

[www.iu.de](http://www.iu.de)

# IU DISCUSSION

## PAPERS

### Business & Management

Zwischen Handelskriegen und Energiewende  
Auswirkungen des EU-China-Handelskonflikts auf  
deutsche Unternehmen in der Branche für  
erneuerbare Energie

**JENNIFER RASCHKE**  
**CONSTANTIN SCHUBART**

**IU Internationale Hochschule**

Main Campus: Erfurt  
Juri-Gagarin-Ring 152  
99084 Erfurt

Telefon: +49 421.166985.23  
Fax: +49 2224.9605.115  
Kontakt/Contact: kerstin.janson@iu.org

**Autorenkontakt/Contact to the author(s):**

Jennifer Raschke  
ORCID-ID: 0009-0000-7341-9169 (Open Researcher und Contributor ID)  
Email: jennira@gmx.de

Prof. Dr. Constantin Schubart  
ORCID-ID: 0009-0008-9259-0533 (Open Researcher und Contributor ID)  
Email: constantin.schubart@iu.org

**IU Discussion Papers, Reihe: Business & Management, Vol. 7, No. 6 (MÄR 2026)**

ISSN: 2750-0683

DOI: <https://doi.org/10.56250/4110>

Website: <https://repository.iu.org>

# **Zwischen Handelskriegen und Energiewende Auswirkungen des EU-China-Handelskonflikts auf deutsche Unternehmen in der Branche für erneuerbare Energie**

**Jennifer Raschke**

**Constantin Schubart**

## **ABSTRACT:**

As the global energy transition accelerates, the renewable energy sector has emerged as a showplace for geopolitical competition. Amid intensifying geopolitical uncertainty, e.g. the trade frictions between the EU and China, European firms face the challenge of balancing cost efficiency with strategic sovereignty. This thesis therefore investigates how current trade tensions between the EU and China impact the supply chain strategies of German companies in the photovoltaics, wind, and battery sectors.

Methodologically, the study combines a qualitative literature analysis with four semi-structured expert interviews with representatives from academia and policy think tanks. Based on a deductive-inductive coding approach, it identifies seven core risk categories and ten strategic response patterns.

The findings reveal that the primary threat lies not in potential tariff or non-tariff trade barriers, but in a deep-seated, asymmetric dependence on China for critical raw materials and technological components. Consequently, while a full decoupling is deemed impractical, the research advocates for a robust de-risking framework centered on diversification of sourcing and production locations, nearshoring and friend-shoring, strategic partnerships with third countries, investments in technological innovation and circular economy approaches, complementary inventory strategies, and selective engagement with China. Ultimately, these strategies represent a shift toward more resilient governance structures, providing a roadmap for policymakers and executives to secure Europe's energy infrastructure within an era of systemic rivalry.

## **KEYWORDS:**

Geeconomics, Supply Chain Resilience, EU-China Trade Relations, Renewable Energy Industry, De-risking, Strategic Sovereignty

**JEL classification:** F, Q

## AUTOR:INNEN



**Jennifer Raschke** studierte *International Management* an der IU Internationalen Hochschule. Bereits während ihres Studiums der *Wirtschaftssprachen Asiens und Management China* an der HTWG Konstanz sowie eines Studienaufenthalts in Taiwan entwickelte sie ein Interesse an internationalen Wirtschaftsbeziehungen und makroökonomischen Zusammenhängen. In ihrer wissenschaftlichen Arbeit analysiert sie die geopolitischen Spannungsfelder zwischen Europa und China sowie deren Auswirkungen auf die Resilienz globaler Wertschöpfungsketten.



**Prof. Dr. Constantin Schubart** ist seit 2020 Professor für *Allgemeine Betriebswirtschaftslehre* an der IU Internationale Hochschule im Dualen Studium am Standort Erfurt. Seine Schwerpunkte liegen im Bereich *Managerial Economics*. Er verfügt über mehr als 20 Jahre Berufserfahrung in Lehre, Forschung und Praxis.

## Einleitung

Am 24. Juli 2025 trafen sich Vertreterinnen und Vertreter der Europäischen Union (EU) und der Volksrepublik China in Brüssel zum zwölften EU-China-Gipfel (Europäischer Rat, 2025). Im Zentrum des Gipfeltreffens standen neben geopolitischen Fragen vor allem zunehmende wirtschaftliche Spannungen. Die EU beklagt hierbei insbesondere das anhaltend hohe Handelsbilanzdefizit, Überkapazitäten chinesischer Produzenten sowie Ausfuhrbeschränkungen im Bereich der seltenen Erden (Tagesschau, 2025; a). Die chinesische Seite kritisiert unterdessen den wachsenden Protektionismus seitens der EU und warnt vor möglichen Folgen der Handelsbeschränkungen (Tagesschau, 2025; a). Das Gipfeltreffen 2025 stellt damit ein Sinnbild der aktuellen EU-China-Beziehung dar. Hierbei ist festzuhalten, dass sich die Dynamik der beiden Akteure von einem überwiegenden Kooperationsverhältnis hin zu einer komplexen und spannungsgeladenen Beziehung verschoben hat. Diese Entwicklung hat unmittelbare Auswirkungen auf europäische Unternehmen und deren globale Lieferketten.

Besonders sichtbar werden diese Spannungen im Kontext der europäischen Energiewende. Im Rahmen des „Fit for 55“-Pakets verfolgt die EU ambitionierte Dekarbonisierungs-Ziele und treibt den Ausbau erneuerbarer Energien voran (Europäische Kommission, 2023). Gleichzeitig sind kritische Vorprodukte, Rohstoffe und Schlüsseltechnologien in hohem Maße in China konzentriert. Hierdurch entsteht ein Spannungsfeld zwischen Kosteneffizienz und geopolitischer Verwundbarkeit. Deutsche Unternehmen der Solar-, Wind- und Batteriebranche sind einerseits auf chinesische Komponenten angewiesen, andererseits wächst die Sorge vor strategischen Abhängigkeiten.

Vor diesem Hintergrund gewinnt die europäische De-Risking-Strategie zunehmend an Bedeutung. Unklar bleibt jedoch, wie sich geopolitische Spannungen auf die Lieferketten deutscher Unternehmen in der Erneuerbare-Energien-Branche auswirken können und welche strategischen Anpassungen geeignet sind, identifizierte Risiken zu begrenzen. Das vorliegende Discussion Paper widmet sich daher der folgenden Forschungsfrage:

*Wie beeinflusst der zunehmende Handelskonflikt zwischen der Europäischen Union und China die Lieferkettenstrategien deutscher Unternehmen im Bereich der erneuerbaren Energien und welche Implikationen ergeben sich daraus für Wirtschaft und Politik?*

Zwei Unterfragen leiten hierbei die Analyse:

- 1) Welche Risiken werden in der Literatur und in Experteneinschätzungen im Zusammenhang mit der EU-China-Verflechtung für die Lieferketten deutscher Unternehmen der Erneuerbare-Energien-Branche identifiziert?
- 2) Welche Unternehmensstrategien zur Risikominderung und Resilienzsteigerung von Lieferketten finden sich in Literatur und Experteninterviews, und wie lassen sie sich im Kontext des De-Risking gegenüber China einordnen?

## Theoretischer Hintergrund

### **RESILIENZ UND DIE ANPASSUNG DER LIEFERKETTEN**

Gemäß Ivanov (2023, S. 13) hat die Komplexität der Lieferketten durch die Globalisierung stark zugenommen, wobei diese nun weniger beobachtbar und kontrollierbar sind. Durch die Spezialisierung der Länder beziehen nun z.B. deutsche Unternehmen Komponenten aus Indien oder China und verkaufen die Produkte weiter an Kunden in den USA. Heutzutage agieren Lieferketten hierbei in einer Welt, die von Volatilität, Unsicherheit, Komplexität und Mehrdeutigkeit geprägt ist (Huth, 2025, S. 33). Ein unerwartetes Ereignis, z.B. eine Pandemie oder eine unsichere Route durch geopolitische Konflikte, kann schnell zu Störungen in der Lieferkette führen und somit die Kosten- und Produktionseffizienz eines Unternehmens beeinträchtigen. Im Angesicht dieser Realität sollte ein Unternehmen präventiv und proaktiv handeln, um mögliche negative Auswirkungen einzuschränken. Ein professionelles Risikomanagement sollte dementsprechend bei global agierenden Unternehmen vorhanden sein, um die Existenzsicherung langfristig zu gewährleisten. Die Resilienz und das Risikomanagement sind zwar zusammenhängend, sollten jedoch nicht miteinander verwechselt werden. Nach Ivanov (2023, S. 14) liegt der Schwerpunkt des Risikomanagements auf der Minderung von spezifischen Ereignissen (Risiken), welche mit Viren vergleichbar sind, während die Resilienz eine Eigenschaft des gesamten Systems ist, ähnlich einem Immunsystem.

Um eine nachhaltige Resilienz in der Lieferkette aufzubauen, empfehlen Chowdhury und Quaddus (2016, S. 712) die Entwicklung von Bereitschaft bzw. eine gute Vorbereitung (Readiness), eine schnelle Reaktionsfähigkeit (Response), sowie eine Erholungsfähigkeit (Recovery) der Lieferkette. Huth (2025, S. 62) ergänzt diese drei Unterteilungen um die Phase des Wachstums (Growth), in welcher die Erfahrungen nach einem Störfall genutzt werden, um Prozesse zu optimieren und die Lieferkette für zukünftige Herausforderungen besser zu wappnen. Aus diesen Phasen lassen sich die Eigenschaften der Robustheit und Agilität herausfiltern. Robustheit ist hierbei ein proaktiver Ansatz, welcher die Widerstandsfähigkeit der Lieferkette erhöht bzw. als festes Fundament dient, um Schocks zu widerstehen, und findet sich dementsprechend in der Phase der Bereitschaft (Readiness) (Huth, 2025, S. 156). In den folgenden drei Phasen spielt die Agilität eine wichtige Rolle. Hierbei handelt es sich um einen reaktiven Ansatz, der die Fähigkeit zur schnellen Anpassung und Reaktion nach einer Störung beschreibt (Huth, 2025, S. 156). Um wiederum Robustheit und Agilität zu erreichen, zählt Huth (2025, S. 158) zwölf Erfolgsfaktoren auf, welche als Bausteine einer resilienten Lieferkette betrachtet werden können und durch konkrete Maßnahmen und Strategien umgesetzt werden. Hierzu gehören z.B. Transparenz für die frühzeitige Erkennung von Risiken, Kollaboration für eine enge Zusammenarbeit mit Partnern und Redundanz als Puffer gegen Ausfälle.

Da die Erfolgsfaktoren durch spezifische Maßnahmen umgesetzt werden, finden sie sich auch in den Minderungsstrategien des Risikomanagements wieder. Hierbei unterscheidet Werner (2017, S. 223) zwischen sechs übergeordneten Strategien, welche in Tabelle 1 dargestellt werden. Die Strategien und somit Maßnahmen sind prinzipiell auf jede Art von Störung übertragbar, ihre Anwendung erfolgt in diesem Abschnitt jedoch spezifisch am Beispiel von Handelskonflikten bzw. -spannungen.

Tab. 1: Risikominderungsstrategien mit Bezug zu einer Störung in Form eines Handelskrieges

Risikominderungsstrategien	Beschreibung	Aktivität (inkl. Handelskrieg-Bezug)
Vermeidung	Eliminierung von Gründen zur Risiko-Entstehung	Kein Pionier (z. B. keine neuen Werke in Ländern mit drohenden Strafzöllen); Reshoring, Nearshoring und Friendshoring
Verzögerung	Reduzierung der Entstehungsursache	Verschiebung von Logistikprozessen; Aufbau größerer Sicherheitslager oder überbrückender Partnerschaften
Absicherung	Begrenzung der Risiko-Hauptursachen	Hedging; Lagerpuffer als Absicherung gegen kurzfristige Lieferunterbrechungen
Diversifikation	Reduzierung der Abhängigkeit	Multiple-Sourcing, Dual-Sourcing, alternative Beschaffungsmärkte; Nearshoring und Friendshoring
Überwälzung	Verteilung der Risiken auf mehrere Schultern	Gemeinsame Lagerhäuser mit Partnern, Strategische Allianzen
Akzeptanz	Risiken hinsichtlich ihrer Entstehung billigen	Nachfrageschwankungen auf den Absatzmärkten akzeptieren und Preise/Mengen anpassen

Quelle: Eigene Darstellung (geändert) in Anlehnung an Werner, 2017, S. 223.

## AUF DEM WEG ZUR EUROPÄISCHEN ENERGIEWENDE

Auch für die angestrebte europäische Energiewende sind Lieferketten und deren Resilienz ausschlaggebend. Im Jahr 2023 beliefen sich die weltweiten Investitionen in die Energiewende auf ca. 1,8 Billionen US-Dollar, was einer Steigerung von 17 Prozent im Vergleich zum Vorjahr entspricht (BEE, 2024, S. 3). Der Begriff der Energiewende impliziert bereits, dass die Energiebranche das Rückgrat dieses Wandels bildet, wobei die gesamte Branche vor einer Vielzahl von Herausforderungen steht. So besteht ein großer Druck für europäische Unternehmen, die vorgegebenen Maßnahmen seitens der Politik einzuhalten, die internationalen Handelsbeziehungen ins Ausland effizient zu managen und gleichzeitig im globalen Markt wettbewerbsfähig zu bleiben.

Im Kontext der regulatorischen Vorgaben durch die EU war ein ausschlaggebendes Ereignis die Präsentation des Europäischen Green-Deals am 11. Dezember 2019 (Fetting, 2020, S. 4). Diese umfassende Strategie zielt darauf ab, Europa bis 2050 klimaneutral zu machen und gleichzeitig das wirtschaftliche Wachstum vom Ressourcenverbrauch zu entkoppeln (Fetting, 2020, S. 5). Das Fit-for-55-Paket wurde als Bestandteil des Europäischen Green-Deals in 2021 vorgestellt (Europäische Kommission, 2023). Dieses Maßnahmenbündel sieht vor, die Treibhausgasemissionen der EU bis 2030 um mindestens 55 Prozent gegenüber dem Stand von 1990 zu senken (Europäische Kommission, 2023).

Im Rahmen des Europäischen Green-Deals und des Fit-for-55-Bündels wurde auch die Renewable Energy Directive in 2023 überarbeitet, um den beschleunigten Übergang zu einer klimaneutralen Wirtschaft zu ermöglichen (Europäische Kommission, n.d.). Der neue Zielwert für den Anteil der erneuerbaren Energien am Bruttoendenergieverbrauch wurde auf mindestens 42,5 Prozent bis 2030 angehoben mit dem Bestreben, 45 Prozent zu erreichen (Europäische Kommission, n.d.).

Im Rahmen der erneuerbaren Energien müssen jedoch auch neu entstandene Ressourcen-Abhängigkeiten von Drittstaaten, wie beispielsweise bei Solarmodulen oder Windturbinen, adressiert werden. Um dies zu gewährleisten, ist am 23. Mai 2024 der Europäische Critical Raw Materials Act in Kraft getreten (Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, 2025). Ziel des Critical Raw Materials Act ist die Sicherstellung der europäischen Rohstoffversorgung mit kritischen Ressourcen, welche für die Digitalisierung und die Klimaschutztechnologien unerlässlich sind. Die Verordnung setzt dem EU-Verband hierbei ehrgeizige Ziele. Für das Jahr 2030 soll die EU 10 Prozent des Bedarfs an strategischen Rohstoffen aus eigener Gewinnung, 40 Prozent aus eigener Verarbeitung und 25 Prozent aus Recycling decken (Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, 2025). Zugleich soll die Importabhängigkeit von einem einzelnen Drittland auf maximal 65 Prozent pro Rohstoff reduziert werden (Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, 2025).

Die Branche der erneuerbaren Energien entwickelt sich durch jährlich steigende Investitionsausgaben, politische Zielsetzungen und technologische Fortschritte stetig weiter. Gleichzeitig setzen die politischen Vorgaben diverse Sektoren unter Druck mit dem Ziel, die Energiewende schnellstmöglich voranzutreiben. So kann die Klimaneutralität nur durch einen beschleunigten Ausbau von Wind- und Solarenergie sowie durch Innovationen in Netzinfrastruktur und Speichertechnologien erreicht werden. Hierzu sind weiterhin steigende Investitionen nötig, wobei aktuelle geopolitische Ereignisse sowie nationale Dilemmata einen bedeutenden Einfluss auf den weiteren Verlauf der Energiewende haben. In diesem Kontext bleibt auch die Ressourcenabhängigkeit ein Risiko. Obwohl die EU versucht, ihre Abhängigkeit durch den CRMA zu reduzieren, wird sie trotzdem weiterhin auf Importe angewiesen sein, da der Bedarf an wichtigen Rohstoffen für grüne Technologien und Digitalisierung steigt.

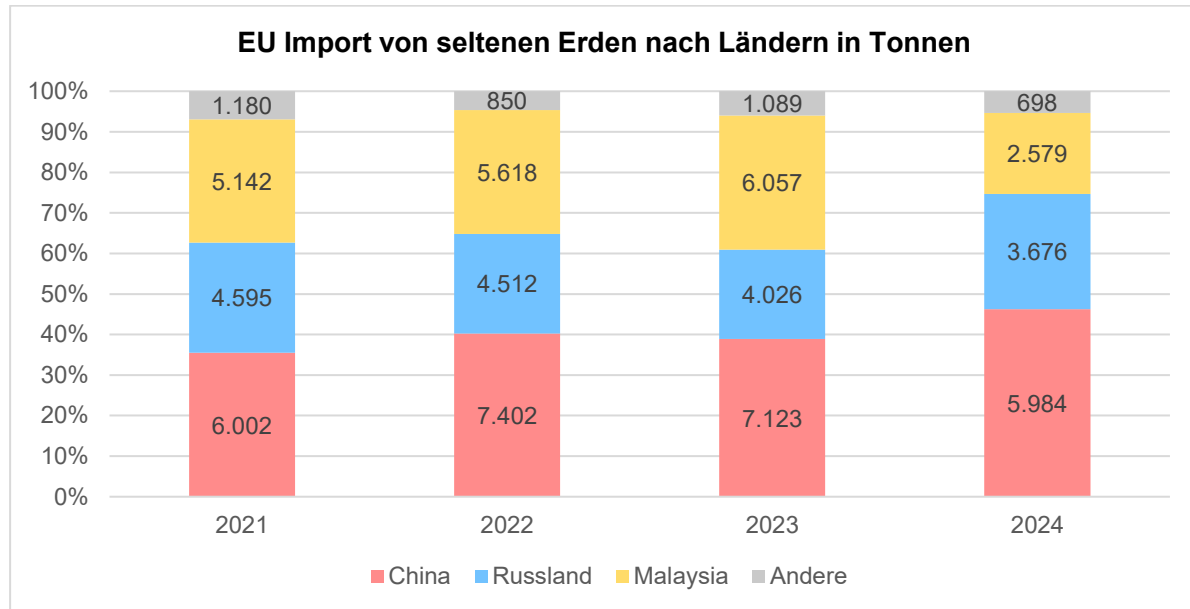
## **DIE CHINESISCHE MACHTSTELLUNG**

Kritische Rohstoffe für den weiteren Ausbau des Energiesektors sind beispielsweise Kupfer, Gallium, Germanium, Aluminium, Seltene Erden, Lithium, Nickel, Kobalt und Graphit. Die Gewinnung einzelner Rohstoffe, darunter der seltenen Erden, ist z.B. in Schweden und somit in der EU möglich, wird jedoch erst seit dem Critical Raw Materials Act wieder gezielt vorangetrieben (EnBW, 2025). Infolgedessen wird es in Schweden voraussichtlich aufgrund von Auskundschaftung und Bürokratie noch ca. 15 Jahre dauern, bis die Förderung ausgebaut ist und die seltenen Erden im Markt ankommen (EnBW, 2025). Dies geht mit der Folge einher, dass die europäischen Länder bis dahin auf internationale Lieferketten für die Energiewende angewiesen sind.

Seitens der EU wurden in 2022 und 2023 mehr als dreimal so viel an seltenen Erden (Scandium und Yttrium) importiert, wie die Mitgliedsstaaten exportieren konnten. Die Importe waren hierbei in den Jahren 2021, 2022 und 2023 insgesamt sehr hoch und lagen jeweils über 16.000 Tonnen (Eurostat, 2025; a). Im Jahr 2024 ist ein Rückgang zu verzeichnen, wobei der Import auf unter 13.000 Tonnen gefallen ist. Wie in Abbildung 1 dargestellt, ist hierbei China der größte Lieferant von seltenen Erden für die EU,

gefolgt von Russland und Malaysia. Gemäß den Daten der europäischen Statistikbehörde Eurostat (2025; c) wurden in 2024 ca. 46,3 Prozent der gesamten Importe von seltenen Erden aus China bezogen.

Abb. 1: EU-Import von seltenen Erden in Ländern



Quelle: Eigene Darstellung auf der Basis der Daten von Eurostat, 2025b.

In Bezug auf die Branche der erneuerbaren Energien sind seltene Erden jedoch unverzichtbar. So sind für moderne Windkraftanlagen und E-Fahrzeuge Seltenerdmetalle erforderlich (Elsner et al., 2025, S. 25). Auch für Solarzellen werden seltene Metalle benötigt, insbesondere Lanthan, Gadolinium und Yttrium (Elsner et al., 2025, S. 32). Hierbei ist zu berücksichtigen, dass die Importabhängigkeit von China für einzelne Erden noch deutlich höher ist als bei der Gesamtgruppe. So kamen 2024 rund 98 Prozent des importierten Neodyms, Praseodyms und Samariums aus China (Statistisches Bundesamt, 2025; a). Bei Cer und Lanthan waren es sogar über 99 Prozent der gesamten Importmenge (Statistisches Bundesamt, 2025; a).

Die Abhängigkeit von China besteht jedoch nicht nur in Bezug auf abbaubare Rohstoffe. Auch bei der Verarbeitung und Raffination hat sich China eine Machtstellung aufgebaut. So stammen ca. 90 Prozent der Seltenerdmetalle für die Windenergieanlagen aus China (Tagesschau, 2025; b). Im Bereich der Photovoltaik sieht es nicht anders aus. Im Jahr 2023 beherrschte China mit Marktanteilen von über 80 Prozent alle Wertschöpfungsstufen der PV-Produktion, vom Polysilizium über Wafer und Zellen bis hin zu Modulen (Wirth, 2025 S.19-20). Dies zeigt sich auch in dem Einbruch der Produktion von Solarmodulen in Deutschland, welche im ersten Quartal 2025 einen Rückgang von 50,7 Prozent verzeichnet (Statistisches Bundesamt, 2025; b). Gleichzeitig stammt der überwiegende Teil der nach Deutschland importierten Photovoltaikanlagen aus China, das mit einem Anteil von über 85 Prozent zum mit Abstand wichtigsten Lieferanten geworden ist und so die europäische Produktion zunehmend verdrängt (Statistisches Bundesamt, 2025; b).

## Forschungsdesign

Das Ziel dieser Forschung bestand darin, die komplexen Auswirkungen des EU-China-Handelskonflikts auf deutsche Lieferkettenstrategien im Bereich der erneuerbaren Energien aus verschiedenen Perspektiven zu untersuchen. Dementsprechend wurde ein qualitatives, methoden-plurales Forschungsdesign gewählt, welches auf einem Triangulationsansatz von Literaturanalyse und Experteninterviews basiert.

Um für die Literaturanalyse eine transparente und nachvollziehbare Auswahl zu gewährleisten, wurde das PRISMA-Modell herangezogen. Mithilfe von vorab definierten Ausschlusskriterien (z. B. thematische Relevanz, zeitliche Aktualität, wissenschaftlicher Anspruch) sowie festgelegten Suchstrings konnten in den Datenbanken Springer Link, ScienceDirect und Taylor & Francis Online über 12.000 Treffer identifiziert werden. Durch einen mehrstufigen Auswahl- und Screeningprozess wurde der Korpus auf 28 relevante Quellen reduziert. Dieser Prozess stellte sicher, dass die Basis der Literaturanalyse sowohl aktuell als auch fachlich fundiert ist.

Die Auswahl der Gesprächspartner folgte dem Prinzip des Purposeful Sampling, um den Expertenstatus und somit eine langjährige Expertise in den Bereichen Makroökonomie, Außenpolitik und erneuerbare Energien zu gewährleisten. Die vier Interviewpartner aus Forschungsinstituten und Think Tanks fungieren im Rahmen der Untersuchung als Kontext-Experten und ermöglichen Einblicke in die Metaebene der geopolitischen und ökonomischen Entwicklungen. Ihre Einschätzungen dienten dazu, die Literaturbefunde zu validieren und um aktuelle, praxisnahe Nuancen der EU-China-Beziehung zu ergänzen. Tabelle 2 liefert eine Übersicht der befragten Experten und erläutert, aufgrund welcher Expertise und Relevanz die jeweilige Person für die Durchführung des Interviews ausgewählt wurde. Die Interviews wurden nach ihrer Durchführung vollständig transkribiert sowie sprachlich geglättet.

Tab. 2: Kurzbeschreibung der Interviewpartner

Kürzel	Relevanz
EXP-1:	Senior Researcher an einer deutschen Universität, mit den Forschungsschwerpunkten Direktinvestitionen, Innovation und Strukturwandel sowie einem Fokus auf China
EXP-2:	Senior Analyst in einem politikberatenden Think Tank, spezialisiert auf Industriepolitik und Außenwirtschaft im China-Kontext
EXP-3:	Wissenschaftlicher Mitarbeiter eines Forschungsinstituts im Bereich Wirtschaft und Management von Technologien mit dem aktuellen Schwerpunkt ökonomische Bewertung von erneuerbaren Energie Themen
EXP-4:	Research Associate und Referent im Bereich deutsch-chinesische Energie- und Klimadiplomatie, mit Erfahrung in NGO- und Universitätskontexten

Quelle: Eigene Darstellung.

Die Auswertung beider Datenquellen erfolgte einheitlich nach der qualitativen Inhaltsanalyse nach Mayring. Dieser regelgeleitete Ansatz erlaubt es, auch große Datenmengen zu strukturieren, ohne den interpretativen Charakter zu verlieren (Mayring & Fenzl, 2019, S. 635). Vor diesem Hintergrund wurde ein deduktiv-induktives Kategoriensystem entwickelt. Kategorien für Risiken (R1–R5) und Strategien (S1–S8) wurden vorab aus den theoretischen Grundlagen abgeleitet (deduktiv), während neue Themen wie die Kreislaufwirtschaft (S10) oder technologische Abhängigkeiten (R7) direkt aus dem Material heraus ergänzt wurden (induktiv). Die entwickelten Kategorien werden in Tabelle 3 vollständig aufgelistet. Durch die Anwendung desselben Codierschemas auf Literatur und Interviewtranskripte wurde eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse gewährleistet.

Tab. 3: Übersicht der Codierungskategorien

Code	Deduktiv/ Induktiv	Kategorie	Kurzbeschreibung
R1	D	Regulatorische Risiken	Risiken durch staatliche Eingriffe
R2	D	Politisch - institutionelle Unsicherheit	Unternehmerische Unsicherheit, durch politische Spannungen, Vergeltungsmaßnahmen oder ein volatiles internationales Umfeld
R3	D	Rohstoffabhängigkeit	Strukturelle Abhängigkeit von kritischen Rohstoffen
R4	D	Ökonomische Risiken	Wirtschaftliche Risiken infolge geopolitischer Spannungen oder Lieferkettenstörungen
R5	D	Marktrisiken	Verlust von Absatzmärkten, Rückgang von Investitionen oder Image-Schäden
R6	I	Innovations- und Wettbewerbsrisiko	Langfristiger Abfall der Innovations- und Wettbewerbsfähigkeit
R7	I	Technologische Abhängigkeit	Abhängigkeit von chinesischer Hochtechnologie, Komponenten, Know-how
S1	D	Diversifizierung/ Multiple-sourcing	Die Verbreiterung von Bezugsquellen, Zulieferern oder Absatzmärkten
S2	D	Nearshoring	Verlagerung von Aktivitäten in geografisch oder kulturell nahegelegene Länder
S3	D	Reshoring	Rückverlagerung von Aktivitäten oder Zulieferketten
S4	D	Friendshoring	Verlagerung von Aktivitäten in politisch und wirtschaftlich verbündete Staaten
S5	D	Strategische Partnerschaften	Aufbau langfristiger Kooperationen mit anderen Unternehmen, Forschungsinstitutionen oder politischen Akteuren
S6	D	Technologische Innovation	Förderung eigener Forschung und Innovation

<b>S7</b>	D	Selectives Engagement	Abhängigkeiten reduzieren, während wirtschaftliche Vorteile in weniger sensiblen Sektoren erhalten bleiben
<b>S8</b>	D	Lagerhaltung	Aufbau größerer Lagerbestände
<b>S9</b>	I	Lokalisierungsstrategie /	Aufbau separater China-Lieferketten
<b>S10</b>	I	Kreislaufwirtschaft / Recyclingstrategien	Entwicklung geschlossener Materialkreisläufe durch Recycling und Wiederverwertung

Quelle: Eigene Darstellung.

Die methodische Qualität der Arbeit wurde durch die Einhaltung etablierter Gütekriterien sichergestellt. Neben der Transparenz des PRISMA-Prozesses wurde die Reliabilität der Dateninterpretation durch die Überprüfung der Intrakoderübereinstimmung gestärkt. Hierzu wurden die Literaturquellen sowie die Interviewtranskripte nach einem zeitlichen Abstand erneut codiert und mit der ursprünglichen Codierung verglichen. Die Validität der Ergebnisse ergibt sich aus der engen theoretischen Rückbindung und der methodischen Triangulation. Dieser Ansatz ermöglicht es, die verschiedenen Facetten der Lieferkettenresilienz sichtbar zu machen und ein umfassendes Gesamtbild zu zeichnen, welches sowohl wissenschaftlichen als auch praktischen Anforderungen gerecht wird.

## Forschungsergebnisse

### **RISIKODIMENSIONEN**

Im Zuge der Untersuchung konnten sieben Risikokategorien (R1–R7) identifiziert werden, welche das operative Geschäft und die strategische Planung deutscher Unternehmen im Bereich der erneuerbaren Energien beeinflussen.

Die erste Kategorie beschäftigt sich mit den regulatorischen Risiken (R1). Hierbei werden Risiken zusammengefasst, welche für Unternehmen entstehen können, wenn der Staat in den Handel eingreift. Sowohl die Literatur als auch die Experten betonen die zunehmende Instrumentalisierung des Handels als machtpolitisches Werkzeug (Economic Coercion). Regulatorische Eingriffe wie Zölle und Exportbeschränkungen (z. B. bei Gallium und Germanium) führen zu unmittelbaren Preissteigerungen und Produktionsverzögerungen (Koch, 2025, S. 124). Flankiert wird dies durch eine tiefgreifende politisch-institutionelle Unsicherheit (R2). Die Experten unterstreichen, die wachsende Politisierung des Geschäftsumfelds sowie das uneinheitliche Auftreten der EU-Staaten gegenüber China. Auch Voß (2023, S. XII) verweist darauf, dass ausländische Unternehmen in China im Eskalationsfall mit Eingriffen bis hin zu Konfiskation oder Enteignung rechnen müssen. Für die Unternehmen wirken sich diese Risiken nicht sofort in Form von Liefer- oder Preisschocks aus, sondern über die Planungsebene. Wenn Handelsbeziehungen zunehmend politisiert werden, müssen Unternehmen damit rechnen, dass Regeln und Gesetze sich schnell ändern. So entsteht z.B. ein Mangel an Planungssicherheit für Investitionen, aber auch eine zunehmende Politisierung des Geschäftsumfelds und der wirtschaftlichen Unternehmensentscheidungen (Voß, 2023, S. XII).

Die Rohstoffabhängigkeit (R3) beschäftigt sich mit dem Risiko, dass Unternehmen der erneuerbaren Energien in hohem Maße von Rohstoffen abhängig sind, welche überwiegend aus China stammen. Besonders relevant sind hierbei seltene Erden und kritische Mineralien, welche für essenzielle Komponenten wie Permanentmagnete (Windenergie), Solarzellenmaterialien (Photovoltaik) oder Batterieelemente (Speichertechnologien) benötigt werden. China kontrolliert in einzelnen Phasen über 95 % der Produktion und Verarbeitung Seltener Erden (Feldhoff & Schneider, 2022, S. 86, 88). Zudem verfügen europäische Staaten bislang nur über begrenzte eigene Förder- und Verarbeitungskapazitäten, während neue Projekte häufig Verzögerungen oder Widerstand auf lokaler Ebene erfahren (Hennesy, 2023, S. 560).

Die ökonomischen Risiken (R4) äußern sich in einer hohen Preisvolatilität und dem Verlust von Skaleneffekten durch protektionistische Maßnahmen. Literatur und Experten heben hierbei einen massiven Preisdruck durch chinesische Produzenten hervor. So stiegen z.B. die Preise für Lithiumcarbonat aus China zeitweise um mehr als 170 Prozent (Kalantzakos et al., 2023, S. 13).

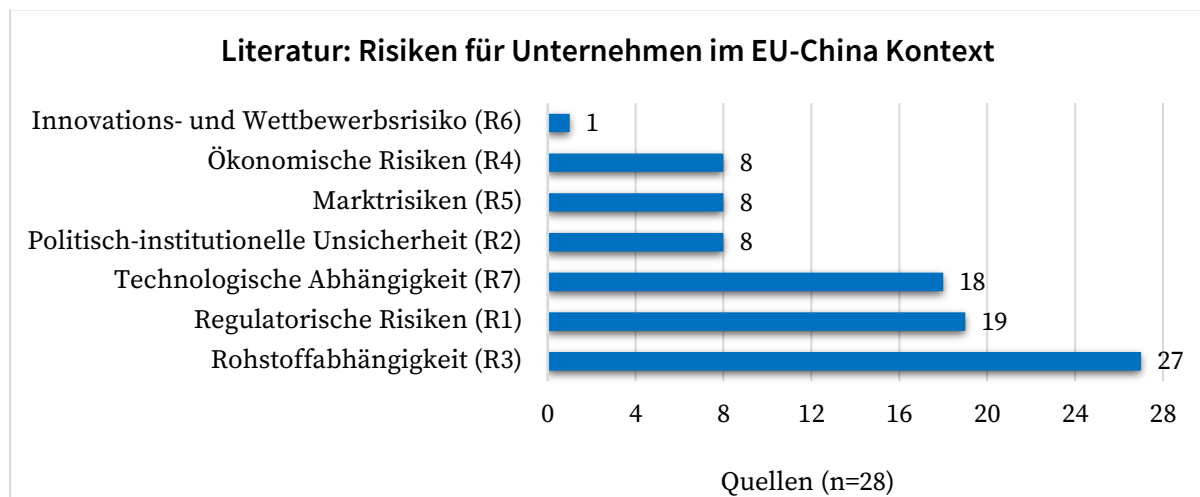
Gleichzeitig ist das Marktrisiko (R5) durch die Doppelfunktion Chinas als Beschaffungs- und wichtiger Absatzmarkt gegeben. Voß (2023, S. XII) betont, dass die deutsche Wirtschaft wegen der Rohstoffe, aber auch wegen der Kaufkraft der chinesischen Konsumenten darauf angewiesen ist, dass der Zugang zum chinesischen Markt stabil bleibt. Eine Verringerung der Abhängigkeit könnte laut Literatur und Experten (EXP-3; Herranz-Surrallés, 2025, S. 14) als politische Abwertung oder wirtschaftliche Abkopplung verstanden werden und Vergeltungsreaktionen auslösen, z.B. in Form von Zollaufschlägen oder Marktzugangsbeschränkungen.

Die Kategorie Innovations- und Wettbewerbsrisiko (R6) bezieht sich auf das Risiko, dass der Wettbewerb und somit die Innovationsdynamik geschwächt werden. Dies geschieht, wenn Märkte durch protektionistische Maßnahmen abgeschirmt oder durch Subventionsprogramme verzerrt werden. Wagner (2025, S. 194) weist darauf hin, dass sich in Situationen, in denen Staaten stark in Marktprozesse eingreifen, eine Form von Schutzwirkung gegenüber bereits erfolgreichen Unternehmen einstellen kann. Auch EXP-1 warnt davor, dass Firmen ohne externen Wettbewerb weniger in Forschung und Entwicklung investieren werden, was die langfristige Wettbewerbsfähigkeit gefährdet.

Ergänzend dazu zeigt die Analyse der technologischen Abhängigkeit (R7), dass das Risiko weniger in der reinen Förderung, sondern primär in den nachgelagerten Verarbeitungsschritten liegt. Die Literatur zeigt, dass China in der Weiterverarbeitung und Veredelung kritischer Mineralien weltweit führend ist. So liegen für Magnetprodukte rund 87 Prozent der globalen Aufbereitung und 94 Prozent der Weiterverarbeitung bei China (Wagner, 2025, S. 185). Auch bei PV-Wafern, Batteriezellen und Graphitverarbeitung kontrolliert China große Teile der globalen Produktionsketten (Guarascio et al., 2025, S. 715; Voigt et al., 2023, S. 162). Die Experten unterstreichen, dass diese Dominanz jedoch nicht nur aufgrund der verfügbaren Vorkommen entsteht, sondern weil China bereit ist, umwelt- und kostenintensive Prozesse auszuführen und zu fördern (EXP1; EXP4).

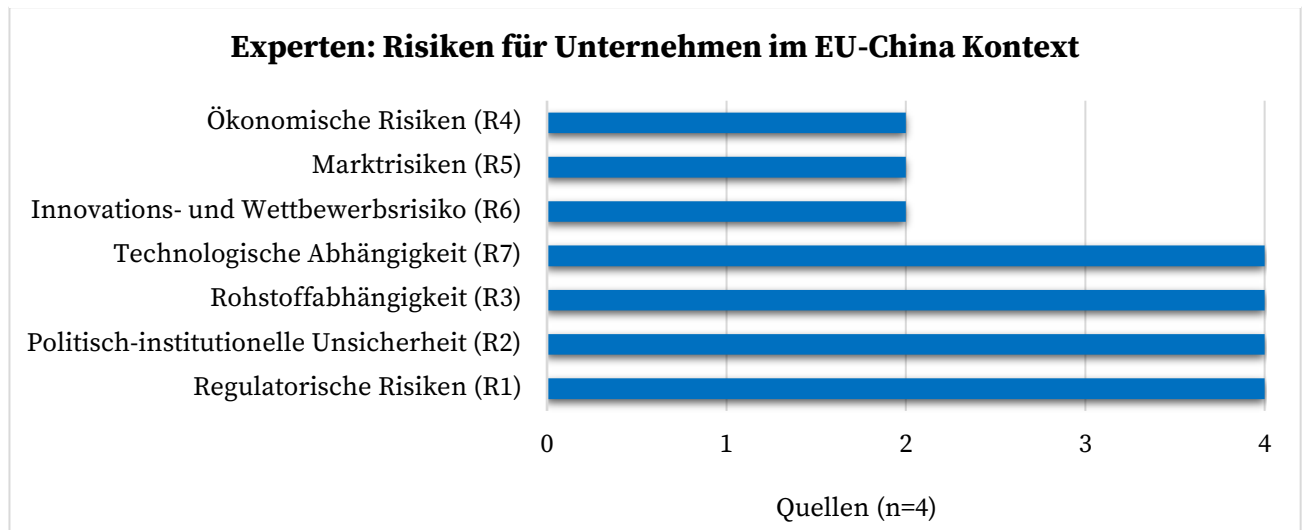
Um die Relevanz der einzelnen Risiken zu gewichten, wurden die Häufigkeiten der Nennungen in der Literatur sowie in den Experteninterviews gegenübergestellt und durch Abbildung 2 und 3 grafisch dargestellt. Hierbei zeigt sich eine starke Deckungsgleichheit. Die Verteilung verdeutlicht, dass insbesondere die Rohstoffabhängigkeit (R3), die technologische Abhängigkeit (R7) und die regulatorischen Risiken (R1) sowohl in der literarischen Diskussion als auch bei den Experten die höchste Priorität genießen.

Abb. 2: Literatur - Risiken für Unternehmen im EU-China Kontext



Quelle 1: Eigene Darstellung)

Abb. 3: Experten: Risiken für Unternehmen im EU-China Kontext



Quelle: Eigene Darstellung.

## STRATEGISCHE ANPASSUNGSOPTIONEN

Auf Basis der zweiten Unterfrage konnten zehn Strategiekategorien aus der Literatur herausgearbeitet werden, welche mit den Kürzeln S1-S10 codiert wurden.

Kategorie S1 behandelt die Diversifizierung der Lieferketten im Kontext des Multiple- oder Dual-Sourcing und umfasst Maßnahmen zur Streuung von Lieferanten- und Produktionsstandorten, um die Abhängigkeit von China als dominierendem Beschaffungs- und Produktionsstandort zu reduzieren. Das „China+1“-Prinzip wird sowohl in der Literatur als auch von allen Experten als essenziell bewertet, um Chinas Monopolstellung bei kritischen Komponenten aufzubrechen (Gutting, 2024, S. 27; Wagner, 2025, S. 195). Länder wie Indien, Mexiko, Brasilien oder Staaten in Südostasien rücken dabei als komplementäre Partner in den Fokus (EXP4; Fröhlich, 2025, S. 85–86).

Nearshoring (S2) zielt auf die Verkürzung von Lieferwegen durch Verlagerung in geographisch nahe Regionen ab. In der Praxis ist dieses Phänomen gemäß Koch (2025, S. 101) bereits zu beobachten, da Unternehmen aufgrund verstärkter Risiken von Offshoring-Strategien in weit entfernte Länder abrücken und ihre Globalisierungsstrategien hin zu Nearshoring oder Reshoring (R3) neu ausrichten. Nagy et al. (2025, S. 11) zeigen ebenfalls, dass europäische und US-amerikanische Unternehmen zunehmend auf regional näher gelegene Partner setzen, um Transport- und Logistikerisiken zu reduzieren.

Die verwandte Strategie des Reshoring (R3) soll Versorgungssicherheit erhöhen, indem kritische Produktionskapazitäten wieder in räumliche und regulatorische Nähe gebracht werden. Gutting (2024, S.27) verweist darauf, dass die Rückverlagerung der Produktion zwar eine Option ist, jedoch sorgfältig gegen höhere Produktions- und Betriebskosten abgewogen werden muss. Auch von den Experten wird ein vollständiges Reshoring als selektiv sinnvoll, jedoch nicht flächendeckend realistisch oder effizient eingeschätzt. Mehrere Aussagen betonen, dass eine vollständige Rückverlagerung der Wertschöpfung nach Europa weder wirtschaftlich sinnvoll noch in allen Sektoren umsetzbar ist (EXP1).

Friendshoring (S4) beschreibt die Verlagerung oder Ausrichtung von Lieferketten auf Länder, welche als politisch verlässlich und wertepartnerschaftlich gelten. Ziel ist es, den Zugang zu kritischen Rohstoffen und Vorprodukten über Handelspartner zu sichern, die stabile politische Systeme, z.B. in Form einer Demokratie aufweisen (Hennessy, 2023, S. 563). EXP1 warnt jedoch davor, Friendshoring als alleinige Lösung zu betrachten, da Restrisiken weiterhin bestehen und neue Abhängigkeiten entstehen können.

Über reine Lieferbeziehungen hinaus gewinnen langfristige Kooperationen (S5) an Bedeutung. Unternehmen und Regierungen setzen verstärkt auf langfristige Kooperationsbeziehungen, um den Zugang zu Rohstoffen und Vorprodukten nachhaltig zu stabilisieren (Gutting, 2024, S. 26–27; Fröhlich, 2025, S. 79). Die EU etabliert in diesem Kontext bereits Rohstoffpartnerschaften mit Drittstaaten (Müller, 2023, S. 187; Guarascio et al., 2025, S. 709). Die Experten betonen, dass Unternehmen an diesen Strukturen mitwirken müssen, insbesondere in Ländern des globalen Südens, um alternative Bezugsquellen jenseits des chinesischen Einflusssphäre abzusichern (EXP-1, EXP-2, EXP4).

Innovation wird als der nachhaltigste Ausweg aus der Abhängigkeit identifiziert. Dies umfasst die Förderung eigener Forschung und Innovation, um kritische Rohstoffe zu substituieren oder deren Einsatz durch Effizienzsteigerung zu minimieren (Schmid, 2020, S.33; Hafner & Tagliapietra, 2020, S. 16). Experten (EXP-1, EXP-2) sehen in technologischem Vorsprung, etwa bei saubereren Verarbeitungsverfahren, eine Möglichkeit, langfristig eine wettbewerbsfähige Vorreiterrolle gegenüber China einzunehmen.

Trotz De-Risking plädieren sowohl Literatur als auch Experten für eine kontrollierte Fortführung der Beziehungen zu China (S7). Ein vollständiges Decoupling wird als ökonomisch destabilisierend abgelehnt (EXP-3). Somit wird empfohlen, in vorteilhaften Bereichen eine kooperative Geschäftsbeziehung beizubehalten und die Abhängigkeit gleichzeitig vorsichtig zu reduzieren, Lieferketten zu diversifizieren und wirtschaftliche Resilienz aufzubauen (Voß, 2023, S.XV).

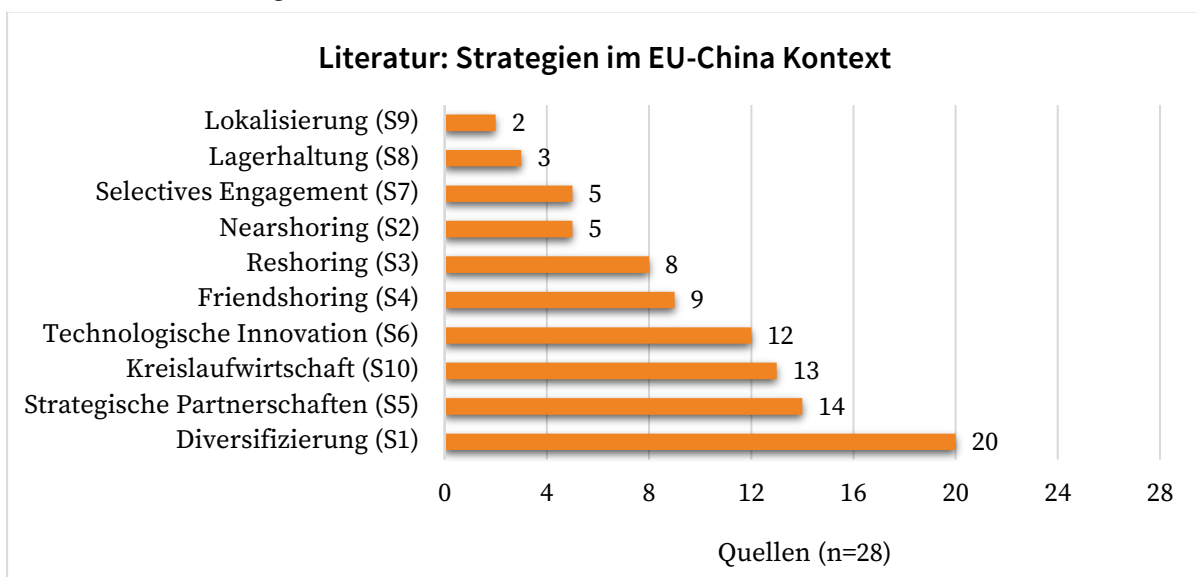
Als Reaktion auf vermehrte globale Unsicherheit bauen Unternehmen zusätzlich Pufferbestände auf (S8). In der Literatur wird Lagerhaltung als ein häufig eingesetztes Instrument genannt, das gemeinsam mit Recycling, Substitution und effizienter Ressourcennutzung dazu beitragen kann, den Zugang zu kritischen Rohstoffen zu sichern (Schmid, 2020, S. 33). Die Experten betonen jedoch die ökonomischen Grenzen. Umfangreiche Lagerhaltung verursacht hohe Kosten und wird daher nur als kurzfristige Überbrückungsmaßnahme für kritische Materialien angesehen (EXP-1).

Auch die Lokalisierungsstrategie (S9) ist als Reaktion der Unternehmen auf Volatilität und politischen Druck zu verstehen. Unternehmen reagieren auf das zunehmend politisierte Umfeld, indem sie ihre Lieferketten lokaler ausrichten, um Geschäftstätigkeiten auch bei geopolitischen Spannungen abzusichern (Wagner, 2025, S. 199). China fordert zudem vermehrt, dass ausländische Unternehmen vor Ort produzieren, wenn sie weiterhin Zugang zu chinesischen Produkten und Lieferketten erhalten wollen, was die Tendenz zur „In-China-für-China“-Strategie zusätzlich verstärkt (EXP1).

Recycling kann als strategische Ergänzung zum De-Risking betrachtet werden, um die Importabhängigkeit von kritischen Rohstoffen zu senken (S10). Die Literatur weist jedoch auf die aktuell noch fehlende Infrastruktur in der EU hin (Vlaskamp, 2024, S. 161). Gleichzeitig definieren Experten (EXP-1, EXP-4) das Recycling als Zukunftsfeld, in dem Europa bereits technologische Stärken besitzt, die zur Sicherung der Rohstoffbasis ausgebaut werden müssen.

Im Vergleich zu den Risiken ist die Überschneidung bei der Häufigkeit der Nennungen in der Literatur sowie in den Experteninterviews nicht ganz so stark ausgeprägt, jedoch weiterhin hoch. In den Abbildungen 4 und 5 ist zu erkennen, dass die Diversifizierung (S1) in beiden Datensätzen als dominantes Hauptinstrument zur Risikominimierung identifiziert wird. Weiterhin werden technologische Innovation (S6) und strategische Partnerschaften (S5) als Hebel für eine nachhaltige Unabhängigkeit genannt. Operative Ansätze wie die Lagerhaltung (S8) werden in beiden Quellen nur als nachgelagerte Randstrategien geführt. Dies verdeutlicht, dass die strategische Antwort auf den EU-China-Konflikt nicht in defensiver Abschottung, sondern in einer proaktiven geographischen und technologischen Neuausrichtung liegt.

Abb. 5: Literatur - Strategien im EU-China Kontext



Quelle 3: Eigene Darstellung.

Abb. 4: Experten - Strategien im EU-China Kontext



Quelle 2: Eigene Darstellung.

## Diskussion und Implikationen

### **ZUSAMMENFÜHRUNG DER RISIKEN UND STRATEGIEN**

Aufbauend auf den Phasen Readiness, Response, Recovery und Growth (Chowdhury und Quaddus, 2016, S. 712; Huth, 2025, S. 62) sowie den von Werner (2017, S. 223) beschriebenen Risikominderungsstrategien (Vermeidung, Verzögerung, Absicherung, Diversifikation, Überwälzung, Akzeptanz) wird im Folgenden analysiert, inwiefern die in Literatur und Experteninterviews erarbeiteten Kategorien zusammenhängen und wie sie zur Stärkung der Robustheit und Agilität der Lieferketten deutscher Unternehmen im Kontext des EU-China-Handelskonflikts beitragen.

Zunächst sollten die Abhängigkeiten von China sowie die realen Handelshemmnisse hervorgehoben werden. Die Abhängigkeit von Rohstoffen (R3) und von Technologien (R7) sowie die regulatorischen Eingriffe (R1) können mit der Readiness-Phase in Verbindung gebracht werden bzw. diese beeinträchtigen. Unternehmen befinden sich hierbei bereits vor einer konkreten Störung in einer verletzlichen Position, da Inputs nicht gesichert sind. Inputrohstoffe, wie seltene Erden aber auch Know-How sind, z.B. im Rahmen der Raffination sowohl räumlich, politisch als auch technologisch konzentriert. Die Robustheit der Lieferkette ist somit eingeschränkt, da bereits kleine politische oder regulatorische Schocks weitreichende Folgen entlang der Wertschöpfungskette auslösen. So kann es zu Produktionsengpässen und -ausfällen kommen, zu höheren Beschaffungskosten oder falls überhaupt existent, zu teureren Alternativmaterialien. Auch die regulatorischen Risiken (R1) erfordern eine hohe Readiness, da frühzeitige Informations- und Szenarioarbeit entscheidend ist, um auf plötzliche Zölle, Sanktionen oder Exportkontrollen sowie die hierdurch entstehenden Engpässe adäquat zu reagieren. Gleichzeitig bestehen bereits erste Zölle und regulatorische Hindernisse welche die Robustheit der Lieferketten im Vorfeld belasten.

In der Readiness-Phase steht der Aufbau von Robustheit im Vordergrund. Aus Sicht des Risikomanagements sind hier nach Werner (2017, S. 223) Strategien der Risikovermeidung, Absicherung und auch Diversifikation von Bedeutung, da diese bereits vor Eintritt einer Störung ansetzen und die Anfälligkeit der Lieferketten verringern. Die Diversifizierung (S1) sowie die räumliche Verlagerung von Produktion und Lieferketten durch Nearshoring, Reshoring und Friendshoring (S2–S4) zielen darauf ab, die Abhängigkeit von einzelnen Ländern, Zulieferern und politischen Regimen zu reduzieren. Im Sinne von Werner (2017, S. 223) lassen sich diese Ansätze der Risikovermeidung und Diversifikation zuordnen. Zum einen kann das Risiko vollständig vermieden werden, indem die gesamte Lieferkette in ein anderes, verbündetes oder näheres Land verlegt wird. Zum andern können diese Strategien auch im Sinne des Multiple Sourcing verwendet werden, indem zusätzliche Lieferketten zu Lieferanten in anderen Ländern aufgebaut werden. Lagerhaltungsstrategien (S8) ergänzen diese Maßnahmen, indem sie als Form der Absicherung fungieren und kurzfristige Lieferunterbrechungen abpuffern. Zusätzlich tragen Kreislaufwirtschaft und Recycling (S10) dazu bei, die Inputseite zu entlasten und kritische Rohstoffe zumindest teilweise durch Sekundärmaterial zu substituieren. Auch eine vorausschauende Investition in Innovation und Technologie (S6) kann z.B. in Bereichen wie Produktionseffizienz oder Materialsubstitution zu einer Reduktion der Primärmaterialien führen.

Neben den Abhängigkeiten sind ebenfalls politisch-institutionelle Unsicherheit (R2), ökonomische Risiken (R4) sowie Markt- und Wettbewerbsrisiken (R5, R6) zu beachten. Diese Kategorien beschreiben

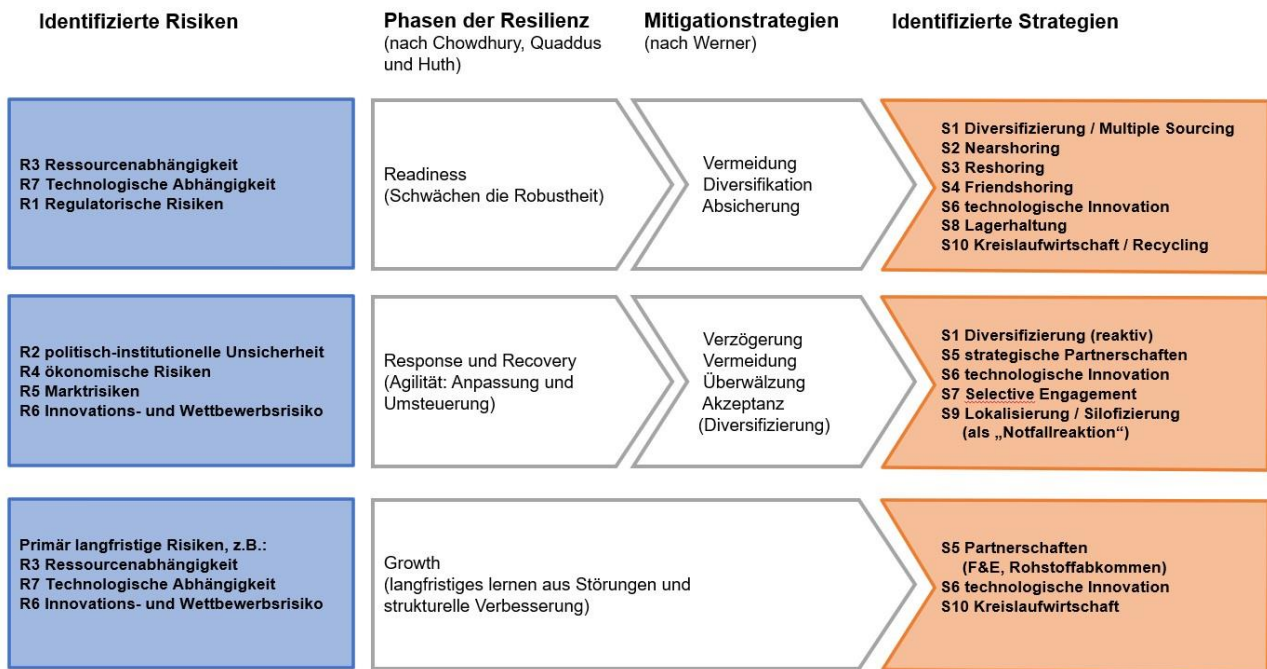
ein zunehmend volatiles Umfeld aus geopolitischen Spannungen, Subventionswettläufen, potenziellen Sanktionsregimen, einer verstärkten Politisierung des Geschäftsumfelds sowie verschärftem Preis- und Technologiewettbewerb. Hinzu kommen die Gefahr von Nachfragerückgängen in wichtigen Absatzmärkten und Verlagerungen von Marktanteilen zugunsten chinesischer Anbieter. Diese Risiken betreffen vor allem die Phasen der Reaktion (Response) und Erholung (Recovery). So müssen Unternehmen in der Lage sein, ihre Lieferketten kurzfristig anzupassen, Absatzmärkte umzuorientieren und Geschäftsmodelle anzupassen, wenn sich politische oder ökonomische Rahmenbedingungen verschieben. Dies setzt ein hohes Maß an Agilität voraus.

Für die in den Phasen Response und Recovery zentralen Risiken lassen sich nach Werner (2017, S. 223) vor allem die Risikominderungsstrategien Akzeptanz, Diversifikation, Vermeidung und Überwälzung zuordnen. Grund hierfür ist, dass Response und Recovery die Situationen adressieren, in welchen politische, ökonomische oder marktbezogene Schocks bereits eingetreten sind und Unternehmen nicht mehr Ursachen vermeiden, sondern mit den Folgen umgehen müssen. Für diese Kategorien stehen daher solche Strategietypen im Vordergrund, die unter anderem Risiken abfedern oder schrittweise zurückbauen, so z.B. das selektive Engagement (S7). Unternehmen und politische Akteure suchen eine Balance zwischen der Reduktion kritischer Abhängigkeiten und der Fortsetzung wirtschaftlich vorteilhafter Kooperationen. Damit entspricht S7 einer Mischung aus Akzeptanz im Sinne der bewussten Inkaufnahme von Restrisiken und Vermeidung bzw. Diversifikation, da Bereiche gezielt zurückgefahren werden. Ergänzend ermöglichen strategische Partnerschaften (S5) und internationale Kooperationen eine Überwälzung bzw. Verteilung von Risiken. Investitionen in die technologische Innovation (S6) ermöglichen es, in Phasen von Response und Recovery alternative Technologien, Prozesse oder Produkte zu entwickeln und damit aus Innovations- und Wettbewerbssackgassen auszubrechen. Schließlich kann auch Diversifizierung (S1) eine agile Komponente haben, wenn sie nicht nur langfristig, sondern auch situativ als Reaktion auf neue Beschränkungen genutzt wird, z.B. aus bereits bestehenden Partnerschaften.

Die von Huth (2025, S. 62) ergänzte Growth-Phase nimmt eine besondere Rolle ein, da sie den Übergang von kurzfristiger Krisenreaktion zu einer langfristigen Neuausrichtung der Lieferketten beschreibt. Insbesondere die entwickelten Risiken struktureller Abhängigkeit (R3, R7) und des Innovations- und Wettbewerbsdrucks (R6) lassen sich nicht allein durch kurzfristige Diversifikation oder Lagerpuffer entschärfen. Vielmehr deuten sowohl Literatur als auch Interviews darauf hin, dass langfristige Lern- und Investitionsprozesse notwendig sind, um kritische Abhängigkeiten dauerhaft zu reduzieren.

Strategien wie technologische Innovation (S6) und Kreislaufwirtschaft/Recycling (S10) adressieren diese Growth-Dimension. Hier sollen neue Technologien, effizientere Produktionsprozesse und geschlossene Materialkreisläufe aufgebaut werden, welche sowohl die Importabhängigkeit als auch Kosten- und Wettbewerbsvorteile chinesischer Anbieter relativieren können. In Verbindung mit strategischen Partnerschaften (S5), etwa in Form von Rohstoffallianzen oder F&E-Kooperationen, entsteht damit ein Pfad, auf dem kurzfristige Risikominderungsstrategien (Vermeidung, Diversifikation, Absicherung) in ein langfristiges Resilienzkonzept überführt werden. Growth bedeutet in diesem Verständnis nicht nur die Rückkehr zum Ausgangsniveau, sondern eine Erweiterung hin zu mehr technologischer Eigenständigkeit und nachhaltiger Ressourcennutzung.

Abb. 6: Zuordnung der identifizierten Strategien zu den Risiken



Quelle 4: Eigene Darstellung.

Die in Abbildung 6 dargestellte Einordnung der identifizierten Risiken und Strategien verdeutlicht, dass De-Risking im EU-China-Kontext kein festgelegtes Bündel von Maßnahmen ist, sondern ein mehrstufiger, situativer und agiler Prozess. Für Unternehmen zeigt sich, dass kurzfristig umsetzbare Maßnahmen wie Diversifizierung, Lagerhaltung oder selektives Engagement vor allem der Erhöhung der operativen Robustheit und der kurzfristigen Reaktionsfähigkeit dienen. Sie ermöglichen es, Störungen abzufedern und Anpassungsfähigkeit in den Phasen von Response und Recovery sicherzustellen. Allerdings werden bestehende Abhängigkeiten nicht dauerhaft aufgelöst. Demgegenüber zielen Investitionen in technologische Innovation, z.B. im Kontext von Substitution, Recycling oder alternativer Rohstoffverarbeitung, auf eine langfristige Reduktion der Abhängigkeiten ab. Sie adressieren somit die Growth-Phase der Resilienz. Diese Strategien liegen zwar im Interesse der Unternehmen, sind jedoch mit hohen Investitionskosten, langen Zeithorizonten und Unsicherheiten verbunden.

## THEORIE VERBUNDENE IMPLIKATIONEN UND HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN

Die Zusammenführung der Risiken und Strategien zeigt, dass viele der kodierten Strategien eine Doppelrolle einnehmen. Einerseits stärken sie die Readiness im Sinne der Robustheit, indem sie bereits vor einer Störung den Abhängigkeitsgrad senken und potenziell negativen Einflüssen entgegenwirken. Andererseits eröffnen sie Reaktionsmöglichkeiten in den Phasen von Response und Recovery, etwa wenn alternative Lieferanten kurzfristig hochgefahren oder Lagerbestände temporär genutzt werden, um Schocks oder Nachfragerückgänge abzufedern. Die identifizierten Risiken und Strategien sind somit nicht isoliert voneinander zu verstehen sind. Vielmehr sollten sie als großes Ganzes betrachtet werden, um in politisch aufgeladenen Lieferketten ein Gleichgewicht zwischen weiterer Einbindung und der Verringerung von Verwundbarkeiten zu erreichen.

Für die unternehmerische Praxis ergibt sich, dass De-Risking gegenüber China als Transformationsprozess verstanden werden muss. Die Ergebnisse zeigen, dass Unternehmen einerseits die Robustheit fördern sollten, etwa durch Multiple Sourcing, den gezielten Aufbau von Kapazitäten außerhalb Chinas und die schrittweise Entwicklung von Recycling- und Substitutionsansätzen. Andererseits bleibt selektives Engagement (S7) ein wichtiger Ansatz. Die Interviews verdeutlichen, dass ein vollständiges De-Coupling weder realistisch noch wirtschaftlich sinnvoll ist, zumal der chinesische Markt als Absatzmarkt und Innovationsort weiterhin hohe Bedeutung besitzt (EXP1; EXP2). So würde es bei einer Eskalation der EU-China-Beziehung zu großen Verlusten für die Wirtschaft im Kontext des Absatzmarktes kommen, aber noch zu größeren im Rahmen der eigenen Produktion aufgrund der starken Abhängigkeit von chinesischen Ressourcen.

Praktikabel erscheint eine Segmentierung. Besonders kritische Kettenstufen mit hohem R3/R7-Risiko werden diversifiziert und teilweise verlagert, während in weniger sensiblen Bereichen Kooperationen fortgeführt werden. Voraussetzung hierfür ist allerdings eine deutlich höhere Transparenz über die eigenen Abhängigkeiten, wie von EXP-2 angesprochen. So muss die Gesamtheit der Lieferkette genauer betrachtet werden. Sollte die Volksrepublik, wie von EXP-1 beschrieben, ihre Ressourcen in andere Länder liefern, welche dort weiterverarbeitet oder veredelt werden, wurde lediglich eine Verschiebung von einer Primärabhängigkeit zu einer Sekundärabhängigkeit erreicht. Dementsprechend kann argumentiert werden, dass die Strategien der Diversifikation (S1) und der strategischen Partnerschaft (S5) für bestimmte kritische Rohstoffe bisher nur sehr eingeschränkt möglich sind. Dies lässt darauf schließen, dass, z.B. im Kontext der seltenen Erden ein größerer Fokus auf eigene Rohstoffgewinnung gelegt werden muss. Für rohstoffärmere Länder bedeutet dies z.B. mehr Investition in Forschung und Entwicklung, um Substitute zu schaffen oder Recyclingmethoden zu verbessern. Ganz im Sinne der Kategorie S6.

Gleichzeitig machen die Datenquellen deutlich, dass Unternehmen die mit De-Risking verbundenen Investitionen und Risiken, insbesondere im Bereich Rohstoffgewinnung, Aufbau alternativer Kapazitäten oder F&E-intensiver Substitutionstechnologien, nicht allein bewältigen können (EXP2; EXP3). Solche Projekte sind kapitalintensiv, mit langen Amortisationszeiten verbunden und oftmals politisch wie gesellschaftlich umkämpft, etwa wenn es um neue Minen oder Industrieanlagen geht. Somit ist eine aktive Rolle der Politik gefragt. Durch Leitlinien, Investitions Garantien, Förderprogramme, Außenwirtschafts- und Rohstoffabkommen sollten unternehmerische Projekte in diesen Bereichen unterstützt und vorangetrieben werden. Da die Wirtschaftsbeziehungen zu China inzwischen auch politisch ins Gewicht fallen, zeigt nicht zuletzt der Antrag im Deutschen Bundestag zur Einsetzung einer Kommission „zur Überprüfung der sicherheitsrelevanten Wirtschaftsbeziehungen zwischen Deutschland und China“ (Deutscher Bundestag, 2025).

Aus Sicht dieser Arbeit ist dies ein sinnvoller erster Schritt, reicht aber allein nicht aus. Mehrere Experten nehmen wahr, dass die De-Risking-Agenda zwar politisch formuliert wurde, in vielen Unternehmen jedoch nur begrenzt in konkrete Entscheidungen und Projekte übersetzt wurde (EXP1; EXP2; EXP4). Deshalb wäre eine Schnittstelle zwischen Politik und Unternehmen notwendig, insbesondere bei der praktischen Ausgestaltung und Umsetzung von De-Risking. Die identifizierten Risiken und Strategien müssten in sektorspezifische Leitlinien und Förderungen überführt werden. Hierzu gehört etwa, rohstoffbezogene Diversifizierungsziele nicht nur normativ zu formulieren, sondern durch Investitions Garantien, Kreditprogramme oder staatliche Beteiligungsmodelle in Drittstaaten zu unterstützen.

Ergänzend könnten regelmäßige, strukturierte Dialogformate zwischen Politik, Branchenverbänden und Unternehmen helfen, die in den Interviews sichtbar gewordene Lücke zwischen politischer Rhetorik und unternehmerischer Praxis zu verkleinern. Ebenso ist eine engere europäische Abstimmung wichtig, damit Unternehmen in einem konsistenten EU-Rahmen planen können und nicht mit widersprüchlichen nationalen Vorgaben konfrontiert sind.

## Fazit und weiterführende Forschung

Deutsche Unternehmen der erneuerbaren-Energien-Branche stehen im EU–China-Handelskonflikt vor allem vor strukturellen Risiken. Sie sind stark von chinesischen Rohstoffen, aber auch von Technologien abhängig, während zugleich regulatorische, politische und ökonomische Unsicherheiten zunehmen. Unternehmen und politische Akteure sollten mit einem Bündel an situativen und agilen De-Risking-Strategien arbeiten, wobei alle Phasen der Resilienz berücksichtigt werden müssen. So sollte neben Lagerhaltung und Recycling mit Diversifizierung von Bezugsquellen und dem Aufbau strategischer Partnerschaften reagiert werden. Hierbei ist jedoch festzuhalten, dass etwa im Kontext der seltenen Erden aktuell noch nicht viele Alternativen bestehen und erst gefördert werden müssen. In diesem Rahmen erscheinen Investitionen in Innovation und Kreislaufwirtschaft besonders vorteilhaft. Es sollte zudem nicht zu einem De-Coupling mit China kommen, da die europäische Wirtschaft kurzfristig wie auch langfristig darunter leiden würde.

Somit ist vor allem festzuhalten, dass De-Risking im Bereich der Energiewendeprodukte nicht als kurzfristiges Projekt, sondern als langfristiger Transformationsprozess verstanden werden muss, der unternehmerische und politische Ebenen gleichermaßen betrifft. So geht aus den Interviews hervor, dass Unternehmen wichtige Investitionen, etwa in Bereichen der Rohstoffförderung oder Forschung und Entwicklung, nicht allein tragen können. Ebenfalls bestehen durch die De-Risking Agenda zwar grobe Richtlinien, jedoch nur unklare oder unzureichende Anreize für Unternehmen, diese tatsächlich umzusetzen (EXP2; EXP3). Vor diesem Hintergrund erscheint es hilfreich, dass auf politischer Ebene Initiativen entstehen, welche die Sicherheitsrelevanz wirtschaftlicher Verflechtungen in den Blick nehmen. Diese Arbeit unterstützt die Notwendigkeit solcher Ansätze, weist jedoch simultan darauf hin, dass es einer klareren Schnittstelle zwischen Politik und Unternehmen bedarf, um die De-Risking-Rhetorik in sektorspezifische, umsetzbare Maßnahmen zu übersetzen.

Aus diesen Ergebnissen und Implikationen der vorliegenden Arbeit ergeben sich Ansatzpunkte für zukünftige Forschung. Zum einen wäre es naheliegend, die in dieser Arbeit entwickelten Kategorien in einer breit angelegten, möglichst quantitativen Studie im Kontext von Unternehmen zu überprüfen. So ließe sich einschätzen, in welchem Umfang die identifizierten Risiken und Strategien in der Praxis tatsächlich vorkommen. Denkbar wären hier z.B. standardisierte Befragungen oder Mixed-Methods-Ansätze, um die Verbreitung bestimmter Risikowahrnehmungen und Strategien in verschiedenen Sektoren der Energiewirtschaft zu erfassen. Zum anderen erscheint eine vertiefende Betrachtung einzelner Lieferketten, etwa für Batterien, PV-Module oder Windkraftkomponenten lohnend, um die Verflechtung von Global-Value-Chain-Strukturen, kritischen Abhängigkeiten und spezifischen Unternehmensentscheidungen genauer zu analysieren. Ebenfalls könnten szenariobasierte Studien durchgeführt werden. Dies ermöglicht die Betrachtung von verschiedenen möglichen Eskalationspfa-

den im EU-China-Verhältnis (z.B. schärfere Exportkontrollen, neue Sanktionsrunden oder stärkere Subventionskonflikte). Diese Studien könnten somit praxisnahe Hinweise liefern, welche De-Risking-Strategien unter welchen Rahmenbedingungen besonders wirksam sind und wo politische Eingriffe notwendig werden.

Schließlich legen die Ergebnisse nahe, die Schnittstelle zwischen Unternehmensstrategien und politischer Steuerung stärker in den Mittelpunkt zu rücken. Offene Fragen betreffen die Ausgestaltung wirksamer, aber praktikabler Anreizsysteme für Diversifizierung und Recycling, die Koordination europäischer und nationaler Strategien sowie die Rolle multilateraler Initiativen mit Drittstaaten. Hier könnte zukünftige Forschung dazu beitragen, die Debatten zu geoökonomischer Sicherheit, Industriepolitik und Lieferkettenmanagement stärker zu integrieren.

Abschließend lässt sich festhalten, dass die Arbeit einen Beitrag zur Systematisierung der Risiken und Handlungsoptionen im Kontext der deutsch-chinesischen Verflechtungen in der Energiewende leistet, ohne den Anspruch auf Vollständigkeit zu erheben. Sie zeigt, dass Resilienz in globalen Lieferketten kein Zustand, sondern ein dynamischer Prozess zwischen ökonomischer Effizienz, geopolitischer Realität und politischer Steuerungsfähigkeit ist. Ebenfalls muss festgehalten werden, dass dieser Prozess angesichts der fortschreitenden Dekarbonisierung und der geopolitischen Spannungen auch künftig ein ausschlaggebendes Forschungs- und Handlungsfeld bleiben wird. Die vorliegende Discussion Paper kann hierbei nur den aktuellen Stand der schnelllebigen und dynamischen Situation darlegen, die sich je nach politischem und wirtschaftlichem Verlauf weiter zuspitzen oder auch entspannen kann. Letzteres wäre hierbei wünschenswert.

## Literaturverzeichnis:

- Bundesministerium für Wirtschaft und Energie. (10. März 2025). Europäische Industriepolitik – Der europäische Critical Raw Materials Act (CRMA). <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Artikel/Industrie/critical-raw-materials-act.html>
- Bundesverband Erneuerbare Energie e.V. (BEE). (Dezember 2024). Erneuerbare Energien als Schlüssel für Deutschlands Wohlstand: Politische Handreichung zur Bundestagswahl. [https://www.bee-ev.de/fileadmin/Redaktion/Dokumente/Meldungen/Positionspapiere/2024/20241218\\_BEE-Politische\\_Handreichung\\_zur\\_BTW.pdf](https://www.bee-ev.de/fileadmin/Redaktion/Dokumente/Meldungen/Positionspapiere/2024/20241218_BEE-Politische_Handreichung_zur_BTW.pdf)
- Chowdhury, M.M.H. und Quaddus, M. (12. September 2016). Supply chain readiness, response and recovery for resilience. *Supply Chain Management: An International Journal*, 21(6), 709–731. <https://doi.org/10.1108/SCM-12-2015-0463>
- Deutscher Bundestag. (11. November 2025). Drucksache 21/2719: Antrag der Fraktionen der CDU/CSU und SPD – Einsetzung einer Kommission zur Überprüfung der sicherheitsrelevanten Wirtschaftsbeziehungen zwischen Deutschland und China. <https://dserver.bundestag.de/btd/21/027/2102719.pdf>
- Elsner, H., Erdmann, M. und Liedtke, M. (Januar 2025). Seltene Erden: Projekte – Förderung – Weiterverarbeitung. *DERA Rohstoffinformationen* 61: 245. [https://www.whymap.org/DE/Gemeinsames/Produkte/Downloads/DERA\\_Rohstoffinformationen/rohstoffinformationen-61.pdf?blob=publicationFile&v=3](https://www.whymap.org/DE/Gemeinsames/Produkte/Downloads/DERA_Rohstoffinformationen/rohstoffinformationen-61.pdf?blob=publicationFile&v=3)
- EnBW Energie Baden-Württemberg AG. (25. Juli 2025). Was sind Seltene Erden?. <https://www.enbw.com/unternehmen/themen/elektromobilitaet/seltene-erden.html#was-sind-seltene-erden>
- Europäische Kommission. (09. Oktober 2023). Kommission begrüßt Abschluss der zentralen „Fit for 55“-Gesetzgebung - bringt die EU auf Kurs, die Ziele für 2030 zu übertreffen [Pressemitteilung]. [https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/de/IP\\_23\\_4754](https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/de/IP_23_4754)
- Europäische Kommission. (n.d.). *Renewable Energy Directive: targets and rules*. Directorate-General for Energy. [https://energy.ec.europa.eu/topics/renewable-energy/renewable-energy-directive-targets-and-rules/renewable-energy-directive\\_en](https://energy.ec.europa.eu/topics/renewable-energy/renewable-energy-directive-targets-and-rules/renewable-energy-directive_en)
- Europäischer Rat. (24. Juli 2025). Gipfeltreffen EU-China, 24. Juli 2025: Wichtigste Ergebnisse. <https://www.consilium.europa.eu/de/meetings/international-summit/2025/07/24/>
- Eurostat. (Update: 16. Dezember 2025; a). EU trade since 1988 by HS2-4-6 and CN8. [https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/ds-045409\\_custom\\_16058586/bookmark/table?lang=en&bookmarkId=a0bec938-f4fc-4b5f-a475-2d158eefaa79](https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/ds-045409_custom_16058586/bookmark/table?lang=en&bookmarkId=a0bec938-f4fc-4b5f-a475-2d158eefaa79)
- Eurostat. (Update: 16. Dezember 2025; b). EU trade since 1988 by HS2-4-6 and CN8. [https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/ds-045409\\_custom\\_17975993/default/table](https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/ds-045409_custom_17975993/default/table)
- Feldhoff, T. und Schneider, H. (01. Dezember 2022). *Georessourcen: Transformationen, Konflikte, Kooperationen*. Springer Spektrum Berlin, Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-65747-8>

- Fetting, C. (Dezember 2020). *The European Green Deal*. ESDN Office. [https://www.esdn.eu/fileadmin/ESDN\\_Reports/ESDN\\_Report\\_2\\_2020.pdf](https://www.esdn.eu/fileadmin/ESDN_Reports/ESDN_Report_2_2020.pdf)
- Fröhlich S. (15. Februar 2025). *Märkte, Macht und Wandel: Deutschlands geökonomische Zeitenwende*. Springer Wiesbaden. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-47173-6>
- Guarascio, D., Reljic, J. und Zezza, F. (25. Februar 2025). Energy vulnerability and resilience in the EU: concepts, empirics and policy. *Journal of Industrial and Business Economics*, 52, 683-726. <https://doi.org/10.1007/s40812-025-00340-9>
- Gutting, D. (01. Mai 2024). *China+1: De-Risking für deutsche Unternehmen: Südostasiatische Länder als Standortergänzung zu China*. Springer Gabler, Wiesbaden. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-44208-8>
- Hafner, M. und Tagliapietra, S. (10. Juni 2020). The Global Energy Transition: A Review of the Existing Literature. In: Hafner, M. und Tagliapietra, S. (Hrsg.), *The Geopolitics of the Global Energy Transition* (S.1-24). Lecture Notes in Energy, vol 73. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-39066-2\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-030-39066-2_1)
- Hennessy, A. (01. Mai 2023). The impact of Russia's war against Ukraine on Sino-European relations. *Journal of European Integration*, 45(3), 559–575. <https://doi.org/10.1080/07036337.2023.2201497>
- Herranz-Surrallés, A. (14. Oktober 2025). External pressures from 'enemies', 'rivals' and 'allies': EU energy policy integration in response to geopolitical challenges. *Journal of European Public Policy*, 1-28. <https://doi.org/10.1080/13501763.2025.2569576>
- Huth, M. (14. März 2025). *Resilienz in Supply Chains: Effektive Strategien und Methoden für robuste und agile Lieferketten*. Springer Gabler Wiesbaden. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-47010-4>
- Ivanov, D. (18. Julie 2023). *Einführung in die Widerstandsfähigkeit der Lieferkette: Management, Modellierung, Technologie*. Springer Gabler Cham. <https://doi.org/10.1007/978-3-031-25186-3>
- Kalantzakos, S. Overland, I. und Vakulchuk, R. (01. Februar 2023). Decarbonisation and Critical Materials in the Context of Fraught Geopolitics: Europe's Distinctive Approach to a Net Zero Future. *The International Spectator*, 58(1), 3–22. <https://doi.org/10.1080/03932729.2022.2157090>
- Koch, E. (13. Julie 2025). *Internationaler Handel und Handelspolitik*. Springer Gabler Wiesbaden. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-47964-0>

- Mayring, P. und Fenzl, T. (15. Februar 2019). Qualitative Inhaltsanalyse. In: N. Baur & J. Blasius (Hrsg.), *Handbuch Methoden der empirischen Sozialforschung* (S. 633-648). Springer VS, Wiesbaden. [https://doi.org/10.1007/978-3-658-21308-4\\_42](https://doi.org/10.1007/978-3-658-21308-4_42)
- Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J. und Altman, D.G. (18. Februar 2010). Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. *International Journal of Surgery*, 8(5), 336-341, ISSN 1743-9191, <https://doi.org/10.1016/j.ijssu.2010.02.007>
- Müller, M. (15. Januar 2023). The ‘new geopolitics’ of mineral supply chains: A window of opportunity for African countries. *South African Journal of International Affairs*, 30(2), 177–203. <https://doi.org/10.1080/10220461.2023.2226108>
- Nagy, H., Neszmélyi, G.I., Soós, G. und Tóth, T. (01. April 2025). Sustainability in the commercial sector – the international trend of the shorter supply chains. *Marine Development*, 3 (8), <https://doi.org/10.1007/s44312-025-00052-7>
- Schmid, M. (03. Januar 2020). *Unternehmerische Rohstoffstrategien: Zum Umgang mit kritischen Versorgungssituationen*. Springer Gabler Wiesbaden. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-29007-8>
- Statistisches Bundesamt (Destatis). (23. April 2025; a). Ein Großteil der importierten Seltenen Erden kam 2024 aus China. [https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2025/04/PD25\\_N019\\_51.html](https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2025/04/PD25_N019_51.html)
- Statistisches Bundesamt (Destatis). (4. Juli 2025; b). 4,2 Millionen Photovoltaikanlagen in Deutschland installiert (Pressemitteilung Nr. N034). [https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2025/07/PD25\\_N034\\_43.html](https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2025/07/PD25_N034_43.html)
- Tagesschau. (Stand: 24. Juli 2025; a). *EU-China-Gipfel: Wir haben einen Wendepunkt erreicht*. Tagesschau. <https://www.tagesschau.de/ausland/asien/eu-china-gipfel-128.html>
- Tagesschau. (Stand: 05. August 2025; b). Plan der Bundesregierung: Windindustrie soll unabhängiger werden. <https://www.tagesschau.de/wirtschaft/energie/windraeder-abhaengigkeit-china-100.html>
- Vlaskamp, M.C. (14. November 2024). Looking for Resource Sovereignty in a Fragmenting Global Order: The EU’s Response to Critical Raw Materials Challenges. In: Costa, O., Soler i Lecha, E., Vlaskamp, M.C. (Hrsg.), *EU Foreign EU Foreign Policy in a Fragmenting International Order* (S.147-175). Palgrave Macmillan Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-64060-5\\_6](https://doi.org/10.1007/978-3-031-64060-5_6)
- Voigt, Kl., Czaja, L., Zipse, O. (18. November 2023). Transforming Value Chains for Sustainability. In: Zipse, O., et al. (Hrsg.), *Road to Net Zero* (S.159-186). Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-42224-9\\_6](https://doi.org/10.1007/978-3-031-42224-9_6)

Voß, P.H. (29. Mai 2023). Einleitung: Die neue Welt der Just-in-CaseEconomy. In: Voß, P.H. (Hrsg.), *Die Neuerfindung der Logistik* (S. IX-XVI). Springer Gabler, Wiesbaden. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-41084-1>

Wagner H. (26. April 2025). *China: Quo Vadis?: Wirtschaftspolitische Entwicklung Chinas*. Springer Wiesbaden. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-46816-3>

Werner, H. (10. November 2020). *Supply Chain Management: Grundlagen, Strategien, Instrumente und Controlling*. Springer Gabler Wiesbaden. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-32429-2>

Wirth, H. (13. Dezember 2025). Aktuelle Fakten zur Photovoltaik in Deutschland. Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE. <https://www.ise.fraunhofer.de/de/veroeffentlichungen/studien/aktuelle-fakten-zur-photovoltaik-in-deutschland.html>