

Mathilde Bossut, Christian Diem, Dmitry Ivanov, Peter Klimek, Anton Pichler, Johannes Stangl, Stefan Thurner

Globale Krisen bewältigen: Mit Daten zu resilienteren Lieferketten

Globale Krisen zeigen die Anfälligkeit von Lieferketten, besonders in Deutschland und Europa. Strukturelle Veränderungen wie Digitalisierung, Dekarbonisierung und regionale Sicherheit erhöhen den Bedarf an importierten Rohstoffen. Bestehende Abhängigkeiten werden dadurch vertieft, gleichzeitig gefährden sinkende Wettbewerbsfähigkeit und geopolitische Spannungen die Verhandlungsmacht der EU. Der Aufbau resilienter Lieferketten erfordert tiefgehende politische Maßnahmen und ein besseres Verständnis globaler Abhängigkeiten. Neue Forschung zeigt auf, wie bestehende Daten genutzt werden können um Lieferketten effizienter und widerstandsfähiger zu gestalten und welche neuen Daten erhoben werden sollten. Handlungsempfehlungen für Deutschland und die EU werden vorgestellt.

In den letzten Jahren haben verschiedene Krisen – wie Pandemien, Chipmangel, Unterbrechungen von Handelsrouten und Konflikte – die wechselseitigen Abhängigkeiten innerhalb globaler Wertschöpfungsketten deutlich gemacht. Diese Ereignisse haben verdeutlicht, dass scheinbar isolierte Vorfälle gravierende Auswirkungen auf den globalen Handel haben können. Gleichzeitig verstärken sich die Risiken durch wachsende geopolitische Spannungen und dem drohenden Zusammenbruch der regelbasierten internationalen Ordnung, Zollandrohungen und Handelskriege, digitale und nachhaltige Transformation sowie die zunehmenden Auswirkungen des Klimawandels. Sowohl Unternehmen als auch politische Entscheidungsträger erkennen zunehmend die Notwendigkeit, die Abhängigkeit der Europäischen Union vom globalen Handel zu überdenken und Risikomanagementstrategien in den EU-Lieferketten anzuwenden. Es existieren verschiedene Handlungsoptionen auf Unternehmens- und makroökonomischer Ebene, deren Erfolg und Umsetzbarkeit jedoch von der Verfügbarkeit zuverlässiger und detaillierter Daten abhängen.

Lieferketten unter Druck: Aktuelle Schwachstellen und zukünftige Risiken

Der internationale Handel macht heute fast zwei Drittel des globalen Bruttoinlandsprodukts (BIP) aus (Welt-

bank, 2025), und die Europäische Union bildet dabei keine Ausnahme. Der globale Handel hat zwar dem lokal nachlassenden Wirtschaftswachstum der europäischen Volkswirtschaften entgegengewirkt, aber auch die Abhängigkeiten von Handelspartnern gesteigert. Vor allem Deutschland hat den internationalen Handel konsequent vorangetrieben, um die eigene Wirtschaft zu stärken. Als größter europäischer Handelspartner (Eurostat, 2024) hat sich Deutschland als eine der offensten Volkswirtschaften positioniert und ist damit besonders betroffen von internationalen Entwicklungen. Deutschland hebt sich innerhalb der EU durch die Bedeutung seines Industriesektors hervor, ist jedoch in den vorgelagerten Industrien auf Importe angewiesen (Menkhoff & Zeevaert, 2022). Schlüsselbranchen sind unter anderem der Fahrzeugbau, die Elektrotechnik und die Chemieindustrie, deren Lieferketten jedoch alle drei aufgrund ihrer starken Abhängigkeit von importierten Vorprodukten und schwankender Nachfrage erhebliche Risiken aufweisen.

Viele kritische Rohstoffe, wesentliche Vorprodukte und andere wichtige Produktionsinputs wie Energie stammen häufig nur von einer handvoll Exporteuren in Drittländern (Jiménez et al., 2022) und werden über wenige zentrale Handelsrouten transportiert (Verschuur et al., 2022). Sie sind daher besonders anfällig für Ereignisse wie geopolitische Spannungen, bewaffnete Konflikte, protektionistische Regulierungen und Naturkatastrophen, die zu Preisschwankungen und Lieferengpässen führen können (Klimek et al., 2015). Kritische Rohstoffe, die mindestens 30 % der Bruttowertschöpfung in der Fertigung ausmachen (Bähr et al., 2024), werden häufig aus hochkonzent-

© Der/die Autor:in 2025. Open Access: Dieser Artikel wird unter der Creative Commons Namensnennung 4.0 International Lizenz veröffentlicht (creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de).

Open Access wird durch die ZBW – Leibniz-Informationszentrum Wirtschaft gefördert.

Mathilde Bossut forscht an der Frankfurt School of Finance & Management.

Christian Diem, Ph.D., ist Marie Skłodowska-Curie Actions (MSCA) Postdoctoral Fellow am Institute for New Economic Thinking und der Smith School for Enterprise and the Environment, beides an der Universität Oxford, UK.

Prof. Dr. Dmitry Ivanov ist Professor für Supply Chain and Operations Management an der Hochschule für Wirtschaft und Recht Berlin.

Peter Klimek, Ph.D., ist Direktor des Supply Chain Intelligence Institute Austria (ASCI) und Associate Professor an der Medizinischen Universität Wien.

Anton Pichler, Ph.D., ist Assistant Professor am Institut für Transportwirtschaft und Logistik an der Wirtschaftsuniversität Wien.

Johannes Stangl forscht am Complexity Science Hub in Wien.

Prof. Stefan Thurner, Ph.D., ist Präsident des Complexity Science Hub in Wien, Professor für Science of Complex Systems an der Medizinischen Universität Wien und externer Professor am Santa Fe Institute.

trierten Märkten bezogen, insbesondere aus China, das die Hälfte der deutschen Importe risikobehafteter Materialien wie Kupfer, Lithium und Seltene Erden liefert (Bähr et al., 2024, Köhler-Geib et al., 2024). Tatsächlich haben bereits 46 % der EU-Unternehmen¹ erhebliche Herausforderungen durch Störungen in der Logistik, den Zugang zu Rohstoffen und wichtigen Komponenten wie Halbleitern erlebt (EIB, 2024), können sich jedoch nicht schnell genug an die sich verändernden Bedingungen anpassen. Einerseits sind mehr als die Hälfte der großen Unterneh-

1 Die Europäische Investitionsbank veröffentlichte 2024 einen Bericht, der sich auf zwei Umfragen aus dem Jahr 2023 stützte. Die EIB-Investitionsumfrage erhebt jährlich Daten von 12.000 europäischen Unternehmen in allen 27 EU-Ländern und stellt Fragen zur Leistung der Unternehmen, zur Investitionstätigkeit, zur Finanzierung und zu Herausforderungen. Die Umfrage zur Lieferkette konzentriert sich auf 1.100 EU-Unternehmen, die Waren importieren, und fragt nach den Hindernissen, mit denen sie konfrontiert sind, und den Strategien, die sie zur Bewältigung von Unterbrechungen der Lieferkette anwenden.

men in der EU auf speziell für sie angefertigte Vorprodukte angewiesen, was ihre Fähigkeit zur Diversifikation erschwert (EIB, 2024). Andererseits könnten importierende Unternehmen Schwierigkeiten haben, Expertise und Kapazitäten in anderen Regionen zu finden. Zwei Drittel der Unternehmen, die hauptsächlich auf Nicht-EU-Importe angewiesen sind, berichten, dass es schwierig wäre, diese durch Inputs aus der EU zu ersetzen (EIB, 2024).

Unabhängig davon, ob Liefer- und Nachfrageschocks „importiert“ werden oder nicht, ist die deutsche Wirtschaft, die aus 3,1 Mio. stark vernetzten Klein- und Mittelunternehmen (KMU) besteht, anfällig für sogenannte Single Points of Failure – Unternehmen, deren wirtschaftliche Zentralität und Bedeutung in einem Produktionsnetzwerk erhebliche Auswirkungen auf die Lieferketten haben können (Diem et al., 2022). Zwei Tendenzen in der Entwicklung der Lieferketten verstärken die systemische Relevanz solcher Ausfälle. *Erstens* kann die fortgeschrittene Produktspezialisierung und geografische Konzentration zu einem erheblichen direkten Schock führen (Barrot & Sauvagnat, 2016). *Zweitens*, da Unternehmen oft in mehreren Branchen tätig sind (z. B. Bosch als Zulieferer der Automobilindustrie und des Medizinsektors), stellen Lieferketten keine linearen Wertschöpfungsketten dar, sondern vielmehr miteinander verflochtene Netzwerke (Ivanov & Dolgui, 2020). Dies wird durch aktuelle empirische Daten aus groß angelegten Studien über Lieferkettennetzwerke auf Unternehmensebene weiter unterstrichen. Lieferketten bilden hoch komplexe Netzwerkstrukturen (Diem et al., 2022; Bacilieri et al., 2023; Diem et al., 2024b). Insofern könnten (endogene) Störungen oder der (exogene) Ausfall eines systemisch relevanten Unternehmens zu erheblichen Kettenreaktionen führen, die oft schwer vorherzusagen sind (BMWK, 2022).

Zunehmender Druck auf Wertschöpfungsketten

Der Druck auf Wertschöpfungsketten wird weiter zunehmen. *Erstens* führen aktuelle wirtschaftliche Trends – wie die Digitalisierung, Investitionen in die Landesverteidigung und der Übergang zu einer klimaresilienten, CO₂-neutralen Wirtschaft – zu einer steigenden Nachfrage nach Rohstoffen und Zwischenprodukten, die außerhalb der EU produziert werden. So wird beispielsweise aufgrund des Wachstums der Elektromobilität ein Anstieg der Lithiumnachfrage um 230 % bis 2035 prognostiziert (IEA, 2023). Da die EU z. B. bei Lithium und Seltene Erden vollständig von Importen abhängig ist (Bähr et al., 2024), stellt sich die Frage, ob die Versorgung mit kritischen Rohstoffen die steigende Nachfrage decken kann. Angesichts dieser Unsicherheit wächst die Besorgnis über mögliche Engpässe in den Lieferketten. Gründe dafür sind eine höhere Abhängigkeit von

Drittstaaten und Ressourcen, die zunehmend strategische Bedeutung erlangen und damit anfälliger für geopolitische Spannungen werden. *Zweitens* schwächen die zunehmenden geopolitischen Spannungen und der jüngste Rückgang der europäischen Wettbewerbsfähigkeit die Verhandlungsmacht der europäischen Märkte (European Commission, 2024). *Drittens* erfordert der Übergang zu einer kohlenstoffarmen Wirtschaft Klimaschutzmaßnahmen, Marktveränderungen und technologische Transformationen. Wenn diese nicht sorgfältig umgesetzt werden, kann dies zu weiteren Disruptionen in den Lieferketten und negativen gesamtwirtschaftlichen Folgen führen (Stangl et al., 2024). Das Versäumnis, wirksame Klimaschutzstrategien zu implementieren, würde schwerwiegende Folgen im Zusammenhang mit der globalen Erwärmung nach sich ziehen, was den Zugang zu wichtigen Ressourcen weiter erschweren, die Produktivität verringern und wirtschaftliche Schäden sowie Disruptionen verstärken würde (Bossut et al., 2024).

Ein prominentes Beispiel für das Versäumnis, frühzeitig Probleme in den globalen Wertschöpfungsketten zu identifizieren und sich entsprechend anzupassen, ist die deutsche Automobilindustrie. Der Sektor befindet sich derzeit in einer strukturellen Krise, die durch eine verzögerte Umstellung auf Elektrofahrzeuge verursacht wurde. Dadurch kam es zu einem Verlust der Technologieführerschaft, insbesondere in der kritischen Batterie-Wertschöpfungskette. Die deutschen Automobilunternehmen sind nicht nur in erheblichem Maße auf Importe kritischer Rohstoffe angewiesen – so machen Lithium 45 %, Kupfer 74 % und Seltene Erden 65 % der Bruttowertschöpfung aus (Bähr et al., 2024) – sondern auch auf die Zufuhr von Halbleitern und Chips, was angesichts des Übergangs zu softwarezentrierten Fahrzeugen besonders relevant ist. Diese Abhängigkeiten wurden deutlich, als es während der Pandemie zu Engpässen bei der Chip-Produktion kam, die zu einem geschätzten Umsatzverlust von 210 Mrd. Euro in der Automobilindustrie führten (Fromm, 2021). Chips spielen auch eine Schlüsselrolle in der Elektrifizierung der Antriebe, welche durch diese Abhängigkeiten zusätzlich erschwert wird. Europäische Initiativen hier gegenzusteuern kamen dagegen vergleichsweise spät. Die Batterie-Allianz wurde erst 2017 ins Leben gerufen, und Initiativen wie Northvolt haben trotz erheblicher Investitionen von deutschen Erstausrüstern Schwierigkeiten, mit den chinesischen Marktführern mitzuhalten. Hohe Energie- und Arbeitskosten verschärfen zusätzlich die Wettbewerbsnachteile, insbesondere im Vergleich zu Regionen wie China und den USA. Diese Wettbewerbsnachteile werden sich voraussichtlich in naher Zukunft weiter vergrößern.

Was macht Lieferketten resilient?

Es gibt vier Hebel, die auf der Unternehmensebene genutzt werden können, um die Widerstandsfähigkeit von Lieferketten zu erhöhen: Robustheit, Agilität, Sichtbarkeit und Lernprozess. Alle vier benötigen eine Verbesserung der europäischen Datenbasis für Lieferketten.

Robustheit bezieht sich auf die Fähigkeit von Unternehmen – und von Lieferketten – ihre Kernfunktionen trotz Stressfaktoren aufrechtzuerhalten. Die Robustheit von Lieferketten umfasst sowohl die Fähigkeit, die Produktion unter Stress aufrechtzuerhalten (d.h. Widerstandsfähigkeit) als auch die Fähigkeit, Stressfaktoren zu vermeiden (Durach et al., 2015). Sie basiert auf Redundanz – einer absichtlichen Dopplung und der Einbeziehung von Backup- oder alternativen Ressourcen, um die Kontinuität im Falle einer Störung zu gewährleisten und sich gegen Ausfälle abzusichern. Dazu gehören Maßnahmen wie die Lagerung diversifizierter Bestände, die Aufrechterhaltung von Backup-Ressourcen (z. B. Produktionsstätten, Maschinen oder Arbeitskräfte) und die Bereitstellung von Standby-Kapazitäten (Azadegan et al., 2013; Li et al., 2023). Unternehmen können auch Lieferanten und Logistikwege diversifizieren oder in technologische Alternativen investieren, um die Abhängigkeit von einzelnen risikobehafteten Akteuren zu verringern, insbesondere in konzentrierten Märkten. In der EU ersetzt dementsprechend das „Just-in-Case“-Bestandsmanagement zunehmend die „Just-in-Time“-Strategien, wobei das Anlegen von Beständen die häufigste Anpassung darstellt und die Diversifizierung von Lieferanten deutlich übertrifft (EIB, 2023). Studien zeigen, dass nur 20 % der Unternehmen ihre Importquellen diversifiziert haben, während 6 % innerhalb der EU Nearshoring betreiben (EIB, 2023). Die Implementierung anderer Maßnahmen zur Risikominimierung gestaltet sich aufgrund der technologischen Abhängigkeit als herausfordernder. Politische Schritte wie das Gesetz zu kritischen Rohstoffen und der Europäische Chips Act zielen darauf ab, den Ausbau von Kapazitäten sowie Forschung und Entwicklung zu fördern. Um eine Kostenexplosion durch die Einführung von Redundanzen zu vermeiden, werden detaillierte Lieferkettendaten benötigt, um nur an strategisch notwendigen Stellen zu diversifizieren. Gleichzeitig werden Lieferkettendaten benötigt, um sicherzustellen, dass z. B. ein neuer Lieferant nicht dieselben vorgelagerten Abhängigkeiten (Lieferanten, Handelsrouten, Technologien) aufweist wie bereits bestehende Lieferanten.

Im Gegensatz zur Robustheit betont die *Agilität* in der Lieferkette einen reaktiven Ansatz und konzentriert sich auf die Fähigkeit eines Unternehmens, sich in Krisenzeiten schnell anzupassen. Dies umfasst die Entwicklung von

Notfallplänen, die Einrichtung eines Technologie-Backup-Plans und die schnelle Anpassbarkeit der Produktionskapazitäten. Das Erreichen von Agilität und die Vorbereitung auf Notfälle sind jedoch mit Kosten verbunden, da Unternehmen in den Ausbau von Kapazitäten und die Verbesserung der Flexibilität ihrer Produktionsprozesse investieren müssen (Dolgui et al., 2024). Aus strategischen und wirtschaftspolitischen Überlegungen müssen nicht alle Unternehmen eine hohe Agilität aufweisen, aber es gibt Unternehmen, die systemrelevante Funktionen erfüllen, z. B. die Versorgung mit Nahrungsmitteln, medizinischen Gütern oder Energie. In diesen Bereichen greifen Staaten z. B. auf strategische Reserven zurück. Strategische Reserven sind jedoch nicht für alle Güter geeignet und eine gezielte Erhöhung der Agilität der richtigen Akteure kann die Resilienz von Lieferketten fördern. Politische Entscheidungsträger sollten sich darauf konzentrieren, Unternehmen und Sektoren zu identifizieren und zu unterstützen, bei denen dies am dringendsten erforderlich ist. Hierfür ist eine gute Datenbasis unumgänglich.

Sichtbarkeit bezieht sich auf die Erhebung und das Management von Daten und Informationen, um die Dynamik der Lieferkettennetzwerke zu verstehen. Eine verbesserte Sichtbarkeit kann durch das systematische Erfassen von Lieferketten, prädiktive Analytik (z. B. Prognosen zu Beständen, Kapazitäten, Logistik und Nachfrage) sowie Echtzeit-Warnmeldungen bei Störungen erreicht werden. Digitale Lösungen wie u. a. Blockchain, Smart Contracts, digitale Zwillinge und KI-gestützte Prognosen können die Verfügbarkeit von Daten erheblich verbessern (Li et al., 2023; Ivanov, 2023). So haben beispielsweise ein Drittel der Unternehmen, die speziell für sie hergestellte Vorprodukte nutzen, digitales Tracking eingeführt (EIB, 2023). Während Unternehmen zunehmend in die Sichtbarkeit ihrer vor- und nachgelagerten Lieferketten investieren, erreichen sie noch keinen vollständigen Überblick über ihre Lieferketten. Nur 6 % der Unternehmen berichteten 2017, einen umfassenden Überblick erreicht zu haben, und lediglich 17 % kannten ihre Lieferanten bis zur Tier-3-Ebene (Geodis, 2017). Die Verbesserung der Sichtbarkeit stellt für Unternehmen einen erheblichen administrativen Aufwand dar, besonders für kleine Unternehmen.

Regierungen können Bemühungen zur verbesserten Sichtbarkeit von Lieferkettennetzwerken koordinieren. Ein bemerkenswertes Beispiel hierfür ist die Partnerschaft zwischen österreichischen Lebensmittelhändlern, Produzenten und dem Landwirtschaftsministerium, die ein Echtzeit-Monitoring der Lebensmittelversorgungskette ermöglicht (Diem et al., 2024). Daraus ergibt sich ein verbessertes Management im Krisenfall. Konkrete Vorteile einer erweiterten Sichtbarkeit umfassen die Identifikation von Engpässen und Flaschenhälsen in Logistik

und Lieferketten (Verschuur et al., 2022), die Erkennung systemisch relevanter Akteure (Diem et al., 2022; Diem et al., 2024b) sowie die Möglichkeit, die potenziellen Auswirkungen zukünftiger Katastrophen zu simulieren (Carvalho et al., 2021). Diese Maßnahmen ermöglichen es, gezielte Redundanz und Flexibilität an den dringendsten Stellen umzusetzen, wodurch zusätzliche Kosten minimiert und die Vorbereitung auf Krisensituationen verbessert werden.

Letztlich sollte eine verbesserte Sichtbarkeit einen kontinuierlichen *Lernprozess* fördern. Dieser erfordert ein geeignetes Umfeld für den Wissensaustausch. Dies beinhaltet Wissensmanagement als Teil des Krisenmanagements zu integrieren, um auf Grundlage vergangener Erfahrungen und aktuellen Daten effizient auf Störungen zu reagieren, sowie Krisensimulationen, Notfallpläne in Unternehmen und Regierungen, sowie die Einrichtung von Organisationen, die sich der Verbesserung der Resilienz von Lieferketten widmen.

Eine umfassende Strategie zur Resilienz von Lieferketten muss alle vier genannten Aspekte berücksichtigen. Allerdings ist es nicht erforderlich, dass jedes Unternehmen in allen Bereichen aktiv wird. Die politische Antwort sollte darauf abzielen, Resilienzbestrebungen zu koordinieren. Schwächen von nationaler und europäischer Relevanz müssen identifiziert und durch gezielte strategische Unterstützung überwunden werden. So wird zusätzlicher Aufwand für die einzelnen Akteure minimiert. Im folgenden Abschnitt beschreiben wir politische Maßnahmen zur Identifizierung von Schwachstellen in und zur Verbesserung der Resilienz von Lieferketten.

Politische Handlungsempfehlungen

Die Resilienz von Lieferketten ist längst kein reines Unternehmensthema mehr. Ihre volkswirtschaftliche, strategische und politische Bedeutung wächst. Auch wenn die Bedeutung von Resilienz für viele Unternehmen – insbesondere während der COVID-19 Pandemie – zugenommen hat, sind die konkreten Umsetzungsbeispiele eher überschaubar. Der Grund dafür ist der Kostendruck, der Unternehmen nach Krisen dazu veranlasst, schnell wieder klassische Kostensenkungsmethoden zu priorisieren. Das birgt erhebliche Risiken für die Bewältigung künftiger Krisen. Somit wächst die Bedeutung von institutionellen und politischen Maßnahmen, um die Resilienz von Lieferketten signifikant und vor allem strukturell zu erhöhen. Im folgenden Abschnitt werden konkrete Empfehlungen zur Stärkung der Resilienz von Lieferketten erörtert, die die Wettbewerbsfähigkeit Europas nicht schwächen, und die ohne bürokratische Overheads und ohne Datenschutzamalgams auskommen.

Datenverfügbarkeit als politisches Bottleneck

Politische Entscheidungsträger stützen sich in der Regel auf sogenannte Computable General Equilibrium (CGE) oder multi-regionale Input-Output-Modelle, um Störungen in Liefernetzwerken zu analysieren (z. B. Peter et al., 2020; Zika et al., 2022; Grüning et al., 2024). Diese Modelle basieren auf bewährten statistischen Datenbanken wie den OECD Inter-Country Input-Output (ICIO)-Tabellen. Allerdings erlauben diese Methoden nur Rückschlüsse auf sektorale Zusammenhänge und die Daten stehen nur mit Verzögerung zur Verfügung. Diese Analysen berücksichtigen daher nicht konkrete aktuelle internationale Abhängigkeiten (Baldwin et al., 2023) und übersehen stark ausgeprägte Abhängigkeiten wie den Einsatz maßgeschneiderter Inputs (Antràs & Chor, 2021). Außerdem spiegeln sie nicht die spezifischen Lieferketten einzelner Unternehmen wider. Dies kann zu erheblichen Fehleinschätzungen bezüglich der Schockausbreitung, der negativen indirekten Auswirkungen in den Lieferketten und anderer dynamischer Prozesse führen (Diem et al., 2024a).

Die vorherrschende Nutzung aggregierter Sektorale Daten ignoriert die jüngste Revolution in der Verfügbarkeit granularer Lieferkettendaten auf Unternehmensebene, die schon jetzt viele Volkswirtschaften vollständig abdecken (Pichler et al., 2023). In Deutschland sind Unternehmen seit dem 1. Januar 2025 verpflichtet, elektronische Rechnungen für Inlandstransaktionen gemäß den europäischen Rechnungsstellungsvorschriften auszustellen. Die Struktur und Maschinenlesbarkeit dieses neuen Formats ermöglichen es den zuständigen Steuerbehörden, die Rechnungen einzusehen, herunterzuladen und für die Mehrwertsteuerprüfung zu nutzen (Abschnitt 14b, Umsatzsteuergesetz). Darüber hinaus werden E-Rechnungsplattformen in naher Zukunft eine zunehmend zentrale Rolle spielen (BMF, 2024). Eine solche Plattform ermöglicht die Echtzeit-Abbildung und Analyse von Lieferkettenstörungen, wie es bereits in Ländern wie Belgien, Estland, Ungarn oder Spanien umgesetzt wurde (Pichler et al., 2023). In diesen Ländern erfassen die Finanzbehörden bereits Daten, z. B. den Wert der Waren, die Unternehmen von ihren Lieferanten beziehen, um die Umsatzsteuer zu bestimmen oder zu kontrollieren. Je nach Land stehen diese Daten in Echtzeit oder erst im Folgejahr für Auswertungen zur Verfügung (Diem & Thurner, 2022). In den jeweiligen Zentralbanken werden diese Daten bereits für wirtschaftliche Fragestellungen ausgewertet

Dafür sind jedoch eine leistungsfähige Infrastruktur und eine proaktive Datenerfassung erforderlich. Die deutschen Behörden sollten nun eine zielgerichtete politische Entscheidung herbeiführen: Sie müssen die notwendigen Ressourcen bereitstellen, die Koordination vorantreiben

und eine neue oder bestehende Institution mit einem klaren Mandat ausstatten.

Durchführung von Stresstests in Lieferketten auf Firmenebene. Stresstests von Produktionsnetzwerken tragen nicht nur dazu bei, die Mechanismen von Lieferketten und potenzielle blinde Flecken aufzudecken (BMWK, 2022), sondern bieten auch eine Möglichkeit, gesetzgeberische Prozesse zu optimieren, indem Vorteile maximiert und Nachteile minimiert werden (Meenakshi & Heflich, 2023). Sie könnten unter anderem die soziale Sicherheit fördern (Stangl et al., 2024), die Resilienz gegenüber externen Schocks erhöhen (z. B. zur Förderung der Ernährungssicherheit, European Commission: Joint Research Centre & Ivanov, 2025; Diem et al., 2024b) und das Krisenmanagement verbessern (Echefaj et al., 2024). Stresstests liefern wertvolle Erkenntnisse, die die Risikowahrnehmung beeinflussen (z. B. durch das Aufzeigen übermäßiger Abhängigkeiten von einzelnen Schwachstellen oder sektorübergreifenden Expositionen) und auch Verhaltensweisen verändern können (z. B. Shapiro & Zeng, 2024)².

Verbesserung der Marktforschung und Überwachung aktueller Trends: Viele europäische Unternehmen sehen die unsichere Zukunft als Hindernis für Investitionen in widerstandsfähigere Lieferketten (EIB, 2024). Gesetzgebende Institutionen können diese Unsicherheit verringern, indem sie Marktinformationen sammeln und kommunizieren, sich mit relevanten Akteuren über aktuelle Trends (z. B. geopolitische Risiken) austauschen und Klarheit über langfristige Transformationen der Industrie und die voraussichtlichen Auswirkungen auf Lieferketten schaffen. Ebenso relevant sind Frühwarnsysteme, die im Falle von Pandemien, Katastrophen, Cyberangriffen und geopolitischen Konflikten die relevanten Akteure innerhalb kurzer Zeit informieren und vernetzen. Es existieren bereits zahlreiche digitale Lösungen, die diese Bemühungen unterstützen, wie etwa die Entwicklung eines intelligenten digitalen Zwillings (Ivanov, 2023).

Optimierte Risikoanalyse und erhöhte Transparenz bei reduzierter administrativer Belastung: Offenlegungen und Risikobewertungen tragen zur Erhöhung der Transparenz in Lieferketten bei, erfordern jedoch einen erheblichen administrativen Aufwand, der die Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen beeinträchtigen kann. In Deutschland zielen zwei wesentliche Vorschriften darauf ab, die Transparenz in den Lieferketten zu verbessern: das im Januar

² Ein Beispiel für Stress-Tests als Marktsignale für Risikowahrnehmung und -verhalten sind die Klimastresstests, die von der EZB durchgeführt wurden. Diese Tests ermöglichten es Finanzinstituten, ihre Exposition gegenüber physischen und Übergangsrisiken des Klimawandels besser zu verstehen und ihr Risikoverhalten entsprechend anzupassen (z. B. Fuchs et al., 2024).

2024 verabschiedete Lieferkettensorgfaltspflichtengesetz sowie die europäische Richtlinie zur unternehmerischen Sorgfaltspflicht im Hinblick auf Nachhaltigkeit (CSDDD), die 2025 in deutsches Recht umgesetzt werden soll. Zwei Aspekte sollten bei der Umsetzung der CSDDD Richtlinie berücksichtigt werden, um dem potenziell erhöhten administrativen Aufwand entgegenzuwirken.

Erstens könnten politische Entscheidungsträger eine Umsetzung vorschlagen, die die Offenlegung für die betroffenen Unternehmen reduziert (Hurt et al., 2023; Bossut et al., 2021). Dies gilt insbesondere für deren Zulieferer, die indirekt von den Berichtspflichten betroffen sind, aber nur über begrenzte Kapazitäten verfügen. Hierfür wurden verschiedene Ansätze vorgeschlagen, wie etwa die Nutzung routinemäßig erfasster Steuer- und Rechnungsdaten (Pichler et al., 2023), die Entwicklung von On-Demand-Berichtsplattformen (Haas & Hums, 2024), die Begrenzung der Berichterstattung auf Drittländer mit schlechten oder nicht vorhandenen Umwelt- und Menschenrechtsstandards (Felbermayr et al., 2024), die Einführung von Lieferantenzertifizierungssystemen sowie die Nutzung von Schwarzen Listen (Felbermayr et al., 2024) und die Koordinierung von Anfragen zur Berichterstattung ausländischer Lieferanten, etwa über Branchenverbände oder staatliche Plattformen.

Zweitens berücksichtigt die CSDDD nicht explizit die Resilienz von Lieferketten – sie konzentriert sich hauptsächlich auf das Monitoring, die Berichterstattung und das Management potenzieller Menschenrechtsprobleme und nachteiliger Umweltauswirkungen in der Wertschöpfungskette. Da große Unternehmen verpflichtet sind, Informationen über ihre Lieferketten zu sammeln, könnte Deutschland bei der Umsetzung der CSDDD auch sicherstellen, dass Unternehmen darüberhinausgehende Risiken in ihren Lieferketten identifizieren, bewerten und managen (z.B. Naturkatastrophen, geopolitische Risiken, Ressourcensicherheit). Zwar muss Deutschland die CSDDD im Einklang mit den EU-Vorgaben umsetzen, könnte jedoch bei der Implementierung darauf hinwirken, dass das systematische Erfassen von Risiken in den Lieferketten auch zu einer verbesserten Resilienz dieser Lieferketten führt. Je vollständiger die Lieferkettendatenbasis für Entscheidungsträger ist, desto besser werden die daraus abgeleiteten Maßnahmen. Dies spricht klar für die Schaffung einer einheitlichen europäischen Datenbasis.

Unterstützung von „Too Relevant to Fail“-Unternehmen: In komplexen Liefernetzwerken kann der Ausfall eines einzelnen Unternehmens erhebliche systemische Schocks auslösen. Diem et al. (2022) schätzen, dass sollten im ungarischen Lieferkettennetzwerk eines von 32 kritischen Unternehmen ausfallen, würden mehr als 20 % der nati-

onalen Wirtschaftsleistung kurzfristig negativ beeinflusst. Nach der Finanzkrise 2007/2008 haben sich die Länder weltweit auf die sogenannten Basel-III-Standards geeinigt und „Too Big to Fail“-Banken mit Kapitalpuffern reguliert. Angesichts des jüngsten Anstiegs von Spannungen und Disruptionen in den globalen Wertschöpfungsketten könnte ein ähnliches Regelwerk eingeführt werden, um „Too Relevant to Fail“-Unternehmen zu regulieren.

Ein solches Regelwerk könnte regelmäßige Stresstests für Lieferkettennetzwerke, die Einführung strategischer Bevorratung, die Entwicklung von Notfallplänen und die Festlegung von Leitlinien für das Lieferkettenmanagement umfassen. Zu diesen Leitlinien gehören Maßnahmen wie Diversifizierung, Multi-Sourcing, Verschiebung und Schwellenwerte für die Beschaffung aus einzelnen Ländern. In dieser Hinsicht sollten Anstrengungen unternommen werden, um Daten verfügbar zu machen und Modelle zu verbessern, die zuverlässige Quantifizierungen des systemischen Risikos ermöglichen.

Literatur

- Antràs, P. & Chor, D. (2021). Global Value Chains. *NBER Working Papers*, Nr. 28549. National Bureau of Economic Research.
- Azadegan, A., Patel, P. C., Zangouinezhad, A. & Linderman, K. (2013). The Effect of Environmental Complexity and Environmental Dynamism on Lean Practices. *Journal of Operations Management*, 31(4), 193–212.
- Bacilieri, A., Borsos, A., Astudillo-Estevez, P. & Lafond, F. (2023). Firm-Level Production Networks: What Do We (Really) Know? *INET Oxford Working Paper*, Nr. 2023-08.
- Bähr, C., Fritsch, M., Klink, H., Meeßen, F., Zink, B., Stijepic, D. & Tercero Espinoza, L. (2024). *Kritisch für die Wertschöpfung – Rohstoffabhängigkeit der deutschen Wirtschaft* (Studie für die KfW Bankengruppe). IW Consult, Fraunhofer ISI.
- Baldwin, R., Freeman, R. & Theodorakopoulos, A. (2023). Hidden Exposure: Measuring US Supply Chain Reliance. *Working Paper Series*, 31820. National Bureau of Economic Research.
- Barrot, J.-N. & Sauvagnat, J. (2016). Input Specificity and the Propagation of Idiosyncratic Shocks in Production Networks. *Quarterly Journal of Economics*, 131(3), 1543–1592.
- BMF – Bundesministerium für Finanzen. (2024). Ausstellung von Rechnungen nach § 14 UstG; Einführung der obligatorischen elektronischen Rechnung bei Umsätzen zwischen inländischen Unternehmern ab dem 1. Januar 2025. *BMF-Schreiben*.
- BMWK – Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz. (2022). *Was uns die Folgen des Klimawandels kosten?* (Merkblatt).
- Bossut, M., Hessenius, M., Jürgens, I., Pioch, T., Schiemann, F., Spandel, T. & Tietmeyer, R. (2021). Why It Would Be Important to Expand the Scope of the Corporate Sustainability Reporting Directive and Make It Work for SMEs. *Policy Brief*, Nr. 8. Sustainable Finance Research Platform.
- Bossut, M., Diem, C., Stangl, J., Pichler, A., Thurner, S., Moslener, U., Marchewitz, C., Neuhoff, K. & Bresch, D. (2024). A Call for Granular Supply Network Data for Navigating the Climate Transition. *T20 Policy Brief*.
- Carvalho, V. M., Nirei, M., Saito, Y. U. & Tahbaz-Salehi, A. (2021). Supply Chain Disruptions: Evidence from the Great East Japan Earthquake. *Quarterly Journal of Economics*, 136(2), 1255–1321.
- Diem, C., Borsos, A., Reisch, T., Kertész, J. & Thurner, S. (2022). Quantifying Firm-Level Economic Systemic Risk from Nation-Wide Supply Networks. *Scientific Reports*, 12(1), 7719.

- Diem, C., Borsos, A., Reisch, T., Kertész, J. & Thurner, S. (2024a). Estimating the Loss of Economic Predictability from Aggregating Firm-Level Production Networks. *PNAS Nexus*, 3(3) pgae064.
- Diem, C., Schueller, W., Gerschberger, M., Stangl, J., Conrady, B., Gerschberger, M. & Thurner, S. (2024b). Supply network stress-testing of food security on the establishment-level. *International Journal of Production Research*, 1–25.
- Diem, C. & Thurner, S. (2022). Erhebung der österreichischen Lieferketten mit Umsatzsteuerdaten: Machbarkeit für Österreich. *CSH Policy Brief*.
- Dolgui, A., Gusikhin, O., Ivanov, D., Li, X. & Stecke, K. (2024). A Network-of-Networks Adaptation for Cross-Industry Manufacturing Repurposing. *IIE Transactions*, 56(6), 666–682.
- Durach, C. F., Wieland, A. & Machuca, J. A. D. (2015). Antecedents and Dimensions of Supply Chain Robustness: A Systematic Literature Review. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 45(1/2), 118–137.
- Echefaj, K., Charkaoui, A., Cherrafi, A. & Ivanov, D. (2024). Design of Resilient and Viable Sourcing Strategies in Intertwined Circular Supply Networks. *Annals of Operations Research*, 337(1), 459–498.
- EIB – European Investment Bank. (2024). *Navigating Supply Chain Disruptions New Insights into the Resilience and Transformation of EU Firms*.
- European Commission. (2024). *The Draghi Report on EU Competitiveness*. Eurostat. (2024). *International Trade in Goods*.
- European Commission: Joint Research Centre & Ivanov, D. (2025). *Literature Review on the Stress Tests Developed and Applied in Non-Food Supply Chains*. Publications Office of the European Union.
- Felbermayr, G., Friesenbichler, K., Gerschberger, M., Klimek, P. & Meyer, B. (2024). Designing EU Supply Chain Regulation. *Intereconomics*, 59(1), 28–34.
- Fromm, T. (2021, 23. September). Der Chipmangel trifft die Autoindustrie mit voller Wucht. *Süddeutsche Zeitung*.
- Fuchs, L., Ngyuen, H., Nguyen, T. & Schaeck, K. (2024). Climate Stress Tests, Bank Lending, and the Transition to the Carbon-Neutral Economy. *IWH Discussion Papers*.
- Geodis. (2017). *Supply Chain Worldwide Survey*.
- Grüning, C., Beier, J., Strasser, J., Jungmichel, N., Weiszflog, E. & Gurci, S. (2024). *Umweltrisiken und -auswirkungen in globalen Lieferketten deutscher Unternehmen. Branchenstudie Bausektor (Zwischenbericht)*. Umweltbundesamt.
- Haas, C. & Hums, N. (2024). *Eine ESG-Datenplattform Für Gelingende Transformation!? safeFinancial Big Data Cluster, Net Zero Banking Alliance Germany*.
- Hurt, J., Ledebur, K., Meyer, B., Friesenbichler, K., Gerschberger, M., Thurner, S. & Klimek, P. (2023). Supply Chain Due Diligence Risk Assessment for the EU: A Network Approach to Estimate Expected Effectiveness of the Planned EU Directive. *arXiv*.
- IEA – International Energy Agency (2023). *Critical Minerals Market Review 2023 – Analysis*.
- Ivanov, D. (2023). Intelligent Digital Twin (IDT) for Supply Chain Stress-Testing, Resilience, and Viability. *International Journal of Production Economics*, 263(108938).
- Ivanov, D. & Dolgui, A. (2020). Viability of Intertwined Supply Networks: Extending the Supply Chain Resilience Angles towards Survivability. A Position Paper Motivated by COVID-19 Outbreak. *International Journal of Production Research*, 58(10), 2904–2915.
- Jackson, I., Ivanov, D., Dolgui, A. & Namdar, J. (2024). Generative Artificial Intelligence in Supply Chain and Operations Management: A Capability-Based Framework for Analysis and Implementation. *International Journal of Production Research*, 62(17), 6120–6145.
- Jiménez, S., Dietzenbacher, E., Duarte, R. & Sánchez-Chóhiz, J. (2022). The Geographical and Sectoral Concentration of Global Supply Chains. *Spatial Economic Analysis*, 17(3), 370–394.
- Klimek, P., Obersteiner, M. & Thurner, S. (2015). Systemic Trade Risk of Critical Resources. *Science Advances*, 1(10), e1500522.
- Köhler-Geib, F., Levinger, H. & Ullrich, K. (2024). Set in Stone? The German Economy's Dependency on Copper, Lithium and Rare Earths (Research report). *KfW Research Focus on Economics*, Nr. 454.
- Li, M. K., Sodhi, M. S., Tang, C. S. & Yu, J. (2023). Preparedness with a System Integrating Inventory, Capacity, and Capability for Future Pandemics and Other Disasters. *Production and Operations Management*, 32(2), 564–583.
- Meenakshi, F. & Heflich, A. (2023). *Stress-Testing to Promote the Resilience of EU Policies*. European Parliamentary Research Service.
- Menkhoff, L. & Zeevaert, M. (2022). Germany Can Increase Its Raw Material Import Security of Supply. *DIW Weekly Report*, 49/50, S. 317–325.
- Peter, M., Guyer, M., Füssler, J., Bednar-Friedl, B., Knittel, N., Bachner, G., Schwarze, R. & v. Unger, M. (2020). Folgen des globalen Klimawandels für Deutschland. Abschlussbericht: Analysen und Politikempfehlungen. *Climate Change*, Nr. 15/2020. Umweltbundesamt.
- Pichler, A., Diem, C., Brintrup, A., Lafond, F., Magerman, G., Buiten, G., Choi, T. Y., Carvalho, V. M., Farmer, J. D. & Thurner, S. (2023). Building an Alliance to Map Global Supply Networks. *Science*, 382(6668), 270–272.
- Shapiro, J. & Zeng, J. (2024). Stress Testing and Bank Lending. *Review of Financial Studies*, 37(4), 1265–1314.
- Stangl, J., Borsos, A., Diem, C., Reisch, T. & Thurner, S. (2024). Firm-Level Supply Chains to Minimize Unemployment and Economic Losses in Rapid Decarbonization Scenarios. *Nature Sustainability*, 7(5), 581–589.
- Verschuur, J., Koks, E. E. & Hall, J. W. (2022). Ports' Criticality in International Trade and Global Supply-Chains. *Nature Communications*, 13(4351).
- Weltbank. (2025, 3. Februar). *World Bank Open Data (Dataset)*.
- Zika, G., Schneemann, C., Weber, E., Zenk, J., Kalinowski, M., Maier, T. & Wolter, M. I. (2022). *Die Folgen des Kriegs in der Ukraine und der Energiekrise für Wirtschaft und Arbeitsmarkt in Deutschland*. Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung.

Title: Overcoming Global Crises: Building Resilient Supply Chains with Better Data Availability

Abstract: Global crises show the vulnerability of supply chains, especially in Germany and Europe. Structural changes such as digitisation, decarbonisation and a focus on regional security are increasing the need for imported raw materials. Existing dependencies are deepening as a result, while declining competitiveness and geopolitical tensions are jeopardising the EU's negotiating power. Building resilient supply chains requires in-depth policy measures and a better understanding of global dependencies. New research shows how existing data can be used to make supply chains more efficient and resilient and what kind of new data should be collected. The article provides recommendations for action for Germany and the EU.