

»White Paper Series«

Innovative research impulses shaping the future of logistics

Resilienz von Wertschöpfungsnetzwerken – Den Erfolgsfaktor systematisch erschließen

In Kooperation mit:

Impressum

Autoren

Tobias Jornitz
Julian Brinkmeyer
Matthias Braun
Luisa Marie Strehl
Andreas Gade
Tammo Märtens
Markus Witthaut
Nils Kalbe
Johanna Kim Kippenberger
Nazanin Budeus

Herausgeber

Prof. Dr.-Ing. Alice Kirchheim
Prof. Dr. Michael Henke
Prof. Dr.-Ing. Uwe Clausen

Internet

Das White Paper steht Ihnen auch im Internet unter
www.iml.fraunhofer.de/veroeffentlichungen zur Verfügung.

DOI

10.24406/publica-4663

Kontakt

Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik IML
Joseph-von-Fraunhofer-Str. 2 – 4
44227 Dortmund
schriftenreihe@iml.fraunhofer.de

Bildquelle Titelbild:

Bussakon – stock.adobe.com

Ausgabe 38 | Dortmund, 21. Mai 2025

© Fraunhofer IML

Vorwort

Innovative research impulses shaping the future of logistics

Die White Paper Reihe »Innovative research impulses shaping the future of logistics« greift aktuelle Herausforderungen und Zukunftstrends in der Logistik auf, beleuchtet neue Technologien sowie Geschäftsmodelle und treibt damit die Diskussion in Wissenschaft und Managementpraxis voran.

Die Ausgaben der White Paper Reihe inspirieren grundlegende Entwicklungen im Rahmen eines innovativen, effizienten und nachhaltigen Zukunftsbildes von Logistiksystemen als den Kernelementen einer innovativen Wirtschaft, das vom Austausch der Akteure aus Forschung, Praxis und weiteren Stakeholdern profitiert. Das IML dient in dieser Form als Netzwerkknoten für Technologie, Wissen und Innovation in internationalen Wertschöpfungsketten, ganz nach dem Motto »100% Logistik!«.

In einer Ära, die durch unvorhersehbare globale Herausforderungen geprägt ist, gewinnt die strategische Resilienz-Transformation von Wertschöpfungsnetzwerken zunehmend an Bedeutung. Die Erfahrungen aus vergangenen Krisen haben gezeigt, dass Resilienz von Lieferketten nicht länger als optionales Element betrachtet werden darf. Das vorliegende White Paper greift die aktuellen Herausforderungen auf und gibt Akteuren des Supply Chain Managements Werkzeuge an die Hand, um ihre Netzwerke widerstandsfähiger und anpassungsfähiger zu gestalten. Es bietet praxisnahe Handlungsempfehlungen, die von den Resilienzforscher*innen am Wissenschaftsstandort Dortmund erfolgreich umgesetzt werden, und unterstützt Unternehmen dabei, in einer komplexen und volatilen Umwelt zukunftsicher zu agieren.



Inhalt

Vorwort	3
Managementzusammenfassung / Management Summary	6
Die Ausgangslage	7
Wo steht die Forschung bei der Resilienz von Wertschöpfungsnetzwerken?	8
Resilienzbedarfe erkennen, Fähigkeiten entwickeln	10
Die Resilienz-Transformation gestalten:	
Drei Säulen für nachhaltigen Erfolg	13
Technologie	13
Humanzentrierung	14
Ganzheitliches Supply Chain Management	15
Strategische Betrachtung der Resilienz-Transformation:	
Verbindende Elemente erfolgreich zusammenführen	17
Empfehlungen zur nachhaltigen Resilienz-Transformation von Wertschöpfungsnetzwerken	19
Fazit	20
Literaturverzeichnis	21



Bild: AU USAnakul+ – stock.adobe.com

Managementzusammenfassung

/ Management Summary

In einer Welt, die zunehmend durch komplexe und weitreichende Krisen wie die vergangene COVID-19-Pandemie, aktuelle geopolitische Instabilitäten und Zollkonflikten geprägt ist, stehen die Lieferketten von Unternehmen unter großem Druck. Angesichts der Volatilität und Unsicherheit ist die Resilienz von Wertschöpfungsnetzwerken für Unternehmen essenziell, um langfristig wettbewerbsfähig zu bleiben. Dennoch beschäftigen sich wenige Unternehmen strategisch und oftmals erst nach einer Krise mit der Resilienz ihrer Lieferketten. Dabei zeichnet sich diese nicht nur durch reaktive, sondern auch durch proaktive Strategien zur dynamischen Anpassung an externe Disruptionen und resultierender neuer Umweltbedingungen aus. Die Relevanz dieser vielfältigen Herausforderungen und das strategische Management der Resilienz von globalen Wertschöpfungsnetzwerken prägt das Forschungsinteresse der Resilienzforscher*innen am Wissenschaftsstandort Dortmund. Dieses Positionspapier beinhaltet Empfehlungen und strategische Gestaltungsansätze für die erfolgreiche Resilienz-Transformation in Wertschöpfungsnetzwerken. Diese wurden aus dem aktuellen wissenschaftlichen Diskurs, den Ergebnissen derzeitiger Forschungsprojekte sowie Perspektiven der Resilienzforscher*innen am Wissenschaftsstandort Dortmund abgeleitet und für eine Unterstützung der Praxis aufbereitet. Die Resilienz-Transformation in Lieferketten erfordert eine strategische Ausrichtung, welche technologische Innovationen, menschliche Fähigkeiten und die Zusammenarbeit im gesamten Wertschöpfungsnetzwerk in den Vordergrund stellt. Mit diesem Positionspapier sollen den Akteuren des Supply Chain Managements die Notwendigkeit des Einsatzes von Strategien für die Resilienz von Lieferketten verdeutlicht werden, um sich damit dynamisch an zukünftige Herausforderungen anpassen zu können. Die Resilienz-Forschung in Dortmund bietet dazu praxisnahe Lösungen und unterstützt Unternehmen dabei, zukunftsicher aufgestellt zu sein.

Folgende Handlungsempfehlungen zur nachhaltigen Resilienz-Transformation werden in diesem Beitrag ausführlich beschrieben:

1. **Resilienzbedarfe ermitteln.**
2. **Kollaborativ handeln.**
3. **Offenheit fördern.**
4. **Digitale Technologien nutzen.**
5. **Kontinuierlich dynamisch anpassen.**
6. **Menschen integrieren.**
7. **Resilienzkultur aufbauen.**
8. **Wissen konservieren und anwenden.**

/ In a world increasingly characterized by complex and far-reaching crises such as the past COVID-19 pandemic or current geopolitical instabilities and tariff conflicts, companies' supply chains are under great pressure. In the face of volatility and uncertainty, the resilience of supply chain networks is essential for companies to remain competitive in the long term. Nevertheless, few companies strategically address the resilience of their supply chains, and often only after a crisis. The strategic approach to build resilience is characterized not only by reactive but also by proactive strategies for dynamic adaptation to external disruptions and new environmental conditions. The relevance of these diverse challenges and the strategic management of the resilience of global supply chain networks characterize the research interests of resilience researchers at the Dortmund research hub. This position paper contains recommendations and strategic design approaches for successful resilience transformation in supply chain networks. These were derived from the current scientific discourse, the results of recent research projects and the perspectives of resilience researchers in Dortmund and prepared for practitioners. Resilience transformation in supply chains requires a strategic focus that emphasizes technological innovation, human capabilities and collaboration across the supply chain network. The position paper aims to explain to supply chain management stakeholders the need to implement supply chain resilience strategies to adapt dynamically to future challenges. Resilience research in Dortmund offers practical solutions and helps companies to be future-proof.

The following recommendations for a sustainable resilience transformation are described in

1. **Identify resilience needs.**
2. **Act collaboratively.**
3. **Promote openness.**
4. **Use digital technologies.**
5. **Adapt continuously.**
6. **Integrate people.**
7. **Build a culture of resilience.**
8. **Conserve and apply knowledge.**

Die Ausgangslage

Die COVID-19 Pandemie, der russische Angriffskrieg auf die Ukraine, die Flüchtlingskrise oder die Blockade des Suezkanals sind bislang einige der prägendsten Ereignisse dieses Jahrzehnts, die tiefgreifende weltweite Auswirkungen auf die Wirtschaft besaßen und insbesondere die Prozessabläufe von Lieferketten beeinflusst haben. Diese Entwicklungen stehen im Kontext von Faktoren wie Globalisierung, technologischem Fortschritt und einer sich wandelnden Verbrauchernachfrage, die die Komplexität und Anfälligkeit der Lieferketten erheblich beeinflussen (Hohenstein et al. 2015). Unter dem Begriff VUCA (volatility, uncertainty, complexity, and ambiguity) werden die neuen und oft unbekannten Herausforderungen beschrieben, bei denen Unternehmen nicht mehr auf bewährte Methoden der Vergangenheit zurückgreifen können (Bennett und Lemoine 2014).

Im Vergleich zur Welt vor zwei Jahrzehnten tritt die Dynamik und Radikalität des Wandels deutlicher denn je zutage und unterschiedliche Risiken auf Wertschöpfungsnetzwerke ergeben sich (bspw. Risiken in der Lieferantenperformance, Technologische Risiken, CSR und Compliance Risiken) (Schoenherr et al. 2023). Neben den akuten Krisen gilt es jedoch, auch die schleichenden sozioökonomischen, politischen, ökologischen und technologischen Veränderungen zu berücksichtigen (Kalaitzi et al. 2021). Diese sogenannten Megatrends, welche über Jahrzehnte hinweg beobachtet werden können, betreffen nahezu alle Regionen der Erde und wirken sich sowohl positiv als auch negativ auf die Resilienz von Wertschöpfungsnetzwerken aus. Im Forschungsprojekt ReSchape (EU HORIZON Grant agreement ID: 101061729) wurden diese Herausforderungen, vor denen Unternehmen stehen, in fünf branchenübergreifende Schlüsselthemen klassifiziert. Diese stellen, abgeleitet aus den Megatrends, die fünf zentralen Herausforderungen dar:

1. Verstärkung von **Risiken der Versorgungsunterbrechungen**, welche durch die wachsende Nachfrage nach kritischen Rohstoffen, Sanktionen, Boykotte und Unterbrechungen in Handelswegen verstärkt wird. Zudem ist die Nachfrage schnelllebig und volatil.
2. **Veränderungen im Kunden- und Verbraucherverhalten**, welches zu einem erhöhten Informationsbedarf und damit zu steigenden Anforderungen an die Erklärbarkeit und Nachvollziehbarkeit wirtschaftlichen Handelns von Unternehmen führt.
3. Unternehmen stehen vor komplexen **Fragestellungen der Digitalisierung und des Datenschutzes**, die ethische

Fragestellungen und Sicherheitsaspekte betreffen.

4. Es zeigen sich **Qualifikations- und Wissenslücken in der Belegschaft**, die durch einen Mangel an digitalen Fähigkeiten und die wachsende Beliebtheit weniger qualifizierter Jobs gekennzeichnet sind.
5. **Soziale, umwelt- und klimabezogene Themen** sind zunehmend von Bedeutung, wobei die soziale Verantwortung von Unternehmen, ESG-Standards und nachhaltige Praktiken in den Lieferketten zunehmend in den Fokus rücken.

Das Verständnis über diese Megatrends erfordert ein Umdenken in der Unternehmensstrategie und eine proaktive Herangehensweise an das Management globaler Lieferketten, die in einem neuen Verständnis des Konzepts von Resilienz von Wertschöpfungsnetzwerken kumuliert. Zum langfristigen Fortbestand einer Organisation ist es notwendig, die Einführung von proaktiven und reaktiven Maßnahmen zur Entwicklung von Resilienzfähigkeiten strategisch anzugehen, um die Resilienz der Lieferketten zu stärken. Die Planung und Durchsetzung von Resilienzstrategien erstrecken sich dabei sowohl auf die Phase vor der Disruption als auch auf die Phasen der Antwort auf eine Disruption sowie der Erholung und des Wachstums danach (Ali et al. 2017). Die Stärkung der Resilienz von Lieferketten kann dabei zu Zielkonflikten und Herausforderungen hinsichtlich weiterer strategischer Ausrichtungen wie der Nachhaltigkeit, der Kostenminimierung oder der allgemeinen Effizienzsteigerung führen (Kiers et al. 2022; Mari et al. 2014).



Wo steht die Forschung bei der Resilienz von Wertschöpfungsnetzwerken?

Resilienz bedeutet dem lat. Ursprung (resilire) nach »zurückspringen, abprallen oder nicht anhaften« und wurde bereits in unterschiedlichsten Disziplinen wie der Ökologie, Materialwissenschaft, Psychologie, Wirtschaft und Technik eingehend betrachtet (Hosseini et al. 2016). Der Begriff der Resilienz im logistischen Kontext unterlag in den letzten Jahren dabei einem stetigen Wandel. Anfangs prägte das Resilienzverständnis eine statische, auf einem Gleichgewicht basierende Sichtweise, die sich auf die Fähigkeit einer Lieferkette bezieht, nach einem störenden Ereignis durch kontrollierte Maßnahmen in den vorherigen Zustand »zurückkehren« zu können (Sheffi und Rice Jr. 2005; Ponomarov und Holcomb 2009). In den jüngsten Forschungsbeiträgen wurde diese **Engineering-Perspektive** durch ein **sozial-ökologisches Verständnis** als dynamisch-transformative Sichtweise ergänzt, bei der sich das Liefernetzwerk kontinuierlich

weiterentwickelt und mit den neuen Umweltbedingungen anpasst (Ivanov 2024; Novak et al. 2021; Wieland und Durach 2021).

In Anlehnung an die gängigen Definitionen (z. B. Ponomarov und Holcomb 2009; Wieland und Durach 2021) verstehen die Resilienzforscher*innen des Fraunhofer IML und der TU Dortmund unter dem Begriff der Resilienz von Wertschöpfungsnetzwerken die Fähigkeit eines Unternehmens, externen Disruptionen der sozialen, wirtschaftlichen oder politischen Rahmenbedingungen bezüglich seines Wertschöpfungsnetzwerkes standzuhalten und sich permanent an neue Bedingungen anzupassen.

Dabei umfasst das Management der Resilienz von Wertschöpfungsnetzwerken alle Aufgaben, um diese

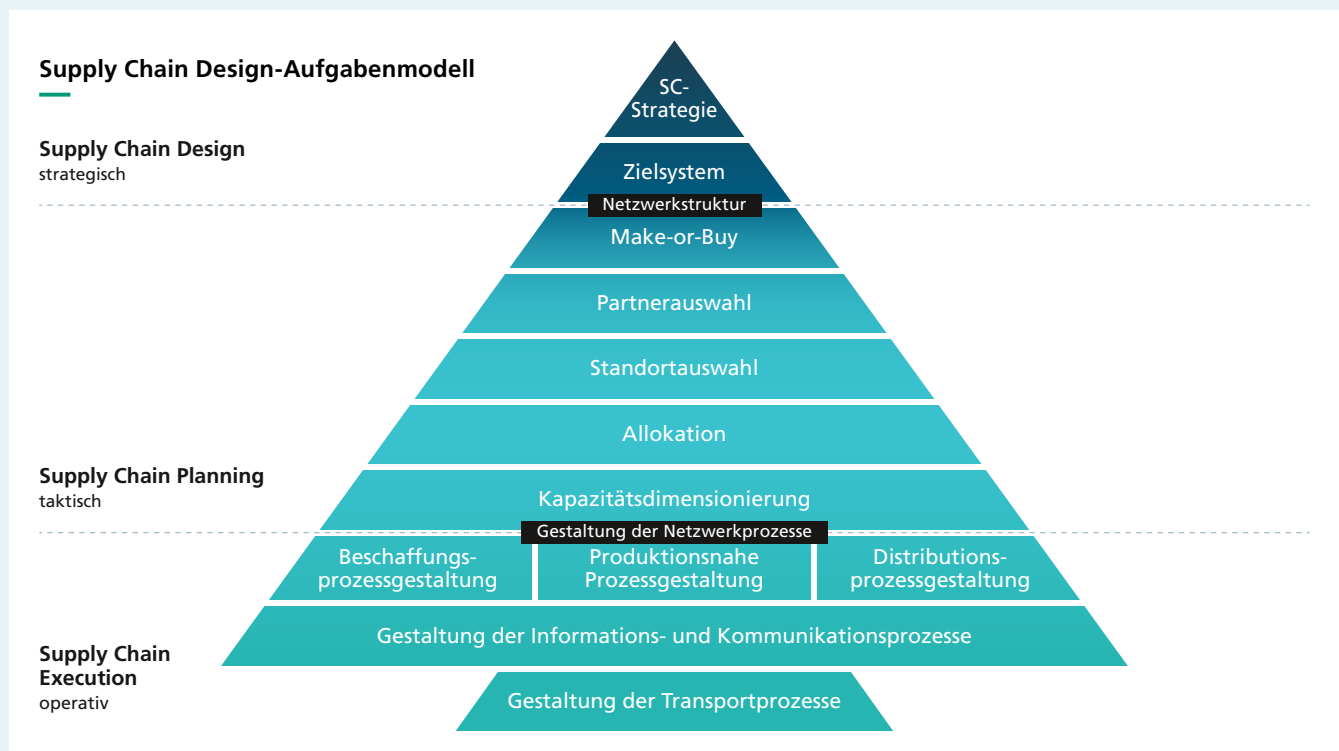


Abbildung 1: Supply Chain Design-Aufgabenmodell (Parlings et al. 2013, S. 483)

Herausforderungen zu bewältigen und einen nachhaltigen Geschäftsbetrieb sicherzustellen. Zu den Managementaufgaben gehören die Früherkennung von Bedrohungen – aber auch Chancen – sowie Identifikation und Einleitung von Maßnahmen zur Risikominimierung bzw. Chancenmaximierung. Bei den Maßnahmen kann hierbei zwischen Vorbeugemaßnahmen zur Vermeidung von Risiken bzw. rechtzeitigen Erkennung von Chancen sowie Bewältigungsmaßnahmen zur Beherrschung von Disruptionen unterschieden werden (ReSChape 2023).

Im Kontext der logistischen Forschung kann Resilienz als ein Ergebnis aus den Wirkungszusammenhängen von Prozessen und Dynamiken im Lieferantennetzwerk betrachtet werden, die Ressourcen schaffen und erhalten (Burnard und Bhamra 2011). Resiliente Unternehmen setzen diese gezielt ein, um unvorhergesehene Risiken zu bewältigen, mit Schocks in der Lieferkette umzugehen und ihre Kunden weiterhin beliefern zu können (Ambulkar et al. 2015; Zsidisin und Wagner 2010). Für Unternehmen besteht daher die permanente Notwendigkeit, dynamische Fähigkeiten zu entwickeln, die zum Erhalt oder Ausbau der Wettbewerbsfähigkeit vor dem Hintergrund sich verändernder Umfeldbedingungen beitragen, um die Resilienz von Wertschöpfungsnetzwerken zu gestalten (Teece et al. 1997). Resilienz stellt für Unternehmen daher eine strategische Managementaufgabe und infolgedessen eine strategische Gestaltungsaufgabe im Design der Lieferkette dar, welche sich auf die taktische und operative Ausgestaltung der Netzwerkstruktur und -prozesse auswirkt (vgl. Abbildung 1).

Die Resilienz von Wertschöpfungsnetzwerken wird entsprechend aus einer Kombination dieser strategischen Gestaltungsräume durch die Akteure in der Supply Chain erzeugt, die aggregiert ein Verhältnis aus Redundanz, Flexibilität und Reaktionsfähigkeit ergeben (Biedermann 2018).

Dies versetzt Unternehmen in die Lage, auf unterschiedliche Bedrohungsszenarien unterschiedlich stark reagieren zu können. Das angesprochene Verhältnis aus Redundanz, Flexibilität und Reaktionsfähigkeit ergibt sich aus der Verteilung sowie Ausprägung von unternehmenseigenen Ressourcen und derer des Lieferantennetzwerks. Infolgedessen entwickelt sich ein lieferkettenspezifisches Set an Resilienzfähigkeiten, die entlang der acht Phasen von disruptiven Ereignissen auf ein Wertschöpfungsnetzwerk wirken können (vgl. Abbildung 2).

Entsprechend der acht Phasen disruptiver Ereignisse in Wertschöpfungsnetzwerken werden zunächst vorbereitende Maßnahmen getroffen, um das Wertschöpfungsnetzwerk proaktiv auf Störereignisse vorzubereiten. Tritt eine Disruption durch unternehmensinterne Faktoren oder externen Einflüsse ein, erfolgt durch die Wirkung der etablierten Gestaltungsoptionen und einer ersten Reaktion durch reaktive Maßnahmen eine Anfangsauswirkung in der Minderung der Leistungsfähigkeit bzw. Supply Chain Performance. Währenddessen besteht die oberste Priorität darin, weitere Konsequenzen abzdämpfen und die kritischen Versorgungsfunktionen aufrechtzuerhalten. Im Verlauf des Störereignisses werden die etablierten Gestaltungsoptionen sukzessive abgerufen und ausgeschöpft, bis der Leistungsabfall in vollem Umfang eintritt und sich das maximale Schadensausmaß abzeichnet. Ab diesem Zeitpunkt beginnt die Erholungs- und Wiederherstellungsphase, bis ein gewisses Leistungsniveau der Supply Chain wiederhergestellt ist und sich der Langzeiteffekt abzeichnet. Nach der Krise müssen alle Geschäftsprozesse wieder stabilisiert und durch systematisches Lernen die Lehren aus der Krise gezogen werden.

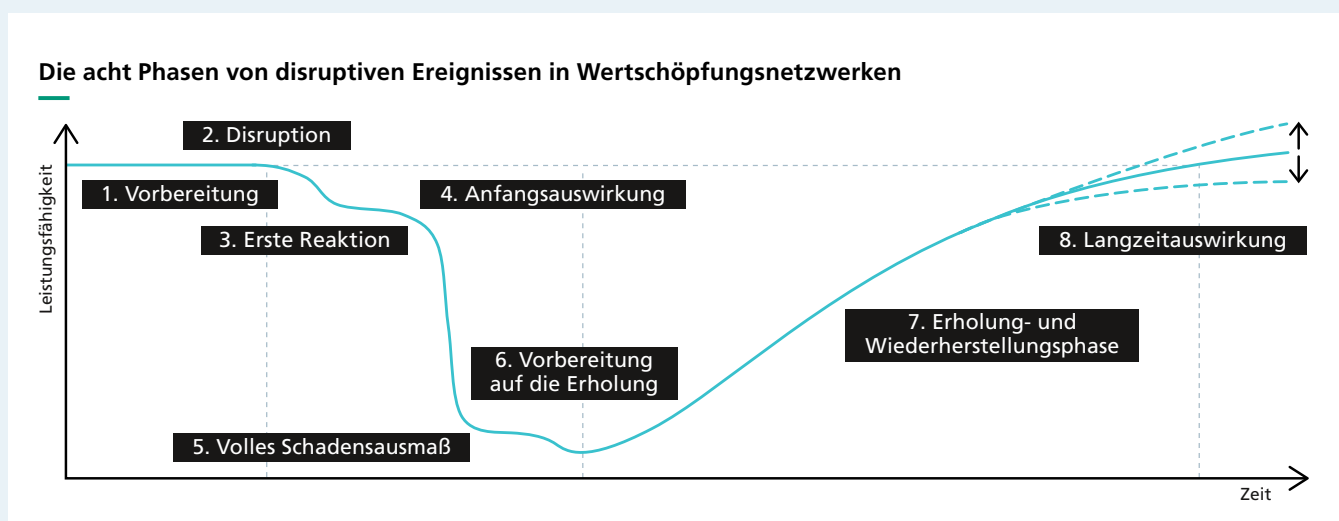


Abbildung 2: Die acht Phasen von disruptiven Ereignissen in Wertschöpfungsnetzwerken (Sheffi und Rice Jr. 2005, S. 42)

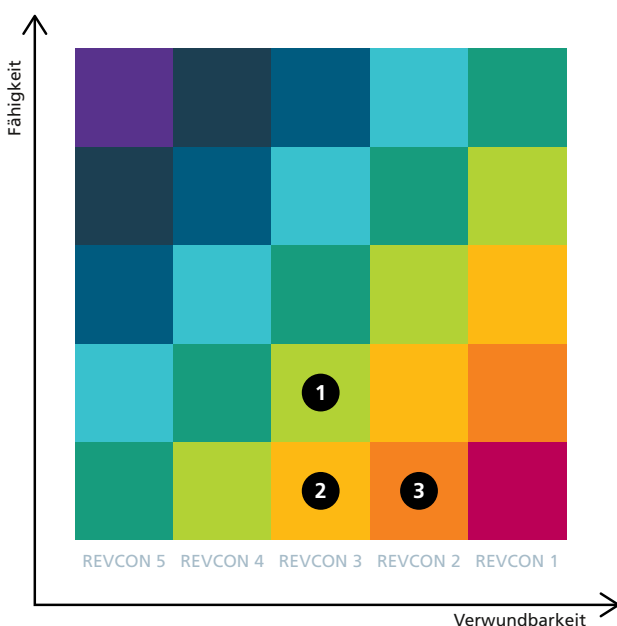
Resilienzbedarfe erkennen, Fähigkeiten entwickeln

Jede Disruption verändert die Unternehmensumwelt, beispielsweise durch Marktein- bzw. -austritte, neue regulatorische Anforderungen oder technologische Fortschritte, nachhaltig. Daher sollte das übergeordnete Ziel des Aufbaus der Resilienz von Wertschöpfungsnetzwerken nicht die Rückkehr in den Status Quo Zustand sein, sondern die Weiterentwicklung durch die Persistenz, Adaption und Transformation der Lieferkette im Hinblick auf die veränderte Situation nach einer Disruption. Dennoch ist der erste Schritt zur Entwicklung von Resilienzfähigkeiten in der Lieferkette zunächst deren Bedarf zu erkennen. Faktoren für die Bedarfsbestimmung können unter anderem Erfahrungen aus vergangenen Krisen darstellen, durch welche die Vulnerabilitäten und entstandenen Beeinflussungen der Supply Chain Performance identifiziert werden können (Aslam et al. 2020)

oder die Fähigkeit zur datengestützten Entscheidungsfindung. Zur schnellen Bestimmung des Resilienzbedarfs unterstützt der **Fraunhofer Resilienzcheck** Entscheider, um zeitnah Handlungen auszuführen.

Der Fraunhofer IML Resilienzcheck identifiziert Handlungsfelder zur Verbesserung der Resilienz, evaluiert verschiedene Resilienzszenarien unter Berücksichtigung der wesentlichen Organisationsfunktionen und bewertet die Ergebnisse für eventuelle Verbesserungspotenziale. Das Format wird im Rahmen von anwendungsorientierten Workshops durch Expert*innen des Fraunhofer IML vor Ort durchgeführt. Ein Beispiel-Resilienzcheck ist in Abbildung 3 dargestellt und visualisiert die ermittelten Handlungsfelder.

Beispielhaftes Ergebnis eines Fraunhofer IML Resilienzchecks



Handlungsfelder

- 1 Prozesse allgemein sowie Stammdatenmanagement**
 - + Prozesse sind auf einem guten Stand
 - Unklare Stammdaten sorgen für Reibungsverluste (Ineffizienzen durch Suchzeiten oder Doppelanlagen, ohne den stabilen Betrieb zu stören)
- 2 Obsoleszenzmanagement**
 - Kein definiertes Obsoleszenzmanagement etabliert bzw. nur durch Zufall, Initiative einzelner MA vorangetrieben
- 3 Transparenz und Umgang mit kritischen Ersatzteilen**
 - Wenig Fokus auf kritische Ersatzteile (Transparenz, Marktbeobachtung, alternative Beschaffungskanäle etc.)

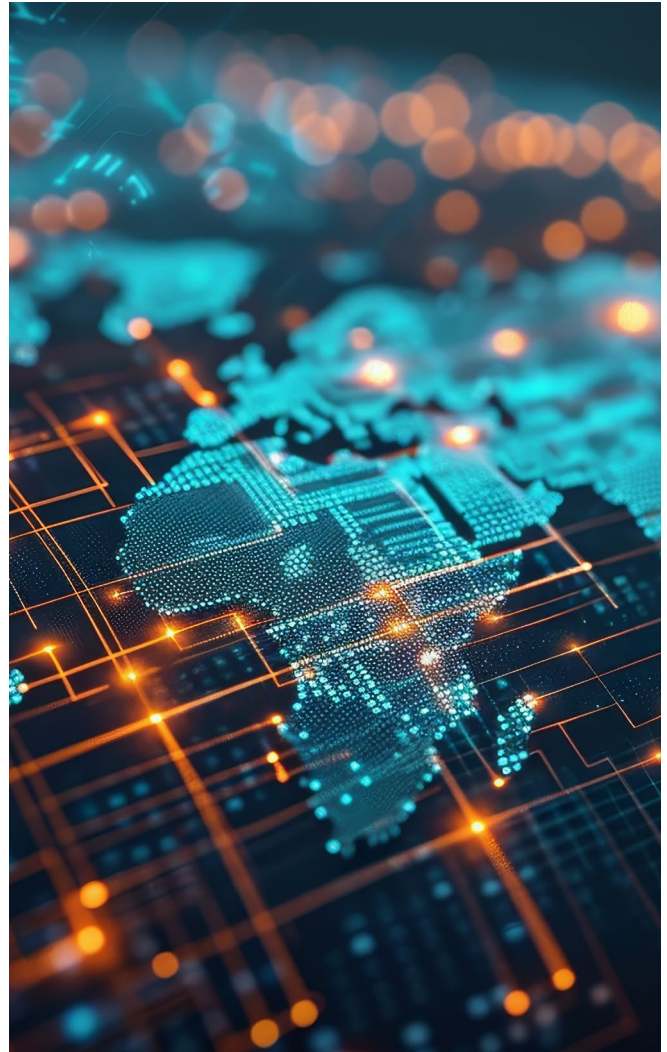
Abbildung 3: Beispielhaftes Ergebnis eines Fraunhofer IML Resilienzchecks (<https://www.iml.fraunhofer.de/de/resilienz.html>)

Abgeleitet aus der wissenschaftlichen Fachliteratur und der Expertise der Resilienzforscher*innen am Standort Dortmund wurden drei übergeordnete Säulen zur Klassifizierung wesentlicher Beiträge für eine Resilienz-Transformation von Wertschöpfungsnetzwerken identifiziert: **Technologie, Humanzentrierung** und **ganzheitliches Supply Chain Management**. Diese drei Perspektiven implizieren die stetige Anpassung an sich verändernde Rahmen- und Umweltbedingungen sowie die Notwendigkeit einer ununterbrochenen Weiterentwicklung aller Akteure in global vernetzten Wertschöpfungsnetzwerken zur kontinuierlichen Erfüllung der Kundenbedürfnisse und zur Sicherung der eigenen Wettbewerbsfähigkeit und der damit verbundenen Wettbewerbsfähigkeit der Supply Chain.

Die Säulen, welche in Abbildung 4 dargestellt sind, stellen nicht nur Notwendigkeiten für eine erfolgreiche **Resilienz-Transformation** dar, sondern lassen sich als drei Perspektiven verstehen. Durch eine Verzahnung von Technologien, der Humanzentrierung sowie dem ganzheitlichen Supply Chain Management entstehen zunehmende automatisierte und autonome Prozesse. Diese selbstlernenden Prozesse verstärken und beschleunigen sich gegenseitig in einem Kreislauf, der von den Resilienzforscher*innen am Wissenschaftsstandort Dortmund erforscht wird.

Besteht die Notwendigkeit des Handelns und des Aufbaus von Resilienzfähigkeiten in der Lieferkette, muss ein Transformationsprozess angestoßen werden. Aus technologischer Perspektive steigert insbesondere die datenbasierte Entscheidungsfindung durch Nutzung von unternehmensübergreifenden Echtzeitdaten und Business Analytics-Applikationen die Resilienzfähigkeit eines Unternehmens (Bag et al. 2023). Die bereits ausgelöste digitale Transformation bietet einen wichtigen Hebel zur Risiko- bzw. Krisenbewältigung in Supply Chains, um insbesondere proaktiv durch digitale Technologien (z. B. additive Fertigung, Big Data Analytics, Track-and-Trace-Systeme) die Reduzierung von Vulnerabilitäten zu unterstützen (Spieske und Birkel 2021).

Neben einer Verbesserung des Informationsaustausches zwischen Unternehmensfunktionen bzw. externen Akteuren ermöglichen vernetzte und interoperable IT-Systeme eine Grundlage für die Erfolgsbewertung im Umgang mit Risiken. Digitale Supply Chain Zwillinge, sogenannte Digital Supply Chain Twins, können Lieferkettenbedingungen digital nachbilden und infolgedessen die Datengrundlage zur Simulation möglicher Risiken und ihrer Konsequenzen auf die Waren-, Geld-, und Informationsflüsse der Supply Chain liefern (Ivanov und Dolgui 2021). Künstliche Intelligenz (KI) kann die handelnden Akteure durch die Verbesserung der Sichtbarkeit und Genauigkeit von Informationen im Umgang mit disruptiven Ereignissen zusätzlich unterstützen (Chen et al. 2023). Auf der Ebene der einzelnen Akteure in der Supply Chain ermöglichen



prognostizierte Szenarien die Förderung einer flexiblen und anpassungsfähigen Produktionsplanung und -steuerung sowie den Wandel von einer reaktiven zu einer proaktiven Instandhaltung. Letzteres kann durch das Organisationskonzept des Smart Maintenance umgesetzt werden, um mithilfe von digitalen Technologien interne und externe Ressourcen miteinander zu verknüpfen, um wirkungsvolle und vorausschauende Instandhaltungsentscheidungen in der Fabrik zu treffen (Bokrantz et al. 2020). Vor allem auf Angebots- und Nachfrageschwankungen sind Unternehmen umfangreicher vorbereitet und können gezielter auf diese reagieren. Daher stellt die **Technologie** die erste Säule einer Resilienz-Transformation von Wertschöpfungsnetzwerken dar.

Ferner sind Transformationsprozesse in der Organisations- und Führungskultur eine wichtige Voraussetzung, um den Wandel auf Managementebene zu begleiten. Dazu zählen resilienzfördernde Organisations- und Führungskulturen, welche anfängliche organisationale Rahmenbedingungen und kontinuierliche Gestaltungsprinzipien für eine

Resilienz-Transformation vorgeben. Auf der individuellen Ebene der Mitarbeiter*innen sind in Abstimmung mit den Fachabteilungen und der Personalabteilung Aus- und Weiterbildungsmaßnahmen erforderlich, um die sich verändernden und zukünftig erforderlichen Fähigkeiten und Kompetenzen zu adressieren. Der Blick über die eigene Organisation hinaus und die Wahrnehmung und Einschätzung der Unternehmensumwelt ist ein weiterer wesentlicher Faktor für eine zukunftsorientierte Organisation innerhalb der Supply Chain Netzwerke. Dahingehend bildet die kollaborative und kooperative Interaktion mit den externen Partnern auf der Basis von Vertrauen, agilen und adaptiven Strukturen einen unentbehrlichen Faktor in der heutigen Zeit (Kähhöken und Patrucco 2022). In Zeiten von Data Analytics, KI und Cyber-physischen Systemen wird der Mensch zunehmend durch die Möglichkeiten der Vernetzung, des Informationsaustausches und der Autonomisierung unterstützt. Somit entstehen vernetzte Lieferketten, die durch die Mensch-Technik-Interaktion gesteuert werden. Zusammengefasst als Perspektive auf die **Humanzentrierung** stellt diese die zweite Säule einer Resilienz-Transformation von Wertschöpfungsnetzwerken dar.

Über das eigene Unternehmen hinaus sind Kooperationen, Integrationen und Strategien mit den Supply Chain Partnern unabdingbar, um die Resilienz im gesamten global vernetzen

Wertschöpfungsnetzwerk ganzheitlich zu verbessern. Disruptive Ereignisse treten im Wertschöpfungsnetzwerk häufig vor- oder nachgelagert der eigenen Position auf und entsprechende Informationen sollten unmittelbar an die Partner weitergegeben werden, um das potenzielle Schadensausmaß der gesamten Supply Chain zu minimieren (Friday et al. 2018). Aufbauend auf den technologischen Entwicklungen der ersten Säule und der Schlüsselrolle des Menschen in der zweiten Säule ermöglichen gemeinsame zielorientierte Bestrebungen des Wertschöpfungsnetzwerks den Akteuren, die Risiken und Krisen auch in vor- und nachgelagerten Prozessen zu identifizieren, effizient sowie effektiv auf Disruptionen reagieren zu können und Anpassungen für zukünftige Ereignisse zu treffen, um den ursprünglichen Zustand wiederherzustellen oder sogar zu verbessern (Lorentz et al. 2021). Wichtige Bestandteile bei der Resilienz-Transformation sind dabei Zielvorstellungen und -größen, welche die Messung der Supply Chain Performance über die Betrachtung der Kosten hinweg nicht mehr nur unternehmensintern, sondern übergreifend im Wertschöpfungsnetzwerk erfassen und im Fokus der strategischen Ausrichtung stehen. Aufgrund dessen wird die übergreifende strategische Zielsetzung und Zusammenarbeit in einem **ganzheitlichen Supply Chain Management** als dritte Säule für eine Resilienz-Transformation von Wertschöpfungsnetzwerken angesehen.



Abbildung 4: Technologie, Humanzentrierung und ganzheitliches SCM als drei Säulen der Resilienz-Transformation (eigene Darstellung)

Die Resilienz-Transformation gestalten: Drei Säulen für nachhaltigen Erfolg

Im folgenden Abschnitt werden die unterschiedlichen Forschungsanstrengungen und Kompetenzbereiche der Dortmunder Resilienzforscher*innen entlang der drei identifizierten Säulen der Resilienz-Transformation dargestellt. Hierdurch werden innovative Wege aufgezeigt, welche die Resilienz-Transformation von Wertschöpfungsnetzwerken unterstützen.

Technologie

Um die Resilienz-Transformation durch den **außerbetrieblichen Transport** erfolgreich zu gestalten, ist eine proaktive Anpassung z. B. mithilfe digitaler Technologien an veränderte Umweltbedingungen, um insbesondere die Auswirkungen der Disruption zu mildern, unerlässlich (Hohenstein 2022). Zentral ist der Einsatz fortschrittlicher Technologien, die einen verkehrsträgerübergreifenden Transport nahtlos ermöglichen sowie eine robuste Dimensionierung und Instandhaltung der Verkehrsinfrastruktur, Verkehrsknotenpunkten und Transportmittel. Ein wesentlicher Bestandteil sind darüber hinaus Sensornetzwerke, die Transportmittel, Infrastruktur und Sekundärdaten umfassen. Diese Sensoren und die dazugehörige Data Science Kompetenz ermöglichen es, im Vorfeld von Beeinträchtigungen kritische Elemente zu identifizieren sowie Szenarien- und Eventualfallplanungen durchzuführen. Das versetzt Unternehmen in die Lage, schnell auf externe Einflüsse und Disruptionen zu reagieren und schafft Transparenz im Hinblick auf die daraus resultierenden Folgen für den außerbetrieblichen Transport. Hierdurch wird die Anpassungsfähigkeit der außerbetrieblichen Transportlogistik an ungewisse Veränderungen erhöht und die Resilienz von Wertschöpfungsnetzwerken gesteigert.

Neue Technologien und eine robuste digitale Infrastruktur sind ebenso wesentliche Elemente einer belastbaren **Produktionslogistik**. Durch den Einsatz von KI und maschinellem Lernen (ML) lassen sich Produktionsprozesse optimieren und die Entscheidungsfindung automatisieren. Mithilfe digitaler Zwillinge und Simulationssystemen können verschiedene Szenarien simuliert und die Auswirkungen von Veränderungen im Produktionssystem vorab bewertet werden. Eine gut

ausgebaute digitale Infrastruktur stellt sicher, dass alle relevanten Daten in Echtzeit verfügbar sind, und unterstützt die Integration und Koordination der verschiedenen Logistikprozesse (Lensing 2023). Zur übergeordneten Resilienz von Wertschöpfungsnetzwerken trägt in der Produktionslogistik auch die Flexibilisierung von Produktionsstandorten entlang der Wertschöpfungskette bei. Die Matrixproduktion als neuartiges Konzept einer flexiblen und wandlungsfähigen Produktion ermöglicht eine taktunabhängige Fließfertigung, welches durch ihre strukturellen Eigenschaften als besonders resilient hinsichtlich außer- und innerbetrieblicher Einflussfaktoren gilt. Wesentliche Bestandteile sind konfigurierbare, modulare Arbeitsstationen mit multiplen Prozessfähigkeiten, die redundant im Produktionssystem vorkommen. So können einerseits an jeder Arbeitsstation mindestens zwei Arbeitsschritte und andererseits jeder Arbeitsschritt an mindestens zwei Arbeitsstationen durchgeführt werden. Ein solches Produktionssystem erfordert ein flexibles Transportsystem und eine intelligente Produktionsplanung und -steuerung zur kurzfristigen Steuerung des Materialflusses (Borgmann et al. 2022; Greschke 2016).

Im **Einkauf** bieten technologische Innovationen, wie die Blockchain-Technologie und KI neue Möglichkeiten zur Optimierung und Rückverfolgung der Beschaffungsgüter und -prozesse (Braun et al. 2025). Diese Technologien können Transparenz und Agilität schaffen, den Informationsfluss verbessern, akkurate Prognosen erstellen und die Effizienz steigern. KI kann einerseits zur Analyse und Auswahl der Lieferanten oder der Preisentwicklung eingesetzt werden (Meyer und Henke 2023). Andererseits können mithilfe von Datenanalysen außerdem Nachfrageentwicklungen, zukünftige Materialbedarfe oder andere Trends sowie Risiken frühzeitig erkannt, bewertet und die Beschaffungsstrategie entsprechend angepasst werden (Meyer und Henke 2023). Somit werden durch den Einsatz von KI die Reaktionsfähigkeit und Anpassungsfähigkeit des Unternehmens gesteigert. Die Blockchain-Technologie ermöglicht eine Rückverfolgung der gesamten Lieferkette, der Lieferantenhistorie und der Herkunft von Materialien, wodurch unter anderem die ökologische Nachhaltigkeit ermittelt sowie analysiert werden kann und die lückenlose Dokumentation von Finanzströmen, Qualitätskontrollen oder Zertifikaten (Kumar Singh et al. 2023).

Hierdurch kann ein hohes Maß an Transparenz und Sicherheit erreicht werden, was sich positiv auf das Vertrauen der Stakeholder auswirkt. Im Zusammenspiel dieser Technologien

entsteht ein resilientes, automatisiertes Beschaffungssystem, das Beschaffungsprozesse agil, effizient, nachhaltig, manipulationssicher und risikobewusst steuert.

Resilienz auf der Grundlage von Technologie und Daten in den Unternehmensfunktionen

Für die Resilienzforscher*innen am Wissenschaftsstandort in Dortmund ist der außerbetriebliche Transport durch fortschrittliche Technologien zur Erreichung von robusten Infrastrukturen für die Resilienz von Wertschöpfungsnetzwerken entscheidend. Sensornetzwerke und Data Science ermöglichen die frühzeitige Identifikation kritischer Elemente und die Planung von Eventualfällen. In der Produktionslogistik optimieren KI sowie digitale Zwillinge Prozesse und Entscheidungen und flexible Produktionssysteme wie die Matrixproduktion erhöhen die Anpassungsfähigkeit. Im Einkauf ermöglichen technologische Innovationen Echtzeit-Datenanalysen sowie die Unterstützung von Entscheidungsfindungsprozessen und Technologien wie die Blockchain verbessern die Transparenz und Effizienz, indem sie Lieferketten rückverfolgbar und Beschaffungsprozesse agiler machen.

Humanzentrierung

Im **Forschungsbereich des außerbetrieblichen Transportes** gewinnt die kontinuierliche Vernetzung verschiedener Akteure in einem humanzentrierten Netzwerk zunehmend an Bedeutung. Es ermöglicht dynamische Informationsflüsse zwischen Logistikdienstleistern, Fahrern und Kunden, was zu Echtzeitoptimierung und erhöhter Effizienz führt. Durch Internet of Things (IoT)-Technologien und vernetzte Fahrzeuge werden Daten wie Standort, Verkehrslage und Fahrzeugzustand in Echtzeit geteilt, was eine präzisere Planung ermöglicht. Dadurch wird die adaptive Kapazitätsplanung, die kollaborative Problemlösung und der Wissensaustausch gefördert, was sich positiv auf die Resilienz von Wertschöpfungsnetzwerken auswirkt. Auch die Vernetzung verschiedener Akteure entlang der Lieferkette führt zu Mehrwerten für alle Beteiligten des außerbetrieblichen Transportprozesses. Trotz der Herausforderungen wie Datenschutz und Cybersicherheit bietet es großes Potenzial für die Resilienz-Transformation im Transportwesen, indem es Flexibilität und Anpassungsfähigkeit fördert – entscheidend angesichts zunehmender globaler Unsicherheiten.

Resilienzsteigernde Beiträge werden auch durch die Humanzentrierung in der **Produktionslogistik** erzielt. In empathischen Produktionssystemen sind alle Akteure (Menschen, intelligente Maschinen sowie IT/OT-Systeme) durch Sensorik und Aktorik angebunden. Ein empathisches Produktionssystem ist so in der Lage, dass es den Zustand sowie die Intention aller Akteure erfassen, verstehen und die dabei gewonnenen Erkenntnisse in der Produktionsplanung berücksichtigen kann. Ziel ist es, Menschen, smarte Maschinen und digitale Systeme besser miteinander zu verbinden und die Zusammenarbeit aller Akteure zu stärken. Dadurch können starke

und anpassungsfähige Gemeinschaften in der Produktion entstehen. Der wesentliche Mehrwert liegt insbesondere im Bereich von Mensch-Technik-Lösungen sowie in erhöhter Reaktions-, Lern- und Anpassungsfähigkeit von Produktionssystemen (Turmaz und Klees 2024).

Ein entscheidender Akteur bei der humanzentrierten Gestaltung der Resilienz von Wertschöpfungsnetzwerken stellt der Einkauf dar. Der **Einkauf** als Funktionsbereich im Unternehmen als Organisator des Managements von Prozessen und Ressourcen zwischen internen Funktionen und externen Lieferanten (van Weele 2018) und ist infolgedessen prädestiniert für die strategische Organisation von Resilienz (Pereira et al. 2020). Der Einkauf stellt mit seiner Beschaffungsstrategie sicher, dass benötigte Materialien und Dienstleistungen rechtzeitig und in der gewünschten Qualität zur Verfügung stehen. Zentrale Aspekte hierbei sind die Lieferantenauswahl, die Kostenkontrolle, die Qualitätssicherung, die Risikomanagementstrategien, die Nachhaltigkeit und die kontinuierliche Aus- und Weiterbildung der Mitarbeiter*innen. Zur Resilienz von Wertschöpfungsnetzwerken trägt der Einkauf insbesondere durch Maßnahmen wie die Diversifizierung der Lieferantenbasis, um Abhängigkeiten zu reduzieren und Risiken zu minimieren, bei. Eine regelmäßige Bewertung der Lieferantenleistung ist entscheidend, um die Beziehung kontinuierlich zu optimieren. Des Weiteren ist die Qualitätssicherung unerlässlich, um sicherzustellen, dass die Lieferanten sowie die gelieferten Produkte den Anforderungen entsprechen. Regelmäßige Bewertungen der Lieferantenleistungen und Qualitätskontrollen helfen, Probleme frühzeitig zu erkennen und zu beheben. Zudem sollte der Einkauf klare Standards und Anforderungen kommunizieren, um die

Qualität der gelieferten Waren zu gewährleisten. Um nun die Beschaffungsprozesse anhand dieser Zielsetzungen resilient und effizient zu gestalten, ist die Risikosensibilisierung durch eine kontinuierliche Aus- und Weiterbildung der Mitarbeiter*innen entscheidend. Gut ausgebildete Mitarbeiter*innen sind in der Lage, die neuesten Technologien effektiv zu nutzen und komplexe Herausforderungen in der Lieferkette bei sich stetig ändernden Marktbedingungen zu bewältigen. Deshalb sollten

regelmäßig Schulungsprogramme angeboten werden, um organisationales Lernen zu fördern und sicherzustellen, dass die Mitarbeiter*innen über aktuelle Kenntnisse bezüglich der Beschaffungsstrategie und -ziele sowie der angewandten Technologie verfügen. Diese Wissensgenerierung insbesondere auch unter Einbezug der Lieferanten erfolgen, sodass kollaborativ Mehrwerte geschaffen und effektive Resilienzstrategien innerhalb der Wertschöpfungsnetzwerke implementiert werden.

Resilienz durch vernetzte Lieferketten und Steuerung durch Mensch-Technik-Interaktion

Aus der Perspektive der Humanzentrierung fördert die kontinuierliche Vernetzung, durch soziale Netzwerke und IoT-Technologien, die Zusammenarbeit zwischen Logistikdienstleistern, Spediteuren und Kunden und führt zu einer höheren Effizienz und zum anderen zur Steigerung der Resilienz von Wertschöpfungsnetzwerken. Bei den Resilienzforschern am Wissenschaftsstandort Dortmund wird diese Vernetzung auch in Produktionsprozessen genutzt, um empathische Systeme zu schaffen, die den Zustand und die Intention aller Akteure berücksichtigen. Ziel ist es, Menschen, smarte Maschinen und digitale Systeme besser miteinander zu verbinden und die Zusammenarbeit zu stärken. Der Einkauf spielt durch die Diversifizierung der Lieferantenbasis, Qualitätssicherung und kontinuierliche Weiterbildung der Mitarbeiter*innen eine zentrale Rolle, um die Flexibilität und Anpassungsfähigkeit der Lieferkette zu erhöhen.

Ganzheitliches Supply Chain Management

Der **außerbetriebliche Transport** nimmt dabei aufgrund seiner Verantwortung für die nahtlose Integration aller Prozesse entlang der Wertschöpfungskette eine Schlüsselrolle in der Säule des ganzheitlichen Supply Chain Managements ein. Diese Transporte verbinden insbesondere die Waren- aber auch Informationsflüsse verschiedener Akteure in der Supply Chain und ermöglichen den effizienten Warenfluss zwischen Lieferanten, Produzenten und Kunden. Durch die Optimierung außerbetrieblicher Transporte können Unternehmen potenzielle Störungen minimieren und flexibler auf Veränderungen reagieren. Die Integration von Technologien wie IoT und KI in der Supply Chain fördern zudem die Echtzeitüberwachung und -steuerung, was die Resilienz von Wertschöpfungsnetzwerken weiter erhöht und eine nachhaltige Transformation der Lieferkette ermöglicht. Dazu zählt bspw. der Einsatz fortschrittlicher Technologien, die einen verkehrsträgerübergreifenden Transport nahtlos ermöglichen sowie eine robuste Dimensionierung und Instandhaltung der Verkehrsinfrastruktur, Verkehrsknotenpunkten und Transportmittel sicherstellen können. Das versetzt die Akteure in die Lage, schnell auf externe Einflüsse und Disruptionen zu reagieren und schafft Transparenz auf die daraus resultierenden Folgen für den außerbetrieblichen Transport. Hierdurch wird die Anpassungsfähigkeit der außerbetrieblichen Transportlogistik an ungewisse Veränderungen erhöht und folglich die Resilienz von Wertschöpfungsnetzwerken gesteigert.

Ein zentraler Beitrag der **Produktionslogistik** liegt in der Synchronisierung des Materialflusses mit den Produktionsprozessen. Diese enge Abstimmung schafft die Grundlage für eine reibungslose Produktion ohne Engpässe und sichert einen fließenden Ablauf entlang der Wertschöpfungskette. Ein Schlüsselfaktor ist hierbei die vollständige Transparenz über die Produktionsprozesse, da sie den Akteuren ermöglicht, potenzielle Risiken, wie z. B. Störungen in der Produktion, frühzeitig zu erkennen und rechtzeitig Gegenmaßnahmen, wie z. B. die Umplanung des Produktionsprogramms und der Beschaffungsprozesse, einzuleiten, um Stillstand in der Supply Chain zu vermeiden. Um dies zu erreichen, müssen Bestände, Lieferzeiten und Produktionskapazitäten kontinuierlich überwacht werden. Die verbesserte Integration der Produktionslogistik zwischen den Supply Chain Akteuren stärkt die Resilienz von Wertschöpfungsnetzwerken, da wichtige Informationen über Materialverfügbarkeit, Produktionsfortschritt und potenzielle Engpässe in Echtzeit ausgetauscht werden. Diese Echtzeit-Kommunikation stärkt die Zusammenarbeit zwischen Lieferanten und Produktionsbetrieben und unterstützt eine flexible, proaktive Reaktion auf Veränderungen im Marktumfeld. (Buß et al. 2021).

Der **Einkauf** kann insbesondere durch seine Prozesse und Maßnahmen den Aufbau von Resilienz in der vorgelagerten

Lieferkette ermöglichen, wodurch in der Wissenschaft diese Fähigkeit der beschaffenden Unternehmen als »Supply-side Resilienz« definiert wird (Pereira et al. 2020). Dabei sind im Einkauf Risikomanagementstrategien von großer Bedeutung. Potenzielle Risiken in der Lieferkette wie Lieferausfälle oder Marktveränderungen müssen identifiziert, bewertet und geeignete Maßnahmen ergriffen werden. Dafür sollte der Einkauf jederzeit in der Lage sein, die Beschaffungsstrategien risikobedingt anzupassen, sodass eine hohe Reaktionsfähigkeit auf unvorhergesehene disruptive Ereignisse gewährleistet ist. Zwischen den Akteuren in der Supply Chain können Informationstechnologien gemeinschaftlich genutzt werden, um die Transparenz und Rückverfolgbarkeit innerhalb des Wertschöpfungsnetzwerkes zu verbessern (Harju et al. 2023). Dies ermöglicht Bestände, die Nachfrage und die Lieferbedingungen stetig zu überwachen und dadurch Disruptionen in den vorgelagerten Prozessschritten schneller identifizieren zu können (Pereira et al. 2014). Die Digitalisierung und der Einsatz von Lieferantenplattformen oder eines Event Management Systems können dabei die Informationsversorgung erhöhen, welche es oftmals durch fragmentierte Informationssysteme zu verbessern gilt (Harland et al. 2021;

Küffner et al. 2022; van Hoek 2021). Neben kollaborativen Bestrebungen des Einkaufs kann ebenfalls das Joint Procurement im Wertschöpfungsnetzwerk weiter ausgebaut werden, um bspw. quantitative Anpassungen in der Bedarfspezifikation mit den Supply Chain Partnern gemeinsam vorzunehmen, sodass wirtschaftliche und strategische Vorteile im Marktumfeld erzielt werden können (Küffner et al. 2022; Shivajee et al. 2023).

Durch die Globalisierung und die Liberalisierung sind in den letzten Jahrzehnten komplexe B2B-Distributionsnetze entstanden. Digitalisierung und E-Commerce haben im B2C-Geschäftsbereich gleichermaßen zu einer Komplexitätssteigerung geführt. Die ebenfalls gestiegenen Unsicherheiten in der **Distribution**, z.B. aufgrund des Ausfalls interkontinentaler Verkehrsinfrastruktur oder kurzfristig verhängten Sanktionen, volatileren Kundenverhalten gerade im B2C-Geschäft und neue Anforderungen aus dem Themenfeld Corporate Social Responsibility (CSR) führen dazu, dass die Resilienz der Distributionssysteme oft nicht mehr ausreicht. Daher müssen Unternehmen ihre Strategien, Prozesse und Planungs- und Abwicklungs-Systeme erneuern.

Die übergreifende strategische Zielsetzung und Zusammenarbeit erzeugt Resilienz in allen Wertschöpfungsprozessen

Für ein ganzheitliches Supply Chain Management spielt der außerbetriebliche Transport eine Schlüsselrolle, da er die nahtlose Integration aller Prozesse entlang der Wertschöpfungskette sicherstellt. Durch die Verbindung von Waren- und Informationsflüssen zwischen Lieferanten, Produzenten und Kunden wird ein effizienter Warenfluss ermöglicht. Diese erhöhte Supply Chain Visibility ermöglicht es insbesondere potenzielle Risiken frühzeitig zu erkennen und Gegenmaßnahmen einzuleiten. In der Produktionslogistik ist die Synchronisierung des Materialflusses mit den Produktionsprozessen entscheidend, sodass eine enge Abstimmung Engpässe verhindert und einen reibungslosen Ablauf sichert. Der Einkauf trägt zur Resilienz der vorgelagerten Lieferkette bei, indem er Risikomanagementstrategien implementiert und Beschaffungsstrategien anpasst, wodurch bspw. kollaborative Beschaffungsprozesse ausgebaut werden.



Strategische Betrachtung der Resilienz-Transformation: Verbindende Elemente erfolgreich zusammenführen

Die Transformation der Supply Chain und ihrer integrierten Organisationen setzt eine strategische Herangehensweise voraus, um zielgerichtet Maßnahmen, Technologien, Kommunikations- und Kooperationsmöglichkeiten in der Lieferkette zu etablieren. Für die Herangehensweise stehen verschiedene strategische Gestaltungsansätze zur Verfügung, die in der Konsequenz die Vorhaltung und Anwendung proaktiver Maßnahmen zur Steigerung der Robustheit sowie einen Beitrag zur Agilität durch reaktive Maßnahmen des Managements von Risiken innerhalb und außerhalb des Unternehmens bedeuten (Biedermann 2018). Proaktive Maßnahmen werden vor allem in der zeitlichen Phase der Vorbereitung auf zukünftige Disruptionen angewendet und zielen auf die Abschwächung von Risiken sowie den Aufbau von Resilienzfähigkeiten ab (Hohenstein et al. 2015). Proaktive Maßnahmen wirken unmittelbar nach der Integration in die Lieferkette (Thun und Hoenig 2011). Als reaktiv werden diejenigen Maßnahmen klassifiziert, die insbesondere als Antwort auf die Krise oder in der Erholungsphase angewendet werden und daher im Bedarfsfall zur Geltung kommen (Thun und Hoenig 2011). Die proaktive Gestaltung der Lieferkette zur Erhöhung der Robustheit gewährleistet die Kontinuität der Abläufe in einer Lieferkette während einer Unterbrechung, indem redundante Ressourcen eingebaut werden, welche die Unterbrechung auffangen (Azadegan et al. 2013; Durach et al. 2015; Talluri et al. 2013). Agilität hingegen wird als die Fähigkeit einer Organisation beschrieben, sich kontinuierlich an ihre komplexe, unruhige und volatile Umwelt anzupassen. Eine zentrale Erkenntnis ist, dass Organisationen umso wettbewerbsfähiger sind, je schneller und flexibler sie auf Veränderungen in dieser Umwelt reagieren können. Über die Verbesserung der Reaktionsgeschwindigkeit und der Anpassungsfähigkeit hinaus ist es von entscheidender Bedeutung, dass agile Unternehmen den Wandel eigenständig vorwegnehmen müssen, um ihre Überlebens- und Wettbewerbsfähigkeit zu gewährleisten (Häuslinger et al. 2019). Teilweise wird der Agilitätsbegriff in zwei Teilkomponenten unterschieden, Sensitivität und Reagibilität. Sensitivität bezeichnet dabei die Fähigkeit zur raschen und angemessenen Wahrnehmung von Veränderungen in der

Umwelt, während die zweite Komponente das schnelle und angemessene Agieren und Reagieren auf eben diese Veränderungen umfasst (Dautovic 2021).

Die strategische Resilienz-Transformation von Wertschöpfungsnetzwerken beginnt auf der Ebene der Organisationen und der Schaffung von resilienzfördernden Strategien, Organisationsstrukturen und der Sensibilisierung der Mitarbeiter*innen, Signale für Disruptionen zu erkennen und diese mithilfe der verschiedenen Gestaltungsmöglichkeiten anzugehen. Die Mitarbeiter*innen werden bei der Stärkung der Resilienz des Wertschöpfungsnetzwerkes dabei mit sehr unterschiedlichen Aufgaben konfrontiert. Um diese zu unterstützen, sind bspw. technische Kompetenzen oder Fähigkeiten im Supplier-Relationship-Management essenziell, um Daten und Informationen für eine Transparenz im Wertschöpfungsnetzwerk entsprechend analysieren zu können (Kiers et al. 2022). Diese Kompetenzen können nur durch entsprechende Aus- und Weiterbildungen an die Mitarbeiter*innen zur Sicherung der Wettbewerbsfähigkeit des Unternehmens herangebracht werden, was insbesondere in Zeiten des demographischen Wandels und des gleichzeitigen Fachkräftemangels von zunehmender Bedeutung ist. Die Resilienz-Transformation der Lieferkette beinhaltet auch das Hinterfragen des aktuellen Geschäftsmodells und damit auch die Anpassung der derzeitigen Organisations- und Führungskultur. Durch neue Strukturen der Kollaboration von Lieferkettenpartnern zur Entwicklung alternativer Resilienzmaßnahmen können durch die Nutzung innovativer Methoden wie der Open-Source-Entwicklung Potenziale gehoben sowie weitere Kapazitäten freigesetzt werden (Paffrath et al. 2023).

Neben den strukturellen Voraussetzungen ist es für die Transformation erforderlich eine ganzheitliche Perspektive auf den Beitrag der Organisation für die Resilienz im Wertschöpfungsnetzwerk zu gewinnen. Dies gelingt durch die Offenlegung der Leistung einzelner unternehmerischer Funktionsbereiche im Hinblick auf die Resilienz von Lieferketten, welche im Folgenden exemplarisch für einzelne Funktionsbereiche vorgestellt

wird. Insbesondere die **Einkaufsorganisation** trägt durch ihre Schlüsselrolle zwischen internen Unternehmensfunktionen und externen Akteuren signifikant zur Resilienz bei (Küffner et al. 2022). Dabei ergeben sich im strategischen und operativen Einkauf vielfältige Maßnahmen zur Verbesserung der Resilienz des Wertschöpfungsnetzwerkes, etwa durch multikriterielle Entscheidungsunterstützung bei der Lieferantenauswahl oder die Berücksichtigung der Risiken aus der dem Lieferanten vorgelagerten Lieferkette in der eigenen Beschaffungsstrategie. Dieses zeigt sich in der **Inbound-Logistik**, welche auf der Basis resilienter Sourcing-Strategien, anschließend durch robuste Belieferungs- und Transportkonzepte, die kontinuierliche Warenverfügbarkeit sicherstellen (Heß und Kleinlein 2021). Im **Produktionsbereich** ermöglichen eine flexible und anpassungsfähige Produktionsplanung und –steuerung, bspw. durch die Simulationen von Szenarien, die Erreichung von skalierbaren und redundanten Kapazitäten insbesondere die Erreichung einer Matrixproduktion (Borgmann et al. 2022). Die Matrixproduktion ist ein Beispiel für neuartiges Konzept einer flexiblen und wandlungsfähigen Produktion und ermöglicht eine taktunabhängige Fließfertigung, welche durch ihre strukturellen Eigenschaften besonders resilient hinsichtlich außer- und innerbetrieblicher Einflussfaktoren ist. In der **Outbound-Logistik** ist insbesondere die Rückverfolgbarkeit von Warenflüssen durch Positionierungsdaten ein angestrebtes Ziel für unterbrechungsfreie Warenflüsse und der vollständigen Abdeckung von Informationen in der gesamten Lebensdauer

eines Produkts im Product Lifecycle Management (Petersen et al. 2005). Im **Marketing und Vertrieb** ermöglichen Prognosen die Antizipation von Nachfrageschwankungen für eine effiziente Vorbereitung und Reaktion auf sich ändernde Gegebenheiten (Griffin et al. 2019). In der Aktivität des **Instandhaltungs- und Servicemanagements** ermöglicht die Entwicklung und Implementierung von Dienstleistungen wie bspw. Predictive Maintenance die Aufrechterhaltung des Fabrikbetriebes. Die Verknüpfung der strategischen Handlungsfelder der Resilienz-Transformation werden in der folgenden Abbildung dargestellt.

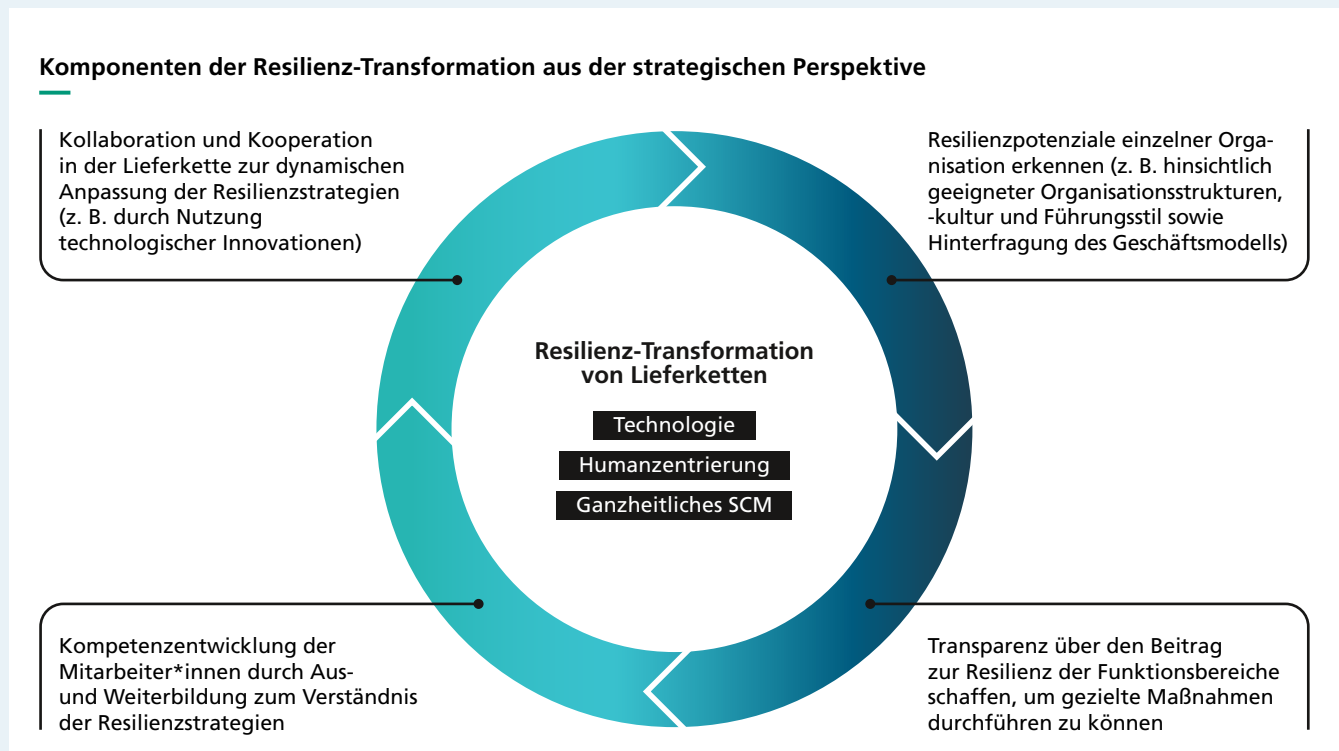


Abbildung 5: Komponenten der Resilienz-Transformation aus der strategischen Perspektive (eigene Darstellung)

Empfehlungen zur nachhaltigen Resilienz-Transformation von Wertschöpfungsnetzwerken

Von den Resilienzforscher*innen am Wissenschaftsstandort Dortmund werden Lösungen entwickelt, die Unternehmen zur Gestaltung resilienter Lieferketten befähigen. Daher wird fortwährend das vielfältige Leistungsangebot rund um das Thema der Resilienz von Wertschöpfungsnetzwerken durch das Fraunhofer IML und den angrenzenden Lehrstuhl für Unternehmenslogistik (LFO) der TU Dortmund erweitert und um die neuesten Erkenntnisse ergänzt. Die folgenden

Empfehlungen verdeutlichen das Verständnis einer strategiegeleiteten Resilienz-Transformation und sind maßgebend für die Lösungsentwicklung sowie die Stärkung der Resilienz von Wertschöpfungsnetzwerken:

Empfehlungen zur nachhaltigen Resilienz-Transformation von Wertschöpfungsnetzwerken

1. **Resilienzbedarfe ermitteln.** Der Bedarf für Resilienz muss mit geeigneten Mitteln bestimmt werden.
2. **Kollaborativ handeln.** Alle Akteure der Lieferkette müssen ganzheitlich zusammenwirken.
3. **Offenheit fördern.** Eine größtmögliche Transparenz im Wertschöpfungsnetzwerk ermöglicht insbesondere ein proaktives Risikomanagement auch in den vor- und nachgelagerten Prozessen.
4. **Digitale Technologien nutzen.** Der Einsatz digitaler Technologien erweitert den Handlungsspielraum zur Gestaltung der Resilienz von Wertschöpfungsnetzwerken dramatisch.
5. **Kontinuierlich dynamisch anpassen.** Die Supply Chain-Akteure müssen sich stetig mit neuen Umweltbedingungen auseinandersetzen und dadurch situativ den derzeitigen Zustand zur Stärkung der Resilienz des Wertschöpfungsnetzwerkes evaluieren und anpassen.
6. **Menschen integrieren.** Der Mensch ist ein zentraler Bestandteil der Lieferkettentransformation und beeinflusst das Ergebnis durch die Mensch-Mensch sowie die Mensch-Technik-Interaktion maßgeblich.
7. **Resilienzkultur aufbauen.** Anreizmechanismen müssen von Seiten der Organisation und ihren Führungspersonen geschaffen werden.
8. **Wissen konservieren und anwenden.** Methodenwissen und Bewertungsansätze müssen ausgebaut werden.

Fazit

Das Fraunhofer IML forscht gemeinsam mit der TU Dortmund an Lösungen für die Bewältigung der Krisen von morgen. Die jüngsten Krisen in Kombination mit der steigenden Komplexität von Lieferketten führen zur Notwendigkeit sich proaktiv mit dem Thema Resilienz von Wertschöpfungsnetzwerken auseinanderzusetzen. Unternehmen sollten sich in diesem Sinne strategisch über die Vorhaltung von reaktiven Maßnahmen beschäftigen und proaktiv im Einklang mit

ökonomischen Prinzipien resiliente Strukturen schaffen. Aus Sicht der Resilienzforscher*innen am Wissenschaftsstandort Dortmund ist für eine erfolgreiche Resilienz-Transformation die Verzahnung von Technologien, die stärkere Humanzentrierung sowie der Fokus auf ein ganzheitliches Supply Chain Management entscheidend und sichert infolge die Stabilität von Lieferketten als auch die Handlungsfähigkeit der Lieferkettenakteure bestmöglich ab.



Literaturverzeichnis

- Ali, A., Mahfouz, A., Arisha, A. (2017):** Analysing supply chain resilience: integrating the constructs in a concept mapping framework via a systematic literature review. In: *SCM* 22 (1), S. 16–39. DOI: 10.1108/SCM-06-2016-0197.
- Ambulkar, S., Blackhurst, J., Grawe, S. (2015):** Firm's resilience to supply chain disruptions: Scale development and empirical examination. In: *Journal of Ops Management* 33-34 (1), S. 111–122. DOI: 10.1016/j.jom.2014.11.002.
- Aslam, H., Khan, A. Q., Rashid, K., & Rehman, S. U. (2020):** Achieving supply chain resilience: the role of supply chain ambidexterity and supply chain agility. In: *JMTM* 31 (6), S. 1185–1204. DOI: 10.1108/JMTM-07-2019-0263.
- Azadegan, A., Patel, P. C., Zangouinezhad, A., Linderman, K. (2013):** The effect of environmental complexity and environmental dynamism on lean practices. In: *J of Ops Management* 31 (4), S. 193–212. DOI: 10.1016/j.jom.2013.03.002.
- Bag, S., Dhamija, P., Luthra, S., Huisingh, D. (2023):** How big data analytics can help manufacturing companies strengthen supply chain resilience in the context of the COVID-19 pandemic. In: *IJLM* 34 (4), S. 1141–1164. DOI: 10.1108/IJLM-02-2021-0095.
- Bennett, N., Lemoine, G. J. (2014):** What a difference a word makes: Understanding threats to performance in a VUCA world. In: *Business Horizons* 57 (3), S. 311–317. DOI: 10.1016/j.bushor.2014.01.001.
- Biedermann, L. (2018):** Supply Chain Resilienz. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden.
- Bokrantz, J., Skoogh, A., Berlin, C., Wuest, T., Stahre, J. (2020):** Smart Maintenance: an empirically grounded conceptualization. In: *International Journal of Production Economics* 223, S. 107534. DOI: 10.1016/j.ijpe.2019.107534.
- Borgmann, F., Kalbe, N., Günter, A. (2022):** Resiliente und wandlungsfähige Produktion von morgen. In: *Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb* 117 (3), S. 104–108. DOI: 10.1515/zwf-2022-1022.
- Braun, M.; Brinkmeyer, J.; Henke, M. (2025):** Einfluss der Einkaufsabteilung auf die Steigerung einer datengetriebenen Resilienz im Wertschöpfungsnetzwerk. In: Wanja Wellbrock und Daniela Ludin (Hg.): *Management von Risiko, Nachhaltigkeit und KI in der Beschaffung*. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, S. 817–852.
- Burnard, K., Bhamra, R. (2011):** Organisational resilience: development of a conceptual framework for organisational responses. In: *International Journal of Production Research* 49 (18), S. 5581–5599. DOI: 10.1080/00207543.2011.563827.
- Buß, D., Gebauer, H., Glawar, R., Heller, T., Klan, S., Knothe, T. et al. (2021):** White Paper »RESYST«. Resiliente Wertschöpfung in der produzierenden Industrie - innovativ, erfolgreich, krisenfest.
- Chen, Y., Biswas, M. I., & Talukder, M. S. (2023):** The role of artificial intelligence in effective business operations during COVID-19. In: *IJOEM* 18 (12), S. 6368–6387. DOI: 10.1108/IJOEM-11-2021-1666.
- Dautovic, A. (2021):** Einführung von Agilen Methoden im Unternehmen: Springer.
- Durach, C. F., Wieland, A., Machuca, J. A.D. (2015):** Antecedents and dimensions of supply chain robustness: a systematic literature review. In: *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management* 45 (1/2), S. 118–137. DOI: 10.1108/IJPDLM-05-2013-0133.
- Friday, D., Ryan, S., Sridharan, R., Collins, D. (2018):** Collaborative risk management: a systematic literature review. In: *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management* 48 (3), S. 231–253. DOI: 10.1108/ijpdml-01-2017-0035.
- Greschke, P. (2016):** Matrix-Produktion als Konzept einer taktunabhängigen Fließfertigung. Dissertation. Technische Universität Braunschweig.
- Griffin, G., Gaustad, G., Badami, K. (2019):** A framework for firm-level critical material supply management and mitigation. In: *Resources Policy* 60, S. 262–276. DOI: 10.1016/j.resourpol.2018.12.008.
- Harju, A., Hallikas, J., Immonen, M., Lintukangas, K. (2023):** The impact of procurement digitalization on supply

chain resilience: empirical evidence from Finland. In: SCM 28 (7), S. 62–76. DOI: 10.1108/SCM-08-2022-0312.

Harland, C. Mary, Knight, L., Patrucco, A. S., Lynch, J., Telgen, J., Peters, E. et al. (2021): Practitioners' learning about healthcare supply chain management in the COVID-19 pandemic: a public procurement perspective. In: IJOPM 41 (13), S. 178–189. DOI: 10.1108/IJOPM-05-2021-0348.

Häuslinger, A., Römer, E., Zeppenfeld, N. (2019): Praxisbuch Agilität. Tools für Personal- und Organisationsentwicklung. 2. Auflage. Hg. v. Haufe Group.

Heß, G., Kleinlein, A.-C. (2021): Resilienz im Einkauf. Konzept und Praxisleitfaden zum Management unerwarteter Risiken in der Lieferkette. Wiesbaden, Heidelberg: Springer Gabler.

Hohenstein, N.-O. (2022): Supply chain risk management in the COVID-19 pandemic: strategies and empirical lessons for improving global logistics service providers' performance. In: IJLM 33 (4), S. 1336–1365. DOI: 10.1108/IJLM-02-2021-0109.

Hohenstein, N.-O., Feisel, E., Hartmann, E., Giunipero, L. (2015): Research on the phenomenon of supply chain resilience. In: International Journal of Physical Distribution & Logistics Management 45 (1/2), S. 90–117. DOI: 10.1108/IJPDLM-05-2013-0128.

Hosseini, S., Barker, K., Ramirez-Marquez, J. E. (2016): A review of definitions and measures of system resilience. In: Reliability Engineering & System Safety 145, S. 47–61. DOI: 10.1016/j.res.2015.08.006.

Ivanov, D. (2024): Two views of supply chain resilience. In: International Journal of Production Research 62 (11), S. 4031–4045. DOI: 10.1080/00207543.2023.2253328.

Ivanov, D., Dolgui, A. (2021): A digital supply chain twin for managing the disruption risks and resilience in the era of Industry 4.0. In: Production Planning & Control 32 (9), S. 775–788. DOI: 10.1080/09537287.2020.1768450.

Kähkönen, A.-K., Patrucco, A. S. (2022): Guest Editorial: A purchasing and supply management view of supply resilience for better crisis response. In: Journal of Purchasing and Supply Management 28 (5), S. 100803. DOI: 10.1016/j.pursup.2022.100803.

Kalaitzi, D., Matopoulos, A., Fornasiero, R., Sardesai, S., Barros, A. Cristina, Balech, S., Muerza, V. (2021): Megatrends and Trends Shaping Supply Chain Innovation. In: R. Fornasiero, S. Sardesai, A. C. Barros und A. Matopoulos (Hg.): Next Generation Supply Chains. Cham: Springer International Publishing (Lecture Notes in Management and Industrial Engineering), S. 3–34.

Kiers, J., Seinhorst, J., Zwanenburg, M., Stek, K. (2022): Which Strategies and Corresponding Competences Are Needed to Improve Supply Chain Resilience: A COVID-19 Based Review. In: Logistics 6 (1), S. 12. DOI: 10.3390/logistics6010012.

Küffner, C., Münch, C., Hähner, S., Hartmann, E. (2022): Getting back into the swing of things: The adaptive path of purchasing and supply management in enhancing supply chain resilience. In: Journal of Purchasing and Supply Management 28 (5), S. 100802. DOI: 10.1016/j.pursup.2022.100802.

Kumar Singh, R., Mishra, R., Gupta, S., Mukherjee, A. A. (2023): Blockchain applications for secured and resilient supply chains: A systematic literature review and future research agenda. In: Computers & industrial engineering 175, S. 108854. DOI: 10.1016/j.cie.2022.108854.

Lensing, K. (2023): KI-basierte Assistenzsysteme für die Industrie 4.0. In: T. Bauernhansl (Hg.): Handbuch Industrie 4.0. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, S. 209–237.

Lorentz, H., Laari, S., Meehan, J., Eßig, M., Henke, M. (2021): An attention-based view of supply disruption risk management: balancing biased attentional processing for improved resilience in the COVID-19 context. In: IJOPM 41 (13), S. 152–177. DOI: 10.1108/ijopm-06-2021-0381.

Mari, S., Lee, Y., Memon, M. (2014): Sustainable and Resilient Supply Chain Network Design under Disruption Risks. In: Sustainability 6 (10), S. 6666–6686. DOI: 10.3390/su6106666.

Meyer, D., Henke, M. (2023): Developing design principles for the implementation of AI in PSM: An investigation with expert interviews. In: Journal of Purchasing and Supply Management 29 (3), S. 100846. DOI: 10.1016/j.pursup.2023.100846.

Novak, D. C., Wu, Z., Dooley, K. J. (2021): Whose resilience matters? Addressing issues of scale in supply chain resilience. In: Journal of Business Logistics 42 (3), S. 323–335. DOI: 10.1111/jbl.12270.

Paffrath, F., Brinkmeyer, J., Jörnitz, T., Broza-Abut, N. (2023): Potenziale von Open Source nutzen - Resilienz steigern. Hg. v. Beschaffung aktuell. Online verfügbar unter <https://beschaffung-aktuell.industrie.de/einkauf/potentiale-von-open-source-nutzen-resilienz-steigern/>.

Parlings, M., Cirullies, J., Klingebiel, K. (2013): A literature-based state of the art review on the identification and classification of supply chain design tasks. In: International Manufacturing Symposium 2013. Online verfügbar unter <https://publica.fraunhofer.de/entities/publication/760975b1-d922-4e2f-ab97-440696a97c46/details>.

- Pereira, C. R., Christopher, M., Da Lago Silva, A. (2014):** Achieving supply chain resilience: the role of procurement. In: SCM 19 (5/6), S. 626–642. DOI: 10.1108/SCM-09-2013-0346.
- Pereira, C. R., Da Lago Silva, A., Tate, W. L., Christopher, M. (2020):** Purchasing and supply management (PSM) contribution to supply-side resilience. In: International Journal of Production Economics 228, S. 107740. DOI: 10.1016/j.ijpe.2020.107740.
- Petersen, K. J., Ragatz, G. L., Monczka, R. M. (2005):** An Examination of Collaborative Planning Effectiveness and Supply Chain Performance. In: J Supply Chain Manag 41 (2), S. 14–25. DOI: 10.1111/j.1055-6001.2005.04102002.x.
- Ponomarov, S. Y., Holcomb, M. C. (2009):** Understanding the concept of supply chain resilience. In: IJLM 20 (1), S. 124–143. DOI: 10.1108/09574090910954873.
- ReSChape (Hg.) (2023):** Report on Trends, Changes Adn Report on Trends, Changes and Challenges for the supply chain of the future. Reshaping Supply Chains for Positive Social Impact. RIA.
- Schoenherr, T., Mena, C., Vakil, B., Choi, T. Y. (2023):** Creating resilient supply chains through a culture of measuring. In: Journal of Purchasing and Supply Management 29 (4), S. 100824. DOI: 10.1016/j.pursup.2023.100824.
- Sheffi, Y., Rice Jr., J. B. (2005):** A Supply Chain View of the Resilient Enterprise. In: MIT SMR.
- Shivajee, V., Singh, R. K., Rastogi, S. (2023):** Procurement system for resilient supply chain amid the COVID-19 pandemic: systematic literature review. In: JGOSS 16 (2), S. 397–429. DOI: 10.1108/JGOSS-04-2022-0029.
- Spieske, A., Birkel, H. (2021):** Improving supply chain resilience through industry 4.0: A systematic literature review under the impressions of the COVID-19 pandemic. In: Computers & industrial engineering 158, S. 107452. DOI: 10.1016/j.cie.2021.107452.
- Talluri, S., Kull, T. J., Yildiz, H., Yoon, J. (2013):** Assessing the Efficiency of Risk Mitigation Strategies in Supply Chains. In: Journal of Business Logistics 34 (4), S. 253–269. DOI: 10.1111/jbl.12025.
- Teece, D. J., Pisano, G., Shuen, A. (1997):** Dynamic capabilities and strategic management. In: Strategic Management Journal 18 (7), S. 509–533. DOI: 10.1002/(SICI)1097-0266(199708)18:7%3C509::AID-SMJ882%3E3.0.CO;2-Z.
- Thun, J.-H., Hoenig, D. (2011):** An empirical analysis of supply chain risk management in the German automotive industry. In: International Journal of Production Economics 131 (1), S. 242–249. DOI: 10.1016/j.ijpe.2009.10.010.
- Turmaz, T., Klees, M. (2024):** Was haben Menschen und Maschinen gemeinsam? Richtig, die Empathie! DOI: 10.24406/h-478010.
- van Hoek, R. (2021):** Larger, counter-intuitive and lasting – The PSM role in responding to the COVID-19 pandemic, exploring opportunities for theoretical and actionable advances. In: Journal of Purchasing and Supply Management 27 (3), S. 100688. DOI: 10.1016/j.pursup.2021.100688.
- van Weele, A. J. (2018):** Purchasing and supply chain management. 7th ed. Andover, Hampshire: Cengage Learning, EMEA.
- Wieland, A., Durach, C. F. (2021):** Two perspectives on supply chain resilience. In: Journal of Business Logistics 42 (3), S. 315–322. DOI: 10.1111/jbl.12271.
- Zsidisin, G. A., Wagner, S. M. (2010):** DO PERCEPTIONS BECOME REALITY? THE MODERATING ROLE OF SUPPLY CHAIN RESILIENCY ON DISRUPTION OCCURRENCE. In: Journal of Business Logistics 31 (2), S. 1–20. DOI: 10.1002/j.2158-1592.2010.tb00140.x.



Kontakt

Fraunhofer-Institut für Materialfluss und
Logistik IML
Tobias Jornitz
Joseph-von-Fraunhofer-Str.2-4
44227 Dortmund
tobias.jornitz@iml.fraunhofer.de

Technische Universität Dortmund
Lehrstuhl für Unternehmenslogistik
Julian Brinkmeyer
Leonhard-Euler-Straße 5
44227 Dortmund
julian.brinkmeyer@tu-dortmund.de