

Greb, Maximilian; Butollo, Florian

Working Paper

Digitale Technik und Resilienz: Möglichkeiten und Grenzen der digitalen Stabilisierung von Lieferketten

WZB Discussion Paper, No. SP III 2025-302

Provided in Cooperation with:

WZB Berlin Social Science Center

Suggested Citation: Greb, Maximilian; Butollo, Florian (2025) : Digitale Technik und Resilienz: Möglichkeiten und Grenzen der digitalen Stabilisierung von Lieferketten, WZB Discussion Paper, No. SP III 2025-302, Wissenschaftszentrum Berlin für Sozialforschung (WZB), Berlin

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/320428>

Standard-Nutzungsbedingungen:

Die Dokumente auf EconStor dürfen zu eigenen wissenschaftlichen Zwecken und zum Privatgebrauch gespeichert und kopiert werden.

Sie dürfen die Dokumente nicht für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, öffentlich zugänglich machen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Sofern die Verfasser die Dokumente unter Open-Content-Lizenzen (insbesondere CC-Lizenzen) zur Verfügung gestellt haben sollten, gelten abweichend von diesen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Terms of use:

Documents in EconStor may be saved and copied for your personal and scholarly purposes.

You are not to copy documents for public or commercial purposes, to exhibit the documents publicly, to make them publicly available on the internet, or to distribute or otherwise use the documents in public.

If the documents have been made available under an Open Content Licence (especially Creative Commons Licences), you may exercise further usage rights as specified in the indicated licence.

WZB

Wissenschaftszentrum Berlin
für Sozialforschung



Maximilian Greb, Florian Butollo

Digitale Technik und Resilienz: Möglichkeiten und Grenzen der digitalen Stabilisierung von Lieferketten

Discussion Paper

SP III 2025–302

Juli 2025

Wissenschaftszentrum Berlin für Sozialforschung

Forschungsschwerpunkt

Digitalisierung und gesellschaftlicher Wandel

Forschungsgruppe

Globalisierung, Arbeit und Produktion

Wissenschaftszentrum Berlin für Sozialforschung gGmbH
Reichpietschufer 50
10785 Berlin
www.wzb.eu

Das Urheberrecht liegt bei den Autoren.

Discussion Papers des WZB dienen der Verbreitung von Forschungsergebnissen aus laufenden Arbeiten. Sie sollen den Ideenaustausch und die akademische Debatte befördern. Die Zugänglichmachung von Forschungsergebnissen in einem WZB Discussion Paper ist nicht gleichzusetzen mit deren endgültiger Veröffentlichung und steht der Publikation an anderem Ort und in anderer Form ausdrücklich nicht entgegen.

Discussion Papers, die vom WZB herausgegeben werden, geben die Ansichten der jeweiligen Autor:innen wieder und nicht die der gesamten Institution WZB.

Maximilian Greb, Florian Butollo

Digitale Technik und Resilienz: Möglichkeiten und Grenzen der digitalen Stabilisierung von Lieferketten

Discussion Paper SP III 2025-302

Wissenschaftszentrum Berlin für Sozialforschung (2025)

Affiliation der Autoren:

Maximilian Greb

Wissenschaftszentrum Berlin für Sozialforschung (WZB)

E-Mail: maximilian.greb@wzb.eu

Florian Butollo

Goethe-Universität Frankfurt am Main & Wissenschaftszentrum Berlin für Sozialforschung (WZB)

E-Mail: butollo@soz.uni-frankfurt.de

Inhalt

1. Einleitung.....	6
2. Literatur und Konzepte.....	8
2.1 Resilienz in der Supply Chain.....	8
2.2 Resilienz und Technik in der Logistik	11
3. Forschungsdesign und Methoden.....	15
4. Implementierung: Möglichkeiten und Grenzen	17
4.1 Technische Hürden.....	18
4.2 Soziotechnische Hürden	21
5. Fazit: Zielkonflikte zwischen Resilienz und Rentabilität	25
6. Literatur.....	28

Digitale Technik und Resilienz: Möglichkeiten und Grenzen der digitalen Stabilisierung von Lieferketten

Maximilian Greb, Florian Butollo

Zusammenfassung:

Vor dem Hintergrund der postpandemischen Konstellation wurde die strukturelle Störungsanfälligkeit globaler Produktionssysteme deutlich sichtbar. Infolgedessen wird das Konzept der Lieferkettenresilienz zunehmend diskutiert und dabei insbesondere digitalen Anwendungen ein hohes Potenzial zur Lösung dieser Probleme zugeschrieben. Ob und wie diese Technologien in der tatsächlichen Praxis bereits Einzug erhalten, bleibt dabei jedoch häufig offen. In dieser Studie wird daher die Implementierungspraxis von digitalen Technologien zur Steuerung und Stabilisierung industrieller Lieferketten mit einem Fokus auf den Logistiksektor untersucht. Zur Analyse der bestehenden Anwendungspraxis wurden qualitative Interviews mit insgesamt 14 Industrieexperten aus der deutschen Logistikbranche durchgeführt sowie Fachmagazine, Industrieberichte und einzelne Fallstudien als weitere Datenquellen einbezogen.

Die Untersuchung zeigt zum einen, dass auf technischer Ebene durch eine fragmentierte Infrastruktur mit gleichzeitig ausbleibenden Investitionen in breit angelegte Digitalisierungsprojekte dem Vorhaben flächendeckend integrierter Informationsflüsse enge Grenzen gesetzt bleiben. Zum anderen zeigt sich, dass Sicherheitsrisiken, Machtdynamiken und -asymmetrien zwischen den verschiedenen Akteuren entlang der Lieferkette eine maßgebliche Rolle für diese Defizite auf technischer Ebene spielen, indem sie eine umfassende bereichs- und unternehmensübergreifende Kollaboration erschweren. Diese soziotechnischen Aspekte bilden eine zentrale Hürde, da die Zielkonflikte bisher Resilienz auf Basis digitaler Monitoring- und Steuerungstechnologien verunmöglichen. Darüber hinaus erschweren auch Zielkonflikte zwischen der Kostenkontrolle und Resilienz die Herausbildung von Unternehmensstrategien, die Risiken minimieren oder kontrollieren können.

Schlüsselwörter: Lieferketten, Resilienz, Logistik, Technologie, Digitalisierung, Kollaboration

JEL Klassifikation: L23, L87, M15, O33

Digital Technology and Resilience: Possibilities and Limits for the Digital Stabilization of Supply Chains

Abstract

The post-pandemic constellation has clearly highlighted the structural vulnerabilities of global production systems. As a result, the concept of supply chain resilience is widely discussed, and digital applications are seen as holding great potential for solving these problems. However, whether and how these technologies are being used in practice often remains an open question. This study therefore examines the implementation practice of digital technologies for controlling and stabilizing industrial supply chains with a focus on the logistics sector. To analyze the existing application practice, qualitative interviews were conducted with a total of 14 industry experts from the German logistics sector along with trade magazines, industry reports, and individual case studies as additional data sources.

On the one hand, the study shows that at a technological level, a fragmented infrastructure combined with a lack of investment in large-scale digitization projects sets strict limits to efforts toward comprehensively integrated information flows. On the other hand, it shows that security risks, power dynamics and power asymmetries between the various actors along the supply chain play a significant role in these deficits at a technical level by impeding comprehensive cross-divisional and cross-company collaboration. These socio-technical aspects form a central barrier, as the conflicting objectives have so far prevented resilience based on digital monitoring and control technologies. Conflicting objectives between cost control and resilience further complicate and hamper the development of corporate strategies that can minimize or control risks.

Key words: supply chain, resilience, logistics, technology, digitalisation, collaboration

JEL classification: L23, L87, M15, O33

1. Einleitung

Im aktuellen *Global Risks Report* des World Economic Forum wird das Bild einer zunehmend fragmentierten globalen Landschaft gezeichnet, die von verschärften geopolitischen, ökologischen, gesellschaftlichen und technologischen Entwicklungen geprägt ist und weiter an Stabilität verliert (Elsner et al. 2025). In diesem Kontext zunehmender globaler Unsicherheiten bleibt auch das Risiko von Disruptionen industrieller Lieferketten weiterhin ein drängendes Thema von zentraler Bedeutung. Bereits in Folge der Covid-19-Pandemie wurde die Verwundbarkeit industrieller Produktionsnetze deutlich sichtbar und auch in einer breiten Öffentlichkeit diskutiert. Ob Ausfälle in der Automobilproduktion durch den Chipmangel, Engpässe bei der Versorgung mit medizinischen Produkten oder lange Staus von Containerschiffen – die Störanfälligkeit globalisierter Produktionsstrukturen war omnipräsent.

Um diesen multiplen Herausforderungen einer anhaltenden Polykrise auf strategischer Ebene zu begegnen, hat das Paradigma der Resilienz in den breiteren industriepolitischen und ökonomischen Debatten erheblich an Bedeutung gewonnen (Schwemmer & Sardesai 2023; Elsner et al. 2025; Ozdemir et al. 2022). Die Zielvorstellungen der Akteure verschiedener Branchen kreisen dabei um Möglichkeiten einer Prävention von Störanfälligkeit, der Responsivität im Fall von Auswirkungen von Staus und Unterbrechungen sowie der schnellen Regeneration und Adaption an veränderte Umgebungsbedingungen von Lieferketten. Diese Ansätze speisen sich nicht zuletzt aus den seit gut zwei Jahrzehnten laufenden Forschungsarbeiten unter dem Oberbegriff der Supply-Chain-Resilience, unter dem eine große Bandbreite konzeptueller Entwürfe und praxisbezogener Maßnahmen im Umgang mit der strukturellen Störanfälligkeit von Lieferketten versammelt wird (Alexander et al. 2022; Christopher & Peck 2004; Fiksel et al. 2015; Hägele et al. 2023). Vor diesem Hintergrund scheint die postpandemische Konstellation aus anhaltenden Störungen von Lieferketten, steigenden Transportkosten, klimapolitischem Handlungsdruck sowie geopolitischen Spannungen zu einer möglichen Neuausrichtung und Restrukturierung bestehender Produktionsnetzwerke zu drängen (Butollo & Staritz 2022; DIHK 2022).

Der Logistiksektor übernimmt dabei als Bindeglied zwischen verschiedenen Akteuren eine zentrale Infrastrukturfunktion. Dadurch wird er zu einem neuralgischen Punkt für das Verständnis der Entwicklungen der letzten Jahre. Logistik kann hierbei definiert werden als “the process of planning, implementing and managing the movement and storage of raw materials, components, finished goods and associated knowledge from the point of origin to the point of consumption” (Coe 2014: 225). Folglich spielen logistische Tätigkeiten für das Funktionieren von inner- und zwischenbetrieblichen Warenströmen in Netzwerken aus Sourcing, Produktion und Distribution eine zentrale und kritische Vermittlungsrolle (Coe & Yeung 2019; Leinbach & Capineri 2007; Memedovic et al. 2008).

Dabei kommt dem Einsatz moderner Informationstechnologie eine elementare und meist unentbehrliche Rolle zur Kopplung und Bewältigung der zunehmend komplexen, unternehmensübergreifenden und globalen Netzwerke zu. Innerhalb der Logistikbranche werden diese Technologien bereits seit längerem angewandt und unter anderem zur besseren Überwachung und Vorhersage der Warenströme eingesetzt (BME 2022; Coe 2014). Im Zuge der allgemeinen Digitalisierungsdebatte wurde in den vergangenen Jahren unter Stichworten wie Digital-Supply-Chain, Logistik 4.0 oder Cloud-Logistics eine kaum überschaubare Bandbreite an neuen Technologien, IT-Systemen und digitalen Lösungen für logistische Tätigkeiten diskutiert und angeboten (Zanker 2018; PwC 2023). Hierbei sind hardwareseitig insbesondere Tracking- und Tracing-Technologien wie RFID oder GPS von Bedeutung, während softwareseitig neben klassischen Systemen zur Lagerverwaltung und für das Supply-Chain-Management auch modulare Anwendungen, Plattform- und Cloud-Modelle sowie Big-Data-Analysetools zur Steuerung komplexer Strukturen rasch an Bedeutung gewinnen. Spätestens seit der Erfahrung der Covid-19-Pandemie wird der Einsatz fortgeschrittener Softwarelösungen zur Erhöhung der Resilienz von Liefernetzwerken zunehmend als entscheidender Faktor zur Aufrechterhaltung eines effizienten Betriebsablaufs angesehen (Dispan 2024; Hägele et al. 2023; Meitinge 2024). So häufen sich mittlerweile die Versprechen und Angebote, mittels digitaler Resilienztools die gestiegenen Herausforderungen in einem unsicheren und dynamischen Umfeld zu bewältigen.

Es bleibt dabei jedoch oft unklar, ob es sich lediglich um Debatten über Zukunftsszenarien handelt und welche Anwendungsmöglichkeiten in der Praxis bereits Einzug halten. Um dem nachzugehen, werden im vorliegenden Aufsatz die anleitenden Fragen gestellt: Welche tatsächliche Praxis der Implementierung digitaler Resilienztools in der Logistik gibt es? Welche Grenzen der Implementierung zeichnen sich ab?

In einem ersten Schritt (Kapitel 2) wird zur vorbereitenden Klärung der Konzepte die Literatur über die Resilienz von Lieferketten (Kapitel 2.1) sowie über dafür eingesetzte digitale Technik in der Logistik (Kapitel 2.2) referiert. Dabei zeigt sich, dass die Konzeptualisierung resilienter Lieferketten aus strategischer Sicht einen umfangreichen Katalog an potenziellen Maßnahmen umfasst, der zum Teil, aber nicht allumfassend, durch digitale Anwendungen bearbeitet werden kann. Darauf folgend wird das Forschungsdesign und methodische Vorgehen beschrieben (Kapitel 3) und anschließend anhand qualitativer empirischer Daten die konkrete Implementierungspraxis einzelner Resilienztools im Kontext der Logistikbranche genauer untersucht (Kapitel 4). Der Fokus liegt hierfür auf den Subsektoren Kontraktlogistik, Lead-Logistics-Provider und Anbietern digitaler Logistikdienstleistungen, da sie hinsichtlich übergreifender Steuerungsfunktionen innerhalb der Branche eine zentrale Rolle einnehmen. Dabei zeichnet sich ab, dass beim Einsatz neuer Technologien im Kontext der interorganisationalen Strukturen und Arrangements von Lieferketten sowohl technische Einschränkungen als auch

soziotechnische Hürden auftreten, die den Ausbau von Resilienz dieser Lieferketten begrenzen. In der abschließenden Diskussion (Kapitel 4) werden diese Befunde knapp in breitere strategische Kontexte und Erwägungen eingebettet und im Ausblick auf mögliche Zielkonflikte zwischen Resilienzausbau und Kostenreduzierung hin befragt.

2. Literatur und Konzepte

2.1 Resilienz in der Supply Chain

Der Anfälligkeit globaler Lieferketten auf vielfältige Störungen wird spätestens seit der Covid-19-Pandemie zunehmend Aufmerksamkeit beigemessen. Mit der verstärkten Globalisierung und der Herausbildung immer komplexerer, kurzzyklisch organisierter Produktionsnetzwerke in den ausgehenden 1990er und den frühen 2000er Jahren wurden diese zugleich auch anfälliger für Risiken der Störung und Unterbrechung (Svensson 2000; Wagner & Bode 2008; Yeung & Coe 2015). Die systemischen Auswirkungen lokaler Störungen, wie Nachfrageschwankungen oder Unterbrechungen an einzelnen Knotenpunkten von Lieferketten, werden unter Schlagworten wie dem *Bullwhip-Effekt* oder *Ripple-Effekt* schon länger diskutiert (Geary et al. 2006; Ivanov et al. 2014; Lee et al. 1997; Norrman & Jansson 2004).

Über solche lokalen Perspektiven eröffnet sich auch der Weg zu einem systematischen Blick auf die strukturelle Störungsanfälligkeit von Lieferketten durch vielfältige Risikofaktoren (Ho et al. 2015; Jüttner et al. 2003; Norrman & Jansson 2004; Rao & Goldsby 2009). Laut der International Organization for Standardization (2018) werden Risiken im Rahmen des Risikomanagements als „effect of uncertainty on objectives“ verstanden. Folglich lassen sich unter Lieferkettenrisiken allgemein alle unerwarteten Ereignisse, Störungen oder Unterbrechungen bezeichnen, die zu einer negativen Abweichung von regulären und geplanten Waren- oder Dienstleistungsflüssen führen (Blackhurst et al. 2011; Ribeiro & Barbosa-Povoa 2018; Svensson 2000). Dabei kann weiter zwischen internen und externen Risikoquellen unterschieden werden (Hägele et al. 2023; Stecké & Kumar 2009; Zhou et al. 2024). Laut World Economic Forum (2012) bergen insbesondere externe Störungsereignisse das Potenzial weitreichende und systemische Unterbrechungen zu verursachen und lassen sich entsprechend der Kategorien Ökologie, Geopolitik, Ökonomie und Technologie gliedern (Abb. 1). Solche extern verursachten Störungsereignisse, wie zuletzt die Covid-19-Pandemie, die Blockade des Suez Kanals oder auch die Terrorangriffe im Roten Meer, stellen eine besondere Herausforderung dar und können oftmals nur schwer antizipiert, vermieden oder eingedämmt werden (Hägele et al. 2023; Park et al. 2013).

Abbildung 1: Auslöser von Störungen der globalen Lieferkette

Ökologie	Naturkatastrophen
	Extremwetter
	Pandemien
Geopolitik	Konflikte und politische Unruhen
	Export-/Importbeschränkungen
	Terrorismus
	Korruption
	Illegaler Handel und organisierte Kriminalität
	Meerespolitik
	Nukleare/biologische/chemische Waffen
Ökonomie	Plötzliche Nachfrageschocks
	Extreme Volatilität von Rohstoffpreisen
	Verzögerungen durch Grenzkontrollen
	Währungsschwankungen
	Globale Energieknappheit
	Eigentums-/Investitionsbeschränkungen
	Arbeitskräftemangel
Technologie	Informations- und Kommunikationsstörungen
	Verkehrs und Infrastrukturausfälle

Quelle: Eigene Darstellung basierend auf World Economic Forum (2012: 8).

Weil solche Ereignisse heftige Turbulenzen in globalen Produktionsnetzwerken auslösen können, hat die Debatte über die Resilienz von Lieferketten im Anschluss an die Erfahrungen der Covid-19-Pandemie Auftrieb bekommen (Alexander et al. 2022). Indessen spielt Resilienz nicht erst seit den multiplen Krisenereignissen seit 2020 eine Rolle. In der Management-Literatur wird das Konzept der Supply Chain Resilienz (SCR) bereits seit den 2000er Jahren diskutiert und zielt darauf ab, aus systematischer Perspektive mögliche Störungen der Produktionsnetzwerke in den Blick zu nehmen und in operationale bis strategische Entscheidungen zu integrieren (Christopher & Peck 2004; Fiksel et al. 2015; Hägele et al. 2023). Ursprünglich aus den Ingenieurwissenschaften und der Forschung zu ökologischen Systemen der 1970er Jahre kommend, bleiben die Definitionen von SCR bisher jedoch uneinheitlich und oftmals multidimensional (Chowdhury & Quaddus 2017; Holling 1973; Negri et al. 2021). Einigkeit besteht jedoch darin, unter SCR die Fähigkeit zu verstehen, gegenüber vielfältigen Risikofaktoren durch unerwartete Ereignisse vorbereitet, reaktions- und anpassungsfähig zu sein

(Ambulkar et al. 2015; Christopher & Peck 2004; Ponomarov & Holcomb 2009; Ribeiro & Barbosa-Povoa 2018).

Im klassischen Risikomanagement von Lieferketten wurde in der Regel von der Annahme eines stabilen Normalzustandes ausgegangen, von dem in Störungsfällen zeitlich begrenzte Abweichungen auftreten (Fiksel et al. 2015; Pettit et al. 2019). Demgegenüber werden resiliente Lieferketten als grundsätzlich adaptive Systeme verstanden, die nach einer Störung entweder zum ursprünglichen Zustand zurückkehren oder angesichts veränderter Bedingungen einen neuen stabilen Zustand einnehmen (Christopher & Peck 2004; Ivanov 2024; Negri et al. 2021; Roth et al. 2021). Dabei geht es darum, „aus Erfahrungen zu lernen und sich an veränderte Umweltbedingungen anzupassen“ (Hiermaier et al. 2021: 4). Folglich wurde vielfach auch auf die enge Wahlverwandtschaft zwischen Resilienz- und Flexibilitätskonzepten hingewiesen (Faruquee et al. 2021; Kopanaki 2022; Sheffi & Rice 2005).

Zur Operationalisierung von Resilienzmaßnahmen werden unterschiedliche Fähigkeiten der Unternehmen entlang der Supply-Chain beschrieben. Unter Fähigkeiten kann dabei das vielfältig gesteigerte Vermögen zur Vermeidung und Abdämpfung von Störungen sowie zur gesteigerten Anpassung an veränderte Gegebenheiten in der Gestaltung und Steuerung von Lieferketten verstanden werden. Dabei lässt sich aus strategischer Perspektive zwischen proaktiven und reaktiven Resilienzmaßnahmen unterscheiden (Ali et al. 2017; Belhadi et al. 2021; Elluru et al. 2019; Hohenstein et al. 2015; Ozdemir et al. 2022; Wieland & Wallenburg 2012).

Der proaktive Ansatz umfasst Maßnahmen, die typischerweise vor einem Störungsereignis zur vorausschauenden Antizipation und Abwendung von negativen Abweichungen beitragen. Hierzu zählen insbesondere Fähigkeiten wie die Kollaboration von verschiedenen Akteuren (Jüttner & Maklan 2011; Scholten & Schilder 2015; Zhou et al. 2024), Sichtbarkeit und Transparenz entlang der Lieferkette qua möglichst umfassender Informationen über den Status der Betriebsmittel und der Umwelt (Faruquee et al. 2021; Ivanov 2021; Jüttner & Maklan 2011), Segmentierung bzw. Regionalisierung im Sourcing, um Risiken zu streuen (Belhadi et al. 2021; Holgado & Niess 2023; Negri et al. 2021), sowie analoge und digitale Sicherheitssysteme gegen absichtliches Eindringen und Angriffe von außen (Hägele et al. 2023; Pettit et al. 2013).

Der reaktive Ansatz umfasst Maßnahmen, die dazu beitragen, nach einem (unerwarteten) Störungsereignis die Leistungsfähigkeit und den Betrieb der Lieferkette aufrechtzuhalten bzw. wiederherzustellen und an die veränderten Rahmenbedingungen anzupassen. Dazu werden häufig Fähigkeiten gezählt wie das Bestandsmanagement von Lager- und Kapazitätsreserven (Belhadi et al. 2021; Hohenstein et al. 2015; Lücker et al. 2018), die Möglichkeit flexibler Umorientierung des Sourcings (Hägele et al. 2023; Hohenstein et al. 2015; Jabbarzadeh et al. 2018), die Kompensation von Schwankungen im Cashflow durch finanzielle Puffer (Hägele

et al. 2023; Pettit et al. 2013) oder ein verbessertes Risikomanagement durch festgelegte Notfallpläne und Kommunikationsprotokolle zur Verkürzung der Reaktionszeiten im Störfall (Hägele et al. 2023; Hohenstein et al. 2015; Ozdemir et al. 2022).

Der Erfolg der jeweiligen Resilienzmaßnahmen und -strategien hängt auch von der Art der Risiken, den besonderen Eigenschaften der Unternehmen und den spezifischen Anforderungen der betreffenden Industriezweige ab (Belhadi et al. 2021; Woong & Goh 2021). Zudem lassen sich die verschiedenen Fähigkeiten hier zwar einzeln aufzählen, allerdings zielen die strategischen Erwägungen gerade auf die Zusammenführung von und Synergieeffekte zwischen verschiedenen Maßnahmen. Zugleich werden trotz der analytischen Unterscheidung strategischer Ansätze einzelne Fähigkeiten wie die Kollaboration zwischen den verschiedenen Akteuren und die Transparenz entlang der Lieferkette sowohl den proaktiven als auch den reaktiven Maßnahmen zugeordnet (Ali et al. 2017; Belhadi et al. 2021; Ozdemir et al. 2022). So können beispielsweise die Kollaboration und Transparenz dazu beitragen, sowohl Risiken frühzeitig zu erkennen und abzuwenden als auch über Echtzeitdaten zum Status der Betriebsabläufe möglichst schnelle Reaktionszeiten und eine adäquate Adaption an die veränderten Rahmenbedingungen zu erreichen.

Die Covid-19-Pandemie traf die Akteure entlang verschiedener Lieferketten weitgehend unvorbereitet. Zwar waren Lieferketten dabei von unterschiedlichen Störungen betroffen und auch die Reaktionen von einer branchenspezifischen Varianz geprägt, dennoch bewährten sich einzelne proaktive und reaktive Resilienzmaßnahmen im operativen Geschäft und konnten negative Effekte entlang bestimmter Lieferketten abmildern (El Baz & Ruel 2021; Woong & Go 2021; Ozdemir et al. 2022). So waren bspw. für den Handel mit leicht verderblichen Gütern insbesondere die reaktiven Maßnahmen in Folge unerwarteter Störfälle besonders bedeutsam (Ozdemir et al. 2022). Dennoch ist ungeklärt, inwieweit die Konzepte aus der Literatur bereits die strategische und operative Praxis von Unternehmen prägen. Im Rückblick auf die pandemiebedingten Beeinträchtigungen wird in vielen Fällen eine nur begrenzte Integration von geeigneten Resilienzmaßnahmen betont und dabei insbesondere die begrenzte Transparenz und Kooperation entlang der Lieferkette hervorgehoben (Belhadi et al. 2021; Holgado & Niess 2023; Ozdemir et al. 2022). Beidem wird strategische Bedeutung zugemessen, um datenbasiert zeitnah Erkenntnisse über potenzielle Störungen zu erlangen und im Störfall auf eine hinreichende Grundlage zur effektiven Reaktion zurückgreifen zu können (Belhadi et al. 2021; Frederico 2021). Folglich kommt digitalen Tools und Diensten eine zentrale Rolle beim überbetrieblichen Austausch von Daten über Güterbewegungen, Lager- und Transportkapazitäten zu.

2.2 Resilienz und Technik in der Logistik

Neue technologische Entwicklungen und insbesondere die Digitalisierung sind für den Logistiksektor von zunehmender Bedeutung. In den vergangenen Jahren wurde vermehrt auch der Zusammenhang zwischen digitalen Technologien und der

Resilienz von Lieferketten diskutiert (Birkel et al. 2023; Ivanov et al. 2021; Zouari et al. 2021). In der Literatur umfasst der Oberbegriff *digitale Technologien* in diesem Kontext eine große Bandbreite von neuen technischen Mitteln und damit verbundenen organisationalen Praktiken. Dazu werden unter anderem Automatisierung, additive Fertigung, Big-Data-Analytik, Blockchain, Digital-Supply-Networks, Cloud-Computing, das Internet der Dinge, künstliche Intelligenz sowie Tracking- und Tracing-Technologien gezählt (Hald & Coslugeanu 2021; Ivanov et al. 2021; Zouari et al. 2021). Durch die große Spannweite ergibt sich folglich auch ein heterogenes Bild möglicher Anwendungsfälle, das den Einfluss der Digitalisierung auf die Resilienzbildung in Produktionsnetzwerken als äußerst komplexen Zusammenhang zeigt (Faruquee et al. 2021). Bisher liegt der Fokus dabei insbesondere auf den Aktivitäten von produzierenden Unternehmen und deren Supply-Chain-Management (Belhadi et al. 2021; Gu et al. 2021), während die dezidierte Rolle des Logistiksektors beim Aufbau von Resilienzfähigkeiten unterbelichtet bleibt (Herold et al. 2021). Im Folgenden wird der Zusammenhang zwischen digitalen Technologien und der Resilienz von Lieferketten in Bezug auf die Rolle der Logistik nachgezeichnet.

Insbesondere Unternehmen aus dem Bereich der Third-Party bzw. Fourth-Party Logistics (3/4PL) wird durch deren integrative Rolle eine strategisch wichtige Position innerhalb des Logistiksektors und in sektorenübergreifenden Produktionsnetzwerken eingeräumt (Coe 2021; Helwing et al. 2023). Unter 3/4PL und auch Lead Logistics Providern (LLP) können firmenexterne Anbieter von integrierten Logistikdienstleistungen verstanden werden, die von Transport, Umschlag und Lagerung bis hin zu Mehrwertdiensten im Zusammenhang mit der Produktion oder Beschaffung von Waren sowie Beratungstätigkeiten reichen.¹ Diese gesonderte Stellung ergibt sich aus ihrer Rolle in der Verknüpfung verschiedener logistischer Prozesse und der damit verbundenen Infrastruktur. Das macht sie hinsichtlich Fragen der Resilienz zu einem zentralen Akteur (Herold et al. 2021; Van der Westhuizen & Niemann 2022). Zacharia et al. sprechen deshalb von der strategischen Bedeutung der LLPs als „orchestrator“ (2011: 40), deren Rolle sie anhand von vier Aspekten beschreiben: i) unternehmensübergreifende Standardisierung von Daten und Prozessen; ii) unternehmensübergreifende Sichtbarkeit entlang der Supply Chain; iii) neutrale Vermittlungsfunktion zwischen den Unternehmen; iv) Verstärkung von Kollaboration (ebd.: 45f.).

Entsprechend spielen besonders Softwareanwendungen eine wichtige Rolle, indem sie Schnittstellen zum überbetrieblichen Austausch von Daten über Güterbewegungen, Lager- und Transportkapazitäten sowie Kontextinformationen bereitstellen. Klassische Softwaresysteme für logistische Funktionen wurden lange Zeit vorwiegend über unternehmensinterne IT-Infrastruktur betrieben. Dabei lässt sich idealtypisch zwischen vier Systemen in Abhängigkeit der jeweiligen Anwen-

¹ Die Unterscheidung zwischen 3LP und 4LP bezieht sich auf die Frage, ob die jeweiligen Unternehmen weiterhin physische Logistikleistungen erfüllen oder lediglich als virtuelle Vermittlungsplattformen derselben in Erscheinung treten (vgl. Coe 2021; Helwing et al. 2023).

dungsbereiche unterschieden: Enterprise-Resource-Planning (ERP), Warehouse-Management-Systems (WMS), Transportation-Management-Systems (TMS) und Supply-Chain-Management-Software (SCMS) (Nettsträter et al. 2015). Der Fokus auf interorganisationale Prozesse, die für die Resilienzfrage besonders relevant sind, liegt hierbei insbesondere auf Systemen im Bereich der SCMS, die im Kern „design, planning and execution of both intra- and inter-organisational material and information flows“ (Nettsträter et al. 2015: 8) betreffen. In der übergreifenden SCMS wird das Potenzial gesehen, separate Systeme auf Unternehmensebene (ERP, WMS, TMS) zunehmend zu integrieren (ebd.).

Zugleich kann die Integration der IT-Infrastruktur, insbesondere auf interorganisationaler Ebene, nicht erschöpfend mit der Anwendung eines einzigen monolithischen Softwaresystems verstanden werden. Durch den zunehmenden Wandel der Logistik-IT hin zur Anwendung von eher kleineren, modularen Softwareanwendungen, die stärker an einzelnen Problemen individueller Geschäftsprozesse orientiert sind, zielt die IT-Integration auf eine Zusammenführung dieser modularen Apps (Böhmer et al. 2015). Vor diesem Hintergrund werden technische Standards, bspw. von Datenformaten und -strukturen, als zunehmend integraler Bestandteil für eine funktionierende digitale Interoperabilität angesehen (Böhmer et al. 2015; MacCarthy & Ivanov 2022; Pan et al. 2021). Im Kern geht es bei diesen Fragen der Standardisierung um einen effektiven und zuverlässigen Daten- und Informationsaustausch zwischen verschiedenen Endgeräten, zwischen verschiedenen Informationssystemen sowie Informationssystemen und Endgeräten innerhalb ganzer Produktionsnetzwerke (Pan et al. 2021). Die praktische Schwierigkeit scheint hierbei also insbesondere in der standardisierten Zusammenführung potenziell heterogener Teilprozesse mit ihren jeweiligen Teillogiken zu bestehen, was auf organisatorischer Ebene nicht zuletzt durch die Heterogenität der Zielvorstellungen und Parameter verschiedener Abteilungen innerhalb eines Unternehmens sowie zwischen verschiedenen Unternehmen deutlich wird.

Neuere Entwicklungen im Kontext der Debatte über die Digitalisierung der Lieferketten weisen ebenfalls in die Richtung einer integrierten Steuerung der Logistik. In den vergangenen Jahren lag der Fokus im Bereich der Logistiksoftware insbesondere auf technischen Neuerungen wie Big-Data-Analytics, Machine-Learning bzw. KI-Anwendungen, Cloud Computing und digitalen Plattformen (MacCarthy & Ivanov 2022; Verfürth et al. 2023; Zhang et al. 2022). Hierbei wird insbesondere die Kombination von Tracking- und Tracing-Technologien wie RFID oder Blockchain in Verbindung mit der Anwendung von KI und fortgeschrittenen Datenanalyse-Tools diskutiert, um eine bessere Sichtbarkeit von Güterbewegungen zu gewährleisten (Ding et al. 2021; Ivanov et al. 2021).

Gerade hinsichtlich der unternehmensübergreifenden Standardisierung und Sichtbarkeit entlang der Lieferkette spielt der Einsatz von Informationstechnologie also eine entscheidende Rolle. Im Zuge des Outsourcings logistischer Funktionen bieten LLPs mittlerweile auch zunehmend selbst die Entwicklung, Implementierung

und das Management von Softwaresystemen im Bereich des Lieferketten-, Lager- und Transportmanagements an (Coe 2021; Helwing et al. 2023; Hosie et al. 2012). Vor diesem Hintergrund wird das Angebot und Management von IT-basierten Diensten durch die Logistikdienstleister als wichtiges Geschäftsmodell und zentrale Kompetenz zur integrierten Koordination der komplexen Prozesse angesehen (Cichosz et al. 2020; Hofmann & Osterwalder 2017; Premkumar et al. 2021). Die Zielvorstellung basiert hierbei auf dem Potenzial digitaler Technologien zur stärkeren Vernetzung der einzelnen Akteure in der gesamten Lieferkette, wodurch eine bessere und effektivere Kommunikation sowie eine größere Transparenz der Abläufe in der Lieferkette in Echtzeit möglich werden sollen (MacCarthy & Ivanov 2022).

Ein zentrales Ziel bei der Anwendung dieser neuen technischen Mittel liegt folglich im Ausbau einer umfassenden Sichtbarkeit entlang der gesamten Lieferkette (*end-to-end supply chain visibility*), um auf dieser Grundlage flexibler und effizienter agieren zu können. Ivanov (2021: 10485) definiert diese Form der Sichtbarkeit als

„ability to represent a physical supply chain in a digital space with all relevant data that can be collected, processed, updated and accessed in real-time to support planning, monitoring, and control decision-making“.

Durch die Analyse großer Mengen von Daten lasse sich demzufolge eine verbesserte Vorhersage möglicher Störungen der Logistikprozesse und die Bewertung von Schwachstellen erreichen. Hierbei wird davon ausgegangen, dass eine verbesserte Sichtbarkeit der Distributionsprozesse auch zu verbesserten Reaktionszeiten im operativen Geschäft führt sowie Effizienzgewinne nach sich zieht (Ivanov et al. 2021). Ganz in diesem Sinne wird auch digitalen B2B Plattformen, die KI und Machine-Learning-Tools nutzen, hohes Potenzial im Disruptionsfall zugesprochen, bspw. zur schnellen Suche nach alternativen Zulieferern (Hald & Coslugeanu 2022; Höppner & Wölfl 2023).

Die zentrale Voraussetzung besteht also darin, eine system- und unternehmensübergreifende Datenintegration zu gewährleisten, für die Standards entlang der vielfältig zu integrierenden Systeme notwendig sind. Dem folgend und die bisherigen Ausführungen zusammenfassend, lässt sich in idealtypischer Weise ein dreistufiger Weg zur Transparenz von Lieferketten skizzieren: Auf einer ersten Stufe soll eine unternehmensübergreifende Zusammenarbeit im Sinne einer interorganisationalen Datentransparenz erreicht werden. Auf zweiter Stufe steht das Ziel einer systemübergreifenden Kompatibilität durch die Festlegung von Standards und die Homogenisierung von Prozessdaten. Auf dritter Stufe sollen sodann integrierte Informationssysteme errichtet werden, die auf Grundlage verbesserter Informationsflüsse eine Sichtbarkeit entlang der gesamten Lieferkette ermöglichen und somit verbesserte Steuerungsmöglichkeiten eröffnen. Eine Beschreibung der tatsächlichen Praxis *on the ground* bleibt bei diesen konzeptuellen Darstellungen jedoch offen.

Vordergründig bildet digitale Technik somit aufgrund ihrer Potenziale in Bezug auf höhere Transparenz den zentralen Bezugspunkt für Zielsetzungen der Resilienz. Die ‚Digitalisierung‘ erscheint dabei vor allem als Transformationsprozess hinsichtlich der technischen Umwandlung analoger Informationen in digitale Informationen und deren organisationsübergreifender Verknüpfung.

Allerdings bleibt eine solche Betrachtungsweise unzureichend, solange sie die spezifischen Interdependenzen zwischen den Elementen Technik, Organisation und Mensch ausklammert. Dabei macht nicht zuletzt die Verknüpfung digitaler Resilienztools mit den strategischen Zielen einzelner Unternehmen und dem Gesamtprozess einer Wertschöpfungskette über organisationale Grenzen hinweg diesen sozio-technischen Ansatz plausibel (Hirsch-Kreinsen 2020). Die hier untersuchte Digitalisierung von Lieferketten muss dementsprechend als Zusammenhang begriffen werden, der sowohl technologische als auch (inter)organisationale bzw. soziale Dimensionen umfasst (bspw. Aspekte wie Organisationsstruktur und -kultur, Wissen oder Machtverhältnisse) (Dispan 2024; Kling & Lamb 1999; Yeung & Coe 2015). Erst so werden die vielfachen Transformationsversprechen der Resilienzbildung durch Technik in ihrer erweiterten Zielsetzung schärfer ersichtlich und in ihren praktischen Grenzen analytisch fassbar.

3. Forschungsdesign und Methoden

Der vorliegende Aufsatz ist im Rahmen eines größeren Forschungsprojekts entstanden, in dem die geographischen Umstrukturierungen von Unternehmen und Branchen in globalen Produktionsnetzen seit der Covid-19-Pandemie untersucht werden. Der Fokus des Projekts liegt auf der Untersuchung von laufenden Veränderungen in den Strategien führender Unternehmen in Bezug auf globale Produktions- und Lieferbeziehungen und auf der Frage, welchen Einfluss dabei Wirtschafts- und Industriepolitik sowie die Möglichkeiten der Digitalisierung ausüben. In diesem Zusammenhang werden drei miteinander verbundene, globale Branchen untersucht (Automobil, Elektronik und Logistik), wobei im vorliegenden Aufsatz die Logistik im Fokus steht.

Für eine erste Annäherung und Hypothesenbildung wurden im Sommer 2023 Experteninterviews mit verschiedenen Vertretern aus der Logistikbranche und der angewandten Forschung geführt sowie einzelne Experteninterviews aus einem Vorgängerprojekt hinzugezogen. Flankierend wurden aktuelle Branchendaten und -analysen, Geschäftsberichte führender Unternehmen sowie Veröffentlichungen von einschlägigen Branchenverbänden und Fachzeitschriften hinzugezogen. Auf dieser Grundlage konnten in einer vergleichenden Analyse des Materials zentrale Themenfelder und Akteure für das weitere Forschungsvorhaben herausgearbeitet werden (Strauss 1987). Dabei bildet der Zusammenhang von Technik und Resilienzbildung in der Supply Chain eines dieser Querschnittsthemen und die Grundlage für die Formulierung der anleitenden Fragestellung dieses Aufsatzes.

Ausgehend von unserer Forschungsfrage nach den Möglichkeiten und Grenzen digitaler Resilienztools im Rahmen der bestehenden Anwendungspraxis in der Logistikbranche haben wir methodisch eine Verbindung aus Literaturanalyse und Experteninterviews gewählt. Damit soll zum einen die fachwissenschaftliche „Strukturierungsleistung von Klassifikationen“ (Keller 2011: 247) hinsichtlich zentraler Konzepte bei der theoretischen Modellierung von Resilienz in Lieferketten und deren technologischer Dimension nachvollzogen werden. Zugleich können diese kategorialen Bestimmungen und Typologisierungen als Annäherung an Handlungsorientierungen verstanden werden, die Akteure in der Logistik potenziell verfolgen (Keller 2011). Außerdem zielt die empirische Untersuchung der Implementierungspraktiken digitaler Resilienztools darauf, anhand der qualitativen Interviews einen praktischen Abgleich mit den theoretisch formulierten Möglichkeiten zu leisten und ermöglicht eine explorative Untersuchung potenzieller Grenzen.

Für den Literaturteil wurde ausgehend von dem in der Forschungsfrage kondensierten Erkenntnisinteresse und der Durchsicht einzelner aktueller Publikationen eine stichwortbezogene Literaturrecherche im Schneeballsystem vorgenommen. Im Anschluss wurden geeignete Suchbegriffe für die weitere Literaturrecherche bestimmt und nach vier groben Feldern geordnet: Supply Chain („supply chain resilience“, „supply chain vulnerability“, „supply chain mangement“, „risk mangement“), zentrale Maßnahmen („transparency“, „visibility“, „collaboration“, standardization“, „integration“), Sektor („logistics“, „logistics service providers“, „third-party logistics“, „lead logistics provider“, „contract logistics“) und Technik („technology“, „software“). Die anschließende Literatursuche mit diesen Keywords (und deutschen Übersetzungen) wurde unter Verwendung von Operatoren, Trunkierung und Phrasensuche über Google Scholar und JSTOR vorgenommen. Bei der Sichtung der Ergebnisse wurden für die Auswahl zur Literaturanalyse insbesondere systematische Literaturreviews und konzeptuelle Aufsätze berücksichtigt.

Das Material für den empirischen Teil des vorliegenden Aufsatzes besteht aus insgesamt 14 semistrukturierten Interviews mit Industrieexperten im Bereich Logistik und Supply Chain sowie mit verschiedenen Vertretern von Unternehmen aus der deutschen Logistikbranche. Die interviewten Industrieexperten sind Vertreter von Gewerkschaften und aus der angewandten Forschung im Bereich Logistik und Supply Chain. Unternehmensseitig kommen unsere Interviewpartner aus der Kontraktlogistik (KL), von Lead-Logistics-Providern (LLP), von Anbietern digitaler Logistikdienstleistungen (LS) und aus der maritimen bzw. Hafenlogistik.² Die Interviews wurden zwischen Sommer 2023 und Herbst/Winter 2024 durchgeführt und sind in der Regel ein bis zwei Stunden lang. Alle Interviews wurden aufgenommen, protokolliert und transkribiert. Zusätzlich wurden

² Die Zitation von Originalpassagen aus den Interviews wird im empirischen Untersuchungsteil anhand den hier verwendeten Kürzeln der Subsektoren den entsprechenden Vertretern bzw. Interviewpartnern zugeordnet.

Veröffentlichungen von einschlägigen Branchenverbänden und Fachzeitschriften, Industriebriefe sowie einzelne Fallstudien als weitere Datenquellen in die empirische Untersuchung einbezogen.

Für die Auswahl der Interviewpartner wurden Unternehmen aus der Logistikbranche identifiziert, die durch ihre integrative Rolle verschiedener logistischer Tätigkeiten als strategisch wichtige Akteure angesehen werden können (Coe 2021; Zacharia et al. 2011) oder digitale Dienstleistungen und Beratung im strategischen Bereich anbieten. Zugleich wurde bei der Auswahl innerhalb der Unternehmen darauf geachtet, mit Akteuren aus dem mittleren bis gehobenen Management zu sprechen, weil insbesondere die strategische Perspektive der Unternehmen im Fokus des Projekts stand. So konnte sichergestellt werden, dass auch ein möglichst weitgreifendes, strategisches Wissen zum Zustand und zur Perspektive der jeweiligen Implementierungspraktiken digitaler Resilienztools erlangt wird.

Da die Interviews im Rahmen des breiten Forschungsprojekts durchgeführt wurden, ist das für diesen Aufsatz untersuchte Themenfeld je nach Gesprächspartner unterschiedlich gewichtet. Deshalb wurden in einem ersten Schritt auf Grundlage der Interviewprotokolle die hierfür relevanten Ausschnitte ausfindig gemacht. Diese wurden anschließend anhand drei breiter Kategorien geordnet: (i) Resilienz (Transparenz und Sichtbarkeit, Risikobewertung), (ii) Technikanwendung (Datengenerierung, Datenqualität und -auflösung, technologische Infrastruktur, Interoperabilität) und (iii) organisationale Praktiken (Kollaboration/Kooperation, Datenmanagement, Geographie). Dabei haben wir im Sinne des „open coding“ (Strauss & Corbin 2014: 220) mit einem Kategorienschema begonnen, das durch die Auseinandersetzung mit der Forschungsliteratur entwickelt und bei der Analyse des empirischen Materials weiterentwickelt wurde (Charmaz 2006; Mayring 2004). Die anschließende qualitative Analyse des empirischen Materials zielte auf eine Zusammenfassung der wesentlichen Aspekte durch Generalisierung, Integration und Bündelung der Inhalte (Mayring 2004). Die folgenden Abschnitte enthalten die wichtigsten Befunde und sind nach den oben genannten analytischen Kategorien (ii) und (iii) gegliedert und werden übergreifend auf die Befunde aus Analysekategorie (i) bezogen.

4. Implementierung: Möglichkeiten und Grenzen

Ausgehend von diesem Abriss der Forschungsdebatte zur Resilienz in Supply Chains, der Typologie einer strategischen Perspektive auf Resilienzmaßnahmen und deren Bedeutung in der digitalen Supply Chain soll nun die konkrete Implementierungspraxis im Unternehmenskontext genauer untersucht werden. Dafür wird eine empirische Analyse mit Fokus auf die Logistikbranche vorgenommen. Deren besondere Rolle als Intermediär in sektorübergreifenden Produktionsnetzen dient dabei als Ausgangspunkt, um Möglichkeiten und Grenzen der Implementierungspraxis digitaler Resilienztools herauszuarbeiten. Die bereits

eingangs formulierten Leitfragen dafür lauten: Wie werden digitale Resilienztools in der Logistik konkret eingesetzt? Wo liegen die Grenzen der Implementierung?

Aus der Erfahrung der Corona-Pandemie wurde deutlich, dass der Logistik eine strategische Rolle in Bezug auf gesamtwirtschaftliche Resilienz zukommt und daraufhin wurde auch in der Fachpresse wiederholt die Notwendigkeit einer engen Zusammenarbeit aller Akteure nahegelegt, die auch den Austausch von Daten entlang der Lieferketten umfasst (Adorno 2022; Meitinger 2023; Hobohm 2024; Meitinger 2024). Diese Forderung zielte letztlich darauf ab, „Akteure in der Lieferkette und die Systeme verschiedener Anbieter zu integrieren“ (Adorno 2022). Unsere Gesprächspartner zeichnen mit Blick auf die Praxis allerdings weiterhin ein Bild, das von unzureichender Zusammenarbeit zwischen den verschiedenen Akteuren auf der Netzwerkebene geprägt ist. In Folge der vielfachen Störungen, Unterbrechungen und Problemlagen seit Covid hätten keine signifikanten und strukturellen Veränderungen hinsichtlich der Beteiligung von Logistikakteuren an den Koordinationsprozessen und Systemen der Kunden stattgefunden.

Daran anschließend können durch die Analyse des Materials im Kern zwei zentrale Problemfelder hinsichtlich der Implementierungspraxis von digitalen Resilienztools beobachtet werden. Zum einen zeigt sich, dass die Erfassung von Prozessdaten und deren Integration durch technische Hürden nur begrenzt geleistet werden kann. Zum anderen zeigen sich vielmehr soziotechnisch bedingte Schwierigkeiten, die einer weitreichenderen Integration von Informationen und Prozessen entgegenwirken. Im Folgenden werden zentrale Aspekte dieser beiden Problemfelder erläutert und dabei auch deren Interdependenz beleuchtet.

4.1 Technische Hürden

Wie bereits erläutert, lässt sich die Resilienz in der digitalen Supply Chain durch die prinzipielle Sichtbarkeit laufender Prozesse anhand vorliegender Daten verbessern. Ein erster Schritt ist es somit, diese Daten durch den Einsatz von entsprechenden technologischen Mitteln zur Datengenerierung und -verarbeitung verfügbar zu machen und sie miteinander zu verknüpfen. Insbesondere der Einsatz von Technologien aus dem Bereich des Internets der Dinge (IoT) spielt in den vielfältigen logistischen Prozessen eine wichtige Rolle. Dazu gehören vor allem Tracking- und Tracing-Technologien mit optoelektronischen Verfahren wie Barcodes, Sender-Empfänger-Systemen wie RFID oder Echtzeitortungssysteme wie GPS. Die so erzeugten Ortungs- und Bewegungsdaten liefern Informationen über den Transportstatus, Umgebungsbedingungen im Netz oder auch Kontakte zu anderen Objekten oder Personen, bspw. über die Echtzeitverfolgung einer Sendung oder eines Lieferanten. Diese Form der Transparenz betrifft ganz allgemein die Frage „*Was ist?* [...] und das geht dann wirklich runter bis *Wo ist mein Shipment?*, aber auch *Wo ist mein Lieferant?*“ (LLP).

Zwar werden verschiedene Sensortechnologien bereits in vielen Logistikunternehmen und Lieferketten eingesetzt (Rohleder 2022; PwC 2023). Allerdings werden in den Gesprächen wiederholt grundlegende Probleme auf dieser Ebene der

Datengenerierung thematisiert. Zum einen zeigt sich, dass die relevanten technischen Mittel bisher nur begrenzt eingesetzt werden:

„Ganz oft sind die Daten auch gar nicht da. Also es geht nicht mal nur darum, dass jemand Daten hat und die nicht teilt, oder die sind vielleicht im falschen Format, sondern über ganz viele Dinge gibt's auch keine Daten. [...] Es ist bei weitem nicht so, dass die meisten Shipments mit irgendeinem Sensor, mit irgendeinem GPS-Tracker oder sonst was ausgestattet sind.“ (LLP)

Durch die ausbleibende Implementierung von IoT-Technologien können in vielen Fällen schlicht keine relevanten Daten erhoben werden und daher liegen sie auch nicht zur Auswertung vor. Von einer flächendeckenden Ausstattung mit Sensortechnologien kann folglich keine Rede sein.

Zum anderen wird auch im Anwendungskontext bereits implementierter Technik von Einschränkungen berichtet. Demnach blieben Qualität und Auflösung der Datensätze oftmals unzureichend, selbst wenn auch Hard- und Softwarelösungen vorhanden sind. So lassen sich bspw. beim Tracking über den gesamten Logistikprozess häufig lediglich punktuell Informationen über den aktuellen Status eines Gutes erfassen und analysieren. In diesen Fällen bieten Transparenztechnologien nur in begrenztem Umfang Möglichkeiten zur Sichtbarkeit der jeweiligen Prozesse in den Logistikketten. An einem Beispiel aus der Expresslogistik und Seefracht wird das besonders deutlich:

„Also wenn Sie schauen, so ein Paket, das sie von [...] Parcel Kollegen bekommen. Das hat vielleicht fünf Scanpunkte auf dem ganzen Prozess, aber Sie wissen nicht wirklich zu jedem Moment, wo das ist. Und auch bei dem Express Shipment ist das so und wenn wir über Ocean Freight sprechen ist das erst recht so. Da wissen Sie dann, wenn es gut läuft, auf welchem Schiff ihr Container ist, dann können Sie das Schiff noch tracken. Aber selbst ne Ankunftszeit voraussagen ist schon schwierig.“ (LLP)

Demzufolge sind in der Praxis durchgängig und zu jedem Zeitpunkt rückverfolgbare Ortungs- und Bewegungsdaten (in Echtzeit) sowie umfassende Daten über direkte Umgebungsbedingungen im Logistiknetz in den meisten Fällen nicht verfügbar. Folglich scheint die Implementierung relevanter Hard- und Software nur in begrenztem Maß gegeben zu sein und damit ein umfassender und flächendeckender Einsatz bisher auszubleiben.

Ein weiteres Defizit besteht bei der Integration der technischen Infrastrukturen. Zwar kommen bereits verschiedene Transparenztechnologien zum Einsatz, allerdings mangelt es aus Perspektive unserer Gesprächspartner in der Praxis der Logistiker oftmals noch an stärker langfristig angelegten, holistischen Maßnahmen. Es handle sich oft nur um Einzellösungen oder „Inselplattformen“ (LLP), die weitestgehend isoliert voneinander entwickelt werden und nur schlecht bis gar nicht in die größeren Liefer- und Produktionsnetzwerke eingebettet sind. Während das für den interorganisationalen Technikeinsatz am deutlichsten zu gelten scheint, sind auch unternehmensinterne Prozesse nur fragmentiert durch die

neuen Technologien abgedeckt. Dieser Befund wird von unseren Gesprächspartnern auch mit Blick auf Kunden der Logistik formuliert, bei denen datengestützte Transparenz „unter Umständen nicht mal innerhalb von einem komplett ingesourcten Produktions- und Absatznetzwerk gegeben“ (LLP) ist.

In eine ähnliche Richtung deuten auch aktuelle Befunde aus dem Bereich des Lieferkettenmanagements insgesamt. Demnach ist der Einsatz und die Implementierung neuer digitaler Technologien oftmals stark von einem engen Fokus einzelner Teams geprägt, weshalb auch hier Investitionen in holistische Lösungen und breiter angelegte Projekte entlang der Lieferketten nur begrenzt stattfinden (PwC 2024a).

In den von uns untersuchten Unternehmenskontexten wird in Folge des nur fragmentierten Einsatzes neuer Transparenztechnologien und durch die Heterogenität der eingesetzten Systeme von vielfachen Brüchen entlang der Logistikprozesse gesprochen. Die daraus resultierende mangelnde Interoperabilität bildet eine Grenze der Datenintegration, neben der bereits beschriebenen Datengenerierung. Einerseits wird das Problem betont, dass die Digitalisierung analoger Formate (bspw. bei Frachtscheinen) bestimmte Prozesse nicht vollständig abbildet. Doch auch wenn Datensätze vollständig vorliegen, beeinträchtigt andererseits die Heterogenität der Daten und Formate eine systemübergreifende Kompatibilität und Integration. Die Anwendungspraxis bleibt demzufolge weiterhin hinter der in der Literatur geforderten Vereinheitlichung von Standards und der Homogenisierung von Prozessdaten zurück. Aus den Interviews wird zudem deutlich, dass es sich dabei nicht nur um ein Problem verschiedener Dateiformate und IT-Systeme handelt. Gerade bei interorganisationalen Zusammenhängen seien auch die geschäftsbezogenen Parameter der verschiedenen Akteure entlang der Supply Chain oftmals inkongruent: „Der OEM [Automobilproduzent, d. Verf.] denkt immer in Teilenummern. Der Spediteur denkt in Lieferscheinnummern und in Containernummern.“ (KL)

Diesen Ausführungen folgend, scheint auf technologischer Ebene die Implementierung relevanter Hard- und Software weiterhin nur in begrenztem Maß gegeben zu sein. Zwar lässt sich in den Pandemie Jahren, insbesondere für das Jahr 2021, ein insgesamt deutlicher Anstieg an Investitionen in Anbieter von Supply-Chain-Technologie verzeichnen (PwC 2024b), allerdings scheinen diese in Reaktion auf die Covidkrise gesteigerten Investitionsvolumina im Lichte der hier vorgelegten Befunde bisher nur begrenzt in tatsächlich umfassende Veränderungen der Handlungspraktiken *on the ground* übersetzbar. Die Verquickung von fragmentierter technischer Infrastruktur, ausbleibenden Investitionen in breit angelegte Digitalisierungsprojekte und daraus resultierende Integrationsprobleme setzt dem Vorhaben flächendeckend integrierter Informationsflüsse für IT-getriebene Resilienzmaßnahmen enge Grenzen. Dabei zeichnet sich neben den hier rein technisch beleuchteten Aspekten bereits ab, dass auch soziale bzw. organisationale Konflikte einen maßgeblichen Grund für dieses Defizit spielen.

4.2 Soziotechnische Hürden

Eine bereichs- und unternehmensübergreifende Kollaboration im Sinne einer interorganisationalen Datentransparenz wird in der Literatur als zentrale Voraussetzung für gelingende Resilienzstrategien in der Supply Chain angesehen. Da für eine Umsetzung dieser Vorhaben sowohl technische als auch soziale und organisationale Fragen miteinander verzahnt sind, sprechen wir im Folgenden von soziotechnischen Systemen (vgl. Hirsch-Kreinsen 2020). Beim Fokus auf die Logistikbranche werden vor diesem Hintergrund in aktuellen Branchenanalysen spezifische Dilemmata bei der praktischen Umsetzung von Digitalisierungsvorhaben herausgearbeitet (Dispan 2024). Dispan diagnostiziert hierbei ein „Investitionsdilemma“ (2024: 44), demzufolge insbesondere die begrenzten Vertragslaufzeiten der Kontraktlogistiker von etwa zwei bis fünf Jahren ein Hindernis für größere Investitionen u. a. im Bereich der Technik und Digitalisierung darstellen. Zum einen würden sich mögliche Ausgaben in den kurzen Kontraktlaufzeiten häufig nicht amortisieren und zum anderen sei oftmals fraglich, ob sich die Investitionen auch unabhängig von der Zusammenarbeit mit dem jeweiligen Auftraggeber rentieren (ebd.). Während sich diese Analyse mit den obigen Befunden zum begrenzten Ausbau der technischen Infrastruktur deckt, zeigt sich in unseren Interviews eine weitere Problemkonstellation, die als *Kollaborationsdilemma* bezeichnet werden kann und im Folgenden charakterisiert wird.

Im Hinblick auf einen möglichen Ausbau interorganisationaler Datentransparenz wird konstatiert, dass der Zugang zu Prozessdaten aus der Lieferkette jenseits einzelner Unternehmenssilos eingeschränkt sei. Der Zugriff auf integrierte Daten, bspw. über Plattformmodelle, läuft demzufolge weiterhin zentral über das Lieferkettenmanagement der jeweiligen Kunden und bleibt sehr begrenzt. So werden beispielsweise Störungen auf der Lieferantenebene oftmals nur über den Umweg des zentralisierten SCM der Kunden kommuniziert und erreichen so die Logistiker nicht oder nicht direkt. Relevante Strukturdaten bleiben so nur sehr begrenzt zugänglich. Einer möglichst frühzeitigen Antizipation und Abwendung negativer Abweichungen sowie einer Aufrechterhaltung der Logistikprozesse durch die Logistikunternehmen bleibt somit häufig ein Riegel vorgeschoben. Aus der strategischen Resilienzperspektive tragen diese Formen zentral organisierter, lediglich zweiseitiger Kommunikation zwischen den Logistikern und deren Kunden zu vielfältigen Einschränkungen und Verzögerungen bei. Damit bleibt die Praxis letztlich hinter den postulierten Möglichkeiten einer dynamisch und dezentral organisierten Netzwerkkommunikation zurück.

Die insofern limitierte Datentransparenz und das rigide Datenmanagement der Logistikkunden werden in unseren Interviews auch explizit als zentrale Hürde für die stärkere datenbasierte Kollaboration beschrieben. Bisweilen wird davon gesprochen, dass Logistikkunden mit ihren Lieferkettendaten umgehen, wie mit einem gut gehüteten „goldenen Schatz“ (KL). Als zentraler Grund für restriktive Formen von Data-Governance werden Sicherheitsrisiken und folglich die

Risikoaversion der Logistikkunden ins Feld geführt. Darunter scheint den Aussagen zufolge insbesondere die Absicherung strategischer Vorteile im Netzwerkdesign innerhalb bestimmter Industrien zu fallen, aber auch die Sicherung von Know-how gegenüber Konkurrenten und mögliche Industriespionage im Kontext globaler Produktion. Als herausragendes Beispiel eines restriktiven Umgangs mit Netzwerkdaten gegenüber Logistikunternehmen wird die Elektronikindustrie hervorgehoben. Ein Gesprächspartner aus dem Bereich digitaler Logistikservices schildert:

„Da gibt es halt eine Industrie, die eigentlich herausragt, weil sie so geheimnistuerisch ist wie keine andere. Die würden noch nicht mal die Namen nennen von ihren Zulieferern, sondern die würden einfach nur sagen: Das ist mein Lieferant eins, zwei, drei, vier. Der ist ungefähr in dieser Gegend ansässig. [...] Und das ist halt dann schwierig.“ (LS)

Demzufolge wird das Netzwerkdesign im Sinne der strategischen Aufstellung des Lieferantennetzes als integraler Bestandteil konkurrenzfähiger Wertschöpfung angesehen. Auf ähnliche Weise berichten auch Kontraktlogistiker für andere Branchen von nur begrenzten Zugängen zu Netzwerkdaten jenseits direkter Kontakte zu Lieferanten ihrer Kunden, insbesondere auf dem Sub-Tier-Level. Durch diese restriktive Absicherung wesentlicher Netzwerkdaten bleibt eine stärkere Datentransparenz gegenüber den Logistikern verwehrt und somit findet auch eine Einbindung in das Risikomanagement der Kunden nur in sehr begrenztem Umfang statt.

Bemerkenswert ist dabei, dass in Fragen des Datenmanagements der Logistikkunden teils von deutlichen geographischen Differenzen zwischen Europa und Asien berichtet wird. Während insbesondere die Kunden in Deutschland und Europa in vielen Fällen wie beschrieben vorgehen, seien Kunden aus dem asiatischen Raum häufig in Fragen der Datentransparenz wesentlich permissiver. Ob sich tatsächlich signifikante geographische Differenzen verschiedener Kunden aus derselben Branche finden oder ob diese Aussagen vielmehr branchenspezifische Differenzen im Umgang mit Daten gewissermaßen über den Umweg der Geographie abbilden, blieb in den Interviews offen.

Des Weiteren zeigt sich die Machtdynamik zwischen den beteiligten Parteien in den Lieferketten als erheblicher Faktor im Zusammenhang mit der Frage nach (In)Transparenz beim Datenmanagement. Einerseits, und damit stärker einem integrativen Kollaborationsparadigma entsprechend, korrelieren insbesondere langfristige, strategische Partnerschaften zwischen Logistikunternehmen und deren Kunden mit einer Tendenz zu höherer Datentransparenz und Integration in koordinierende Prozesse. Im Fall eines Kontraktlogistikers aus der Automobilbranche wird von einer engeren Integration in das Lieferantenmanagement der Kunden berichtet, womit ein höheres Maß an Data-Sharing erreicht wird. Allerdings scheinen solche Arrangements tendenziell weiterhin eher die Ausnahme zu bilden. Der wechselseitige Nutzen bleibt ausschlaggebend für eine engere Anbindung:

„Daten sind halt sehr, sehr wertvoll und wir überlegen uns natürlich auch:

Wie kann man da Kundendaten bekommen, wo es halt wirklich eine Win-Win-Situation ist?“ (LS)

Insgesamt zeigt sich in den Interviews deutlich, dass mit strategischen Partnerschaften häufig eine potenziell bessere Qualität von Prozessdaten aus den Lieferketten einhergeht und folglich in diesen Fällen auch präzisere Analysen und damit zuverlässigere Dienstleistungen möglich sind.

Allerdings bleiben andererseits im Zusammenhang mit einer verstärkten interorganisationalen Datentransparenz Bedenken hinsichtlich veränderter Machtdynamiken bestehen. Die zunehmende Verfügbarkeit von Daten aus den gesamten Produktionsnetzen und Lieferprozessen kann unter Umständen die Machtverhältnisse zwischen den einzelnen Akteuren verändern. Schließlich könnten Logistikdienstleister durch einen weitreichenderen Zugriff auf die Netzwerkdaten der Kunden kritische Knotenpunkte oder Zuliefererstrukturen klarer identifizieren und somit bspw. auch die eigene Rolle als systemkritischer Akteur besser einschätzen. Die potenzielle Stärkung der Verhandlungsposition von Logistikdienstleistern durch solche Informationen könnte zumindest teilweise den restriktiven Umgang in Fragen der Transparenz seitens großer Kunden mit eigenem SCM erklären. Es liegt also ganz in deren machtpolitischem Interesse, gegenüber Logistikern und sonstigen Akteuren die Datentransparenz zur Stärkung der eigenen Verhandlungsposition möglichst gering zu halten. Insbesondere bei eher transaktionalen Aufträgen mit kurzen Laufzeiten und niedrigen Wechselkosten ist ein solches Vorgehen naheliegend. Etwas zugespitzt zusammengefasst, scheint also im Kontext der Lieferkette stets eine Abwägung zwischen einer stärker strategisch ausgerichteten Kooperation mit einem höheren Maß an Datentransparenz und einer eher kurzfristigen, transaktionalen Zusammenarbeit mit sehr begrenzter Datentransparenz stattzufinden.

Grundsätzlich stehen bei Vertragsverhandlungen über Lieferkettenarrangements Haftungsfragen ganz oben auf der Agenda. Vielfach berichten unsere Gesprächspartner aus den verschiedenen Bereichen der Logistik, dass Haftungsfragen essenziell sind und folglich die vielfachen Risiken durch Störungen und Unterbrechungen der Lieferkette oftmals durch eine Aufgliederung der Haftung zwischen den Akteuren innerhalb der Lieferketten organisiert werden. Auch bei der Definition von Arbeitsverträgen innerhalb der fragmentierten Logistikbranche mit ihren typischen Strukturen aus vielfachen Subunternehmen zeigt sich der Haftungsausschluss als gängige Praxis. Ein hochrangiger gewerkschaftlicher Vertreter betont nachdrücklich: „Die ganze Branche ist darauf aufgebaut, eigentlich keine Generalunternehmerhaftung zu haben.“ Demnach werden die Vertragsmodalitäten für Dienstleistungen durch Subunternehmer in der Regel so gestaltet, dass der Generalunternehmer bei ausbleibender Abführung von Sozialversicherungsbeiträgen seiner Nachunternehmer nicht haftet. Insgesamt lassen sich diese Formen des Haftungsausschlusses als eine Art Workaround verstehen, das angesichts struktureller Vulnerabilitäten von Lieferketten und damit als Mittel des Risikomanagements aller involvierten Parteien die Praxis weiterhin bestimmt.

In den Interviews wird zudem hervorgehoben, dass diese Praktiken in engem Zusammenhang mit den weiterhin ausbleibenden Vertiefungen von Kooperationen und Datentransparenz innerhalb der Lieferketten stehen.

Als weiteres Instrument zur Prognose oder Früherkennung von Störungen entlang der Lieferkette gilt die Erhebung, Analyse und Bereitstellung von Kontextdaten. Dabei werden Echtzeitdaten jenseits der direkten Prozessinformationen erhoben und analysiert, um wahrscheinlichkeitsbasierte Risikobewertungen im Rahmen spezifischer Lieferketten abzugeben. Über Big-Data-Analysen insbesondere mit Web-Scraping-Tools und Natural-Language-Processing-Tools werden bspw. Geodaten zu Naturkatastrophen, Protesten oder Konflikten, Handels- und Zoll Daten verarbeitet, um mögliche Störungsrisiken durch Analysen von indirekten Indikatoren potenziell besser abschätzen zu können. Während diese Instrumente im internen SCM angewandt werden können, gibt es auch externe Anbieter, die solche Anwendungen als digitale Logistikdienstleistungen zur Risikobewertung anbieten und zunehmend an Popularität gewinnen.

Während diese Dienstleistungen angesichts mangelhafter Prozessdatentransparenz durchaus als Workaround verstanden werden können, betont ein Vertreter eines Anbieters solcher digitalen Logistikdienstleistungen auf Basis von Kontextdaten im Interview, dass darin auch eine Ergänzung zur Analyse von Prozessdaten aus der Logistikkette liegt. Der klassische Ansatz zur Erhebung von Prozessdaten läuft demnach in der Regel über eine anhaltende Befragung aller beteiligten Akteure im Logistiknetz und die Integration dieser Daten im zentralen SCM. Im untersuchten Fall eines solchen Anbieters digitaler Logistikdienstleistungen werden diese Befragungsansätze jedoch insbesondere in großen und komplexen Netzwerken als wenig belastbar bzw. praktikabel und effektiv beschrieben. Über den ‚Umweg‘ der Kontextdaten können folglich zunehmend komplexe interorganisationale Hürden potenziell abgefangen werden. In diesem Sinne dient die Bereitstellung von spezifischen Kontextdaten auch als eine Erweiterung der klassischen Risikobewertung innerhalb des Lieferkettenmanagements.

Abschließend kann noch auf den Befund einer generellen Komplexität von digitalen Integrationsprozessen in Lieferketten verwiesen werden (PwC 2024a). Dieser Umstand liegt nicht zuletzt in der hier nachgezeichneten Verflechtung technologischer und interorganisationaler Problemlagen begründet. Die zunehmende interorganisationale Komplexität durch eine Vielzahl von Tier-n-Lieferanten, verschiedenste Dienstleister, intermodale Transportarten usw. wird durch die technologischen Integrationsprobleme befeuert und wirkt zugleich auf diese zurück. In diesem Sinne scheint ein genereller Komplexitätszuwachs die Grundlagen für eine umfassende Datentransparenz zu untergraben und macht zur Lösung der so entstehenden Hürden weitreichende und aufwändige Projekte weit über die Grenzen einzelner Organisationen nötig.

In der Zusammenschau stellen also insbesondere Sicherheitsrisiken sowie die Machtdynamiken und -asymmetrien aus Sicht der Logistikunternehmen zentrale

Hürden für eine engere Kollaboration zwischen den verschiedenen Akteuren in der Lieferkette dar. Dieses Kollaborationsdilemma wird zudem durch das generelle Komplexitätsproblem weiter vertieft und liefert somit einen Erklärungsansatz für die weiterhin limitierte Datentransparenz in der Branche. Der Blick auf die weiterhin bestehenden Hürden in der Praxis der Unternehmen offenbart noch viel Wegstrecke hin zu verbesserten Beurteilungen und Vorhersagen potenzieller Risiken im Logistikablauf sowie kürzeren Reaktionszeiten und einer gesteigerten Anpassungsfähigkeit im Störfall. Folglich sollten die mit dem Einsatz neuer Technologien angestrebten Ziele gesteigerter Resilienz eher mit Skepsis betrachtet werden.

5. Fazit: Zielkonflikte zwischen Resilienz und Rentabilität

In den vorhergehenden Abschnitten wurden die Entwicklungen im Bereich der Resilienztechnologien in der Logistikbranche untersucht. Zunächst wurde die Forschungsliteratur und die bestehende Debatte über Resilienz in der Supply Chain sowie über den Einsatz digitaler Technologien zur Resilienzbildung in der Logistik nachgezeichnet. Im Anschluss wurden auf Grundlage von Experteninterviews und Branchenberichten die konkrete Implementierung dieser Technologien sowie deren Potenziale und Grenzen in der Praxis detailliert analysiert. Zum einen konnte gezeigt werden, dass die Erfassung von Prozessdaten und deren Integration durch bestehende technologische Hindernisse nur begrenzt stattfindet. Zum anderen konnten soziotechnisch bedingte Hürden aufgezeigt werden, die einer weitreichenderen Integration von Informationen und Prozessen entgegenwirken. Abschließend werden diese Ergebnisse nun in groben Zügen noch einmal in die größeren strategischen Unternehmenskontexte und die strukturellen Bedingungen globaler Lieferketten eingebettet. Dabei zeigen sich mögliche Zielkonflikte zwischen der Kostenkontrolle und der Resilienzbildung.

„Die Krisensituation ist das neue Normal“ (KL) – auf diese oder ähnliche Weise wird über alle Interviews hinweg die Gemengelage aus anhaltenden Störungen von Lieferketten und hoher Volatilität mitsamt steigenden Transportkosten beschrieben. Darin wird von unseren Interviewpartner weitestgehend einhellig eine Verschärfung und Verstetigung von bereits vor der Krisenzeit bestehenden Problemen gesehen. Demnach scheint also mit zunehmenden geopolitischen Spannungen, dem klimapolitischen Handlungsdruck und makroökonomischen Verschiebungen in absehbarer Zeit keine Rückkehr in sicheres Fahrwasser erwartbar zu sein.

Die digitale Transparenz im Sinne einer verbesserten Datentransparenz und Echtzeit-Informationen über die vielfältigen Logistikprozesse birgt in diesem Zusammenhang durchaus Potenziale, als Hebel für Resilienz und damit für verbesserte Fähigkeiten im Umgang mit dem Status quo in den Lieferketten zu dienen. Allerdings stoßen diese Möglichkeiten aufgrund der umrissenen technischen und soziotechnischen Hürden auf Grenzen. Zudem scheint mit dieser

Form von Resilienzbildung durch die Digitalisierung von Logistikprozessen keine hinreichende Antwort auf die grundlegenden Schwachstellen der Komplexität und geographischen Situierung von Lieferketten gegeben. Zwar hat das Bewusstsein für deren Störungsanfälligkeit deutlich zugenommen, dennoch scheint es bisher wenig Anzeichen für einen weitreichenden Rückzug aus übermäßig komplexen und globalen Produktions- und Distributionsnetzwerken zu geben. Auch aus der Sicht unserer Interviewpartner sind keine größeren strategischen Verschiebungen in der Struktur der Lieferketten erkennbar:

„Also ich wüsste nicht wie es stabiler geworden ist. [...] Also es gab ja nicht mehr Investments in Infrastruktur. [...] Das hat sich eigentlich nicht gewandelt. [...] Aber fundamental hat sich nichts geändert in der Logistik.“ (LS)

Folgt man den Darstellungen unserer Gesprächspartner und aktuellen Branchenberichten, wird als einzig sichtbare Veränderung immer wieder die verstärkte Hinwendung der Logistikkunden zu Diversifizierungsstrategien wie dem Multi-Sourcing angeführt, das als Reaktion auf die anhaltenden Störungen und strukturellen Risiken angesehen wird (Inform 2023; Dohrmann et al. 2024). Das insgesamt sehr reaktive Geschäft der Logistik bleibt folglich entgegen anhaltenden Prognosen von Reshoring und Deglobalisierung vorerst in komplexe, globale Netzwerke eingebunden. Dabei könnte der Effekt zunehmender Diversifizierung paradoxerweise dazu beitragen, dass durch die strategischen Ziele einer erhöhten Flexibilität im Sourcing auch die Komplexität von Lieferketten weiter zunimmt (Dohrmann et al. 2024).

Darüber hinaus bleiben all diese Fragen nach gesteigerter Resilienz der anhaltenden Kommoditisierung in weiten Teilen der Logistikbranche ausgesetzt. Unter Kommoditisierung wird ein längerfristiger Trend der Wettbewerbsbedingungen im Logistikmarkt beschrieben, der sich durch zunehmend homogene Dienstleistungen, preissensible Kunden und niedrige Wechselkosten auszeichnet (Coe 2021). Die damit zunehmend schwierigen Wettbewerbsbedingungen und die schwache Machtposition der Logistiker gegenüber großen Kunden zeigen sich insbesondere in der allgemein niedrigen und rückläufigen Gewinnrate der Branche, die trotz teils einträglicher Krisenjahre weiterhin zu bestehen scheinen (ebd.; Paulsen 2024). Folglich bleibt mit hoher Sicherheit eine grundsätzliche Abwägung zwischen Kosteneffizienz und Resilienz bestehen. Eine potenzielle Spannung zwischen den Zielen des Resilienzausbaus und der Kostenreduzierung kann somit auch zu Zielkonflikten bei der Implementierung neuer Resilienztechnologien führen. Darauf deuten nicht zuletzt auch aktuelle Befunde aus Branchenberichten hin. Demnach wird digitalen Anwendungen aus den Bereichen Big-Data und KI oder auch Digitalen Zwillingen einerseits eine hohe Bedeutung zugemessen und es lassen sich auch weiterhin Zuwächse im Budget für neue Technologien erkennen (DIHK 2022; PwC 2024a). Andererseits werden jedoch Wachstumsförderung und Kostensenkung, nicht resilienzbezogene Maßnahmen, als wichtigste Ziele bei der Digitalisierung von Abläufen angeführt und zudem auch beschrieben, dass

Personalressourcen und -kosten sowie zu hohe Investitionssummen in digitale Tools als zentrale Hemmnisse für die Implementierung und den Einsatz neuer Technologien wirken (DIHK 2022; PwC 2024a). Dies verdeutlicht, in Zusammenschau mit den erörterten Ergebnissen unserer Studie, ein Spannungsverhältnis zwischen Resilienzmaßnahmen und Kostenstrategien.

Der Fokus auf die Akteure aus dem Logistikbereich konnte zentrale Konfliktfelder für die Implementierungspraxis von Resilienztechnologien und den Umgang mit dem eben beschriebenen Spannungsverhältnis erhellen. Allerdings bleibt die Erklärungsreichweite dieser Befunde notwendig begrenzt, da für eine weitreichende Analyse der Lieferketten auch die Perspektiven anderer Akteure näher zu beleuchten wären. Allen voran spielen hierbei die großen Logistikkunden mitsamt ihrem zentralisierten SCM eine herausgehobene Rolle, um die kooperativen und konfliktiven Entwicklungen hinsichtlich der Stabilisierung globaler Produktion und Distribution besser zu verstehen. Zudem ließen sich auch weitere Problemfelder noch näher untersuchen, bspw. die zunehmende Bedeutung von Cybersecurity im Logistik- und Lieferkettenmanagement (Cheung et al 2021). Perspektivisch ließen sich diese Feststellungen auch im Zusammenhang mit der allgemeinen Dynamik auf dem deutschen Logistikmarkt und den damit einhergehenden strategischen Herausforderungen untersuchen. An dieser Stelle muss zwar offenbleiben, welche Auswirkungen das zuletzt noch anhaltende, aber deutlich verlangsamte Wachstum der Logistikbranche in Deutschland oder auch der anhaltend hohe Personalmangel im Logistikbetrieb auf die Strategien der Akteure hat (Bauer 2024; BVL 2024). Angesichts dieser Marktentwicklung und dem hohen Wettbewerb im Lichte der Kommoditisierung, scheinen die strategischen Implikationen allerdings kein unbedingt positives Licht auf weitreichende Investitionen in und die Implementierung von neuen Resilienztechnologien zu werfen. Wie bleiben die Logistikunternehmen wettbewerbsfähig, während gleichzeitig Resilienz aufgebaut wird?

Nicht zuletzt muss auch darauf hingewiesen werden, dass die hier vorgestellten Befunde gewissermaßen als Momentaufnahme der laufenden Restrukturierungsprozesse in Folge der postpandemischen Konstellation entstanden sind. Die hohe Dynamik der Branche und die anhaltende Unklarheit im Umgang mit der ökonomischen und politischen Gemengelage war ein stetig wiederkehrendes Thema in fast allen Interviews. Es bleibt deshalb abzuwarten und zu begleiten, wie sich die verschiedenen Akteure mittel- bis langfristig strategisch auf die anhaltenden globalen Unsicherheiten aufstellen werden.

6. Literatur

- Adorno, M. (2022, 20. April). *Dringender Nachholbedarf: Lieferketten als kritische Infrastruktur*. MM Logistik. <https://www.mm-logistik.vogel.de/dringender-nachholbedarf-lieferketten-als-kritische-infrastruktur-a-ce9381f9f0a8c026c785f228214cc832/>
- Alexander, A., Blome, C., Schleper, M.C., & Roscoe, S. (2022). Managing the 'new normal': the future of operations and supply chain management in unprecedented times. *International Journal of Operations & Production Management*, 42(8), 1061–1076. <https://doi.org/10.1108/IJOPM-06-2022-0367>
- Ali, A., Mahfouz, A., & Arisha, A. (2017). Analysing supply chain resilience: integrating the constructs in a concept mapping framework via a systematic literature review. *Supply Chain Management*, 22(1), 16–39. <https://doi.org/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. *Journal of Operations Management*, 33/34, 111–122. <https://doi.org/10.1016/j.jom.2014.11.002>
- Bauer, A. (2024, 9. Juli). *So steht es um den Arbeitskräfteengpass in der Logistik*. Deutsche Verkehrs-Zeitung. <https://www.dvz.de/konjunktur-und-maerkte/detail/news/so-steht-es-um-den-arbeitskraefteengpass-in-der-logistik.html> (zuletzt abgerufen 24.02.2025).
- Belhadi, A., Kamble, S., Jabbour, C. J. C., Gunasekaran, A., Ndubisi, N. O., & Venkatesh, M. (2021). Manufacturing and service supply chain resilience to the COVID-19 outbreak: Lessons learned from the automobile and airline industries. *Technological forecasting and social change*, 163, 120447. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.120447>
- Birkel, H., Hohenstein, N. O., & Hähner, S. (2023). How have digital technologies facilitated supply chain resilience in the COVID-19 pandemic? An exploratory case study. *Computers & Industrial Engineering*, 183, 109538. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2023.109538>
- Blackhurst, J., Dunn, K. S., & Craighead, C. W. (2011). An empirically derived framework of global supply resiliency. *Journal of business logistics*, 32(4), 374–391. <https://doi.org/10.1111/j.0000-0000.2011.01032.x>
- BME (2022) *BME-Logistikstudie 2022: Digitalisierung in Supply Chains*, Bundesverband Materialwirtschaft. Einkauf und Logistik e.V. <https://www.bme.de/news/digitalisierung-in-supply-chains-kommt-voran/>
- Böhmer, M., Schmidt, M., & Weißenberg, N. (2015). Seamless Interoperability in Logistics: Narrowing the Business-IT Gap by Logistics Business Objects. In Hompel, M., Rehof, J., Wolf, O. (Hg.), *Cloud Computing for Logistics* (S. 77–117). Springer.
- Butollo, F., & Staritz, C. (2022). Deglobalisierung, Rekonfiguration oder Business as Usual? COVID-19 und die Grenzen der Rückverlagerung globalisierter Produktion. *Berlin Journal für Soziologie*, 32, 393–425. <https://doi.org/10.1007/s11609-022-00479-5>
- BVL (2024, 3. Dezember). *Logistikumsatz und Beschäftigung*. Bundesvereinigung Logistik. <https://www.bvl.de/service/zahlen-daten-fakten/umsatz-und-beschaeftigung> (zuletzt abgerufen 24.02.2025).
- Charmaz, K. (2006). *Constructing Grounded Theory. A Practical Guide through Qualitative Analysis*. Sage.

- Cheung, K. F., Bell, M. G., & Bhattacharjya, J. (2021). Cybersecurity in logistics and supply chain management: An overview and future research directions. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 146, 102217. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2020.102217>
- Chowdhury, M. M. H., & Quaddus, M. (2017). Supply chain resilience: Conceptualization and scale development using dynamic capability theory. *International Journal of Production Economics*, 188, 185–204. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2017.03.020>
- Christopher, M. & Peck, H. (2004). Building the resilient supply chain. *The International Journal of Logistics Management*, 15(2), 1–14. <https://doi.org/10.1108/09600030410545436>
- Cichosz, M., Wallenburg, C.M., & Knemeyer, A.M. (2020). Digital transformation at logistics service providers: barriers, success factors and leading practices. *The International Journal of Logistics Management*, 31(2), 209–238. <https://doi.org/10.1108/IJLM-08-2019-0229>
- Coe, N.M. (2014). Missing links. Logistics, governance and upgrading in a shifting global economy. *Review of International Political Economy*, 21(1), 224–256. <https://doi.org/10.1080/09692290.2013.766230>
- Coe, N. M. (2021). Coping with commoditization: The third-party logistics industry in the Asia-Pacific. *Competition & Change*, 25(3–4), 281–307. <https://doi.org/10.1177/1024529420985240>
- Coe, N. M., & Yeung, H. W. (2019). Global production networks: mapping recent conceptual developments. *Journal of Economic Geography*, 19(4), 775–801, <https://doi.org/10.1093/jeg/lbz018>
- DIHK (2022). *Sonderauswertung des AHK World Business Outlook Herbst 2022: Deutsche Wirtschaft stärkt Resilienz in Lieferketten*. Deutsche Industrie- und Handelskammer. <https://www.dihk.de/resource/blob/88496/c6fb98dff890147c6c1271468065d759/international-sonderauswertung-lieferketten-wbo-herbst-2022-data.pdf> (zuletzt abgerufen 24.02.2025).
- Ding, Y., Jin, M., Li, S., & Feng, D. (2021). Smart logistics based on the internet of things technology: an overview. *International Journal of Logistics Research and Applications*, 24(4), 323–345. <https://doi.org/10.1080/13675567.2020.1757053>
- Dispan, J. (2024). *Branchenanalyse Kontraktlogistik. Strukturen, Transformationen, Beschäftigungstrends – Schwerpunkt Automotive-Kontraktlogistik* (Working Paper 324). Hans-Böckler-Stiftung. https://www.boeckler.de/de/faust-detail.htm?sync_id=HBS-008819
- Dohrmann, K., Buhl, F., Fühner, S., Wegner, O., Stols, O., & Dammann, T. (2024). *Supply Chain Diversification Trend Report*. DHL Group. <http://www.dhl.com/supply-chain-diversification>
- El Baz, J., & Ruel, S. (2021). Can supply chain risk management practices mitigate the disruption impacts on supply chains' resilience and robustness? Evidence from an empirical survey in a COVID-19 outbreak era. *International Journal of Production Economics*, 233, 107972. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2020.107972>
- Elluru, S., Gupta, H., Kaur, H., & Singh, S. P. (2019). Proactive and reactive models for disaster resilient supply chain. *Annals of Operations Research*, 283, 199–224. <https://doi.org/10.1007/s10479-017-2681-2>
- Elsner, M., Atkinson, G., & Zahidi, S. (2025). *Global Risks Report 2025*. World Economic Forum. <https://www.weforum.org/publications/global-risks-report-2025/>

- Faruquee, M., Paulraj, A., & Irawan, C.A. (2021). Strategic supplier relationships and supply chain resilience: is digital transformation that precludes trust beneficial?. *International Journal of Operations and Production Management*, 41(7), 1192–1219. <https://doi.org/10.1108/IJOPM-10-2020-0702>
- Fiksel, J., Croxton, K.L., & Pettit, T.J. (2015). From risk to resilience: learning to deal with disruption. *MIT Sloan Management Review*, 56(2), 78–86. <https://sloanreview.mit.edu/article/from-risk-to-resilience-learning-to-deal-with-disruption/>
- Frederico, G. F. (2021) „Towards a Supply Chain 4.0 on the post-COVID-19 pandemic: a conceptual and strategic discussion for more resilient supply chains“, *Rajagiri Management Journal*, 15(2), 94–104. <https://doi.org/10.1108/RAMJ-08-2020-0047>
- Geary, S., Disney, S. M., & Towill, D. R. (2006). On bullwhip in supply chains – historical review, present practice and expected future impact. *International Journal of Production Economics*, 101(1), 2–18. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2005.05.009>
- Gu, M., Yang, L., & Huo, B. (2021). The impact of information technology usage on supply chain resilience and performance: An ambidexterous view. *International journal of production economics*, 232, 107956. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2020.107956>
- Hald, K. S., & Coslugeanu, P. (2022). The preliminary supply chain lessons of the COVID-19 disruption—What is the role of digital technologies? *Operations Management Research*, 15, 282–297. <https://doi.org/10.1007/s12063-021-00207-x>
- Hägele, S., Grosse, E. H., & Ivanov, D. (2023). Supply chain resilience: a tertiary study. *International Journal of Integrated Supply Management*, 16(1), 52–81. <https://doi.org/10.1504/IJISM.2023.127660>
- Helwing, V., Verfürth, P., & Franz, M. (2023). Trucking (un)limited – the impact of digital platforms on labour in production networks of logistics. *ZfW – Advances in Economic Geography*, 67(4). <https://doi.org/10.1515/zfw-2021-0032>
- Herold, D.M., Nowicka, K., Pluta-Zaremba, A., & Kummer, S. (2021). COVID-19 and the pursuit of supply chain resilience: reactions and ‚lessons learned‘ from logistics service providers (LSPs). *Supply Chain Management*, 26(6), 702–714. <https://doi.org/10.1108/SCM-09-2020-0439>
- Hiermaier, S., Hiller, D., Edler, J., Roth, F., Arlinghaus, J., & Clausen, U. (2021). Resilienz: Ein Fraunhofer-Konzept für die Anwendung. Fraunhofer Gesellschaft. <https://doi.org/10.24406/publica-fhg-300918>
- Hirsch-Kreinsen, H. (2020). *Digitale Transformation von Arbeit: Entwicklungstrends und Gestaltungsansätze*. Kohlhammer.
- Ho, W., Zheng, T., Yildiz, H., & Talluri, S. (2015). Supply chain risk management: a literature review. *International journal of production research*, 53(16), 5031–5069. <https://doi.org/10.1080/00207543.2015.1030467>
- Hobohm, M. (2024, 8. Januar) Lieferkette: Transparenz ist wichtiger als je zuvor. *Digital Process Industry*. <https://www.digital-process-industry.de/lieferkette-transparenz-ist-wichtiger-als-je-zuvor-a-de75f50763a7d4c54d4406faad667d89/>
- Höppner, P.; Wölfl, A. (2023) „ifo Branchen-Dialog 2022: Mit KI, Big Data und Plattformen zu resilienteren globalen Lieferketten“, *ifo Schnelldienst* 76(1), 65–69.
- Hofmann, E., & Osterwalder, F. (2017). Third-party logistics providers in the digital age: towards a new competitive arena?. *Logistics*, 1(2), 9. <https://doi.org/10.3390/logistics1020009>

- Hohenstein, N. O., Feisel, E., Hartmann, E., & Giunipero, L. (2015). Research on the phenomenon of supply chain resilience: a systematic review and paths for further investigation. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 45(1/2), 90–117. <https://doi.org/10.1108/IJPDLM-05-2013-0128>
- Holgado, M., & Niess, A. (2023). Resilience in global supply chains: Analysis of responses, recovery actions and strategic changes triggered by major disruptions. *Supply Chain Management: An International Journal*, 28(6), 1040–1059. <https://doi.org/10.1108/SCM-01-2023-0020>
- Holling, C. S. (1973). Resilience and stability of ecological systems. *Annual review of ecology and systematics*, 4(1), 1–23. <https://doi.org/10.1146/annurev.es.04.110173.000245>
- Hosie, P., Sundarakani, B., Tan, A. W. K., & Koźlak, A. (2012). Determinants of fifth party logistics (5PL): Service providers for supply chain management. *International Journal of Logistics Systems and Management*, 13(3), 287–316.
- Inform (2023) *Trendreport Resilienz durch Logistik IT*. Inform Institut für Operations Research und Management. <https://www.inform-software.com/de/expertise/informationsmaterial/trendstudie-resilienz-durch-logistik-it>
- International Organisation for Standardization (2018). *Risk management – Principles and guidelines* (ISO Standard No. 31000:2018). <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:31000:ed-2:v1>
- Ivanov, D. (2021). Digital supply chain management and technology to enhance resilience by building and using end-to-end visibility during the COVID-19 pandemic. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 71, 10485–10495. <https://doi.org/10.1109/TEM.2021.3095193>
- Ivanov, D. (2024). Two views of supply chain resilience. *International Journal of Production Research*, 62(11), 4031–4045. <https://doi.org/10.1080/00207543.2023.2253328>
- Ivanov, D., Sokolov, B., & Dolgui, A. (2014). The Ripple effect in supply chains: trade-off 'efficiency-flexibility-resilience' in disruption management. *International Journal of Production Research*, 52(7), 2154–2172. <https://doi.org/10.1080/00207543.2013.858836>
- Ivanov, D., Blackhurst, J., & Das, A. (2021). Supply chain resilience and its interplay with digital technologies: Making innovations work in emergency situations. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 51(2), 97–103. <https://doi.org/10.1108/IJPDLM-03-2021-409>
- Jabbarzadeh, A., Fahimnia, B., & Sabouhi, F. (2018). Resilient and sustainable supply chain design: sustainability analysis under disruption risks. *International Journal of Production Research*, 56(17), 5945–5968. <https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1461950>
- Jüttner, U., Peck, H., & Christopher, M. (2003). Supply chain risk management: outlining an agenda for future research. *International Journal of Logistics: research and applications*, 6(4), 197–210. <https://doi.org/10.1080/13675560310001627016>
- Jüttner, U., & Maklan, S. (2011). Supply chain resilience in the global financial crisis: an empirical study. *Supply Chain Management*, 16(4), 246–259. <https://doi.org/10.1108/13598541111139062>
- Keller, R. (2011). *Wissenssoziologische Diskursanalyse. Grundlegung eines Forschungsprogramms* (3. Aufl.). VS Verlag für Sozialwissenschaften.

- Kopanaki, E. (2022). Conceptualizing Supply Chain Resilience: The Role of Complex IT Infrastructures. *Systems*, 10(2), 35. <https://doi.org/10.3390/systems10020035>
- Kling, R., & Lamb, R. (1999). IT and organizational change in digital economies: a socio-technical approach. *ACM SIGCAS Computers and society*, 29(3), 17–25. <https://doi.org/10.1145/572183.572189>
- Lee, Hau L., Padmanabhan, V., & Whang, S. (1997). Information Distortion in a Supply Chain: The Bullwhip Effect. *Management Science* 43(4), 546–558. <https://doi.org/10.1287/mnsc.43.4.546>
- Leinbach, T. R., & Capineri, C. (Hg.) (2007). *Globalized freight transport: Intermodality, e-commerce, logistics and sustainability*. Edward Elgar.
- Lücker, F., Seifert, R. W. & Biçer, I. (2018). Roles of inventory and reserve capacity in mitigating supply chain disruption risk. *International Journal of Production Research*, 57(4), 1238–1249. <https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1504173>
- MacCarthy, B. L. & Ivanov, D. (2022). The Digital Supply Chain – emergence, concepts, definitions, and technologie. In Dies. (Hg.), *The digital supply chain* (S. 3–24). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-91614-1.00001-0>
- Mayring, P. (2004). Qualitative Content Analysis. In Flick, U., von Kardorff, E., & Steinke, I. (Hg.), *A Companion to Qualitative Research* (S. 266–270). Sage.
- Meitinger, T. (2024). Digitale Erleuchtung. *Logistik Heute*, 46(4), 50–53.
- Meitinger, T. (2023, 12. Januar). Studie: Kollaboration in der Supply Chain wird oft ausgebremst. *Logistik Heute*. <https://logistik-heute.de/news/studie-kollaboration-der-supply-chain-wird-oft-ausgebremst-38836.html>
- Memedovic, O., Ojala, L., Rodrigue, J. P., & Naula, T. (2008). Fuelling the global value chains: what role for logistics capabilities?. *International Journal of Technological Learning, Innovation and Development*, 1(3), 353–374. <https://doi.org/10.1504/IJTLID.2008.019978>
- Negri, M., Cagno, E., Colicchia, C., & Sarkis, J. (2021). Integrating sustainability and resilience in the supply chain: A systematic literature review and a research agenda. *Business Strategy and the environment*, 30(7), 2858–2886. <https://doi.org/10.1002/bse.2776>
- Nettsträter, A., Geißen, T., Witthaut, M., Ebel, D., & Schoneboom, J. (2015). Logistics software systems and functions: an overview of ERP, WMS, TMS and SCM systems. Cloud computing for logistics. In Hompel, M., Rehof, J., Wolf, O. (Hg.), *Cloud Computing for Logistics* (S. 1–11). Springer.
- Norrman, A. & Jansson, U. (2004). Ericsson's proactive supply chain risk management approach after a serious sub-supplier accident. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 34(5), 434–456. <https://doi.org/10.1108/09600030410545463>
- Ozdemir, D., Sharma, M., Dhir, A., & Daim, T. (2022). Supply chain resilience during the COVID-19 pandemic. *Technology in Society*, 68, 101847. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2021.101847>
- Pan, S., Trentesaux, D., McFarlane, D., Montreuil, B., Ballot, E., & Huang, G. Q. (2021). Digital interoperability in logistics and supply chain management: state-of-the-art and research avenues towards Physical Internet. *Computers in Industry*, 128, 103435. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2021.103435>

- Park, Y., Hang, P., & Roh, J.J. (2013). Supply chain lessons from the catastrophic natural disaster in Japan. *Business Horizons*, 56(1), 75–85.
<https://doi.org/10.1016/j.bushor.2012.09.008>
- Paulsen, N. (2024, 2. April) Top-Logistiker mit erwarteten Gewinneinbrüchen. *Deutsche Verkehrs-Zeitung*. <https://www.dvz.de/unternehmen/spedition/detail/news/top-logistiker-mit-erwarteten-gewinneinbruechen.html> (abgerufen 24.02.2025).
- Pettit, T. J., Croxton, K. L., & Fiksel, J. (2013). Ensuring supply chain resilience: development and implementation of an assessment tool. *Journal of Business Logistics*, 34(1), 46–76. <https://doi.org/10.1111/jbl.12009>
- Pettit, T. J., Croxton, K. L., & Fiksel, J. (2019). The evolution of resilience in supply chain management: a retrospective on ensuring supply chain resilience. *Journal of Business Logistics*, 40(1), 56–65. <https://doi.org/10.1111/jbl.12202>
- Ponomarov, S. Y., & Holcomb, M. C. (2009). Understanding the concept of supply chain resilience. *The International Journal of Logistics Management*, 20(1), 124–143.
<https://doi.org/10.1108/09574090910954873>
- Premkumar, P., Gopinath, S., & Mateen, A. (2021). Trends in third party logistics – the past, the present & the future. *International Journal of Logistics Research and Applications*, 24(6), 551–580. <https://doi.org/10.1080/13675567.2020.1782863>
- PwC (2023) *PwC's 2023 Digital Trends in Supply Chain Survey. How much is technology transforming supply chains?* PricewaterhouseCoopers International.
<https://www.pwc.com/us/en/services/consulting/business-transformation/digital-supply-chain-survey/assets/pwc-2023-digital-trends-in-supply-chain-survey.pdf>
- PwC (2024a) *2024 Digital Trends in Operations Survey*. PricewaterhouseCoopers International. <https://www.pwc.com/us/en/services/consulting/business-transformation/digital-supply-chain-survey.html>
- PwC (2024b) *Transport & Logistics Barometer. 2024 mid-year analysis*. PricewaterhouseCoopers International. <https://www.pwc.de/de/transport-und-logistik/pwc-transport-and-logistics-barometer-h1-2024.pdf>
- Rao, S., & Goldsby, T.J. (2009). Supply chain risks: a review and typology. *The International Journal of Logistics Management*, 20(1), 97–123.
<https://doi.org/10.1108/09574090910954864>
- Ribeiro, J. P., & Barbosa-Povoa, A. (2018). Supply Chain Resilience: Definitions and quantitative modelling approaches – A literature review. *Computers & Industrial Engineering*, 115, 109–122. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2017.11.006>
- Rohleder, B. (2022, 19–22. Oktober) *Digitalisierung der Logistik* [Konferenz Präsentation]. Deutscher Logistik-Kongress, Berlin, Deutschland.
<https://www.bitkom.org/sites/main/files/2022-10/Bitkom-Charts%20Digitalisierung%20der%20Logistik%2019%2010%202022.pdf>
- Roth, F., Warnke, P., Niessen, P., & Edler, J. (2021). *Systemische Resilienz: Einsichten aus der Innovationsforschung* (No. 03/2021 (DE)). Perspektiven-Policy Brief.
<https://doi.org/10.24406/publica-fhg-301410>
- Scholten, K. & Schilder, S. (2015). The role of collaboration in supply chain resilience. *Supply Chain Management*, 20(4), 471–484. <https://doi.org/10.1108/SCM-11-2014-0386>

- Schwemmer, M., & Sardesai, S. (2023). *Resilienz als neue Zielfunktion globaler Wertschöpfungsketten* [White paper]. Bundesverband Logistik e.V.
https://www.bvl.de/files/1951/1988/2128/BVL_2023_Whitepaper_Resilienz.pdf
- Sheffi, Y., & Rice Jr, J. B. (2005). A supply chain view of the resilient enterprise. *MIT Sloan Management Review*, 47(1), 41–48.
- Stecke, K.E. & Kumar, S. (2009). Sources of supply chain disruptions, factors that breed vulnerability, and mitigating strategies. *Journal of Marketing Channels*, 16(3), 193–226. <https://doi.org/10.1080/10466690902932551>
- Strauss, A. L. (1987). *Qualitative analysis for social scientists*. Cambridge University Press.
- Strauss, A. & Corbin, J. (2014). *Basics of Qualitative Research: Techniques and Procedures for Developing Grounded Theory* (4. Auflage). Sage.
- Svensson, G. (2000). A conceptual framework for the analysis of vulnerability in supply chains. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 30(9), 731–750. <https://doi.org/10.1108/09600030010351444>
- Van der Westhuizen, C., & Niemann, W. (2022). Strategic supply chain alignment: The role of third-party logistics service providers during disruption recovery. *Journal of Transport and Supply Chain Management*, 16(1), 738.
<https://doi.org/10.4102/jtscm.v16i0.738>
- Verfürth, P., Franz, M. & Helwing, V. (2023). *Digitale Business-to-Business-Plattformen im Logistiksektor: Auswirkungen auf Arbeit und Reaktionen von Betriebsräten und Gewerkschaften* (Working Paper Forschungsförderung, No. 272). Hans-Böckler-Stiftung. <http://hdl.handle.net/10419/271018>
- Wagner, S. M., & Bode, C. (2008). An empirical examination of supply chain performance along several dimensions of risk. *Journal of business logistics*, 29(1), 307–325.
<https://doi.org/10.1002/j.2158-1592.2008.tb00081.x>
- Wieland, A., & Wallenburg, C.M. (2012). Dealing with supply chain risks: Linking risk management practices and strategies to performance. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 42(10), 887–905.
<https://doi.org/10.1108/09600031211281411>
- Woong, J. Y., & Goh, S. H. (2021). Supply chain risk management strategies in the face of COVID-19. Proceedings of the Conference on Industrial Engineering and Operations Management Singapore (pp. 7–11).
- World Economic Forum (2012) *New Models for Addressing Supply Chain and Transport Risk*. World Economic Forum. <https://www.weforum.org/publications/new-models-addressing-supply-chain-and-transport-risk/>
- Yeung, H. W. C., & Coe, N. (2015). Toward a dynamic theory of global production networks. *Economic geography*, 91(1), 29–58. <https://doi.org/10.1111/ecge.12063>
- Zacharia, Z. G., Sanders, N. R., & Nix, N. W. (2011). The emerging role of the third-party logistics provider (3PL) as an orchestrator. *Journal of Business Logistics*, 32(1), 40–54. <https://doi.org/10.1111/j.2158-1592.2011.01004.x>
- Zanker, K. (2018) *Branchenanalyse Logistik – Der Logistiksektor zwischen Globalisierung, Industrie 4.0 und Online-Handel* (Study Nr. 390), Hans-Böckler-Stiftung.
https://www.boeckler.de/de/faust-detail.htm?sync_id=HBS-06916

- Zhang, G., MacCarthy, B. L., & Ivanov, D. (2022). The cloud, platforms, and digital twins – Enablers of the digital supply chain. In MacCarthy, B. L., & Ivanov, D. (Hg.), *The digital supply chain* (S. 77–91). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-91614-1.00005-8>
- Zhou, J., Hu, L., Yu, Y., Zhang, J.Z., & Zheng, L.J. (2024). Impacts of IT capability and supply chain collaboration on supply chain resilience: empirical evidence from China in COVID-19 pandemic. *Journal of Enterprise Information Management*, 37(2), 777–803. <https://doi.org/10.1108/JEIM-03-2022-0091>
- Zouari, D., Ruel, S., & Viale, L. (2021). Does digitalising the supply chain contribute to its resilience? *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 51(2), 149–180. <https://doi.org/10.1108/IJPDLM-01-2020-0038>

Discussion Paper der Forschungsgruppe „Globalisierung, Arbeit und Produktion“

Christine Gerber

SP III 2024-302

Digitalisierung im Gesundheitswesen: Status quo, Herausforderungen, und Folgen für die Arbeitsbedingungen, 45 Seiten

Martin Krzywdzinski

SP III 2024-301

Zwischen Transformation und Krise. Automobilzulieferindustrie in Deutschland im Umbruch, 25 Seiten

Jana Flemming

SP III 2023-301

Folgen der Ausweitung mobiler Arbeit für die betriebliche Mitbestimmung. Thesen und Handlungsempfehlungen für die kollektive Interessenvertretung im Zuge einer zugespitzten Flexibilisierung der Arbeitswelt, 18 Seiten

Martin Krzywdzinski, Sabine Pfeiffer, Maren Evers, Christine Gerber

SP III 2022-301

Measuring work and workers. Wearables and digital assistance systems in manufacturing and logistics, 113 Seiten

Martin Krzywdzinski, Svenja Christen

SP III 2020-303

Im Tandem durch die Krise: Arbeit im Jobsharing während der COVID-19-Pandemie, 18 Seiten

Martin Krzywdzinski

SP III 2020-302

Automatisierung, Digitalisierung und Wandel der Beschäftigungsstrukturen in der Automobilindustrie. Eine kurze Geschichte vom Anfang der 1990er bis 2018, 64 Seiten

Robert Scholz

SP III 2020-301

Regionale Gestaltung von Arbeit: Beschäftigung, Mitbestimmung, Personalaufwand und Ausbildung in den 50 größten Unternehmen in Berlin, 31 Seiten

Phoebe V. Moore

SP III 2019-302

The Mirror for (Artificial) Intelligence. Working in Whose Reflection?, 25 Seiten

Martin Krzywdzinski, Franziska Cooman, Svenja Christen	SP III 2019-301
„Ich arbeite ganz anders und besser als früher“. Praxis und Potentiale von Jobsharing in Unternehmen, 61 Seiten	
Robert Scholz, Sigurt Vitols	SP III 2018-304
Co-determination: a driving force for Corporate Social Responsibility in German companies?, 29 Seiten	
Florian Butollo, Ulrich Jürgens, Martin Krzywdzinski	SP III 2018-303
From Lean Production to Industrie 4.0. More Autonomy for Employees?, 22 Seiten	
Grzegorz Lechowski	SP III 2018-302
Beyond “dependent development” in a high-tech industry? The interplay between domestic institutions and transnational sectoral governance in the trajectories of emerging Polish IT firms, 47 Seiten	
Maren Evers, Martin Krzywdzinski, Sabine Pfeiffer	SP III 2018-301
Designing Wearables for Use in the Workplace. The role of solution developers, 26 Seiten	
Martin Krzywdzinski, Axel Schröder	SP III 2017-302
Globale Rahmenvereinbarungen in der europäischen Automobilindustrie, 45 Seiten	
Robert Scholz	SP III 2017-301
German Model or German Models? The spatial distribution of capital and labour in the corporate governance of stock listed companies, 28 Seiten	
Martin Krzywdzinski	SP III 2016-301
Technologie, Qualifikationen und internationale Arbeitsteilung. Anmerkungen zu der Diskussion über Industrie 4.0, 39 Seiten	
Martin Krzywdzinski	SP III 2014-301
Leistungsanreize, Leistungsverhalten und die Bedeutung des sozio-kulturellen Kontextes aus ökonomischer, psychologischer und soziologischer Perspektive, 80 Seiten	

Yan Hao

SP III 2012-304

The Reform and Modernization of Vocational Education and Training in China, 18 Seiten

Elena Shulzhenko

SP III 2012-303

Human Resource Management and Labour Relations in Post-Transitional Russia, 59 Seiten

Nan Yu

SP III 2012-302

All in Transition – Human Resource Management and Labour Relations in the Chinese Industrial Sector, 43 Seiten

Soumi Rai

SP III 2012-301

Human Resource Management and Labour Relations in the Indian Industrial Sector, 42 Seiten

Alle Discussion Papers stehen zum Download bereit:
<https://www.wzb.eu/de/publikationen/discussion-papers>