

# Die Logistik in einer 2 °C wärmeren Welt

Ein Aufruf an Verlader und  
Logistikdienstleister, ihre  
Bemühungen zur Stärkung  
der Klimaresilienz globaler  
Lieferketten zu beschleunigen

Hamburg, Mai 2025



## Kühne-Stiftung und Kuehne Climate Center

Die Kühne-Stiftung ist eine familiengeführte, operative Stiftung, die vor allem eigene Projekte und Programme auf- und umsetzt. Sie ist in vier Hauptbereichen tätig: Logistik, Medizin, Kultur und Klima. Das Kuehne Climate Center hat 2023 seinen Betrieb aufgenommen. Es entwickelt und implementiert logistikorientierte Lösungen, die Emissionen reduzieren, der Atmosphäre CO<sub>2</sub> entziehen und die Klimaresilienz stärken, um so den Übergang zu einer gerechten, CO<sub>2</sub>-armen Gesellschaft voranzutreiben, vor allem in Regionen mit niedrigem und mittlerem Einkommen.

### Autoren

Sophie t'Serstevens und Mark Major,  
Kuehne Climate Center

### Danksagung

Das Kuehne Climate Center möchte Alan McKinnon, Regina Asariotis und Pietro D'Arpa für ihre Beiträge und Ratschläge danken. Wir danken auch Sophie Punte, Mark Rubarenzya, Edgar Uribe, Jorge Coelho, Sébastien Burgess, Bruno Vandemeulebroecke, Jonas Stumpf und Friedel Sehlleier für ihre Rezensionen. Für etwaige Fehler und Auslassungen sind die Autoren verantwortlich.

# Vorwort

Lieferketten geraten weltweit immer wieder ins Stocken. Waldbrände, Cyberangriffe, Überschwemmungen, Stromausfälle, Stürme, Streiks, Zölle – wir können der Liste jede Woche ein neues Ereignis hinzufügen. Wenn man dann noch die steigende geopolitische Instabilität hinzunimmt, ergibt sich eine fatale Mischung.

Seit COVID haben Unternehmen ihre Aufmerksamkeit darauf verlagert, sich besser vor zukünftigen Lieferkettenunterbrechungen zu schützen, und dieses Thema ist seitdem nicht verschwunden.

Industrie und Handel – d. h. die Verlader und Empfänger von Gütern bzw. die Kunden der Logistikbranche – reagieren häufig mit einer Umstellung ihrer globalen Lieferketten, mit Pufferlagern oder stärkerer Diversifizierung bei Zulieferern und Produktionsstandorten.

Logistikdienstleister (Logistics Service Providers, LSPs) haben ihre Rolle als Vermittler und Problemlöser (Troubleshooter) weiter ausgebaut. Sie versuchen, Störungen überall in ihrem Logistiknetzwerk besser vorherzusehen und schnell zu reagieren, indem sie Liefertermine anpassen, Lieferungen umleiten oder Ersatzlieferanten einsetzen. Auch technologische Innovationen haben zur Rettung beigetragen: Digitale Zwillinge globaler Lieferketten können in Kombination mit Analysetools und künstlicher Intelligenz (KI) sowohl Verladern als auch Logistikdienstleistern helfen, ihre Resilienz, Effizienz und Entscheidungsfindung zu verbessern.

Dabei wird jedoch etwas Wichtiges übersehen: Diese Strategien umgehen das Problem lediglich. Um das Problem zu lösen, müssen von Anfang an Investitionen getätigt werden, um Logistikinfrastruktur, -betrieb und -personal resilienter zu machen.

Es gibt drei Gründe, die Dinge anders anzugehen.

- 1) Die derzeitigen Strategien reichen nicht aus, um dem extremen Klimawandel jetzt und in den kommenden Jahrzehnten angemessen zu begegnen.
- 2) Sie ignorieren unsere Abhängigkeit von verschiedenen Materialien und Produkten, die es nur an wenigen Orten gibt – denken Sie an Kaffee,



Kakao oder Kupfer. Und 3) verschärfen wir den Verlust der lokalen Gemeinschaften, die finanzielle Belastung der Unternehmen und die steigenden Lebenshaltungskosten der Verbraucher.

Dieses Whitepaper zeigt auf, warum es sich wirtschaftlich lohnt, die Resilienz der Lieferketten noch mehr zu stärken, und ruft Verlager und Logistikdienstleister dazu auf, jetzt zu handeln.

Hier kommt Life-Links ins Spiel. Als globale Nichtregierungsorganisation (NGO), die gemeinsam mit dem Kuehne Climate Center gegründet wurde, verfolgen wir das Ziel, wirklich resiliente Lieferketten aufzubauen, mit dem Schwerpunkt auf den logistischen Verbindungen zwischen Produzenten und Verbrauchern. Indem wir Verlager, Logistikdienstleister und andere Interessengruppen zusammenbringen, um gemeinsam in konkrete Lösungen zu investieren, die die Funktionsfähigkeit der Lieferketten sichern, stärken wir ihre Resilienz und senken zugleich die Emissionen.

Gemeinsam können wir dauerhaft resiliente Lieferketten aufbauen.

Sophie Punte  
Mitgründerin und CEO von Life-Links, Gründerin  
und Vorstandsmitglied von Smart Freight Centre

# Zusammenfassung

Der Klimawandel stellt eine wachsende Bedrohung für Logistiksysteme weltweit dar. Veränderte Wetterbedingungen und häufigere Extremwetterereignisse schädigen die **Logistikinfrastruktur**. Bis 2035 wird das durchschnittliche börsennotierte Infrastruktur- und Transportunternehmen aufgrund von Klimagefahren voraussichtlich jährliche Verluste an Anlagevermögen in Höhe von 50 bis 53 Millionen US-Dollar erleiden – das entspricht etwa 7 Prozent des Gewinns.

Während Bilder zerstörter Infrastruktur – wie weggespülte Straßen oder eingestürzte Lagerhallen – oft die Berichterstattung dominieren, gehen die Auswirkungen des Klimawandels auf Logistiksysteme weit über physische Verluste hinaus. Klimagefahren können Infrastrukturdienste unterbrechen, sei es durch direkte Schäden oder vorübergehende Stilllegungen, und den **Logistikbetrieb** erheblich beeinträchtigen. Beispielsweise können Stürme dazu führen, dass Häfen mehrere Tage lang geschlossen bleiben, was zu Rückstaus bei den Schiffen und Kaskadeneffekten entlang der gesamten Lieferkette führt. Selbst vorbeugende Maßnahmen als Reaktion auf ungewöhnliche Wetterbedingungen – wie Gewichtsbeschränkungen für Flugzeuge oder reduzierte Zuggeschwindigkeiten bei extremer Hitze – können Verspätungen und betriebliche Ineffizienzen nach sich ziehen.

Über die Infrastruktur und den Betrieb hinaus ist auch das **Logistikpersonal**, das größtenteils im Freien arbeitet, den Risiken des Klimawandels ausgesetzt. Extremwetterereignisse stellen ein zunehmendes Risiko für die Gesundheit und Sicherheit der Arbeiter dar. Bei hohen Temperaturen besteht beispielsweise die Gefahr, dass Arbeiter eine Hitzeerschöpfung oder einen Hitzschlag erleiden.

Diese Risiken stellen **Verlader und Logistikdienstleister**, die für die Beauftragung und Umsetzung der Anforderungen an den Frachtdienst verantwortlich sind, zunehmend vor betriebliche und finanzielle Herausforderungen. Für Verlader können klimabedingte Störungen und Ineffizienzen zu Lagerengpässen, Produktionsstillständen,

Umsatzeinbußen und Vertrauenseinbußen der Kunden führen. Für Logistikdienstleister wiederum können die Auswirkungen Schäden an Anlagen und Verkehrsträgern, hohe Betriebskosten und Reputationsschäden sein. Kleine und mittelgrosse Logistikdienstleister sind besonders anfällig und stehen durch lokale Extremwetterereignisse vor existenzbedrohenden Herausforderungen. Während sowohl Verlader als auch Logistikdienstleister Verluste erleiden, ziehen sich die Auswirkungen durch die gesamten Lieferketten und beeinflussen letztendlich die Produktverfügbarkeit und die Verbraucherpreise.

Trotz der zunehmenden Risiken sind die Bemühungen zur **Anpassung an den Klimawandel und zur Stärkung der Resilienz** im Logistiksektor – insbesondere bei Verladern und Logistikdienstleistern – nach wie vor unzureichend. Verlader lassen die Logistik bei ihren Anpassungsstrategien häufig außen vor und konzentrieren sich in der Regel eher auf Beschaffung und Produktion. Logistikdienstleister stützen sich in der Regel auf klassische Notfall- und Business-Continuity-Pläne, in der Annahme, dass sich die Risiken im Rahmen bisheriger Erfahrungswerte bewegen. Es braucht einen Ansatz, der transformativer wirkt.

Dieses Whitepaper ruft Verlader und Logistikdienstleister dazu auf, ihre Anpassungsmaßnahmen zu verstärken. Ihre Bemühungen sollten sich auf drei wichtige Investitionsbereiche konzentrieren:

— **Durchführung von Klimarisikobewertungen** in Lieferketten und Logistiknetzwerken, um die wichtigsten Schwachstellen in Infrastruktur, Betrieb und Arbeitskräften zu identifizieren. Ein vorausschauender Ansatz – der Klimaprognosen und fortgeschrittene Analysen nutzt – ist unerlässlich. Die Integration dieser Bewertungen in den übergreifenden Risikomanagementrahmen des Unternehmens stellt sicher, dass sie gemeinsam mit anderen Risiken berücksichtigt werden.

# Inhalt

- **Investitionen in erstklassige operationelle Resilienz**, etwa durch die Stärkung von Planungs- und Reaktionsfähigkeiten, um Klimagefahren frühzeitig zu erkennen und zu bewältigen. Hierzu gehören bewährte Ansätze zur Stärkung der Resilienz – etwa die Verankerung von Szenarioplanung in Kernprozesse, der Einsatz von Tools zur verbesserten Transparenz von Logistiknetzwerken, die Nutzung von Frühwarnsystemen und die regelmäßige Aktualisierung von Notfallprotokollen.
- **Stärkung der physischen Resilienz kritischer Infrastrukturen**. Maßnahmen zur Klimaanpassung können bei unternehmenseigener Infrastruktur direkt in die Masterpläne integriert werden. Bei Infrastrukturen Dritter ist die Zusammenarbeit mit den Eigentümern der Anlagen – entweder direkt oder über Branchenverbände – notwendig, um praktische Erfahrungen zu teilen und Business Cases für Anpassungsinvestitionen zu erarbeiten.

Verlader und Logistikdienstleister steuern die täglichen Logistikprozesse und koordinieren die Schnittstellen in komplexen Netzwerken. Sie verfügen über die operativen und wirtschaftlichen Stellschrauben, um Veränderungen voranzutreiben. Klimaanpassung ist nicht nur entscheidend, um das eigene Geschäft zu sichern und Wettbewerbsvorteile zu erzielen, sondern auch, um verlässliche Lieferketten für die gesamte Gesellschaft zu gewährleisten.

Anpassung muss parallel zur Dekarbonisierung und anderen Veränderungsprozessen stattfinden. Gut umgesetzt, können sich diese Massnahmen gegenseitig verstärken und dazu beitragen, nachhaltigere, zukunftsfähige Logistiksysteme aufzubauen. Zögerliches Handeln wird nur die Kosten für Unternehmen und Gesellschaft weiter steigern.

|    |                                                                                                       |
|----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 3  | <b>Vorwort</b>                                                                                        |
| 4  | <b>Zusammenfassung</b>                                                                                |
| 6  | <b>Einführung</b>                                                                                     |
| 7  | Klimaanpassung im Logistiksektor erfordert größere Aufmerksamkeit                                     |
| 7  | Der Sektor kann auf seine Resilienzfähigkeiten aufbauen                                               |
| 8  | Verlader und Logistikdienstleister sind Schlüsselakteure um Veränderungen voranzutreiben              |
| 10 | <b>Kapitel 1: Die Diagnose – Wie Klimarisiken Logistiksysteme beeinflussen</b>                        |
| 10 | Bis 2040 könnte die globale Erwärmung 2 °C erreichen                                                  |
| 10 | Fortschreitende Klimaveränderungen                                                                    |
| 11 | Zunehmende und intensivere Extremwetterereignisse                                                     |
| 12 | Allmähliche Veränderungen und Katastrophenereignisse bedrohen Logistiksysteme                         |
| 19 | <b>Kapitel 2: Aufbau von Resilienz – Kosteneffiziente Lösungen sind in Reichweite</b>                 |
| 19 | Ein breites Spektrum an Lösungen kann die Resilienz stärken und die Anpassung ermöglichen             |
| 24 | Anpassungsmaßnahmen sind oft kosteneffizient                                                          |
| 24 | Anpassung reduziert, beseitigt aber nicht alle Risiken                                                |
| 25 | <b>Kapitel 3: Der Weg nach vorn – Was können Verlader und Logistikdienstleister tun?</b>              |
| 25 | Die Anpassung der Logistik erfordert das Zusammenwirken verschiedener Akteure                         |
| 26 | Wirksame Anpassung beginnt mit der Bewertung von Klimarisiken                                         |
| 26 | Verlader und Logistikdienstleister sollten sich auf den Aufbau von operativer Resilienz konzentrieren |
| 27 | Operative Resilienz sollte durch physische Resilienz verstärkt werden                                 |
| 29 | <b>Fazit</b>                                                                                          |
| 30 | <b>Quellen</b>                                                                                        |

# 1 Einführung

Logistiksysteme ermöglichen den Warenfluss zwischen Produzenten und Verbrauchern, sowohl in der Vorwärts- als auch der Rückwärtslogistik, innerhalb von Ländern und über Kontinente hinweg.<sup>1</sup> Sie umfassen Infrastruktur und Anlagen, Regularien, Prozesse, digitale Tools sowie Unternehmen und Beschäftigte. Sie unterstützen den Handel und gewährleisten die rechtzeitige Lieferung lebenswichtiger Güter – von Lebensmitteln und Medikamenten bis hin zu Baumaterialien und Ersatzteilen. Effiziente Logistiksysteme sind die Grundlage für wirtschaftliche Stabilität, soziales Wohlergehen und eine funktionierende moderne Gesellschaft.

Der Klimawandel birgt erhebliche und wachsende Risiken für Logistiksysteme weltweit. Veränderte Wetterbedingungen und zunehmend häufigere Extremwetterereignisse, wie zum Beispiel Stürme, Überschwemmungen und Hitzewellen, beschädigen

die Logistikinfrastruktur und beeinträchtigen die Betriebsabläufe erheblich. Studien zufolge sind 27 Prozent der Straßen- und Schieneninfrastruktur weltweit mindestens einer Naturgefahr ausgesetzt<sup>2</sup> und 86 Prozent der Häfen mehr als drei Naturgefahren<sup>3</sup>. Obwohl umfassende Daten zu Binnenwasserstraßen fehlen, verdeutlichen die jüngsten Dürren im Panamakanal (2023–2024), am Rhein (2022) und am Jangtsekiang (2022), dass auch deren Gefährdung zunimmt. Auch Lagerhallen sind betroffen: Eine Studie in Großbritannien hat ergeben, dass sie zu den klimaanfälligsten Gewerbeimmobilien zählen.<sup>4</sup>

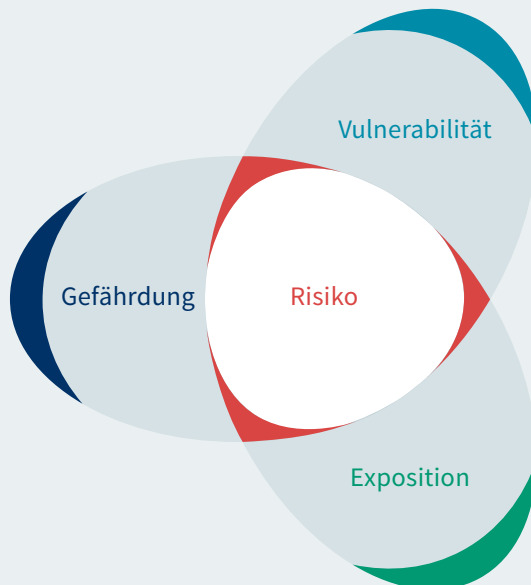
Logistiksysteme besitzen mehrere systembedingte Schwachstellen. Viele wichtige Anlagen, darunter Häfen, Flughäfen und Eisenbahnlinien, befinden sich in tiefliegenden Gebieten, die besonders anfällig für Überschwemmungen sind. Die lineare Natur von Logistiknetzwerken hat zur Folge, dass Schäden an einem einzelnen Punkt – etwa an einer Brücke oder auf

## Kasten 1. Einige Definitionen<sup>6</sup>

Ein Klimarisiko entsteht durch das Zusammenwirken von Gefährdung, Exposition und Vulnerabilität.

- **Eine Gefährdung** ist das potenzielle Auftreten eines physischen Ereignisses oder Trends mit der Folge, dass Gesellschaften und Ökosysteme Schaden nehmen können.
- **Exposition** bezeichnet die Präsenz von Menschen, Arten, Infrastruktur und anderen wertvollen Vermögenswerten an Orten, die durch eine Gefährdung beeinträchtigt werden könnten.
- **Vulnerabilität** ist die Empfindlichkeit oder Anfälligkeit gegenüber nachteiligen Auswirkungen durch Gefahren.

Anpassung bedeutet, Klimarisiken zu verringern, indem Exposition und Vulnerabilität gezielt reduziert werden.





## 1 Introduction

einem Straßenabschnitt – durch Kaskadeneffekte zur Beeinträchtigung des gesamten Systems führen können. Da ein Großteil der Logistikarbeit im Freien stattfindet, nehmen die Wetterbedingungen direkten Einfluss auf die Betriebsabläufe.

Als Reaktion auf die wachsenden Klimarisiken muss der Logistiksektor Resilienz aufbauen und sich anpassen. Obwohl die Begriffe „Anpassung“ und „Resilienz“ häufig synonym verwendet werden, bezieht sich Anpassung auf den *Prozess*, Veränderungen herbeizuführen, um die durch Klimagefahren verursachten Schäden zu verringern, während „Resilienz“ die *Fähigkeit* bezeichnet, diesen Gefahren standzuhalten und sich von ihnen zu erholen <sup>5</sup> (weitere Informationen finden Sie in Kasten 1).

### Klimaanpassung im Logistiksektor erfordert größere Aufmerksamkeit

Eine Analyse von über 8.000 Artikeln und Papern, die zwischen 2015 und 2023 in Fachzeitschriften und Medien für Logistik veröffentlicht wurden, ergab, dass sich weniger als 1 Prozent davon explizit mit der Klimaanpassung befassen. Dies deutet darauf hin, dass in diesem Sektor sowohl eine Forschungs- als auch eine Bewusstseinslücke hinsichtlich dieser Thematik besteht. Ein Blick in öffentlich zugänglicher Unternehmensdokumente von zehn großen Logistikdienstleistern und Verladern deutet auf ein ähnliches Muster hin: Während die Bemühungen zur Eindämmung des Klimawandels oft detailliert beschrieben wurden, erhielt die Anpassung wenig bis gar keine Aufmerksamkeit. Keiner der betrachteten Verlager berücksichtigte in seinen Anpassungsstrategien die Logistik. Wenn die Logistikdienstleister von Anpassung sprachen, lag der Fokus größtenteils auf akuten Gefahren, während chronische oder langsam einsetzende Veränderungen selten bedacht wurden. Nur zwei Unternehmen nannten den Klimawandel als unmittelbare Bedrohung.

Zwar werden vereinzelt Maßnahmen ergriffen, um kritische Infrastruktur entsprechend anzupassen, insbesondere dort, wo Eigentümer, Betreiber und

Investoren ein klares Interesse und finanzielle Anreize zum Handeln haben. Doch trotz dieser Bemühungen bleiben die Risiken beträchtlich: Bei der derzeitigen Entwicklung wird ein durchschnittliches börsennotiertes Infrastruktur- und Transportunternehmen bis 2035 aufgrund von Klimagefahren voraussichtlich Verluste an Anlagevermögen in Höhe von 50 bis 53 Millionen US-Dollar pro Jahr erleiden, was etwa 7 Prozent des Gewinns entspricht.<sup>7</sup> Bis 2055 werden diese Verluste voraussichtlich auf 66 bis 85 Millionen US-Dollar jährlich ansteigen.

Auf nationaler politischer Ebene enthalten nur 43 Prozent der Nationally Determined Contributions, NDCs, also der Pläne zur Reduzierung der Emissionen und Anpassung an den Klimawandel, transportbezogene Anpassungsmaßnahmen<sup>8</sup> und weniger als 6 Prozent geben messbare Ziele vor<sup>9</sup>. Damit fehlt es an den nötigen politischen Impulsen, um systemische Veränderungen anzustoßen.

### Der Sektor kann auf seiner Fähigkeit zur Resilienz aufbauen

All das bedeutet nicht, dass das Thema Anpassung in der Logistik ignoriert wird. Resilienz ist für Logistikbetriebe seit jeher von Bedeutung, und Naturgefahren werden im Unternehmensrisikomanagement und in der Business-Continuity-Planung häufig berücksichtigt. Das Störungsmanagement ist in vielerlei Hinsicht einer der Hauptverantwortungsbereiche von Logistikfachleuten. Allerdings nehmen Ausmaß und Häufigkeit klimabedingter Störungen rapide zu, und die derzeitigen Massnahmen werden diesen Veränderungen nicht gerecht. Viele Unternehmen legen weiterhin Wert auf Kosteneffizienz und Liefergeschwindigkeit und gehen davon aus, dass sich Störungen im Logistiknetz weiterhin im Rahmen bisheriger Erfahrungswerte bewegen werden – eine zunehmend riskante Annahme.

Die Herausforderung besteht nicht nur darin, der Resilienz die besondere Aufmerksamkeit zu schenken, die sie verdient, sondern auch darin,

## 1 Einführung

den Umfang der erforderlichen Anpassungen entsprechend auszulegen. Viele Unternehmen betrachten Klimarisiken einseitig, indem sie sich in erster Linie auf ihre eigenen Betriebsabläufe konzentrieren, statt die Lieferkette als Ganzes einzubeziehen.<sup>10</sup> Bei Unternehmen, deren Lieferketten sich bis in Länder mit niedrigem und mittlerem Einkommen erstrecken, werden dabei Regionen außer Acht gelassen, in denen die Logistiksysteme besonders anfällig für Klimagefahren sind. Betroffen sind vor allem kleine und informale Logistikdienstleister, denen die notwendigen Ressourcen fehlen, um Klimaresilienz aufzubauen.

### **Verlader und Logistikdienstleister sind der Schlüssel, um Veränderungen voranzutreiben**

Verlader und Logistikdienstleister spielen eine zentrale Rolle, wenn es darum geht, Veränderungen voranzutreiben. Verlader definieren die Anforderungen an den Frachtdienst, die dann von Logistikdienstleistern erfüllt werden. Gemeinsam verfügen sie über wichtige operative und wirtschaftliche Stellschrauben, um klimaresistentere Logistiksysteme aufzubauen. Einerseits können sie die Resilienz innerhalb ihrer eigenen Lieferketten und Netzwerke stärken, da sie dort die Kontrolle haben. Darüber hinaus können sie jedoch auch Diskussionen auf Sektorebene maßgeblich beeinflussen, indem sie praktische Erfahrungen mit Infrastruktureigentümern, Regierungsstellen und dem breiteren Ökosystem teilen, und so den Business Case für Anpassungsprojekte mit gestalten.

Auch Verlader und Logistikdienstleister sind einem hohen Risiko ausgesetzt. Für Verlader können klimabedingte Störungen zu Lagerengpässen, Produktionsstillständen, Umsatzeinbußen und Vertrauenseinbußen der Kunden führen. Logistikdienstleistern drohen Anlagenschäden, hohe Betriebskosten und Reputationsschäden. Dieses Whitepaper richtet sich daher an Verlader und Logistikdienstleister. Es soll das Bewusstsein dafür schärfen, wie der Klimawandel Logistiksysteme

bedroht (mit Schwerpunkt auf physischen Klimarisiken und ihren Auswirkungen über die nächsten 15 bis 20 Jahre), und dient als Aufruf für Verlader und Logistikdienstleister, ihre Bemühungen auszubauen, um Resilienz zu erzielen und die Klimaanpassung in der Logistik voranzutreiben. Denn das ist nicht nur Klimagebot, sondern eine geschäftliche Notwendigkeit. Das Whitepaper ist wie folgt aufgebaut:

- In Kapitel 1 werden die Klimarisiken für Logistiksysteme mit dem Schwerpunkt auf Infrastruktur, Betrieb und Arbeitskräften untersucht.
- In Kapitel 2 werden Lösungen zum Aufbau von Resilienz und zur Anpassung an diese Risiken vorgestellt.
- In Kapitel 3 werden die wichtigsten Maßnahmen für Verlader und Logistikdienstleister beschrieben, mit denen sie Veränderungen vorantreiben können.

Die Temperaturen steigen weltweit weiter an. Bereits im Jahr 2040 könnte die Erderwärmung 2 °C erreichen. Entsprechend verschärfen sich auch die Klimarisiken. Um sicherzustellen, dass die Logistiksysteme zuverlässig bleiben und eine CO<sub>2</sub>-arme Gesellschaft unterstützen können, ist eine schnelle Transformation unabdingbar (siehe Kasten 2).



Abbildung 1: Die neun Beiträge der Logistik zu einer CO2-armen Gesellschaft

Quelle: KCC



## Kasten 2. Die vielfältigen Beiträge der Logistik zu einer CO2-armen Gesellschaft

Logistiksysteme sind ein Schlüssel zum erfolgreichen Übergang zu einer CO2-armen Gesellschaft: Sie müssen ihre eigenen Emissionen reduzieren und sich an den Klimawandel anpassen (Klimaschutz in der Logistik), gleichzeitig aber auch umfassendere gesellschaftliche Veränderungen unterstützen (Logistik für Klimaschutz) (siehe Abbildung 1).

Der **Klimaschutz in der Logistik** erfordert die Bereitstellung klimaverträglicher Dienstleistungen, um (1) die Emissionen in der Logistik zu reduzieren (durch Nutzung unterschiedlicher Verkehrsträger, Kraftstoffe, Geschäftsmodelle usw.) und (9) die Logistikinfrastruktur und den Logistikbetrieb so **anzupassen**, dass sie trotz der klimatischen Veränderungen zuverlässig und effizient funktionieren.

**Logistik für Klimaschutz** beinhaltet die Aufgabe, den neuen Bedürfnissen anderer Teile der Wirtschaft, die ebenfalls tiefgreifende Veränderungen hin zu einer CO2-armen Zukunft durchlaufen, gerecht zu werden. Die Logistik muss (2) neue CO2-arme Produkte (wie grünen Stahl oder Holz für Bauprojekte) **liefern** und (3) die CO2-armen Technologien (wie Solarmodule oder Batterien), die überall in großem Umfang benötigt werden, **verteilen**.

Auch ist die Logistik maßgeblich dafür verantwortlich, (4) die Kreislaufwirtschaft zu ermöglichen, um den Materialverbrauch zu reduzieren. Um das Klima **zu stabilisieren**, wird es nötig sein, große Mengen CO2 aus der Atmosphäre zu entnehmen, und die Logistik muss (5) dieses Kohlendioxid zur Speicherung und Nutzung **transportieren**. Die Logistik muss außerdem (6) die wachsende CDR-Industrie **unterstützen**, beispielsweise durch den Transport von Mineralien, um eine verbesserte Gesteinsverwitterung zu ermöglichen, die die Kohlenstoffbindung und die Qualität landwirtschaftlicher Flächen verbessert.

Egal wie schnell sich die Gesellschaft an den Klimawandel anpasst, die Zahl der durch Extremwetterereignisse verursachten Katastrophen und Notstände wird zunehmen. Die Logistik muss in der Lage sein, (7) im Falle solcher Ereignisse **Hilfe zu leisten**. Schließlich muss die Logistik (8) die Anpassung aller anderen Sektoren der Wirtschaft **ermöglichen** und beispielsweise den Bau von Küstenschutzanlagen oder die Verlagerung von Einrichtungen unterstützen.

Zwar liegt der Schwerpunkt in diesem Whitepaper auf der Anpassung von Logistiksystemen, dieses Ziel muss jedoch parallel zu den acht anderen wichtigen Beiträgen zum Klimawandel verfolgt werden. Gleichzeitig muss auch den umfassenderen gesellschaftlichen Veränderungen, wie dem demografischen Wandel und der neuen Dynamik des Welthandels, Rechnung getragen werden.

# 1 Die Diagnose – Wie Klimagefahren Logistiksysteme beeinflussen

## Bis 2040 könnte die globale Erwärmung 2 °C erreichen

Seit 1970 hat sich die Erde mit einer beispiellosen Geschwindigkeit erwärmt, schneller als in jedem anderen 50-Jahres-Zeitraum der letzten 2.000 Jahre.<sup>11</sup> Die Jahre 2015 bis 2024 waren das wärmste Jahrzehnt seit Beginn der Wetteraufzeichnungen, und im Jahr 2024 lag die globale Durchschnittstemperatur erstmals um mehr als 1,5 °C über dem vorindustriellen Niveau.<sup>12</sup>

Angesichts der globalen Erwärmung um mehr als 0,2 °C pro Jahrzehnt schätzt Copernicus, das Erdbeobachtungsprogramm der EU, **dass das 1,5-Grad-Ziel des Pariser Abkommens wahrscheinlich bereits in den 2030er-Jahren überschritten wird.**<sup>12</sup> Dies entspricht den Prognosen des Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderungen (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) (siehe Kasten 3), laut denen eine Überschreitung der 1,5 °C in naher Zukunft (2021–2040) *ehrer wahrscheinlich bis sehr wahrscheinlich ist*, und zwar bei verschiedenen Emissionsszenarien, von sehr niedrig bis sehr hoch<sup>11</sup> (siehe Tabelle 1).

Tabelle 1: Veränderungen der globalen Oberflächentemperatur für ausgewählte 20-Jahres-Zeiträume für Szenarien mit sehr niedrigen, mittleren und sehr hohen Emissionen

| IPCC-Emissionsszenario | Erwartete Erwärmung für 2021–2040 | Erwartete Erwärmung für 2041–2060 | Erwartete Erwärmung für 2081–2100 |
|------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| Sehr niedrig           | 1,5°C                             | 1,6°C                             | 1,4°C                             |
| Mittel                 | 1,5°C                             | 2,0°C                             | 2,7°C                             |
| Sehr hoch              | 1,6°C                             | 2,4°C                             | 4,4°C                             |

Quelle: IPCC AR6 WGI, SPM

Mit Blick auf das Ziel, die Erwärmung auf deutlich unter 2 °C zu begrenzen, schätzt der IPCC eine Überschreitung dieser 2 °C im mittelfristigen Zeitraum (2041–2060) in Szenarien mit mittleren bis sehr hohen Treibhausgasemissionen als *ehrer*

*wahrscheinlich bis sehr wahrscheinlich ein*<sup>11</sup> (siehe Tabelle 1). **Jüngste Forschungsergebnisse deuten außerdem darauf hin, dass es in fast allen Regionen der Welt mit hoher Wahrscheinlichkeit bereits bis spätestens 2040 zu einer Erwärmung von 2 °C kommen wird.**<sup>13</sup> Dies lässt darauf schließen, dass sich die Welt diesem besorgniserregenden Meilenstein möglicherweise schneller nähert als erwartet.

### Kasten 3. Über den Zwischenstaatlichen Ausschuss für Klimaänderungen (IPCC)

Der IPCC ist das für die Bewertung des wissenschaftlichen Kenntnisstands zu Klimawandel und Klimaschutz zuständige Gremium der Vereinten Nationen (UN). Er fasst Forschungsergebnisse zusammen, um den weltweiten wissenschaftlichen Konsens zum Klimawandel widerzuspiegeln. Der IPCC führt keine eigene Forschung durch, überprüft jedoch sorgfältig vorhandene Studien und liefert politischen Entscheidungsträgern wissenschaftlich fundierte Erkenntnisse, die ihnen helfen, globale Klimaschutzmaßnahmen zu definieren.

## Fortschreitende Klimaveränderungen

Angesichts der fortschreitenden globalen Erwärmung treten die damit verbundenen Veränderungen im Klimasystem immer deutlicher zutage. Die **Temperaturen** werden weltweit steigen, wobei sich Landmassen schneller erwärmen als Ozeane, insbesondere in bestimmten Regionen. Auch der **Niederschlag** wird weltweit zunehmen, obwohl in einigen Regionen ein Rückgang zu verzeichnen sein wird. Dabei wird die Niederschlagsmenge saisonal und jährlich stark variieren. Dies hat wiederum Veränderungen der **Bodenfeuchtigkeit** zur Folge, welche den regionalen Temperaturanstieg noch weiter verschärfen können. Die Ozeane werden sich ebenfalls weiter erwärmen und ausdehnen, was zu einem **Anstieg des Meeresspiegels** führt. **Landeis** (wie Gletscher und Eisschilde) und Meereis wird schmelzen, wobei das Schmelzen des Landeises zusätzlich zum Anstieg des Meeresspiegels beiträgt. Auch der **Permafrostboden** wird immer schneller auftauen.<sup>10</sup>

## 1 Die Diagnose – Wie Klimagefahren Logistiksysteme beeinflussen

Dies sind nur einige der fortschreitenden Veränderungen, die durch die globale Erwärmung vorangetrieben werden. Mittlerweile ist jedoch klar, dass sich viele Auswirkungen des Klimawandels in Form von plötzlichen und akuten Schocks – den Extremwetterereignissen – äußern werden.<sup>14</sup>

### Zunehmende Häufigkeit und Intensität von Extremwetterereignissen

Der Klimawandel hat bereits dazu geführt, dass Intensität und Häufigkeit **extremer Hitze- und Niederschlagsereignisse** auf globaler Ebene und in fast allen Weltregionen zugenommen haben. Mit jedem weiteren Anstieg der globalen Temperaturen

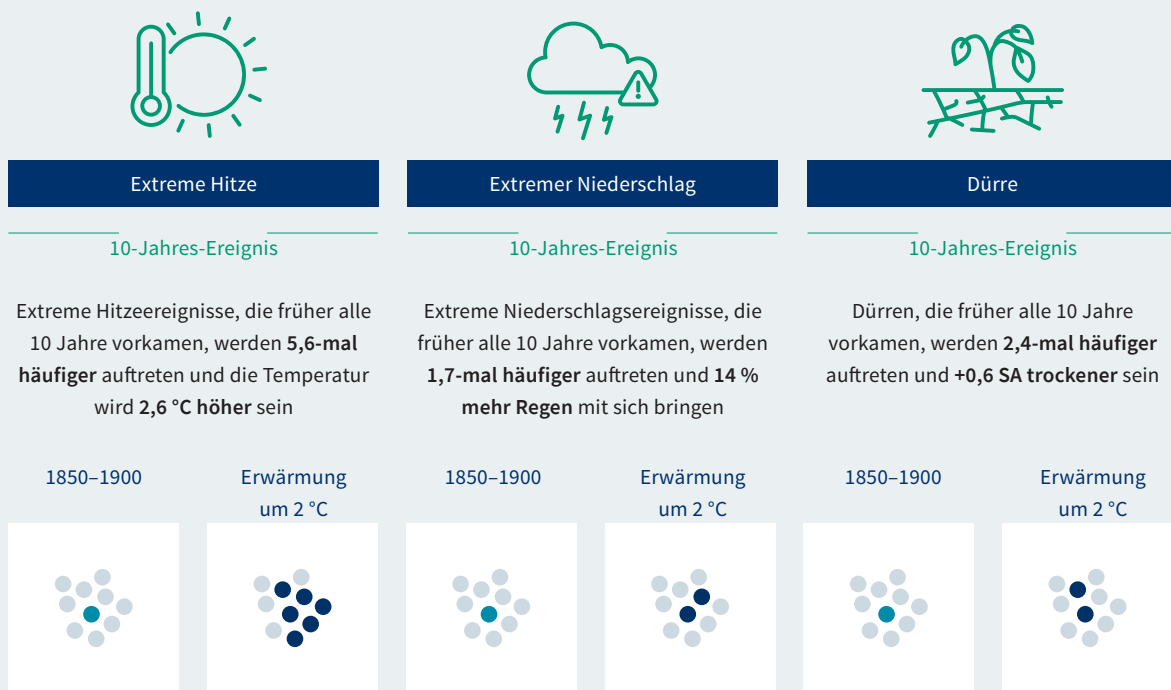
werden diese Extreme schwerwiegender. Derselbe Trend gilt für **Dürren, Überschwemmungen und Wirbelstürme**.<sup>11</sup>

Der IPCC erstellt **mit Blick auf das Szenario einer Erderwärmung um 2 °C quantitative Prognosen zu solchen Extremwetterereignissen**.

So wird beispielsweise erwartet, dass extreme Hitzeereignisse, die in vorindustriellen Zeiten nur einmal pro Jahrzehnt vorkamen, 5,6-mal häufiger auftreten werden, wobei die Temperatur durchschnittlich 2,6 °C höher sein wird.<sup>11</sup>

Abbildung 2 veranschaulicht ähnliche Daten für extreme Niederschlagsereignisse und Dürren.

Abbildung 2: Prognostizierte Veränderungen der Intensität und Häufigkeit extremer Hitzeereignisse, extremer Niederschlagsereignisse und Dürren



SA = Standardabweichungen

Quelle: IPCC AR6 WGI, SPM



## 1 Die Diagnose – Wie Klimagefahren Logistiksysteme beeinflussen

Der Meeresspiegelanstieg und Sturmfluten haben auch zur Folge, dass die Häufigkeit **extremer Meeresspiegelereignisse** zunimmt, was in tiefer gelegenen Gebieten zu stärkeren Überschwemmungen und Küstenerosion führen wird. Der IPCC prognostiziert, dass extreme Meeresspiegelereignisse, die früher einmal pro Jahrhundert vorkamen, bis zum Jahr 2100 an über der Hälfte aller Pegelstandorte mindestens jährlich auftreten werden.<sup>14</sup>

Über die zunehmende **Intensität und Häufigkeit** hinaus werden sich auch **Zeitpunkt und Ort** extremer Wetterereignisse verschieben. Das heißt, sie werden in Jahreszeiten und Regionen auftreten, in denen sie bisher nie aufgezeichnet wurden. Darüber hinaus wird der Klimawandel zu **zusammengesetzten Ereignissen** führen, bei denen mehrere extreme Wetterereignisse gleichzeitig auftreten. So erhöht beispielsweise die Kombination aus Hitze, Dürre und starken Winden das Risiko von Waldbränden, während Sturmfluten und extreme Regenfälle zusammen Überschwemmungen an Küsten verursachen können.<sup>15</sup>

### Allmähliche Veränderungen und Extremwetterereignisse bedrohen Logistiksysteme

Für seine Risiko- und Folgenabschätzungen hat der IPCC 35 **klimatestische Einflussfaktoren (Climatic Impact-Drivers, CIDs)** definiert – klimatische Bedingungen, die die natürlichen und menschlichen Systeme beeinflussen. Hierzu zählen langfristige Durchschnittswerte (z. B. Durchschnittstemperatur und -niederschlag), häufige Ereignisse (z. B. Frost und Tauwetter) und Extremereignisse (z. B. Küstenüberschwemmungen und Wirbelstürme). Die CIDs sind in sieben Kategorien gegliedert: **Hitze und Kälte, Nässe und Trockenheit, Wind, Schnee und Eis, Küste, offenes Meer**. Die siebte Kategorie „Sonstige“ enthält die Faktoren, die nicht durch die anderen Kategorien abgedeckt werden.<sup>16</sup>

Der IPCC hat analysiert, wie sich diese Faktoren auf den Transport zu Lande und zu Wasser auswirken (siehe Abbildung 3). Natürlich umfassen Logistiksysteme mehr als nur den Transport zu Lande und zu Wasser. Die Bewertung des IPCC spiegelt die große Bandbreite der Klimagefahren wider, denen diese Systeme ausgesetzt sind.



Größeres Ausmaß



Anderer Zeitpunkt



Gestiegene Häufigkeit



Neue Orte



Neue Kombinationen  
(zusammengesetzte Ereignisse)

Extremwetterereignisse werden nicht nur hinsichtlich ihrer Häufigkeit und Intensität beispiellos zunehmen, sondern auch zu neuen Zeitpunkten und an neuen Orten auftreten.

Quelle: IPCC AR6 WGI, Kapitel 11

Abbildung 3: Relevante klimatische Einflussfaktoren für den Transport zu Lande und zu Wasser







| Hitze und Kälte         | Nässe und Trockenheit                     | Wind                         | Schnee und Eis                  | Küste                   |
|-------------------------|-------------------------------------------|------------------------------|---------------------------------|-------------------------|
| Mittlere Lufttemperatur | Mittlerer Niederschlag                    | Mittlere Windgeschwindigkeit | Schnee, Gletscher und Eisdecke  | Relativer Meeresspiegel |
| Extreme Hitze           | Flusshochwasser                           | Schwerer Sturm               | Permafrost                      | Küstenflut              |
| Kälteperiode            | Starker Niederschlag und Regenflut        | Tropischer Wirbelsturm       | See-, Fluss- und Meereis        | Küstenerosion           |
| Frost                   | Erdrutsch                                 | Sand- und Staubsturm         | Starker Schneefall und Eissturm |                         |
|                         | Trockenheit                               |                              | Hagel                           |                         |
|                         | Hydrologische Dürre                       |                              | Schneelawine                    |                         |
|                         | Landwirtschaftliche und ökologische Dürre |                              |                                 |                         |
|                         | Feuerwetter                               |                              |                                 |                         |

Auswirkungen und Risikorelevanz:

- Keine/niedrig
- Niedrig/mäßig
- Hoch

Quelle: IPCC AR6 WGI, Kapitel 12

In den folgenden Abschnitten wird beleuchtet, wie sich Klimagefahren auf Logistiksysteme auswirken. Der Schwerpunkt liegt dabei auf **Infrastruktur, Betrieb und Arbeitskräften** – den klimaanfälligsten Elementen. Während den Infrastrukturrisiken eine gewisse Aufmerksamkeit zuteilwird, insbesondere von Seiten der Investoren, Betreiber und Versicherer, bleiben die Risiken für den Betrieb und die Arbeitskräfte oft außen vor. Es ist nicht möglich, in diesem Whitepaper auf alle potenziellen Risiken einzugehen. Vielmehr soll ein umfassender Überblick geboten werden, der den Umfang, die Bedeutung und die Dringlichkeit der Herausforderungen hervorhebt, die der Klimawandel für Logistiksysteme mit sich bringt.

Obwohl der Schwerpunkt hier auf den direkten physischen Risiken liegt, kann der Klimawandel auch indirekt zu Störungen der Logistiksysteme führen, indem er soziale und geopolitische Spannungen verschärft, darunter Faktoren wie Lebenshaltungskostenkrisen, politische Instabilität und Konflikte. Diese und andere indirekte Risiken wie Pandemien und Massenmigration sind nicht Thema dieses Whitepapers, unterstreichen aber die Notwendigkeit, die Resilienz aller Logistiksysteme umfassend zu stärken.

## 1 Die Diagnose – Wie Klimagefahren Logistiksysteme beeinflussen

### A. Logistikinfrastruktur

Bei der Bewertung der Risiken, die der Klimawandel für Logistiksysteme birgt, stehen Infrastrukturschäden häufig an erster Stelle. Bilder zerstörter Infrastruktur, wie Straßen und Häfen, hinterlassen einen bleibenden Eindruck, und umfangreiche Forschungsarbeiten zeugen von den Risiken, die von Extremwetterereignissen ausgehen. Für die Logistikinfrastruktur sind die CID-Risikokategorien „Hitze und Kälte“, „Nässe und Trockenheit“, „Wind“, „Schnee und Eis“ sowie „Küste“ relevant.



**Hitze und Kälte.** Extreme Hitze kann Straßen und Start- und Landebahnen verformen und deren Verschleiß beschleunigen. Außerdem kann es zu einer Verformung von Eisenbahngleisen kommen, wodurch die Gefahr einer Entgleisung steigt. Auf der anderen Seite führen extreme Kälte und wechselnde Frost-Tau-Zyklen zu einer witterungsbedingten Verschlechterung des Zustands von Straßen, Start- und Landebahnen und Eisenbahnstrecken.



**Nässe und Trockenheit.** Es wird erwartet, dass sich Änderungen in den Niederschlagsmustern auf Böschungen und Erdbauwerke auswirken werden, wie etwa auf Straßen- und Schienenunterbauten, indem sie Erosion und Erdrutsche begünstigen. Dies kann zu erheblichen Schäden an Straßen und Schienenwegen führen. Darüber hinaus erhöhen starke Niederschläge und hohe Wasserstand der Flüsse das Risiko einer Brückenunterspülung, wodurch die Brückenintegrität beeinträchtigt wird.



**Wind.** Brücken können durch starke Winde gefährdet sein, die zu strukturellen Schäden führen können. In extremen Fällen, wenn die Windgeschwindigkeiten die Auslegungsgrenzen überschreiten, kann es sogar zu einem Einsturz

kommen. Auch Lagerhallen und andere Lagereinrichtungen sind betroffen, da starke Winde Dächer abreißen oder Gebäude destabilisieren können. In bestimmten Fällen führt starker Wind auch zum Verlust von Schotterschichten in der Infrastruktur, beispielsweise bei Straßen, was den Verschleiß und damit frühzeitige Schäden begünstigt.



**Schnee und Eis.** Zwar wird erwartet, dass es insgesamt weniger Schnee und Eis geben wird, doch werden diese Wetterereignisse an unerwarteten Orten auftreten. Dies kann Risiken für die Infrastruktur mit sich bringen, wenn sie für derartige Witterungsbedingungen nicht ausgelegt ist. Starke Schneeansammlungen können die Dächer von Lagerhallen und anderen Gebäuden überlasten und sie möglicherweise zum Einsturz bringen.



**Küste.** Überschwemmungen an der Küste, die durch den steigenden Meeresspiegel und Sturmfluten verursacht werden, können Seehäfen sowie Küstenstraßen, Brücken und Schienenwege schwer beschädigen. Wiederholte Überschwemmungen durch Salzwasser beschleunigen außerdem die Korrosion und können die Fundamente von Küstenstraßen, Brücken und Schienenwegen unterspülen.

Die direkten Auswirkungen dieser Risiken liegen auf der Hand: **höhere Reparatur- und Wartungskosten** für beschädigte Infrastruktur sowie **potenzielle finanzielle Verluste** in Fällen, in denen die Infrastruktur nicht mehr repariert werden kann. Obwohl Verlader und Logistikdienstleister diese Kosten in der Regel nicht tragen, da sie selbst nur über wenig Infrastruktur verfügen, spüren sie dennoch die Folgen in Form von **Störungen und Ineffizienzen**, die im folgenden Abschnitt erörtert werden.



## 1 Die Diagnose – Wie Klimagefahren Logistiksysteme beeinflussen



Im Juli 2021 lösten extreme Regenfälle in Westdeutschland breitflächige Überschwemmungen aus, die erhebliche Schäden an Straßen und Schienenwegen verursachten. Die Reparaturkosten werden auf zwei Milliarden Euro geschätzt. Über 130 Kilometer Autobahn mussten gesperrt werden, manche Abschnitte monatelang, und 62 der 112 Brücken im am stärksten betroffenen Gebiet wurden zerstört. Nur die Hälfte der Brücken konnte innerhalb eines Monats wieder aufgebaut werden. Auch das deutsche Eisenbahnnetz erlitt erhebliche Schäden: 600 Kilometer Gleise wurden zerstört. Während einige Reparaturen innerhalb einiger Monate abgeschlossen werden konnten, wurde erwartet, dass der vollständige Wiederaufbau voraussichtlich bis 2025 dauern würde.<sup>17</sup> Obwohl die genauen Kosten dieses Vorfalles nicht veröffentlicht wurden, werden die jährlichen Kosten für Transportstörungen, die durch extreme Wetterbedingungen in der gesamten Europäischen Union verursacht werden, auf 2,5 Milliarden Euro geschätzt.<sup>18</sup>

### B. Logistikbetrieb

Die zuvor beschriebenen Klimarisiken für die Infrastruktur führen zu Kaskadeneffekten im gesamten Logistikbetrieb. Schäden an der Infrastruktur und die resultierenden Reparatur- und Wartungsarbeiten können zur Folge haben, dass bestimmte Abschnitte oder Knotenpunkte eines Logistiknetzwerks unzugänglich werden, was kurz- oder langfristige Störungen und Ineffizienzen nach sich zieht. Während die zuvor betrachteten Beispiele die zentrale Logistikinfrastruktur betreffen, können sich Klimagefahren auch auf unterstützende Systeme wie Energie- und Telekommunikationsnetze auswirken, was ebenfalls Störungen und Ineffizienzen zur Folge hat.

Nicht alle Betriebsstörungen sind jedoch auf physische Schäden an der Infrastruktur zurückzuführen. Die CIDs „Hitze und Kälte“, „Nässe und Trockenheit“, „Wind“, „Schnee und Eis“ sowie „Küste“ können sich auch direkt auf den Logistikbetrieb auswirken – selbst wenn die Infrastruktur intakt bleibt.

## 1 Die Diagnose – Wie Klimagefahren Logistiksysteme beeinflussen



**Hitze und Kälte.** Extreme Hitze kann es erforderlich machen, die Zuggeschwindigkeit zu reduzieren, um Entgleisungen zu verhindern, den Kranbetrieb in Häfen einzustellen, um Überhitzung und technische Ausfälle zu vermeiden, und aufgrund der verringerten Tragfähigkeit Gewichtsbegrenzungen für Flugzeuge einzuführen. Bei lang anhaltenden hohen Temperaturen können temperaturempfindliche Lagerbestände und Fracht Schaden nehmen, wenn keine ausreichende Kühlung vorhanden ist. Hohe Temperaturen sorgen auch für einen erhöhten Kühlbedarf, sodass mehr Kühlgeräte erforderlich sind, die jeweils über längere Zeiträume betrieben werden müssen.



**Nässe und Trockenheit.** Starke Niederschläge können Straßen und Schienenwege überfluten und sie vorübergehend unpassierbar machen. Darüber hinaus kann es zu Überschwemmungen in Lagerhallen und Hafenterminals kommen, was zu Schäden an Lagerbeständen und Fracht sowie zu Betriebsunterbrechungen führen kann. Weiterhin kann der Wasserstand von Binnenwasserstraßen über die schiffbare Grenze hinaus ansteigen. Umgekehrt können Dürren zu kritisch niedrigen Wasserständen führen, was die Schifffahrt ebenfalls einschränkt.



**Wind.** Seitenwinde können Starts und Landungen verzögern, während Flugzeuge bei starken Böen womöglich vollständig am Boden bleiben müssen. In Seehäfen können starke Winde dazu führen, dass der Kranbetrieb aus Sicherheitsgründen eingestellt werden muss. Auch auf Straßen stellen sie eine Gefahr dar, insbesondere für Fahrzeuge mit hohen Seitenwänden, sodass es vorübergehend zu Streckensperrungen kommen kann.



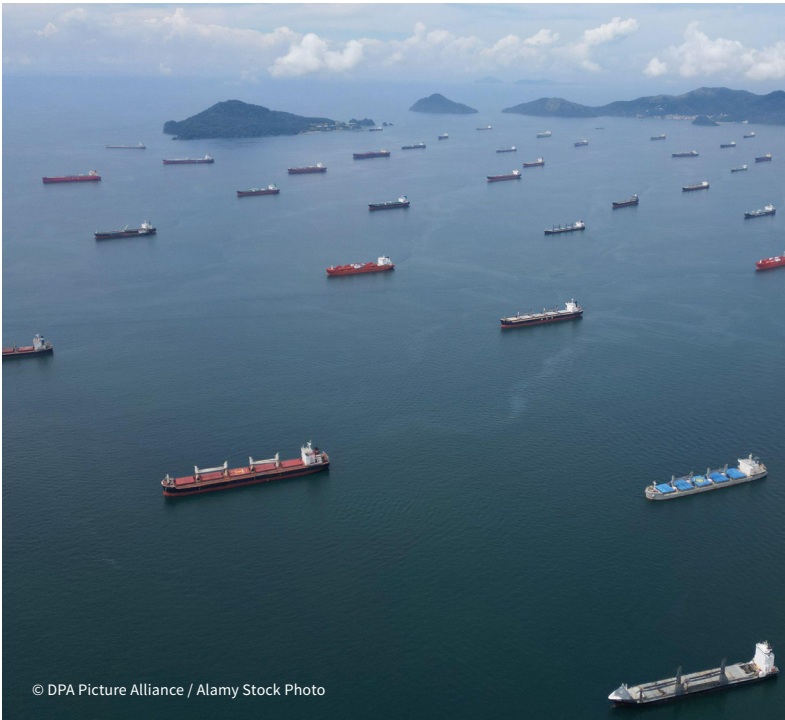
**Schnee und Eis.** Ein Rückgang von Schnee und Eis könnte zwar einige Vorteile mit sich bringen, wie etwa längere Perioden der Schiffbarkeit in nördlichen Breitengraden und die mögliche Öffnung arktischer Seewege. Schnee und Eis werden jedoch auch weiterhin den Logistikbetrieb beeinträchtigen – insbesondere in Gebieten, in denen solche Witterungsbedingungen nicht üblich sind. Durch Anhäufungen kann es zu vorübergehenden Sperrungen von Flughäfen und Straßen oder zu Verzögerungen im Lagerbetrieb kommen. Darüber hinaus kann die geringere Gletscher- und Schneeschmelze dazu führen, dass Niedrigwasserereignisse häufiger werden, wodurch die Schiffbarkeit bestimmter Binnenwasserstraßen eingeschränkt wird.



**Küste.** Überschwemmungen und Sturmfluten an der Küste können Seehäfen überfluten und zu vorübergehenden Hafenschließungen führen. Auch Küstenstraßen und Schienenwege werden möglicherweise unzugänglich.

Die Betriebsstörungen und Ineffizienzen, die durch die genannten Wetterereignisse entstehen, haben echte wirtschaftliche Konsequenzen für Verlager und Logistikdienstleister. Logistikdienstleister sehen sich möglicherweise mit hohen Betriebskosten und Lieferverzögerungen konfrontiert. Zwar könnten vorübergehende Kapazitätsengpässe es einigen Dienstleistern ermöglichen, in Störungszeiten die Preise zu erhöhen, doch sind diese kurzfristigen Gewinne nicht nachhaltig, da die Ansprüche und das Risikobewusstsein der Verlager ebenfalls zunehmen. Für Verlager können Störungen zu Lagerengpässen, Produktionsstillständen und Umsatzeinbußen führen. Auf solche Störungen unvorbereitete Verlager und Logistikdienstleister könnten zudem Reputationsschäden erleiden und ihre Position in ihren jeweiligen Märkten an resilientere Wettbewerber verlieren.

## 1 Die Diagnose – Wie Klimagefahren Logistiksysteme beeinflussen



© DPA Picture Alliance / Alamy Stock Photo

Schwere Dürren in Panama – verursacht durch El Niño und auf den Klimawandel zurückzuführende Veränderungen – machten 2023 zum zweittrockensten Jahr seit Beginn der Wetteraufzeichnungen und führten zu historisch niedrigen Wasserständen im Gatúnsee, der Hauptwasserquelle des Panamakanals. Als Reaktion darauf schränkte die Panamakanal-Behörde im Juli 2023 den Schiffsverkehr ein, was zu einem Engpass führte, der erhebliche Störungen der weltweiten Schifffahrt zur Folge hatte. Die Einschränkungen blieben ein Jahr lang in Kraft, und die Zahl der Schiffspassagen ging im Geschäftsjahr 2024 um 29 Prozent zurück.<sup>19</sup> Durch die Umleitung der Schiffe werden die Gesamtkosten des Seetransports für die betroffenen Handelswaren schätzungsweise um 5 Prozent steigen. Auch muss mit einer um 20 Prozent längeren Transitzeit gerechnet werden.<sup>20</sup>



© iStock / Melissa Kopka

In der Mount-Elgon-Region in Uganda kommt es während der Regenzeit häufig zu Schäden an der Verkehrsinfrastruktur, wie zum Beispiel an Straßen und Brücken. Dieses Risiko hat sich aufgrund der stärkeren Niederschläge und Sturzfluten, die innerhalb der letzten 10 bis 15 Jahre verzeichnet wurden, stark erhöht. Selbst wenn die Infrastruktur intakt bleibt, werden viele Straßen – die meist unbefestigt sind – in und nach intensiven Regenperioden unpassierbar. Dies erschwert den Zugang zu den Märkten, wirkt sich negativ auf die Qualität der transportierten Produkte (insbesondere des berühmten Kaffees der Region) aus und erhöht die Transportkosten. Hohe Armutsraten schränken die Anpassungsfähigkeit der Gemeinschaften ein. Infolgedessen sehen sich die Exporteure mit einer geringeren Verfügbarkeit an hochwertigem Kaffee konfrontiert, und die Volatilität des Angebots führt letztlich oft zu höheren Preisen für die Verbraucher.<sup>21</sup>



Ein Vertriebszentrum im US-Bundesstaat Illinois wurde im Dezember 2021 durch einen Tornado schwer beschädigt, wobei eine Wand und ein Teil des Daches einstürzten. Bei diesem Vorfall kamen sechs Lagerarbeiter auf tragische Weise ums Leben.<sup>22</sup>



### C. Logistikpersonal

Der Klimawandel birgt auch Risiken für die Arbeitskräfte in der Logistik, die den Witterungsbedingungen im Freien größtenteils ungeschützt ausgesetzt sind. Während sich die Literatur vorwiegend mit den Auswirkungen von Hitze und Hitzewellen beschäftigt, die in die CID-Kategorie „Hitze und Kälte“ fallen, können auch Wetterereignisse anderer CID-Kategorien erhebliche Herausforderungen darstellen.



**Hitze und Kälte.** Bei hohen Temperaturen besteht die Gefahr, dass Arbeiter eine Hitzeerschöpfung oder einen Hitzschlag erleiden. Sie können auch zu schnellerer Ermüdung führen und die Wahrscheinlichkeit von Fehlern erhöhen, was in manchen Fällen zu Verletzungen oder sogar zum Tod führen kann. Im Logistiksektor sind Lkw-Fahrer, Hafen- und Lagerarbeiter für diese hitzebedingten Gefahren besonders anfällig.



**Sonstige CIDs.** Häufigere Stürme und Überschwemmungen erhöhen das Unfallrisiko für Lkw-Fahrer. Extreme Wetterereignisse können außerdem die Integrität von Lagergebäuden beeinträchtigen und so zu Verletzungs-

risiken für die Arbeiter führen. Auf See sind die Seeleute bei Unwettern verschiedenen Sicherheitsrisiken ausgesetzt, darunter Schiffsbewegungen und die Unbilden der Elemente bei Arbeiten auf offenen Decks.

Diese Gefahren stellen nicht nur eine ernsthafte Bedrohung für die Gesundheit und Sicherheit der Arbeiter dar, sondern haben auch betriebliche und wirtschaftliche Folgen. Verletzungen oder unsichere Arbeitsbedingungen können zu langsameren Betriebsabläufen, erhöhten Fehlerquoten und in einigen Fällen zur vollständigen Unterbrechung des Betriebs führen. Logistikdienstleister haben mit **Produktivitätsverlusten, möglichen Verzögerungen und steigenden Kosten** im Zusammenhang mit Arbeitnehmerschutz, Versicherungsangelegenheiten oder der Wiederherstellung nach einem Vorfall zu kämpfen. Für die Verlader bedeutet dies eine **Verschlechterung der Servicequalität**, was sich wiederum auf ihre Geschäftstätigkeit und **Marktposition** auswirken kann.

Da die Arbeit in der Logistik körperlich anstrengend ist und oft als unattraktiv angesehen wird – insbesondere im Fernverkehr und im Hafenbetrieb – könnten die Auswirkungen des Klimawandels den bestehenden **Arbeitskräftemangel** noch verschärfen.



## 2 Aufbau von Resilienz – Kosteneffiziente Lösungen sind in Reichweite

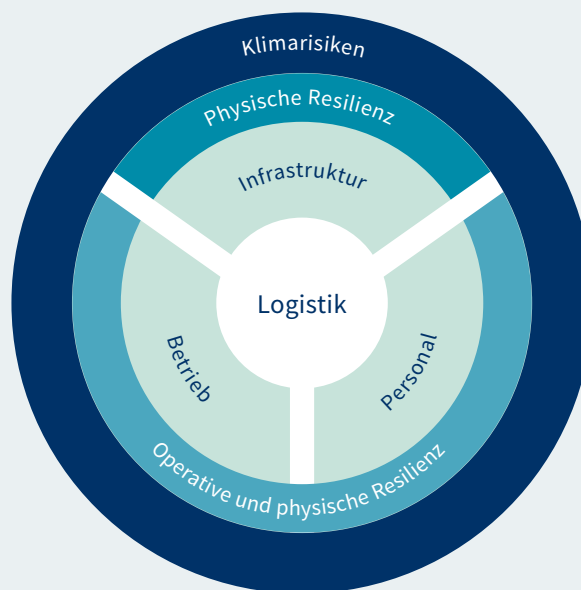
### Ein breites Spektrum an Lösungen kann die Resilienz stärken und die Anpassung ermöglichen

Es gibt zwar zahlreiche Klimarisiken, aber auch zahlreiche Lösungen. Eine Reihe praktischer Maßnahmen kann dazu beitragen, Resilienz aufzubauen und Logistikinfrastruktur, -betrieb und -personal zu schützen.

### A. Logistikinfrastruktur

Durch eine Reihe technischer Maßnahmen – wie etwa das Verstärken von Fundamenten, das Hinzufügen redundanter Konstruktionselemente, das Verwenden geeigneter Materialien und das Installieren von Schutzsystemen – kann die Infrastruktur so gestärkt werden, dass sie wechselnden Wetterbedingungen und Extremwetterereignissen standhält. Regelmäßige Inspektionen und Wartungsarbeiten tragen ebenfalls dazu bei, die Integrität zu bewahren. Darüber hinaus kann Infrastruktur aus Hochrisikogebieten verlagert oder im Idealfall gar nicht erst in solchen Gebieten errichtet werden. Diese Maßnahmen zielen darauf ab, **physische Resilienz** aufzubauen (siehe Abbildung 4).

Abbildung 4: Physische und operative Resilienz zum Schutz von Logistikinfrastruktur, -betrieb und -personal



Network Rail, Eigentümer und Betreiber des Großteils des britischen Eisenbahnnetzes, hat eine Reihe von Maßnahmen umgesetzt, um ein Verformen der Schienen bei hohen Temperaturen zu verhindern. Jeden Winter prüfen die Teams die Stabilität der Gleise und verstärken vor dem Sommer anfällige Abschnitte. In Bereichen mit zusammengesetzten Kurzschiene werden zwischen den Abschnitten kleine Lücken gelassen, um der Wärmeausdehnung Rechnung zu tragen. Bei Bedarf werden bestimmte Schienen weiß gestrichen, um die Wärmeaufnahme zu verringern, sodass sie 5 bis 10 °C kühler bleiben als im unbehandelten Zustand. Darüber hinaus überwachen an den Gleisen installierte Sensoren die Temperatur der Schienen in Echtzeit und ermöglichen so proaktives Handeln.<sup>23</sup>



© Network Rail



**Hitze und Kälte.** Modifiziertes Bitumen hält höheren Temperaturen stand und verringert das Risiko einer Straßenschädigung. Um die Wärmeaufnahme und das damit verbundene Verformungsrisiko zu minimieren, können Schienenstränge weiß gestrichen werden. Regelmäßige Inspektionen von Straßen- und Gleisbetten können dazu beitragen, frühzeitig Wartungsmaßnahmen einzuleiten und schwerwiegende Frost-Tau-Schäden zu verhindern.



**Nässe und Trockenheit.** Um die Gefahr von Erosion und Erdrutschen zu verringern, können Böschungen und Erdbauwerke durch Vegetation stabilisiert werden. Brücken sollten nach Überschwemmungen inspiziert werden. Im Falle einer Unterspülung können dann notwendige Verstärkungsarbeiten (z. B. mit Steinschüttungen) eingeleitet werden, um die strukturelle Integrität aufrechtzuerhalten.



**Wind.** Die Auslegungsgrenzen von Brücken können neu bewertet werden, damit die Bauwerke höheren Windgeschwindigkeiten standhalten. Lagerhallen, Frachtterminals und andere Logistikeinrichtungen können hinsichtlich Material und

Konstruktion verstärkt werden, um ihre Widerstandsfähigkeit gegen Stürme zu verbessern. Auch regelmäßige Inspektions- und Wartungsarbeiten spielen eine wichtige Rolle.



**Schnee und Eis.** Die Dächer von Logistikeinrichtungen können verstärkt werden, um höheren Schneelasten standzuhalten, und zwar durch Konstruktionsanpassungen wie steilere Neigungen und widerstandsfähigere Materialien. Inspektionen vor dem Winter zur Früherkennung von Problemen oder Pläne zur Schneeräumung können ebenfalls dazu beitragen, das Risiko eines Dacheinsturzes oder struktureller Schäden durch Schneeanlagerungen zu verringern.



**Küste.** An Küsten kann die Infrastruktur durch naturbasierte Lösungen wie Mangroven oder technische Schutzmaßnahmen wie Deiche und Dämme geschützt werden. Spezielle Beschichtungen helfen, Korrosion durch wiederholte Einwirkung von Salzwasser zu verhindern. In manchen Fällen kann die Verlagerung der Infrastruktur in weniger anfällige Gebiete die praktikabelste langfristige Option sein.

## 2 Aufbau von Resilienz – Kosteneffiziente Lösungen sind in Reichweite

### B. Logistikbetrieb

Bei der **physischen Resilienz** geht es nicht nur darum, Schäden an der Infrastruktur zu verhindern, sondern auch darum sicherzustellen, dass Infrastrukturdienste auch bei gefährlichen Bedingungen verfügbar bleiben, damit der Logistikbetrieb nicht unterbrochen wird. Auf Netzwerkebene erfordert physische Resilienz eine ausreichende Redundanz (z. B. in Form von alternativen Routen), damit auch bei Störungen an einzelnen Punkten die Funktionalität des Netzwerks als Ganzes erhalten bleibt.

Neben der physischen Resilienz spielt die **operative Resilienz** (siehe Abbildung 4) beim Schutz des Betriebs ebenfalls eine entscheidende Rolle. Bei der operativen Resilienz liegt der Schwerpunkt auf den „Soft Skills“ (Menschen, Prozesse und Systeme), die es Unternehmen ermöglichen, Störungen vorherzusehen und effektiv darauf zu reagieren.



#### **Hitze und Kälte.** Um

Gewichtsbeschränkungen für Flugzeuge an sehr heißen Tagen zu vermeiden, können Flüge mit schweren Ladungen auf kühlere Tageszeiten wie den frühen Morgen oder den späten Abend verschoben werden. Auch Start- und Landebahnen können, sofern möglich, verlängert werden. Um die Funktionalität auch bei hohen Temperaturen aufrechtzuerhalten, können Kräne mit verbesserten Kühlsystemen und hitzebeständigen Komponenten aufgerüstet werden. Ebenso können Logistikeinrichtungen mit Temperaturkontrollsystemen ausgestattet werden, um den Lagerbestand vor Hitzeschäden zu schützen.



**Nässe und Trockenheit.** Infrastruktur wie Straßen, Schienenwege, Flughäfen und Lagerhäuser sind auf effiziente Entwässerungssysteme angewiesen, um bei Regenfällen funktionsfähig zu bleiben. Durch Nachrüstungsmaßnahmen, die das Abflussmanagement verbessern und die Wasserspeicherkapazität erhöhen, lässt sich das Risiko von Überschwemmungen erheblich verringern. Bei Neubauprojekten

besteht die Möglichkeit, hochwassergefährdete Gebiete als Bauort zu vermeiden, sodass derartige Modernisierungen auch in Zukunft nicht nötig sind.

In weniger entwickelten Regionen und abgelegenen Gebieten (mit begrenzter Infrastruktur und geringer Netzwerkredundanz) können lokale Lagereinrichtungen genutzt werden, wenn Straßen aufgrund von starkem Regen unpassierbar werden.



**Wind.** Prozessänderungen, die Neugestaltung des Luftraums oder im Extremfall eine Änderung der Start- und Landebahnausrichtung können dazu beitragen, der Gefahr von Seitenwinden auf Flughäfen zu begegnen. Beim Schiffstransport sorgen zusätzliche Zurrgurte dafür, dass die Ladung bei schwerer See nicht über Bord fällt.



**Schnee und Eis.** Schneezäune und Windschutzvorrichtungen können verhindern, dass Straßen und Gleise eingeschneit werden. Schneeräumgeräte können Start- und Landebahnen nach Schneestürmen wieder befahrbar machen. Winterreifen und Schneeketten sowie spezielle Fahrerschulungen sorgen dafür, dass Straßenfahrzeuge auch bei Schnee und Eis in Bewegung bleiben. Die dynamische Routen- und Terminplanung ermöglicht eine Anpassung der Frachtrouten in Echtzeit, um betroffene Abschnitte zu umgehen.



**Küste.** Verschiedene Maßnahmen können dafür sorgen, dass Seehäfen angesichts der Überschwemmungsgefahr an der Küste betriebsbereit bleiben. Hierzu zählen die Modernisierung der Entwässerungssysteme, die Erhöhung kritischer Infrastrukturen, die Umgestaltung ebenerdiger Flächen, damit diese Überflutungen standhalten können, und die Verlagerung von Lagerbeständen in höhere Stockwerke, um Schäden zu vermeiden.



## 2 Aufbau von Resilienz – Kosteneffiziente Lösungen sind in Reichweite

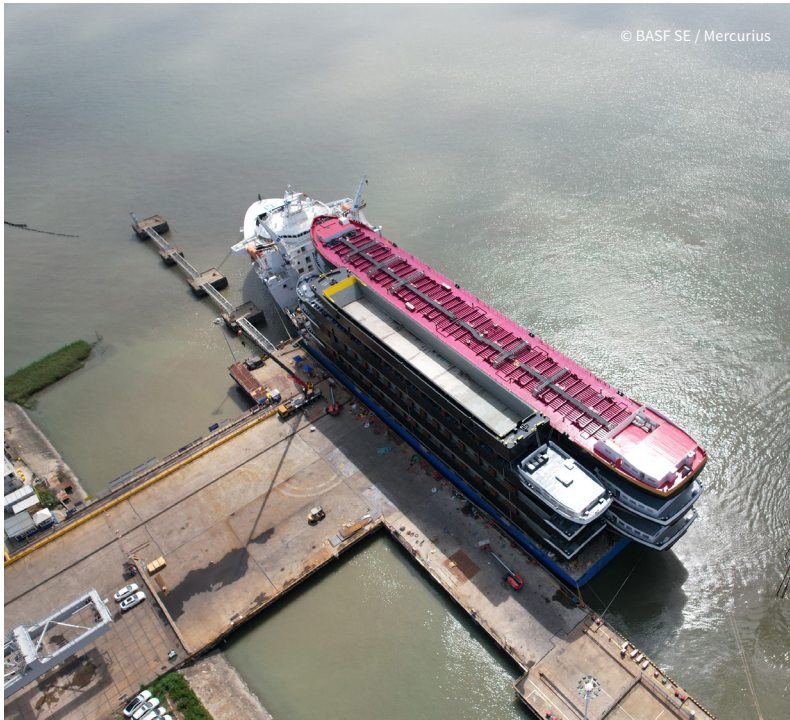
Im März 2024 führte ein Schneesturm in Nevada, USA, zur Sperrung einer wichtigen Passstraße. Die Vertriebsabläufe von Walmart wurden massiv gestört. Als Reaktion darauf nutzte Walmart prädiktive Analysen und künstliche Intelligenz sowie einen digitalen Zwilling seines Lieferkettennetzwerks, um Szenarien zu simulieren und Lieferungen umzuleiten. Das System identifizierte 85 alternative Lager und vier Vertriebszentren in Nevada, Kalifornien und Oregon, auf die die Arbeitslast umgelagert werden konnte. Dieses Beispiel veranschaulicht die entscheidende Rolle, die die Technologie bei der effektiven Klimaanpassung im Logistiksektor spielt.<sup>24</sup>



In der Mount-Elgon-Region in Uganda machen starke Regenfälle Straßen oft unpassierbar, was den Kaffeetransport verzögert und das Risiko von Schimmel und Qualitätsverlust erhöht. Angesichts dieser Gefahren verwendet ein lokaler Exporteur versiegelte Fermentationsfässer, in denen die Reifung der Kaffekirschen vor Ort sicher beginnen kann. Sobald die Straßen wieder befahrbar sind, werden die Fässer mit dem Motorrad den Berg hinunter transportiert. Durch dieses Vorgehen wird die Qualität der Ware bewahrt und die Kontinuität trotz häufiger wetterbedingter Störungen gewährleistet.



## 2 Aufbau von Resilienz – Kosteneffiziente Lösungen sind in Reichweite



BASF und Stolt Tankers haben gemeinsam einen neuen Chemikalien-tanker entwickelt, der speziell für den Betrieb bei extrem niedrigem Wasserstand ausgelegt ist – eine wachsende Herausforderung auf dem Rhein in Deutschland, wie die größeren Störungen der Schifffahrt in den Jahren 2018 und 2022 gezeigt haben. Der Bau dieses Schiffs ist Teil umfassenderer Anpassungsbemühungen.<sup>25</sup> Die Zentralkommission für die Rheinschifffahrt hat eine umfassende Strategie zur Stärkung der Resilienz in der Binnenschifffahrt vorgelegt. Zu den wichtigsten Maßnahmen zählen der Einsatz von Schiffen mit geringem Tiefgang sowie die entsprechende Nachrüstung bestehender Schiffe, die Einführung moderner digitaler Prognosetools, gezielte Infrastrukturverbesserungen und betriebliche Anpassungen auf Seiten der Verladere.<sup>26</sup>

### C. Logistikpersonal

Die Sicherheit und Produktivität der Arbeitskräfte, die durch Klimagefahren bedroht sind, kann durch eine Reihe von Maßnahmen, die unter die **physische und operative Resilienz** (siehe Abbildung 4) fallen, unterstützt werden.



**Hitze und Kälte.** Um die Risiken extremer Hitze für die Arbeiter zu mindern, ist die Installation von Klimaanlage in Lastwagen, Krankabinen und Lagerhallen eine einfache, aber wirksame Maßnahme. Für diejenigen, die im Freien arbeiten, können die Schichtpläne angepasst werden, um die Gefährdung bei Hitzespitzen zu reduzieren. Außerdem können Schulungen zum sicheren Umgang mit hohen Temperaturen angeboten werden. In den Häfen und Logistikdrehkreuzen

wohlhabenderer Länder werden zudem zunehmend autonome Fahrzeuge und Kräne eingesetzt, um die Gefahr für menschliche Arbeitskräfte im Falle grenzwertiger Arbeitsbedingungen zu minimieren.



**Sonstige CIDs.** Um einen umfassenden Schutz der Arbeitskräfte bei Extremwetterereignissen zu gewährleisten, sollten Frühwarnsysteme, klare Sicherheitsprotokolle und ein robustes Kommunikationsnetzwerk etabliert werden. Dies ermöglicht im Ernstfall eine schnelle Reaktion und Koordination.



## 2 Aufbau von Resilienz – Kosteneffiziente Lösungen sind in Reichweite

### Anpassungsmaßnahmen sind oft kosteneffizient

Studien zu den Kosten der Klimaanpassung befassen sich vorwiegend mit Entwicklungsländern. So hat die Weltbank beispielsweise die Kosten für klimafeste Infrastruktur in Ländern mit niedrigem und mittlerem Einkommen ermittelt. Ihrem Bericht zufolge führen derartige Maßnahmen zu einem **Anstieg der Infrastrukturinvestitionskosten um etwa 3 Prozent**. Die Ergebnisse zeugen von einer hohen Kosteneffizienz: In 96 Prozent der untersuchten Szenarien **lag das Kosten-Nutzen-Verhältnis über 1**, in 77 Prozent lag es über 2 und in über 55 Prozent über 4.<sup>18</sup>

Obwohl diese Ergebnisse nicht allgemeingültig sind, deuten sie darauf hin, dass gezielte Anpassungen – insbesondere für Infrastrukturen mit hoher Exposition oder Vulnerabilität – **finanziell lohnenswert** sind.

Wichtig ist, dass diese Studien speziell die Kosten physischer Resilienz untersuchen. Maßnahmen zur operativen Resilienz gelten oft als weniger kostspielig, obwohl die tatsächlichen Kosten und Vorteile je nach Kontext variieren.

### Anpassung reduziert, beseitigt aber nicht alle Risiken

Grundsätzlich können Investitionen in die Anpassung an den Klimawandel die finanziellen Verluste durch Klimagefahren erheblich verringern, wobei größere Investitionen in der Regel zu größeren Einsparungen führen (siehe Abbildung 5). Allerdings gibt es **volkswirtschaftliche Grenzen für die Anpassung**. Diese sind erreicht, wenn die Kosten für die Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen den Wert der Verluste, die diese Maßnahmen verhindern, übersteigen. In manchen Fällen kann die Anpassung an bestimmte Risiken zu teuer sein oder sie wird erst dann kosteneffizient, wenn die globale Erwärmung weiter fortgeschritten ist.

Darüber hinaus können auch durch Anpassung nicht alle klimabedingten Verluste vermieden werden. Einige **Restfolgen** werden unvermeidbar bleiben, insbesondere solche, die durch beispiellose und unkontrollierbare Ereignisse wie Großbrände oder starke Hurrikane bedingt sind, denen selbst die stärksten Anpassungsbemühungen nicht gewachsen sind. In solchen Fällen spielt die Klimaversicherung eine wichtige Rolle, insbesondere für kleinere oder geografisch stärker fokussierte Unternehmen.

Abbildung 5: Zusammenhang zwischen Investitionen in die Klimaanpassung und den finanziellen Kosten des Klimawandels



Quelle: Europäische Umweltagentur



# 3 Der Weg nach vorn – Was können Verlader und Logistikdienstleister tun?

## Die Anpassung der Logistik erfordert das Zusammenwirken verschiedener Akteure

Die Anpassung des Logistiksektors an eine wärmere Welt erfordert das gemeinsame Engagement verschiedener Akteure. Im Kern betrifft dies drei Gruppen: **Verlader**, die Waren transportieren müssen, **Logistikdienstleister**, die den Transport von Waren und damit verbundene Aktivitäten koordinieren, und **Eigentümer von Logistikinfrastruktur**, die wichtige Anlagen wie Straßen und Häfen betreiben. Diese Rollen schließen sich nicht gegenseitig aus, denn einige Verlader wickeln die Logistik intern ab und sowohl Verlader als auch Logistikdienstleister besitzen möglicherweise auch eigene Logistikinfrastruktur wie Lagerhäuser oder Hafenterminals.

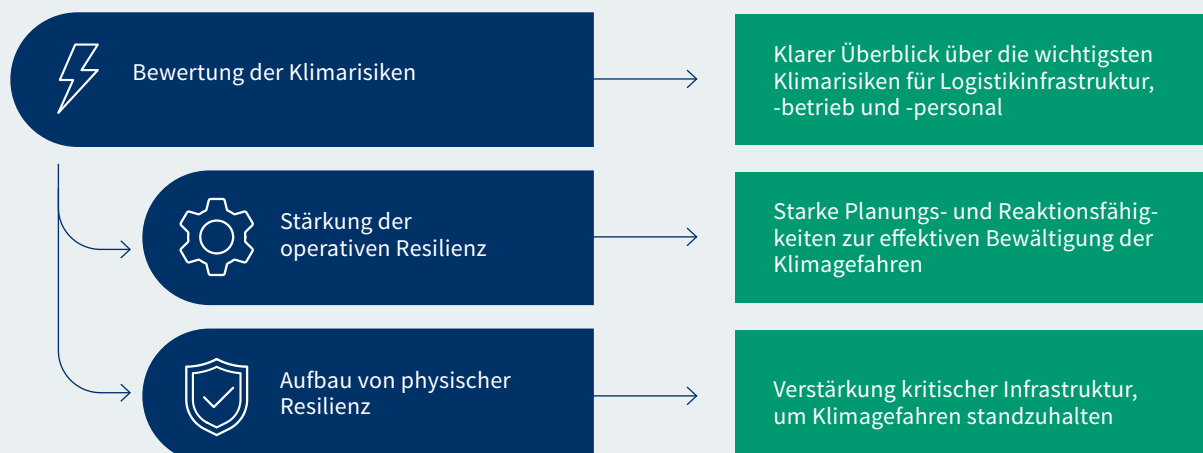
Über diese Kernakteure hinaus ist ein breiteres Ökosystem in die Klimaanpassung involviert. **Staatliche und zwischenstaatliche Einrichtungen** gestalten durch Richtlinien, Standards und öffentliche Mittel das geeignete Umfeld. **Finanzinstitute und Versicherer** ermöglichen Investitionen und managen Risiken. **Branchenverbände** unterstützen kollektive

Maßnahmen und verleihen bestimmten Stimmen mehr Gewicht. **Bau- und Ingenieurunternehmen** bauen und modernisieren resiliente Infrastrukturen. **Technologieanbieter** bieten Tools und Fachwissen. **Akademische und Forschungsorganisationen** generieren Erkenntnisse und treiben Innovationen voran.

In diesem Whitepaper liegt der Schwerpunkt speziell auf der Rolle von Verladern und Logistikdienstleistern. Obwohl das Ausmaß und die Ungewissheit der Klimaanpassung überwältigend sein können, gibt es mehrere Maßnahmen, die diese Akteure ergreifen können, um ihren Logistikbetrieb und damit auch ihre Infrastruktur und ihre Arbeitskräfte zu schützen. Diese Maßnahmen stützen sich auf drei strategische Säulen: Bewertung der Klimarisiken, Stärkung der operativen Resilienz und Aufbau von physischer Resilienz (siehe Abbildung 6).

In den folgenden Absätzen werden diese Säulen näher erläutert. Da sich Unternehmen hinsichtlich ihrer Bedürfnisse und des Umfangs der bereits umgesetzten Maßnahmen unterscheiden, können die hier bereitgestellten Informationen als praktische Checkliste zur Unterstützung ihrer Bemühungen zur Anpassung der Logistik dienen.

Abbildung 6: Drei strategische Säulen für Verlader und Logistikdienstleister zur Förderung einer klimaresistenten Logistik



### 3 Der Weg nach vorn – Was können Verlader und Logistikdienstleister tun?

#### Wirksame Anpassung beginnt mit der Bewertung von Klimarisiken

Der Aufbau von betrieblicher und physischer Resilienz und die Anpassung an eine wärmere Welt beginnen mit der Bewertung der Risiken. Dazu müssen zunächst die wichtigsten **Klimagefahren** identifiziert werden. Außerdem muss verstanden werden, wie sich diese Gefahren wahrscheinlich im Laufe der Zeit entwickeln werden. Und schließlich müssen ihre potenziellen Auswirkungen auf **Logistikinfrastruktur, -betrieb und -personal** in den Lieferketten und Logistiknetzwerken der Verlader und Logistikdienstleister analysiert werden. Da historische Daten allein keine verlässliche Vorhersage zukünftiger Risiken mehr ermöglichen, müssen Verlader und Logistikdienstleister einen zukunftsorientierten Ansatz verfolgen und Klimaprognosen und fortschrittliche Analysetools nutzen. Externe Dienstleister können bei diesen Bewertungen unterstützen, indem sie Daten, Modellierungsmöglichkeiten und Fachkompetenz zur Verfügung stellen.

Das Sammeln von Daten zur Gefährdung allein reicht nicht aus. Verlader und Logistikdienstleister müssen auch ihre Exposition und Vulnerabilität bewerten. Eine Analyse der **Exposition** sollte bestimmen, welche Logistikelemente (z. B. ein Lager mit Personal, eine Straße) in Hochrisikogebieten liegen und somit Klimagefahren ausgesetzt sind. Eine Analyse der **Vulnerabilität** sollte ermitteln, wie anfällig diese gefährdeten Elemente für Störungen oder Schäden sind. Beispielsweise kann eine Straße in einem hochwassergefährdeten Gebiet einem hohen Überschwemmungsrisiko ausgesetzt sein, die Vulnerabilität hängt jedoch von Faktoren wie der Kanalisation und der Netzwerkredundanz ab.

Zunächst kann es für Unternehmen sinnvoll sein, diese Bewertungen getrennt von umfassenderen Risikomanagementprozessen durchzuführen. Um jedoch eine langfristige

Resilienz aufzubauen, ist es von entscheidender Bedeutung, Klimarisikobewertungen in das **breitere Risikomanagement** des Unternehmens einzubetten. Dies stellt sicher, dass Klimarisiken gemeinsam mit anderen operativen und strategischen Risiken berücksichtigt werden.

Wo immer möglich, sollten Verlader und Logistikdienstleister bei der Bewertung von Klimarisiken zusammenarbeiten. Viele Logistikdienstleister stellen ihren Kunden bereits Daten zu Treibhausgasemissionen zur Verfügung. Daneben können sie auch wertvolle Einblicke in Klimarisiken bieten. Dank ihrer Fachkompetenz und praktischen Erfahrung sind Logistikdienstleister gut aufgestellt, um netzwerkweite Bewertungen durchzuführen und ihren breiteren Kundenstamm entsprechend zu unterstützen. Durch die Integration von Klimarisikobewertungen in ihr **Dienstleistungsangebot** unterstützen Logistikdienstleister nicht nur die Anpassungsbemühungen ihrer Kunden, sondern schaffen auch Möglichkeiten, sich auf dem Markt hervorzuheben.

#### Verlader und Logistikdienstleister sollten sich auf den Aufbau von operativer Resilienz konzentrieren

Um Klimagefahren effektiv zu bewältigen, müssen Verlader und Logistikdienstleister eine erstklassige **operative Resilienz** entwickeln. Dazu gehören solide **Planungs- und Reaktionsfähigkeiten**. Den Ausgangspunkt bilden bewährte Ansätze zur Stärkung der Resilienz, die allgemein anwendbar sind – unabhängig davon, ob die Störung auf Klimagefahren, geopolitische Konflikte oder andere externe Schocks zurückzuführen ist.

Operative Resilienz erfordert Planung. Auf Grundlage von Klimarisikobewertungen können Verlader und Logistikdienstleister potenzielle Störungsszenarien definieren und diese bei der Lieferkettenplanung

### 3 Der Weg nach vorn – Was können Verlader und Logistikdienstleister tun?

berücksichtigen. Mithilfe der Szenarioplanung können Unternehmen ihre Reaktionsfähigkeit besser einschätzen und die Umsetzbarkeit taktischer und strategischer Notfallmaßnahmen bewerten, beispielsweise die Nutzung alternativer Routen und Transportmittel. Für Verlader kann dies auch bedeuten, Bestellungen über verschiedene Verteilzentren abzuwickeln, Pufferbestände vorzuhalten und ihre Zulieferer zu diversifizieren. Simulationen von klimabedingten Störungen und Stresstests können dabei helfen, die Effektivität der ergriffenen Maßnahmen und die Resilienz im Allgemeinen zu bewerten.

Operative Resilienz erfordert auch starke Reaktionsfähigkeit. Echtzeit-Netzwerktransparenz, Frühwarnmechanismen und Notfallprotokolle sind für schnelles und wirksames Handeln bei klimabedingten Störungen von entscheidender Bedeutung. Unternehmen sollten außerdem spezielle Krisenmanagementteams oder „War Rooms“ einrichten, die die Reaktionsmaßnahmen leiten und regelmäßige Schulungen und Übungen organisieren, um die Bereitschaft sicherzustellen.

Verlader und Logistikdienstleister sollten dort, wo es angebracht ist, eng zusammenarbeiten, da **koordinierte Anstrengungen** die Resilienz erheblich erhöhen können. Eine gemeinsame Szenarioplanung und die Entwicklung von Notfallmaßnahmen könnten es beispielsweise beiden Parteien ermöglichen, ihre Reaktionen aufeinander abzustimmen und ihre Vulnerabilität zu verringern.

Alle diese Elemente der operativen Resilienz sollten in umfassenden **Business-Continuity-Plänen** erfasst werden.

#### Operative Resilienz sollte durch physische Resilienz ergänzt werden

Wenn Klimarisikobewertungen zeigen, dass kritische Logistikinfrastruktur anfällig ist – und Folgen wie physische Schäden, Betriebsstörungen oder Gefährdungen der Arbeitssicherheit drohen –, dann müssen Maßnahmen ergriffen werden, um nicht nur die operative Resilienz zu erhöhen, sondern die Infrastruktur zu stärken und **physische Resilienz** aufzubauen. Hierzu gehören die Verstärkung und Modernisierung vorhandener Anlagen, die Entwicklung neuer Infrastrukturen, die Klimagefahren standhalten können, und die Einführung robuster Inspektions- und Wartungsprotokolle.

Wenn Verlader oder Logistikdienstleister auch die Eigentümer der gefährdeten Infrastruktur, beispielsweise eines Vertriebszentrums, sind, dann sollten sie eng mit technischen Experten zusammenarbeiten, um geeignete Härtnungsmaßnahmen zu ermitteln und umzusetzen. Diese Modernisierungen sollten in die **Masterpläne der Anlage** integriert und durch einen überzeugenden Business Case legitimiert werden. Soweit möglich, sollten Unternehmen auch prüfen, ob es möglich ist, gefährdete Vermögenswerte **zu verlagern** oder **Redundanz** in ihren Vertriebsnetzen zu erzielen. Darüber hinaus sollten im Rahmen von Wartungsarbeiten Routineinspektionen durchgeführt werden, beispielsweise jährliche Zustandsuntersuchungen und Bewertungen nach konkreten Vorfällen, um potenzielle Probleme oder Schwachstellen frühzeitig zu erkennen.

Wenn kritische Logistikinfrastruktur, wie zum Beispiel Hafenterminals, Straßen oder Brücken, nicht im Besitz von Verladern oder Logistikdienstleistern ist, ist eine aktive Zusammenarbeit mit den Eigentümern dieser Infrastruktur sowie mit staatlichen Stellen und anderen Akteuren im breiteren Ökosystem unerlässlich.



### 3 Der Weg nach vorn – Was können Verlader und Logistikdienstleister tun?

Diese Zusammenarbeit kann in Form eines direkten Dialogs, beispielsweise durch bilaterale Gespräche, oder in Form kollektiver Maßnahmen durch Branchenverbände erfolgen. Verlader und Logistikdienstleister können ihren Beitrag leisten, indem sie Betriebs- und Risikodaten teilen, die den Infrastruktureigentümern helfen, ein besseres Verständnis der Anfälligkeiten zu entwickeln, um so

den Business Case für Investitionen zu stärken. Je nach Größe und Einfluss in der Branche können sie sich auch an öffentlich-privaten Partnerschaften beteiligen, um gemeinsam Lösungen zu entwickeln und mit in die Härtung gefährdeter Infrastrukturen zu investieren.

#### Kasten 4. Besondere Aspekte für Entwicklungskontexte

Länder mit niedrigem und mittlerem Einkommen sind häufig anfälliger für Klimagefahren als Länder mit höherem Einkommen. Global tätige Verlader und Logistikdienstleister mit Geschäftstätigkeiten in diesen Regionen müssen dies in ihren Anpassungsbemühungen berücksichtigen.

Dies bedeutet zunächst, dass sie ihre Strategien an die lokalen Gegebenheiten anpassen müssen. In diesem Zusammenhang muss ein Verständnis für die regionalen Anfälligkeiten entwickelt und es müssen lokale Akteure einbezogen werden, wie zum Beispiel kleinere Transportunternehmen und Kooperativen, insbesondere dort, wo informell organisierte Logistiknetzwerke von entscheidender Bedeutung sind. Zweitens muss ein Wissensaustausch stattfinden. Verlader und Logistikdienstleister mit Geschäftstätigkeiten oder Partnerschaften in Entwicklungsregionen sollten bewährte Verfahren, Tools und Daten aktiv an ihre lokalen Partner weitergeben, darunter Methoden zur Bewertung von Klimarisiken und zur Notfallplanung. Drittens sollten Verlader und Logistikdienstleister, soweit möglich, Modernisierungsmaßnahmen oder Neubauprojekte zur Schaffung klimaresistenter Infrastruktur unterstützen oder als Partner in sie investieren. Die Zusammenarbeit mit multilateralen Entwicklungsbanken, Geberorganisationen und öffentlich-privaten Partnerschaften kann dazu beitragen, Projekte wie klimafeste Lagerhallen und Kühlketten auf Basis erneuerbarer Energien zu finanzieren und umzusetzen.

# Fazit

Klimagefahren, wie zum Beispiel veränderte Wetterbedingungen und Extremwetterereignisse, wirken sich auf vielfältige Weise auf Logistiksysteme aus. Die konkreten Auswirkungen unterscheiden sich je nach Kontext, betreffen aber in der Regel eine oder mehrere der drei Kernkomponenten: Infrastruktur, Betrieb und Arbeitskräfte.

Um die mit diesen Klimagefahren und der fortschreitenden globalen Erwärmung verbundenen Risiken wirksam zu bewältigen, müssen Logistiksysteme resilient werden. Physische Resilienz bedeutet, die Infrastruktur zu stärken, um Betriebsprozesse und Arbeitskräfte zu schützen. Operative Resilienz bezieht sich auf die „Soft Skills“, die erforderlich sind, um Klimagefahren vorherzusehen und darauf zu reagieren, und zielt in erster Linie ebenfalls auf den Schutz des Betriebs und der Arbeitskräfte ab. Beide Dimensionen sind von wesentlicher Bedeutung, und obwohl nicht alle Maßnahmen dasselbe Kosten-Nutzen-Verhältnis bieten, gibt es Belege dafür, dass gezielte Investitionen häufig positive Erträge bringen.

Verlader und Logistikdienstleister steuern die täglichen Logistikprozesse, koordinieren die Schnittstellen in Netzwerken und unterstützen die Branchen und Systeme, die die unsere Lebenswelt am Laufen halten. Sie sind daher von Gefährdungen direkt betroffen und tragen entscheidend dazu bei, Veränderungen innerhalb des Sektors voranzutreiben. Allerdings sind die Anpassungsbemühungen bei beiden Gruppen nach wie vor begrenzt. Zwar haben einige Verlader begonnen, Strategien zur Anpassung an den Klimawandel zu entwickeln, doch steht dabei häufig die Produktion im Vordergrund, während der Logistik wenig Aufmerksamkeit geschenkt wird. Auf der anderen Seite konzentrieren sich die Logistikdienstleister vor allem auf die traditionelle Notfallplanung, ohne Klimarisiken neu zu denken.

Verlader und Logistikdienstleister müssen ihre Anpassungsbemühungen beschleunigen. Es gibt diverse lohnende Maßnahmen, die bereits jetzt zum Schutz des Logistikbetriebs sowie der Infrastruktur und der Arbeitskräfte, die ihn unterstützen, umgesetzt werden können. Diese Maßnahmen stützen sich auf drei strategische Säulen: Erstens: die Bewertung der Klimarisiken in Lieferketten und Logistiknetzwerken unter Berücksichtigung

von Gefährdung, Exposition und Vulnerabilität. Zweitens: die Gewährleistung einer erstklassigen operativen Resilienz, die vor allem solide Planungs- und Reaktionsfähigkeiten erfordert. Drittens: die Stärkung der physischen Resilienz, entweder direkt in der eigenen Anlagen oder durch Zusammenarbeit mit Infrastruktureigentümern und -betreibern.

Während Verlader und Logistikdienstleister ein kommerzielles Interesse an der Klimaanpassung haben, besteht auch ein allgemeines gesellschaftliches Interesse daran, die Resilienz der Logistiksysteme zu gewährleisten. Logistiksysteme sind das Rückgrat des Handels und der Wirtschaft. Sie ermöglichen den Warenverkehr, der Unternehmen am Laufen hält und die Verbraucher mit lebenswichtigen Produkten versorgt. Gleichzeitig sind sie entscheidend für die lokalen Wirtschaftsakteure, deren Lebensunterhalt von ihnen abhängt. Wiederholte Störungen oder dauerhafte Ausfälle der Logistik können schwerwiegende Folgen für Orte und ihre Bewohner haben, wenn der Warenverkehr ausbleibt und Aktivitäten verlagert werden. Daher liegt es in der Verantwortung der Logistikexperten, Kunden, Dienstleister, Versicherer und staatliche Stellen über die Bedeutung der Anpassung aufzuklären und Veränderungen voranzutreiben.

Eine der Herausforderungen für den Logistiksektor besteht darin, dass die Anpassung an den Klimawandel parallel zur Dekarbonisierung erfolgen muss – und zwar gleichzeitig mit der schnellen Reaktion auf andere große Veränderungen wie geopolitische Instabilität, neue Technologien und demografischen Wandel. Es ist nicht einfach, diese Anforderungen in Einklang zu bringen, sie sollten jedoch nicht als konkurrierende Prioritäten betrachtet werden. Tatsächlich verstärken sich Anpassung und Dekarbonisierung oft gegenseitig<sup>27</sup> und tragen dazu bei, effizientere, resilientere und zukunftsfähige Logistiksysteme zu schaffen.

Es ist höchste Zeit zum Handeln. Wenn Anpassungsbemühungen weiterhin aufgeschoben werden, steigen die Risiken und Kosten für Unternehmen, Lieferketten und die Gesellschaft als Ganzes beträchtlich.

# Quellen

- 1 Logistics (2025). *Wikipedia*. Verfügbar unter: <https://en.wikipedia.org/wiki/Logistics>.
- 2 Koks, E.E., Rozenberg, J., Zorn, C. et al. (2019). A global multi-hazard risk analysis of road and railway infrastructure assets, *Nat Commun*, 10 (2677). DOI: 10.1038/s41467-019-10442-3.
- 3 Verschuur, J., Koks, E.E., Li, S. et al. (2023). Multi-hazard risk to global port infrastructure and resulting trade and logistics losses, *Commun Earth Environ*, 4 (5). DOI: 10.1038/s43247-022-00656-7.
- 4 McKinnon, A. (2024). Logistics and climate: an assessment of logistics' multiple roles in the climate crisis, *International Journal of Logistics Research and Applications*, 27 (12). DOI: 10.1080/13675567.2024.2367534.
- 5 IPCC (2022). Decision-Making Options for Managing Risk. In: *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. DOI: 10.1017/9781009325844.026.
- 6 IPCC (2022). Summary for Policymakers. In: *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. DOI: 10.1017/9781009325844.001.
- 7 WEF (2024). *Business on the Edge: Building Industry Resilience to Climate Hazards*. Verfügbar unter: <https://www.weforum.org/publications/business-on-the-edge-building-industry-resilience-to-climate-hazards/>.
- 8 Changing Transport (2021). *Resilience on the Slow Lane?* Verfügbar unter: <https://changing-transport.org/transport-resilience-ndcs/>.
- 9 Changing Transport (nd). SLOCAT Findings from the previous rounds of NDCs. In: *NDC Transport Tracker*. Verfügbar unter: <https://changing-transport.org/tracker/>.
- 10 Goldstein, A., Turner, W., Gladstone, J. and Hole, D. (2019). The private sector's climate change risk and adaptation blind spots, *Nature Climate Change*, 9. DOI: 10.1038/s41558-018-0340-5.
- 11 IPCC (2021). Summary for Policymakers. In: *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. DOI: 10.1017/9781009157896.001.
- 12 Copernicus (2025). The 2024 Annual Climate Summary: Global Climate Highlights 2024. Verfügbar unter: <https://climate.copernicus.eu/global-climate-highlights-2024>.
- 13 Barnes, E., Diffenbaugh, N., and Seneviratne, S (2024). Combining climate models and observations to predict the time remaining until regional warming thresholds are reached. *Environmental Research Letters*, 20 (1). DOI: 10.1088/1748-9326/ad91ca.
- 14 IPCC (2022). Key Risks Across Sectors and Regions. In: *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. DOI: 10.1017/9781009325844.025.



## Quellen

- 15** IPCC (2021). Weather and Climate Extreme Events in a Changing Climate. In: *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. DOI: 10.1017/9781009157896.013.
- 16** IPCC (2021). Climate Change Information for Regional Impact and for Risk Assessment. In: *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. DOI: 10.1017/9781009157896.014.
- 17** Koks, E. E., van Ginkel, K., van Marle, M., and Lemnitzer, A. (2022). Brief communication: Critical infrastructure impacts of the 2021 mid-July western European flood event, *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 22 (12). DOI: 10.5194/nhess-22-3831-2022.
- 18** Hallegatte, S., Jun R., and Julie R. (2019). *Lifelines: The Resilient Infrastructure Opportunity*. Sustainable Infrastructure Series. Washington, DC: World Bank. DOI: 10.1596/978-1-4648-1430-3.
- 19** LaRocco, L. (2024). 'Panama Canal says shipping rebound is underway after record drought', *CNBC*, 12 November. Verfügbar unter: <https://www.cnbccom/2024/11/12/panama-canal-cargo-container-trade-rebound-record-drought.html>.
- 20** McKinsey (2024). *How could Panama Canal restrictions affect supply chains?* Verfügbar unter: <https://www.mckinsey.com/industries/logistics/our-insights/how-could-panama-canal-restrictions-affect-supply-chains>.
- 21** UNDP Uganda (2013). *Vulnerability Impact Assessment (VIA) for the Mt Elgon Ecosystem*. Verfügbar unter: [https://www.adaptation-undp.org/sites/default/files/resources/undp\\_ugandaunepunep-wcmc\\_2013\\_uganda\\_via\\_report.pdf](https://www.adaptation-undp.org/sites/default/files/resources/undp_ugandaunepunep-wcmc_2013_uganda_via_report.pdf).
- 22** Palmer, A. (2021). 'Amazon drivers sought safety at warehouse as tornado hit but found only death and destruction', *CNBC*, 20 December. Verfügbar unter: <https://www.cnbccom/2021/12/20/amazon-warehouse-in-illinois-hit-by-tornado-killing-6.html>.
- 23** Network Rail (nd). *Buckled Rail*. Verfügbar unter: <https://www.networkrail.co.uk/running-the-railway/looking-after-the-railway/delays-explained/buckled-rail-and-summer-heat/>.
- 24** Castillo, M. (2024). 'The two-day or less shipping Americans have come to expect faces a climate change threat', *CNBC*, 24 August. Verfügbar unter: <https://www.nbcnews.com/business/economy/two-day-shipping-climate-change-amazon-walmart-rcna168077>.
- 25** BASF (2022). *Celebrating a milestone: Hull of innovative tanker 'Stolt Ludwigshafen' arrives in Rotterdam*. Verfügbar unter: <https://www.basf.com/eg/en/who-we-are/organization/locations/europe/german-sites/ludwigshafen/the-site/news-and-media/news-releases/2022/11/p-22-355>.
- 26** CCNR (2023). "Act now!" on low water and effects on Rhine navigation. Verfügbar unter: [https://www.ccr-zkr.org/files/documents/infovoienavigable/Act\\_now\\_3\\_0\\_en.pdf](https://www.ccr-zkr.org/files/documents/infovoienavigable/Act_now_3_0_en.pdf).
- 27** McKinnon, A. (2024). *Evaluating the relationships between connectivity, decarbonisation and resilience in freight transport*. Verfügbar unter: <https://www.itf-oecd.org/sites/default/files/sipa-methodology-relationships.pdf>.



## CLIMATE CENTER

by Kühne Foundation

Kuehne Climate Center  
Grosser Grasbrook 17  
20457 Hamburg  
Deutschland  
Email: [climate@kuehne-foundation.org](mailto:climate@kuehne-foundation.org)  
[https://www.kuehne-stiftung.org/areas/  
climate/climate-center](https://www.kuehne-stiftung.org/areas/climate/climate-center)