestehen, die bewältigt werden müssen.

[45] Vgl. hierzu Graphite (Natural) (usgs.gov), zuletzt abgerufen am 21.08.2023.
[46] Vgl. hierzu https://scrreen.eu/wp-content/uploads/2023/08/SCRREEN2_factsheets_GRAPHITE.pdf, zuletzt abgerufen am 21.08.2023.

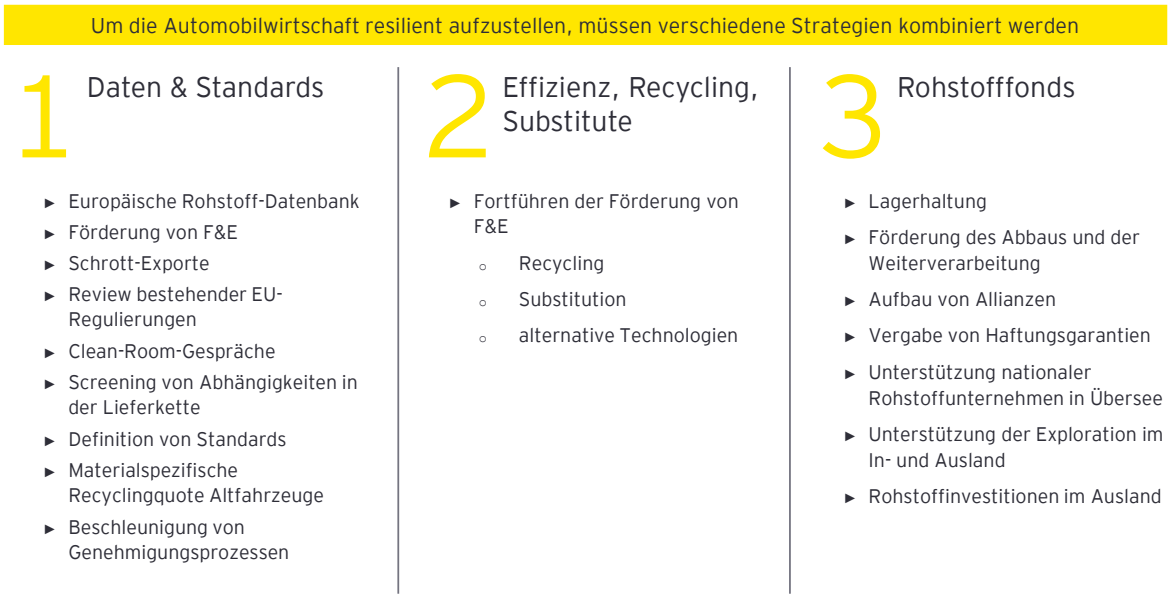
5 Diskussion von Handlungsoptionen

Die im Jahr 2022 im Auftrag des BMWK und von EY durchgeführte *Studie zur Untersuchung staatlicher Instrumente zur Erhöhung der Versorgungssicherheit von mineralischen Rohstoffen* ergab, dass isolierte Maßnahmen keine hinreichende Wirkung erzielen, um die Versorgungssicherheit zu erhöhen.[47] Grund dafür ist, dass die Analysen verdeutlichen, dass unterschiedliche Ansätze der Länder die Wirksamkeit in Bezug auf das Rohstoffversorgungsrisiko prägen: Während Südkorea und Japan bspw. auf umfangreiche Maßnahmenportfolios setzen und sowohl indirekt wirkende Ansätze, wie die Förderung von Innovationen, als auch direkte wirkende Maßnahmen, wie staatliche Rohstoffunternehmen, Auslandsinvestitionen und Rohstofflager verfolgen, liegt der Fokus in Europa insbesondere auf der Förderung im Bereich Effizienz, Recycling und Innovation. Europäische Staaten unterstützen zwar auch Exploration, doch weniger ausgeprägt als Südkorea und Japan. Insbesondere die Kombination verschiedener Maßnahmen in rohstoffpolitisch aktiven Ländern scheint dazu beizutragen, das Versorgungsrisiko dauerhaft zu verringen. Daher könnte mithilfe der Implementierung eines deutschen bzw. europäischen Rohstofffonds gezielt die Finanzierung von Maßnahmen zur Verminderung des Rohstoffversorgungsrisikos ermöglicht werden. (siehe Kurzbeschreibung des Vorgehens und der Ergebnisse der Studie im Anhang Abschnitt 6.6.).

Die in den Handlungsempfehlungen genannten Institutionen sollten die Maßnahmen aufgrund der längerfristigen Wirkungsentfaltung zeitnah umsetzen. Darüber hinaus ist zu beachten, dass nicht jede Maßnahme bei jedem Problem wirkt. Dies hat u.a. den Hintergrund, dass die Wirkungsdauern sich unterscheiden. Übergreifend ist ein umfangreiches Portfolio an Maßnahmen aus den drei Blöcken *Daten & Standards, Effizienz, Recycling & Substitute und Rohstofffonds* zu implementieren, um die deutsche A*utomobilwirtschaft sowohl kurz-, mittel- als auch langfristig resilient aufzustellen (*vgl. Abbildung 18*).*

[47] Vgl. BMWK - Staatliche Instrumente zur Erhöhung der Versorgungssicherheit vonmineralischen Rostoffen, zuletzt abgerufen am 18.07.2023.

Abbildung 18: Strategien und deren Zuordnung zu drei übergeordneten Maßnahmenblöcken



Quelle: Eigene Darstellung

Die Tabelle 2, Tabelle 3 und Tabelle 4 bieten einen Überblick über die einzelnen Strategien, die den drei Maßnahmenblöcken zugeordnet sind. Dahingehend werden alle Strategien hinsichtlich der folgenden Aspekte untersucht:

- Politische Umsetzbarkeit,
- Umsetzungsdauer der Strategie (kurzfristig: 1-3 Jahre, mittelfristig: 3-10 Jahre, langfristig: >10 Jahre),
- Kosten und Nutzen,
- Wechselwirkung mit anderen Empfehlungen (Zielkonflikte, Synergien) und mit Strategien anderer Staaten und strategische Reaktionen von Unternehmen und Staaten aus Europa und dem Rest der Welt.

Tabelle 2: Maßnahmen Block I - Daten & Standards

Maßnahmen Block I – Daten & Standards					
Maßnahme	**Beschreibung**	**Politische Umsetzbarkeit**	**Umsetzungsdauer Strategie**	**Kosten/Nutzen**	**Wechselwirkungen**
Europäische Rohstoffdatenbank	▶ Errichtung einer europäischen Rohstoffdatenbank, welche Daten zu Förderung, Weiterverarbeitung, Reserven, Ressourcen und Verwendung enthält	▶ Angelehnt an Mineral Commodity Summaries des US Geological Survey (USGS) ▶ Ggfs. Einbindung im D-EITI-Rahmen	▶ Mittelfristig umsetzbar	▶ Relativ kostengünstig und Grundvoraussetzung einer aktiven Rohstoffpolitik	▶ Grundlage/vorgelagerte Maßnahme, auf der alle anderen Maßnahmen aufbauen können
Schrott-Exporte	▶ Rücknahmepflicht/-recht (an Hersteller) ▶ Ggfs. Exportverbot von Altfahrzeugen ▶ Ggfs. Rohstoffauktion: Teilnahme aller Recycling- und Rohstoffindustrieunternehmen an Versteigerung von Schrottmaterialien	▶ Umsetzung auf nationaler Ebene ausgeschlossen ▶ Europäische Lösung eindeutig priorisiert	▶ Kurzfristig umsetzbar (Wirkung setzt bei einigen kritischen Rohstoffen erst mittel- bis langfristig ein)	▶ Kostengünstig (Verwaltungs- und Durchsetzungskosten) ▶ Hoher Nutzen (Förderung des Recyclingsektors, Entlastung des Importmarktes, Vermeidung von Umweltauswirkungen, Schaffung eines transparenten und regulierten Marktes)	▶ Anreiz Schrottrecycling im Inland steigt → Nachfrage nach Recyclingdienstleistungen steigt → Stärkung des heimischen Recyclingsektors → Abhängigkeit von Primärrohstoffen sinkt ▶ Anreiz zu recyclingfreundlichem Fahrzeug-Design (Modularisierung) ▶ Minimierung der Umweltauswirkungen ▶ Die Maßnahme ist in Verbindung mit der Förderung der nationalen Recyclingindustrie zu betrachten, um zusätzliche Kapazitäten aufzubauen

Maßnahmen Block I – Daten & Standards					
Maßnahme	**Beschreibung**	**Politische Umsetzbarkeit**	**Umsetzungsdauer Strategie**	**Kosten/Nutzen**	**Wechselwirkungen**
Review bestehender EU-Regulierungen	▶ Prüfen von Widersprüchen bzw. Zielkonflikten zu Versorgungssicherheit bei kritischen Rohstoffen in Deutschland und der EU ▶ Bspw. REACH, PFAS, Lieferkettengesetz, ESG, etc.	▶ Keine Einschränkungen	▶ Kurz- bis mittelfristig je nach Umfang des Reviews umsetzbar	▶ Relativ kostengünstig (Analyse der bestehenden Regulierungen unter Einbindung der Stakeholder) ▶ Hoher Nutzen (Konsens über Änderungen und Anpassungen zum Abbau unnötiger Bürokratie und regulatorischen Hürden zur Stärkung der Wettbewerbsfähigkeit, Innovation und Investition)	▶ Auflösen von Widersprüchen in EU-Regulierungen begünstigen neue Rohstoffvorhaben ▶ Verringerung von Innovationsbarrieren
Clean-Room-Gespräche	▶ Abfrage bzw. Erfassung der Daten der OEM und Zulieferer über Wertschöpfungskette hinweg ▶ Anonymisierte Datenabfrage der Automobilhersteller ▶ Bspw. Ist-Importmengen (Rohmaterial), Herkunftsländer der Rohstoffe, beteiligte Länder in den Wertschöpfungsketten, geplante / benötigte Importmengen, Verschiebung von Rohstoffbedarfen (ICE vs. BEV), …	▶ Keine Einschränkungen	▶ Kurzfristig umsetzbar	▶ Geringe Kosten (Koordination, Organisation) ▶ Hoher Nutzen (Transparenz über Bedarf und Bezug von Rohstoffen der deutschen Automobilwirtschaft)	▶ Grundlage zur Identifikation von Maßnahmen, um ggfs. Abhängigkeiten in den Lieferketten zu reduzieren ▶ Positive Korrelation mit einer europäischen Datenbank (mit Fokus auf die Automobilindustrie) → Detaillierte und transparente Einschätzung
Screening von Abhängigkeiten in der gesamten	▶ Förderung eines Projekts zum Screening der Abhängigkeiten auf den einzelnen Wertschöpfungsstufen	▶ Keine Einschränkungen	▶ Kurzfristige Implementierung	▶ Relativ kostengünstig ▶ Hoher Nutzen (durch Identifikation von Abhängigkeiten können schneller Gegenmaßnahmen	▶ In Verbindung mit Clean-Room-Gesprächen und Rohstoffdatenbank: umfassende Gestaltung einer fundierten, transparenten und partizipativen Rohstoffpolitik

Maßnahmen Block I – Daten & Standards					
Maßnahme	**Beschreibung**	**Politische Umsetzbarkeit**	**Umsetzungsdauer Strategie**	**Kosten/Nutzen**	**Wechselwirkungen**
Wertschöpfungskette	▶ Dauerhaftes Monitoring ermöglicht Bewertung hinsichtlich der Wirkung implementierter Maßnahmen		▶ Langfristige Wirkung	implementiert werden, zudem ermöglicht ein dauerhaftes Monitoring die Evaluation der Wirksamkeit von Maßnahmen)	
Definition von Standards	▶ Nachhaltige Transparenzstandards ▶ Standards für die Dekonstruktion eines Autos hins. einer hochwertigen Wiederverwendung von Teilen und einer ordnungsgemäßen Entsorgung ▶ Vereinheitlichung des Aufbaus der Batterien zur besseren Recyclingfähigkeit	▶ Umsetzbar in Zusammenarbeit mit Wissenschaft und Industrie	▶ Kurzfristig implementierbar ▶ Langfristige Wirkung	▶ Sehr aufwendig für die Industrie da momentan jeder Hersteller unterschiedliche Batterien baut ▶ Höhere Recyclingrate zu erwarten bei langfristig geringeren Kosten	▶ Eine zu starke Eingrenzung könnte den technischen Fortschritt einschränken ▶ Vereinheitlichung könnte Recyclingeffizienz erhöhen ▶ Möglicher Standortnachteil in Europa bei zu strengen Regulierungen für Industrie
Materialspezifische Recyclingquote Altfahrzeuge	▶ Festlegung der Recyclingquote in Bezug auf die spezifischen Materialien statt des Fahrzeuggewichts ▶ Anlehnung an die EU-Batterieverordnung	▶ Ohne Einschränkung	▶ Kurzfristig umsetzbar	▶ Geringe Kosten (Durchsetzung) ▶ Nutzen: Verringerung des Bedarfs an Primärrohstoffen	▶ Erhöhung der Recyclingeffizienz vor allem für kritische Rohstoffe ▶ Positive Korrelation mit EU-Batterieverordnung ▶ Verringert Abhängigkeit von Rohstoffimporten ▶ Knüpft an CRM Act an
Beschleunigung von Genehmigungsprozessen	▶ Vereinfachung und Beschleunigung von Genehmigungsverfahren für eine heimische Rohstoffgewinnung (u.a. Verfahrensbeschleunigung und -	▶ Politisch umsetzbar	▶ Mittelfristig umsetzbar	▶ Geringe bis mittlere Kosten (Zeit, Ressourcen zur Anpassung der Rahmenbedingungen, Schulungen), dauerhafte Aufstockung des Behördenpersonals, Investition in	▶ Sicherstellung der Einhaltung von Umweltschutzmaßnahmen zu beachten ▶ Sicherstellung von Bürgerbeteiligungen zur transparenten Entscheidungsfindung zu beachten

Maßnahmen Block I – Daten & Standards					
Maßnahme	**Beschreibung**	**Politische Umsetzbarkeit**	**Umsetzungsdauer Strategie**	**Kosten/Nutzen**	**Wechselwirkungen**
	straffung, Aufbau von Behördenpersonal) ► Ansätze zur Anpassung der Genehmigungspraxis in Deutschland können dem von EY im Jahr 2022 angefertigten Gutachten entnommen werden[48]			Ausbildungskapazitäten (Fachhochschule und Hochschule) für neues Behördenpersonal ► Nutzen: Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit, erhöhte Attraktivität für Investoren, schnellere Verfügbarkeit und Nutzung von heimischen Rohstoffen	► Vereinfachung sollte im Einklang mit Nachhaltigkeitszielen stehen ► In Verbindung mit einer europäischen Rohstoffdatenbank kann der Prozess hins. der Informationsbeschaffung erleichtert werden → schnellere Entscheidungen der Entscheidungsträger mit Zugriff auf Daten → besseres Monitoring der Behörden hins. Einhaltung von Auflagen

Tabelle 3: Maßnahmen Block II - Effizienz, Recycling, Substitute

Maßnahmen Block II – Effizienz, Recycling, Substitute					
Maßnahme	**Beschreibung**	**Politische Umsetzbarkeit**	**Umsetzungsdauer**	**Kosten/Nutzen**	**Wechselwirkungen**
Förderung von Recycling	► Fortführen der Förderung von Recycling bis Wirtschaftlichkeit durch Anzahl stillgelegter E-Autos erreicht	► Vielzahl an bereits existierenden nationalen und internationalen Standards ► Erarbeitung des rechtlichen Rahmens für Vielzahl von Rohstoffen und Produkten ► Implementierung EU-weit, sonst Anreize zu Schrottexporten	► Kurzfristig implementierbar ► Leistet nur bedingt Beitrag bei akuten Versorgungsproblemen ► Wirkt langfristig	► Nutzen: Verringerung der Nachfrage nach Primärrohstoffen und damit der Abhängigkeit von internationalen Zulieferern	► Erhöhte Recyclingquoten führen zu positiven Spilllover-Effekten auf Umweltschutz und Nachhaltigkeit ► Gefahr des unrentablen Recyclings (initialer Aufwand, hohe Investitionen, energieintensiv)

[48] Vgl. hierzu: BMWK - Genehmigungsverfahren zum Rohstoffabbau in Deutschland – Endbericht, zuletzt abgerufen am 17.08.2023.

Maßnahmen Block II – Effizienz, Recycling, Substitute					
Maßnahme	**Beschreibung**	**Politische Umsetzbarkeit**	**Umsetzungsdauer**	**Kosten/Nutzen**	**Wechselwirkungen**
Förderung von Substituten	▶ Förderung des Einsatzes von Ersatzstoffen oder -materialien ▶ Finanzielle Anreize, F&E-Unterstützung, Regulierungen und Standards zur Einführung von Substituten	▶ Politisch umsetzbar	▶ Kurzfristig implementierbar ▶ Leistet nur bedingt Beitrag bei akuten Versorgungsproblemen ▶ Wirkt langfristig	▶ Nutzen: Verringerung der Nachfrage nach kritischen Primärrohstoffen; Förderung von Innovationen (Wettbewerbsvorteile)	▶ Chance des technologischen Fortschritts, Schaffung neuer Arbeitsplätze
Förderung von alternativen Technologien	▶ Förderung von umweltfreundlicheren, nachhaltigeren und effizienteren Technologien, um den Bedarf an kritischen Rohstoffen zu reduzieren	▶ Politisch umsetzbar	▶ Kurzfristig implementierbar, wirkt langfristig ▶ Leistet nur bedingt Beitrag bei akuten Versorgungsproblemen	▶ Nutzen: Verringerung der Primärnachfrage, Kosteneinsparung im Beschaffungsprozess, Reduzierung von Abhängigkeiten	▶ Stärkung der Wettbewerbsfähigkeit der Volkswirtschaft, Verringerung der Umweltauswirkungen

Tabelle 4: Maßnahmen Block III - Rohstofffonds

Maßnahmen Block III – Rohstofffonds					
Maßnahme	**Beschreibung**	**Politische Umsetzbarkeit**	**Umsetzungsdauer**	**Kosten/Nutzen**	**Wechselwirkungen**
Physische Lagerhaltung (staatlich oder privatwirtschaftlich)	▶ Vorhalten von kritischen Rohstoffen bzw. Zwischenprodukten ▶ Begrenzter Horizont von ca. 1-2 Monaten der von der Industrie benötigten (Teil-)Mengen	▶ Birgt juristische Probleme, insbesondere auf Ebene des EU-Rechts und in Verbindung mit einem Rohstofffonds ▶ Legitimierung aber nicht ausgeschlossen[49]	▶ Kurz- bis mittelfristig umsetzbar	▶ Kapitalintensiv (u.a. Investitionen, Betrieb, Logistik) ▶ Nutzen: Temporäre Absicherung des Angebots in angespannten Phasen	▶ Umsetzung erfolgt bei Staatslagern im Ausland durch staatliche Rohstoffgesellschaften ▶ Lagerhaltung als Bestandteil des Gesamtportfolios bei agierenden Ländern

[49] Vgl. hierzu den Abschnitt 3.2.2 in Bezug auf die rechtlichen und ordnungspolitischen Rahmenbedingungen in der EY-Studie zu Instrumenten zur Erhöhung der Versorgungssicherheit: BMWK - Staatliche Instrumente zur Erhöhung der Versorgungssicherheit vonmineralischen Rostoffen, zuletzt abgerufen am 18.07.2023.

Maßnahmen Block III – Rohstofffonds					
Maßnahme	**Beschreibung**	**Politische Umsetzbarkeit**	**Umsetzungsdauer**	**Kosten/Nutzen**	**Wechselwirkungen**
Förderung des Abbaus und der Weiterverarbeitung	▶ Subventionierung der Rohstoffförderung ▶ Auf- und Ausbau von Raffineriekapazitäten ▶ (Förderung der Akzeptanz der EU-Bevölkerung)	▶ Politisch umsetzbar ▶ Aufgrund von Umweltschutzgesetzen oder Arbeitsgesetzen schwierig wirtschaftlich umzusetzen	▶ Eine Subventionierung ist kurzfristig umsetzbar ▶ Der Auf- und Ausbau von Raffineriekapazitäten wir eher mittel- bis langfristig angesehen	▶ Hoher Kapitalaufwand ▶ Nutzen: Aufbau vertikaler Wertschöpfungsstufen in Europa und damit Entkopplung von Preisentwicklungen	▶ In Verbindung mit Rohstoffdatenbank, um Monitoring zu gewährleisten ▶ Höhere Arbeitskosten als in anderen Ländern zu beachten ▶ Hoher Energieverbrauch zu beachten
Aufbau von Allianzen	▶ Gründung von Beschaffungsallianzen mit Rohstoffunternehmen oder Forschungs- und Entwicklungsallianzen mit Unternehmen aus anderen Branchen ▶ z.B. Europäische Batterieallianz	▶ Konzentriert sich auf Verhandlung von Verträgen	▶ Mittelfristig umsetzbar ▶ Langfristige Wirkung	▶ Weniger monetär getrieben ▶ Nutzen: Diversifizierung von Bezugsquellen, Bündelung von Rohstoffeinkäufen, gute Verhandlungsposition für Rohstoffbezug zu angemessenen Preisen	▶ Wirkt sich positiv auf die Definition von Standards aus (als Beschaffungskonsortium bilden sich gemeinsame Beschaffungsstandards heraus)
Vergabe von Haftungsgarantien	▶ Erweiterung bereits erfolgreicher bestehender Garantien prüfen (UFK, DIA)	▶ Politisch umsetzbar	▶ Kurzfristig implementierbar	▶ Kapitalintensiv ▶ Hohes Risiko ▶ Nutzen: Aufbau von zuverlässigen Handelspartnerschaften	▶ Positive Effekte auf den Auf- und Ausbau von Allianzen und der Unterstützung der Unternehmen in Übersee
Unterstützung nationaler Rohstoffunternehmen in Übersee	▶ Beteiligungserwerb an Rohstoffförderungsprojekten ▶ Durch einen Rohstofffonds könnten nationale Unternehmen in Übersee bei Bedarf unterstützt werden	▶ Mit Hindernissen verbunden ▶ Staat bei Art der Unterstützung, die er inländischen Rohstoffunternehmen in Übersee	▶ Kurz- bis mittelfristig implementierbar	▶ Kapitalintensiv ▶ Nutzen: Absicherung der Versorgung der heimischen Wirtschaft mit kritischen Rohstoffen	▶ Direkte Beteiligung an Investitionen durch Rohstofffonds denkbar, welche neben einer direkten Förderung auch Aufteilung von Investitionsrisiken bedeutet

Maßnahmen Block III – Rohstofffonds					
Maßnahme	**Beschreibung**	**Politische Umsetzbarkeit**	**Umsetzungsdauer**	**Kosten/Nutzen**	**Wechselwirkungen**
	(Subventionen oder Anteilserwerb)	gewähren kann, eingeschränkt[50]		bei Marktversagen (Resilienz)	
Unterstützung der Exploration im In- und Ausland	▶ Unterstützung und Teilnahme an Explorationsprojekten im In- und Ausland	▶ Aufgabe des Rohstofffonds ▶ Mit Hindernissen verbunden → eine Umgehung der vom GATS auferlegten Beschränkungen könnte ggfs. möglich sein und müsste eingehender untersucht werden[51]	▶ Kurz- bis mittelfristig umsetzbar	▶ Kapitalintensiv ▶ Nutzen: Sicherung kritischer Rohstoffe	▶ Die Unterstützung von Explorationen kann Rohstoffallianzen positiv beeinflussen (Wissensaustausch, gemeinsame Förderung von Technologien, Schaffung von Synergien)

[50] Vgl. hierzu den Abschnitt 3.2.1 in Bezug auf die rechtlichen und ordnungspolitischen Rahmenbedingungen in der EY-Studie zu Instrumenten zur Erhöhung der Versorgungssicherheit: BMWK - Staatliche Instrumente zur Erhöhung der Versorgungssicherheit vonmineralischen Rostoffen, zuletzt abgerufen am 18.07.2023.

[51] Vgl. hierzu den Abschnitt 3.2.1 in Bezug auf die rechtlichen und ordnungspolitischen Rahmenbedingungen in der EY-Studie zu Instrumenten zur Erhöhung der Versorgungssicherheit: BMWK - Staatliche Instrumente zur Erhöhung der Versorgungssicherheit vonmineralischen Rostoffen, zuletzt abgerufen am 18.07.2023.

6 Anhang

Literaturverzeichnis

Literatur zu Kapitel 2.1

European Commission (2020): *Critical Raw Materials for Strategic Technologies and Sectors in the EU – A Foresight Study*.

European Commission (2023a): *Study on the Critical Raw Materials for the EU 2023*, Final Report.

European Commission (2023b): *Proposal for a regulation of the European Parliament and of the Council establishing a framework for ensuring a secure and sustainable supply of critical raw materials*, COM (2023) 160.

Carrara et al. (2023): *Supply chain analysis and material demand forecast in strategic technologies and sectors in the EU – A foresight study*, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2023, doi:10.2760/386650, JRC132889.

DERA (2021): *DERA-Rohstoffliste 2021*, Berlin, Deutsche Rohstoffagentur (DERA) in der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR), DERA Rohstoffinformationen 49, zuletzt geprüft am 21.08.2023.

DERA (2023): *DERA-Rohstoffliste 2023*, Berlin, Deutsche Rohstoffagentur (DERA) in der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR), DERA Rohstoffinformationen 56, zuletzt geprüft am 22.08.2023

vbw (2022): *Rohstoffsituation der bayerischen Wirtschaft*, Hg. v. Vereinigung der Bayerischen Wirtschaft e. V., online verfügbar unter https://www.vbw-bayern.de/Redaktion/Frei-zugaengliche-Medien/Abteilungen-GS/Wirtschaftspolitik/2022/Downloads/221124_Rohstoffstudie_IWC_final2.pdf, zuletzt geprüft am 15.06.2023.

Literatur zu Kapitel 2.2

BMW Group (2023): *Anchoring Due Diligence in the Supply Chain*, online verfügbar unter: Sustainable Supplier Network (bmwgroup.com).

Denso (2022): *Integrated Report 2022*, online verfügbar unter: Integrated Report 2022 Download for viewing_E (denso.com).

Eberspächer (2022): *Sustainability Report 2022*, online verfügbar unter: https://www.eberspaecher.com/fileadmin/data/corporatesite/pdf/en/7_company/EB_CSR_Report.pdf.

Ford Motor Company (2021): *Conflict Minerals Report*, online verfügbar unter: Ford Conflict Minerals Report for Year Ended December 31 2021.

Ford Motor Company (2023): *Integrated Sustainability and Financial Report 2023*, online verfügbar unter: https://media.ford.com/content/dam/fordmedia/North%20America/US/2023/sustainability/2023%20Integrated%20Sustainability%20and%20Financial%20Report.pdf.

Hyundai Motor Group (2022): *Conflict Minerals Report*, online verfügbar unter: https://www.hyundai.com/content/dam/hyundai/ww/en/images/company/sustainability/about-sustainability/policy/hyundai-conflict-minerals-responsible-minerals-report-eng-2022.pdf.

Hyundai Motor Group (2022): *2022 Sustainability Report*, online verfügbar unter: hmc-2022-sustainability-report-en-v9.pdf (hyundai.com).

Infineon (2022): *Sustainability at Infineon – Supplementing the Annual Report 2022*, online verfügbar unter: https://www.infineon.com/dgdl/Sustainability+at+Infineon+2022.pdf?fileId=8ac78c8b84a33cb40184bd6a9c8f0035.

Magna (2014): *Conflict Minerals Report*, online verfügbar unter: Conflict Minerals Report (sec.gov).

Mercedes-Benz Group AG (2022): *Raw Materials Report*, online verfügbar unter: Raw Materials Report (mercedes-benz.com).

Schaeffler Group (2021): *Sustainability Report 2021*, online verfügbar unter: Material compliance - Schaeffler Sustainability Report 2021 (schaeffler-sustainability-report.com).

Tesla (2022): *Impact Report 2022*, online verfügbar unter: tesla.com/ns_videos/2022-tesla-impact-report.pdf.

Toyota Motor Corporation (2022): *Sustainability Data Book 2022*, online verfügbar unter: https://global.toyota/pages/global_toyota/sustainability/report/sdb/sdb22_en.pdf.

Toyota Motor Corporation (2022): *Toyota Industries Report 2022*, online verfügbar unter: https://www.toyota-industries.com/investors/item/TICOReport2022_E_full_view.pdf.

Volkswagen Group (2021): *Responsible Raw Materials Report 2021*, online verfügbar unter: Responsible Raw Materials Report 2021 (Englisch) | Volkswagen Group (volkswagen-group.com).

ZF Friedrichshafen AG (2020): *Sustainability Report 2020*, online verfügbar unter: https://www.zf.com/master/media/corporate/m_zf_com/sustainability/sustainability_reports/ZF_NHB_2020_FINAL.pdf.

Literatur zu Kapitel 4.1

Agora (2021): Prognos, Öko-Institut, Wuppertal-Institut (2021): *Klimaneutrales Deutschland 2045. Wie Deutschland seine Klimaziele schon vor 2050 erreichen kann*, online verfügbar unter: https://static.agora-energiewende.de/fileadmin/Projekte/2021/2021_04_KNDE45/A-EW_231_KNDE2045_Langfassung_DE_WEB.pdf

Brandes et al. (2021): *Wege zu einem klimaneutralen Energiesystem – Die deutsche Energiewende im Kontext gesellschaftlicher Verhaltensweisen*; Update November 2021: Klimaneutralität 2045; URL: https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/publications/studies/Fraunhofer-ISE-Studie-Wege-zu-einem-klimaneutralen-Energiesystem-Update-Klimaneutralitaet-2045.pdf

Carrara et al. (2023): *Supply chain analysis and material demand forecast in strategic technologies and sectors in the EU – A foresight study*, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2023, doi:10.2760/386650, JRC132889.

Dena (2021): *Abschlussbericht dena-Leitstudie Aufbruch Klimaneutralität*; URL: https://www.dena.de/fileadmin/dena/Publikationen/PDFs/2021/Abschlussbericht_dena-Leitstudie_Aufbruch_Klimaneutralitaet.pdf.

Duckerfrontier (2023): *Aluminum Content in European Passenger Cars*; URL: https://european-aluminium.eu/wp-content/uploads/2022/10/aluminum-content-in-european-cars_european-aluminium_public-summary_101019-1.pdf.

European Commission (2020): *Critical materials for strategic technologies and sectors in the EU - a foresight study*.

IEA (2023): *Global EV Outlook 2023 - Catching up with climate ambitions (data)*; URL: https://www.iea.org/data-and-statistics/data-product/global-ev-outlook-2023#.

IW Consult/Fraunhofer IAO/automotiveland nrw (2021): *Zukunft der Automobilwirtschaft in Nordrhein-Westfalen – Status quo, Trends, Szenarien*; URL: https://www.wirtschaft.nrw/sites/default/files/documents/210226_endbericht_automobilwirtschaft_nrw_final.pdf.

LBBW (2021): *Mobilität der Zukunft – E-Mobilität bringt den Automarkt unter Strom (Medienfassung)*; URL: https://www.lbbw.de/konzern/research/2021/studien/20210414-lbbw-corporate-research-automotive-bev-prognose_acu4nug47n_m.pdf.

Marscheider-Weidemann et al. (2021): *Rohstoffe für Zukunftstechnologien 2021*; DERA Rohstoffinformationen 50.

vbw (2021): *Auto-Cluster Bayern Entwicklung und Zukunftsperspektiven*; URL: https://www.vbw-bayern.de/Redaktion/Frei-zugaengliche-Medien/Abteilungen-GS/Wirtschaftspolitik/2021/Downloads/Studie-Auto-Cluster-Bayern-M%C3%A4rz-2021.pdf.

VDA (2023): *Monatszahlen - Produktion, Export, Neuzulassungen und anderes;* URL: https://www.vda.de/de/aktuelles/zahlen-und-daten/monatszahlen.

VDA (2023): *Zahlen zur Automobilproduktion im In- und Ausland*.

Wietschel et al. (2021): *Metastudie Wasserstoff – Auswertung von Energiesystemstudien*. Studie im Auftrag des Nationalen Wasserstoffrats. Fraunhofer ISI, Fraunhofer ISE, Fraunhofer IEG (Hrsg.); URL: https://www.isi.fraunhofer.de/content/dam/isi/dokumente/cce/2021/Metastudie_Wasserstoff_Abschlussbericht.pdf.

6.1 Ansätze zur Bestimmung der Kritikalität von Rohstoffen

Im Folgenden werden exemplarisch drei Verfahren zur Ermittlung kritischer Rohstoffe kurz vorgestellt:

- **Europäische Kommission (European Commission, 2023a, S. 16ff.):** Für die Bestimmung der Kritikalität nutzt die EU-Kommission zwei Stränge der Berechnung:
  - Ökonomische Bedeutung (Economic Importance): Für die ökonomische Bedeutung werden innerhalb der Wirtschaftssektoren die Verwendungen der Rohstoffe quantifiziert und die Wertschöpfung der Wirtschaftssektoren in Europa berücksichtigt. Darüber hinaus wird ein Substitutionsindex berechnet, indem Kosten und Leistung der Substitute bewertet werden. Die ökonomische Bedeutung wird insofern mit klarem Fokus auf die Industrie in der Europäischen Union bewertet.
  - Angebotsrisiken (Supply Risk): Zur Bedeutung der Angebotsrisiken werden die globale Angebotskonzentration, die Angebotskonzentration in der EU, die Governance in den Herkunftsländern, die Importabhängigkeit, Handelsbeschränkungen sowie Engpässe in den Wertschöpfungsketten berücksichtigt. Der Beitrag von Recycling für das Angebot wird ebenfalls berücksichtigt. Auch die Angebotsrisiken für mögliche Substitute gehen in die Bewertung der Angebotsrisiken mit ein. Mit einer Reihe von Indikatoren wird auch hier eine explizit europäische Perspektive eingenommen: Importabhängigkeit und Angebotskonzentration in der EU sowie Engpässe in den Wertschöpfungsketten sind ausschließlich auf die Europäische Union bezogene Indikatoren. Auch das Recycling wird nur für europäische Stoffkreisläufe berücksichtigt (keine Schrottimporte).

  Darüber hinaus wurde das Konzept strategischer Rohstoffe durch den European Critical Raw Materials Act (European Commission, 2023b) eingeführt (vgl. Carrara et al., 2023, S. 195): Ein strategischer Rohstoff zeichnet sich zusätzlich durch seine Bedeutung für strategische Bereiche wie erneuerbare Energien, digitale Technologien, Luft- und Raumfahrt und Verteidigung aus, durch das prognostizierte Nachfragewachstum und das derzeitige Angebot sowie durch die Schwierigkeiten bei der Ausweitung der Produktion. Strategische Rohstoffe haben demnach Eigenschaften, die es sehr schwierig machen, sie in den entsprechenden Technologien ohne erhebliche Leistungseinbußen zu ersetzen. Die strategischen Rohstoffe werden so im Hinblick auf die Versorgung in Europa und in Hinblick auf ihren Beitrag zur Erfüllung weiterer Politikziele definiert.

- **DERA (DERA, 2021, 2023):** In der Rohstoffliste der DERA werden Rohstoffe bewertet und in Risikogruppen kategorisiert in Hinblick auf Konzentrationsmaße für Förderung, Raffinadeproduktion[52] und den Welthandel sowie die Länderrisiken der betreffenden Förder-, Produktions- und Nettoexportländer eingestuft. Die ökonomische Bedeutung wird hinsichtlich

[52] Raffinade umfasst in der Regel die ersten Weiterverarbeitungsschritte vom Erz bis hin zu Einsatzstoffen für die weiterverarbeitenden Industrien.

der wichtigsten Verwendungen der Rohstoffe implizit qualitativ berücksichtigt. Sie wird aber nicht ausdrücklich quantifiziert. Die Bewertung der Kritikalität erfolgt auf globaler Ebene. Die Versorgungslage in Deutschland oder Europa (etwa über die Importe oder die inländische Produktion) wird in der Risikoeinschätzung nicht berücksichtigt. Die Importabhängigkeit Deutschlands wird aber im Bericht für die Rohstoffe mit der höchsten Ausprägung berichtet.

- **Vereinigung der bayerischen Wirtschaft (vbw, 2022):** In dieser Studie werden die Versorgungsrisiken aus globaler Sicht quantitativ und qualitativ bewertet. Angebotsrisiken werden mittels der Länder- und Unternehmenskonzentration der Förderung, der statischen Reichweite der Rohstoffe, des Länderrisikos der Rohstoffförderung und der Preisrisiken bewertet. Auf Basis qualitativer Einschätzungen werden die Bedeutung für Zukunftstechnologien, die Substituierbarkeit und die Gefahr einer strategischen Angebotsverknappung durch die Rohstoffförderländer bewertet. Die Bedeutung für Zukunftstechnologien und die Einschätzung der Substituierbarkeit beziehen sich somit auf die ökonomische Bedeutung. Die Berücksichtigung der Bedeutung für Bayern erfolgt anhand einer synoptischen Betrachtung von Verwendungszweck der Rohstoffe und industrieller Branchenstruktur in Bayern.

Die betrachteten Ansätze zur Kritikalitätsbewertung unterscheiden sich demnach grundsätzlich in zwei Dimensionen. Einerseits gibt es einen Unterschied hinsichtlich der Detaillierung der Bestimmung der ökonomischen Bedeutung. Andererseits unterscheiden sich die Ansätze dadurch, ob die Angebotsrisiken lediglich global oder auch in Bezug auf eine geografische oder staatliche Perspektive bestimmt werden.

Tabelle 5: Zuordnung Rohstoffe zu Chancenfeldern, Kritikalität und Nutzungskonkurrenz

	Chancenfelder			Kritikalität					
	Elektrifizierung*	Automatisierung	Vernetzung	**EU, 2020:** (Supply Risk)	**EU, 2023:** Supply Risk oder Strategie	**DERA, 2021:** Bergwerksproduktion (B) und Weiterverarbeitung (W)	**DERA, 2023:**	**vbw, 2022:** Kritikalität	**Nutzungskonkurrenzen in EU, 2023** Anzahl (max. 12)
Nur Elektrifizierung									
Borate	x			x	x	x	x	k.A.	10
Graphit	x			x	x	x	x	x	5
Kobalt	x			x	x	x	x	x	6
Magnesium	x			x	x	x	x	x	7
Mangan	x			-	x	(-), W	(-), W	x	11
Nickel	x			-	x	(-), W	(-), W	x	12
Platingruppenmetalle**	x			x	x	x	x	x	7
Silizium	x			x	x	x	x	k.A.	12
Strontium	x			x	x	(-), B	(-), B	k.A.	3
Vanadium	x			x	x	(-), B	x	k.A.	7
Phosphor/Phosphat	x			x	x	(-), W	(-), W	x	4
Fluorit	x			x	x	x	x	x	7
Elektrifizierung und andere Chancenfelder									
Aluminium	x	x		-	x	(-), W	(-), W	x	12
Kupfer	x	x		-	x	(-), W	(-), W	x	11
Lithium	x		x	x	x	-	(-), W	x	5
Niob	x		x	x	x	x	x	x	5
Seltene Erden***	x	x		x	x	x	x	x	8
Nur andere Chancenfelder									
Arsen			x	x	x	k.A.	k.A.	k.A.	5
Gallium			x	x	x	x	x	x	7
Tantal			x	x	x	x	x	x	5
Rohstoffe von geringer Kritikalität									
Chrom	x			-	-	x	x	-	10
Silber	x			-	-	(-), W	(-), W	-	9
Titan	x			x	-	(-), W	(-), W	x	2
Zirkonium	x			-	-	-	(-), W	-	5
Feldspat	x			-	x	(-), W	(-), W	-	1
Indium		x	x	x	-	(-), W	(-), W	x	7

* Batterie, Brennstoffzelle, Traktionsmotor; ** darunter: Platin, Iridium, Ruthenium; *** darunter: Neodym, Praseodym, Dysprosium, Terbium, Yttrium, Lanthan, Scandium, Cer, Gadolinium

Quellen: EU, 2020: European Commission (2020); EU, 2023: Carrara et al. (2023); DERA, 2021: DERA (2021); DERA, 2023: DERA (2023); vbw, 2022: vbw (2022).

6.2 Methodisches Vorgehen zur Bestimmung der Zulieferer und strategischen Partnerschaften

Für die Analyse der Herkunftsländer der Zulieferer und strategischen Partnerschaften der Automobilindustrie mittels S&P Capital IQ-Daten werden zunächst Branchen identifiziert, die von der Versorgung der kritischen Rohstoffe abhängig sind (vgl. Abbildung 19). Im nächsten Schritt erfolgt die Auswahl der relevanten Zulieferer und strategischen Partnerschaften mittels einer selbst entwickelten Lösung („Supply Chain Analytics Tool"). Dabei werden diejenigen Zulieferer und strategischen Partnerschaften selektiert, die im Kontext der zuvor identifizierten Branchen als maßgeblich erachtet werden.

Die strategischen Partnerschaften decken verschiedene Bereiche ab, darunter technologische Kooperationen, Forschungs- und Entwicklungs-Kooperationen sowie Forschungsvereinbarungen. Es ist anzumerken, dass hierbei Partnerschaften mit Zulieferern bewusst außer Acht gelassen werden, um Partnerschaften unabhängig von den Zulieferern zu betrachten.

Daraufhin bietet eine Übersicht über die Herkunftsländer die Möglichkeit, länderspezifische Abhängigkeiten zu identifizieren. Diese Analyse erfolgt für zehn ausgewählte deutsche, europäische und internationale Automobilhersteller.

Abbildung 19: Vorgehen zur Bestimmung der Zulieferer und Partnerschaften der OEM

Quelle: Eigene Darstellung auf Basis von S&P Capital IQ-Daten

6.3 Ausführliche Darstellung des in Kapitel 4.1 verwendeten Vorgehens beim Abschätzen der zukünftigen Rohstoffbedarfe der deutschen EV-Fahrzeugproduktion

Um den zukünftigen Rohstoffbedarf in der Automobilproduktion abschätzen zu können, werden für die Elektromobilität als wichtigsten Treiber der Rohstoffnachfrage Studien zu den weltweiten Rohstoffbedarfe der Automobilproduktion und Fahrzeugproduktion in Deutschland ausgewertet. Darin enthalten sind Szenarien zu den Rohstoffbedarfen der Jahre 2030, 2040 und 2050 sowie Szenarien zur EV-Fahrzeugproduktion (Electric Vehicle). Anhand weiterer Studien wird abgeschätzt, welche Rohstoffbedarfe sich aus weiteren Fahrzeugtechnologien ergeben. Aus den Studien lassen sich Bandbreiten für den Rohstoffbedarf je Fahrzeug sowie die EV-Produktion in Deutschland bestimmen. Anhand dieser Daten werden die Rohstoffbedarfe der Automobilproduktion in Deutschland abgeschätzt (siehe Abbildung 20). Die Abschätzung erfolgt für das Jahr 2040, da die meisten Szenarien für dieses Jahr die erforderlichen Daten liefern.

Abbildung 20: Vorgehen beim Abschätzen der zukünftigen Rohstoffbedarfe der deutschen EV-Fahrzeugproduktion

Quelle: Eigene Darstellung

Um den möglichen Rohstoffbedarf abzuschätzen, werden mehrere Studien mit den darin enthaltenen Szenarien zu den Rohstoffbedarfen herangezogen, die konkrete Aussagen zu den Bedarfen der hier untersuchten Rohstoffe enthalten:

- **Carrara et al. (2023), Supply chain analysis and material demand forecast in strategic technologies and sectors in the EU – A foresight study**: Das Joint Research Center (JRC) der Europäischen Kommission untersucht die Rohstoffbedarfe, die aufgrund der ambitionierten europäischen Ziele bei der Energiewende und digitalen Transformation sowie der Verteidigungs- und Raumfahrtagenda erforderlich sind. Betrachtet werden 15 Schlüsseltechnologien in fünf strategischen Sektoren, darunter die Elektromobilität. Hier werden Batterien, Elektromotoren und Brennstoffzellen näher betrachtet. Um die Rohstoffbedarfe

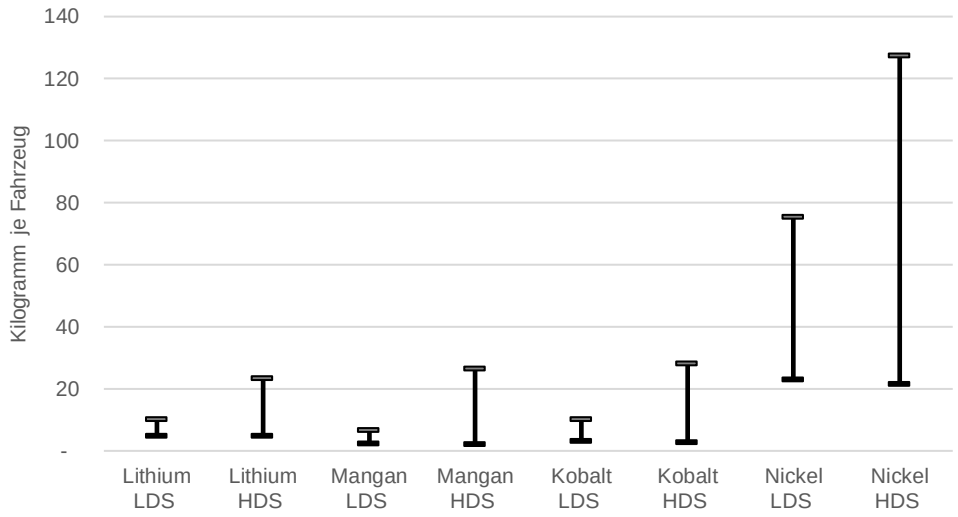
auf der Nachfrageseite zu ermitteln, werden die Technologieanwendung der Subtechnologien sowie die Materialintensität und -effizienz in den Blick genommen. Daraus werden ein High-Demand-Szenario (HDS) und ein Low-Demand-Szenario für die Jahren 2030 und 2050 abgeleitet. Bei der Nachfrage von Lithium-Ionen-Batterien (LIB) ist der Automobilsektor ein wesentlicher Treiber. In den Szenarien wird zwischen verschiedenen Typen elektrischer Fahrzeuge unterschieden, deren Verbreitung in den Szenarien unterschiedlichen Pfaden folgt. Zudem werden in den Nachfrageszenarien unterschiedliche Anteile an Batterietypen mit ihrer Zusammensetzung aus Nickel, Mangan und Kobalt angenommen. Weiterhin gibt es Annahmen zur Verbreitung von Brennstoffzellenfahrzeugen, bei denen nur die Platinnachfrage untersucht wird. Bei den Elektromotoren werden Annahmen zur verwendeten Motortechnologie je nach Fahrzeugtyp sowie zum verringerten Rohstoffbedarf aufgrund technologischer Fortschritte bis 2050 getroffen.

- **Marscheider-Weidemann et al. (2021), Rohstoffe für Zukunftstechnologien 2021; DERA Rohstoffinformationen 50:** Fraunhofer ISI und Fraunhofer IZM untersuchen im Rahmen des DERA-Rohstoffmonitorings, wie sich die Rohstoffbedarfe von 33 Zukunftstechnologien entwickeln werden. Aufbauend auf den Shared Socioeconomic Pathways (SSPs) des Weltklimarates (IPCC) werden die Bedarfe bis zum Jahr 2040 abgeschätzt. Die Szenarien unterscheiden sich in den angenommenen Entwicklungen von Wirtschaft und Technologie. Aufbauend auf diesen Szenarien werden Mobilitätsszenarien entwickelt, die aufgrund der unterschiedlichen Marktdiffusion mit Elektrofahrzeugen unterschiedliche Produktionszahlen für Fahrzeuge mit unterschiedlichen Antriebstechnologien umfassen. Weiterhin werden unterschiedliche technologische Annahmen zu Fahrzeugtypen getroffen, die sich über die unterschiedliche Zusammensetzung der Fahrzeugproduktion in den Szenarien widerspiegeln. Die Studie enthält zudem Rohstoffbedarfe für das automatische Pilotieren von Kraftfahrzeugen. Bei den Batterien wird ein bestimmter Verlauf der Batterietechnologien und -größen im Zeitablauf unterstellt, der sich jedoch nicht zwischen den Szenarien unterscheidet. Die Differenzierung erfolgt über die unterschiedlichen Produktionsmengen von Fahrzeugtypen in den Szenarien, was sich in unterschiedlichen Rohstoffbedarfen in den Szenarien niederschlägt.
- **European Commission (2020), Critical materials for strategic technologies and sectors in the EU - a foresight study:** Bereits 2020 hat die Europäische Kommission neun Technologien in drei strategischen Sektoren untersucht. Auch in dieser Studie werden im Sektor E-Mobility Batterien, Elektromotoren und Brennstoffzellen betrachtet. Für den Hochlauf der Elektromobilität werden drei Szenarien (Low, Middle und High Demand Scenario) definiert. Diese unterscheiden sich in der Anzahl der Elektrofahrzeuge, der Lebensdauer der Fahrzeuge, der Batteriekapazitäten, und der Batteriechemie. Bei den Brennstoffzellenfahrzeugen wird von erheblichen Rückgängen des Platinbedarfs je Fahrzeug (von 28 auf bis 14 Gramm) ausgegangen. Bei den Elektromotoren wird von einer deutlichen Verringerung des

Materialbedarfs je Fahrzeug ausgegangen. Auf Grundlage der Szenarien werden Rohstoffbedarfe für die Jahre 2030 und 2050 abgeschätzt.

In den Studien wird für jeden Rohstoff der Bedarf je Fahrzeug für das Jahr 2040 ermittelt. Dabei wird jeweils für das Low-Demand-Szenario und High-Demand-Szenario getrennt vorgegangen. Während bei der Studie von Marscheider-Weidemann et al. (2021) direkt die Werte für das Jahr 2040 herangezogen werden, wird bei den beiden anderen Studien der Mittelwert der Jahre 2030 und 2050 verwendet. Damit wird zwischen diesen beiden Zeitpunkten ein linearer Verlauf bei der technologischen Entwicklung und der Verbreitung der Elektromobilität unterstellt. Die Szenarien sind keine Projektionen der zukünftigen Bedarfe, sondern stellen Möglichkeitsräume dar. Die sich dabei zeigenden großen Spannbreiten zeigen eine große Unsicherheit über die zukünftige Entwicklung auf, die sich aus den Möglichkeitsräumen ergeben (siehe Abbildung 21).

Abbildung 21: Spannbreiten beim Rohstoffbedarf je Fahrzeug im Jahr 2040 – Beispiel Batterierohstoffe



Quelle: Eigene Berechnungen

Für die zukünftigen Rohstoffbedarfe spielt – neben der Technologie – die Verbreitung der Elektromobilität eine entscheidende Rolle. Die E-Mobilität ist Teil der Gesamtmobilität. Daher werden Szenarien zur Entwicklung der weltweiten Fahrzeugproduktion verwendet. Dabei wird zwischen allen Technologien und der Elektromobilität unterschieden. In den Szenarien sind meist Personenkraftwagen und leichte Nutzfahrzeuge abgebildet. Die Szenarien werden als Low-Demand- oder High-Demand-Szenario klassifiziert. Anhand der derzeitigen Anteile Deutschlands an der Produktion von Fahrzeugen mit elektrischem Antrieb werden die Szenarien auf Deutschland übertragen. Folgende Szenarien zur weltweiten Fahrzeugproduktion, die in die Bestimmung der zukünftigen Automobilproduktion in Deutschland eingeflossen sind, werden ausgewertet:

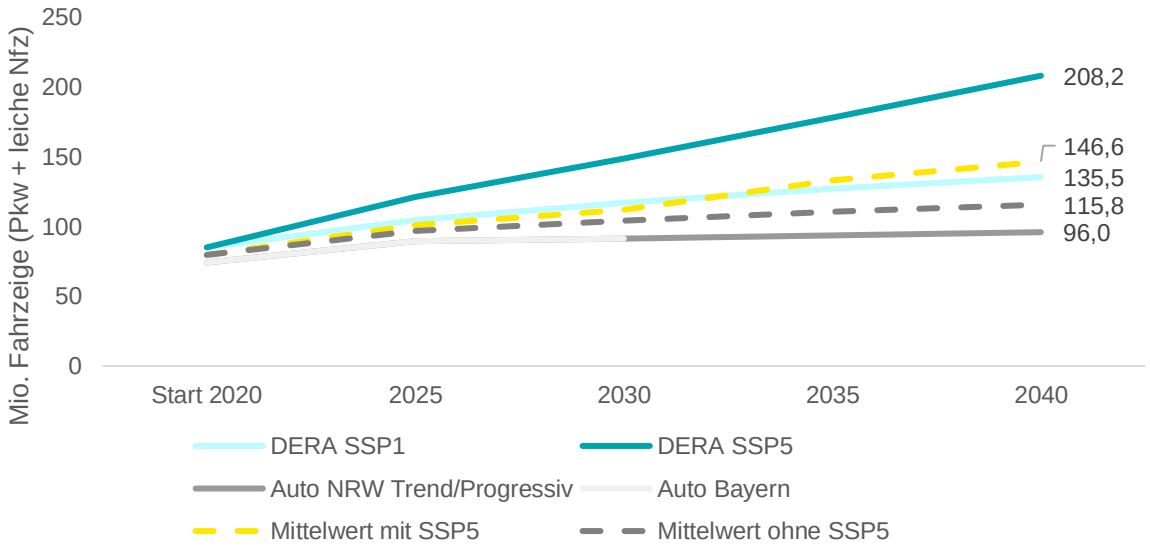
- **DERA 50 (Marscheider-Weidemann et al. (2021), Rohstoffe für Zukunftstechnologien 2021; DERA Rohstoffinformationen 50):** Für die Shared Socioeconomic Pathways (SSPs) liegen für das Szenario SSP1 (Nachhaltigkeit = hohe Nachfrage) und SSP5 (Fossiler Pfad = geringe Nachfrage) Daten zur Fahrzeugzahl im Jahr 2040 vor. Während im SSP1 auch

Zwischenzeitpunkte ausgewiesen sind, liegen im Szenario SSP5 nur Daten für den Start- und Endpunkt vor. Die Zwischenzeitpunkte werden anhand der Wachstumsraten des SSP2 (mittleres Szenario) und der Differenz zwischen Start- und Endpunkt des SSP5 abgeschätzt.

- **Auto NRW (IW Consult/Fraunhofer IAO/automotiveland nrw (2021), Zukunft der Automobilwirtschaft in Nordrhein-Westfalen – Status quo, Trends, Szenarien; URL: https://www.wirtschaft.nrw/sites/default/files/documents/210226_endbericht_automobilwirtschaft_nrw_final.pdf):** Die Studie enthält für Pkw und leichte Nutzfahrzeuge ein Trendszenario zu weltweiten Neuzulassungen bis zum Jahr 2040. Im Trendszenario (Auto NRW Trend) erfolgt eine Aufteilung auf verschiedene Antriebstechnologien. Darüber hinaus ist ein Progressives Szenario (Auto NRW Progressiv) enthalten, das von der gleichen Gesamtmenge an Fahrzeugen, aber einer anderen Aufteilung auf die Antriebstechnologien ausgeht.
- **Carrara et al. (2023), Supply chain analysis and material demand forecast in strategic technologies and sectors in the EU – A foresight study:** Das Joint Research Center (JRC) der Europäischen Kommission weist weltweite Fahrzeugverkäufe bis zum Jahr 2050 aus, die auch als weltweite Fahrzeugproduktion interpretiert werden können.

Im Jahr 2040 rechnen die verschiedenen Szenarien mit einer weltweiten Fahrzeugproduktion zwischen 96 und 208 Mio. Fahrzeugen. Der hohe Wert aus dem SSP5-Szenario wird bei der Ermittlung der Elektrofahrzeuge außen vorgelassen. Der Mittelwert aus allen Szenarien liegt bei 146,6 mit SSP5 bzw. 115,8 ohne SSP5 (siehe Abbildung 22).

Abbildung 22: Szenarien zur weltweiten Fahrzeugproduktion – alle Antriebstechnologien

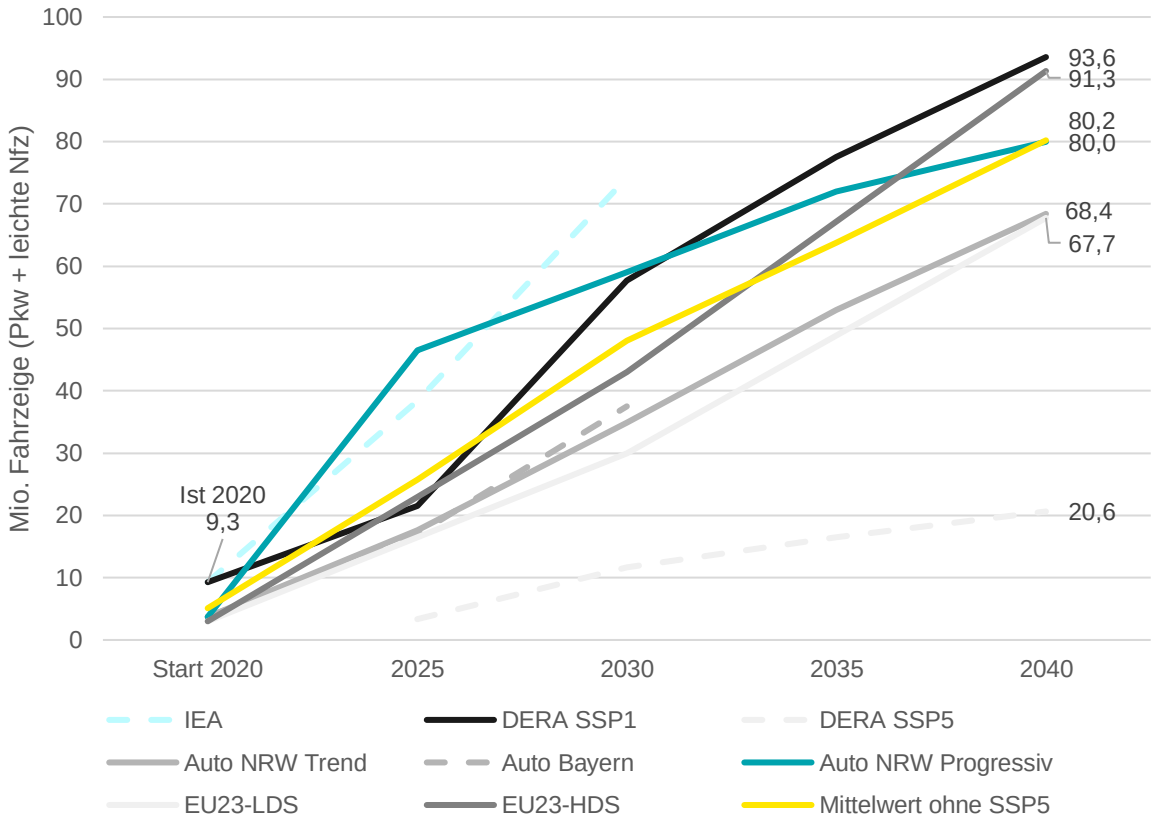


Quelle: Eigene Darstellung

Nur ein Teil aller Fahrzeuge wird zukünftig elektrisch betrieben werden. In den genannten Studien wird zwischen der Verbrennertechnologie (inklusive Mildhybrid) und Elektrofahrzeugen

unterschieden. Zudem sind Brennstoffzellenfahrzeuge gesondert ausgewiesen. Zusätzlich existieren weitere Szenarien zur weltweiten Produktion von Elektrofahrzeugen, die aber nur bis zum Jahr 2030 reichen. Beispiele sind Auto Bayern (vbw, 2021) oder die IEA (2023). Für das Startjahr 2020 gehen die Studien Auto NRW und Auto Bayern von einer weltweiten Produktion von 3,7 Mio. Elektrofahrzeugen aus. Laut IEA (2023) sind im Jahr 2020 aber bereits 9,3 Mio. Elektrofahrzeuge produziert worden. Auch bis zum Jahr 2030 ist der IEA Global EV Outlook in seiner Projektion von 74,2 Mio. Elektrofahrzeuge deutlich optimistischer als alle anderen Szenarien, bei denen diese Produktionsmenge auch im Jahr 2040 noch nicht erwartet wird. Der Mittelwert über alle Szenarien liegt bei 80,2 Mio. Fahrzeugen mit Elektroantrieb (siehe Abbildung 23).

Abbildung 23: Szenarien zur weltweiten Fahrzeugproduktion – BEV und Plugin-Hybrid



Quelle: Eigene Darstellung

Der VDA berichtet seit dem Jahr 2013 Produktionszahlen von Elektrofahrzeugen in Deutschland. Der Anteil der Elektrofahrzeuge ist erheblich angestiegen und liegt am aktuellen Rand bei rund 30% (siehe Abbildung 24). Wurden im Jahr 2013 in Deutschland nur 3.400 Elektrofahrzeuge produziert, waren es im Jahr 2015 bereits 108.000 und im Jahr 2020 über 428.000 Elektrofahrzeuge. Gleichzeitig ist auch in Zukunft mit einem weiteren Anstieg der Produktionszahlen zu rechnen, wie die Ankündigungen der deutschen Hersteller zeigen (LBBW, 2021). Bereits in den ersten sechs Monaten des Jahres 2023 wurden in Deutschland 673.000 Elektrofahrzeuge produziert (VDA, 2023). Gemessen an den weltweiten Verkaufszahlen von Elektrofahrzeugen (IEA, 2023), die den weltweiten Produktionszahlen gleichgesetzt werden, erreicht die Produktion in

Deutschland im Zeitraum 2017-2020 einen Anteil von 6,9% bei Pkw. Dieser Anteil wird an die Szenarien zur weltweiten Produktion von Elektrofahrzeugen (Pkw und leichte Nfz) angelegt, um die Produktion in Deutschland abzuschätzen.

Abbildung 24: Anteil Elektrofahrzeuge (BEV und Plugin-Hybrid) an der deutschen Pkw-Produktion

Quelle: Eigene Darstellung auf Basis von VDA (2023)

6.4 Darstellung der Methodik zur Ermittlung der Rohstoffbedarfe weiterer automobiler Zukunftstechnologien

In der Automobilproduktion gibt es neben der Elektromobilität noch weitere Rohstoffbedarfe, die sich aus automobilen Zukunftstechnologien ergeben. Dazu gehören unter anderem das automatisierte Fahren, die Vernetzung der Fahrzeuge, die Displaytechnologie und Superlegierungen. Das Vorgehen bei der Ermittlung der Rohstoffbedarfe wird im Folgenden ausführlich beschrieben.

Das automatisierte Fahren und die Vernetzung der Fahrzeuge sind unabhängig von der Antriebstechnologie. Beim automatisierten Fahren wird zwischen fünf Stufen unterschieden: Level 0 sind Fahrzeuge ohne Assistenzsysteme, Level 5 beschreibt das fahrerlose Fahren. Bei der Vernetzung wird zwischen verschiedenen Systemen unterschieden: Bei Embedded-Systems ist die komplette Software und Hardware inklusive SIM-Karte im Fahrzeug enthalten, bei Tethered-Systems wird die SIM-Karte auf den mobilen Endgeräten der Fahrzeugnutzer verwendet. Beide Systeme entsprechen sich weitgehend in ihren Rohstoffbedarfen.

In der Auto-NRW-Studie sind Neuzulassungs-Szenarien zum automatisierten Fahren und zur Vernetzung enthalten (IW Consult/Fraunhofer IAO/automotiveland nrw, 2021). Beim automatisierten Fahren wird das hochautomatisierte Fahren (Level 3) stark an Bedeutung gewinnen, während das fahrerlose Fahren (Level 5) eine Nische bleiben wird. Bei der Vernetzung werden nicht vernetzte

Fahrzeuge aus der Produktion verschwinden (siehe Anhang). Für Deutschland wird ein Produktionsanteil von 5% angenommen. Nach Angaben der International Organization of Motor Vehicle Manufacturers (OICA) wurden in Deutschland im Jahr 2019 rund 5,6% der weltweiten Personenkraftwagen und leichten Nutzfahrzeuge produziert, im Jahr 2022 waren es 4,5%. Im Jahr 2040 werden nach dem Trendszenario in Deutschland rund 4,2 Mio. Fahrzeuge mit Automatisierungslevel 2 bis 5 sowie knapp 4,8 Mio. vernetzte Fahrzeuge produziert. Für das automatisierte Fahren werden in der DERA-Studie (Marscheider-Weidemann et al., 2021) die Rohstoffbedarfe für Laserscanner zum automatischen Pilotieren ermittelt. Betrachtet werden die Rohstoffe Aluminium, Neodym und Yttrium. Anhand der erwarteten Fahrzeugmengen mit Automatisierungslevel 2 bis 5 werden die Rohstoffbedarfe je Fahrzeug für das Jahr 2040 abgeschätzt.

Eine weitere relevante Technologie in der Fahrzeugproduktion ist die Displaytechnologie. Hier ist zu erwarten, dass in Zukunft alle Fahrzeuge vermehrt Displays benötigen. In der DERA-Studie (Marscheider-Weidemann et al., 2021) werden die Indiumbedarfe der Displaytechnologie für das Jahr 2040 ermittelt. Ausgehend von einer Gesamtdisplayfläche von 424 Mio. Quadratmetern wird in zwei Szenarien die Nachfragezusammensetzung nach Liquid Crystal Displays (LCDs) Organic Light Emitting Diode Displays (OLEDs) variiert. Aufgrund von Verlusten in der Produktion wird der Bedarf in der Produktion betrachtet. Anhand dieser Angaben wird der Indiumbedarf für die Displays in der Automobilproduktion in Deutschland abgeschätzt, wobei von 4,8 Mio. in Deutschland produzierte Fahrzeuge im Jahr 2040 (5% der weltweiten Produktion im Trendszenario der NRW-Studie) sowie ein oder vier verbauten 17-Zoll-Displays je Fahrzeug ausgegangen wird.

Superlegierungen weisen – anders als andere Stähle – bei hohen Temperaturen eine hohe Festigkeit, Korrosionsbeständigkeit, Kriechfestigkeit und Oberflächenstabilität auf. Sie kommen vorwiegend in der Luft- und Raumfahrt sowie bei Turbinen zum Einsatz. Ein kleiner Teil von Superlegierungen (3% im Jahr 2012) wird im Automobilsektor benötigt (Marscheider-Weidemann et al., 2021). Werden in Anlehnung an die obigen Ergebnisse 5% des Rohstoffbedarfs des Automobilsektors der deutschen Produktion zugerechnet, ergibt sich durch die Superlegierungen bei einer Vielzahl von Rohstoffen (Nickel, Chrom, Kobalt, Niob, Molybdän, Aluminium, Titan, Wolfram, Tantal, Bor und Zirkonium) ein Bedarf.

Weitere Rohstoffbedarfe für die Automobilproduktion werden bei weiteren Technologien gesehen. Allerdings lassen sich hier die Anteile der Automobilproduktion kaum abschätzen (Marscheider-Weidemann et al., 2021). Im Bereich der Optoelektronik sind Leuchtdioden (LED) für die Automobilindustrie relevant. MLCC-Kondensatoren, die unter anderem Tantal benötigen, kommen in hochwertigen Automobilanwendungen zum Einsatz. Eine Vielzahl von Rohstoffen wird auch für Chips in der Automobilindustrie, Roboter und die additive Fertigung benötigt. Zukünftig kann auch ein Bedarf aus dem Einsatz thermoelektrischer Generatoren in der Automobilbranche hinzukommen.

6.5 Exkurs: Aluminium in der Automobilproduktion in Deutschland

Für die E-Mobilität sind in Deutschland im Jahr 2020 33,9 Kilotonnen Aluminium benötigt worden. Im Jahr 2040 wird der Bedarf auf 261 bis 368 Kilotonnen steigen. Allerdings wird Aluminium auch in vielen anderen Teilen der Fahrzeuge benötigt. Insgesamt in Deutschland sind im Jahr 2020 schätzungsweise rund 671 Kilotonnen Aluminium in der Fahrzeugproduktion eingesetzt worden (eigene Schätzung auf Basis von Duckerfrontier, 2019). Der Gesamtbedarf wird demnach im Jahr 2040 auf 1.514 bis 2.930 Kilotonnen steigen. Dies ist ein Vielfaches des Bedarfs aus der Elektromobilität. Dennoch macht der Bedarf dann immer noch weniger als 5% der Weltproduktion aus.

6.6 Kurzbeschreibung des Vorgehens und der Erkenntnisse aus Vorgängerstudie

Im Rahmen der im Jahr 2022 von EY für das BMWK angefertigten *Studie zur Untersuchung staatlicher Instrumente zur Erhöhung der Versorgungssicherheit von mineralischen Rohstoffen* wird die Wirkung international angewandter rohstoffpolitischer Maßnahmen auf das Rohstoffversorgungsrisiko mittels einer quantitativen Analyse gemessen.[53] Dazu wird untersucht, wie sich das Risiko der ausgewählten Zuliefererbetriebe in diesem Land im Vergleich zum Risiko, dem alle vergleichbaren Zuliefererbetriebe weltweit (Vergleichsindex) ausgesetzt sind, verhält.

Die Quantifizierung des Risikos erfolgt innerhalb des CAPM-Ansatzes durch Herleitung eines sog. Beta-Faktors. Der Beta-Faktor ist ein Indikator dafür, wie volatil und damit risikobehaftet ein bestimmtes Unternehmen relativ zum gesamten Markt reagiert. Der Markt wird hierbei durch einen repräsentativen Vergleichsindex abgebildet. Für den ermittelten Beta-Faktor besteht grundsätzlich folgender Zusammenhang:

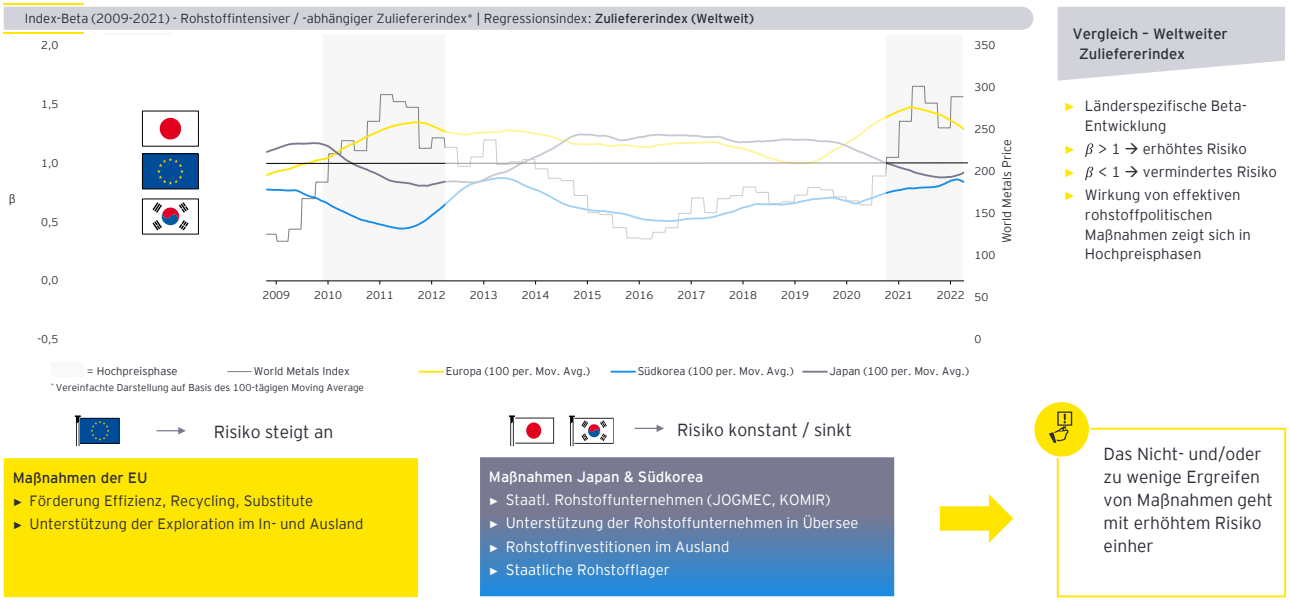
- Beta -Faktor = 1: Das Risiko entspricht dem des Vergleichsindex.
- Beta -Faktor > 1: Das Risiko ist im Verhältnis zum Vergleichsindex erhöht.
- Beta -Faktor < 1: Das Risiko ist im Verhältnis zum Vergleichsindex vermindert.

Im Ergebnis der quantitativen Untersuchung kann festgestellt werden, dass Europa im Gegensatz zu den ebenfalls importabhängigen Ländern Südkorea und Japan über den gesamten betrachteten Zeitraum die höchsten Rohstoffrisiken (höchste Beta-Faktoren) aufweist (s. Abbildung 25). Insbesondere in den vergangenen zehn Jahren lag das Risiko immer oberhalb des weltweiten Durchschnitts (Beta-Faktor gleich eins). Während der Hochpreisphasen (mittels Schattierung hervorgehoben) kam es zu deutlichen Zunahmen der Rohstoffrisiken (ansteigende Beta-Faktoren) in Europa, während Südkorea und Japan in den betrachteten Hochpreisphasen weniger starke Zunahmen und zum Teil sogar deutliche Rückgänge der Risiken (sinkende Beta-Faktoren) aufweisen.

---

[53] Vgl. BMWK - Staatliche Instrumente zur Erhöhung der Versorgungssicherheit vonmineralischen Rostoffen, zuletzt abgerufen am 18.07.2023.

Abbildung 25: Ergebnisse der Messung des Rohstoffversorgungsrisikos aus EY-Studie



Quelle: Eigene Darstellung

Als mögliche Erklärung der dargestellten Zusammenhänge erscheinen insbesondere die deutlichen Unterschiede in den Maßnahmenportfolien, die die Versorgungssicherheit in den einzelnen Ländern adressieren, relevant. So ergriffen Südkorea und Japan zahlreiche Maßnahmen, die die Versorgungsrisiken direkt beeinflussen. Diese umfassen bspw. die Gründung staatlicher Rohstoffunternehmen (KOMIR, JOGMEC), die Unterstützung für nationale Rohstoffunternehmen bei Explorationsvorhaben in Übersee sowie Rohstoffinvestitionen im Ausland. Zusätzlich verfügen beide Länder über staatliche Rohstofflager, die (kurzfristige) Risikospitzen abfangen können. Im Gegensatz dazu liegt der Schwerpunkt der rohstoffpolitischen Maßnahmen in Europa klar auf der Förderung von Effizienz, Recycling und Substituten bzw. Innovationen. Diese Maßnahmen wirken nur mittelbar und damit offenbar deutlich weniger stark ausgeprägt auf aktuelle Versorgungsrisiken. Zwar verfolgen auch europäische Staaten Maßnahmen, wie die aktive Unterstützung der Exploration im In- und Ausland, allerdings im Vergleich zu Südkorea und Japan in einem deutlich geringeren Ausmaß.

Mithilfe der Implementierung eines deutschen bzw. europäischen Rohstofffonds könnten gezielt Maßnahmen zur Verminderung des Rohstoffversorgungsrisikos finanziert werden. Der Rohstofffonds könnte kombiniert durch öffentliche Mittel sowie öffentliche Garantien und Bürgschaften, Zuschüsse der Unternehmen (entweder freiwillig oder als obligatorische Beiträge; gestaffelte Beiträge in Abhängigkeit des tatsächlichen Rohstoffbeschaffungsrisikos eines Unternehmens; Messung des Beschaffungsrisikos anhand eines zu definierenden Risiko-Indikators) sowie privates Anlagekapital finanziert werden. Die dadurch gewonnenen Mittel können genutzt werden, um Rohstoffe zu kaufen sowie sich an Explorationsprojekten im In- und Ausland zu beteiligen. Weitere mögliche Aufgaben des Fonds bestehen bspw. in der Unterstützung von Unternehmen bei der Integration von Wertschöpfungsstufen mittels Beteiligungserwerb oder Abdeckdung von Risiken gegen unerwartete Preisschwankungen bzw. Engpässe. Übergreifend zielt der Rohstofffonds auf die

Absicherung gegen absehbare Versorgungsrisiken durch gezielte Einbindung verschiedener Akteure in Vorhabenfinanzierung, Risikoverteilung auf beteiligte Unternehmen, Koordination von Interessen sowie Einsammeln von zusätzlichem Kapital für Investitionen im Sinne der Rohstoffstrategie sowie weiterer öffentlicher Interessen in Bezug auf Nachhaltigkeits- bzw. ESG-Kriterien ab.

EY | Assurance | Tax | Strategy and Transactions | Consulting

Die globale EY-Organisation im Überblick

Die globale EY-Organisation ist einer der Marktführer in der Wirtschaftsprüfung, Steuerberatung, Transaktionsberatung und Managementberatung. Mit unserer Erfahrung, unserem Wissen und unseren Leistungen stärken wir weltweit das Vertrauen in die Wirtschaft und die Finanzmärkte. Dafür sind wir bestens gerüstet: mit hervorragend ausgebildeten Mitarbeitern, starken Teams, exzellenten Leistungen und einem sprichwörtlichen Kundenservice. Unser Ziel ist es, Dinge voranzubringen und entscheidend besser zu machen – für unsere Mitarbeiter, unsere Mandanten und die Gesellschaft, in der wir leben. Dafür steht unser weltweiter Anspruch

Building a better working world.

Die globale EY-Organisation besteht aus den Mitgliedsunternehmen von Ernst & Young Global Limited (EYG). Jedes EYG-Mitgliedsunternehmen ist rechtlich selbstständig und unabhängig und haftet nicht für das Handeln und Unterlassen der jeweils anderen Mitgliedsunternehmen. Ernst & Young Global Limited ist eine Gesellschaft mit beschränkter Haftung nach englischem Recht und erbringt keine Leistungen für Mandanten. Informationen dazu, wie EY personenbezogene Daten erhebt und verwendet, sowie eine Beschreibung der Rechte, die Personen gemäß dem Datenschutzgesetz haben, sind über ey.com/privacy verfügbar. Weitere Informationen zu unserer Organisation finden Sie unter ey.com.

In Deutschland ist EY an 20 Standorten präsent. „EY" und „wir" beziehen sich in dieser Publikation auf alle deutschen Mitgliedsunternehmen von Ernst & Young Global Limited.

© 2023 Ernst & Young GmbH
Wirtschaftsprüfungsgesellschaft

All Rights Reserved.

ey.com/de