

RM-LOG

Risikomanagementstrategien in Logistik- und Infrastrukturnetzen aus unternehmerischer und gesamtwirtschaftlicher Sicht

Zusammenfassung der Ergebnisse

Autoren:

**Prof. Dr. Thorsten Beckers^{*}, Marco Bötzel⁺, Max Brock⁺, Florian Gizzi^{*},
Wendelin Groß⁺, Klaus Jäkel^{*}, Dr. Gernot Liedtke[°], Tilman Matteis[°],
Jochen Rothert[#], Lorenz Sönnichsen[#], Dr. Martin Winter^{*}, Li Zhang[°]**

Berlin / Hamburg / Karlsruhe, November 2013

^{*}TU Berlin, Fachgebiet Wirtschafts- und Infrastrukturpolitik (WIP) | ⁺4flow AG | [°]Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Institut für Volkswirtschaftslehre (ECON), Lehrstuhl für Netzwerkökonomie | [#]Kühne & Nagel AG & Co. KG

Inhaltsverzeichnis

Teil A: Gegenstand des Verbundvorhabens	8
1 Eingrenzungen	8
1.1 Untersuchungsgegenstand und Ziele	8
1.2 Zusammenhang von Warenketten und Transport	9
1.3 Untersuchungsfragen und forschungsleitende Hypothesen	11
2 Grundlagen	12
2.1 Untersuchungsrahmen	12
2.2 Risikomanagement und Risikomanagementstrategien	15
 Teil B: Ergebnisse der Analysen	 17
3 Überblick über die methodischen Ansätze und ihre Anwendung.....	17
4 Ergebnisse der quantitativen Auswirkungsanalysen und Bewertung	18
4.1 Auswirkungsanalyse definierter Katastrophenszenarien und Investmentstrategien mit einem deutschlandweiten Verkehrsflussmodell	18
4.1.1 Deutschlandweites Verkehrsflussmodell.....	18
4.1.2 Auswirkungsanalysen der definierten Katastrophenszenarien unter drei unterschiedlichen Risikomanagementstrategien	20
4.2 Fallstudie Handelsnetz	22
4.2.1 Systemausschnitt und Daten.....	22
4.2.2 Vorgehen und Szenarien.....	23
4.2.3 Ausfall eines Lagerstandorts	25
4.2.4 Sperrung von fünf Autobahnbrücke in der Nord-Süd-Achse.....	26
4.3 Fallstudie Automotive Supply Chain	27
4.3.1 Systemausschnitt und Daten.....	28
4.3.2 Vorgehen und Szenarien.....	29
4.3.3 Ergebnisse der Analyse	30
4.4 LDL Distributionsnetzwerk	32
4.4.1 Systemausschnitt und Daten.....	32
4.4.2 Vorgehen und Szenarien.....	32
4.4.3 Ergebnisse der Analyse	34
4.5 Modellierung der containerisierten Seehafenverkehre in Europa	36
4.6 Anwendung einer graphentheoretischen Metrik zur Bewertung von Störungen in Netzen.....	39

5	Ergebnisse der qualitativen ökonomischen Analysen	43
5.1	Grundlagen der qualitativen Analysen	43
5.2	Theoriegeleitete Analyse des Risikomanagements im Bereich der Verkehrsinfrastruktur	45
5.2.1	Allokation knapper Verkehrsinfrastrukturkapazitäten.....	45
5.2.2	Redundante Auslegung von Verkehrsinfrastrukturkapazitäten.....	47
5.3	Status Quo und alternative Risikomanagementstrategien in verschiedenen Transportsektoren	50
5.3.1	Schienengütertransport.....	51
5.3.2	Straßengütertransport	53
5.3.3	Seefracht	55
5.3.4	Luftfracht.....	56
5.3.5	Multimodale Transporte.....	58
Teil C: Gesamtergebnis.....		59
6	Zentrale Ergebnisse und Implikationen	59
6.1	Implikationen für die Ebene Transportinfrastruktur.....	59
6.1.1	Zentrale Ergebnisse der quantitativen und qualitativen Analysen	59
6.1.2	Implikationen für Bereitsteller von Transportinfrastrukturen	60
6.1.3	Implikationen hinsichtlich wirtschaftspolitischer Maßnahmen.....	61
6.2	Implikationen für die Ebene Logistiknetzwerke	64
6.2.1	Zentrale Ergebnisse	64
6.2.2	Implikationen für Betreiber von Logistiknetzwerken.....	64
6.2.3	Implikationen für Logistikdienstleister als Betreiber von Logistiknetzwerken	66
6.2.4	Implikationen für Logistikdienstleister als Marktakteure.....	67
6.2.5	Implikationen für öffentliche Einrichtungen	68
7	Zusammenfassung der zentralen Projektergebnisse	69
Literaturverzeichnis.....		70
Projektdaten und Kontakt.....		73

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Verschiedene Betrachtungsebenen der Warenkette	10
Abbildung 2: Kurzversion des Untersuchungsrahmens	13
Abbildung 3: Rollen in verschiedenen Bereichen	14
Abbildung 4: Beispiele für Akteure im Bereich räumlich(-zeitliche) Änderung	15
Abbildung 5: Überblick über die methodische Ansätze und Anwendungen	17
Abbildung 6: Verkehrsbelastung auf ausgewählten Fernstraßenabschnitten in Deutschland: Vergleich von Real- und Modelldaten	19
Abbildung 7: Simulierte und reale Tagesganglinien auf vier ausgewählten Streckenabschnitten	20
Abbildung 8: Neubauszenario BAB gemäß BVWP (Strategie a)	21
Abbildung 9: Erweiterungsszenario von BAB gemäß BVWP (Strategie b)	21
Abbildung 10: Vergleich zweier Risikomanagementstrategien anhand Distributionstouren bei Störung des Depots Berlin	25
Abbildung 11: Vergleich von Fahrweg und Fahrzeit im Distributionsnetzwerk in untersuchten Szenarien	27
Abbildung 12: Schematische Darstellung des Netzwerkumfangs und der Störungen	29
Abbildung 13: Screenshots aus dem Softwaremodul zur Analyse von Netzwerk der Durchlaufzeiten und Transportkosten in Netzwerkstrukturen	30
Abbildung 14: Netzwerkrou Optionen zwischen einem chinesischen 2nd-Tier-Lieferantenstandort und OEM-Verbrauchsstandort vor und bei Störung des Hafens HH	31
Abbildung 15: Mehrkosten und Resilienzsteigerung bei Notfallbelieferung aus alternativen Standorten (Analyseschritt 1)	34
Abbildung 16: Wiederherstellungsdauer bei Variation der Durchsatzkapazität an Alternativlagerstandorten während der Störung	35
Abbildung 17: Ablauf und Struktur der Arbeiten am Hafenmodell	37
Abbildung 18: Veränderung der Netzwerkflüsse bei Ausfall des Hafens Hamburg	38
Abbildung 19: Idealtypische Netzstrukturen: Rasternetz vs. Hub-and-Spoke-Netz	40
Abbildung 20: Anwendung der Metrik nach Qiang auf Störungen in idealtypischen Netzen	41
Abbildung 21: Veränderung der Netzwerkeffizienz nach Qiang (2009) bei Ausfall eines Umschlagslagers	42
Abbildung 22: Veränderung der Netzwerkeffizienz nach Qiang (2009) bei Ausfall einer Senke	42
Abbildung 23: Erweiterte Version des Untersuchungsrahmens	45

Abbildung 24: Im Rahmen der qualitativen ökonomischen Analyse betrachtete Sektoren und Schwerpunkte.....	51
Abbildung 25: Ebenen für die Darstellung der zentralen Ergebnisse.....	59

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Bewertung der RMS unter Normalfall und Katastrophenfall.....	22
Tabelle 2: Störungen und Risikomanagement in der Fallstudie „Handelsnetzwerk“	24
Tabelle 3: Kostenvergleich zwischen Szenarien mit und ohne Reaktion bei Ausfall des Depots Berlin	26
Tabelle 4: Störungen und Risikomanagement in der Fallstudie „Automotive Supply Chain“	30
Tabelle 5: Störungen und Risikomanagement in der Fallstudie „LDL Distributionsnetzwerk“	33
Tabelle 6: Ergebnisse der Szenariorechnungen	39

Teil A: Gegenstand des Verbundvorhabens

1 Eingrenzungen

1.1 Untersuchungsgegenstand und Ziele

Die Versorgung mit Waren und Gütern sowie deren sicherer Transport und Umschlag sind für Gesellschaft und Wirtschaft von höchster Bedeutung. Sowohl Bevölkerung als auch Industrie sind auf kontinuierliche und zuverlässige Warenströme angewiesen, die sicherstellen, dass zum einen benötigte Waren und Güter beim Verbraucher rechtzeitig ankommen und zum anderen Rohstoffe, Halbfertigwaren und Investitionsgüter für die industrielle Produktion zeitgerecht zur Verfügung stehen. Deutschland als Exportnation und Logistikstandort im Zentrum Europas ist in besonderem Maße auf sichere Warenketten und eine verlässliche Infrastruktur angewiesen.

Internationale Arbeitsteilung, Informationsübertragung in Echtzeit und die damit einhergehende Beschleunigung der Wirtschaftsprozesse führen zu einer engen Vernetzung und gegenseitiger Abhängigkeit von Produktions- und Transportprozessen. Die Wertschöpfungsnetzwerke erstrecken sich dabei zunehmend über mehrere Kontinente, und sind an neuralgischen Infrastrukturelementen wie Häfen, Hinterlandterminals oder Flughäfen gebündelt.

Durch die Konzentration von Aktivitäten an solchen neuralgischen Infrastrukturelementen ist die Versorgungssicherheit der Bevölkerung und gesamter Branchen jedoch anfälliger gegenüber unvorhersehbaren Ereignissen geworden. Zudem haben global-politische Veränderungen und Klimaveränderungen in der jüngeren Vergangenheit zu gestiegenen Gefährdungspotenzialen geführt, die die Sicherheit von Warenketten erheblich beeinträchtigen können. Solche oftmals großen und seltenen Gefährdungen können sich aus Naturkatastrophen (wie bspw. das Elbe-Hochwasser 2013 oder die Aschewolke 2010), aus Großunfällen (wie bspw. die Schiffs-Havarie auf dem Rhein 2011 oder die Nuklearkatastrophe von Fukushima 2011) oder aus terroristischen Anschlägen ergeben.

Aus diesen Gründen ist es erforderlich, geeignete Methoden zur Ermittlung und Bewertung von Auswirkungen solcher Störungen sowie zur systematischen Ableitung und Beurteilung konkreter Handlungsempfehlungen im Hinblick auf den Umgang mit ihnen zu erarbeiten. Risikomanagementstrategien sind dabei sowohl auf Ebene der Logistik- und Verkehrsunternehmen als auch auf Ebene der Infrastrukturbetreiber und dort speziell unter Berücksichtigung der Funktion der öffentlichen Hand (als zentralem Akteur im Hinblick auf die Regulierung und Bereitstellung von Verkehrsinfrastrukturen) zu betrachten. Die Untersuchung solcher Risikomanagementstrategien war das **Hauptziel** des Vorhabens RM-LOG. Dazu wurden zwei thematische Blöcke bearbeitet:

- Zum einen erfolgte eine Modellierung, Analyse und Bewertung der **quantitativen Auswirkungen von Katastrophenszenarien** unter Anwendung verschiedener Risikomanagementstrategien auf die Funktionalität von Transport- und Logistiknetzwerken und damit auf die Versorgungssicherheit. Zur quantitativen Analyse wurden mehrere Modelle eingesetzt, darunter zwei Simulationsmodelle (MatSim-Modell und Vensim-Modell), welche die Beurteilung der Effektivität verschiedener Risikomanagementstrategien in verschiedenen Detaillierungsgraden ermöglichen.

- Zum anderen wurden **qualitative ökonomische Analysen** und Fallstudien durchgeführt, die das systematische Nachvollziehen von im Status Quo genutzten Risikomanagementstrategien und die Erarbeitung von Implementierungsoptionen für alternative Risikomanagementstrategien zum Ziel hatten.

Im Vorhaben wurde eine Vorgehensweise gewählt, die sowohl eine Weiterentwicklung und Anwendung theoriebasierter Methoden als auch den **Einbezug von aktuellem Praxiswissen** beinhaltet. So erfolgten beispielsweise Definition und Analyse realistischer Katastrophenszenarien in enger Zusammenarbeit mit Praxispartnern. Zudem wurden Praxiskenntnisse durch Interviews und Workshops im Rahmen von Sektor-Fallstudien eingebunden und reale Daten wurden zur Validierung von quantitativen Modellen verwendet.

1.2 Zusammenhang von Warenketten und Transport

Transportvorgängen im Güterverkehr liegen immer realwirtschaftliche Vorgänge zugrunde, bei denen Güter erzeugt, weiterverarbeitet, veredelt oder verbraucht werden. In einer arbeitsteiligen Wirtschaft finden solche Aktivitäten oftmals an räumlich voneinander getrennten Orten statt, sodass die Aufgabe des Güterverkehrs in der Verknüpfung aufeinanderfolgender Aktivitäten besteht. Der Weg verschiedener Güter von der Rohstoffgewinnung über die Erzeugung der Fertigware bis hin zum Endverbraucher wird als **Warenkette** bezeichnet. Die Warenkette setzt sich aus sämtlichen Stufen zusammen, an denen die betreffende Ware oder ihre Vorprodukte gelagert, verarbeitet, veredelt, umgeschlagen, zum Verkauf bereitgehalten oder verbraucht werden. Eine Einheit aus zwei aufeinanderfolgenden Stufen inklusive der logischen Verbindung zwischen ihnen wird als **Lieferrelation** bezeichnet.

Dabei gilt es verschiedene Ebenen hinsichtlich der Betrachtung, Detaillierung und Modellierung zu unterscheiden (siehe Abbildung 1). Zwischen dem Versender und dem Empfänger eines Gutes innerhalb einer Warenkette besteht eine Vereinbarung, die sowohl das Gut als solches als auch dessen Bereitstellung (Lieferung) mit den transportrelevanten Einzelheiten, wie Losgrößen, Zeiten, Orte sowie Eigentums- und Gefahrenübergang regelt. Versender und Empfänger versuchen dabei, diese Lieferrelation möglichst ihren Betriebsabläufen anzupassen. Bei der Betrachtung dieser vertraglichen Beziehung stehen die Knoten, durch die Versender bzw. Empfänger repräsentiert werden, im Vordergrund. In Abhängigkeit der Einzelheiten dieser Lieferrelation zwischen Verloader und Empfänger wird der Transportweg der daraus hervorgegangenen Sendungen festgelegt. Hierfür wird ein **Transporteur** und ggf. ein **Spediteur** beauftragt. Der so festgelegte Transportweg kann über mehrere Umschlagpunkte verlaufen, die angefahren werden, um die Transportkosten zu senken bzw. da das Verkehrsmittel aus technischen Gründen gewechselt werden muss. Dieser detailliertere Weg, der zwischen dem ursprünglichen Anfangs- und Endpunkt neue Knoten hinzufügt, hängt nicht nur von der Nachfrage durch die Kunden, sondern auch von der meist bereits existierenden Angebotspalette und den Kostenstrukturen der Transportunternehmen ab. Dies ist speziell dann der Fall, wenn die Transportvorgänge nicht individuell auf die Nachfragerrelation zugeschnitten sind, sondern die Sendungen in ein Produktionssystem eines Spediteurs oder Transportunternehmers eingespeist werden, über das viele Lieferrelationen abgewickelt werden. Die physische Verbindung zwischen den

derart festgelegten Knoten der Warenkette erfolgt auf einem **physischen Netz** (Verkehrsnetz) der jeweils ausgewählten Verkehrsträger. Güterverkehr, wie er auf diesen Infrastrukturen beobachtet werden kann, ist das Ergebnis der in Abbildung 1 dargestellten vier Ebenen, was folgende Komplexitäten mit sich bringt:

- Rückschlüsse vom beobachteten Fahrzeug auf die darunter liegende Lieferrelation können nicht oder nur schwer gezogen werden. Dies gilt speziell dann, wenn viele Sendungen mit einem Fahrzeug befördert werden.
- Aus diesem Grund ist es schwierig, festzustellen, welche Warenketten in welchem Umfang von Beschädigungen der physischen Infrastruktur betroffen sind.
- Transportwege zwischen Versendern und Empfängern sind vielfältig. Oftmals sind sogar innerhalb einer Branche keine generellen Aussagen zu der Gestaltung der Lieferrelation und damit der Warenkette möglich.
- Die Bedeutung einzelner Warenketten hängt unter anderem von ihrer Verknüpfung mit anderen Warenketten ab, durch die sich eventuelle Unterbrechungen in angrenzende Bereiche fortsetzen können. Es existiert eine Vielzahl solcher Verknüpfungen, so dass es schwierig ist, einzelne als besonders betrachtenswert erscheinende Warenketten abzugrenzen.

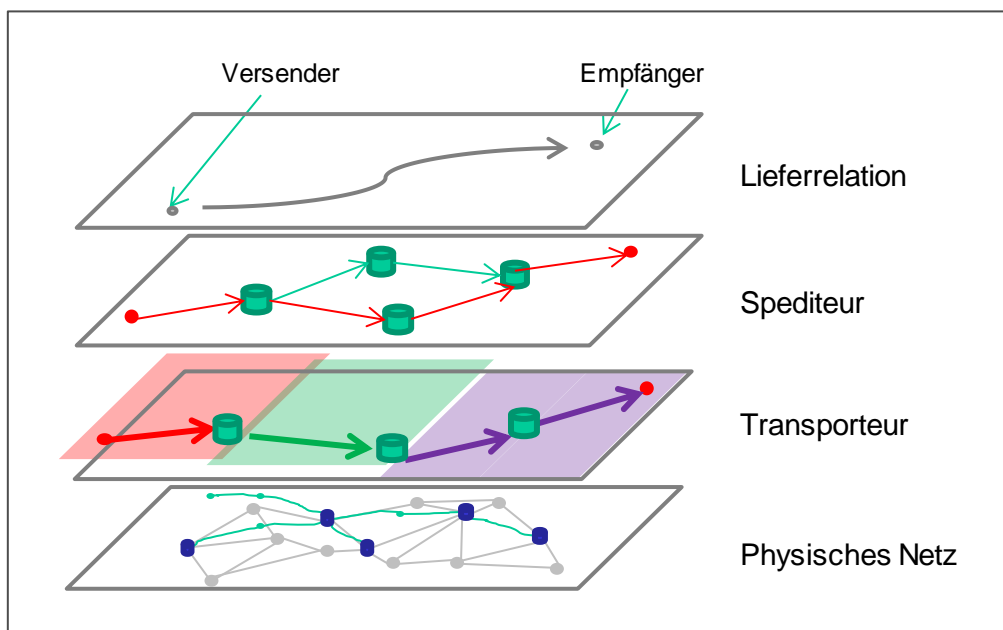


Abbildung 1: Verschiedene Betrachtungsebenen der Warenkette

Für das Projekt wurde deshalb hinsichtlich der Untersuchung von Warenketten folgende Vorgehensweise gewählt: Es wurden Infrastrukturnetze bzw. Netzausschnitte gewählt, über die eine Vielzahl unterschiedlicher Warenketten läuft. Außerdem wurden Infrastrukturnetze gewählt, die über vergleichsweise wenige, aber aufkommensstarke Zugangsknoten verfügen und die deshalb als besonders schützenswert erscheinen. Hier hat sich insbesondere der Verkehr von Containern zu und von den Seehäfen als interessant erwiesen, da sich hinter den vordergründig gleichartigen Containerströmen unterschiedlichste Lieferrelationen verbergen.

Auf nahezu allen Verkehrswegen wird gleichzeitig Güterverkehr verschiedenster Warenketten und Personenverkehr durchgeführt. Die einzelne Warenkette beeinflusst das Gesamtgeschehen auf den Verkehrswegen nicht, hat sich diesem aber unterzuordnen.

Parallel wurden potenzielle Störungen in Infrastruktur- und Logistiknetzen identifiziert und die einzel- und gesamtwirtschaftlichen Folgen in Szenarien abgeschätzt. Die Auswirkungen von Störungen in einzelnen Warenketten wurden in weiteren Fallstudien mit unterschiedlichen thematischen Schwerpunkten beleuchtet. Die angesprochene Vielfalt der Warenketten und der zu ihrer Abwicklung notwendigen Regelungen erfordert eine standardisierte Abbildung der Beteiligten und ihrer Interaktionen. Dies wurde durch einen gemeinsamen Untersuchungsrahmen (siehe Abschnitt 2.1) erreicht.

1.3 Untersuchungsfragen und forschungsleitende Hypothesen

Im Rahmen des Vorhabens RM-LOG wurden folgende zentrale Untersuchungsfragen sowie korrespondierende forschungsleitende Hypothesen formuliert:

Mit welchen Auswirkungen auf Warenketten gehen Störungen zentraler Verkehrs- und Logistik-Infrastrukturen einher? Wie sind diese aus betriebs- und volkswirtschaftlicher Sicht zu beurteilen?

Hypothese: Störungen an makro- und mikrologistischen Knoten sowie von Streckeninfrastrukturen gehen mit beträchtlichen Auswirkungen auf Warenketten einher. Allerdings werden die Auswirkungen durch Nutzung alternativer Risikomanagementstrategien signifikant gemindert.

Inwiefern sind Akteure im Bereich von Warenketten und Transport darauf eingerichtet, großen Störungen im Sinne eines Risikomanagements zu begegnen?

Hypothese: Bei den an der Erstellung von Logistikleistungen beteiligten Akteuren besteht teilweise noch erheblicher Verbesserungsbedarf im Hinblick auf Risikomanagement-Vorkehrungen, die große Störungen adressieren.

Welche Informations- und Anreizdefizite bestehen bei verschiedenen Akteuren in den Transportsektoren im Hinblick auf ein auf große Störungen ausgerichtetes Risikomanagement? Mit welchen Mitteln könnte durch staatliche Einflussnahme auf diese Defizite eingewirkt werden?

Hypothese: Es bestehen Informations- und Anreizdefizite beim Risikomanagement im Hinblick auf existenzielle Störungen.

Querschnittsfrage: Welche methodischen Werkzeuge werden benötigt, um ein ausreichendes Verständnis für die hinter den Auswirkungen von Störungen stehenden Mechanismen zu gewinnen?

Hypothese: Unterschiedliche Fragen erfordern unterschiedliche methodische Werkzeuge, die teilweise noch zu entwickeln sind.

Die Arbeiten im Rahmen des Vorhabens RM-LOG haben sich an diesen Untersuchungsfragen orientiert und auf Grundlage der gewonnenen Erkenntnisse wurde geprüft, inwiefern die ursprünglichen Hypothesen gültig sind.

In den Kapiteln 4 und 5 dieses Berichts werden die Ergebnisse der einzelnen quantitativen und qualitativen Analysen dargestellt. In Kapitel 6 werden aus diesen Ergebnissen Handlungsempfehlungen sowohl für Infrastrukturbetreiber als auch für Logistikdienstleister und für Industrie- und Handelsunternehmen abgeleitet. Daran anschließend werden in Kapitel 7 aus einer Gesamtsicht die Projektergebnisse orientiert an den Untersuchungsfragen prägnant zusammengefasst.

2 Grundlagen

2.1 Untersuchungsrahmen

Aufgrund der im Vorhaben angelegten, vielfältigen Analysen und der sich aus den interdependenten Produktions- und Transportprozessen potentiell ergebenden, sehr großen Komplexität wurde im Vorhaben RM-LOG ein gemeinsamer Untersuchungsrahmen verwendet. Dieser ermöglicht die Zerlegung komplexer logistischer Systeme in einzelne Bausteine unter Berücksichtigung ihrer Zusammenhänge und erlaubt somit sowohl die Abbildung des Status Quo von logistischen Systemen als auch weiterer Zustände, die sich insbesondere durch die Berücksichtigung alternativer Risikomanagementstrategien ergeben. Darüber hinaus ermöglicht der Rahmen eine Einordnung und Abstimmung der einzelnen Analysen und diente einer Vereinheitlichung der verwendeten Konzepte und Begriffe.

ELEMENTE DES UNTERSUCHUNGSRAHMENS

Das Ausgangselement des Rahmens ist das **technische System**, mithilfe dessen Transfer-, Transformations- und Lagerprozesse (sog. Elementarprozesse) sowie Interdependenzen zwischen diesen Prozessen abgebildet werden können. Für die Durchführung dieser Prozesse werden verschiedene Assets (für Transportprozesse beispielsweise Verkehrsmittel und Streckeninfrastruktur) benötigt, die ebenfalls Teil des technischen Systems sind.

Aus dem technischen System können so genannte **Rollen** abgeleitet werden. Diese beinhalten ein strukturiertes Set an Aufgaben bzw. Tätigkeiten, die hinsichtlich des Angebots einer definierten Leistung zu erledigen sind (bspw. *Angebot Lufttransport*). Wenn zwischen den von zwei Rollen angebotenen Leistungen Interdependenzen bestehen, existiert zwischen diesen Rollen eine sogenannte **Beziehung**. Es können verschiedene Arten von Rollen und Beziehungen unterschieden werden.¹

Rollen werden von **Akteuren** wahrgenommen, die mit einem bestimmten Zielsystem ausgestattet sind (bspw. private Unternehmen oder öffentliche Gebietskörperschaften). Um eine Rolle wahrnehmen zu können, müssen Akteure mit geeigneten **Ressourcen** (vor allem in Form von Assets und Know-how) ausgestattet sein. Abbildung 2 gibt einen Überblick über diese Elemente. Eine Erweiterung des Untersuchungsrahmens im Hinblick auf die qualitativen Analysen erfolgt in Abschnitt 5.1.

¹ Eine ausführliche Darstellung des Untersuchungsrahmens inklusive der Arten von Rollen und Beziehungen erfolgt in Beckers / Gizzi / Jäkel (2012).

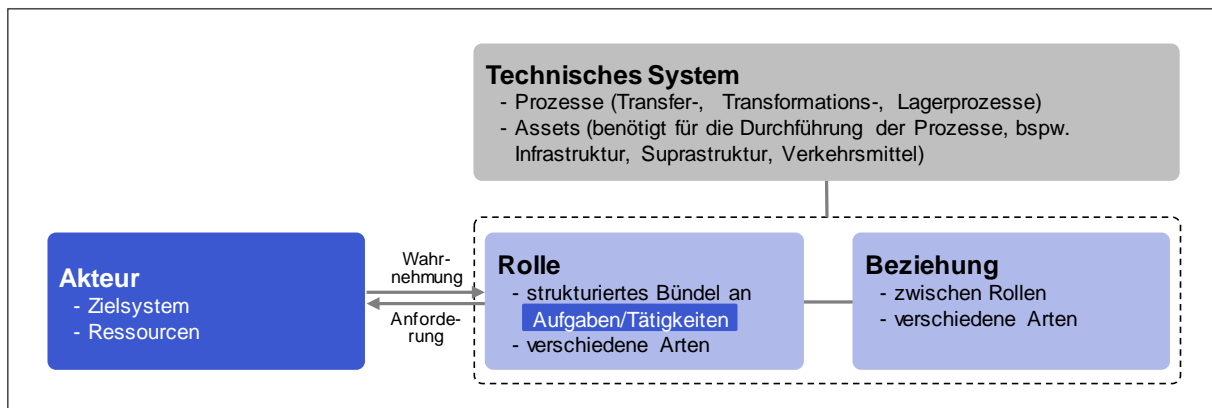


Abbildung 2: Kurzversion des Untersuchungsrahmens

DARSTELLUNG DER IM VORHABEN UNTERSUCHTEN BEREICHE

Mithilfe dieser Elemente lassen sich drei verschiedene Bereiche abbilden, für welche im Rahmen des Vorhabens Analysen durchgeführt wurden (in Abbildung 3 sind dazu beispielhaft Rollen dargestellt, die diesen Bereichen zuzuordnen sind):

- Eine **sachlich(-zeitliche) Änderung** umfasst die Erstellung einer Sachleistung, es werden also Transformationsprozesse (an einem bestimmten Standort) durchgeführt. Das letzte Glied einer Kette von Transformationsprozessen ist i.d.R. ein Endkunde. Die Organisation sachlich (-zeitlicher) Änderungen wurde im Vorhaben als gegeben betrachtet.
- Bei einer **zeitlichen Änderung** werden Waren gelagert, um einen zeitlichen Ausgleich herzustellen, wenn Transformations- und / oder Transportprozesse nicht vollkommen aufeinander abgestimmt sind.²
- Eine **räumlich(-zeitliche) Änderung** umfasst die Durchführung von Transferprozessen (d.h. Transportprozesse zwischen zwei Standorten oder Umschlagprozesse). Dabei beinhaltet eine Spediteursleistung die Organisation komplexer uni- oder multimodaler Transportketten, die sich aus mehreren Transport- und Umschlagsprozessen zusammensetzen.

Für alle sachlichen, zeitlichen oder räumlichen Änderungen werden **zugrundeliegende Assets** benötigt (bspw. Verkehrsinfrastrukturen oder Lager). In Abbildung 3 sind diejenigen Rollen gekennzeichnet, bei denen im Rahmen des Verbundvorhabens Asset-Störungen angenommen wurden (rote Blitze).

Innerhalb eines Bereichs zeigen sich stets ähnliche Strukturen: Eine Rolle des Typs *Angebot Sach- oder Dienstleistung* (bspw. *Angebot multimodale Spediteursleistung*) beauftragt eine Rolle des Typs *Angebot Prozess* (bspw. *Angebot Straßentransport*) und diese wiederum eine Rolle des Typs *Bereitstellung Asset* (bspw. *Bereitstellung LKW* oder *Bereitstellung Straße*).

² Die Leistung der Rolle *Angebot Gebietsversorgung* wird benötigt, wenn ein räumlicher Ausgleich zwischen zwei sequenziellen Transformationsprozessen unter Einhaltung einer bestimmten Lieferzeit nach einer Bestellung erforderlich ist, jedoch die genaue räumliche Position des zweiten Transformationsprozesses ex-ante unsicher, aber das räumliche Gebiet bekannt ist (Beispiel: Handel).

Die Rolle *Angebot Logistikdienstleistung* umfasst die Koordination mehrerer Transport-, Umschlag- und Lagerprozesse (TUL).

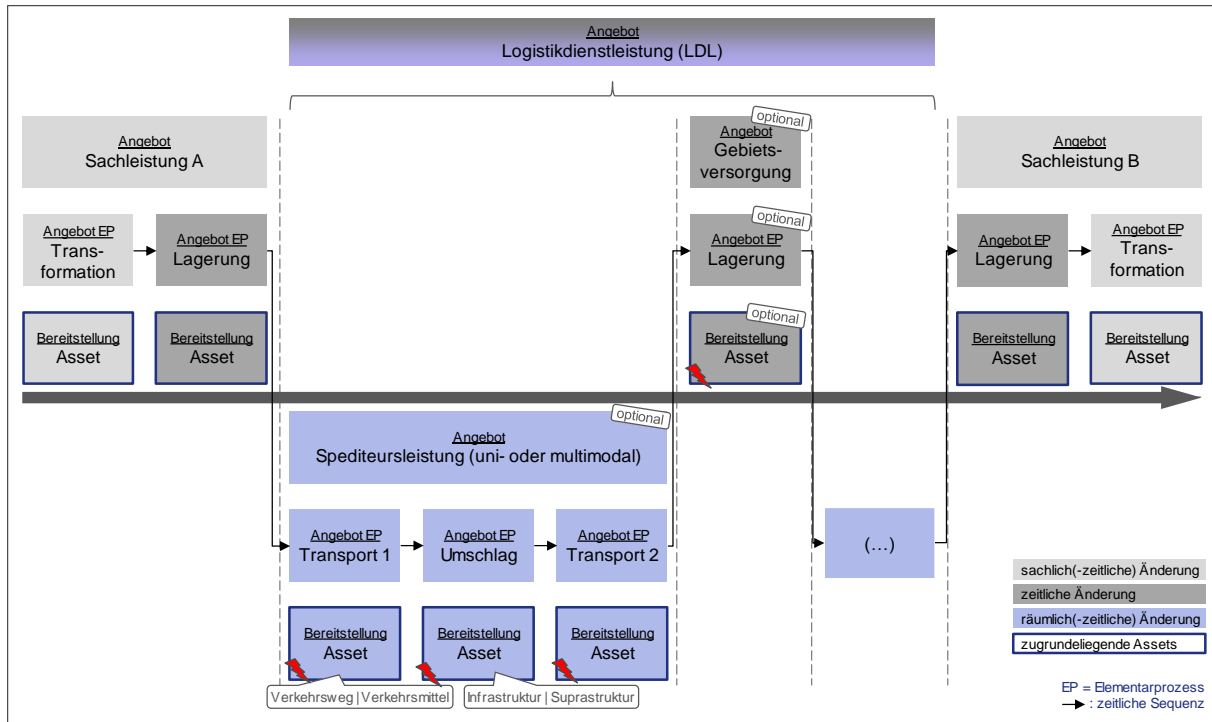


Abbildung 3: Rollen in verschiedenen Bereichen³

Zur Verdeutlichung des Rollenkonzepts sind in Abbildung 4 beispielhaft Akteure genannt, die in der Praxis Rollen im Bereich räumlich(-zeitlicher) Änderungen wahrnehmen.

³ Die grau markierten Rollen beschreiben die Transferrnachfrage. Die hellblau markierten Rollen beschreiben das Transferangebot (wobei eine transportbedingte Lagerung – bspw. im Falle eines unimodalen Umschlags – nicht abgebildet ist).

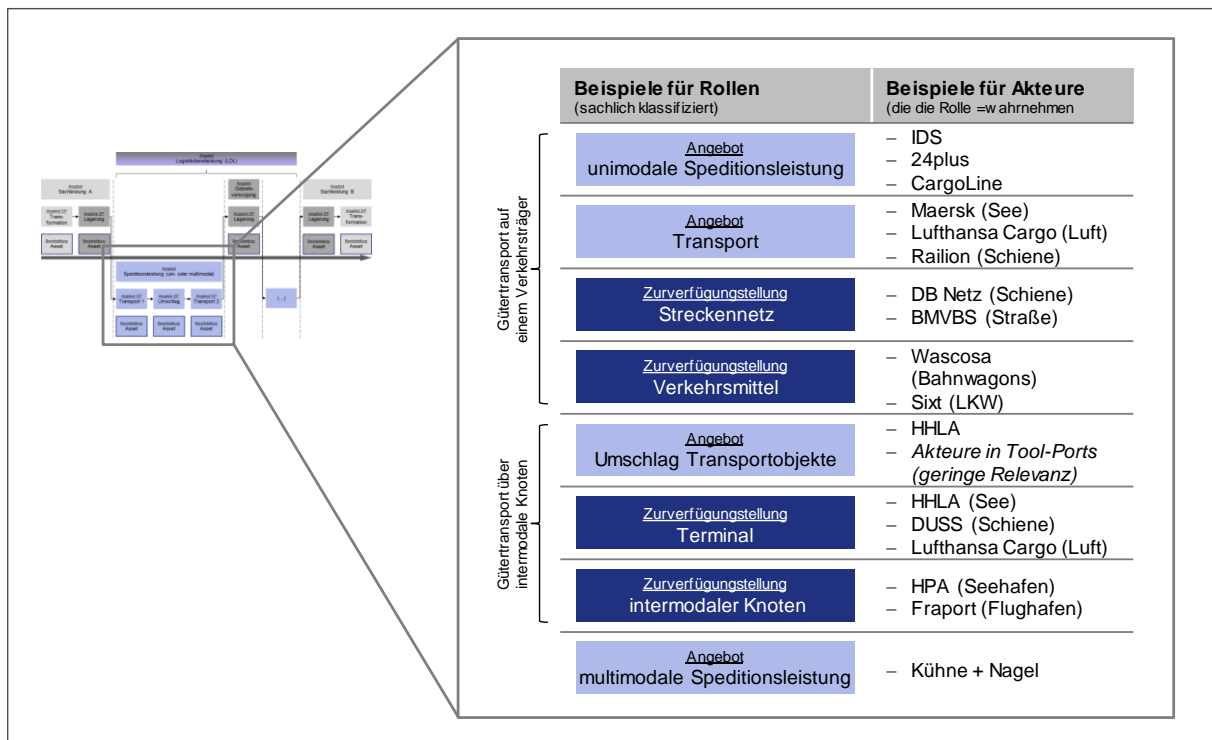


Abbildung 4: Beispiele für Akteure im Bereich räumlich(-zeitliche) Änderung

2.2 Risikomanagement und Risikomanagementstrategien

Ausgehend von vorangegangenen Überlegungen wird der Prozess des Risikomanagements sowie Arten von Risikomanagementstrategien in das oben eingeführte Schema eingebettet. Als Ausprägungen des Risikomanagements werden dabei die zur Verfügung stehenden Strategien in aufsteigenden Eskalationsstufen von der Verhinderung eines extremen Ereignisses über die Ausfallsicherheit der Elemente einer Warenkette hin zu alternativen Lösungen oder dem schnellen Instandsetzen betroffener Elemente nach einem extremen Ereignis verstanden. Risikomanagement im Sinne des dargestellten Analyserahmens ist die

- Auswahl, Implementierung und Nutzung
- alternativer Tätigkeiten
- hinsichtlich des Angebots einer definierten Leistung
- im Falle einer Störung von Tätigkeiten.

Hierbei wird deutlich, dass Risikomanagement sehr langfristig angelegte Prozesse beinhaltet, die bereits bei der Definition einer Rolle, spätestens jedoch bei deren Zuweisung zu einem Akteur bedacht werden müssen. Abhängig von seinem Zielsystem, seinen Ressourcen und den Institutionen, die auf ihn einwirken, kann der betreffende Akteur dann ihm geeignet erscheinende Alternativtätigkeiten bereits bei der Konzeption des Leistungsangebots entwickeln und deren Durchführung vorbereiten.

Risikomanagement umfasst alle Maßnahmen, die den jeweiligen Akteur dazu befähigen, seine Rolle auch bei Störungen ohne wesentliche Einschränkungen auszufüllen, und zwar bis zu einem gewünschten, zu tolerierenden Systemzustand, der von den normalen Verhältnissen extrem abweicht.

Alternativ kann Risikomanagement aber auch bedeuten, dass darauf hingewirkt wird, den Normalzustand erst gar nicht zu verlassen. Im Idealfall erfüllen alle Akteure ihre Rolle ohne größere Einschränkungen unabhängig von Systemzustand. Es wurden im Projekt institutionelle und technische Risikomanagementstrategien betrachtet. Letztere vor allem beim Vergleich verschiedener Ausbauszenarien der Bundesverkehrswege bzw. Seehäfen. Im Projekt zeigte sich jedoch, dass vor allem institutionelle Risikomanagementstrategien bedeutsam sind, da sie technische Strategien ersetzen, oder erst ermöglichen, wie beispielsweise im Falle der Zuständigkeit für den Aus- und Neubau von Infrastruktureinrichtungen.

Klassifiziert werden können diese Strategien danach, was sie zu verhindern versuchen. In aufsteigender Eskalationsreihenfolge sind dies:

- Das Eintreten des jeweiligen extremen Ereignisses selbst: Strategien, die den Eintritt des auslösenden Ereignisses verhindern sollen, sind schwierig umzusetzen, da auf Naturereignisse in der Regel keinen Einfluss genommen werden kann und von Menschen ausgelöste Ereignisse wie Kriminalität, Terrorismus oder Unruhen sowohl was ihre Vielfalt, ihr Eintreten, als auch ihre Auswirkungen auf einzelne Warenketten anbelangt, sehr schwierig vorhersehbar sind. Es wurde deshalb im Projekt Abstand davon genommen bei Risikomanagementstrategien anzusetzen, die den Eintritt des auslösenden Ereignisses verhindern. Vielmehr wurden auslösende Ereignisse an den Beginn der betrachteten Szenarien gesetzt.
- Die Störung einzelner Elemente der Warenkette: Hierunter fallen sowohl alle Infrastruktureinrichtungen der verschiedenen Verkehrsträger, als auch Lieferrelationen zwischen einzelnen Unternehmen und die dafür notwendigen nichtöffentlichen Assets. Ungeachtet der auftretenden Störung zielen Risikomanagementstrategien in diesem Bereich darauf ab, die Funktionsfähigkeit der betroffenen Elemente während und auch nach extremen Ereignissen aufrechtzuerhalten.
- Die Folgen von Störungen eines oder mehrerer Elemente der Warenkette: Das wahrscheinlich umfangreichste Teilgebiet von Risikomanagementstrategien erstreckt sich auf Maßnahmen, die die Auswirkungen einer Störung bereinigen oder gering halten sollen. Sowohl beim Transport als auch bei seiner Steuerung bzw. bei den dem Lieferprozess vorgelagerten Vertragsbeziehungen stehen Redundanzaspekte, Flexibilität und Ausweichverhalten im Vordergrund.

In den folgenden Abschnitten sollen solche Strategien für verschiedene Warenketten bzw. Infrastruktureinrichtungen untersucht werden.

Teil B: Ergebnisse der Analysen

3 Überblick über die methodischen Ansätze und ihre Anwendung

Für das Erreichen der Projektziele war es notwendig unterschiedliche, teilweise komplementäre Analysen durchzuführen. Diese Analysen unterscheiden sich hinsichtlich

- ihres **methodischen Ansatzes** (Modell und Art der damit durchführbaren Untersuchungen)
- und ihrer **Anwendung** (dem betrachteten Ausschnitt aus Transportangebot bzw. -nachfrage sowie den betrachteten Zuständen wie den zugrunde gelegten Katastrophenszenarien und Risikomanagementstrategien).

In Abbildung 5 sind die verschiedenen im Vorhaben verwendeten methodischen Ansätze und die jeweiligen Anwendungen dargestellt (einige Anwendungen wurden unter Verwendung verschiedener methodischer Ansätze bearbeitet).

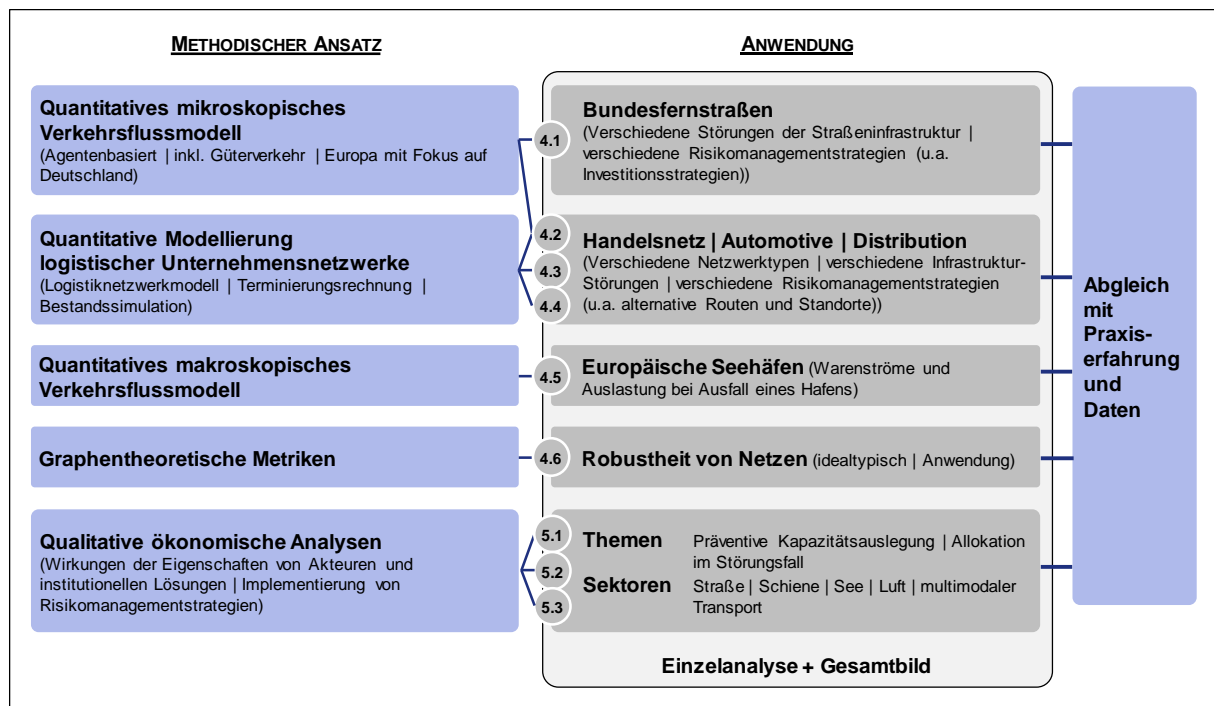


Abbildung 5: Überblick über die methodische Ansätze und Anwendungen

4 Ergebnisse der quantitativen Auswirkungsanalysen und Bewertung

4.1 Auswirkungsanalyse definierter Katastrophenszenarien und Investmentstrategien mit einem deutschlandweiten Verkehrsflussmodell

Das Netz der Bundesfernstraßen umfasst heute rund 12.845 km Bundesautobahnen (BAB) und rund 39.700 km Bundesstraßen. Obwohl die Bundesfernstraßen nur einen Anteil von rund 23 % (bzw. die Bundesautobahnen nur 6 %) am gesamten Straßennetz in Deutschland ausmachen, werden knapp 50 % (bzw. auf BAB über 30 %) der Fahrleistungen auf ihnen abgewickelt. Dies belegt die Bedeutung der Bundesfernstraßen für das Funktionieren des Transport- und Logistiksystems in Deutschland. Aus diesem Grund wurden die Bundesfernstraßen als separater Systemausschnitt modelliert und analysiert.

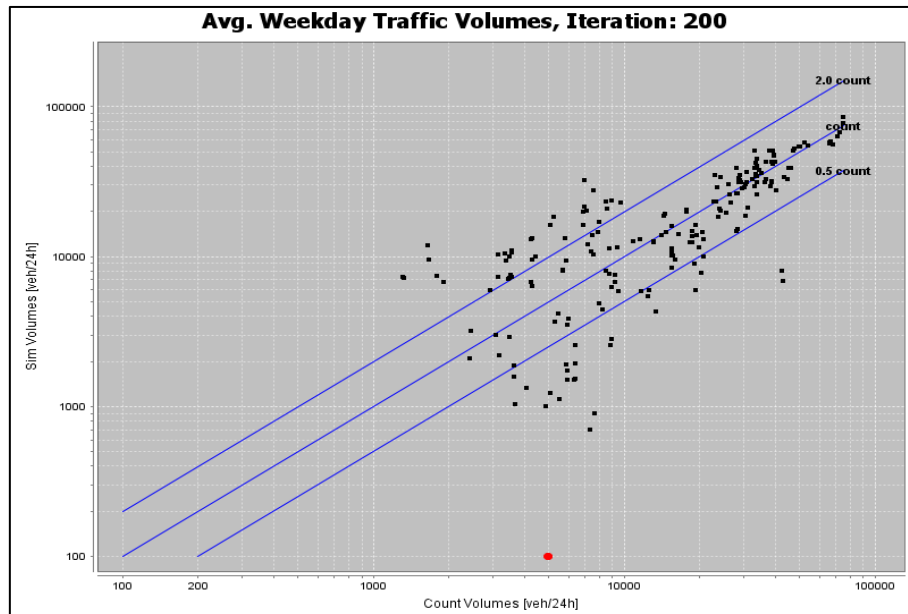
Eine der Kernaufgaben des IWW im Rahmen von RM-LOG ist die Netzwerkmodellierung. Mit dem entwickelten Modell sollen die Auswirkungen von Katastrophenereignissen abgeschätzt sowie effektive Risikomanagementstrategien abgeleitet und evaluiert werden. Für diesen Zweck wurde ein Multi-Agenten-basiertes Verkehrsmodell (Deutschland Modell) entwickelt und kalibriert, welches das Verkehrsgeschehen auf dem deutschen Fernstraßennetz an einem durchschnittlichen Tag realitätsnah abbildet. Zuerst wurde die Simulation für das Status-Quo-Netzwerk für den Normal- und Störfall durchgeführt. Die gesamten Reisezeiten aller Agenten wurden aufsummiert, so dass die Gesamtreisezeit als Indikator herangezogen werden konnte. Anschließend wurde das Fernstraßennetzwerk anhand der jeweiligen Investitionsstrategie erweitert. Neue Simulationsrechnungen wurden anschließend wieder für Normal- und Katastrophenfall durchgeführt. Die ermittelten Gesamtreisezeiten für die einzelnen Szenarien dienten dabei als Vergleichsmaßstab.

4.1.1 Deutschlandweites Verkehrsflussmodell

Als Ausgangspunkt für die Fahrten auf dem Fernstraßennetz diente die Prognose der deutschlandweiten Verkehrsverflechtungen der Bundesverkehrswegeplanung. Bei der Kalibrierung wurden insbesondere die Fahrten auf dem Fernstraßennetz und die Pendlerströme berücksichtigt. Das Vorgehen bei der Datenaufbereitung und die detaillierten Schritte der Kalibrierung werden von Zhang et. al (2012) beschrieben.⁴ Bei der Kalibrierung wurden sowohl die täglichen Verkehrsstärken als auch die Verteilung des Verkehrs über den Tag einzelnen Streckenabschnitten berücksichtigt.

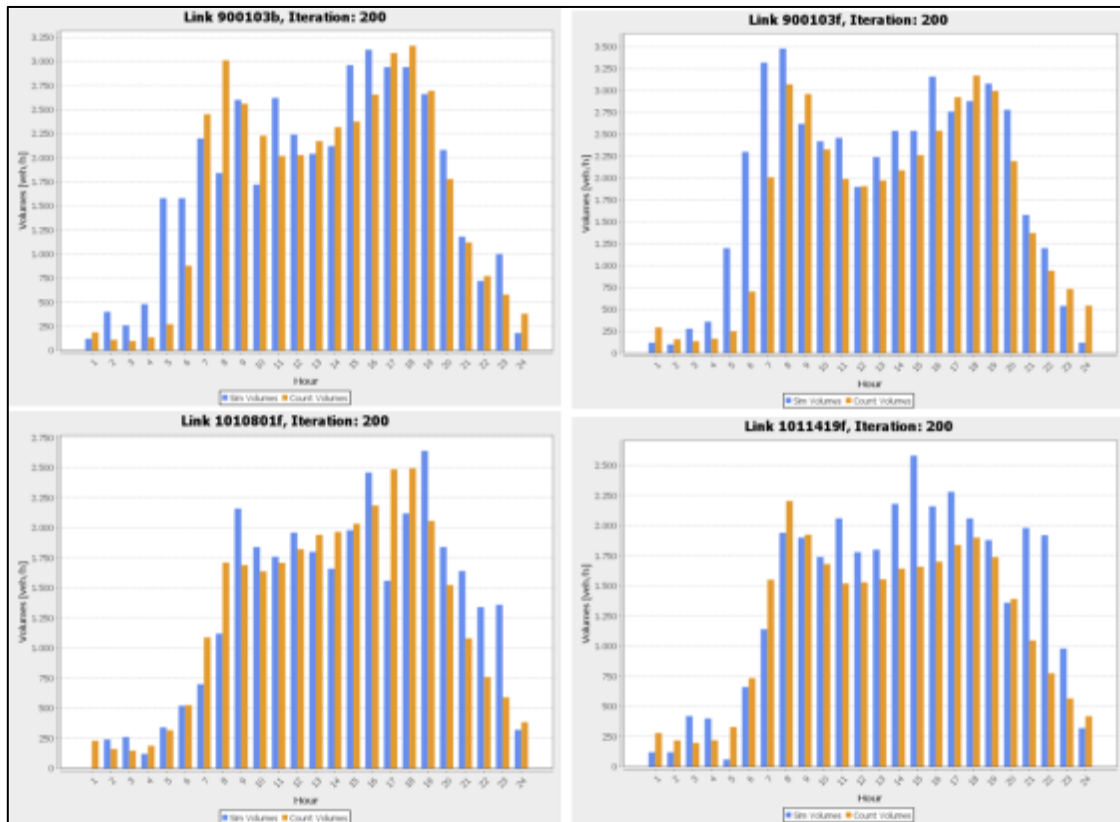
Abbildung 6 vergleicht die simulierte Verkehrsstärke mit der observierten Verkehrsstärke an Verkehrszählstellen für 200 ausgewählte Streckenabschnitte in Deutschland. Wie in der Abbildung ersichtlich wird, liegen die meisten simulierten Daten im Toleranzbereich: Das Modell weist einen hohen Ähnlichkeitsgrad zwischen simulierten und tatsächlichen Verkehrsbelastungen auf.

⁴ Vgl. Zhang et al. (2012).



**Abbildung 6: Verkehrsbelastung auf ausgewählten Fernstraßenabschnitten in
Deutschland: Vergleich von Real- und Modelldaten**

Abbildung 7 stellt die modellierte Verkehrsverteilung im Tagesverlauf für vier ausgewählte Streckenabschnitte dar. Zum Vergleich des Ähnlichkeitsgrades zwischen simulierten und realen Tagesganglinien wurde der Kolmogorow-Smirnow-Test (KS-Test) verwendet. Von den oben erwähnten 200 Zählstellen haben 71% der an Autobahnen und 65% der an Bundesstraßen gelegenen den KS-Test, der die Differenz zwischen den beobachteten und den simulierten Tagesgängen betrachtet, bestanden. Man kann also mit großer Sicherheit davon ausgehen, dass die Tagesgänge nicht systematisch voneinander abweichen. In Gänze sind die Ergebnisse der Tagesganglinien als gut zu bezeichnen. Dieses Modell wird im Folgenden als Deutschland-Modell bezeichnet.



**Abbildung 7: Simulierte und reale Tagesganglinien
auf vier ausgewählten Streckenabschnitten**

4.1.2 Auswirkungsanalysen der definierten Katastrophenszenarien unter drei unterschiedlichen Risikomanagementstrategien

Die Störung der Autobahnbrücken auf der Nord-Süd-Achse und ein bundesweiter Schneesturm waren die betrachteten Störungsfälle (Katastrophen). Platz (2005⁵) definiert das Szenario „Nichtbefahrbarkeit von fünf Autobahnbrücken“. Bei einem Schneesturm wurde angenommen, dass die Autofahrer gezwungen sind, die Geschwindigkeit sowohl auf der Autobahn als auch auf der Bundesstraße auf 80% zu reduzieren. Die vorliegenden Analysen untersuchen die Auswirkungen der beiden Katastrophen und vergleichen die gesamten Fahrzeiten der Agenten vor und nach dem Eintritt des Katastrophenereignisses, wobei die individuellen Ausweichoptionen modelliert werden können.

Drei Risikomanagementstrategien wurden anhand des Bundesverkehrswegeplans 2003 (BVWP 2003) und der ersten Ergebnisse des oben beschriebenen Deutschland-Modells (Basis: Freight Lab) definiert.

- Strategie (a): Neubau von BAB gemäß BVWP (siehe Abbildung 8)
- Strategie (b): Erweiterung von BAB gemäß BVWP (siehe Abbildung 9)
- Strategie (c): Erweiterung von BAB und Bundesstraße (B) an Kapazitätsengpässen gemäß den im Deutschland-Modell aufgezeigten Engpässen

⁵ Vgl. Platz (2005).



**Abbildung 8: Neubauschenario
BAB gemäß BVWP (Strategie a)**



**Abbildung 9:
Erweiterungsszenario von BAB
gemäß BVWP (Strategie b)**

Es besteht die Hypothese, dass erhöhte Streckenkapazitäten (und zusätzliche Routenalternativen) sowohl die Stausituation im Normalfall als auch die Auswirkungen in einem Katastrophenfall reduzieren. Zuerst wurde die Simulation für das Status-Quo-Netzwerk für den Normal- und den Katastrophenfall durchgeführt. Die gesamten Reisezeiten aller Agenten wurden jeweils summiert, so dass die Gesamtreisezeit als Vergleichsmaßstab herangezogen werden konnte. Anschließend wurde das Fernstraßennetzwerk anhand der jeweiligen Investitionsstrategie erweitert. Neue Simulationsrechnungen wurden anschließend wieder für den Normal- und den Katastrophenfall durchgeführt.

Tabelle 1 fasst die summierten Reisezeiten aller Agenten unter den unterschiedlichen Szenarien zusammen. Die Investitionsstrategie a führt zu einer Reduzierung der Reisezeit um ca. 10% sowohl im Normal- als auch im Katastrophenfall „Nichtbefahrbarkeit von fünf Autobahnbrücken“, aber nur einer Reduzierung der Reisezeit um 4% im Szenario „Schneesturm“. Investitionsstrategie b erzielt in beiden Fällen fast den gleichen Effekt. Investitionsstrategie c erzielt die effektivsten Ergebnisse sowohl für den Normal- als auch den Katastrophenfall. Detailanalysen zeigten, dass bei Investitionsstrategie c ein Großteil der Investitionsprojekte in Ballungsräumen stattfinden würde. Aufgrund der knappen Freifläche in Ballungsräumen ist der Kapazitätsausbau nur bedingt möglich, so dass weitergehende Analysen die Machbarkeit dieses Szenarios untersuchen müssen.

Indikator: Reisezeit aller Agenten (Stunden)		Referenz	Risikomanagementstrategie (RMS)		
			Investitions- strategie a	Investitions- strategie b	Investitions- strategie c
S t ö r u n g	Normalfall	100% (26,8 Mio)	90% (24,1 Mio.)	89% (23,9 Mio.)	78% (20,8 Mio.)
	5 Brücken- sperrung	100% (27,9 Mio)	89% (24,9 Mio.)	89% (24,9 Mio.)	78% (21,9 Mio.)
	Wetter- Szenario	100% (32,2 Mio.)	96% (30,8 Mio.)	95% (30,5 Mio.)	91% (29,4 Mio.)

Tabelle 1: Bewertung der RMS unter Normalfall und Katastrophenfall

Wegen der geringen Eintrittswahrscheinlichkeit von Katastrophen und deren stochastischer Natur in Ort, Umfang und Zeitintervall ist es weder effektiv noch effizient für alle denkbaren Katastrophen ausreichend Kapazität vorzuhalten. Eine Investitionsstrategie könnte bei einer Art von Katastrophen effektiv sein, aber schneidet bei einer anderen Art von Katastrophen deutlich schlechter ab. Außerdem finden die meisten Agenten wegen der heutigen enormen Überkapazität auf dem Fernstraßennetzwerk bei einem kleineren Störfall schon effiziente Ausweichrouten und die Auswirkungen dieser Störungen sind vernachlässigbar. Deshalb ist es kosteneffizient und realistisch, bei einer Katastrophe die Verkehrsnachfrage mithilfe eines Travel Demand Management zu drosseln.

4.2 Fallstudie Handelsnetz

Das in Abschnitt 4.1 eingeführte und angewendete Verkehrssimulationsmodell bildet das Verhalten aggregierter Verkehrsflüsse im europäischen Fernstraßennetz ab. Es wird entsprechend einer makrologistischen Perspektive angewendet. Die Analyse von Auswirkungen und Risikomanagementstrategien auf Unternehmensnetzwerkebene, einer mikrologistischen Ebene, bedarf eines zusätzlichen Modells. In Abschnitt 4.2 wird eine Fallstudie vorgestellt, in der die Auswirkung einer Störung auf der makrologistischen Ebene auf die mikrologistische Ebene untersucht wird. In intensiver Zusammenarbeit wurden hierfür die Modellierungsarbeiten des IWW und 4flow abgestimmt und eine Modellschnittstelle geschaffen, die eine Auswirkungsanalyse über die Grenze zwischen mikro- und makrologistischen Modellen hinaus ermöglicht.

4.2.1 Systemausschnitt und Daten

In der Fallstudie „Handelsnetzwerk“ werden zwei Systemausschnitte in zwei unabhängigen Computernetzen abgebildet und nach Anpassung der Modelle durch eine logische und technische Schnittstelle verbunden. Der Umfang und das grundlegende Systemverhalten des Verkehrssimulationsmodells des IWW sind in Abschnitt 4.1 dargestellt. Als Logistiknetzwerk auf

mikrologistischer Ebene modellierte 4flow auf Basis von realen Struktur- und Sendungsdaten ein deutschlandweites Handelsdistributionsnetzwerk mithilfe der Planungssoftware 4flow vista 3.16.

Das Handelsnetzwerk bildet die Distributionsstruktur eines Handelsunternehmens in Deutschland ab. Das Netzwerk umfasst zehn regionale Depots (Lagerstandorte) zur Versorgung von Kunden, tagesgenaue Kundenbedarfe in Deutschland, Kosteninformationen sowie Transportmittelinformationen zur Durchführung der regionalen Distribution.

Die Kundenbedarfe fallen an 702 in Deutschland verteilten Kundenstandorten an und werden in einem Zeitraum zwischen 6 Uhr und 20 Uhr über Ausliefertouren bedient. Insgesamt werden ca. 4.000 Artikelgruppen mit einer Menge von durchschnittlich 15.000 m³ pro Woche über das Netzwerk ausgeliefert. Diese wurden zur Tourenplanung zu einer homogenen Artikelgruppe mit den Eigenschaften Gewicht und Volumen vereinigt. Die Auslieferung wird über Ausliefertouren aus Depots durchgeführt. Filialstandorte sind jeweils einem Depot zugeordnet. Die Depotstandorte sind kapazitätsbeschränkt und spezifische Umschlagskostensätze je Standort sind in dem Modell hinterlegt. Die Transportkosten für die Ausliefertouren werden unter Berücksichtigung von Fahrweglänge sowie Artikelvolumen und Artikelgewichten berechnet. Zur Planung von Ausliefertouren wird in dem Fallbeispiel auf Funktionalitäten des Softwaremoduls 4flow optimizer zurückgegriffen. Zur Festlegung der Straßenentfernung als Fahrweglänge nutzt die Modellierungssoftware 4flow vista 3.16 NAVTEQ-Geodaten des Onlineportals Map24. Für die Szenarien, in denen Makroebene und Mikroebene gekoppelt werden, werden Fahrzeiten und Fahrwege aus dem Verkehrssimulationsmodell des IWW ausgelesen und zur Tourenplanung verwendet.

4.2.2 Vorgehen und Szenarien

Im vorliegenden Projektbericht wird die Beschreibung des Vorgehens bei der Entwicklung, Realisierung und Auswertung der Fallstudie auf drei Schwerpunkte begrenzt:

- Vorbereitung und Gestaltung der Fallstudie,
- Szenarien mit Störungen und Risikomanagementstrategien in der Logistikstruktur,
- Szenarien mit ebenenübergreifender Implementierung von Störungen und Risikomanagementstrategien.

Die Vorbereitung der Fallstudie beinhaltet im Wesentlichen die Aufbereitung von Realdaten aus dem Handelsnetzwerk, die Verfremdung (Anonymisierung) des Netzwerkes sowie die Konzeption und technische Entwicklung der Modellschnittstelle zwischen dem Verkehrssimulationsmodell in MatSIM und dem Netzwerkmodell in 4flow vista. Die Gestaltung der Fallstudie erforderte weiterhin die Abstimmung der Arbeitsschritte und die Definition eines gemeinsamen Workflows für beide Projektpartner.

Als ein Störungsszenario wird der Ausfall eines Depots in der Logistikstruktur untersucht. Die Störung wird in das Modell auf mikrologistischer Ebene implementiert, indem alle Materialflüsse, die in der ungestörten Situation über das Depot abgewickelt werden, unterbrochen werden (Durchsatzkapazität des Depots wird auf 0 reduziert). Alle dem Depot zugeordneten Filialen werden entsprechend nicht mehr beliefert. Daraufhin wird der entfallene Warenstrom über alternative Depots geroutet.

Unterschiedliche Risikomanagementstrategien können auf Basis eines umgeleiteten Warenstroms und der damit verbundenen Neuplanung der Transportrouten realisiert werden.

Da aufgrund von Störungen auf der unternehmensinternen Logistikstruktur keine signifikanten Auswirkungen auf die Verkehrssituation im europäischen Fernstraßennetz zu erwarten ist, wurden die Auswirkungsanalyse und der Vergleich unterschiedlicher Risikomanagementszenarien für den Ausfall eines Distributionsdepots ohne Anwendung der Modellschnittstelle zum Verkehrssimulationsmodell durchgeführt. Folgen von Störungen im Straßennetz haben jedoch wie im Abschnitt 4.1 aufgezeigt Wirkungen auf die Fahrzeiten im Verkehrsnetz. Aus diesem Grund werden die Auswirkungen ausgewählter Störungen in der Infrastruktur auf das Logistiknetzwerk mithilfe der Modellschnittstelle untersucht. Die Verknüpfung der Modelle wird wie folgt durchgeführt: In der Verkehrssimulation werden Fahrzeiten und Distanzen ermittelt. Diese Informationen werden zur Neuplanung der Materialströme, insbesondere zur Neubildung von Distributionstouren durch die Planungssoftware genutzt.

Im Rahmen der Fallstudie werden die Szenarien in Tabelle 2 untersucht.

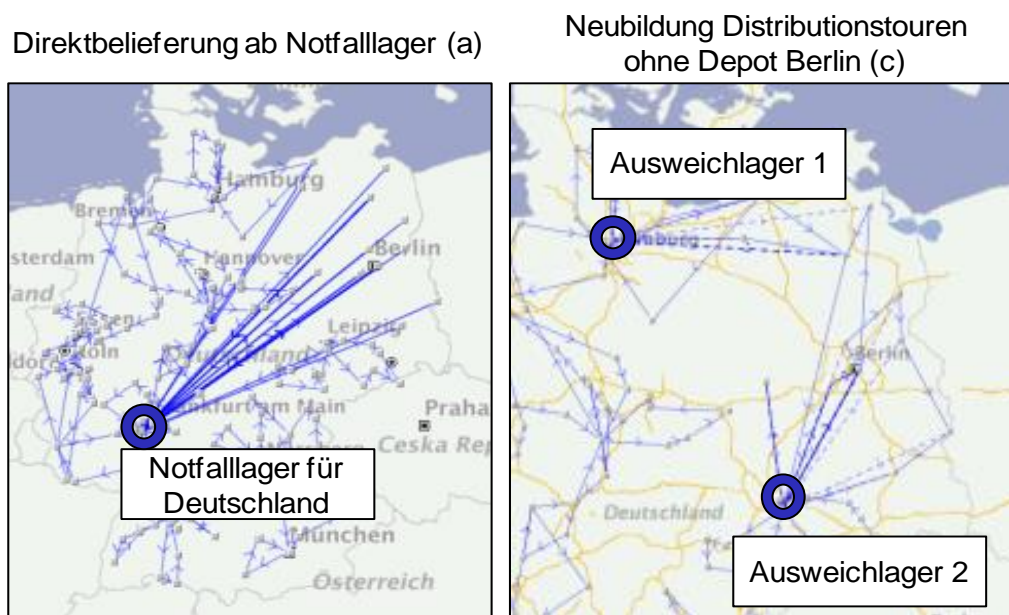
Störung	Risikomanagement	Untersuchungs- ebene
Ausfall Lagerstandort (Depot Berlin)	Notfallstrategien im Logistiknetzwerk <ul style="list-style-type: none"> • Direktbelieferung ab einem Notfalllager • Neubildung der Distributionstouren ohne ausgefallenes Lager • Wiederherstellung einer Teilkapazität (20%) am gestörten Lager und Neubildung der Distributionstouren • Nutzen eines externen Alternativstandortes und Neubildung der Distributionstouren 	Logistikstruktur
Schneesturm (Geschwindigkeits- reduzierung auf BAB und B)	<ul style="list-style-type: none"> • Neubildung der Distributionstouren unter Berücksichtigung veränderter Fahrzeiten in der Störungssituation 	Logistikstruktur/ Infrastruktur
Sperrung von Fernstraßen und Autobahnkreuzen im Umland von drei Lagerstandorten	<ul style="list-style-type: none"> • Neubildung der Distributionstouren unter Berücksichtigung veränderter Fahrzeiten in der Störungssituation 	Logistikstruktur/ Infrastruktur
Sperrung von fünf Autobahnbrücke in der Nord-Süd-Achse	Investitionsstrategien auf Infrastrukturebene (siehe 4.1): <ol style="list-style-type: none"> a) Neubau von BAB gemäß BVWP b) Erweiterung von BAB gemäß BVWP c) Erweiterung von BAB und Bundesstraße gemäß Kapazitätsengpässen im Deutschland-Modell Notfallstrategien im Logistiknetzwerk (zusätzlich zu a-c): <ul style="list-style-type: none"> • Neubildung der Distributionstouren unter Berücksichtigung veränderter Fahrzeiten in der Störungssituation 	Logistikstruktur/ Infrastruktur

Tabelle 2: Störungen und Risikomanagement in der Fallstudie „Handelsnetzwerk“

In den folgenden Abschnitten werden ausgewählte Ergebnisse der Fallstudie vorgestellt. Die Darstellung wird auf die Ergebnisse der Analyse von Störungen und Risikomanagementstrategien bei Störung eines Lagerstandorts (Depot Berlin) und die Ergebnisse der Analyse von ebenenübergreifenden Auswirkungen und Risikomanagementstrategien bei der Störung von fünf Autobahnbrücken in Deutschland auf der Nord-Süd-Achse beschränkt.

4.2.3 Ausfall eines Lagerstandorts

Als Risikomanagementstrategien im Fall der Störung des Depots Berlin stehen dem Netzbetreiber unterschiedliche Optionen zum Umrouten der unterbrochenen Warenströme zur Verfügung. Jede Option ist mit einer temporären Veränderung der Netzwerkkonfiguration verbunden und führt in der Regel zu Mehraufwand und Mehrkosten, insbesondere im Transport, da die Logistiknetzwerke im ungestörten Zustand bereits im Zuge der strategischen und taktischen Planungsprozesse des Netzbetreibers optimiert wurden. Abbildung 10 zeigt, wie durch zwei der vier untersuchten Risikomanagementstrategien die Netzwerkstruktur anzupassen ist, wenn die Filialen in dem Raum Nordost nicht mehr von dem Berliner Depot beliefert werden, sondern aus einem definierten Notfalllager über Direkttransporte (a) oder aus den anliegenden Depots über Ausliefertouren (c) bedient werden.



**Abbildung 10: Vergleich zweier Risikomanagementstrategien anhand
Distributionstouren bei Störung des Depots Berlin**

Tabelle 3 zeigt einen Vergleich der Szenarienergebnisse anhand von im Modell errechneten Kosten. Bei einer Störung des Depots, ohne dass die Störung durch Risikomanagementmaßnahmen kompensiert wird, entfällt ein Teil des Materialflusses, was zu zum Absenken variabler Kosten im Transport und Handling führt. Durch Risikomanagementmaßnahmen entsteht dagegen ein Transportmehraufwand, wodurch aber Kosten durch einen möglichen Umsatzausfall verhindert werden, weil in den Depots ausreichend freie Umschlagskapazitäten zur Verfügung stehen, sodass die Filialen des Depots Berlin versorgt werden können. Da in dem Szenario d) ein Alternativstandort

als Depot angelegt wurde, der in einem transportkostengünstigen Standort liegt, sind die Transportkosten niedriger als in der ungestörten Situation.

	Transportkosten [€/d]	Handlingkosten ^d [€/d]	Fixkosten ^e [€/d]	Ausfallkosten ^f [€/d]	Gesamtkosten [€/d]
Ausgangszustand ungestört	28.442	5.179	822	0	34.443
Störung Depot Berlin ohne Reaktion	24.964	4.622	814 ^a	15.481 ^b	45.881
a) Direktbelieferung ab Notfalllager	43.457	5.179	814 ^a	0	49.450
b) Neubildung der Distributionstouren	29.204		814 ^a		35.197
c) Wiederherstellung Teilkapazität	29.185		822		35.186
d) Nutzen eines externen Alternativstandortes	26.428		822		32.428 ^c

^a Annahme: Bei Lagerausfall fallen 90% der ursprünglichen Fixkosten weiter an

^b Annahme: Entgangener Gewinn entspricht 20% des entgangenen Umsatzes (600€ pro m³)

^c Nicht berücksichtigt werden potentielle Steigerung von Handlingkosten und Fixkosten, bzw. ein Preisaufschlag, den ein Logistikdienstleister für das kurzfristige Einrichten eines Alternativstandortes erhebt.

^d Handlingkosten beinhalten variable Umschlagskosten am Standort

^e Fixkosten beinhalten Standortgemeinkosten (u.a. Flächenkosten, Energiekosten)

^f Kosten durch verlorenen Gewinn

**Tabelle 3: Kostenvergleich zwischen Szenarien
mit und ohne Reaktion bei Ausfall des Depots Berlin**

Der Szenarienvergleich zeigt, dass reaktives Risikomanagement in der Regel Mehrkosten im Transport erzeugt, wenn die Versorgung des in der Versorgungskette nachgelagerten Kunden sichergestellt werden soll. Letzteres kann als Prämisse oder durch Bewerten der geminderten Lieferfähigkeit in Form von kalkulatorischen Ausfallkosten oder konkreten Pönalen in die Bewertung eingehen.

4.2.4 Sperrung von fünf Autobahnbrücke in der Nord-Süd-Achse

Für die Auswirkungsanalyse der Sperrung von fünf Autobahnbrücken werden im Logistikplanungsmodell Distributionstouren auf Basis der in dem Verkehrssimulationsmodell erzeugten Fahrzeiten gebildet. Daraufhin wird die Störung in das Verkehrssimulationsmodell implementiert und neue Fahrzeiten für das Straßennetz berechnet. Auf Basis der Fahrzeiten bei Störung werden neue Distributionstouren in dem Planungsmodell gebildet. Auf diese Weise wird die Wirkung der Störung in der Infrastruktur auf das einzelne Logistiknetzwerk in der mikrologistischen Ebene projiziert, worauf in der Logistikstruktur mit einer Überplanung der Distributionstouren, also einer kurzfristigen Neukonfiguration der Netzwerkstruktur als Risikomanagementstrategie in der Distribution reagiert wird.

Zusätzlich werden in weiteren Szenarien Investitionsstrategien, die in Abschnitt 4.1.1 eingeführt wurden, als präventive Risikomanagementstrategien auf Infrastrukturebene einbezogen. In der

Abbildung 11 werden die Ergebnisse für die untersuchten Szenarien anhand der summierten wöchentlichen Fahrzeit und des wöchentlichen Fahrwegs dargestellt.

	Keine Investitionen (status quo)	Investitionsstrategien Infrastruktur		
		Neubau von BAB gemäß BVWP (a)	Erweiterung von BAB gemäß BVWP (b)	Erweiterung von BAB und B gemäß Deutschland-Modell (c)
Ungestörte Situation	102.986 km/wo 2.216 h/wo	103.109 km/wo 2.217 h/wo	101.517 km/wo 2.196 h/wo	100.676 km/wo 2.151 h/wo
Störung von 5 Autobahnbrücke auf Nord-Süd- Achse	105.729 km/wo 2.275 h/wo	101.059 km/wo 2.206 h/wo	101.994 km/wo 2.214 h/wo	102.131 km/wo 2.180 h/wo

**Abbildung 11: Vergleich von Fahrweg und Fahrzeit im Distributionsnetzwerk in
untersuchten Szenarien**

Zusammenfassend zeigt sich in dem Fallbeispiel, dass eine schwerwiegende Störung auf dem Fernstraßennetz zwar einen negativen Effekt auf das einzelne Logistiknetzwerk haben kann, in dem Fallbeispiel aber verhältnismäßig geringe Auswirkungen (Steigerung der Fahrstrecke um bis zu 2,7%) beobachtet wurden. Durch die Investitionsstrategien können die Auswirkungen durch eine Erweiterung der Streckenoptionen oder Kapazitätserweiterungen im Straßennetz gesenkt werden, wobei bereits in der ungestörten Situation mit Strategien b) und c) eine Reduktion des Transportaufwands im Netzwerk zu beobachten ist.

Als methodisches Ergebnis der erfolgreichen Verbindung des Verkehrssimulationsmodells und des Tourenplanungsalgorithmus in 4flow vista ist festzuhalten, dass der Datenaustausch über die Modellschnittstelle

- eine realistischere Untersuchung und Bewertung der Auswirkungen sich ständig verändernder Verkehrssituationen auf die Transporte in der Distribution,
- die Verringerung der Unsicherheit zwischen geplanten und ausgeführten Tourenplänen sowie
- die Re-Optimierung und Anpassung der Tourenpläne im Fall von z. B. Stau oder Katastrophen auf Basis realistischer Prognosedaten aus der Simulation ermöglicht.

Die Kopplung ist die Grundlage für eine Bewertung von Störungssituationen in Echtzeit (ex-post Störungseintritt) sowie für die Planung von robusten Logistiknetzwerken unter Berücksichtigung von Verkehrsentwicklungen bzw. Störungsszenarien (ex-ante Störungseintritt).

4.3 Fallstudie Automotive Supply Chain

Die Fallstudie "Automotive Supply Chain" ergänzt die Untersuchungen von Logistiknetzwerken in RM-LOG in zweierlei Hinsicht. Zum einen wurde in den explorativen Experteninterviews mit Unternehmensvertretern festgestellt, dass die Abwägung von Transportkosten und Sicherheit durch Zeitpuffer in einer Transportkette eine grundlegende Entscheidung im alltäglichen Risikomanagement

ist und auch im Katastrophenfall bewusst durchgeführt wird. Zum anderen haben jüngste Katastrophenereignisse wie die Nuklearkatastrophe im japanischen Fukushima gezeigt, dass die Auswirkungen von Verzögerungen und Ausfällen an einem Punkt in der Versorgungskette Auswirkungen auf nachgelagerte Abschnitte in der Kette haben und die termingerechte Übergabe an den Empfänger von Gütern verhindern können.

Im Fokus der Fallstudie steht deshalb die unternehmensübergreifende Bewertung von Störungen und Risikomanagementmaßnahmen unter Berücksichtigung von Transitzeiten und Transportkosten.

4.3.1 Systemausschnitt und Daten

Um ein unternehmensübergreifendes Netzwerkmodell zu erzeugen, wurden drei Netzwerke aus der Automobilbranche verknüpft. Es handelt sich dabei um ein Inboundtransportnetzwerk eines Automobilbauers, der in Europa Produktionswerke betreibt und Zulieferteile weltweit bezieht, sowie um die europäischen Inboundnetzwerke zweier Automobilzulieferer, die jeweils Zulieferteile an den Automobilhersteller (OEM) liefern.

Alle drei Netzwerke wurden direkt aus Realdaten in der Planungssoftware 4flow vista 3.16 erstellt und mit makrologistischen Netzwerknotenpunkten, wie beispielsweise Häfen, verknüpft. Im Ergebnis entsteht ein komplexes Logistiknetzwerk. Alleine der Netzwerkausschnitt des Automobilherstellers weist über 1600 Quellen (Lieferanten), 19 Transporthubs und über 3000 Transportrelationen auf. Quellen außerhalb von Europa wurden zu fünf Ex-Europaquellen zusammengefasst und treten über den Importhafen Hamburg in das europäische Transportnetzwerk ein.

Das Gesamtnetzwerk beinhaltet auf Realdaten basierende sowie sinnvoll ergänzte Informationen zur geografischen Lage von Standorten, zu Durchlaufzeiten an Standorten, Transportrelationen zwischen den Standorten, branchenüblichen Transporttarifen und Transportmittelinformationen. Transporte in Europa werden in dem Netzwerk vorwiegend auf dem Straßenweg durchgeführt. Transportzeiten werden analog zur Fallstudie „Handelsnetzwerk“ unter Berücksichtigung von Transportmittelgeschwindigkeit und Straßenentfernung zwischen den geokoordinierten Standorten berechnet.

Abbildung 12 zeigt die Netzwerkstruktur der Supply Chain schematisch. Die rot durchkreuzten Modellobjekte deuten die untersuchten Störungen in dem Modell an: Störung eines Lieferantenproduktionsstandortes und wasserseitige Störung eines Seehafens.

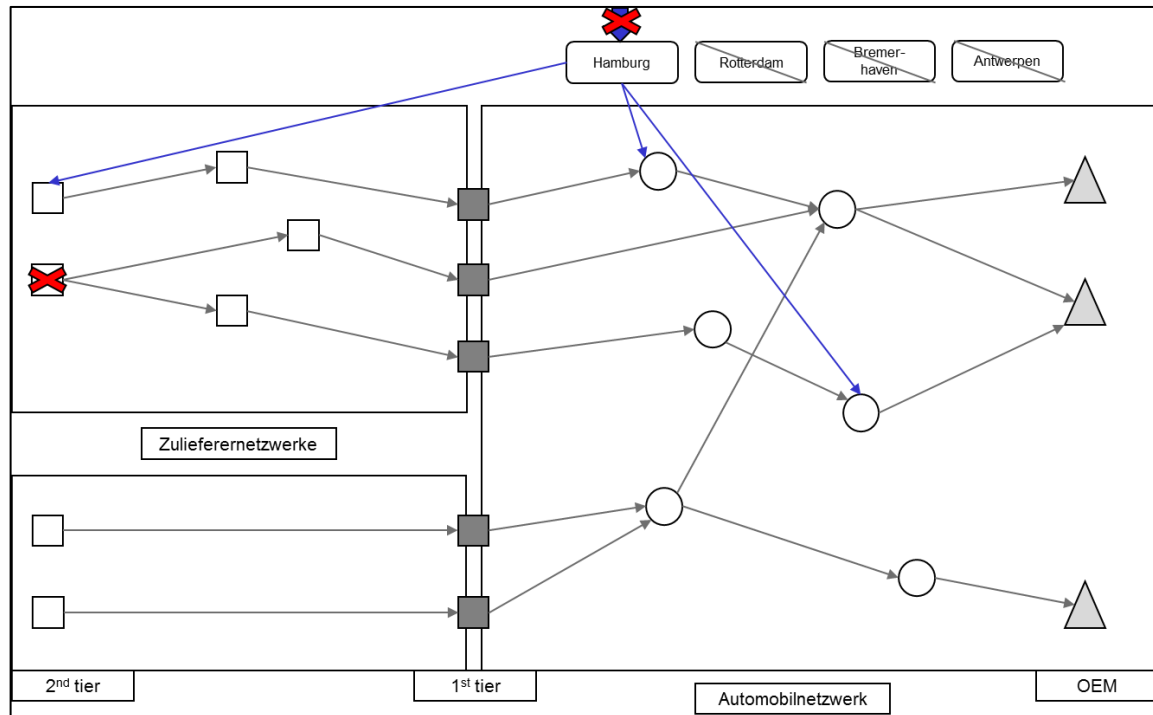


Abbildung 12: Schematische Darstellung des Netzwerkumfangs und der Störungen

4.3.2 Vorgehen und Szenarien

Das unternehmensübergreifende Netzwerkmodell wurde in 4flow vista modelliert und ein Modell zur Terminierungsrechnung als zusätzliches Bewertungsmodell in *Visual Basic for Applications* (VBA) programmiert. Diese Modelltypen wurden über eine logische Datenschnittstelle verknüpft und die Warenströme in dem Gesamtnetzwerk wurden neu kalibriert. Das Supply-Chain-Modell wurde daraufhin den Projektanforderungen entsprechend angepasst. Relevante Infrastrukturknoten wurden identifiziert und im Modell detailliert. Dabei handelt es sich insbesondere um Seehäfen und Flughäfen, die dem Interkontinentaltransport von Waren dienen.

Um die Durchlaufzeiten und Transportkosten in der Netzwerkstruktur zu bewerten, wurde ein prototypisches Softwaremodul auf Basis von Excel/VBA konzipiert und realisiert (Abbildung 13), das über die Eingabe von Transporttarifen und Wareneigenschaften wie Volumen oder Gewicht mögliche Routen zwischen ausgewählten Standorten im Netzwerk (Quelle-Senke-Beziehung) ermittelt und einen Vergleich von Kosten und Durchlaufzeiten für unterschiedliche Routingentscheidungen ermöglicht.

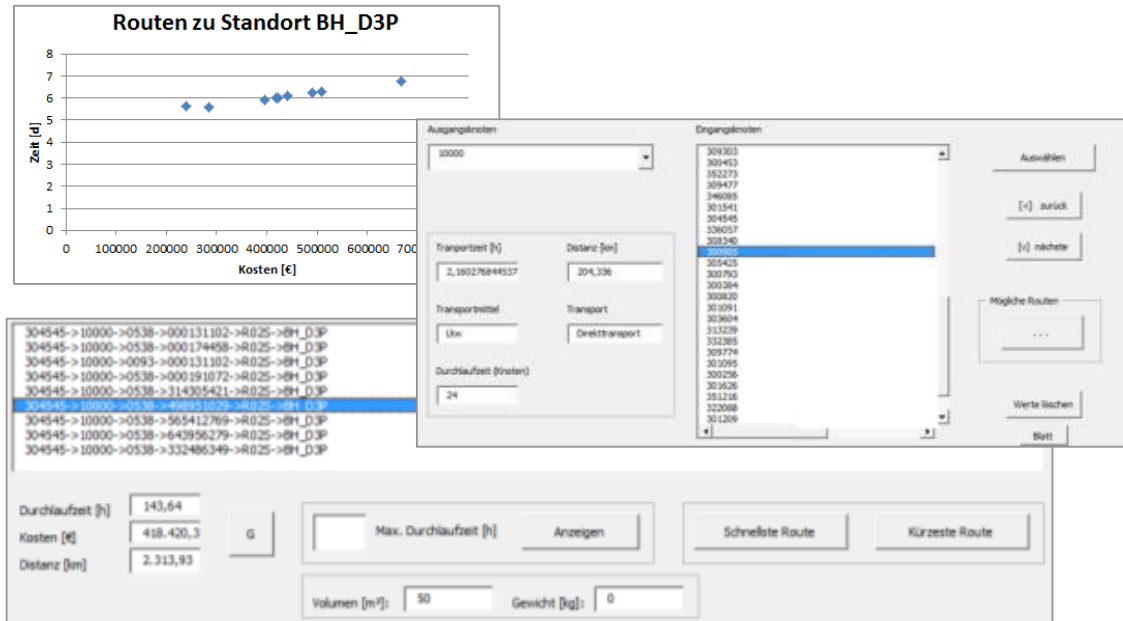


Abbildung 13: Screenshots aus dem Softwaremodul zur Analyse von Netzwerk der Durchlaufzeiten und Transportkosten in Netzwerkstrukturen

Somit wird Transparenz über Transportmöglichkeiten im globalen Netzwerk geschaffen, sodass die Robustheit des Netzwerkes in Bezug auf Transportzeit und Transportkosten bewertet sowie im Falle einer Störung Alternativrouten identifiziert werden können (vgl. Tabelle 4).

Störung	Proaktives Risikomanagement	Reaktives Risikomanagement
Ausfall Hochseehafen Hamburg	<ul style="list-style-type: none"> Alternativrouten im Netzwerk schaffen Transportzeiten und Transportpreise verringern 	<ul style="list-style-type: none"> Alternativrouten im Netzwerk nutzen
Ausfall Lieferant	<ul style="list-style-type: none"> Multiple Sourcing 	<ul style="list-style-type: none"> Alternativen Lieferanten nutzen

Tabelle 4: Störungen und Risikomanagement in der Fallstudie „Automotive Supply Chain“

4.3.3 Ergebnisse der Analyse

Die Ergebnisse der Analyse einer Quelle-Senke-Beziehung zwischen einem chinesischen Standort eines 2nd-Tier-Lieferanten bis zum Verbrauchsort der OEM-Produktionsstätte werden beispielhaft in Abbildung 14 veranschaulicht.

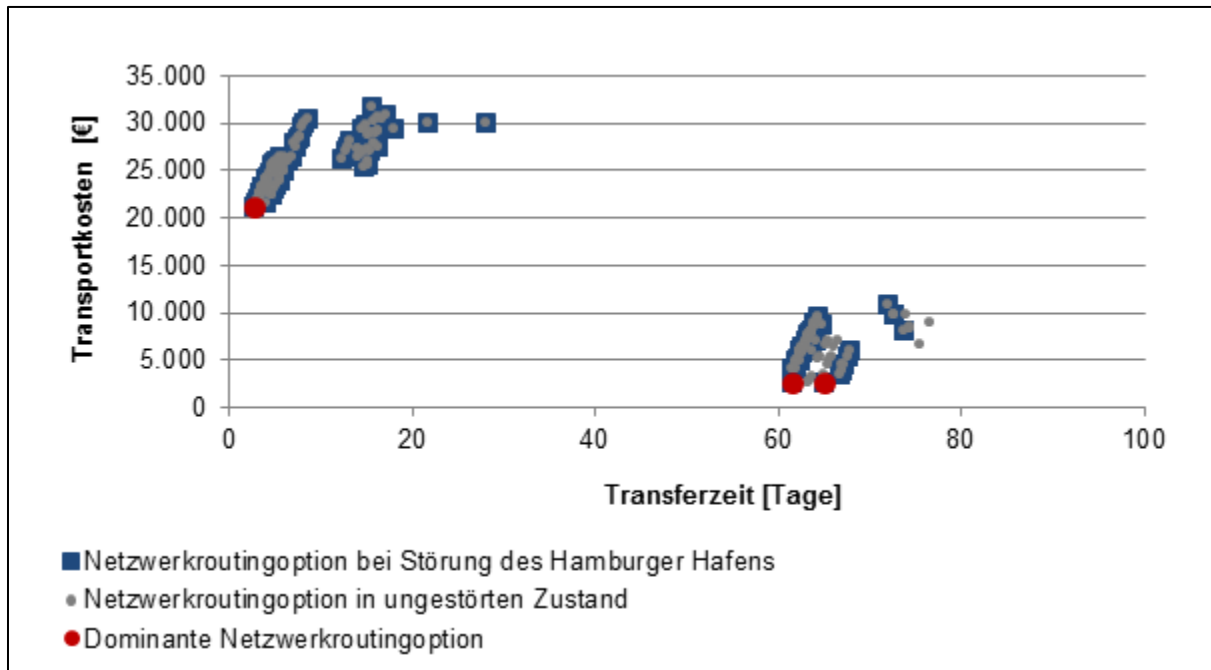


Abbildung 14: Netzwerkrountingoptionen zwischen einem chinesischen 2nd-Tier-Lieferantenstandort und OEM-Verbrauchsstandort vor und bei Störung des Hafens HH

In der Abbildung können zwei Punktmengen unterschieden werden: Teure Optionen mit kurzen Transferzeiten (links-oben), in deren Fall der Interkontinentaltransport per Luftfracht durchgeführt wird, und kostengünstigere Optionen mit längeren Transferzeiten (rechts-unten), in denen der Interkontinentaltransport per Seefracht durchgeführt wird. Transportroutenoptionen, die nicht von mindestens einer anderen Transportroutenoption dominiert werden (keine andere Option weist niedrigere Transportkosten höher und gleichzeitig niedrigere Transferzeiten auf), sind als Optimallösungen rot markiert. Die grauen Punkte bzw. Routingoptionen stehen im ungestörten Zustand zur Verfügung. Während der Störung des Hamburger Hafens können jene Transportwege nicht mehr in Auftrag gegeben werden, die den Hafen als Warenumschriftspunkt nutzen. Demnach ist eine geringere Anzahl an Optionen verfügbar, welche im Diagramm blau hinterlegt sind.

Optimallösungen entfallen in diesem Beispielfall nicht. Wäre dies jedoch der Fall, sind neue Optimallösungen zu bestimmen. Die Veränderung von Kosten und Transportzeit gegenüber einer Ausgangslösung sind die Grenzkosten bzw. Grenzdauer der Relation in Bezug zur Störung. Je niedriger die Grenzkosten und Grenzdauer, desto robuster ist das Routing gegenüber der Störung. Die Beispielrelation wird entsprechend als robust gegenüber der Störung des Hamburger Hafens bewertet.

Zusätzlich zur Identifikation und Bewertung von alternativen Transportrelationen können aus den Ergebnissen der Fallstudie präventive Risikomanagementmaßnahmen identifiziert werden, die Auswirkungen auf die Grenzkosten und Grenzdauer der Transportrelation haben:

Netzwerkrountingoptionen erzeugen (Freiheitsgrade erhöhen) durch

- Alternative Transportverbindungen (Direktverkehre)

- Nutzen alternativer Umschlagspunkte
- Alternative Quellen (Alternative Lieferanten)
- Anforderungen an maximale Transportdauer senken durch
- Bestand in der Versorgungskette
- Routenoptionen optimieren durch
- Senken von Transportpreisen auf Direktverbindungen
- Reduzieren der Transitzeiten (z.B. durch Optimierung von Fahrplänen)
- Reduzieren von Transportzeiten (z.B. durch Wahl eines schnelleren Transportmittels)

Durch gezielte Maßnahmen kann die Robustheit von Routing-Lösungen durch Routingoptimierung und Erzeugen von Netzwerkoptionen gesteigert werden. Diese Maßnahmen sind jedoch nur zielführend, wenn die Menge der optimalen Routingoptionen bei Störung positiv beeinflusst wird, d.h. wenn sie „robustheits-wirksam“ wird.

4.4 LDL Distributionsnetzwerk

In der Fallstudie „LDL Distributionsnetzwerk“ wird das Bewertungsspektrum zur Auswertung von Risikomanagementmaßnahmen in Logistiknetzwerken in RM-LOG konsequent erweitert und die Auswertungsanalyse ergänzt. Im Mittelpunkt der Fallstudie stehen die Entwicklung von Störungen in der Logistikstruktur über die Zeit nach Störungseintritt sowie der Einfluss von Bestand und Ausweichkapazitäten im Logistiknetzwerk auf die Auswirkungen von Störungen.

4.4.1 Systemausschnitt und Daten

Grundlage der Fallstudie ist ein Distributionsnetzwerk, welches Kühne + Nagel als Kontraktlogistikdienstleistung betreibt. Es handelt sich um ein mehrstufiges Distributionsnetzwerk mit drei Produktionsstandorten in Europa, sechs Regionallägern in Deutschland und zehn regionalen Transporthubs. Über das Netzwerk werden Kundenstandorte in Deutschland und angrenzenden Regionen per LKW versorgt.

Zwei Modelle des Netzwerkes wurden in der Fallstudie erstellt. Die Netzwerkstruktur und der Materialfluss wurden in der Planungssoftware 4flow vista 3.16 als Strukturmodell abgebildet. Davon abgeleitet wurden eine Netzwerkstruktur und der Materialfluss einer homogenen Produktgruppe. Dieser Modellausschnitt wurde in einem Simulationsmodell in der Software Vensim PLE erstellt.

Kühne + Nagel stellte sämtliche zur Modellierung notwendigen benötigten Standort-, Sendungs-, und Bestandsdaten zur Verfügung. 4flow und Kühne + Nagel konzipierten in Zusammenarbeit die Modelllogiken für das Simulationsmodell und validierten das Modellverhalten in gemeinsamen Ergebnisworkshops.

4.4.2 Vorgehen und Szenarien

Das Modellierungsprojekt umfasst die Analyse von Auswirkungen einer Störung auf die Logistikstruktur und die Bewertung von reaktiven Risikomanagementmaßnahmen. Dafür wird für jedes Szenario ein Strukturmodell für eine ungestörte Situation erstellt und eine neue Materialflussverteilung für die gestörte Situation berechnet. Die Materialflussverteilungen, der Anteil der ausgewählten

Produktgruppe an den Materialflüssen sowie daraus abgeleitete Durchsatzkapazitäten an den Lagerstandorten für die Produktgruppe werden bestimmt und als Parameter in dem Simulationsmodell implementiert.

Um unterschiedliche Risikomanagementstrategien zu vergleichen, wird eine Referenzstörung zugrunde gelegt. Diese sieht vor, dass ein Lager (Lager Ost (O)) über einen Zeitraum von 50 Arbeitstagen gestört ist, d.h. dass keine Wareneingänge und Warenausgänge durchgeführt werden können und der gesamte Bestand der Produktgruppe zu Beginn der Störung untergeht. Weder die Kundenachfrage noch die Versorgung aus den Produktionsstandorten wird durch die Störung beeinflusst. Eingehende Bestellungen verfallen nicht, sondern bilden einen Lieferrückstand. Dieser Rückstand dient als Messwert für die Kundenbefriedigung zu einem beliebigen Zeitpunkt.

Als Risikomanagementmaßnahmen werden die zeitlich begrenzte Nutzung von alternativen Lagerstandorten sowie die Erweiterung von Durchsatzkapazitäten in unterschiedlichen Ausprägungen in drei sukzessiven Analyseschritten untersucht (Tabelle 5).

Störung	Risikomanagement	Analyseschritt
50 Arbeitstage Ausfall des Lagers Ost	Belieferung aus Alternativlager im Störfall: <ul style="list-style-type: none"> • Alternativlager Nord (N) • Alternativlager West (W) • Alternativlager Südost (SO) • Alternativlager Mitteldeutschland (MD) • Alternativlager N+ SO • Alternativlager N + W 	1) Bewertung und Auswahl Alternativlagerstandorte
	Bei Störung ab Alternativlager SO + N <ul style="list-style-type: none"> • Kapazität O 50 Tage erhöht nach Störung • Kapazität SO + N erhöht bei Störung • SO + N über Störung hinaus genutzt • Stufenweise Wiederherstellung Lager O Bei Störung ab Alternativlager N <ul style="list-style-type: none"> • Kapazität O 50 Tage erhöht nach Störung • Kapazität N erhöht bei Störung Bei Störung ab Alternativlager SO <ul style="list-style-type: none"> • SO über Störung hinaus genutzt 	2) Bewertung und Auswahl von Kapazitätsszenarien
	Vergleich von zwei Ausweichlager-Lösungen <ul style="list-style-type: none"> • Bei Störung ab Alternativlager SO + N • Bei Störung ab Alternativlager N Jeweils Kapazität an den Ausweichlagern erweitert um <ul style="list-style-type: none"> • 50 % des unterbrochenen Güterdurchsatzes • 100 % des unterbrochenen Güterdurchsatzes • 150 % des unterbrochenen Güterdurchsatzes • 200 % des unterbrochenen Güterdurchsatzes 	3) Dimensionierung der Kapazitätserweiterung im Störfall

**Tabelle 5: Störungen und Risikomanagement in der Fallstudie „LDL
Distributionsnetzwerk“**

Während in dem ersten Analyseschritt die Belieferung ab vier verschiedenen Ausweichlagern und zwei Kombinationen aus zwei Ausweichlagern verglichen wird, werden in den Analyseschritten zwei

und drei Ausprägungen der Risikomanagementstrategien unter Verwendung der Alternativlager N, SO und N+SO bzw. N und SO+N in detaillierteren Szenarien untersucht.

Durch das iterative Vorgehen bei der Wahl der Risikomanagementstrategie können konkrete Maßnahmen ausgewählt und detailliert werden. Resilienz und Robustheit werden in diesem Zusammenhang als Kriterien für die Wirksamkeit des Risikomanagements herangezogen. Im ersten Analyseschritt werden zusätzlich die Mehrkosten im Transport als Kriterium einbezogen.

Die Mehrkosten im Transport werden als prozentualer Aufschlag auf die durchschnittlich täglichen anfallenden Transportkosten zum Transport der von der Störung betroffenen Materialflüsse ausgewiesen. Als Maß für die Resilienzsteigerung dient die Minderung der Wiederherstellungsdauer, der Dauer, bis die durchschnittliche Kundenbefriedigung nach der Störung wieder den Stand der Kundenbefriedigung von vor der Störung erreicht. Als Robustheitssteigerung wird die Minderung des Minimalwerts der Kundenbefriedigung, d.h. der nominell größte Lieferrückstand, während oder nach der Störung bewertet.

4.4.3 Ergebnisse der Analyse

In Abbildung 15 werden die Ergebnisse aus den Szenarien des ersten Analyseschrittes vergleichend dargestellt. Zwei Szenarien (dunkel blau markierte Szenarien) dominieren in dieser Analyse die Ergebnisse aus den anderen Szenarien. Die Robustheitssteigerung verhält sich in den untersuchten Szenarien analog der Resilienzsteigerung.

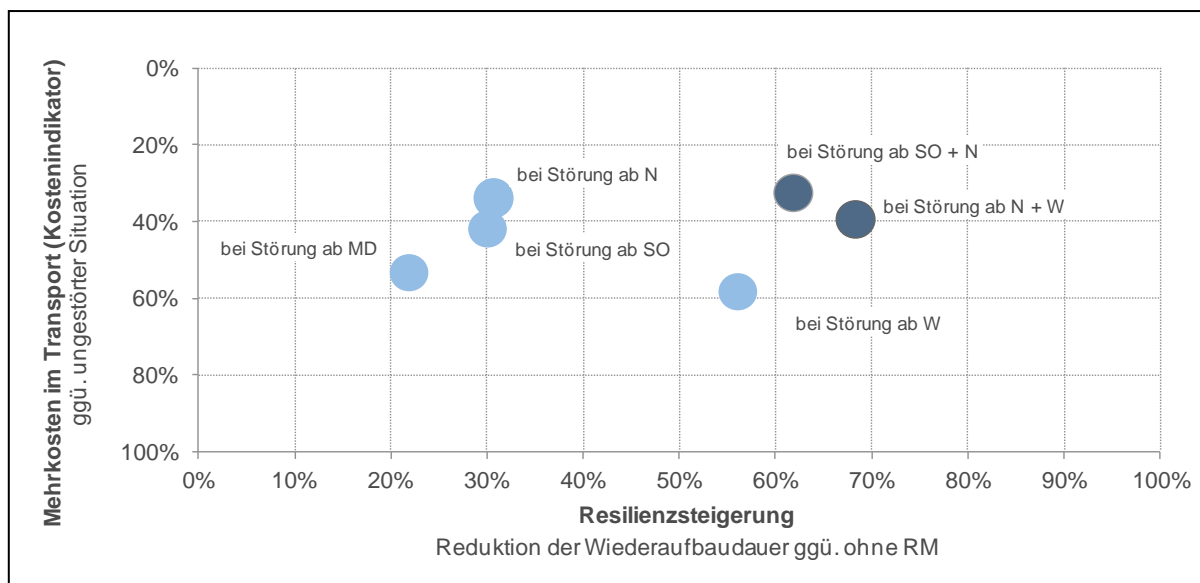


Abbildung 15: Mehrkosten und Resilienzsteigerung bei Notfallbelieferung aus alternativen Standorten (Analyseschritt 1)

Insgesamt lässt sich durch die Belieferung der Kundengebiete des gestörten Lagers O ab den Alternativlagern N und W die Wiederherstellungsdauer um 69 % senken. Steht nur ein Alternativlager zur Verfügung, kann die Wiederherstellungsdauer um maximal 56 % (Szenario Alternativlager W) gesenkt werden. Auch der Transportkostenaufschlag variiert im Szenarienvergleich zwischen 32 %

und 58 %. Die Modellergebnisse zeigen somit, dass die Anzahl und die Auswahl der Alternativlager für den Störfall die Wirksamkeit und den Aufwand für die Notfallbelieferung wesentlich beeinflussen.

Die Modellergebnisse in den Szenarien des 2. und des 3. Analyseschrittes weisen ferner daraufhin, dass weitere Parameter die Wirksamkeit des Risikomanagement beeinflussen. Auf Basis der Ergebnisse aus dem ersten Analyseschritt wurden ausgewählte Kapazitätserweiterungen (vgl. Tabelle 5) in Szenarien getestet und beispielhaft für zwei Kapazitätserweiterungsszenarien, die Erweiterung der Kapazität an dem Alternativlagerstandort N sowie die Erweiterung an den Alternativlagerstandorten SO und N, und die Kapazitätshöhe im dritten Analyseschritt variiert.

In Abbildung 16 werden die Ergebnisse des dritten Analyseschrittes in Bezug auf den Zusammenhang von Kapazitätssteigerung an Alternativlagerstandorten in der Störungsdauer dargestellt.

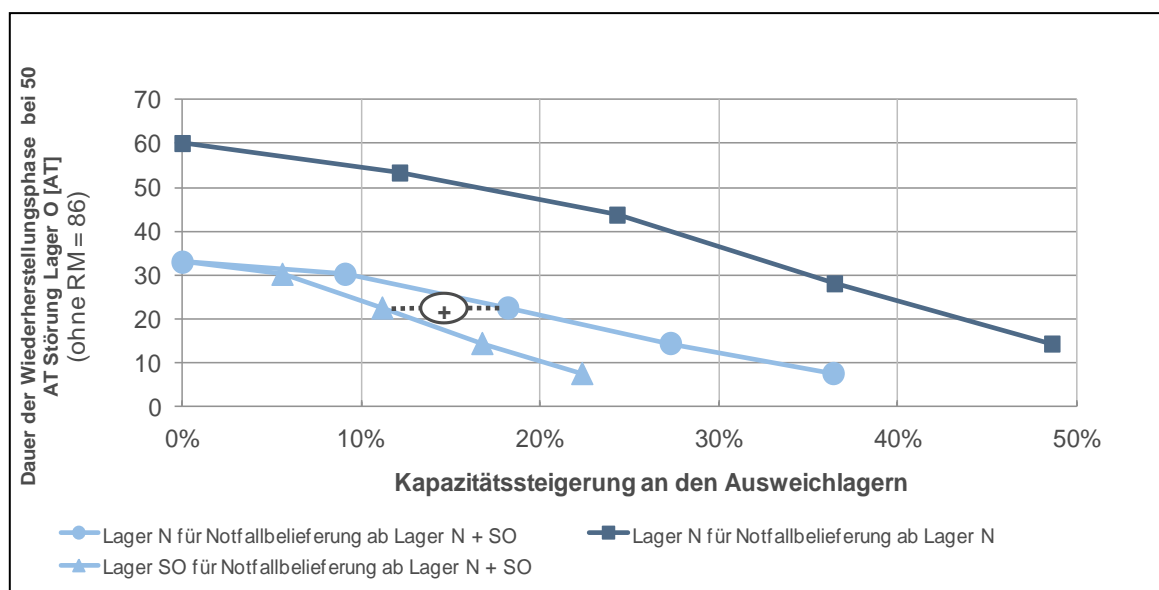


Abbildung 16: Wiederherstellungsdauer bei Variation der Durchsatzkapazität an Alternativlagerstandorten während der Störung

Es zeigt sich, dass dieselbe Minderung der Wiederherstellungsdauer über unterschiedliche Kombinationen aus Kapazitätserweiterungen erzielt werden kann. In dem Fallbeispiel kann beispielsweise die Wiederherstellungsdauer nach der Störung von 86 auf 30 Arbeitstage gesenkt werden, indem:

- eine Notfallbelieferung aus dem Lagerstandort N erfolgt und die Durchsatzkapazität während der Störung im Lager N um ca. 35 % erhöht wird oder
- eine Notfallbelieferung aus den Lagerstandort SO und N erfolgt und die Durchsatzkapazität während der Störung im Lager N um ca. 9 % und am Lager SO um ca. 6 % erhöht wird.

In dem Fallbeispiel gilt: größere Kapazität führt zu größerer Resilienz und Robustheit, jedoch konnte in den Szenarien die Störung nicht vollständig neutralisiert werden. Außerdem führen die untersuchten Risikomanagementstrategien zu Mehraufwand im Transport und im Handling an den Lagerstandorten. In der Praxis sind das Vorhalten von Zusatzkapazitäten und das Erhöhen von Kapazitäten in der Regel mit höheren Investitions- und Betriebskosten verbunden.

Es zeigt sich aber auch, dass durch strukturierte Planung die Effizienz der Notfallkapazität erhöht werden kann. Im Fallbeispiel begrenzen Kapazitäten die Handlungsoptionen und dienen als Stellhebel im Risikomanagement. Nominell gleichwertige Kapazitätserweiterungen sind zur Steigerung der Resilienz und Robustheit im Logistiknetzwerk unterschiedlich gut geeignet.

4.5 Modellierung der containerisierten Seehafenverkehre in Europa

Zur Darstellung und Prognose der Kapazitätsallokation im europäischen Seecontainerverkehr wurde ein makroskopisches Verkehrsflussmodell aufgebaut. Mit diesem Modell können der Ausfall eines großen Containerhafens abgebildet und folgende Wirkungen dieses Ausfalls vorhergesagt werden:

- Verlagerungen der containerisierten Warenströme auf alternative Seehäfen,
- veränderte Auslastung der Hinterlandverbindungen,
- Veränderungen der seehafenspezifischen Bediengebiete.

Bei der Modellierung wurde die Software VISUM verwendet. VISUM stellt einen Modellierungsrahmen sowie Routing-Algorithmen bereit, die zu einem Gleichgewicht zwischen Verkehrsnachfrage und -angebot führen.⁶ Wichtigste Inputs sind räumlich differenzierte Quelle-Ziel-Matrizen von Containern zur Abbildung der Nachfrage sowie ein intermodales Verkehrsnetz inklusive Funktionen für die Berechnung generalisierter Kosten aus monetären Elementen und Fahrzeiten für kapazitätsbeschränkte Kanten (=Verkehrsverbindungen) zur Abbildung des Angebots. Zur Spezifikation und Kalibrierung des Modelles wurden empirische Daten und Parameter aus öffentlich verfügbaren Daten und Statistiken verwendet.⁷

Für das multimodale Modell wurden sieben Seehäfen ausgewählt, die mit ihren Anbindungen an das Hinterland abgebildet werden: Hamburg, Bremerhaven, Wilhelmshaven, Rotterdam, Antwerpen, Zeebrügge in der Nordrange sowie Genua und La Spezia in Italien. Für alle Häfen wurden die wichtigsten Hinterlandverbindungen der Verkehrsträger Straße, Schiene und Wasserstraße modelliert. In Abbildung 17 sind der Ablauf und die Struktur der Modellierungsarbeiten dargestellt.

⁶ Zur Funktionsweise von VISUM siehe auch den ersten Zwischenbericht des Projektes.

⁷ Vgl. z.B. European Sea Ports Organisation (2010), Statistisches Bundesamt (2010a), Statistisches Bundesamt (2010b), Bundesamt für Güterverkehr (2007), Institut für Seeverkehrswirtschaft und Logistik (2011).

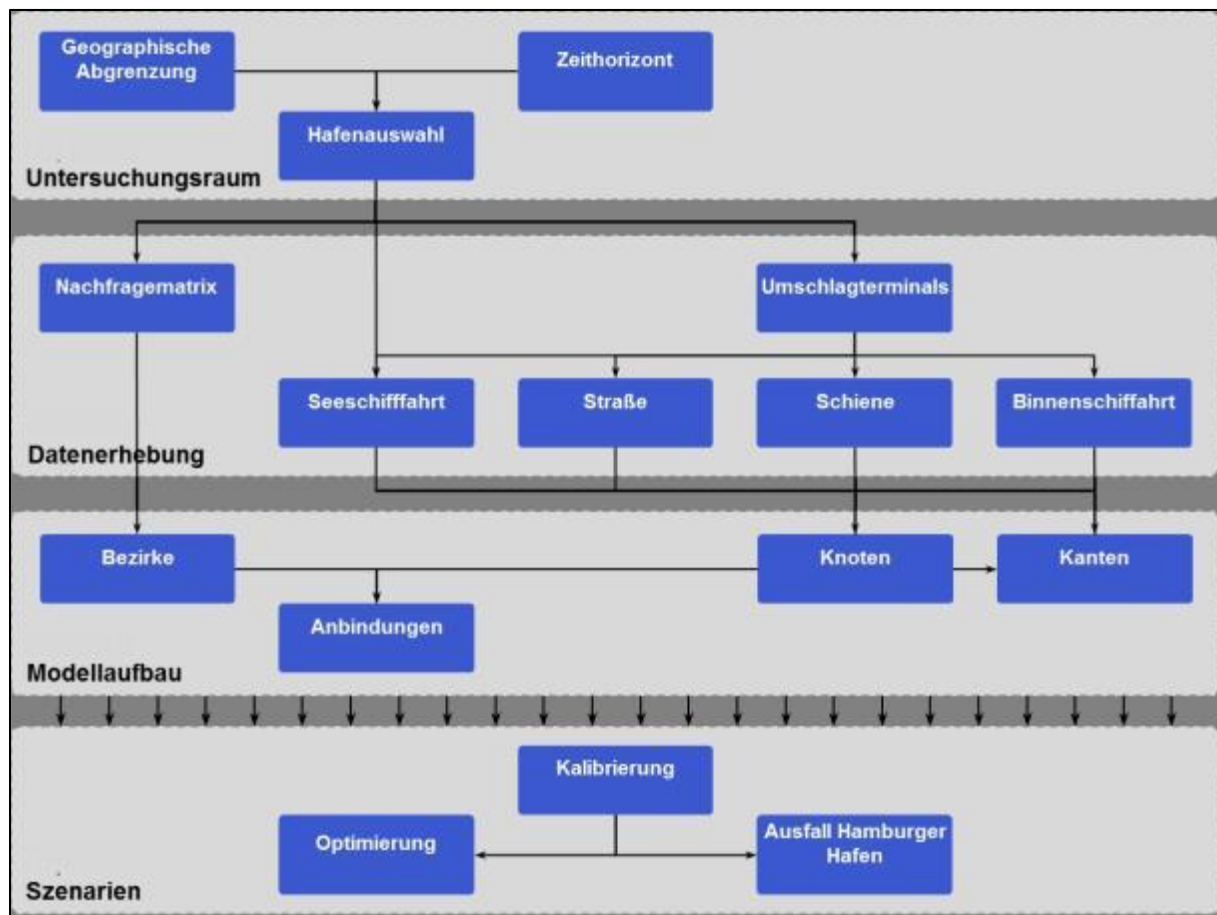


Abbildung 17: Ablauf und Struktur der Arbeiten am Hafenmodell

Folgende Szenarien wurden mit dem Modell untersucht:

- Szenario 1: Referenzszenario
- Szenario 2: "Ausfall Hamburg"
 - Ausfall des Hafens Hamburg
 - keine zusätzlichen Hafenkapazitäten
- Szenario 3: "Wilhelmshaven"
 - Ausfall Hafen Hamburg
 - gleichzeitig Eröffnung Hafen Wilhelmshaven
- Szenario 4: "+ 22% Nachfrage"
 - proportionale Anpassung Nachfrage auf Stand 2011
- Szenario 5: "+ 22% Nachfrage + Ausfall Hamburg"
 - proportionale Anpassung Nachfrage auf Stand 2011
 - Ausfall Hafen Hamburg

Abbildung 18 zeigt die Veränderung der Containerflüsse im Modell für das Szenario 2, den Ausfall des Hamburger Hafens ohne Ersatzkapazitäten mit den Mengen des Jahres 2009.

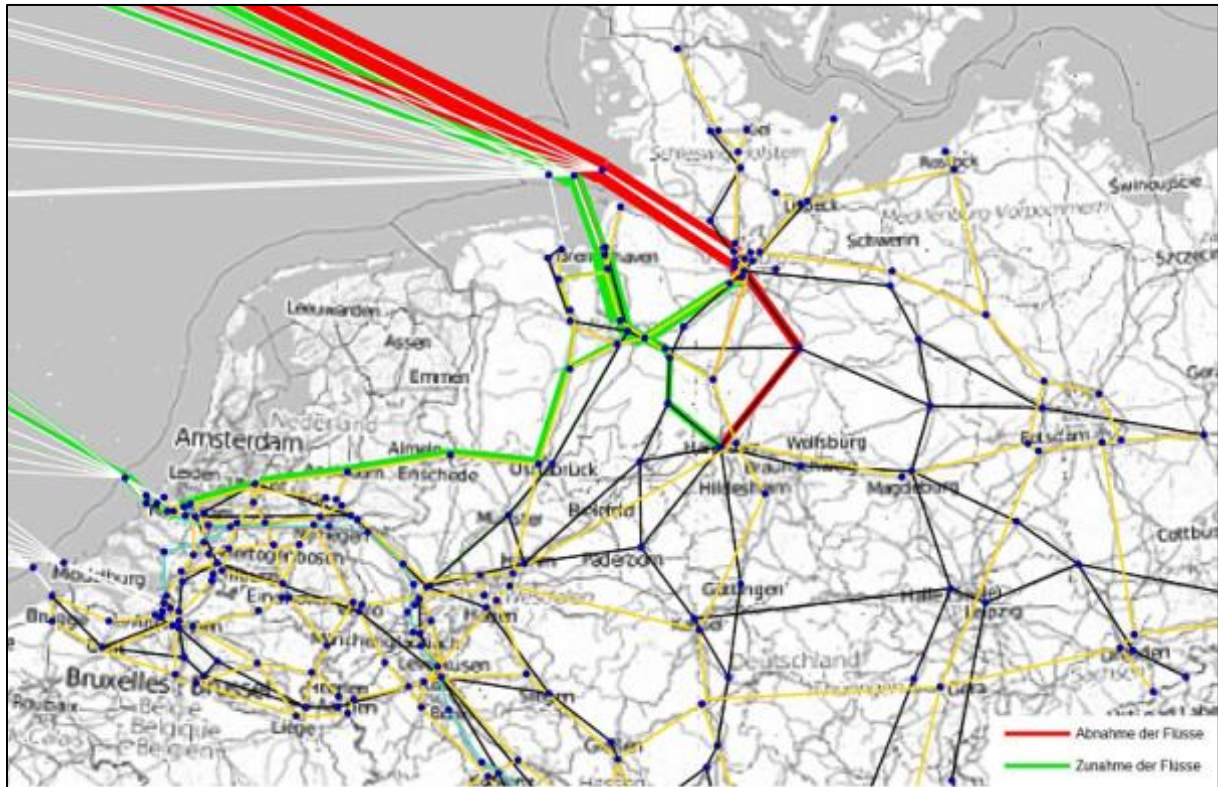


Abbildung 18: Veränderung der Netzwerkflüsse bei Ausfall des Hafens Hamburg

Die nun gewählten Routen der Container konzentrieren sich auf die verbleibenden Nordseehäfen. Dabei wird als Ausweichhafen hauptsächlich Bremerhaven bis zur vorgegebenen maximalen Kapazität genutzt. Dies entspricht einer Steigerung des Umschlags um 198,7%. Weitere Container werden in Rotterdam (+44,2%) und Zeebrügge (+12,5%) umgeschlagen, während Antwerpen keine Veränderungen aufweist. Die italienischen Häfen werden nicht genutzt. Die Kompensation des Ausfalls erfolgt also in den nächstgelegenen Häfen und mit Zeebrügge dem am weitest entfernten Hafen der Nordsee. Die kürzeren Entfernungen von Rotterdam und Bremerhaven zum Hafen Hamburg ermöglichen einen schnellen Transport in die Gebiete östlich von Hamburg. Zeebrügge sorgt für einen Ausgleich der südlichen Gebiete. In Bremerhaven wird ein Großteil der Container nun über die frei werdenden Hinterlandanbindungen des Hamburger Hafens transportiert. So ergibt sich die stärkste Änderung auf der Autobahn A1 zwischen Bremen und Hamburg.

Insgesamt bleibt festzuhalten, dass im Modell genügend freie Kapazitäten sowohl in den Terminals der alternativen Häfen als auch im Hinterland zur Verfügung stehen, um die durch den Ausfall Hamburgs zusätzlich anfallenden Mengen aufzunehmen. Dementsprechend fallen die Kosten- und Transportzeitsteigerungen (+12,6% bzw. +0,7%) des Gesamtsystems in Szenario 2 gegenüber dem Referenzszenario recht moderat aus, wie Tabelle 6 demonstriert. An dieser grundlegenden Einschätzung ändert auch eine 22%ige Steigerung der Nachfrage nichts, wie ein Vergleich der Szenarien 4 und 5 zeigt (Transportkosten: + 16,1%, Transportzeit: +1,2%).

Szenario	-kosten (Mrd. €)	Gesamttransport -zeit (Mio. h)	-leistung (Mrd. TEUkm)
Referenzszenario	11,733	196,808	141,269
Ausfall Hamburg	13,216	198,258	141,504
Wilhelmshaven	12,586	196,732	141,529
22% Steigerung	14,162	239,495	171,880
22% + Ausfall Hamburg	16,435	242,521	172,425

Tabelle 6: Ergebnisse der Szenariorechnungen

Wegen der größeren räumlichen Nähe zu Hamburg wird auch im Szenario mit einer zeitgleichen Eröffnung des bisher nicht in Betrieb genommenen Hafens Wilhelmshaven ein Großteil der Umschlagsleistung von Bremerhaven übernommen. In diesem Szenario ist die Kapazität von Bremerhaven ebenfalls fast vollkommen ausgeschöpft, auch wenn die Steigerung mit 193% etwas geringer ausfällt, als ohne Wilhelmshaven. Der neue Tiefseehafen übernimmt dafür die Umschlagleistung, die im Modell „Ausfall Hafen Hamburg“ von Rotterdam getragen wurde. Außerdem werden noch geringe Anteile des Umschlags der Häfen Antwerpen und Rotterdam durch Wilhelmshaven übernommen. Die Veränderung in der Umschlagleistung des Hafens Zeebrügge ist bezogen auf den Gesamtumschlag gering. Da die Entfernung des Hafens Wilhelmshaven von Hamburg deutlich geringer ist, als die Entfernung des Hafens Rotterdam, steigen die Transportkosten in diesem Szenario nicht so deutlich an wie zuvor. Der Ausfall des Hafens Hamburg führt in diesem Szenario zu einer Kostensteigerung von nur 7,3%, die Transportzeiten bleiben in Summe gleich.

Diese Werte weisen darauf hin, dass die Auswirkungen der Ausfall eines erheblichen Teils der deutschen Hafenkapazitäten vergleichsweise gering sein könnten, wenn nur die technische Seite der Abwicklung der Warenströme betrachtet wird. Auch eine detaillierte Analyse der Hinterlandverbindungen zeigt nur vereinzelt neue Engpässe auf Schiene und Straße auf, wie bereits fast gleichbleibende Transportzeiten im System nahelegen.

4.6 Anwendung einer graphentheoretischen Metrik zur Bewertung von Störungen in Netzen

Mit Hilfe von graphentheoretischen Metriken kann die Robustheit in Netzen gemessen werden. Sie eignen sich als Maßstab für die relative Kritikalität einzelner Knoten und/oder Kanten eines Netzwerks gegenüber anderen Netzelementen. Darüber hinaus erlauben sie eine Quantifizierung der Vulnerabilität bzw. Robustheit von Netzen bzw. Netztypen insgesamt. Das ermöglicht es, geeignete Metriken sowohl zur Identifikation besonders anfälliger / kritischer Netzelemente, als auch als Maßstab in die Bewertung von Szenarien (Betrachtungen vorher versus nachher für den Katastrophenfall beziehungsweise ohne RMS versus mit RMS) einzubeziehen.

Nach einer Voruntersuchung der Eignung verschiedener graphentheoretischer Metriken wurde die von Qiang (2009) vorgeschlagene Metrik näher analysiert und anschließend auf idealtypische und reale Netzstrukturen angewendet. Sie definiert das durchschnittliche Verhältnis von relationsbezogener Nachfragemenge zu relationsbezogenen Kosten als Netzwerk-Performance-Maßstab und ermöglicht

einen quantifizierten Vergleich verschiedener Netzstrukturen hinsichtlich ihrer Robustheit. Die Kritikalität einer bestimmten Netzwerkkomponente (Knoten oder Kante) kann mit der relativen Veränderung dieses Maßstabes gemessen werden, die durch das Entfernen des Netzwerkelementes entsteht.

Mit Hilfe der Metrik wurden die in Abbildung 19 dargestellten idealtypischen Netze untersucht. Es handelt sich um ein Rasternetz mit 7 Knoten und 24 (2x12) Kanten sowie ein Hub-and-Spoke-Netz mit gleicher Knotenanzahl, aber nur 12 (2x6) Kanten. Beide Netze haben 42 Relationen. Die Kosten je benutzter Kante wurden auf 1 normiert sowie Annahmen zur Wahl des günstigsten Pfades und der Abwesenheit von Staukosten getroffen.

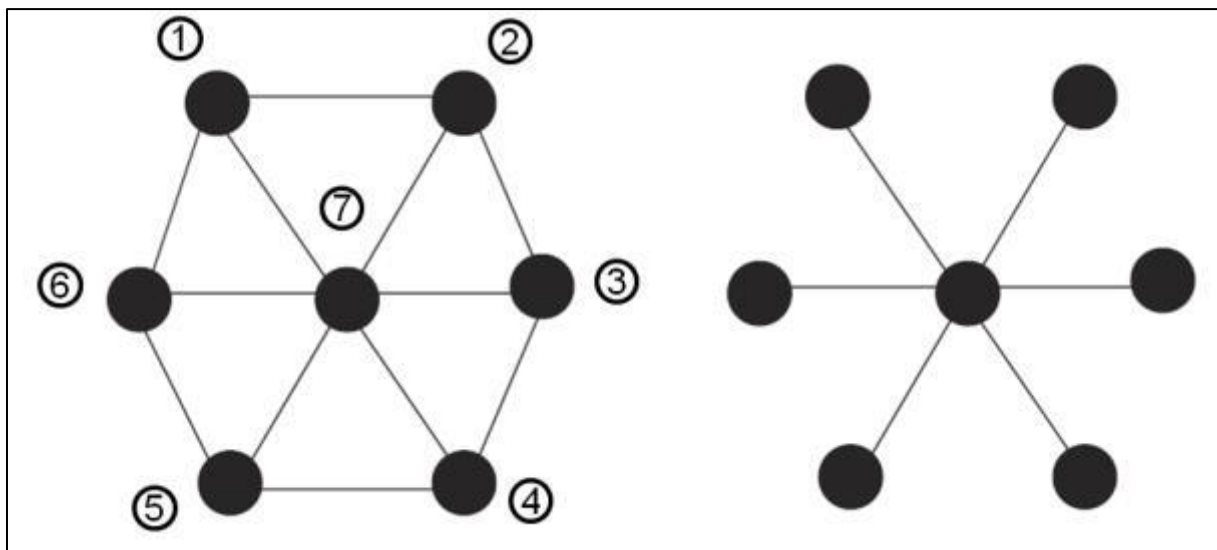
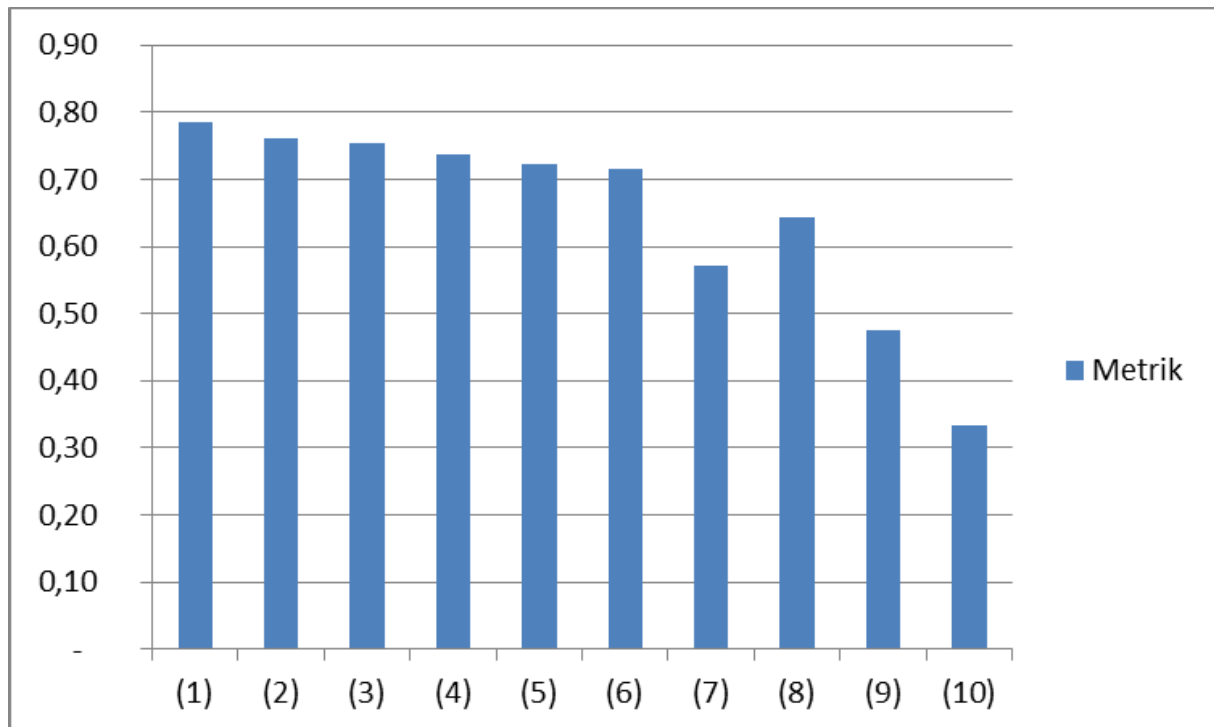


Abbildung 19: Idealtypische Netzstrukturen: Rasternetz vs. Hub-and-Spoke-Netz

Folgende Netzzustände wurden mit der Metrik bewertet:

- Zustände im Rasternetz
 - (1) Rasternetz ohne Störung
 - (2) Ausfall benachbarter Link (1-2)
 - (3) Ausfall Hub-Link (1-7)
 - (4) Ausfall benachbarter Link (1-2) und benachbarter Link (1-3)
 - (5) Ausfall zweier Hub-Links (1-7 und 2-7)
 - (6) Ausfall benachbarter Link (1-2) und Hub-Link (1-7)
 - (7) Ausfall dreier benachbarter Links (1-2, 1-6 und 1-7)
- Zustände im Hub-and-Spoke Netz
 - (8) Hub-and-Spoke-Netz ohne Störung
 - (9) Hub-and-Spoke-Netz mit Ausfall eines Links (1-7)
 - (10) Hub-and-Spoke-Netz mit Ausfall zweier Links (1-7, 2-7)

Abbildung 20 zeigt die Ergebnisse der Berechnungen.



**Abbildung 20: Anwendung der Metrik nach Qiang auf
Störungen in idealtypischen Netzen**

Erwartungsgemäß reagieren ohne den Einbezug von Fixkosten und Kapazitäten pro Link Hub-and-Spoke-Netze systematisch schlechter auf Störungen als Netze vom Rastertyp. Im Gegensatz zu reinen Transportkostenbetrachtungen ist die Metrik auch bei isolierten Knoten anwendbar (Fälle (7), (9) und (10)). Auch bei gleichen Totalkosten ergeben sich - durch den unterschiedlichen Einbezug der O-D-Mengen - unterschiedliche Werte für die Metrik (Fall (3) und (4)). Für weitere Untersuchungen zu idealtypischen Netzen mit Hilfe der Qiang-Metrik bietet es sich an, Fixkosten pro Link, Umschlags- und Handlingkosten sowie kantenbezogene Staukostenfunktionen in die Berechnungen zu integrieren, um sich realen Logistiknetzen anzunähern.

Zum Test der Metrik an realen Netzen wurden vom RM-LOG-Partner 4flow Netze aus der Automotive-Branche bereitgestellt. In einem ersten Schritt wurden Untersuchungen an einem Netzausschnitt durchgeführt. Dieses Teilnetz enthielt 31 Quellen, 17 Umschlagslager und 13 Senken sowie insgesamt 37 O-D-Beziehungen. Außerdem standen je O-D-Beziehung die Mengen und (hilfsweise statt der Kosten) Entfernungen zur Verfügung. Aus diesen Daten konnten Veränderungen der Metrik nach Qiang berechnet werden, die sich aus

- a) dem Ausfall eines Umschlagslagers (für alle Umschlagslager)
- b) dem Ausfall einer Senke (für alle Senken)

ergeben. Die folgenden Graphiken fassen die Ergebnisse zusammen.

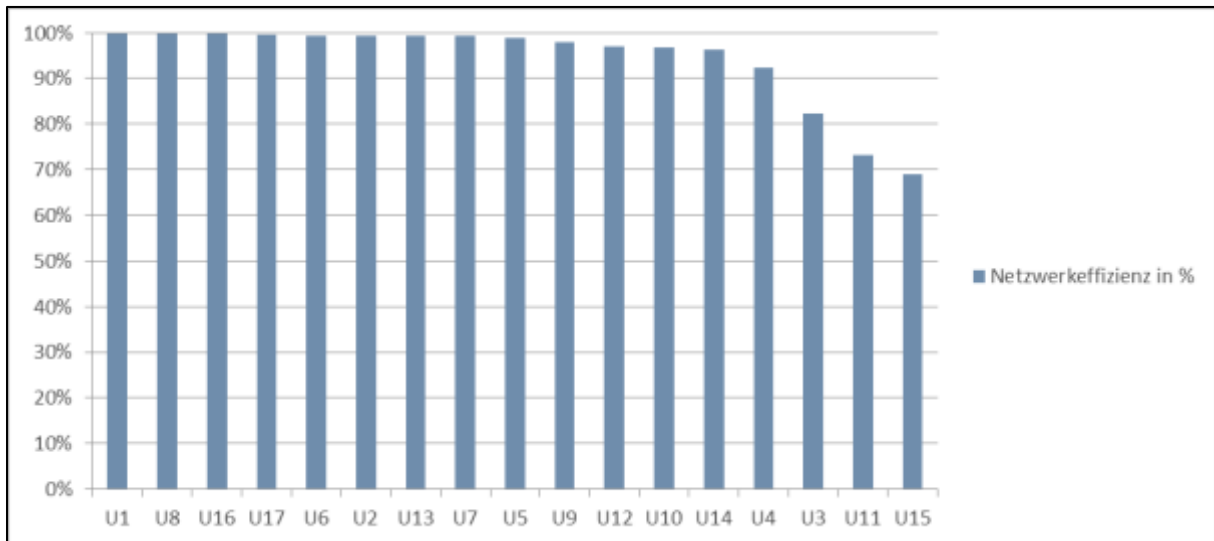


Abbildung 21: Veränderung der Netzwerkeffizienz nach Qiang (2009) bei Ausfall eines Umschlagslagers

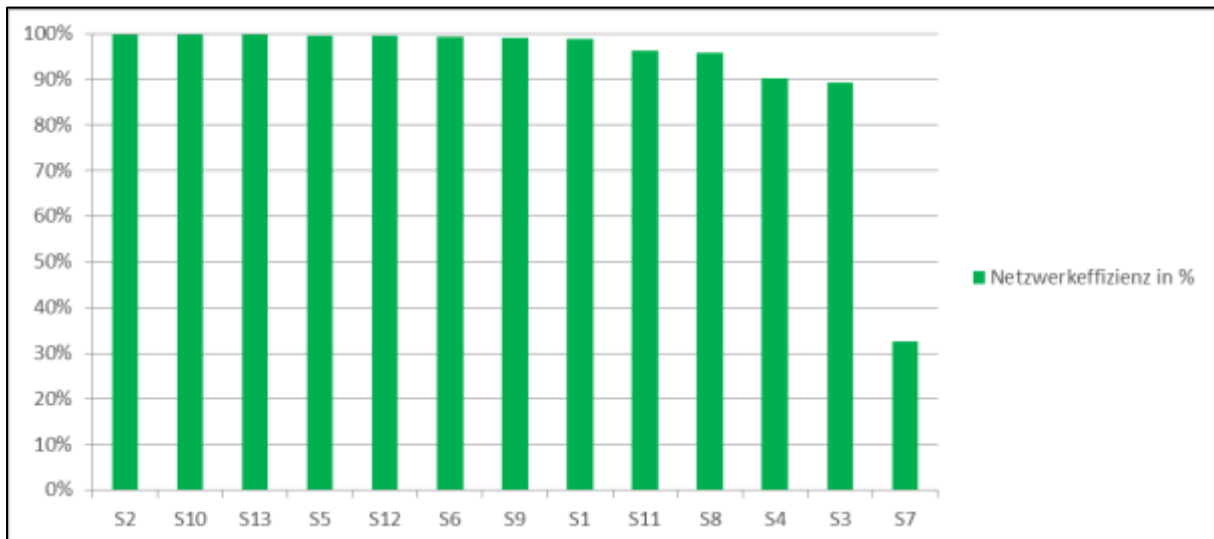


Abbildung 22: Veränderung der Netzwerkeffizienz nach Qiang (2009) bei Ausfall einer Senke

Die Ergebnisse entsprechen den Erwartungen: Am gravierendsten wirkt sich der Ausfall von Knoten mit hohem Aufkommen und niedrigen Transportkosten auf die Netzwerkeffizienz aus.

Die Anwendung der Metrik auf ein komplettes Logistiknetz mit 1848 Quellen, 43 Umschlagspunkten, 141 Senken und 7854 O-D-Beziehungen erforderte einige zusätzliche Annahmen. So war der Ansatz, statt der benötigten Transportkosten hilfsweise die Entfernungen zur Berechnung der Metrik zu verwenden, nicht zielführend; insbesondere bei geringen Entfernungen werden die Kosten systematisch unterschätzt. Deshalb wurden an die Realität angelehnte fixe Umschlags- bzw. Handlingkosten in Höhe von 5-15 EUR/t sowie variable Kosten von 0,12 ct./tkm eingeführt. Bei Ausfall eines wichtigen Umschlagspunktes, der einen Seehafen repräsentiert, ergab sich für das Logistiknetz eine Steigerung der Gesamtkosten auf ca. 101,25 %, während die Effizienz gemäß Qiang-Metrik auf ca. 95,25% absank. Einschränkend muss erwähnt werden, dass in den untersuchten Logistiknetzen

modellbedingt keine Ausweichreaktionen der Akteure (z.B. in Form von Ersatzlieferungen aus anderen Quellen, der Nutzung alternativen Routen oder Umschlagsläger) analysiert werden konnte. Das führt tendenziell zu einem zu hohen Ausweis der verminderten Netzwerkeffizienz im Vergleich zur Realität.

Dagegen konnten mögliche Reaktionen der Nachfrage auf Störungen im Netz in Form von Routenwahländerungen bei der Anwendung der Metrik auf das Modell des Seehafenverkehrs Europas berücksichtigt werden, was realistischere Ergebnisse erwarten lässt. Die Qiang-Metrik betrug für

- das Szenario „Ausfall Hafen Hamburg“: 97,29 %
- das Szenario „+ Hafen Wilhelmshaven (und Ausfall Hafen Hamburg)“: 99,32 %
- das Szenario „+ 22% Nachfrage + Ausfall Hafen Hamburg“: 96,94 %

Diese Werte korrespondieren gut mit den erhöhten Zeit- und Transportkostenwerten der Szenarien gegenüber dem störungsfreien Referenzszenario. Sie sprechen für eine Eignung der Metrik nach Qiang zur ergänzenden Bewertung von Störungen in Logistiknetzen.

5 Ergebnisse der qualitativen ökonomischen Analysen

Ergänzend zu den quantitativen Auswirkungsanalysen wurden im Rahmen des Vorhabens qualitative ökonomische Analysen durchgeführt, die sich mit der Implementierung und Nutzung von Risikomanagementstrategien beschäftigen. Dabei sollte ermittelt werden, in welcher Weise die Eigenschaften der verschiedenen am Angebot von Verkehrsleistungen beteiligten Akteure sowie die Wettbewerbssituation auf den Umfang von Risikomanagement-Maßnahmen im Hinblick auf Störungen von Verkehrsinfrastrukturen bzw. Lagerstandorten wirken und wie ggf. durch eine staatliche Einflussnahme auf Risikomanagement-Maßnahmen eingewirkt werden kann.

Ausgehend von Störungen von Elementen der Verkehrsinfrastruktur wird bei den qualitativen Analysen ein Fokus auf Maßnahmen gelegt, die innerhalb der Verkehrsinfrastruktur selbst getroffen werden können. Dieser Fokus wurde zum einen aufgrund der großen Streuwirkung gewählt, die infrastrukturseitige Maßnahmen aufgrund ihrer Nutzung durch sehr viele Transportprozesse im Hinblick auf die Warenketten erzielen können. Zum anderen sind solche Maßnahmen oftmals mit (im Vergleich zu anderen regulatorischen Eingriffen) geringem Aufwand durch die öffentliche Hand umsetzbar und gehen zudem mit vergleichsweise geringen Friktionen in der Organisation von Transport-, Lager- und Produktionsprozessen im Normalfall einher.

Im Folgenden werden zunächst die Grundlagen der qualitativen Analysen dargestellt (Abschnitt 5.1). Danach werden die theoriebasiert hergeleiteten Ergebnisse bezüglich des Risikomanagements im Bereich Auslegung und Allokation von Verkehrsinfrastruktur betrachtet (Abschnitt 5.2). Abschließend werden überblicksartig die Analyseergebnisse für einzelne Transportsektoren dargestellt (Abschnitt 5.3).

5.1 Grundlagen der qualitativen Analysen

Gegenstand der qualitativen ökonomischen Analysen war der Entwurf sowie die vergleichende Analyse verschiedener so genannter Organisationsmodelle, die für das Angebot eines Gutes (bspw. einer Transportleistung) in einem bestimmten Transportsektor in Frage kommen. Das Angebot eines

Gutes kann dabei über technische Aspekte (benötigte Prozesse und Assets) und daraus abgeleitete Rollen beschrieben werden.⁸

Die Arbeiten wurden von der Hypothese geleitet, dass verschiedene Organisationsmodelle mit einem unterschiedlichen Umfang von Risikomanagement-Maßnahmen im Hinblick auf Störungen von Verkehrsinfrastrukturen bzw. Lagerstandorten einhergehen. Die Änderung des Organisationsmodells in einem Sektor könnte also das Risikomanagement im Hinblick auf große Störungen positiv beeinflussen. Unter der Annahme, dass eine solche Änderung durch wirtschaftspolitische Maßnahmen beeinflussbar ist, kann das im Rahmen der qualitativen Analysen erzeugte Wissen demnach genutzt werden, um Empfehlungen hinsichtlich solcher Maßnahmen zu formulieren.

Ein **Organisationsmodell** ist durch zwei wesentliche Elemente gekennzeichnet:

- Es beinhaltet ein **Akteursmodell**, also Annahmen über die Wahrnehmung der Rollen eines Rollenmodells durch Akteure. Dabei können zum einen die Eigenschaften der Akteure – wie Zielsystem, Risikoeinstellung oder Betrachtungshorizont – und zum anderen die Wettbewerbskonstellation einen Einfluss auf die Wahl von Risikomanagementstrategien haben.
- Außerdem sind Annahmen über **Institutionen** zu treffen. Dabei handelt es sich hauptsächlich um Regeln (beispielsweise in Form von Gesetzen oder privater Verträge), die sich auf die Risikomanagementstrategien auswirken können.⁹ Die Aufgaben für die Schaffung und Überwachung von Regeln werden so genannten **externen Rollen** (bspw. Regulierer) zugeordnet, die ebenfalls durch geeignete Akteure wahrgenommen werden müssen.

Bei der qualitativen ökonomischen Analyse steht schließlich die Frage im Vordergrund, welche Entscheidungsalternativen in einer bestimmten **Entscheidungssituation** (bspw. bzgl. des Risikomanagements) und in Abhängigkeit eines spezifischen Kontextes (betrachteter Sektor inklusive seiner technischen Eigenschaften, betrachtetes Organisationsmodell) durch die beteiligten Akteure voraussichtlich gewählt werden. Die Summe der gewählten Entscheidungsalternativen determiniert das „Ergebnis“ eines Organisationsmodells, bspw. hinsichtlich der angebotenen Gütermengen, -preise oder -qualitäten. Wenn zwei Entscheidungssituationen hinsichtlich ihrer Ergebnisse interdependent sind, liegt ein so genannter **Koordinationsbereich** vor.

Abbildung 23 beinhaltet – zusätzlich zu den bereits in Abschnitt 2.1 dargestellten Elementen – diese Elemente, womit der Untersuchungsrahmen im Hinblick auf die qualitativen Analysen wird.¹⁰

⁸ Vgl. Abschnitt 2.1, in dem die Elemente „Technisches System“ und „Rolle“ vorgestellt werden.

⁹ Regeln definieren den Handlungsspielraum von Akteuren in bestimmten Situationen durch die Definition notwendiger, verbotener und erlaubter Handlungen und senken dadurch die (Verhaltens-)Unsicherheit von Akteuren. Sie können sowohl auf die Koordination zwischen Akteuren als auch auf die Wahrnehmung von Rollen durch Akteure wirken.

¹⁰ Für eine ausführliche Darstellung des Untersuchungsrahmens vgl. Beckers / Gizzi / Jäkel (2012).

Für den Schluss von einem spezifischen Kontext auf die voraussichtlich gewählte Entscheidungsalternative in einer bestimmten Entscheidungssituation wurde auf verschiedene ökonomische Theorien zurückgegriffen, vor allem auf Ansätze der Neuen Institutionenökonomik sowie der Industrieökonomik.

Die grundlegenden Risikomanagement-Maßnahmen im Bereich der Infrastruktur bestehen in der Auslegung von Infrastrukturkapazitäten (zur Herstellung von Redundanz) und in der Allokation knapper Infrastrukturkapazitäten. Maßnahmen aus beiden Bereichen können außerdem kombiniert werden.

5.2.1 Allokation knapper Verkehrsinfrastrukturkapazitäten

Verschiedene Allokationsmechanismen gehen dabei mit unterschiedlichen (Transaktions- und Informations-)Kosten, mit unterschiedlichen Rentenverteilungen bei Anbieter und Nachfrager einer

Transportleistung sowie mit unterschiedlichen Möglichkeiten, die aus Sicht der gesamten Warenkette bestehende Dringlichkeit¹¹ des Transports eines bestimmten Gutes zu berücksichtigen, einher.

ARTEN VON ALLOKATIONSMECHANISMEN

Beim so genannten **Windhundverfahren** erhält derjenige Nachfrager das Recht eine Infrastrukturkapazität zu nutzen, der sie als erster nachfragt. Der Vorteil dieses Verfahrens ist, dass es mit sehr geringen Informationskosten auf Seiten des Bereitstellers einhergeht. Dies führt aber auch dazu, dass keine systematische Berücksichtigung der Dringlichkeit der transportierten Güter stattfindet, sodass bei der Anwendung dieses Verfahrens im Störfall potentiell hohe Schäden in Warenketten entstehen.

Im Rahmen eines **Auktionsverfahrens** erhält der Nachfrager mit der höchsten offenbarten Zahlungsbereitschaft das Recht an der Nutzung einer Infrastrukturkapazität. Dabei fallen vergleichsweise hohe Transaktionskosten für Auktionsdesign und -durchführung an. Allerdings könnte die Dringlichkeit der transportierten Güter zumindest implizit berücksichtigt werden, sofern diese in entsprechenden Zahlungsbereitschaften für die Nutzung der Kapazität zum Ausdruck kommt. Für die Durchführung von Auktionsverfahren wird allerdings relativ viel Zeit benötigt, sodass es im Störfall oftmals gar nicht in Frage kommt.

Im Rahmen eines **Dringlichkeitsverfahrens** erhält die Prozessnachfrage mit der höchsten Dringlichkeit das Recht eine Infrastrukturkapazität zu nutzen. Die Ermittlung der Dringlichkeit geht allerdings regelmäßig mit sehr hohen Informationskosten einher und ist mit hohen Unsicherheiten behaftet. Aus diesem Grund werden im Rahmen dieses Verfahrens häufig Prioritätenlisten eingesetzt, die die relative Wichtigkeit verschiedener Prozesse für die Warenketten abbilden sollen. Sind die vorliegenden Informationen nicht ausreichend, um die Dringlichkeit hinreichend gut beurteilen zu können, sollte allerdings auch im Störfall auf den Einsatz dieses Verfahrens verzichtet werden.

Alle diese Verfahren befassen sich mit der kurzfristigen Vergabe von Kapazitäten. Infrastrukturkapazitäten werden jedoch oftmals zu einem nicht geringen Anteil auch über einen längeren Zeitraum vertraglich zugeordnet. In diesem Fall wäre zu prüfen, inwiefern diese langfristigen Vereinbarungen auch im Störfall aufrechterhalten werden sollten. Ggf. sollte in den Verträgen seitens der Bereitsteller die Möglichkeit vorgesehen werden, bei besonderen Knappheitslagen eine neue Allokation vorzunehmen.

WAHL VON ALLOKATIONSMECHANISMEN

Von besonderer Relevanz im Hinblick auf die Entscheidung über das für die Allokation von Infrastrukturkapazitäten verwendete Verfahren sind die Zielsysteme der Akteure, die die Rolle *Bereitstellung Verkehrsinfrastruktur* wahrnehmen.

¹¹ Eine hohe Dringlichkeit eines Gutes bedeutet, dass eine verzögerte oder sogar ausbleibende Auslieferung zu großen Schäden in der Warenkette führt.

Private Akteure orientieren sich bei ihren Entscheidungen (in einer idealtypischen Modellierung) am erzielbaren Gewinn. Es ist anzunehmen, dass die Erlöse bei einem Auktionsverfahren am höchsten ausfallen. Allerdings stehen diesen Erlösen häufig auch vergleichsweise hohe Kosten gegenüber. In Abhängigkeit der Kosten für ein Auktionsverfahren kann deswegen die Nutzung eines Windhundverfahrens vorteilhafter sein. Im Störfall entsteht für private Akteure aufgrund der erhöhten Knappheit ein Anreiz, die Preise für die Nutzung der Infrastruktur insbesondere im Rahmen eines Windhundverfahrens stark zu erhöhen. Dies kann zu unerwünschten Wirkungen führen, falls für in dieser Situation relativ unwichtige Güter hohe Zahlungsbereitschaften bestehen und diese dann gegenüber den relativ wichtigeren Gütern (für die aber geringere Zahlungsbereitschaften bestehen) bevorzugt werden. Dies könnte im Rahmen eines Dringlichkeitsverfahrens adressiert werden. Die Nutzung eines Dringlichkeitsverfahrens durch private Akteure ist allerdings wenig plausibel, da hier hohen Kosten im Vergleich zum Auktionsverfahren geringere Erlöse gegenüberstehen.

Öffentliche Akteure hingegen haben ein großes Interesse an der Verwendung eines Dringlichkeitsverfahrens, da dies – theoretisch – den höchsten volkswirtschaftlichen Gesamtnutzen verspricht. Allerdings stehen dem Einsatz dieses Verfahrens hohe Informationserfordernisse entgegen. Insbesondere falls im Störfall auf dieses Verfahren gewechselt werden soll, ist für den effektiven Einsatz des Verfahrens der Aufbau des benötigten Wissens im Vorfeld der Störung unerlässlich.

ALLOKATION AUF BASIS DES VERKEHRSLEISTUNGSGESETZES

Eine Institution in Form eines Gesetzes ist das im Jahr 2013 novellierte Verkehrsleistungsgesetz (VerkLG), welches die Sicherung von ausreichenden Verkehrsleistungen im Katastrophenfall zum Ziel hat.

Auf Grundlage des Gesetzes können Leistungen wie die Beförderung von Gütern, aber auch die Nutzung von Verkehrsinfrastrukturen durch die öffentliche Hand angefordert werden. Die Anforderung von Leistungen kann erfolgen, wenn die Erfüllung bestimmter Voraussetzungen durch die Bundesregierung bzw. durch das BMVBS festgestellt wurde. Bei Zuwiderhandlungen sieht das Gesetz empfindliche Sanktionen vor. Die Erstellung der angeforderten Leistung wird dem Leistungspflichtigen zudem zu „Normalfall“-Marktpreisen vergütet, wodurch die Abschöpfung von Engpassrenten verhindert werden soll.

Das Verkehrsleistungsgesetz ist insgesamt gut dafür geeignet, temporär veränderte Allokationsmechanismen für einzelne Infrastrukturelemente umzusetzen. Prinzipiell schafft es auch die Voraussetzung für die Anwendung eines Dringlichkeitsverfahrens, wobei die großen Informationsherausforderungen bestehen bleiben.

5.2.2 Redundante Auslegung von Verkehrsinfrastrukturkapazitäten

Eine weitere Risikomanagementstrategie besteht in der redundanten Auslegung von Verkehrsinfrastrukturen. Redundanz umfasst dabei zwei Aspekte: Zum einen müssen Assets vorhanden sein, die im Fall der Störung eines Assets grundsätzlich als Alternative für die

Durchführung von Prozessen in Frage kommen. Zum anderen müssen diese alternativen Assets auch über hinreichend freie Kapazitäten verfügen.

Eine vollständige Redundanz, wie sie beispielsweise bei IT-Systemen in Form von Parallelsystemen häufig anzutreffen ist, ist bei Verkehrsinfrastrukturen in der Regel aus Kostengründen nicht möglich. Eine Redundanz im Hinblick auf den Ausfall einzelner Infrastrukturassets kann hingegen hergestellt werden. Da das langfristige Vorhalten von Überkapazitäten mit hohen Kosten einhergeht, eine kurzfristige Herstellung von Redundanz bei Verkehrsinfrastrukturen in der Regel aber nicht möglich ist, muss Redundanz bereits im Rahmen der Planung von Infrastrukturen berücksichtigt werden.

Neben den technischen Eigenschaften verschiedener Verkehrsinfrastrukturen, die in Abschnitt 5.3 im Rahmen der Sektoranalysen betrachtet werden, hat auch das betrachtete Organisationsmodell für die Rolle *Bereitstellung Verkehrsinfrastruktur* einen Einfluss auf die Entscheidung hinsichtlich der redundanten Auslegung von Verkehrsinfrastrukturen. Der Einfluss, den verschiedene idealtypische Organisationsmodelle (die sich zum einen hinsichtlich der Art und Anzahl von Akteuren, die die Rolle *Bereitstellung Verkehrsinfrastruktur* wahrnehmen, und zum anderen hinsichtlich der Regulierung durch die öffentliche Hand unterscheiden) auf die Entscheidungen bzgl. der redundanten Auslegung von Verkehrsinfrastrukturen haben, wird nachfolgend – weitgehend unabhängig von technischen Aspekten – in einem Überblick betrachtet.

VORSTELLUNG UND BEWERTUNG VERSCHIEDENER IDEALTYPISCHER ORGANISATIONSMODELLE

Im Folgenden werden zunächst Modelle betrachtet, in denen private Akteure, die (bei einer idealtypischen Modellierung) grundsätzlich gewinnorientiert agieren und ihr Angebot aus Nutzerzahlungen finanzieren müssen, die Rolle *Bereitstellung Verkehrsinfrastruktur* wahrnehmen. Dabei ist die öffentliche Hand teilweise als Regulierer in die Organisationsmodelle eingebunden. Anschließend werden Modelle betrachtet, in denen die Rolle *Bereitstellung Verkehrsinfrastruktur* durch öffentliche Akteure wahrgenommen wird.

In einem *privaten, unregulierten Monopol* kann der Monopolist einen in Abhängigkeit der Preiselastizität der Nachfrage entstehenden Preissetzungsspielraum zur Maximierung seiner Gewinne nutzen. Inwieweit der Monopolist seine Assets dabei redundant auslegt, hängt in hohem Maße von den Eigenschaften der Nachfrage ab: Falls die Zahlungsbereitschaften der Nachfrager für eine hohe Ausfallsicherheit (die durch eine redundante Auslegung erreicht werden kann) sehr hoch sind, wird der Monopolist ggf. Redundanzen aufbauen, um diese Zahlungsbereitschaft abschöpfen zu können. Wenn die Präferenzen hinsichtlich der Ausfallsicherheit allerdings heterogen und somit nur bei einem Teil der Nachfrager überproportional hoch sind, wird es zu einer Verdrängung von Nachfragern mit geringen Zahlungsbereitschaften hinsichtlich der Ausfallsicherheit kommen. Zudem ergibt sich bei privaten, unregulierten Monopolen das Problem von aus gesamtwirtschaftlicher Sicht ineffizienten Überrenditen, so dass private Monopole in der Regel einer Regulierung durch die öffentliche Hand unterliegen. Dabei können idealtypisch die Kostenzuschlagsregulierung und die Anreizregulierung unterschieden werden, die jeweils wiederum mit Wirkungen auf Auslegung und Redundanz einhergehen.

Die *reine Kostenzuschlagsregulierung eines Monopols* setzt eine Erlös-Obergrenze, welche aus den entstandenen Kosten zuzüglich einer marktüblichen Rendite errechnet wird. Dies führt beim privaten Monopolisten zu (Fehl-)Anreizen, die Kosten u.a. für Investitionen auszudehnen („Gold Plating“). Diese Anreize könnten potentiell allerdings auch zu Überkapazitäten und somit Redundanz führen. Um eine vollkommen ungesteuerte Kostenausdehnung zu reduzieren, wird die reine Kostenzuschlagsregulierung häufig um eine Prüfung der Kostenpositionen durch den Regulierer ergänzt. Im Rahmen einer solchen Prüfung wäre auch eine gewisse Steuerung der Investitionen in Richtung Überkapazitäten möglich. Eine Prüfung geht allerdings zum einen mit einem erhöhten Wissensbedarf auf Seiten des Regulierers hinsichtlich der Notwendigkeit von Kosten (bspw. Investitionen) einher und bringt zum anderen eine erhöhte Unsicherheit auf Seiten des Monopolisten mit sich, insbesondere falls über die Anerkennung von Kostenpositionen erst ex-post entschieden wird.

Im Rahmen der *Anreizregulierung eines Monopols* werden Obergrenzen für Preise (Price-Cap) bzw. für Erlöse (Revenue-Cap) gesetzt, die sich nicht unmittelbar aus den tatsächlichen Kosten des Monopolisten ergeben. Da der Monopolist hier für eine bestimmte Periode die Differenz zwischen vorgegebenen Erlösen und Kosten als Gewinn einbehalten darf, entstehen Anreize zur Kostensenkung. Dies birgt jedoch die Gefahr, dass bestehende Assets auf Verschleiß gefahren und Neuinvestitionen zur Erhöhung der Redundanz unterlassen werden, um Kosten zu senken. Ein Teil dieser Probleme kann durch eine Differenzierung der Anreizregulierung gemindert werden. Dabei werden verschiedene Kostenpositionen unterschieden und differenziert reguliert. Insbesondere können die Kosten für bestehende Assets von Anreizen zur Kostensenkung ausgenommen werden. Die Anreizregulierung weist einen im Vergleich zur reinen Kostenzuschlagsregulierung i.d.R. höheren Wissensbedarf auf Seiten des Regulierers auf, sofern Kosten nicht einfach beobachtet werden können, sondern auf anderen Wegen (z.B. Benchmarking oder analytische Kostenmodelle) ermittelt werden müssen.

Wettbewerbliche Angebotsstrukturen zeichnen sich im Vergleich zu monopolistischen Strukturen durch einen für den einzelnen Akteur durch seine Wettbewerber eingeschränkten Preissetzungsspielraum aus. Zudem sind Akteure im Wettbewerb höheren Unsicherheiten ausgesetzt als ein Monopolist, v.a. da für den Einzelnen Unsicherheiten über seinen Marktanteil bestehen. Grundsätzlich wirken sowohl der geringe Preissetzungsspielraum als auch die erhöhte Unsicherheit in Richtung zu geringer Redundanz. Prinzipiell könnten Überkapazitäten für den Störfall allerdings auch von den Wettbewerbern gemeinsam aufgebaut werden. Dies dürfte jedoch mit nicht unerheblichen Abstimmungskosten und Vertragsproblemen einhergehen.

Um vor diesem Hintergrund dennoch auf eine hinreichende Redundanz hinzuwirken, stehen der öffentlichen Hand verschiedene, ergänzende Maßnahmen zur Verfügung. Beispielsweise könnten verbindliche *Kapazitätsvorgaben* gemacht werden. Dabei könnte ein fester Anteil der Gesamtkapazität vorgegeben werden, der dann nur im Störfall genutzt werden darf. Prinzipiell könnte die Überkapazität durch diese Maßnahme gut gesteuert werden. Allerdings dürften sich die Erstellung treffsicherer Vorgaben sowie die Kontrolle der Umsetzung als aufwändig herausstellen. Eine weitere Option stellt die *staatliche Förderung von Überkapazitäten* dar. Dabei werden positive Anreize bzgl.

des Investitionsumfangs gesetzt. Allerdings kann der Kapazitätsumfang hier nur indirekt gesteuert werden. Diesem Problem könnte jedoch mit einer Anpassung der Förderhöhe im Zeitverlauf zumindest partiell begegnet werden. Zudem wäre zu prüfen, inwieweit eine solche Förderung mit dem Beihilferecht der Europäischen Union vereinbar ist.

Im Rahmen der *Bereitstellung von Infrastrukturen durch die öffentliche Hand* ist prinzipiell davon auszugehen, dass eine gewisse Orientierung an den Interessen der Nachfrager erfolgt und auch unabhängig von Zahlungsbereitschaften die Sicherheit von Warenketten in Auslegungsentscheidungen einbezogen wird. Zudem bestehen raumordnerische Ziele hinsichtlich der Erreichbarkeit von Regionen, die aufgrund der relativ hohen Unteilbarkeiten bei Infrastrukturen ebenfalls häufig mit Überkapazitäten und somit Redundanzen einhergehen. Dies setzt jedoch einen nicht unerheblichen Wissensstand bzgl. der Zusammenhänge zwischen Warenketten und Infrastrukturen (inkl. potentieller Auswirkungen im Störfall) sowie hinsichtlich der Redundanz der eigenen Infrastruktur voraus. Zudem sind Herausforderungen zu berücksichtigen, die sich aus der politischen Beeinflussbarkeit (bspw. Probleme bei der Selbstbindung bzgl. einer langfristigen Risiko-Strategie) und aus Erfordernissen der Verwaltung durch die Bürokratie (bspw. in Form geringer Kostensenkungsanreize) besonders in diesen öffentlichen Angebotsmodellen ergeben.

Durch den Staat könnten (ergänzend zu einem privaten Infrastrukturangebot) auch *öffentliche Reservekapazitäten* bereitgestellt werden. Dabei wäre darauf zu achten, dass die Reservekapazität nur im Störfall eingesetzt wird, damit keine unerwünschten Wirkungen – bspw. auf die Preise – im Normalfall erzeugt werden. Zudem muss der benötigte Umfang an Überkapazitäten durch die öffentliche Hand ermittelt werden, was regelmäßig mit einem nicht unerheblichen Wissensbedarf einhergehen dürfte.

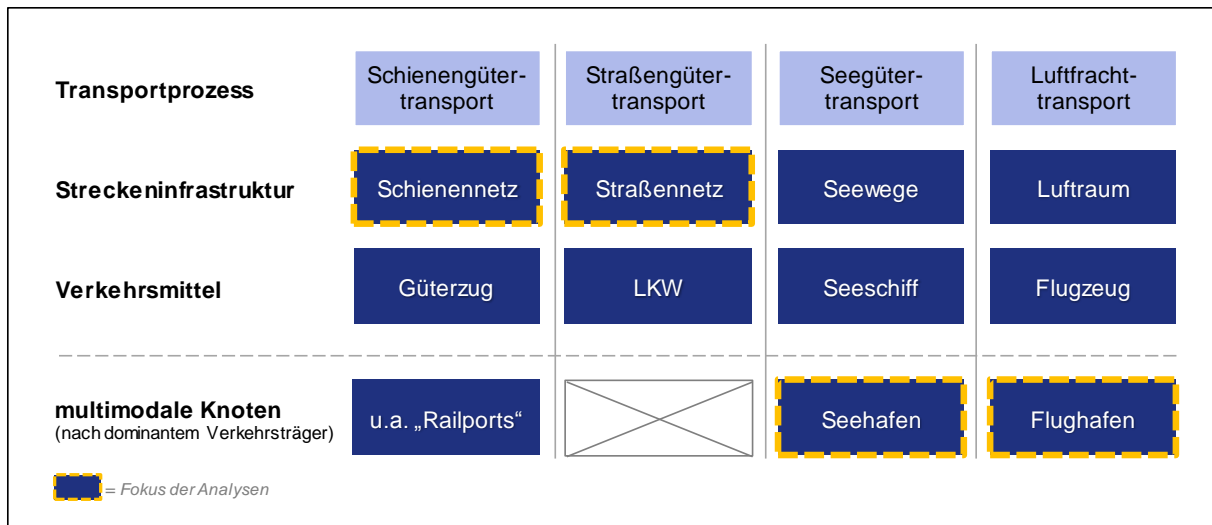
Bei der Analyse geeigneter Organisationsmodelle in den einzelnen Transportsektoren im Hinblick auf die Auslegung von Infrastrukturkapazitäten sind stets die bereits existierenden Organisationsmodelle zu berücksichtigen: Aufgrund von Pfadabhängigkeiten dürfte es regelmäßig nicht zweckmäßig sein, existierende Organisationsmodelle sehr grundlegend – mit dem Ziel einer größeren Redundanz – zu ändern, da hiermit oft auch große negative Friktionen für den Normalfall einhergehen dürften. Es wäre vielmehr zu prüfen, inwiefern die existierenden Organisationsmodelle in Hinblick auf die Herbeiführung einer Redundanz – beispielsweise durch kleinere regulatorische Maßnahmen für den Störfall – angepasst werden können.

5.3 Status Quo und alternative Risikomanagementstrategien in verschiedenen Transportsektoren

Im Rahmen des Vorhabens RM-LOG wurden qualitative Analysen zum Risikomanagement in Form von Auslegung und Allokation von Verkehrsinfrastrukturen für die Sektoren Schienengüter-, Straßengüter-, Seegüter- sowie Luftfrachttransport durchgeführt.

In diesem Abschnitt werden überblicksartig der Status Quo sowie Empfehlungen hinsichtlich Auslegung und Allokation getrennt für die einzelnen Sektoren dargestellt (siehe Abschnitte 5.3.1 bis 5.3.4); zudem werden in Abschnitt 5.3.5 Aspekte von multimodalen Transportprozessen betrachtet. In

Abbildung 24 sind die im Folgenden betrachteten Sektoren mit den jeweiligen Schwerpunkten dargestellt.



**Abbildung 24: Im Rahmen der qualitativen ökonomischen Analyse
betrachtete Sektoren und Schwerpunkte**

5.3.1 Schienengütertransport

Das deutsche Bahnsystem umfasst ca. 38.000 km Schienenwege, ca. 200 Rangiereinrichtungen und einige Dutzend multimodale Knoten. Das technische System Schiene ist dabei durch starke Interdependenzen zwischen dem Güter- und Personenverkehr gekennzeichnet, wobei diese jeweils sehr unterschiedliche Anforderungen an die Transportleistung aufweisen.

Dominanter Akteur für die Bereitstellung von Streckeninfrastruktur in Deutschland ist die DB Netz AG, die ca. 88% des Schienennetzes abdeckt.¹² Die DB Netz AG ist ein Tochterunternehmen der Deutsche Bahn AG, welche auch Schienentransportprozesse sowohl im Personen- als auch Güterverkehr (DB Schenker Rail) anbietet. Die Deutsche Bahn AG befindet sich zwar in vollständigem Eigentum des Bundes, ist jedoch grundsätzlich privatwirtschaftlich ausgerichtet und damit an Unternehmensgewinnen orientiert.

Transporte im Schienengüterverkehr werden von etwa 200 Unternehmen angeboten. Etwa drei Viertel der Verkehrsleistung wird durch die DB Schenker Rail erbracht.¹³ Wettbewerber von DB Schenker Rail sind mit Ganzzügen insbesondere im Seehafen hinterlandverkehr und auf den großen Korridoren aktiv.¹⁴

ALLOKATION VON SCHIENEN-INFRASTRUKTURKAPAZITÄTEN (TRASSEN) ALS RISIKOMANAGEMENTSTRATEGIE

Die Zuweisung von Trassen erfolgt im Normalfall langfristig über sequenzielle Konfliktlösungsverfahren (Verhandlungs-, Entscheidungs- und Höchstpreisverfahren). Kurzfristig

¹² Vgl. Bundesnetzagentur (2012, S. 20).

¹³ Vgl. Bundesnetzagentur (2012, S. 11, S. 17).

¹⁴ Vgl. Mitusch et al. (2009, S. 122).

werden Trassen – als sog. Gelegenheitsverkehre – über ein Windhundverfahren vergeben. Zudem ist ein großer Anteil der Trassen teilweise über mehrere Jahre über sog. Rahmenverträge gebunden.

Die Vergütung des Bereitstellers erfolgt zum einen über Netzentgelte. Diese unterliegen derzeit einer Kostenzuschlagsregulierung¹⁵, die dem Bereitsteller in der Praxis jedoch einen weiten Preissetzungsspielraum lässt. Derzeit wird der Wechsel zu einer Anreizregulierung diskutiert. Die Entgelte decken vor allem die operativen und Instandhaltungskosten ab. Zum anderen erhält die DB Netz AG Zuwendungen seitens des Bundes sowohl für Investitionen in das Bestandnetz als auch für Neu- und Ausbauprojekte.

Im Schienenverkehr kommt es immer wieder zu Störungen größeren Ausmaßes, beispielsweise durch Schneefall oder Hochwasser. Im Falle einer solchen Störung der Schieneninfrastruktur kann der Bereitsteller, soweit erforderlich, die Nutzung zugewiesener Zugtrassen ohne Ankündigung untersagen.¹⁶ Außerdem hat er (in Abstimmung mit der zuständigen Eisenbahnaufsichtsbehörde) einen Notfallplan aufzustellen. Es erfolgt also eine zentrale Allokation der noch zur Verfügung stehenden Slots, wobei das genaue Verfahren weitestgehend intransparent ist. Hinsichtlich der transportierten Güter dürfte es jedoch auf ein Zufallsverfahren hinauslaufen.

In Abhängigkeit eines konkreten Störfalles kann eine Anpassung des Allokationsverfahrens für die Schieneninfrastruktur eine wirksame Risikomanagementstrategie darstellen. Beispielsweise könnte eine Differenzierung zwischen Personen- und Güterverkehr stattfinden, indem der Takt des ÖPNV im Notfall ausgedünnt wird oder indem die größtenteils bestehende Priorisierung des Personenverkehrs teilweise und temporär aufgehoben wird. Prinzipiell wäre innerhalb des Güterverkehrs zusätzlich eine Reihung nach Dringlichkeit der Güter möglich. Dies könnte insbesondere für Güter notwendig sein, für die teilweise kein anderer Verkehrsträger zur Verfügung steht, wie bspw. Kohle. Diese Vorschläge gehen jedoch zum einen mit hohen Informationsanforderungen sowie hohen Transaktionskosten einher und müssten sich zum anderen den technischen Gegebenheiten (u.a. wenige Wartestellen) des Sektors anpassen. Zudem wären mögliche negative Auswirkungen auf den getakteten Personenverkehr abzuwägen. Da die Durchführung alternativer Allokationsverfahren durch den Gebietsmonopolisten unwahrscheinlich erscheint, könnten die Maßnahmen basierend auf dem Verkehrsleistungsgesetz umgesetzt werden.

AUSLEGUNG VON SCHIENEN-INFRASTRUKTURKAPAZITÄTEN ALS RISIKOMANAGEMENTSTRATEGIE

Zentrales Planungsinstrument für den Neu- und Ausbau von Schieneninfrastrukturkapazitäten (deren Finanzierung weitestgehend durch Zuwendungen des Bundes erfolgt) ist die Bundesverkehrswegeplanung. Die DB Netze Fahrweg ist jedoch über Investitionsvorschläge in das Verfahren eingebunden. Die Qualität des Bestandsnetzes soll zudem durch weitere Zahlungen seitens des Bundes sichergestellt werden, die basierend auf einem Vertrag zwischen ihm und der Deutschen Bahn AG gezahlt werden (Leistungs- und Finanzierungsvereinbarung).

¹⁵ Vgl. § 14 Abs. 4 u. 5 Allgemeines Eisenbahngesetz (AEG).

¹⁶ Vgl. hierzu und den folgenden Angaben § 15 Eisenbahninfrastruktur-Benutzungsverordnung (EIBV).

Ein weiteres Mittel für die Auslegung stellen die sog. „besonderen Leistungspflichten der Eisenbahnen des Bundes“ gemäß § 8a VerklG dar. Demnach können die Eisenbahnen des Bundes vom Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung auf Kosten des Bundes zu Investitionen verpflichtet werden, die bei einer Störung der Infrastruktur zur Wiederherstellung und zum Betrieb der Schieneninfrastruktur erforderlich sind. Dies umfasst beispielsweise die Vorhaltung von Behelfsbrücken.

Die Sicherheit der Warenketten könnte im Bahnsektor gefährdet sein, wenn aufgrund der Anreize zur Minimierung der Infrastrukturkosten des privatwirtschaftlich ausgerichteten Bereitstellers (DB Netz AG) aus Gesamtsystemsicht zu geringe Netz-Überkapazitäten bereitgehalten werden. Dem könnte auf Seiten des Bundes prinzipiell gegengesteuert werden, indem in der Bundesverkehrswegeplanung auch Aspekte der Netzredundanz berücksichtigt würden. Dies könnte bspw. durch zusätzliche Ausweichstellen in hoch befahrenen Netzabschnitten oder durch zusätzliche Netzelemente (mit hohem Netzwerknutzen) zum Ausdruck kommen. Unabhängig davon sollte bei einem Rückbau von Schieneninfrastruktur darauf geachtet werden, möglichst keine aus Redundanzsicht wichtigen Elemente zu entfernen. Zudem gibt es Hinweise darauf, dass in der Vergangenheit Ersatzinvestitionen im erheblichen Umfang nicht getätigt wurden¹⁷, was ebenfalls einen negativen Effekt auf die Verfügbarkeit von Strecken und somit im Störfall auf die Sicherstellung der Warenketten haben kann. Dies könnte auf Seiten des Bundes ggf. durch eine angepasste Leistungs- (und Finanzierungs-) Vereinbarung adressiert werden. All diese Maßnahmen fußen auf Maßnahmen des Bundes, der dafür – sofern notwendig – das erforderliche Wissen bzgl. Netzredundanz und Substanzqualität in erforderlichen Umfang bei sich aufbauen sollte.

Auf europäischer Ebene bestehen derzeit noch einige technische Inkompatibilitäten, beispielsweise im Bereich der Sicherungstechnik. Die Herstellung einer größeren Kompatibilität, die derzeit im Rahmen europäischer Bemühungen angestrebt wird¹⁸, könnte ebenfalls zur Erhöhung der Systemredundanz beitragen.

5.3.2 Straßengütertransport

Der Straßentransportsektor erbringt auf einem sehr dichten, etwa 230.700 Kilometern¹⁹ langen Straßennetz etwa 70% der Transportleistung in Deutschland und nimmt damit eine überragende Stellung unter den Verkehrsträgern ein.²⁰ Der Sektor ist durch eine starke Verflechtung von Güter- und individuellem Personenverkehr gekennzeichnet, wobei die vielen einzelnen Nutzer das Netz weitestgehend ohne gegenseitige Koordination und ungetaktet verwenden.

¹⁷ Vgl. Bundesrechnungshof (2007).

¹⁸ Vgl. dazu bspw. die Verordnungen zu den technischen Vorschriften in Form der „Technischen Spezifikationen für die Interoperabilität“ (TSI).

¹⁹ Vgl. Angaben des Statistischen Bundesamtes zu Verkehrsmittelbestand und Infrastruktur für das Jahr 2012.

²⁰ Vgl. Angaben des Statistischen Bundesamtes zur Verkehrsleistung im Jahr 2012 (Eisenbahnverkehr: 110.065 Mio. tkm; Binnenschifffahrt: 58.488 Mio. tkm; Rohöl-Rohrleitungen: 16.207 Mio. tkm; Straßengüterverkehr: 453.900 Mio. tkm).

Sämtliche Straßen in Deutschland werden durch die öffentliche Hand bereitgestellt, wobei für verschiedene Straßenkategorien unterschiedliche föderale Ebenen zuständig sind. Im Vorhaben standen die Bundesfernstraßen im Fokus, welche durch den Bund verantwortet, aber in Auftragsverwaltung durch die Länder verwaltet werden.

ALLOKATION VON STRAßENKAPAZITÄTEN ALS RISIKOMANAGEMENTSTRATEGIE

Die Allokation von Straßenkapazitäten bei Knappheit erfolgt in ganz Europa durch ein Windhundverfahren (ohne Reservierung).²¹ Eine gewisse Abstimmung erfolgt dabei dezentral durch die Nutzer selbst, beispielsweise durch die Nutzung von (zunehmend verfügbaren) dezentralen Verkehrsinformationssystemen. Reservierungssysteme wären aufgrund der großen Anzahl der Nutzer kaum umsetzbar und sind auch technisch nicht in solcher Weise erforderlich wie bspw. im Bahnsektor. Diese Allokationsmechanismen sorgen dafür, dass es bei Knappheit leicht zu einem kompletten Stillstand des Verkehrsflusses kommt (Stau).

Die Sicherheit der Warenketten im Störfall könnte im Straßentransportsektor unterstützt werden, indem vergleichsweise „einfache“ Maßnahmen ergriffen werden. Beispielsweise könnten durch Vorgaben zum Besetzungsgrad im motorisierten Individualverkehr Kapazitätsreserven mobilisiert werden. Alternativ oder ergänzend könnten einzelne Spuren oder ganze Strecken für den Personenverkehr temporär gesperrt werden, um die dem Güterverkehr zur Verfügung stehende Kapazität zu erhöhen. Zudem könnten bspw. Sonntagsfahrverbote temporär aufgehoben werden. Solche Maßnahmen wären basierend auf dem Verkehrsleistungsgesetz im Störfall voraussichtlich auch realisierbar, müssten jedoch ggf. vorbereitet werden. Komplexere Allokationsverfahren, die bspw. eine zentrale Allokation von Kapazitäten vorsehen, dürften aufgrund der Netzgröße und der Vielzahl an Nutzern regelmäßig mit prohibitiven Transaktions- und Informationskosten einhergehen und sind daher nicht zu empfehlen.

AUSLEGUNG VON STRAßENKAPAZITÄTEN ALS RISIKOMANAGEMENTSTRATEGIE

Das zentrale Instrument für die Auslegung der Bundesfernstraßen ist die Bundesverkehrswegeplanung. In dieser erfolgt, u.a. basierend auf Projektvorschlägen der Länder, eine Identifizierung und Priorisierung wichtiger Erhaltungs- und Ausbauprojekte. Die Finanzierung der Bundesfernstraßen erfolgt in Deutschland grundsätzlich über das Haushaltssystem.²² Dabei wird u.a. zweckgebunden auf die Einnahmen aus der auf den Bundesautobahnen erhobenen Lkw-Maut zurückgegriffen.

Das Straßennetz in Deutschland ist durch eine große Dichte und zusätzlich durch eine starke Substitutivität verschiedener Straßenklassen gekennzeichnet. Zur Sicherstellung der Warenketten könnte dennoch erwogen werden, ergänzend auch Redundanzüberlegungen in die Planung von Infrastrukturelementen aufzunehmen. Beispielsweise könnten diese in die

²¹ Andere Instrumente, wie beispielsweise die Alpentransitbörse, bei der der alpenquerenden Straßenkapazitäten Versteigert werden sollen, sind in der Diskussion.

²² Vgl. Klatt (2011, S. 118).

Bundesverkehrswegeplanung als zusätzliches, qualitatives Kriterium für die Bewertung von hinsichtlich der übrigen Kriterien nahezu identischen Maßnahmen einfließen. Da für Redundanzüberlegungen die Systemrelevanz der Elemente einbezogen werden muss, die bei einer starken Einbindung der dezentralen Interessen der Länder möglicherweise nicht ausreichend berücksichtigt wird, sollten Redundanzbewertungen zentral durch den Bund erfolgen, wobei entsprechendes zentrales Know-how aufzubauen wäre. Ein kompletter Neubau von Strecken allein aus Gründen der Redundanz dürfte regelmäßig nicht zweckmäßig sein.

5.3.3 Seefracht

In Europa werden 74 % der Wareneinfuhren aus Drittländern über die Seehäfen abgewickelt.²³ Außerdem werden 37 % des Güterverkehrs innerhalb der EU über Häfen abgefertigt.²⁴ Vor allem der Transport von Containern ist hoch standardisiert, was sowohl die physische Hardware (Container, Umschlagssuprastruktur) als auch die EDV an Häfen betrifft. Seetransporte unterliegen stets vergleichsweise großen Transportzeit-Schwankungen. Im Gegensatz zu den anderen Sektoren gibt es keine Interdependenzen mit dem Personentransport.

In Europa werden die Häfen i.d.R. durch die öffentliche Hand bereitgestellt; die Terminals hingegen werden größtenteils durch private Unternehmen betrieben. Derzeit existieren in Europa 83 „Kernnetz-Häfen“²⁵, die sich jedoch hinsichtlich des Umfangs der Umschlagskapazitäten und der Qualität der angebotenen Umschlagsleistungen (u.a. zeitliche Varianzen bei Umschlagsprozessen) erheblich unterscheiden. Zudem überlappen sich die Einzugsgebiete vieler Häfen nicht, sodass sie nicht als Wettbewerber gelten können.

Das Angebot von Seetransporten (Reederei) erfolgt durch diverse private Unternehmen. Teilweise verfügen diese Unternehmen auch über eigene Terminals oder halten Anteile daran (sog. Dedicated Terminals).

ALLOKATION VON SEEHAFEN-KAPAZITÄTEN ALS RISIKOMANAGEMENTSTRATEGIE

Die Allokation von Hafen- bzw. Terminalkapazitäten erfolgt durch die Häfen selbst (in Form langfristiger Verträge und über den Spotmarkt). Eine Regulierung oder sonstige staatliche Einflussnahme existiert nicht. Aufgrund der sehr großen Transportmengen ist bei Häfen auch die Abstimmung mit der Kapazitätsallokation der Hinterland-Verkehrsträger (Schiene, Straße) zu beachten.

Besondere Herausforderungen für eine Allokation im Störfall ergeben sich aufgrund der besonderen technischen Eigenschaften im Seetransport: Regelmäßig sind nur vergleichsweise wenige, aber sehr große Verkehrsmittel auf die Hafenkapazitäten zu verteilen. Längere Wartezeiten von Schiffen – beispielsweise aufgrund eines langfristig festgelegten Vorrangs eines anderen Schiffes

²³ Vgl. Europäische Kommission (2013).

²⁴ Vgl. ebenda.

²⁵ Vgl. ebenda.

– erzeugen hohe Wartekosten und sind auch aus Platzgründen i.d.R. zu vermeiden. Auch ist eine prioritäre Behandlung einzelner Container i.d.R. nicht möglich.

Die Reeder laufen auf einer Route größtenteils mehrere europäische Häfen an, was einen positiven Effekt auf die Höhe der Transaktionskosten im Störfall haben dürfte, sofern dann auf Kapazitäten schon bekannter Häfen ausgewichen werden kann. Insbesondere dieser Umstand, als auch der hohe Grad der Standardisierung, sorgen dafür, dass sich im Seeverkehr im Rahmen der Allokation derzeit keine größeren Schwierigkeiten für die Sicherstellung der Warenketten im Störfall ergeben.

AUSLEGUNG VON SEEHÄFEN ALS RISIKOMANAGEMENTSTRATEGIE

Für die Auslegung von Seehäfen sind in Deutschland die Bundesländer zuständig (Bremen, Hamburg, Niedersachsen, Schleswig-Holstein). Der Einbezug lokaler Interessen bei der Auslegung sorgt dabei in der Tendenz für Überkapazitäten. Dies wird derzeit noch durch die sehr optimistischen Prognosen der vergangenen Jahre bzgl. der Entwicklung der Gütermengen verstärkt. Zudem kann für die Versorgung Deutschlands auf andere europäische Häfen zurückgegriffen werden.

Im Gegensatz zur Auslegung der Seehäfen wird die Anbindung an die entsprechend auszulegenden Kapazitäten der Verkehrsträger im Hinterland (Schiene, Straße) in Deutschland hauptsächlich durch den Bund verantwortet und muss im Rahmen der Bundesverkehrswegeplanung berücksichtigt werden. Diese Aufteilung erschwert die Koordination der Auslegung und hat in der Vergangenheit zu Problemen in Form einer unzureichenden Abstimmung von Investitionen geführt (bspw. Anbindung des JadeWeserPort).

Vor dem Hintergrund der großen Hafenkapazitäten in Europa und der derzeitigen Organisation von Auslegungsentscheidungen scheint die Sicherstellung der über Seehäfen laufenden Warenketten nicht gefährdet zu sein.

5.3.4 Luftfracht

Per Luftfracht werden vor allem hochwertige oder kurzfristig dringend benötigte Waren transportiert. Interdependenzen mit dem Personentransport ergeben sich zum einen aufgrund der konkurrierenden Nutzung von Slots an Flughäfen und zum anderen, weil der Luftfrachttransport zu einem großen Anteil in Frachträumen von Personenverkehrsflugzeugen (sog. Belly-Fracht) erfolgt.

Flughäfen lassen sich danach unterscheiden, ob sie hauptsächlich Inlandsflüge anbieten (Regionalflughäfen), oder ob sie zusätzlich auch als internationale Hubs fungieren. Transportprozesse werden i.d.R. unter Verwendung zentraler Hub-Flughäfen erstellt („virtuelle Netzwerke“).

In Deutschland werden 95 % der Fracht an nur fünf Flughäfen umgeschlagen (Frankfurt am Main, Leipzig/Halle, Köln/Bonn, München, Hahn).²⁶ Die verbleibende Menge teilt sich auf etwa 10 bis 15 weitere Flughäfen auf. Die Bereitstellung von Flughäfen erfolgt in Deutschland ganz überwiegend durch die öffentliche Hand. Nur teilweise sind auch private Unternehmen an Flughäfen beteiligt; vollkommen private Flughäfen sind eine Ausnahme. Lufttransporte hingegen werden durch diverse

²⁶ Vgl. Statistisches Bundesamt (2013, S. 13).

private Unternehmen (Airlines) angeboten. Diese investieren teilweise spezifisch und umfangreich in Flughafen-Suprastruktur, v.a. in Terminals.

ALLOKATION VON FLUGHAFENKAPAZITÄTEN (SLOTS) ALS RISIKOMANAGEMENTSTRATEGIE

In Deutschland ist die langfristige Vergabe von Slots an Flughäfen im Nicht-Störfungsfall als öffentlich-rechtliche Aufgabe ausgestaltet. In Übereinstimmung mit europäischen Vorgaben erfolgt die verbindliche Zuweisung von Slots an den 17 größten deutschen Flughäfen durch einen sog. Flughafenkoordinator, und zwar für gesamte Flugplanperioden. Ein Großteil der Slots wird dabei nach dem Großvaterprinzip an die bisherigen Nutzer vergeben. Lediglich nicht genutzte Slots werden u.a. nach einem Windhundverfahren neu vergeben. Ein Sekundärhandel ist derzeit nicht explizit erlaubt. Zudem existiert in Europa die „European Aviation Crisis Coordination Cell“, die als europäischer Koordinator im Fall von großen Störungen fungieren soll.²⁷ Diskutiert wird derzeit außerdem die Möglichkeit, in Notfallsituationen auch bislang nicht dem Flughafenkoordinator unterstehende Flughäfen temporär für koordiniert zu erklären.²⁸ Zudem wird die Einführung sog. Netzflughäfen diskutiert, die im Falle von Störungen als Ausweichflughäfen fungieren können und über welche die europäischen Flughafenkoordinatoren deswegen laufend Informationen über den Betrieb sammeln sollen.²⁹

Im Luftfrachtsektor bestehen vor diesem Hintergrund aus Sicht der Allokation keine größeren Gefahren für die Sicherheit der Warenketten: Der Lufttransport wird ohnehin vergleichsweise oft bspw. durch Wetterereignisse behindert, sodass die Allokationsverfahren bereits gut auf Störungen eingestellt sind. Auch wären im Falle sehr knapper Restkapazitäten in Deutschland zumindest bei den großen Flughäfen keine übermäßigen Engpassrenten zu erwarten, da die Flughafengebühren einer Regulierung unterliegen.

AUSLEGUNG VON FLUGHÄFEN ALS RISIKOMANAGEMENTSTRATEGIE

Die Verwaltungsentscheidungen bzgl. Ausbau und Betrieb von Flughäfen liegen im Rahmen einer Auftragsverwaltung solange bei den Ländern, wie der Bund nicht durch Weisung eingreift.³⁰ In der Praxis führte diese Organisation dazu, dass die Länder den Ausbau „ihrer“ Flughäfen mit dem Ziel einer regionalen Förderung (regionale Wirtschaftsförderung, bessere Erreichbarkeit, Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit, touristische Aspekte) vorantrieben und in Deutschland im Ergebnis eine große Überkapazität existiert.³¹ Dies wurde durch die in einigen Gebieten mögliche Folgenutzung alter Militärflugplätze noch verstärkt.

Für die Sicherheit der Warenketten ist diese Situation vorteilhaft. Allerdings bestehen hinsichtlich der Kapazität für den Luftfrachtverkehr Beschränkungen, da für verschiedene Flugzeugtypen

²⁷ Auslöser für die Gründung dieses Gremiums war die Aschewolke im Jahr 2010.

²⁸ Vgl. Europäische Kommission (2011).

²⁹ Vgl. ebenda.

³⁰ BMVBS (2010, S. 51).

³¹ Grundsätzlich könnten Kapazitäten im Störfungsfall an diversen Standorten zusätzlich durch die temporäre Aufhebung von Nachtflugverboten erhöht werden.

unterschiedliches Ladeequipment benötigt wird, welches nicht an allen Standorten zur Verfügung steht.³² Möglicherweise wäre es daher eine sinnvolle Maßnahme, solches Ladeequipment durch öffentliche Stellen zentral vorzuhalten bzw. die Flughafenbetreiber zu einer Vorhaltung zu verpflichten. Außerdem sollte vor dem Hintergrund des Risikomanagements auf eine weitere Konzentration der auf Güterverkehr spezialisierten Flughäfen vermieden werden, indem bspw. auf kleinen Flughäfen zwecks Kompetenzerhalts zumindest ein „Kümmerbetrieb“ aufrechterhalten wird.

5.3.5 Multimodale Transporte

Multimodale Transportketten gehen mit einer sequenziellen Nutzung verschiedener Verkehrsträger einher, wobei i.d.R. standardisierte Ladungsträgern (wie Container) verwendet werden. Im Falle der Störung einer Infrastruktur könnte es notwendig werden, ein Umrouten innerhalb eines intermodalen Netzwerks vorzunehmen oder einen Wechsel auf einen vorher nicht eingeplanten Verkehrsträger vorzunehmen. Dies dürfte regelmäßig mit erheblichen Koordinations-Notwendigkeiten einhergehen, da neben den Abstimmungen innerhalb der Transportsektoren auch die Koordination zwischen ihnen sichergestellt werden muss. Zwar ermöglicht bspw. das Verkehrsleistungsgesetz auch die Verpflichtung von Speditionsleistungen, jedoch dürften die immensen Informationsanforderungen bei großen Störungen die Kapazitäten einer zentralen Stelle (in diesem Fall das Bundesamt für Güterverkehr als koordinierende Behörde) regelmäßig übersteigen. Vor diesem Hintergrund würde wohl auch im Störfall auf die Möglichkeiten der existierenden multimodalen Spediteure zurückgegriffen werden. Diese verfügen meist über sehr große Netzwerke, was für die Sicherheit der Warenketten im Störfall vorteilhaft sein dürfte, da die Koordination innerhalb dieser geübten Strukturen mit geringeren Transaktionskosten einhergehen dürfte als eine anderweitige Koordination.

³² Vgl. Scholz et al. (2012).

Teil C: Gesamtergebnis

6 Zentrale Ergebnisse und Implikationen

In diesem Kapitel werden die zentralen Ergebnisse des Verbundvorhabens dargestellt, die basierend auf den einzelnen Analysen abgeleitet wurden. In Abschnitt 6.1 wird auf die zentralen Ergebnisse auf Ebene der Transportinfrastruktur eingegangen. Abschnitt 6.2 beinhaltet die Ergebnisse für den Bereich Nachfrage und Angebot von Logistikleistungen. In Abbildung 25 wird dies anhand der bereits in Abschnitt 2.1 vorgestellten Rollenübersicht verdeutlicht.

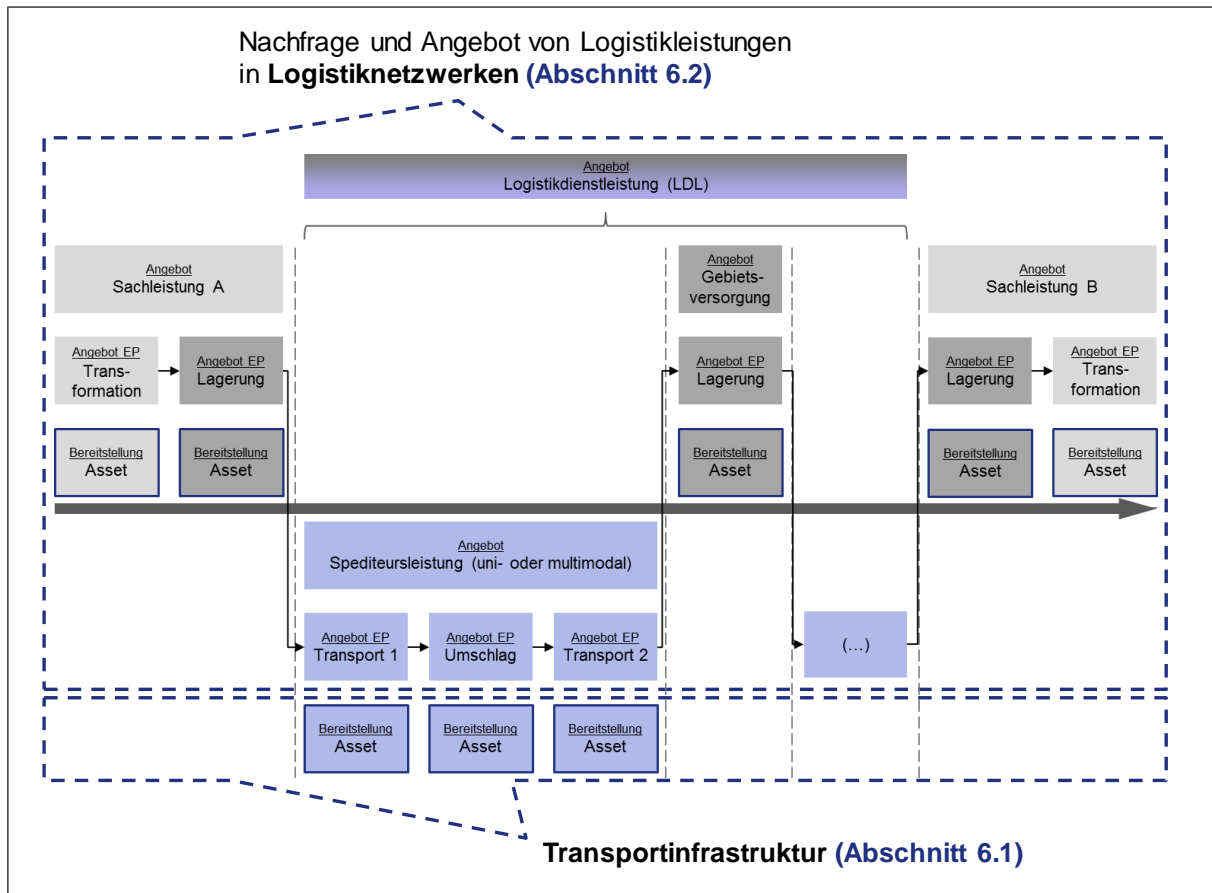


Abbildung 25: Ebenen für die Darstellung der zentralen Ergebnisse

6.1 Implikationen für die Ebene Transportinfrastruktur

6.1.1 Zentrale Ergebnisse der quantitativen und qualitativen Analysen

Die quantitativen Analysen zeigen, dass bei großen Störungen von Transportinfrastrukturen die aus anderen Gründen bereits vorhandenen Risikomanagementstrategien in vielen Fällen dafür sorgen, dass in Warenketten und Transport nur vergleichsweise geringe Schäden entstehen. Die qualitativen ökonomischen Analysen haben gezeigt, dass dabei die in Abhängigkeit der Ausgestaltung eines Organisationsmodells bestehenden Anreize einen elementaren Einfluss auf den Umfang von Risikomanagementmaßnahmen im Hinblick auf Störungen der Verkehrsinfrastruktur haben. Die Ergebnisse der theoriegeleiteten quantitativen und qualitativen Modelle konnten durch Sektor-Fallstudien und Praxis-Erfahrungen gestützt und anhand von Daten validiert werden.

Für den **Straßensektor** konnte gezeigt werden, dass in der Tendenz sowohl der Ausfall einzelner als auch der kombinierte Ausfall mehrerer Kanten nur geringe Verspätungen von Fahrten zur Folge haben. Eine großräumige Nichterreichbarkeit von Regionen ist nicht zu erwarten, da bereits im Bereich der Bundesfernstraßen flächig eine hohe Redundanz besteht, die noch um die im quantitativen Modell nicht betrachteten, nachgelagerten Straßen ergänzt wird. Zur Sicherstellung der Warenketten auch bei sehr großen Störungen könnte dennoch erwogen werden, die Planung von Infrastrukturelementen im Rahmen der Bundesverkehrswegeplanung durch Redundanzüberlegungen zu ergänzen. Zudem könnten einfache Allokations-Maßnahmen, die basierend auf dem Verkehrsleistungsgesetz voraussichtlich umsetzbar wären, eingesetzt werden (bspw. temporäre Fahrverbote oder Sperrungen von Strecken für den Personenverkehr).

Der **Schienensektor** in Deutschland ist schon im Normalfall durch zunehmend knappe Kapazitäten v.a. an stark befahrenen Netzelementen gekennzeichnet. Zusammen mit der Reduzierung der Substanzqualität und dem Rückbau von Strecken in der Vergangenheit könnte dies zu Problemen hinsichtlich der Sicherheit von Warenketten, die auf den Schienengüterverkehr angewiesen sind, im Störfall führen. Diese seitens des Bereitstellers der Schieneninfrastruktur auf eine Reduzierung der Infrastrukturkosten hin gerichteten Entwicklungen ließen sich beeinflussen, indem die bereits existierenden Instrumente wie die Bundesverkehrswegeplanung oder die Bundeszuwendungen auch an Redundanzaspekten ausgerichtet würden. Zusätzlich könnte hinsichtlich der Allokation eine höhere Priorisierung von Gütertransporten im Störfall erfolgen.

Auf eine Gefährdung der über **Seehäfen** laufenden Transporte haben die quantitativen und qualitativen Analysen keine Hinweise geliefert. Selbst der Ausfall eines großen Nordrange-Hafens dürfte – durch Ausweichen auf die übrigen deutschen und europäischen Seehäfen aufzufangen sein. Dem Wechsel auf einen anderen Hafen stehen aufgrund des hohen Standardisierungsgrades in der Regel keine großen Hindernisse entgegen.

Der **Luftfrachtsektor** in Deutschland ist durch große – räumlich stark verteilte – Flughafen-Überkapazitäten gekennzeichnet, die sich vor allem aufgrund der starken dezentralen Beteiligung der Länder entwickelt haben. Allerdings könnte es im Störfall zu einem Engpass hinsichtlich geeigneten Ladeequipments kommen. Zudem sollte aus Sicht des Risikomanagement keine weitere Konzentration der auf Luftfracht spezialisierten Flughäfen erfolgen. Die Verfahren für die Allokation vom Slots sind in Europa bereits gut auf Störungen größeren Ausmaßes eingestellt.

6.1.2 Implikationen für Bereitsteller von Transportinfrastrukturen

Im Vorhaben wurde der Frage nachgegangen, ob die Bereitsteller von Transportinfrastrukturen selbst Maßnahmen im Hinblick auf große Störungen ergreifen sollten und welche Maßnahmen überhaupt geeignet sind. Dabei sind die Interessen der Akteure (u.a. private Unternehmen vs. öffentliche Akteure) zu berücksichtigen sowie die Wettbewerbssituation, in der sie sich befinden.

Im Rahmen des Vorhabens wurde festgestellt, dass durch die Bereitsteller im Status Quo nur sehr wenige Vorkehrungen im Hinblick auf große Störungen von Transportinfrastrukturen getroffen werden. Es konnte allerdings gezeigt werden, dass in diversen Sektoren ein spezifisch auf große Störungen ausgerichtetes Risikomanagement auch nicht zwangsläufig erforderlich ist, da oftmals die für

„normale“ Schwankungen implementierten Risikomanagementstrategien als ausreichend wirksam eingeschätzt werden können, da sie für eine deutliche Minderung der Auswirkungen auch bei großen Störungen sorgen dürften. Es hat sich zudem gezeigt, dass die Umsetzung von explizit auf große Störungen ausgerichteten, zusätzlichen Maßnahmen durch einzelne Akteure oftmals schwer möglich ist, falls bspw. Maßnahmen aufgrund von Wettbewerbs- und somit Kostendruck gar nicht langfristig umsetzbar sind oder wenn aufgrund technischer Komplementaritäten zu anderen Bereitsteller die Entscheidungen Einzelner nahezu wirkungslos sind.

Hinsichtlich der – nichtsdestotrotz in einigen Sektoren noch unzureichenden – Vorsorge durch redundante Auslegung von Transportinfrastrukturen sollte nicht auf isolierte Zusatz-Planungen zurückgegriffen werden. Vielmehr sollten Redundanzaspekte in die Auslegungsplanung für den Normalfall integriert, also im Rahmen dieser Planungen „mitgedacht“ werden. Dazu könnten bspw. Redundanz-Indikatoren als ergänzende Kriterien in Bewertungsverfahren verwendet werden. Großes Potential für Redundanz bietet grundsätzlich zudem die Standardisierung von Hardware (wie Verkehrsmitteln, Ladungsträgern) sowie von Software. In einigen Sektoren scheint das Potential dazu weitestgehend ausgeschöpft zu sein (bspw. Seefracht), in anderen besteht noch Potential (bspw. europäisches Bahnsystem). Hinsichtlich der Auslegung sind zudem die Interdependenzen zwischen verschiedenen Gebieten und damit einhergehenden Zuständigkeiten sowie auch zwischen verschiedenen Verkehrsträgern zu beachten, was mit entsprechenden Abstimmungen zwischen den Beteiligten einhergehen müsste (bspw. komplementärer Ausbau von Hafeninfrastruktur und Hinterlandanbindung).

Den negativen Auswirkungen großer Störungen kann zudem durch eine zweckmäßige Allokation der im Störfall verbleibenden Infrastrukturkapazitäten begegnet werden. Aus Sicht der Bereitsteller dürften jedoch Verfahren, die die Dringlichkeit der transportierten Waren berücksichtigen, regelmäßig mit derart hohen Informationskosten einhergehen, dass eher auf einfache Verfahren wie Festpreise (in Verbindung mit Windhundverfahren) oder auf Auktions-basierte Verfahren zurückgegriffen werden dürfte. Allerdings könnte die zunehmende Verbreitung und Verbesserung der Informationstechnik in Zukunft dafür sorgen, dass die Informationskosten deutlich gesenkt werden. Zudem ist zu erwarten, dass aufgrund persönlicher Vernetzungen und langfristiger Reputationseffekte sowohl in Wettbewerbs- als auch in Auftragnehmer-Auftraggeber-Beziehungen im Störfall ein hoher Grad an direkter, dezentraler Abstimmung hinsichtlich der Nutzung der knappen Kapazitäten stattfinden dürfte.

Die Bereitsteller von Transportinfrastrukturen sollten sich dem oftmals bestehenden Trade-Off zwischen Auslegung und Allokation bewusst sein: In vielen Fällen ist der Aufbau von Überkapazitäten rein aus Gründen der Katastrophenvorsorge aus Kostengründen kaum realisierbar. In diesen Fällen sollte das Potential der Organisation der Infrastrukturnutzung in Form der Kapazitätsallokation zur Minderung von Schäden in Warenketten in den Vordergrund gerückt werden.

6.1.3 Implikationen hinsichtlich wirtschaftspolitischer Maßnahmen

Um die Sicherheit von Warenketten zu gewährleisten besteht die Möglichkeit, über wirtschaftspolitische Maßnahmen auf das Risikomanagement im Bereich der Transportinfrastruktur

Einfluss zu nehmen. Die verantwortlichen Akteure sind vor allem die Gesetzgeber, aber auch Ministerien und nachgeordnete Behörden. Es existieren Hinweise darauf, dass ein gewisser Handlungsbedarf erkannt wurde.³³

METHODISCHES WISSEN BEZÜGLICH WIRKUNGEN WIRTSCHAFTSPOLITISCHER MAßNAHMEN IM BEREICH DER VERKEHRSINFRASTRUKTUR

Für den Entwurf wirkungsvoller wirtschaftspolitischer Maßnahmen werden umfangreiche Kenntnisse bezüglich der voraussichtlichen Wirkungen verschiedener Maßnahmen benötigt. Dieses Wissen wird zunehmend auf Bundesebene (Fachreferate, Forschungsprojekte) aufgebaut; dies sollte fortgeführt werden. Es muss sichergestellt werden, dass dieses Wissen (gerade vor dem Hintergrund der Vorbereitung auf sehr seltene Störungen) auch dauerhaft erhalten bleibt sowie (vor dem Hintergrund der dezentralen Organisation der Katastrophenvorsorge in Deutschland) auf Landes- und Kommunalebene Verbreitung findet.

Hinsichtlich des Aufbaus von Wissen über die potentiellen Wirkungen von Maßnahmen wurde im Rahmen des Vorhabens gezeigt, dass sowohl für quantitative als auch für qualitative Aussagen die Nutzung eines allgemein anwendbaren, monolithischen Methodik-Tools auch im Bereich der Verkehrsinfrastruktur nicht zweckmäßig ist. Vielmehr sollten methodische Werkzeuge in Abhängigkeit des konkret betrachteten Falls (Transportsektor, Ebene des Transports, betrachtete Warenketten(n)) und der betrachteten Fragestellung jeweils individuell angepasst und ggf. erweitert werden.

Zudem sollte das Wissen bzgl. der unterschiedlichen Arten wirtschaftspolitischer Maßnahmen, die auch komplementär eingesetzt werden können, erweitert werden: Beispielsweise kommen neben harten Anreizen (durch Strafen oder Förderung, wie bspw. im Rahmen des Verkehrsleistungsgesetzes) auch Regelungen über die Art von Akteuren, die eine bestimmte Rolle wahrnehmen dürfen (bspw. politische Vorgaben, keine ausschließlich privaten, rein kapitalgesteuerten Unternehmen bei kritischen Infrastrukturen einzusetzen), oder eine Weitergabe aktueller wissenschaftlicher Forschungsergebnisse³⁴ an die Entscheider in der Verwaltung und in privaten Unternehmen in Frage. Daneben ist auch die direkte Beteiligung der öffentlichen Hand am Angebot – bspw. durch die Bereitstellung von Reservekapazitäten für den Störfall – möglich.

WIRTSCHAFTSPOLITISCHE MAßNAHMEN BEI AUSLEGUNG UND ALLOKATION VON INFRASTRUKTURKAPAZITÄTEN

Im Vorhaben wurden wirtschaftspolitische Maßnahmen zum einen für den Bereich der Auslegung von Infrastrukturen betrachtet. Theoriegeleitete Analysen sowie Beobachtungen aus der Praxis weisen darauf hin, dass eine unzureichende Redundanz vor allem in Sektoren auftritt, in denen ein Monopolist mit privatwirtschaftlichen, gewinnorientierten Zielen am Angebot beteiligt ist (Beispiel:

³³ Vgl. Aussagen im „Masterplan Güterverkehr und Logistik“ der Bundesregierung von 2008, aktuelle Forschungsaktivitäten des BMBF sowie die Novellierung des Verkehrsleistungsgesetzes im Jahr 2013.

³⁴ Erfahrungen deuten darauf hin, dass der Aufbau solch spezifischen Wissens ohne eine öffentliche Förderung in privaten Unternehmen nicht erfolgt, dass dieses Wissen aber mit großem Interesse in Prozesse und somit auch in die angebotenen Produkte integriert wird, sobald es vorhanden ist.

Deutsche Bahn). In öffentlichen, insbesondere stark dezentral organisierten Sektoren (Beispiel: Flughäfen in Deutschland) existieren diese Probleme nicht. Für einen Erhalt der Sicherheit der Warenketten in Zukunft wäre vor diesem Hintergrund dafür zu sorgen, dass das Redundanzniveau in den erstgenannten Sektoren gesteigert wird und in anderen Sektoren zumindest keine Senkung der Redundanz erfolgt. Sofern dafür aufgrund der regulatorischen Kosten und / oder aufgrund möglicher Friktionen im Normalfall eine Störungsfall-orientierte Regulierung nicht in Frage kommt, könnte Redundanz auch durch eine Bereitstellung von Reservekapazitäten direkt durch die öffentliche Hand selbst sichergestellt werden.³⁵ Als weitere Maßnahme zur Erhöhung der Redundanz könnten wirtschaftspolitische Maßnahmen auch eine Reduzierung der teilweise noch bestehenden technischen Inkompatibilitäten (wie beispielsweise im europäischen Bahnsystem) adressieren.

Wirtschaftspolitische Maßnahmen können zum anderen bei der Allokation von im Störungsfall potentiell knappen Infrastrukturkapazitäten ansetzen. Für die Zuordnung von Nutzeranfragen auf Infrastrukturkapazitäten müssen stets relativ schnell sehr viele Informationen gesammelt und ausgewertet werden.³⁶ Aus diesem Grund gibt es eine starke kostenseitige Interdependenz zwischen der bestehenden Allokation für den Normalfall und derjenigen für den Störungsfall. Eine rein privatwirtschaftlich organisierte Allokation dürfte sich i.d.R. an der Höhe der erzielbaren Einnahmen des Bereitstellers sowie an den für das Allokationsverfahren für den Bereitstellers anfallenden Transaktionskosten orientieren. Da sich die Dringlichkeit einer transportierten Ware für den Rest der Warenkette i.d.R. aber nicht vollständig in den Zahlungsbereitschaften des Transportunternehmens widerspiegelt und eine solche Berücksichtigung zudem hohe Informationsanforderungen mit sich bringt, würde sich bei einer rein privatwirtschaftlich organisierten Allokation statt eines an Dringlichkeiten orientierten Allokationsverfahrens eher ein Auktions- oder Windhundverfahren durchsetzen. Die regulatorische Vorgabe eines an Dringlichkeiten orientierten Verfahrens könnte deswegen zwar in Betracht gezogen werden, jedoch stehen dem sowohl große Informationsprobleme als auch die potentiellen Friktionen in der Organisation von Transportnetzwerken entgegen. Ggf. sollten aber Listen von als besonders kritisch erachteten Gütern vorbereitet werden, die im Störungsfall in jedem Fall prioritär zu allokalieren wären. Ansonsten sollten bei der Allokation eher einfach umzusetzende Verfahren eingesetzt werden, wie bspw. eine Taktausdünnung bei getakteten Personenverkehren, Vorgaben zum Besetzungsgrad im Individualverkehr oder eine temporäre Sperrung einzelner Strecken für den Personenverkehr. Mit dem VerKLG steht bereits ein Instrument zur Verfügung, mit dem einige dieser Maßnahmen voraussichtlich gut umsetzbar wären. Sofern möglich sollten vorgesehene Maßnahmen durch regelmäßige praktische Übungen – ähnlich der in Deutschland stattfindenden „Länderübergreifenden Krisenmanagementübungen“ (LÜKEX) – trainiert werden, um Verfahren einzuüben und Optimierungsmöglichkeiten zu identifizieren.

³⁵ Das VerKLG sieht mit den „besonderen Leistungspflichten der Eisenbahnen des Bundes“ genau dies vor.

³⁶ Ein auf „Marktpreisen“ beruhendes Allokationsverfahren leistet dies zwar, beinhaltet aber nur ganz bestimmte Informationen.

6.2 Implikationen für die Ebene Logistiknetzwerke

6.2.1 Zentrale Ergebnisse

Störungen auf der Logistikstruktur von Unternehmen sowie Störungen in der Infrastruktur können auf der Ebene der Warenketten (mikrologistische Ebene) zu Unterbrechungen in der Versorgung von Unternehmensprozessen und Verbrauchern führen. Aufgrund dieser Unterbrechungen können Unternehmen ihre Kunden nicht mehr beliefern und erleiden in der Folge Umsatzverluste und müssen ggf. Strafzahlungen leisten.

Die Auswirkungsanalysen zeigen, dass Störungen auf der europäischen Straßen**infrastruktur** zu vergleichsweise geringen Auswirkungen in einzelnen Logistiknetzwerken führen. Der Mehraufwand für die Aufrechterhaltung der Versorgung von industriellen oder privaten Empfängern wird begrenzt durch die Vielzahl an alternativen Verkehrswegen. Trotzdem gibt es Störungen in der Infrastruktur, die mit signifikante Mehrkosten und Verzögerungen im Transportdurchlauf verbunden sind. Hierbei handelt es sich um Störungen von Assets, für die es keine Alternativen in Form von Verkehrswegen oder Infrastrukturknoten gibt. Auch eine Störung, durch die ein Verkehrsträgerwechsel notwendig wird, kann erheblichen Mehraufwand verursachen, beispielsweise wenn Transportmengen per Luftfracht statt Seefracht transportiert werden müssen, um Zieltermine einzuhalten.

Im Fall einer Störung, die Elemente in der **Logistikstruktur** selbst betrifft, muss entweder auf existierende Alternativkapazitäten in der bestehenden Logistikstruktur zurückgegriffen oder am Markt eingekauft werden. Insbesondere wenn spezifische Assets ausfallen oder Strukturelemente, die für die Leistungsfähigkeit von besonderer Bedeutung sind, können die Auswirkungen für ein Unternehmen existenzbedrohend sein. Aber gerade in diesem Fall zeigen die Ergebnisse, dass die Auswirkungen durch die Wahl einer effektiven Risikomanagementstrategie behandelt werden können und die Effizienz der Strategien unterschiedlich ausfallen.

Im Folgenden werden die Ergebnisse und Implikationen der Analyse auf mikrologistischer Ebene beschrieben. Entsprechend werden die Ergebnisse aus der Perspektive von Betreibern von Logistiknetzwerken eingeordnet und zusätzlich die Funktion der Logistik- und Transportunternehmen im Risikomanagement beleuchtet.

6.2.2 Implikationen für Betreiber von Logistiknetzwerken

Unternehmen besitzen in den von Ihnen betriebenen Logistiknetzwerken eine inhärente Flexibilität und nutzen im Falle einer Störung alternative Kapazitäten bzw. passen logistische Prozesse dahingehend an, dass Materialflussunterbrechungen eingeschränkt oder sogar vermieden werden. Wenn die Standardprozesse zu diesem Zweck nicht mehr ausreichend sind, werden auch Standardprozesse durch individuelle Notfalllösungen mit erhöhtem Steueraufwand ersetzt. Das gilt für Logistiknetzwerke, die von Logistikdienstleistern betrieben werden, wie auch für Netzwerke, die von Verladern selbst betrieben werden.

Im Fall einer Störung von Verkehrswegen oder Verkehrsknoten stehen im mitteleuropäischen, insb. im deutschen Raum, diverse alternative Verkehrswege zur Verfügung. Im Fallbeispiel „Handelsnetzwerk“ sind die Auswirkungen einer Störung in der Verkehrsinfrastruktur, d.h. die Verzögerung von

Transportprozessen und der Transportmehraufwand, nicht schwerwiegend, da Transportmittel im Straßenverkehr entsprechend viele Ausweichrouten zwischen Beladestelle und Endladestelle nutzen können. Kritisch werden Störungen in der Infrastruktur für Netzbetreiber erst, wenn alternative Verkehrswege nicht bestehen oder gleichzeitig nicht nutzbar sind. Für Betreiber von Logistiknetzwerken auf mikrologistischer Ebene lassen sich folgende Schlüsse ziehen:

- Sofern Logistiknetzwerke auf einem engmaschigen Netzwerk aus Verkehrswegen, wie das deutsche Fernstraßennetz, betrieben werden, geben die Ergebnisse der Fallstudien aus einzelwirtschaftlicher Perspektive keinen Hinweis auf einen Bedarf, Risikomanagementmaßnahmen zur Behandlung von Katastrophenrisiken über die bereits etablierten Risikomanagementmaßnahmen hinaus durchzuführen.
- Zu vermeiden sind Abhängigkeiten von spezifischen Kapazitäten auf der Infrastruktur wie hochspezialisierter Umschlagstechnologien und alternativlose Verkehrswege.

Dagegen zeigen die Fallstudien in Abschnitt 4, dass die negativen Auswirkungen einer Störung von kritischen Logistikfunktionen, wie des Ausfalls eines Zentrallagers, für das Logistiknetzwerk erheblich sein können. In den Fallstudien werden die Auswirkungen nicht aufgefangen, wenn das Unternehmen nicht auf ausreichende Alternativkapazitäten zugreifen kann, um die ausgefallenen Funktionen zu ersetzen. Neben der Verfügbarkeit an Alternativen sind Mehraufwand und Mehrkosten der Alternativen in einem Logistiknetzwerk zu berücksichtigen. Als Implikationen für Betreiber eines Logistiknetzwerkes ist festzuhalten:

- Transparenz über Alternativen in einem Netzwerk (bspw. über Ausweichkapazitäten und alternative Transportrelationen) ist die Grundlage für die Identifikation von Handlungsmöglichkeiten. Diese Transparenz ist nicht in allen Fällen gegeben bzw. nicht allen beteiligten Mitarbeitern bekannt.
- Zielgerichtete, statische Berechnungen (wie in den Fallstudien „Automotive Supply Chain“, der „Modellierung der containerisierten Seehafenverkehre“ sowie der Verwendung der „graphentheoretischen Metrik zur Bewertung von Störungen in Netzen“ angewendet) dienen der Identifikation von Schwachstellen und kritischen Pfaden im Logistiknetzwerk.
- Sind die Handlungsoptionen nicht ausreichend, um den erwarteten Schaden auf akzeptierbares Maß zu reduzieren, so müssen präventive Maßnahmen ergriffen werden, um Alternativen zu schaffen.

Die Maßnahmen, die ein Unternehmen im Falle einer Störung ergreifen kann, werden zum Teil bereits im Vorfeld, in der strategischen und taktischen Planung eingeschränkt. In den Fallstudien zeigt sich, dass sich die Effektivität und das Kosten-Nutzen-Verhältnis von alternativen Risikomanagementmaßnahmen erheblich unterscheiden können. Es gilt demnach nicht nur Transparenz über Handlungsoptionen zu schaffen und eine ausreichende Anzahl von Handlungsoptionen sicherzustellen, sondern es ist durch Bewertung und Wahl einer Strategie möglich, Effektivität und Effizienz der Reaktionen auf Störungen zu erhöhen. Im Projekt RM-LOG wurden wesentliche Grundlagen für eine effektive, praxisnahe Bewertung von Risikomanagementmaßnahmen gelegt. Folgende Erkenntnisse zur Gestaltung von

Risikomanagementmaßnahmen in Logistiknetzwerken, die aus den Fallstudien sowie aus der Auswertung der Experteninterviews abgeleitet wurden, seien hervorgehoben:

- Bestände können i.d.R. nur Störungen von kurzer Dauer (entsprechend der Bestandsreichweite) abfangen. Für große, lang andauernde Störungen ist die Nutzung von Alternativen unumgänglich, um Materialflüsse aufrechtzuhalten.
- Die Unsicherheit über die Dauer von Störungen erschwert den Logistiknetzwerkbetreibern die eindeutige Wahl einer reaktiven Risikomanagementstrategie.
- Obwohl eine proaktive Planung grundlegender Risikomanagementmaßnahmen Wirksamkeit und Effizienz der Maßnahme erhöht, ist die Flexibilität zur Reaktion und Eskalation zu erhalten. Eine umfassende Standardisierung von Notfallprozessen ist weder sinnvoll noch möglich, da Störungen in der Praxis sehr vielfältig sind.
- Resilienz und Robustheit in Bezug auf Störungen in der Logistikkette können in der Planung von Netzwerkstrukturen und Notfallreaktionen erhöht und bewertet werden. Als Stellhebel für Logistiknetzwerkbetreiber dienen u.a.
 - der Umfang alternativen Kapazitäten,
 - der Ort und die Zuordnung alternativer Kapazitäten,
 - die zeitliche Verfügbarkeit von alternativen Kapazitäten.
- In der Fallstudie „LDL Distributionsnetzwerk“ steigen Robustheit und Resilienz mit der bereitgestellten Alternativkapazität. Die Störung wird in den untersuchten Szenarien nicht vollständig eliminiert.
- Das Schaffen von alternativen Kapazitäten ist als Risikomanagementmaßnahme nur dann sinnvoll, wenn Robustheit und/oder Resilienz im Störfall erhöht oder der Mehraufwand für die reaktiven Maßnahmen verringert werden. Handlungsoptionen und Redundanzen erhöhen diese nicht per-se, sondern sind gezielt zu schaffen.

Der vorletzte Punkt der Aufzählung zeigt, dass das Risikomanagement in Logistiknetzwerken skalierbar ist. Das Vorhalten und Nutzen von Alternativkapazitäten ist aber i.d.R. mit Mehraufwand und daraus resultierenden Mehrkosten vor und während der Störung verbunden.

6.2.3 Implikationen für Logistikdienstleister als Betreiber von Logistiknetzwerken

Logistiknetzwerke oder einzelne Prozesse innerhalb der Netzwerke können statt von dem Verlager selbst von Logistikdienstleistern betrieben werden. Dienstleister erzeugen ein Angebot an Logistikleistungen, die von Verlegern nachgefragt werden. Grundsätzlich gelten in Abschnitt 6.2.2 beschriebenen Implikationen für Anbieter und Nachfrager von Logistikleistungen. Beide sind gleichermaßen bei großen Störungen von Alternativen in der Infrastruktur und Alternativkapazitäten im Logistiknetzwerk abhängig. Für das Risikomanagement der Logistikdienstleister sind aber Besonderheiten zu berücksichtigen:

- Logistikdienstleister übernehmen in der Regel einen Teil des Geschäftsrisikos von dem Verlager. Die Prozesse und Kapazitäten, die vorhanden sind, um alltägliche Störungen und

Mengenschwankungen zu steuern, können auch im Fall einer großen Störung auswirkungsmindernd wirken.

- Durch die Möglichkeit, Kapazitäten kundenübergreifend zu nutzen, und durch besseren Zugang zu Alternativkapazitäten im Transport über ein Netzwerk aus Unterauftragnehmern haben Logistikdienstleister tendenziell größere Freiheitsgrade bei der Wahl reaktiver Risikomanagementmaßnahmen in ihren Logistiknetzwerken.
- Die Größe des Dienstleisters kann sich positiv auf die Verfügbarkeit und Kosteneffizienz von Alternativkapazitäten im Störfall auswirken.
- Insbesondere im Kontraktlogistikgeschäft, in dem in der Regel die Kunden des Logistikdienstleisters die Anforderungen an das Risikomanagement festlegen, hat der Dienstleister die Möglichkeit, ggf. gegen Bezahlung, Risikomanagementprozesse und Alternativkapazitäten zur Sicherung der spezifischen Logistikfunktionen zu schaffen.
- Der Logistikdienstleister hat in der Regel keinen Einfluss auf Produktionsprozesse und Absatz, sodass er die Nachfrage nach Logistikleistungen in einem Netzwerk nicht steuern kann.

Gerade große Spediteure nehmen im Fall von Störungen in Infrastruktur- und Logistiknetzwerken eine wesentliche Rolle ein. Durch Möglichkeiten für ihre Kunden kurzfristig zusätzliche Kapazitäten am Markt zu beschaffen und diese zu koordinieren wird die Flexibilität Kapazitäten in den Logistiknetzwerken temporär zu erhöhen geschaffen. Voraussetzung für ein effektives Risikomanagement durch den Logistikdienstleister sind aber weiterhin intakte Verkehrswege.

6.2.4 Implikationen für Logistikdienstleister als Marktakteure

Den Transport- und Logistikunternehmen kommt sowohl bei der Vorsorge als auch bei der Bereinigung von katastrophenbedingten Störungen in Warenketten eine Mittlerfunktion zu. Hieraus ergibt sich für die Logistikdienstleister die Möglichkeit weitreichende Kenntnisse, nicht nur über den eigenen Aufgabenbereich, sondern auch über angrenzende Bereiche der Vertragsbeziehungen zwischen Versender und Empfänger sowie die Vorgänge auf den genutzten Infrastrukturen zu erlangen. Spezielle Kenntnisse über die Vorgänge auf Infrastruktureinrichtungen sind vor allem bei makrologistischen Knoten, wie Häfen, Flughäfen und Umschlagbahnhöfen erforderlich.

Zwischen den Unternehmen der Transport- und Logistikbranche gibt es bezüglich ihrer Tätigkeit Unterschiede, die sich auf die Kompetenzen und Kenntnisse auswirken. So hat ein Spediteur im engeren Sinn, der nur für die Organisation der Transportvorgänge zuständig ist und sich Transportkapazität einkauft, weitergehende Kenntnisse über Angebot und Nachfrage am Transportmarkt. Die von ihm beauftragten Transportunternehmen haben diese Kenntnisse möglicherweise nicht im gleichen Umfang. Im Gegenzug sind sie mit den Gegebenheiten an den Ladestellen bzw. den Infrastruktureinrichtungen wie Häfen oder Umschlagbahnhöfen vertrauter.

Wer von den an der Warenkette beteiligten welche Informationen, Aufgaben und Kompetenzen hat, bildet sich im Laufe der Geschäftsbeziehung heraus. Dies gilt besonders in den Fällen, in denen ein Speditions- oder Logistikunternehmen Aufgaben übernimmt, die über die Organisation und/oder Durchführung des Transports hinausgehen, wie beispielsweise Lagerung oder Kommissionierung. In

solchen Warenketten sollte bei der Planung des Vorgehens bei etwaigen extremen Ereignissen derjenige zuständig sein, der auch im Normalfall die jeweilige Aufgabe übernimmt und deshalb Kompetenzen erworben hat. Die Erfassung und Strukturierung von Abläufen, wie die beispielsweise im Rahmen kontinuierlicher Verbesserungsprozesse erfolgt, kann hier unterstützend im Hinblick auf eine tiefere Prozesskenntnis hin wirken.

Insbesondere große Spediteure haben bei der Organisation robuster Warenketten einen Wettbewerbsvorteil. Dieser resultiert auch aus ihrer Marktmacht und der umfassenderen Marktkennntnis, speziell im Angebotsbereich von Transportleistungen. Im Hinblick auf große Katastrophenereignisse sind vor allem solche Speditionen als robust anzusehen, die ohnehin relativ große Marktmacht haben. Sie können ihre Ansprüche schnell gegenüber den Transportunternehmen durchsetzen. Im Vorhinein eingegangene Selbstbindungen sind nur dann sinnvoll, falls diese auch eingehalten werden können. Kleine Speditionen, deren Marktmacht dies nicht erlaubt gehen im Falle der massenhaften Nichterfüllung solche Selbstbindungen schlimmstenfalls in Insolvenz.

6.2.5 Implikationen für öffentliche Einrichtungen

Störungen in Logistik- und Infrastrukturnetzwerken sind vielfältig und das Risikomanagement in mikrologistischen Netzwerken und Warenketten bedarf einer individuellen, fallabhängigen Gestaltung. Um das Risikomanagement effektiv zu gestalten, müssen Netzwerkbetreiber in die Lage versetzt werden, informierte und fundierte Risikomanagemententscheidungen zu treffen. Dazu benötigen Netzwerkbetreiber zum einen die methodischen Grundlagen, um Situationen und Risikomanagementmaßnahmen proaktiv oder im Falle einer Störung reaktiv zu bewerten. Zum anderen benötigen die Netzwerkbetreiber im Fall einer Störung aktuelle und verlässliche Informationen zu den Störungen.

Öffentliche Einrichtungen sowie unternehmensübergreifende Organisationen können die Wahl fundierter Risikomanagemententscheidungen durch die Förderung von Wissensaustausch und Diffusion von Risikomanagement-Know-How unterstützen. Kenntnis über Best-Practice-Lösungen im Risikomanagement, Methoden und Werkzeugen sowie zum Einsatz transparenzschaffender Informationssystemen können Netzwerkbetreiber unterstützen, selbstständig effektiv auf Störungen zu reagieren bzw. die Auswirkungen von Störungen reaktiv und proaktiv zu minimieren.

In Bezug auf die Konstellation auf dem Transport- und Logistikmarkt wurde festgestellt, dass große Logistikunternehmen gegenüber den kleinen Marktteilnehmern bei der Gestaltung robuster Netzwerke im Vorteil sind. Daraus lässt sich schließen, dass es aus Sicht des Risikomanagements sinnvoll ist, in den unterschiedlichen Segmenten des Transportmarktes auf ausreichend große Anbieter bzw. starke Unternehmensverbünde hinzuwirken. Gleichzeitig sollten aber monopolistische Tendenzen vermieden werden, damit der Ausfall oder im Fall einer Katastrophe der Einfluss einzelner Marktakteure nicht zu schwer wiegt. Eine passende Marktform könnte in diesem Zusammenhang die monopolistische Konkurrenz darstellen, die dem einzelnen Anbieter in seinem Marktsegment eine gewisse Marktmacht einräumt, gleichzeitig aber ein an den Präferenzen der Nachfrager orientiertes Ausmaß an Wahlfreiheit zwischen verschiedenen Anbietern ermöglicht.

7 Zusammenfassung der zentralen Projektergebnisse

Ziel des Vorhabens war es, Antworten auf die in Kapitel 1.3 dargestellten Untersuchungsfragen zu ermitteln. Basierend auf den in den Kapiteln 4 und 5 dargestellten Ergebnissen der einzelnen Analysen des Vorhabens können folgende, prägnante Antworten auf die Untersuchungsfragen gegeben werden:

Mit welchen Auswirkungen auf Warenketten gehen Störungen zentraler Verkehrs- und Logistik-Infrastrukturen einher? Wie sind diese aus betriebs- und volkswirtschaftlicher Sicht zu bewerten?

Die quantitativen und qualitativen Analysen haben gezeigt, dass bei Störungen von Transportinfrastrukturen und Lagern aufgrund des bereits vorhandenen Risikomanagements in vielen Fällen nur vergleichsweise geringe volkswirtschaftliche Schäden in Warenketten und Transport entstehen. Gleichwohl ergeben sich teilweise existenzielle Folgen auf einzelwirtschaftlicher Ebene.

Inwiefern sind Akteure im Bereich von Warenketten und Transport darauf eingerichtet, großen Störungen im Sinne eines Risikomanagements (Status Quo, alternativ) zu begegnen?

Empirische Untersuchungen haben ergeben, dass derzeit sehr wenige Vorkehrungen existieren, die explizit große Störungen adressieren.

Ein spezifisches Risikomanagement ist für eine Vielzahl der Fälle aber auch nicht erforderlich, da die für den Normalfall implementierten Risikomanagementstrategien in vielen Sektoren als hinreichend wirksam eingeschätzt werden.

Welche Informations- und Anreizdefizite bestehen bei verschiedenen Akteuren in den Transportsektoren im Hinblick auf ein auf große Störungen ausgerichtetes Risikomanagement? Wie könnte durch staatliche Einflussnahme auf diese Defizite eingewirkt werden?

Im Bereich der Infrastruktur bestehen (v.a. im Schienensektor) bedenkliche Anreizdefizite, die sich aus vergleichsweise kurzfristigen und gewinnorientierten Zielsystemen ergeben. Eine staatliche Einflussnahme sollte erwogen werden, wenn ein ausreichendes Risikomanagement anderweitig nicht sichergestellt werden kann. Die bisherigen Möglichkeiten sind dazu ausreichend.

Stärker durch eine öffentliche Bereitstellung gekennzeichnete Sektoren gehen hingegen – jedoch nicht absichtlich – mit weniger Defiziten hinsichtlich der Risikovorsorge einher. Dies ist auf eine starke Vernetzung (im Straßensektor) bzw. auf eine stark dezentrale Bereitstellung (bei Flug- und Seehäfen) zurückzuführen. Eine staatliche Einflussnahme ist vor diesem Hintergrund nicht notwendig, solange die derzeitige Organisation aufrecht erhalten bleibt.

Querschnittsfrage: Welche methodischen Werkzeuge werden benötigt, um ein ausreichendes Verständnis für die hinter den Auswirkungen von Störungen stehenden Mechanismen zu gewinnen?

Die Nutzung eines allgemein anwendbaren, monolithischen Methodik-Tools ist nicht zweckmäßig. Vielmehr sollten die (u.a. im Rahmen des Vorhabens entwickelten) methodischen Werkzeuge in Abhängigkeit des konkret betrachteten Falls und der betrachteten Fragestellung jeweils individuell angepasst werden. Häufig wird die kombinierte Nutzung verschiedener quantitativer und qualitativer Tools zweckmäßig sein.

Literaturverzeichnis

- Beckers, T. / Gizzi, F. / Jäkel, K. (2012):** Ein Untersuchungsansatz für Systemgüter – Einordnung, Darstellung, Vorgehen bei der Anwendung, WIP-Working Paper No. 2012-01.
- BMVBS – Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (2010):** Flughafenkonzept der Bundesregierung 2009.
- Bundesamt für Güterverkehr (Hg.) (2007):** Marktbeobachtung Güterverkehr - Sonderbericht zur Entwicklung des Seehafen-Hinterlandverkehrs; Köln, abgerufen im Internet unter www.bag.bund.de (zuletzt geprüft am 20.11.2013).
- Bundesnetzagentur (2012):** Marktuntersuchung Eisenbahnen 2012; abgerufen im Internet unter www.bundesnetzagentur.de (zuletzt geprüft am 08.11.2013).
- Bundesrechnungshof (2007):** Bericht an den Haushaltsausschuss des Deutschen Bundestages nach § 88 Abs. 2 BHO über die Instandhaltung der Bundesschienenwege.
- European Sea Ports Organisation (Hg.) (2010):** Annual Report 2009-2010; Brüssel, abgerufen im Internet unter www.espo.be (zuletzt geprüft am 20.11.2013).
- Europäische Kommission (2011):** Vorschlag für eine europäische Verordnung über gemeinsame Regeln für die Zuweisung von Zeitnischen auf Flughäfen in der Europäischen Union, KOM(2011) 827; abgerufen im Internet unter eur-lex.europa.eu (zuletzt geprüft am 08.11.2013).
- Europäische Kommission (2013):** Die europäischen Seehäfen 2030: Anstehende Herausforderungen, MEMO/13/448; abgerufen im Internet unter http://europa.eu/rapid/press-release_MEMO-13-448_de.htm (zuletzt geprüft am 08.11.2013).
- Institut für Seeverkehrswirtschaft und Logistik (Hg.) (2010):** Die weitere Reduzierung des Schwefelgehalts in Schiffsbrennstoffen auf 0,1% in Nord- und Ostsee im Jahr 2015: Folgen für die Schifffahrt in diesem Fahrtgebiet; Bremen, abgerufen im Internet unter www.reederverband.de (zuletzt geprüft am 20.11.2013).
- Klatt, J. P. (2011):** Eine institutionenökonomische Analyse von Finanzierungslösungen für die Bundesfernstraßen; Baden-Baden: Nomos.
- Mitusch, K. / Brenck, A. / Peter, B. / Czerny, A. / Beckers, T. (2011):** Ökonomische Grundsatzfragen zur Ausgestaltung einer Anreizregulierung der Eisenbahninfrastruktur, Gutachten im Auftrag der Bundesnetzagentur; abgerufen im Internet unter www.bundesnetzagentur.de (zuletzt geprüft am 08.11.2013).
- Platz, U. (2005):** Vulnerabilität von Logistikstrukturen im Lebensmittelhandel. Eine Studie zu den Logistikstrukturen des Lebensmittelhandels, möglichen Gefahrenquellen und den Auswirkungen verschiedener Gefahren bei einem Ereigniseintritt; Schriftenreihe des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz. Reihe A: Angewandte Wissenschaft, Heft 512. Landwirtschaftsverlag: Münster-Hiltrup.

Qiang, Q. (2009): Network efficiency/performance measurement with vulnerability and robustness analysis with application to critical infrastructure; Dissertation, Graduate School of the University of Massachusetts.

Scholz, A. B. / Zhang, L. / Gizzi, F. / Jäkel, K. (2012): Risk management in the European air freight system – An institutional economic approach; Aviation Transport Research Society World Conference, July 2012, Tainan (Taiwan).

Statistisches Bundesamt (Hg.) (2010a): Verkehr - Eisenbahnverkehr - Fachserie 8 Reihe 2; Wiesbaden, abgerufen im Internet unter www.destatis.de (zuletzt geprüft am 20.11.2013).

Statistisches Bundesamt (Hg.) (2010b): Verkehr - Güterverkehrsstatistik der Binnenschifffahrt - Fachserie 8 Reihe 4; Wiesbaden, abgerufen im Internet unter www.destatis.de (zuletzt geprüft am 20.11.2013).

Statistisches Bundesamt (2013): Verkehr, Luftverkehr auf allen Flugplätzen, Fachserie 8 Reihe 6.2; abgerufen im Internet unter www.destatis.de (zuletzt geprüft am 10.11.2013).

Zhang, L., Schröder S., Brock, M. und Hayden, C. (2012): Assessment of the interaction between congestion and carriers' route decisions: a case study; International Symposium on Transportation Network Reliability, December 2012, Hong Kong (VR China).

Weitere Veröffentlichungen im Rahmen des Vorhabens RM-LOG:

Bötel, M. / Groß, W. / Brock, M. (2012): A scenario-oriented framework for enhanced identification, modeling and assessment of supply network disruption risks," in Managing the Future Supply Chain. Current concepts and solutions for reliability and robustness. 1st ed. W. Kersten, Ed. Lohmar: Eul, 2012, pp. 3-22.

Bötel, M. / Gelau, T. / Groß, W. (2013): Continuity Planning in Supply Chain Networks: Degrees of Freedom and Application in the Risk Management Process, Int. Conf. on Supply Chain and Logistics Engineering, Madrid, 2013.

Brock, M. / Zhang L. / Hayden, C. / Matteis T. / Gross, W. (2012): A Comparison of Regular and Disrupted Operations for Route Planning in Freight Transportation, Proc. Int. Disaster and Risk Conference, Davos, 2012, pp. 94-98.

Liedtke, G. / Friedrich, H. (2012): Generation of logistics networks in freight transportation models. In: Transportation, p.1-17, Springer 2012.

Liedtke, G. / Friedrich H. / Babani J. (2011): Identifikation von Tourtypen in Fahrzeugtagebüchern, In: Wirtschaftsverkehr 2011, Modelle – Strukturen – Umsetzung, Dortmund, Verlag Praxiswissen, ISBN-13: 978-3-86975-041-5. Zhang, L. / Matteis, T. (2011), Congestion Costs and Infrastructure Development: A Simulation Case Study, Infraday, Berlin.

Scholz, A. B. / Mandel, B. / Schaffer, A. (2011): Implications of short-term Cargo Collapses on European Airports, Der öffentliche Sektor - the public sector, 37, 3/4, pp 39-51.

Schröder, S. / Zilske, M. / Liedtke, G. / Nagel, K. (2011): Der Transport-Service-Provider in einem Multiagentenmodell, In: Wirtschaftsverkehr 2011, Modelle – Strukturen – Umsetzung, Dortmund, Verlag Praxiswissen, ISBN-13: 978-3-86975-041-5.

Projektdaten und Kontakt

Verbundvorhaben	Risikomanagementstrategien in Logistik- und Infrastrukturnetzen aus unternehmerischer und gesamtwirtschaftlicher Sicht (RM-LOG)
Mittelgeber	Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) (www.bmbf.de), Programm „Forschung für die zivile Sicherheit“, Bekanntmachung: „Sicherung der Warenketten“
Projektträger	VDI Technologiezentrum GmbH (www.vditz.de)
Laufzeit	September 2010 bis August 2013
Projektpartner	<u>TU Berlin, Fachgebiet Wirtschafts- und Infrastrukturpolitik (WIP)</u>

Ansprechpartner: Prof. Dr. Thorsten Beckers (tb@wip.tu-berlin.de, Tel. 030-314 23243, 0163-8479465), Florian Gizzi (fg@wip.tu-berlin.de, Tel. 030-314 25876); www.wip.tu-berlin.de

Das Fachgebiet Wirtschafts- und Infrastrukturpolitik (WIP) der TU Berlin beschäftigt sich in Forschung und Lehre mit der ökonomischen Analyse der Organisation, Regulierung, Finanzierung und Planung von Infrastrukturen, mit dem Wettbewerbsverhalten von Unternehmen, die Infrastrukturen nutzen, sowie mit der effizienten Integration von Umweltschutzgesichtspunkten in die Infrastrukturpolitik. Im Vordergrund stehen die Infrastruktursektoren Verkehr, Energie, Telekommunikation und Wasser sowie die Abfall- und Entsorgungswirtschaft. In den Analysen wird insbesondere auf die Erkenntnisse und Methoden der Institutionen- und Industrieökonomik sowie der Wohlfahrts- und Umweltökonomik zurückgegriffen. Die Berücksichtigung der sich wandelnden technischen und rechtlichen Rahmenbedingungen ist unverzichtbarer Bestandteil wirtschaftspolitischer Forschung. Die Forschungstätigkeit des WIP ist daher durch häufige interdisziplinäre Kooperationen mit ingenieurwissenschaftlichen Experten und mit Rechtswissenschaftlern gekennzeichnet. Prof. Dr. Thorsten Beckers leitet am Fachgebiet Wirtschafts- und Infrastrukturpolitik (WIP) die Arbeitsgruppe Infrastrukturökonomie und -management, deren Forschungsschwerpunkt auf verkehrsökonomischen Themen liegt.

Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Institut für Wirtschaftspolitik und Wirtschaftsforschung (IWW), Fachbereich Netzwerkökonomie

Ansprechpartner: Dr. Gernot Liedtke (gernot.liedtke@kit.edu, Tel. 0721 608-4415); <http://netze.iww.kit.edu>

Das Institut für Wirtschaftsforschung und Wirtschaftspolitik ist Teil der Wirtschaftswissenschaftlichen Fakultät des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT). Das Institut ist in mehrere Sektionen gegliedert. Forschungsschwerpunkte des von Herrn Prof. Dr. Werner Rothengatter gegründeten Fachbereichs „Verkehr und Kommunikation“ sind volkswirtschaftliche Fragestellungen im Zusammenhang mit Verkehr. Hauptauftraggeber für die Verkehrsforschung des Instituts ist die Europäische Kommission sowie Ministerien des Bundes und der Länder. Die Forschungsvorhaben betreffen integrierte Langfristprognosen des Verkehrs, die Bewertung von Verkehrsvorhaben auf der System- und der Projektebene, die Kostenrechnung und Bepreisung von Verkehrsinfrastrukturen, Untersuchungen zur verkehrsträgerübergreifenden Planung (inkl. Katastrophenforschung) und Bewertungen zu den durch den Verkehr verursachten externen Effekte. Die Forschungsarbeiten der letzten Jahre konzentrierten sich weiterhin auf den Bereiche der Netzwerk- und systemdynamisch basierten Langfristsimulation europäischer Verkehrspolitiken. Hierzu zählen die Simulation von Güterverkehr und Logistik aus einer

volkswirtschaftlichen Perspektive, sowie die Bewertung von Mega-Infrastrukturprojekten. Die neue Sektion „Netzwerkökonomie“ von Prof. Kay Mitusch beschäftigt sich seit Sommersemester 2009 schwerpunktmäßig mit den Fragen der Regulierung aller Netzwerkindustrien und übernimmt die fachliche Supervision des Fachbereichs „Verkehr und Kommunikation“. Die im RM-LOG Projekt involvierte Arbeitsgruppe für Güterverkehr, Transportlogistik und Wirtschaftssimulation steht unter der Leitung von Dr. Gernot Liedtke. Gernot Liedtke promovierte am IWW mit Auszeichnung über Agentenbasierte Güterverkehrsmodellierung. Schwerpunkt der Arbeitsgruppe ist die mikroskopische Modellierung des Güterverkehrs aus einer volkswirtschaftlichen Perspektive unter besonderer Berücksichtigung von Skaleneffekten. Dabei werden verteilte Entscheidungen abgebildet und Algorithmen der Netzwerkplanung benutzt. Da in der Arbeitsgruppe firmenübergreifende meso-logistische und makrologistische Systeme studiert werden, kann dieses Forschungsgebiet auch als „volkswirtschaftlichen Logistik“ charakterisiert werden. Bei der volkswirtschaftlichen Logistik wird von der unternehmerischen Ebene abstrahiert und es werden unternehmensübergreifende Netzwerke modelliert, analysiert und optimiert. Konkrete Fragestellungen beschäftigen sich dabei mit dem Einfluss der Verkehrspolitik auf Transport- und Logistikprozesse sowie den Auswirkungen von unternehmerischen Entscheidungen auf das Güterverkehrsaufkommen. Die logistische Modellierung am IWW ist durch eine konsequente mikroökonomische Vorgehensweise gekennzeichnet. Gegenwärtig besteht die Arbeitsgruppe aus fünf wissenschaftlichen Mitarbeitern.

4flow AG

**Ansprechpartner: Wendelin Groß, (w.gross@4flow.de), Tel. 030 39740-232;
www.4flow.de**

Die 4flow AG bietet Beratung, Software und Netzwerkmanagement im Bereich von Logistik und Supply Chain Management an. Standorte sind der Hauptsitz in Berlin sowie Niederlassungen in München und Antwerpen. Kunden und Projekte sind international. Durch die intensive Forschungsarbeit und den hohen Qualitätsanspruch sowohl in der Softwareentwicklung als auch der Beratung konnte die 4flow AG ihr Geschäft beständig ausbauen und hat so in den zehn Jahren seit ihrer Gründung über 200 Arbeitsplätze geschaffen. Die 4flow AG verfügt durch langjährige Beratertätigkeit in zahlreichen Branchen, Kooperationen mit Universitäten und Fachhochschulen sowie Beteiligung an Forschungsprojekten über hohe Kompetenz in Supply-Chain-Management und Logistik. Die von der 4flow AG entwickelte Standardsoftware zur Logistikplanung 4flow vista ermöglicht die Modellierung, Analyse und Optimierung von Wertschöpfungsnetzwerken vom Endkunden bis zum Rohstofflieferanten. Ein leistungsstarker Entwicklungsbereich mit Spezialisten in den Bereichen Operations Research, effiziente Algorithmen und verteilte Systeme treibt die Weiterentwicklung der Software voran. In der Forschungsabteilung 4flow research werden innovative Lösungen entwickelt, marktrelevante Studien erstellt und Veröffentlichungen für Wissenschaft und Praxis erarbeitet. Kern der wissenschaftlichen Arbeit bei 4flow research sind anerkannte nationale und internationale Verbundforschungsprojekte, die in Zusammenarbeit mit namhaften Forschungsinstituten und führenden Unternehmen wissenschaftlich fundiert, ergebnisorientiert und praxisnah durchgeführt werden. Die Schwerpunkte der Forschungsarbeit liegen in der Weiterentwicklung von Prozessen und Werkzeugen zur Netzwerk- und Transportplanung auf Straße und Schiene in verschiedenen Branchen sowie in der Strategieentwicklung. Die Arbeitsschwerpunkte der 4flow AG im Forschungsprojekt RM-Log sind die Formulierung von Szenarien zu logistischen Katastrophen, die modellgestützte Analyse von Katastrophenauswirkungen und die Entwicklung neuer und angepasster Risikomanagementstrategien für Unternehmen. Hierbei kommen sowohl qualitative als auch quantitative Methoden zum Einsatz.

Kühne & Nagel AG & Co. KG

Ansprechpartner: Jochen Rothert (Jochen.Rothert@Kuehne-Nagel.com),
Markus Orzinski (Markus.Orzinski@Kuehne-Nagel.com); www.kuehne-nagel.com

Mit rund 63.000 Mitarbeitern an 1000 Standorten in über 100 Ländern zählt Kühne + Nagel zu den global führenden Logistikdienstleistern. Zusammen mit qualifizierten Partnerunternehmen knüpft KN moderne weltumspannende Logistikketten mit allen Verkehrsträgern. Schwerpunkte liegen in den Bereichen See- und Luftfracht, Kontraktlogistik und Landverkehre mit klarer Ausrichtung auf wertschöpfungsintensive Bereiche wie informatikgestützte integrierte Logistik:

- In der Seefracht ist KN weltweit der führende Spediteur. Neben Containerverkehren werden auch spezielle Teilmärkte (z.B. Perishable Transporte, Forstprodukte, Hilfsgüterlogistik, Automotive, Oil&Gas Industrie) bedient.
- KN ist Nummer zwei der weltweit größten Luftfrachtspediteure. Neben zeitdefinierten Transportleistungen werden auch industriespezifische Lösungen (Aerospace Logistics, Marine Logistics, Pharma Logistics) erfolgreich angeboten.
- Im Bereich der Landverkehre ist gehört KN mit rd.6.000 Mitarbeitern in 45 Ländern zu den sechs größten europäischen Landverkehrsspediteuren. Neben dem Euro-Straßenverkehrsnetzwerk verbindet KN mit 30 spezialisierten Büros in 18 Ländern Europa durch ein Bahnverkehrsnetzwerk.
- In rund 500 Standorten in 65 Ländern bewirtschaftet KN über 7 Mio. Quadratmeter Lagerfläche für den Geschäftsbereich Logistik. Als Schwerpunkte für kunden- und industriespezifische Logistik sind die Automobilbranche, Luftfahrtindustrie, Computerindustrie und hochwertige Markenartikel und Konsumgüter zu nennen. Zu diesem Geschäftsbereich gehört auch die Tätigkeit als Lead Logistics Provider, d.h. die reine Prozesssteuerung globaler Lieferketten ohne Einsatz eigener Kapazitäten oder Netzwerke.
- Im Jahr 2012 erwirtschaftete die KN Organisation einen Umsatz von rund 20 Mrd. CHF.

Das Sicherheitsmanagement ist als zentrale Unternehmensaufgabe grundsätzlich im QSHE – Bereich (Quality, Safety and Security, Health and Environment) zusammengefasst. QSHE ist in allen zentralen, regionalen und nationalen Organisationen fest verankert. Für besondere Kundenanforderungen ist die Sicherheit im Key Account Management angesiedelt, um die hohen Anforderungen einerseits und die speditionelle Umsetzung andererseits möglichst wirksam miteinander zu verzahnen.

Unterauftragnehmer Hamburg Port Consulting GmbH (HPC)

Prof. Dr. Christian Butz

Prof. Dr. Dr. Giacomo Corneo

Prof. Dr. Georg Hermes

Assoziierte Partner Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS)

Hamburger Hafen und Logistik AG (HHLA)

Hamburg Port Authority AöR (HPA)