

REPORT

ANPASSUNG DER DEUTSCHEN OSTSEEHÄFEN AN DIE FOLGEN DES KLIMAWANDELS

André Schröder, Jesko Hirschfeld

RADOST-Berichtsreihe
Bericht Nr. 32
ISSN: 2192-3140

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Kooperationspartner

	<p>Büro für Umwelt und Küste, Kiel BfUK</p>		<p>Leibniz-Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei, Berlin IGB</p>
	<p>Geographisches Institut der Christian Albrechts-Universität zu Kiel CAU</p>		<p>Leibniz-Institut für Ostseeforschung Warnemünde IOW</p>
	<p>Coastal Research & Management, Kiel CRM</p>		<p>Institut für ökologische Wirtschaftsforschung, Berlin IÖW</p>
	<p>Ecologic Institut, Berlin (Koordination) Ecologic</p>		<p>Landesbetrieb Küstenschutz, Nationalpark und Meeresschutz Schleswig-Holstein, Husum LKN</p>
	<p>EUCC – Die Küsten Union Deutschland, Warnemünde EUCC-D</p>		<p>Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume Schleswig-Holstein LLUR</p>
	<p>GICON – Großmann Ingenieur Consult GmbH – Niederlassung Rostock GICON</p>		<p>Staatliches Amt für Landwirtschaft und Umwelt Mittleres Mecklenburg StALU MM</p>
	<p>H.S.W. Ingenieurbüro Gesellschaft für Energie und Umwelt mbH, Rostock HSW</p>		<p>Johann Heinrich von Thünen-Institut, Bundesforschungsinstitut für Ländliche Räume, Wald und Fischerei, Braunschweig TI</p>
	<p>Helmholtz-Zentrum Geesthacht Zentrum für Material- und Küstenforschung HZG</p>		<p>Technische Universität Hamburg-Harburg, Institut für Wasserbau TUHH</p>
	<p>Institut für Angewandte Ökosystemforschung, Neu Broderstorf IfAÖ</p>		<p>Universität Rostock, Fachgebiet Küstenwasserbau URCE</p>

REPORT

ANPASSUNG DER DEUTSCHEN OSTSEEHÄFEN AN DIE FOLGEN DES KLIMAWANDELS

André Schröder

Institut für ökologische Wirtschaftsforschung GmbH (gemeinnützig)

Jesko Hirschfeld

Institut für ökologische Wirtschaftsforschung GmbH (gemeinnützig)

RADOST-Berichtsreihe

Bericht Nr. 32

ISSN: 2192-3140

Berlin, Dezember 2014

Inhalt

1	Einleitung	8
1.1	Problemstellung und Zielsetzung	8
1.2	Vorgehensweise	9
1.2.1	Literatur- und Datenrecherche	9
1.2.2	Experteninterviews	9
1.2.3	Workshops und weitere Veranstaltungen	10
1.2.4	Online-Befragung	11
1.2.5	Anwendungsprojekt	11
1.3	Aufbau	12
2	Die deutschen Ostseehäfen	13
2.1	Hafen Kiel	13
2.2	Hafen Puttgarden	14
2.3	Hafen Lübeck	14
2.4	Hafen Wismar	15
2.5	Hafen Rostock	15
2.6	Hafen Sassnitz	16
3	Die Vulnerabilität der deutschen Ostseehäfen gegenüber den Folgen des Klimawandels	17
3.1	Konzept der Vulnerabilität	17
3.2	Die Exposition der deutschen Ostseehäfen	18
3.3	Exkurs: Wahrnehmung des Klimawandels in den deutschen Ostseehäfen	21
3.4	Die Sensitivität der deutschen Ostseehäfen	30
3.4.1	Handlungsfeld: Struktur und Volumen der Seegüter	31
3.4.2	Handlungsfeld: Navigation und Anlegen von Schiffen	32
3.4.3	Handlungsfeld: Umschlag und Lagerung von Gütern	33
3.4.4	Handlungsfeld: Menschliche Gesundheit	34
3.4.5	Handlungsfeld: Umwelt	34
3.4.6	Handlungsfeld: Versicherungen	35
3.4.7	Handlungsfeld: Reputation	35
3.4.8	Handlungsfeld: Hinterlandverkehre	36
3.5	Die Anpassungskapazität der deutschen Ostseehäfen	36

3.6	Vulnerabilität der deutschen Ostseehäfen.....	39
4	Anpassungsoptionen.....	42
4.1	Handlungsfeld: Struktur und das Volumen der Seegüter.....	42
4.2	Handlungsfeld: Navigation und das Anlegen von Schiffen	42
4.3	Handlungsfeld: Umschlag und die Lagerung von Gütern	43
4.4	Handlungsfeld: Menschliche Gesundheit	43
4.5	Handlungsfeld: Umwelt	44
4.6	Handlungsfeld: Versicherungen	44
4.7	Handlungsfeld: Reputation	45
4.8	Handlungsfeld: Hinterlandverkehre	45
5	Strategieentwicklung	46
5.1	Phasen der Strategieentwicklung.....	46
5.2	Empfehlungen für die Anpassung von Hafenstandorten.....	47
6	Fazit.....	50
	Literaturverzeichnis	51

1 Einleitung

Aufgrund ihrer Funktion als intermodale Schnittstellen zwischen Land- und Seeverkehren liegen Seehäfen im Übergangsbereich von Land und See und damit in besonders vom Klimawandel betroffenen Gebieten.

Nach Angaben des Statistischen Bundesamtes betrug der Gesamtgüterumschlag der deutschen Seehäfen im Jahr 2010 rund 274 Millionen Tonnen. Davon stammten 268 Millionen Tonnen aus dem Außenhandel. Dies entsprach 2010 einem Anteil von 28% am gesamten deutschen Außenhandel. In den Häfen entlang der deutschen Ostseeküste wurden 2010 Güter mit einem Volumen von insgesamt 54,6 Millionen Tonnen umgeschlagen. Dies entspricht einem Anteil von 20% am gesamten deutschen Seegüterumschlag. Obwohl die deutschen Ostseehäfen damit nur einen untergeordneten Anteil am gesamten deutschen Seegüterumschlag haben, spielen sie für den Handel der deutschen Wirtschaft im Ostseeraum eine herausragende Rolle. Rund 80% der in den deutschen Ostseehäfen umgeschlagenen Güter stammen aus ostseeinternem Verkehr.

Zusätzlich zum Güterumschlag fungiert ein Teil der Seehäfen als Hub für den Passagierverkehr. Im Jahr 2010 nutzten 28,8 Millionen Passagiere die deutschen Seehäfen für ihre Reisen. 11,4 Millionen Fahrgäste stiegen in den deutschen Ostseehäfen ein bzw. aus. Dies entspricht einem Anteil von knapp 40%. Besonders bedeutsame Passagierhäfen an der deutschen Ostseeküste sind Puttgarden, Rostock und Kiel.

Die deutschen Ostseehäfen tragen als Knotenpunkte des Passagier- und Güterverkehrs sowie als Industrie- und Dienstleistungsstandorte maßgeblich zur Sicherung und Stärkung von Beschäftigung, Einkommen und Steueraufkommen in der Küstenregion bei. Vom Lübecker Hafen, dem zweitgrößten Standort an der deutschen Ostseeküste, hingen 2010 in Lübeck und seinen angrenzenden Kreisen schätzungsweise 10.634 Arbeitsplätze vom Hafenbetrieb ab (Schlennstedt et al. 2012, 73). Die mit diesem Hafen verbundene Wirtschaft generierte im selben Jahr eine Bruttowertschöpfung von ca. 704 Millionen Euro (Schlennstedt et al. 2012, 85).

1.1 Problemstellung und Zielsetzung

Die große und vielfältige ökonomische Bedeutung der Ostseehäfen zeigt, wie wichtig der Erhalt ihrer Funktionsfähigkeit für die regionale Wirtschaftsentwicklung ist. Der fortschreitende Klimawandel wirft jedoch zunehmend die Frage auf, wie stark die Funktionsfähigkeit der Seehäfen durch den Klimawandel gefährdet ist. Vor allem der sich beschleunigende Meeresspiegelanstieg und die Zunahme der Sturmintensität stellen mehr und mehr eine reale Bedrohung für die Seehäfen dar. So laufen Sturmhochwasser, bedingt durch den Meeresspiegelanstieg, zukünftig von einem höheren Ausgangsniveau auf. Die wahrscheinliche Zunahme der Sturmintensitäten verstärkt diesen Effekt zusätzlich. Doch auch eine Veränderung der Niederschlagsregime, der Meeresströmungen, der Anzahl kalter Tage und des Eisganges wirken sich zunehmend auf die Seehäfen aus.

Um zu vermeiden, dass wetterbedingte Störungen im Betriebsablauf der Häfen zukünftig in den arbeitsteiligen und eng aufeinander abgestimmten Wertschöpfungsketten zu ernsthaften betriebs- und volkswirtschaftlichen Schäden führen, untersuchte das Institut für ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW) im Rahmen des vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderten Projektes „Regionale Anpassungsstrategien für die deutsche

Ostseeküste“ (RAdOst) die möglichen Auswirkungen des Klimawandels auf die deutschen Ostseehäfen. Die dabei gewonnenen Erkenntnisse dienen der Entwicklung von Empfehlungen für die Erstellung von Anpassungsstrategien in den deutschen Ostseehäfen, die sowohl die Chancen des Klimawandels nutzen als auch die mit ihm verbundenen Risiken reduzieren sollen. Die Ergebnisse dieser Arbeit werden in diesem Bericht vorgestellt.

1.2 Vorgehensweise

Um das zuvor beschriebene Ziel zu erreichen, wurden im Rahmen dieses Teilprojektes die möglichen für die Häfen relevanten Klimaänderungen zusammengetragen und in aufbereiteter Form an die Häfen weitergegeben. Mit Vertretern der Häfen wurden anschließend potenzielle Chancen und Risiken des Klimawandels analysiert und Anpassungskapazitäten sowie -optionen diskutiert.

Zur Anpassung der deutschen Ostseehäfen an die Folgen des Klimawandels wurden verschiedene Methoden eingesetzt. Die Auswahl der Methoden erfolgte unter Berücksichtigung der zu beantwortenden Fragestellungen sowie der verfügbaren zeitlichen und personellen Ressourcen. Durchgeführt bzw. eingesetzt wurden u.a.:

- Literatur- und Datenrecherchen,
- Experteninterviews,
- Workshops und weitere Veranstaltungen,
- eine Online-Befragung und
- ein Anwendungsprojekt.

Es wird nachfolgend kurz auf die einzelnen Methoden eingegangen.

1.2.1 Literatur- und Datenrecherche

Im Laufe dieses Projektes wurden mehrere Literaturstudien und Datenrecherchen durchgeführt. Abhängig von der Fragestellung standen dabei deutschsprachige oder internationale Publikationen, Journalartikel oder Informationen aus dem Internet im Fokus der Recherche. Gesucht wurden unter anderem

- Angaben zum Aufbau und zu Ergebnissen von Befragungen von Hafenakteuren zum Thema Klimaanpassung,
- Informationen über potenzielle Auswirkungen des Klimawandels auf die Hafenwirtschaft,
- Mögliche Anpassungsmaßnahmen für die Häfen an den Klimawandel und
- Anwendungsprojekte mit dem Fokus Anpassung von Häfen an die Folgen des Klimawandels.

Darüber hinaus wurden vornehmlich über Online-Adressdatenbanken und Internetseiten von Unternehmen und Behörden der Hafenwirtschaft potenzielle Veranstaltungs- und Befragungsteilnehmer identifiziert.

1.2.2 Experteninterviews

Es wurden insgesamt acht Interviews mit Vertretern von Hafenbehörden, Umschlaggesellschaften, Reedereien und Schiffbauunternehmen durchgeführt. Die Interviews wurden telefonisch oder vor Ort bei den Interviewten durchgeführt. Die Dauer der

einzelnen Interviews betrug 30 bis 120 Minuten. Den Interviews lag ein Leitfaden mit offen formulierten Fragen zugrunde. Erfasst wurde u.a.:

- die Wahrnehmung des Klimawandels durch den Befragten,
- die Erwartungen des Befragten zur zukünftigen Entwicklung des Klimawandels,
- Herausforderungen, denen sich die Institution des Befragten aktuell gegenübersteht,
- Kooperationspartner, Wettbewerber,
- Anpassungsbedarfe in der eigenen Institution,
- Anpassungsmaßnahmen in der eigenen Institution,
- Unterstützungsbedarfe

Ausführlichere Informationen zu einem Teil der durchgeführten Experteninterviews finden sich in Hirschfeld et al. (noch unveröffentlicht)

1.2.3 Workshops und weitere Veranstaltungen

Im Rahmen dieses Fokusthemas wurden insgesamt drei Workshops mit jeweils rund 15 Vertretern von Hafenbehörden, Umschlagsunternehmen, Reedereien und Schifffahrtsämtern durchgeführt. Ziel dieser Veranstaltungen war es, die Teilnehmer für das Thema Klimaanpassung zu sensibilisieren und den Teilnehmern eine Plattform zu bieten sich zu diesem Thema untereinander und mit der Wissenschaft auszutauschen.

Zu den Inhalten dieser Workshops zählten:

- die Vorstellung des Projektes und der Teilnehmer untereinander, soweit dies erforderlich war,
- die Identifikation von Herausforderungen mit denen sich die Häfen aktuell und in Zukunft konfrontiert sehen, unabhängig vom Klimawandel,
- die potenziellen Änderungen des Klimas mit dem Schwerpunkt auf hafen- und schifffahrtsrelevante Aspekte des Klimawandels,
- die möglichen Auswirkungen des Klimawandels auf die Hafenwirtschaft mit der Benennung von Chancen und Risiken,
- die Identifikation von Anpassungsbedarfen und
- die Diskussion verschiedener Anpassungsoptionen.

Die Workshops bestanden aus Vortragseinheiten, in denen wissenschaftliche Erkenntnisse und Praxisbeispiele vorgestellt wurden sowie aus Welt-Café-Runden, in denen die Workshopteilnehmer in wechselnden Kleingruppen vertieft zu einzelnen Fragestellungen diskutieren konnten. Während der Workshops wurden zudem Meinungsbilder der Teilnehmer abgefragt. Hierzu wurden die Teilnehmer gebeten, vorformulierte Antwortmöglichkeiten zu vorgegebenen Fragen mit Hilfe von Klebepunkten auszuwählen.

Neben der Durchführung eigener Veranstaltungen nahmen die Autoren während der gesamten Projektlaufzeit an mehreren branchen- und themenverwandten Veranstaltungen teil. Hierzu zählten u.a. entsprechende Workshops bei den Regionalkonferenzen des Bundes und der norddeutschen Küstenländer zur „Klimaanpassung Küstenregion“ in Hamburg und Bremerhaven, einem Szenarienworkshop im Rahmen des Projektes plan B:altic in Rostock und weiteren Konferenzen mit der Zielgruppe der Hafenakteure. Erkenntnisse aus diesen Veranstaltungen flossen ebenfalls in die Arbeit dieses Projektes mit ein.

1.2.4 Online-Befragung

Das IÖW führte im Jahr 2012 in den deutschen Ostseehäfen eine Online-Befragung durch, mit welcher Antworten auf die folgenden Leitfragen gefunden werden sollten:

- Sind die deutschen Ostseehäfen bereits heute vom Klimawandel betroffen? Wenn ja, in welcher Form?
- Erwarten die Häfen zukünftig vom Klimawandel betroffen zu sein? Worin sehen die Häfen mit dem Klimawandel verbundene Chancen und Risiken?
- Berücksichtigen die Häfen bereits die Folgen des Klimawandels in ihren Planungen? Haben sie bereits Anpassungsmaßnahmen umgesetzt oder planen sie gegenwärtig Anpassungsmaßnahmen?
- Welche Faktoren fördern oder hemmen gegenwärtig die Anpassung der Häfen?

Zur Zielgruppe dieser Befragung gehörten zum einen die Häfen, vertreten durch ihre Hafenverwaltungen, und zum anderen in den Häfen ansässige Unternehmen, deren Geschäftstätigkeit sich direkt oder indirekt auf den Seegüterverkehr oder -umschlag bezieht.

Es wurden ausschließlich Seehäfen befragt. Binnenhäfen und Marinas wurden nicht berücksichtigt. Insgesamt haben wir 21 Seehäfen entlang der deutschen Ostseeküste in die Befragung eingeschlossen. Nach Güterumschlag repräsentieren diese Häfen 99% der in 2011 insgesamt über die deutschen Ostseehäfen umgeschlagene Gütermenge. Darüber hinaus haben wir 244 in diesen Häfen ansässige Unternehmen eingeladen, ebenfalls an dieser Befragung teilzunehmen.

Insgesamt nahmen 10 der 21 eingeladenen Hafenbehörden an der Befragung teil (Rücklauf: 47,6%). Die teilnehmenden Häfen repräsentieren 84% der gesamten in 2011 über die deutschen Ostseehäfen umgeschlagenen Güter. Wir gehen daher davon aus, dass Befragungsergebnisse zu den Häfen als repräsentativ gelten können. Von den 244 Unternehmen, die ebenfalls eingeladen waren, nahmen 28 an der Befragung teil (Rücklauf: 11,5%). Die Standorte der Häfen bzw. Unternehmen, die an der Befragung teilgenommen haben, verteilen sich entlang der gesamten deutschen Ostseeküstenlinie. Als Vertreter ihrer Behörden bzw. Unternehmen haben vor allem (Hafen-) Manager, Ingenieure, Pressesprecher und Planer geantwortet.

Ausgewählte Ergebnisse dieser Befragung flossen auch in diesen Bericht mit ein (siehe u.a. Abschnitt 3.3). Für darüber hinausgehende Informationen sei auf Schröder et al. (2013) verwiesen.

1.2.5 Anwendungsprojekt

In Zusammenarbeit mit dem IÖW erarbeitete das Consultingunternehmen Competence in Ports and Logistics (CPL) gemeinsam mit der Lübeck Port Authority (LPA) und der Lübecker Hafengesellschaft mbH (LHG) eine Anpassungsstrategie für die öffentlichen Lübecker Häfen. Das Ziel dieses Anwendungsprojektes war es, möglichst praxisnah Anpassungsbedarfe zu ermitteln und möglichst realistische Anpassungsoptionen aufzuzeigen. Zugleich sollte das Anwendungsprojekt als Pilotprojekt für die Erstellung von Anpassungsstrategien in anderen deutschen Ostseehäfen dienen. In mehreren Arbeitstreffen zwischen den Beteiligten des Anwendungsprojektes wurden u.a. die folgenden Themen bearbeitet:

- bisherige und zukünftige Entwicklung der Gütermengen und der Passagierzahlen in den öffentlichen Lübecker Häfen,
- potenzielle Auswirkungen des Klimawandels auf die öffentlichen Lübecker Häfen und

- mögliche Anpassungsmaßnahmen und damit verbundene Kosten.

Die Ergebnisse des Anwendungsprojektes wurden Vertretern anderer deutscher Ostseehäfen vorgestellt und mit ihnen die Übertragbarkeit dieser Studie auf den jeweiligen eigenen Hafen diskutiert. Ausführliche Informationen und Ergebnisse finden sich in Wenzel und Treptow (2013) und Wenzel und Treptow (2014).

1.3 Aufbau

Dieser Bericht ist wie folgt aufgebaut. Kapitel 2 enthält grundlegende Informationen zu Umschlagstätigkeiten, Eigentumsstrukturen und Verantwortungsbereichen in den deutschen Ostseehäfen. Das Kapitel schließt mit Kurzportraits zu den sechs bedeutendsten deutschen Ostseehäfen. Kapitel 3 widmet sich der Vulnerabilität der deutschen Ostseehäfen gegenüber den Folgen des Klimawandels. Nach einer theoretischen Einführung in das Konzept der Vulnerabilität wird auf die Exposition, die Sensitivität und die Anpassungskapazität der Häfen eingegangen. Das Kapitel endet mit einem Zwischenfazit zur Vulnerabilität der Häfen. Als Exkurs beinhaltet das Kapitel darüber hinaus ausgewählte Befragungsergebnisse zur Wahrnehmung des Klimawandels in den deutschen Ostseehäfen. Eine ausführliche Dokumentation dieser Befragung einschließlich einer Beschreibung der methodischen Vorgehensweise und einer Darstellung und Interpretation der Ergebnisse findet sich in Schröder et al. (2013). Aufbauend auf den Erkenntnissen aus Kapitel 3 werden in Kapitel 4 Anpassungsoptionen vorgestellt, die von den Ostseehäfen genutzt werden können, um sich besser auf den Klimawandel einzustellen. Kapitel 5 gibt einen Überblick über die Phasen einer Strategieentwicklung zur Anpassung eines Hafenstandortes an den Klimawandel. Des Weiteren werden Empfehlungen für die klimaangepasste Gestaltung eines Hafenstandortes vorgestellt. In Kapitel 6 wird ein Fazit zu den gewonnenen Erkenntnissen des Teilprojektes gezogen.

2 Die deutschen Ostseehäfen

Die deutschen Ostseehäfen schlugen in 2010 Güter in einem Volumen von 54,6 Millionen Tonnen um. Dies entspricht einem Anstieg des Güterumschlags gegenüber 1995 von 9%. Für das Jahr 2030 wird ein Umschlagsvolumen von 78,6 Millionen Tonnen erwartet. Dies entspricht einem jährlichen Wachstum von 2%, welches unter dem prognostiziertem Wachstum der Nordseehäfen (3%) liegt (MWP et al. 2013).

Rund 80% der umgeschlagenen Güter stammen gegenwärtig aus dem ostseeinternen Verkehr, also aus dem Handel zwischen den neun Ostseeanrainerstaaten. Zu den wichtigsten Verkehrsrelationen der deutschen Ostseehäfen gehören die Verbindungen mit Schweden und Finnland. Während in den Nordseehäfen der Containerumschlag dominiert, werden in den deutschen Ostseehäfen vorwiegend Fahrzeugladungen und Massengüter umgeschlagen. Zusammen erreichten beide Ladungsarten einen Anteil von 87% in 2010. Der Containerumschlag hatte im selben Jahr einen Anteil von lediglich 4%. Die wichtigsten Gütergruppen waren Halb- und Fertigwaren, land- und forstwirtschaftliche Produkte, Mineralölerzeugnisse und Baustoffe.

Die beiden mit Abstand größten deutschen Hafenstandorte an der Ostsee sind Rostock mit einem Umschlag von 19,5 Millionen Tonnen und Lübeck mit 17,8 Millionen Tonnen in 2010. Es folgen mit einem Güterumschlag von jeweils rund 3 Millionen Tonnen in 2010 die Häfen Puttgarden, Kiel, Wismar und Sassnitz. Der restliche Umschlag in Höhe von ebenfalls rund 3 Millionen Tonnen verteilt sich auf mehrere kleinere Häfen.

Die Investitionen in die Häfen und ihre Anbindung teilen sich Bund, Länder, Standortkommune und Hafennutzer. Verantwortlich für die seewärtigen und landseitigen Anbindungen der Häfen ist der Bund. Das Eigentum an der Hafeninfrastruktur liegt überwiegend bei der Standortkommune und im Falle der Häfen Rostock, Wismar und Sassnitz anteilig auch beim Bundesland Mecklenburg-Vorpommern. Der Ausbau und die Instandhaltung der Hafeninfrastruktur sowie die Verwaltung und Entwicklung der Häfen werden von der öffentlichen Hand wahrgenommen. Bau und Betrieb der Suprastrukturen und die Umschlagsaktivitäten erfolgen teils in kommunaler und teils in privater Verantwortung. In den Häfen Lübeck und Rostock wurden die Umschlagsaktivitäten teil- bzw. vollprivatisiert.

In den folgenden Abschnitten werden die sechs größten deutschen Ostseehäfen einzeln vorgestellt.

2.1 Hafen Kiel

Im Jahr 2011 wurden in Kiel 12% aller Seegüter der Häfen Schleswig-Holsteins umgeschlagen. Der Hafen ist damit nach Lübeck von den Umschlagszahlen her betrachtet der zweitwichtigste Ostseehafen in Schleswig-Holstein. Die Bedeutung des Hafens hat außerdem in den vergangenen Jahren zugenommen. Im Gegensatz zu anderen Häfen der Ostseeregion Schleswig-Holsteins waren die Auswirkungen der Weltwirtschaftskrise gering und der Hafen konnte 2011 mit 4,3 Millionen Tonnen sogar den höchsten Güterumschlag seit 1997 erreichen.

Im Vergleich zu Häfen wie Flensburg oder Puttgarden hat Kiel ein sehr diversifiziertes Güterportfolio. Dabei nahm der Fähr- und Ro/Ro-Verkehr mit 67% und 2,6 Millionen Tonnen des Gesamtumschlags den Hauptanteil 2010 ein. Einen geringen Anteil nimmt der

Großcontainerumschlag ein, obwohl der Kieler Hafen über einen Gleisanschluss verfügt und Container-Ganzzüge verladen werden können.

Über die öffentlichen Anlagen des Hafens wurden hauptsächlich Fahrzeuge, Getreide, Futtermittel, Splitt, Stückgüter, Forstprodukte, Ölsaaten und Dünger umgeschlagen. Die privaten Anlagen haben hingegen Mineralöle, Schrott, Eisen und Kohle verschifft (Seehafen Kiel GmbH & Co. KG 2013).

Das Passagieraufkommen im Fährverkehr lag 2010 bei 1,55 Millionen Passagieren. Zudem wurde Kiel 2010 von 136 Kreuzfahrtschiffen angelaufen.

2.2 Hafen Puttgarden

In der Zeit zwischen 1997 und 2011 ist der Güterumschlag in Puttgarden um 26% gesunken. Wurden 1997 noch 5,8 Millionen Tonnen umgeschlagen, sank diese Zahl auf 4,3 Millionen im Jahr 2011. Puttgarden nimmt ebenso wie Kiel einen Anteil von 12% am Güterumschlag der Häfen Schleswig-Holsteins ein. Da der Güterumschlag etwas geringer ist als in Kiel, liegt Puttgarden auf Platz drei der wichtigsten Ostseehäfen Schleswig-Holsteins. Ebenso wie in Kiel waren die Auswirkungen der Weltwirtschaftskrise gering und der Hafen konnte 2011 einen höheren Güterumschlag als 2009 erreichen.

Der privat betriebene Seehafen Puttgarden ist ein reiner Fährhafen, es werden also nur Fähr- und Ro/Ro-Güter umgeschlagen. Der Hafen nahm 2010 insgesamt 17% des Ro/Ro-Verkehrs in den Ostseehäfen Schleswig-Holsteins ein.

2.3 Hafen Lübeck

Mit einem Umschlagsanteil von 48% ist der an der Travemündung gelegene Lübecker Seehafen der wichtigste Hafen Schleswig-Holsteins. Zwischen 1997 und 2011 ist der Gesamtumschlag des Hafens um 5% gestiegen und lag 2011 bei 17,7 Millionen Tonnen. Lange Zeit war die Entwicklung des Güterumschlags kontinuierlich positiv geprägt. Die Hochphase erlebte der Hafen zwischen 2006 und 2008. Mit der Weltwirtschaftskrise brachen in Lübeck die Zahlen ein. Der Hafen konnte sich seitdem nicht wieder erholen. Die Umschlagszahlen haben sich seit 2009 nicht wesentlich verbessert. 2012 gingen sie im Vergleich zum Vorjahr sogar um 1,6% zurück (Lübecker Hafen-Gesellschaft mbH 2013a).

Lübeck schlägt den größten Anteil seiner Güter im Fähr- und Ro/Ro-Verkehr um. Im Jahr 2010 waren es 16,3 Millionen Tonnen Fähr- und Ro/Ro-Güter. Das entsprach 91% des Gesamtumschlags in Lübeck. Außerdem läuft über diesen Hafen fast der gesamte Großcontainerverkehr der deutschen Ostseehäfen. Insgesamt wurden 2 Millionen Tonnen Großcontainer im Jahr 2010 umgeschlagen. Der Containerverkehr hat sich zudem seit 2000 erheblich gesteigert. Trotz der leicht rückläufigen Entwicklung bleibt der Lübecker Hafen Marktführer in den Bereichen RoRo-Güter (Lkw und Trailer) sowie Forstprodukte (Lübecker Hafen-Gesellschaft mbH 2013a). So wurden im Jahr 2012 insgesamt 710.000 LKW und Trailer sowie 89.000 Neu- und Gebrauchtfahrzeuge im Lübecker Hafen umgeschlagen. Forstprodukte wie Papier und Zellulose sind ein zweites wichtiges Standbein für den Lübecker Hafen. Er ist das größte Umschlag- und Verteilzentrum für die schwedische und finnische Papierindustrie in Europa. Die 3 Millionen Tonnen Forstprodukte werden europaweit zu Industriebetrieben und Druckereien verteilt oder nach Übersee verschifft. (Lübecker Hafen-Gesellschaft mbH 2013b).

Zudem nutzten rund 406.000 Passagiere die Fährabfahrten an den Terminals der Lübecker Hafengesellschaft oder besuchten die Hansestadt im Rahmen einer Kreuzfahrt (Lübecker Hafen-Gesellschaft mbH 2013b).

2.4 Hafen Wismar

Der Seehafen Wismar hat in den letzten Jahren eine positive Entwicklung vollzogen und Sassnitz als zweitgrößten Hafen Mecklenburg-Vorpommerns abgelöst. Im Zeitraum von 1997 bis 2012 konnte der Hafen eine Steigerung des Umschlags um 92% auf 3,8 Millionen Tonnen verbuchen. Seit 1997 stieg der Güterumschlag mit wenigen Ausnahmen kontinuierlich an. Im Jahre 2006 wurde ein vorläufiger Höhepunkt von rund 3,9 Millionen Tonnen erreicht. Wismar hatte 2012 einen Anteil von 15% am Gesamtumschlag der Häfen Mecklenburg-Vorpommerns.

In Wismar werden hauptsächlich Massengüter umgeschlagen. Wismar schlägt ungefähr die Hälfte der Massenstückgüter in Mecklenburg-Vorpommern um. Daneben werden geringe Mengen von Flüssiggütern umgesetzt.

Der Hafen hat sich in der Vergangenheit auf umweltsensible Stückgüter sowie Holz- und Holzprodukte spezialisiert. Grund dafür war die Ansiedlung von holzverarbeitenden Industrieunternehmen (Breitzmann et. al. 2009, 13). In Zukunft setzt der Hafen vor allem auf den Ausbau erneuerbarer Energien. Als „Energiehafen“ möchte sich die Stadt stärker in die logistischen Prozesse rund um den Markt für Erneuerbare Energien einbringen. Neben Biomasse und Holzpellets ist das vor allem die Verladung von Windenergieanlagen und deren Komponenten. Zudem setzt der Hafen auf die Vermarktung als neue Kreuzfahrtdestination in der Ostsee (Seehafen Wismar GmbH 2013).

2.5 Hafen Rostock

Der Seehafen Rostock hat nach Menge der umgeschlagenen Güter eine eindeutige Spitzenposition in Mecklenburg-Vorpommern und in der deutschen Ostseeregion. Im Vergleich zu 1997 blieben die Umschlagszahlen 2012 allerdings auf ähnlichem Niveau und lagen 2012 bei 16,9 Millionen Tonnen (ohne Eigengewichte). Spitzenwerte im Güterumschlag von 20 - 21 Millionen Tonnen gab es während einer Hochphase zwischen 2006 und 2008. Im Jahr 2009 brachen aufgrund der Weltwirtschaftskrise die Zahlen erheblich ein und konnten sich noch nicht wieder vollständig erholen.

Rostock ist ein Universalhafen über den flüssige und trockene Massengüter sowie Fähr- und Ro/Ro-Güter verladen werden. Zwischen 2011 und 2012 gab es eine leicht rückläufige Entwicklung im Güterumschlag. Die Ursache dafür sieht die Hafengesellschaft in der stagnierenden und teils rückläufigen wirtschaftlichen Entwicklung im Hinterland des Rostocker Hafens (Rostock Port - Hafen-Entwicklungsgesellschaft Rostock mbH 2013). Das hat Auswirkungen auf die Transportströme und damit auch auf das Umschlagsgeschehen.

Trotz eines leichten Rückgangs im Vergleich zum Vorjahr hat nach Angaben der Hafengesellschaft Rostock der Fähr- und Ro/Ro-Verkehr den bedeutendsten Anteil am Umschlag. Er machte 2012 rund 58% des Gesamtverkehrs aus (Rostock Port - Hafen-Entwicklungsgesellschaft Rostock mbH 2013). In den vergangenen 15 Jahren ist der Anteil dieser Ladungsart zudem gestiegen.

Im Schüttgüterverkehr hat Rostock eine eindeutige Vormachtstellung in Mecklenburg-Vorpommern. Schüttgüter haben in Rostock jedoch zunehmend an Bedeutung verloren.

Rostock schlägt des Weiteren als einziger Hafen in Mecklenburg-Vorpommern in nennenswerter Menge Flüssiggüter um. Ihr Umschlag stieg im Vergleich zum Vorjahr an.

Im Jahr 2010 reisten im Fährverkehr zudem 2,1 Millionen Passagiere über den Rostocker Hafen. Darüber hinaus wird der Hafen regelmäßig von Kreuzfahrtschiffen angesteuert.

2.6 Hafen Sassnitz

Der überwiegend im Ro/Ro- und Fährverkehr tätige Hafen Sassnitz war bis 2004 der zweitgrößte Hafen in Mecklenburg-Vorpommern. Der Umschlag von Sassnitz lag im Jahr 2012 bei 1,9 Millionen Tonnen. Der Hafen hat sein ursprüngliches Umschlagsvolumen seit dem Jahr 1997 beständig verringert. Der Anteil am Güterumschlag der Häfen Mecklenburg-Vorpommerns lag im Jahr 2012 bei 8%.

Der Fähr- und Ro/Ro-Verkehr hatte 2010 einen Anteil von 60% am Seeverkehr in Sassnitz. Wie der gesamte Güterumschlag ist auch diese Kategorie seit 2000 zurückgegangen. Darüber hinaus werden in dem Hafen geringe Mengen Schüttgüter umgeschlagen.

Der Hafen Sassnitz hat das Ziel, den Standort vom reinen Fährhafen hin zu einem Multifunktionshafen weiter zu entwickeln. Als Hauptgeschäftsbereiche definiert der Hafenbetreiber neben dem Fährverkehr die Offshore-Industrie, die Kreuzschifffahrt und die Industrie (Fährhafen Sassnitz GmbH 2013).

3 Die Vulnerabilität der deutschen Ostseehäfen gegenüber den Folgen des Klimawandels

Dieses Kapitel dient der eingehenden Beschreibung der Vulnerabilität der deutschen Ostseehäfen gegenüber den Folgen des Klimawandels. Das Wissen über die Vulnerabilität der deutschen Ostseehäfen ermöglicht es Art und Umfang von notwendigen Anpassungsmaßnahmen besser abschätzen zu können und Engpässe frühzeitig aufzuzeigen, damit Maßnahmen eingeleitet und Mittel bereitgestellt werden können. Für eine aussagekräftige und belastbare Vulnerabilitätsanalyse bedarf es jedoch der eingehenden Analyse jedes einzelnen Hafenstandortes. Dies war weder das Ziel dieses Teilprojektes noch standen hierfür die erforderlichen Ressourcen zur Verfügung. Dennoch sollen in diesem Kapitel allgemeine, hafenumfassende Ist-Zustände und mögliche Entwicklungstendenzen aufgezeigt werden. Vertreter der Häfen sollen darüber hinaus dazu ermuntert werden, für ihren Hafenstandort eine möglichst konkrete und belastbare Vulnerabilitätsanalyse durchzuführen. Das Kapitel ist wie folgt aufgebaut. Nach einer theoretischen Einführung in das Konzept der Vulnerabilität (Abschnitt 3.1) werden soweit möglich die Exposition (Abschnitt 3.2), die Sensitivität (Abschnitt 3.4) und die Anpassungskapazität (Abschnitt 3.5) der deutschen Ostseehäfen gegenüber den Folgen des Klimawandels beschrieben. Das Kapitel schließt mit einer qualitativen Einschätzung zur Vulnerabilität der deutschen Ostseehäfen (Abschnitt 3.6) und wird zudem durch einen Exkurs zur Wahrnehmung des Klimawandels in den deutschen Ostseehäfen (Abschnitt 3.3) ergänzt.

3.1 Konzept der Vulnerabilität

Die Formulierung und Umsetzung einer Strategie zur Anpassung eines Systems, zum Beispiel eines Hafens, an die Folgen des Klimawandels setzt eine eingehende Beschäftigung mit der potenziellen Betroffenheit des Systems und seiner Anpassungsfähigkeit voraus. Eine Auseinandersetzung mit diesen Aspekten erfolgt im Rahmen einer Vulnerabilitätsanalyse. Nach Turner II et al. (2003: 8074) wird Vulnerabilität definiert als „degree to which a system, subsystem, or system component is likely to experience harm due to exposure to a hazard, either a perturbation or stress/stressor“. Es geht also um den Schaden, den ein System durch eine Gefahr erfährt. Bei der Vulnerabilitätsanalyse müssen drei Aspekte besonders beachtet werden: Die Vulnerabilität eines Systems ist **multidimensional** und **differenziell**, ist also nicht für alle Bereiche und Betroffenen gleich. Sie ist je nach Maßstabebene unterschiedlich. Außerdem ist sie **dynamisch**, ändert sich also mit der Zeit (Birkmann 2006, 14).

Die Vulnerabilität eines Systems leitet sich aus seiner Exposition, seiner Sensitivität und seiner Anpassungskapazität ab. Die **Exposition** beschreibt, in welchem Maße ein System einer bestimmten Gefahr ausgesetzt ist. Wenn das System nicht im Gefahrenbereich liegt, ist es der Gefahr auch nicht ausgesetzt. Werden die betroffenen Bereiche vor einem Ereignis verlagert, sind sie ebenfalls nicht mehr betroffen, da sie nicht exponiert sind. Die **Sensitivität** steht für die Verletzlichkeit eines Systems ohne Einbeziehung der Anpassungsmaßnahmen. Es ist ein Maß dafür, wie stark das System durch ein Ereignis beschädigt werden kann. Die **Anpassungskapazität** „beschreibt die Fähigkeit einer Region/eines Systems, sich durch Planung und Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen an die veränderten Bedingungen anzupassen oder die Veränderungen auch zum Vorteil nutzen zu können. Die Anpassungskapazität ist von Faktoren abhängig wie den ökonomischen Ressourcen, Know-

how und Technologie, institutionellen Kapazitäten, politischem Willen etc.“ (Umweltbundesamt 2014). Wer handelt bzw. handeln kann/muss, hängt davon ab, welche (rechtlichen) Ansprüche und Befugnisse gelten, welche (finanzielle) Ausstattung zur Verfügung steht und bei wem die Kompetenz zur Bewältigung der Maßnahmen liegt (Turner II et al. 2003: 8075).

Die Vulnerabilität eines Systems kann somit durch angemessene Vorbereitungs- und Anpassungsmaßnahmen reduziert werden. Durch solche Vorkehrungen kann ein Schaden an Dingen oder Abläufen von vorne herein abgemindert oder abgewendet werden, sodass ein Katastrophenmanagement nur im geringen Umfang oder gar nicht notwendig wird (Birkmann 2006, 34ff.)

Zudem kann die Vulnerabilität eines Bereiches kleinräumig differenziert ausgeprägt sein, sodass sich Unterschiede ergeben, die bei der Analyse berücksichtigt werden müssen (Turner II et al. 2003, 8078).

3.2 Die Exposition der deutschen Ostseehäfen

Das Klima unterliegt seit jeher natürlichen Schwankungen. Doch viele Parameter weisen seit den letzten 100 bis 150 Jahren Änderungen auf, deren Stärke in der Erdgeschichte ohne Beispiel ist. Hierfür verantwortlich ist sehr wahrscheinlich der durch den Menschen verursachte massive Ausstoß von Treibhausgasen seit Beginn der Industrialisierung. Die Abbildung 1 zeigt den deutlichen Anstieg der mittleren globalen Temperatur und des mittleren globalen Meeresspiegels sowie eine Abnahme der Schneebedeckung auf der nördlichen Erdhalbkugel im vergangenen Jahrhundert.

In seinem vierten Sachstandsbericht (2007) geht der Zwischenstaatliche Ausschuss für Klimaänderungen (IPCC) unter anderem davon aus, dass unberücksichtigt einzelner regionaler Unterschiede bis Ende des 21. Jahrhunderts:

- kalte Tage und Nächte seltener und warme sowie heiße Tage und Nächte häufiger und wärmer werden,
- Wärmeperioden und Hitzewellen häufiger auftreten,
- Starkniederschlagsereignisse häufiger auftreten,
- von Dürre betroffene Gebiete zunehmen,
- die Aktivität tropischer Wirbelstürme zunimmt und
- extrem hohe Meeresspiegel zunehmend auftreten werden.

Veränderungen des Meeresspiegels sind für die Seehäfen besonders relevant. In seinem 4. Sachstandsbericht aus dem Jahr 2007 geht der Zwischenstaatliche Ausschuss für Klimaänderungen (IPCC) von einem Anstieg des Meeresspiegels bis zum Ende des 21. Jahrhunderts um 18 bis 59 cm gegenüber dem Referenzzeitraum von 1980 bis 1999 aus (IPCC 2007, 820). Jedoch weist der IPCC darauf hin, dass das obere Ende der angegebenen Bandbreite nicht als Obergrenze für den Meeresspiegelanstieg gesehen werden darf. Denn die IPCC-Projektionen klammern zukünftiges rapides Abschmelzen von

Festlandeis aus.¹ Ein aktueller Vergleich der Projektionen des IPCC mit tatsächlichen Messdaten für den Zeitraum 1990 bis 2011 ergab, dass der Meeresspiegel 60% schneller ansteigt, als nach der mittleren Prognose des IPCC. Statt 2 Millimeter stieg der Meeresspiegel seit 1990 um 3,2 Millimeter pro Jahr (Rahmstorf et al. 2012, 3). Rahmstorf et al. (2012) gelangen zu dem Fazit, dass die IPCC-Szenarien den Meeresspiegelanstieg aufgrund zu niedriger Vergangenheitswerte systematisch unterschätzen. Der National Research Council (U.S.) (NRC) veröffentlichte 2010 eine Auswertung verschiedener Studien zum Meeresspiegelanstieg und kam zu dem Ergebnis, dass die Projektionen des IPCC konservativ sind und den zukünftigen Meeresspiegelanstieg unterschätzen (National Research Council (U.S.) 2010, 243–244). Die vom NRC aufgelisteten neueren Studien zum Meeresspiegelanstieg (vgl. u. a. Siddall et al. 2010; Grinsted et al. 2009; Vermeer und Rahmstorf 2009; Horton et al. 2008; Pfeffer et al. 2008; Rahmstorf 2007; Rohling et al. 2007) weisen eine deutlich größere Bandbreite auf, als es die Projektionen des IPCC machen. Eine Vielzahl dieser Studien geht von einem Meeresspiegelanstieg bis zum Ende des 21. Jahrhunderts von 56 bis 200 cm aus (National Research Council (U.S.) 2010, 245). Allen Studien (auch den IPCC-Szenarien) gemein ist, dass sie von einer weiteren Beschleunigung des Meeresspiegelanstieges im Laufe dieses Jahrhunderts ausgehen.

Es wird derzeit angenommen, dass der Meeresspiegel der südwestlichen Ostsee mit der gleichen Geschwindigkeit ansteigt, wie der globale Meeresspiegel. Für die Klimaparameter zu Temperatur, Niederschlag und Wind weisen regionale Klimasimulationen für die deutsche Ostseeregion jedoch Abweichungen vom globalen Mittel aus. So kann die Zahl der Sommertage² bis Mitte des 21. Jahrhunderts an der deutschen Ostseeküste um 0,4 bis 5,4 Tage und bis Ende des Jahrhunderts um 7,4 bis 38,3 Tage zunehmen. Das wäre eine Steigerung um etwa 30 bzw. 100% im Vergleich zum Referenzzeitraum von 1961 – 1990. Auch die Zahl der heißen Tage³ wird bis 2100 um bis zu 14,7 Tage zunehmen. Im Winter zeigen sich die höheren Temperaturen jedoch noch stärker. Bis Mitte bzw. Ende des Jahrhunderts kann mit einer Abnahme von 21,3 bzw. 44,3 Tagen bei den Frosttagen⁴ und 8,9 bzw. 17,9 Tagen bei den Eistagen⁵ gerechnet werden (Helmholtz-Zentrum Geesthacht).

Die höheren Lufttemperaturen führen darüber hinaus zu einer Erwärmung der Ostsee. So wurde bereits im letzten Jahrhundert eine geringere Anzahl an Tagen beobachtet, an denen es zur Eisbedeckung auf der Ostsee kam (Norddeutsches Klimabüro; Internationales BALTEX Sekretariat 2012). Bei einer weiteren Zunahme der Oberflächenwassertemperatur der Ostsee könnte die Eisbedeckung noch weiter zurückgehen. Jedoch ist nicht zu erwarten, dass die Ostsee gegen Ende des Jahrhunderts im Winter bereits vollkommen eisfrei sein wird.

¹ Unter Berücksichtigung des beschleunigten Abschmelzens des Festlandeises, kämen die IPCC-Szenarien auf einen maximalen Anstieg des Meeresspiegels zwischen 2000 und 2100 von bis zu 78 cm.

² Sommertage: Tage, an denen die maximale Temperatur auf über 25°C steigt ($T_{\max} > 25^{\circ}\text{C}$) (Deutscher Wetterdienst)

³ Heiße Tage: Tage, an denen die maximale Temperatur auf über 30°C steigt ($T_{\max} > 30^{\circ}\text{C}$) (Deutscher Wetterdienst)

⁴ Frosttage: Tage, an denen die minimale Lufttemperatur unter 0 °C sinkt ($T_{\min} < 0^{\circ}\text{C}$) (Deutscher Wetterdienst)

⁵ Eistage: Tage, an denen die maximale Lufttemperatur nicht über 0 °C steigt ($T_{\max} < 0^{\circ}\text{C}$) (Deutscher Wetterdienst)

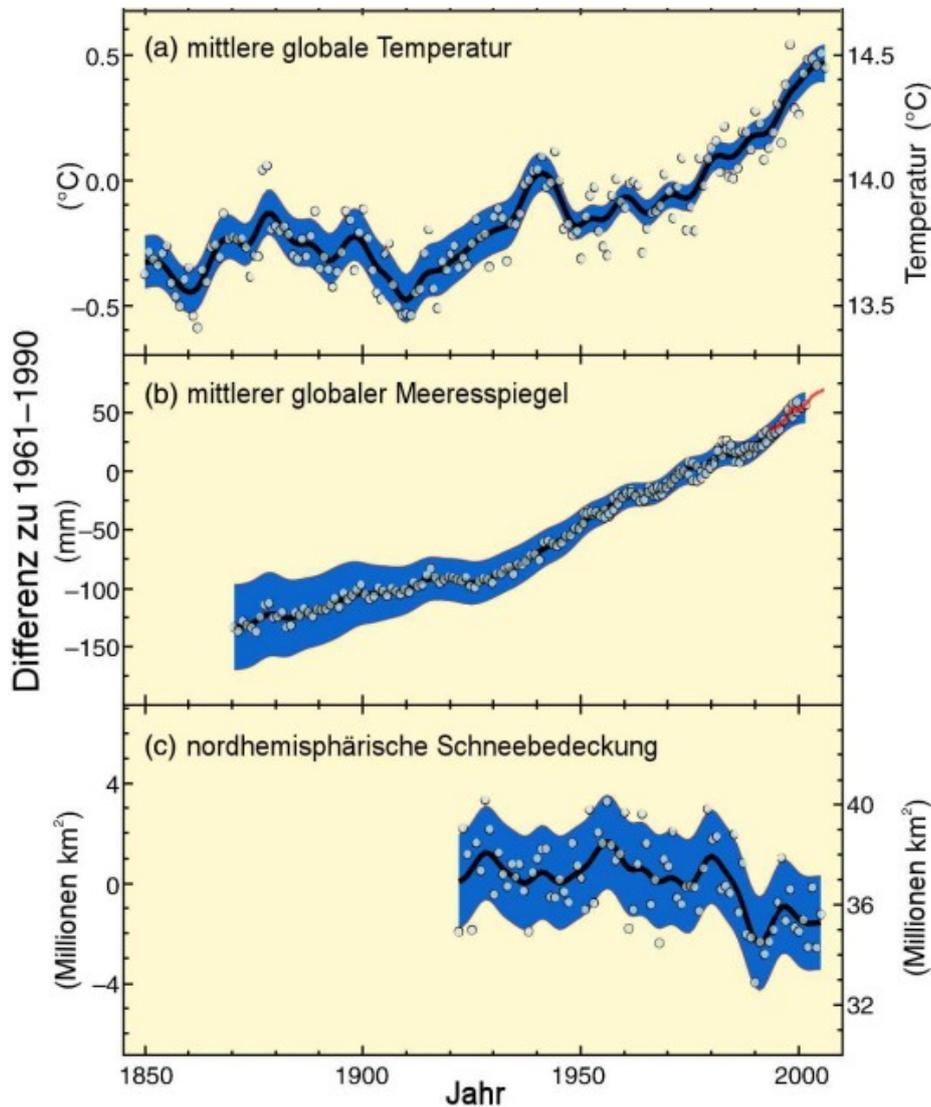


Abbildung 1: Beobachtete Änderungen (a) der mittleren globalen Erdoberflächentemperatur, (b) des mittleren globalen Meeresspiegelanstiegs und (c) der nordhemisphärischen Schneebedeckung

Quelle: IPCC, 2007: Klimaänderung 2007: Synthesebericht.

Infolge der Erderwärmung kommt es zu einem Anstieg des Energie- und Wassergehalts in der Atmosphäre. Damit verbunden sind Änderungen der heutigen Wind- und Niederschlagsmuster. Während sich die Niederschlagsmengen an der deutschen Ostseeküste im Jahresmittel bis zum Ende des Jahrhunderts voraussichtlich nur geringfügig verändern (2021 – 2050: -1% bis +8%; 2071 – 2100: 0% bis +8%), wird es zu spürbaren jahreszeitlichen Verschiebungen der Niederschlagsmengen kommen. So können bis zum Ende des Jahrhunderts die Niederschlagsmengen in den Sommermonaten um 6 bis 38% abnehmen, gleichzeitig aber im Winter um 11 bis 38% zunehmen (Helmholtz-Zentrum Geesthacht; Norddeutsches Klimabüro; Internationales BALTEX Sekretariat 2012). Die heutigen saisonalen Niederschlagsmuster würden sich damit bis zum Ende des 21. Jahrhunderts weiter verstärken, mit der Folge, dass sommerliche Dürreperioden sowie niederschlagsbedingte Überschwemmungen und Staunäse in den Wintermonaten zunehmen werden. Es wird zudem erwartet, dass sich die Intensität der Niederschlagsereignisse erhöht. Mit Starkregenereignissen ist vor allem in den Herbst- und Wintermonaten zu rechnen.

An der deutschen Ostseeküste ergeben sich aus den Projektionen nur geringe Veränderungen der Windgeschwindigkeit und Sturmintensität. Damit gehen relativ geringe Veränderungen der mittleren Wellenhöhen einher. Bei den Windrichtungen kann es – je nach Szenario – zu etwas stärkeren Veränderungen kommen. Die Veränderungen der Windrichtungen wirken sich zudem auf die Wellenanlafrichtungen aus. Je nach Ausrichtung der Häfen können sich so unterschiedliche Veränderungen der Seegangsbedingungen vor den Hafenein- und -ausfahrten ergeben. So ist beispielsweise in westwindexponierten Gebieten mit einer leichten Zunahme der Wellenhöhe zu rechnen, da mit einer Zunahme der Häufigkeit von Westwinden zu rechnen ist. Im Gegensatz dazu kommt es bei ostwindexponierten Häfen eher zu einer Reduktion der Wellenhöhe (Helmholtz-Zentrum Geesthacht; Schlamkow und Dreier 2012a).

Trotz der eher geringen Veränderungen der Wellenhöhen ergeben sich durch das Zusammenwirken der Veränderungen von Wellenhöhen und Wellenanlafrichtungen teilweise größere Veränderungen bei der Nettosedimenttransportkapazität. Diese Größe beschreibt die Menge an Sediment, die an einer definierten Stelle maximal transportiert werden kann, wenn genügend Sediment (z.B. Sand) zur Verfügung steht. Je nach Standort sind die Veränderungen dieser Größe durchaus signifikant. So ergibt sich zum Beispiel für den Standort Travemünde, welcher eher ostwindexponiert ist, – je nach Klimaszenario - eine Abnahme der Nettosedimenttransportkapazität von 5 bis 15%. Für den Standort Warnemünde, dieser ist eher westwindexponiert, berechnen die Modelle dagegen eine Erhöhung der Nettosedimenttransportkapazität von 25 bis 40% bis zum Ende des Jahrhunderts (Schlamkow und Dreier 2012b). Mit der Veränderung der Nettosedimenttransportkapazität können sich für die Küste und die Häfen Veränderungen ergeben.

Zudem wird mit einer Erhöhung der Sturmhochwasserstände gerechnet. Ein 30-jähriges Ereignis kann 2100 um 60 cm höher ausfallen als heute (Gräwe und Burchard 2011). Entscheidend für die Höhe zukünftiger Sturmhochwasserstände ist vor allem der Anstieg des Meeresspiegels, der dazu führt, dass Sturmhochwasser zukünftig von einem höheren Ausgangsniveau anlaufen.

3.3 Exkurs: Wahrnehmung des Klimawandels in den deutschen Ostseehäfen

Im Folgenden werden Ergebnisse einer im Jahr 2012 durchgeführten Befragung (Abschnitt 1.2.4) von zehn Hafenbehörden zur bisherigen und erwarteten Betroffenheit durch Wetterereignisse vorgestellt. Eine ausführliche Darstellung der Befragungsergebnisse findet sich in Schröder et al. (2013).

Um zu erfahren, in welchem Umfang die deutschen Ostseehäfen bereits heute von wetterbedingten Ereignissen betroffen sind, fragten wir, welche Wetterereignisse in den zurückliegenden 15 Jahren zu Schäden an Infra- und Suprastrukturen oder zu Störungen im Betriebsablauf geführt haben. Nach eigenen Angaben kam es in allen 10 Häfen in den vergangenen 15 Jahren zu leichten bis schweren Schäden bzw. Betriebsstörungen durch wetterbedingte Ereignisse. Zu schweren Schäden bzw. Betriebsstörungen kam es in 4 der 10 Häfen (40%). Vor allem Sturmereignisse waren hierfür ursächlich. Sie führten in 3 von 10 Häfen (30%) zu schweren wetterbedingten Schäden bzw. Betriebsstörungen (siehe Abbildung 2). Generell waren fast alle befragten Häfen in den letzten 15 Jahren von den Auswirkungen von Sturmereignissen negativ betroffen, so gaben 9 der 10 Häfen (90%) an, dass es durch Sturmereignisse in den vergangenen 15 Jahren bei ihnen zu Schäden bzw.

Betriebsstörungen kam. In der Mehrheit der befragten Häfen kam es nach eigenen Angaben auch durch Hochwasser (70%), Starkregen (70%) und Eisgang (60%) zu Schadensfällen bzw. zu Betriebsstörungen. In keinem der befragten Häfen kam es hingegen durch fehlende Niederschläge, hohe Wassertemperaturen oder Hitzewellen zu Schäden oder Betriebsstörungen.

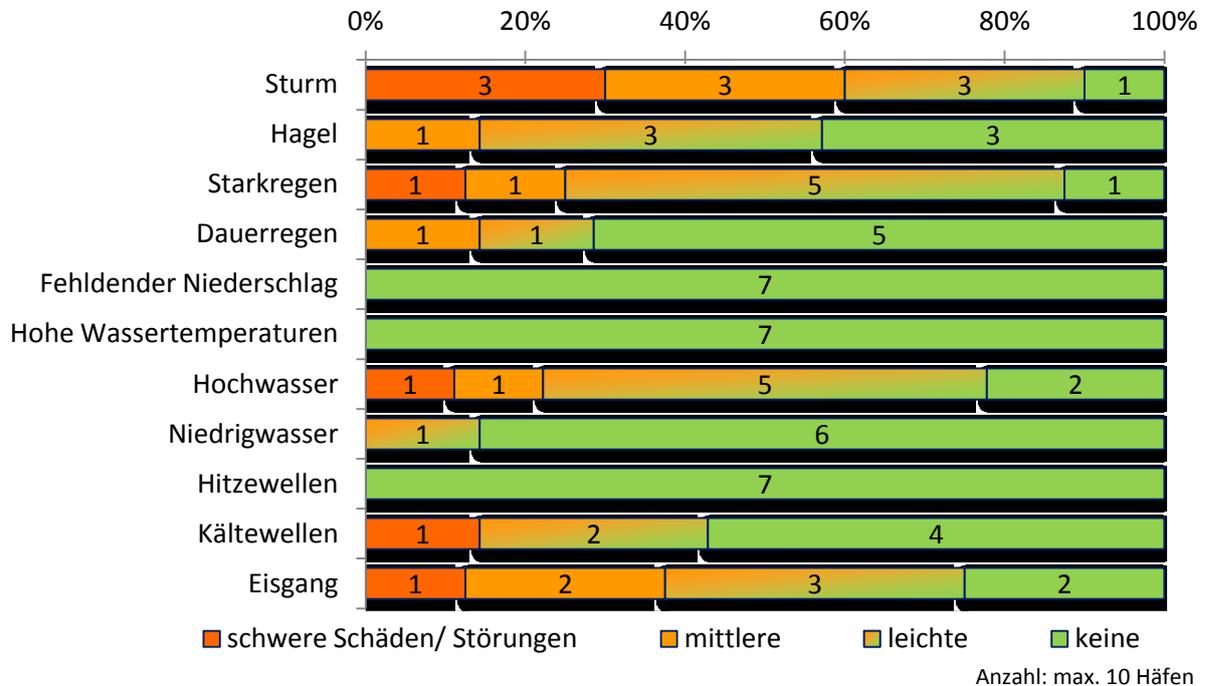


Abbildung 2: Schäden und Betriebsstörungen in den letzten 15 Jahren

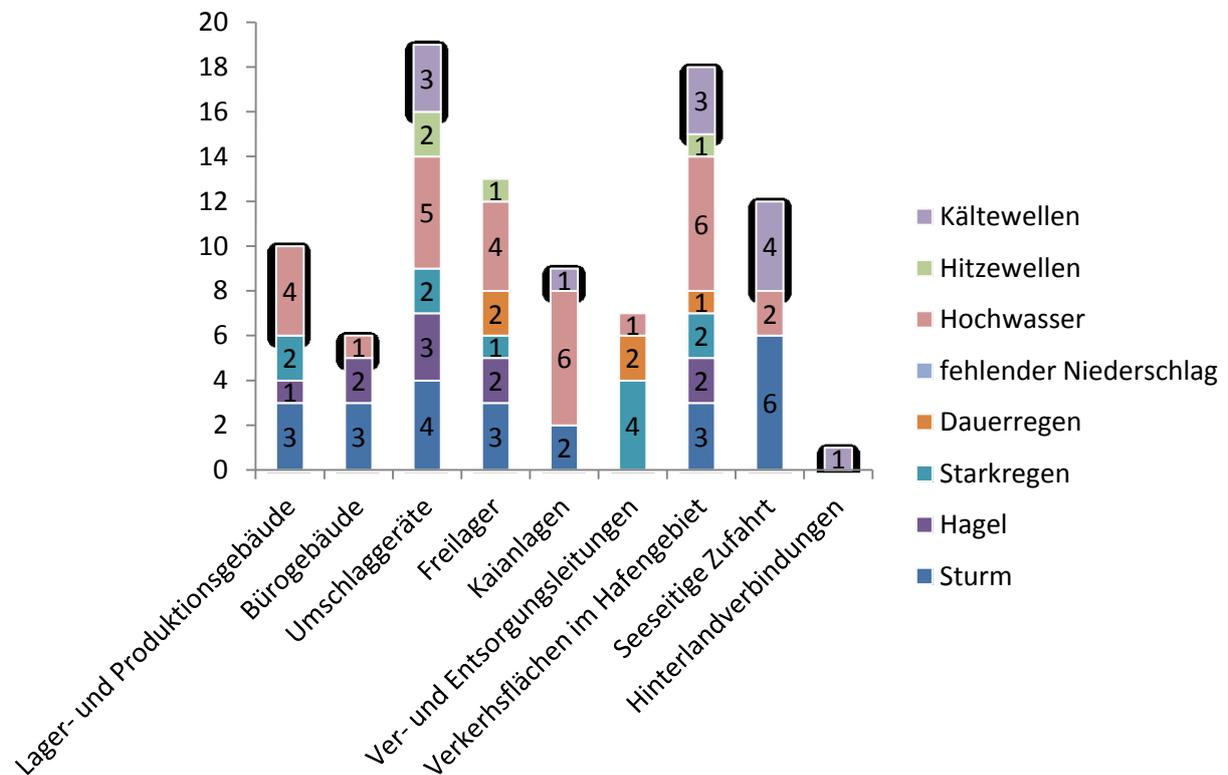
Quelle: Institut für ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW)

Auf die Frage, wie sich der Anteil der wetterbedingten Schäden und Betriebsstörungen in den letzten 15 Jahren verändert hat, gaben 6 von 9 Häfen (67%) an, dass es hier keine Veränderungen gab. 3 der 9 Häfen (33%), die diese Frage beantwortet haben, gaben jedoch an, dass der Anteil der Schäden bzw. Betriebsstörungen, die wetterbedingt auftraten, in den vergangenen 15 Jahren zugenommen habe.

Diese Angaben decken sich auch mit den Antworten der Häfen auf die Frage, ob sie bereits heute von den Folgen des Klimawandels betroffen seien. 5 von 7 Häfen (71%), die auf diese Frage geantwortet haben, gaben an, dass sie bislang nicht vom Klimawandel betroffen seien. Lediglich 2 der 7 Häfen (29%) vermuten bereits leicht von den Folgen des Klimawandels betroffen zu sein.

Wir wollten anschließend von den Häfen wissen, auf welche Infra- und Suprastrukturen sich diese wetterbedingten Ereignisse besonders negativ auswirken. Zusammen konnten die 10 Häfen an 9 Infra- und Suprastrukturen und 8 Wetterereignissen maximal 720 Punkte vergeben. Wobei das Erreichen einer Punktzahl von 720 bedeuten würde, dass jeder der 10 Häfen davon ausgeht, dass sich jedes der 8 abgefragten Wetterereignisse auf jede der 9 gelisteten Infra- bzw. Suprastrukturen negativ auswirken wird. Tatsächlich vergaben die 10 Häfen zusammen 95 Punkte. Die höchste Punktzahl unter den Infra- und Suprastrukturen erhielten mit 19 von möglichen 80 Punkten die Umschlaggeräte (siehe Abbildung 3). Vor allem Hochwasser (5 von 10 Häfen, 50%) und Sturm (4 von 10 Häfen, 40%) wirken sich nach Einschätzung der befragten Häfen negativ auf sie aus. Mit 18 von möglichen 80 Punkten erhielten die Verkehrsflächen in den Häfen die zweithöchste Punktzahl unter den abgefragten Infra- und Suprastrukturen. 6 der 10 Häfen gaben an, dass sie von Hochwasser

negativ betroffen sein könnten. Aber auch Stürme und Kältewellen (je 3 Häfen) können sich negativ auf die Verkehrsflächen auswirken. Die Angaben der Häfen zeigen außerdem, dass vor allem Hochwasser- und Sturmereignisse (29 Punkte bzw. 24 Punkte von jeweils möglichen 90 Punkten) negativ auf die Infra- und Suprastrukturen in den deutschen Ostseehäfen wirken. Während sich Hochwasserereignisse vor allem auf die Kaianlagen und Verkehrsflächen in den Häfen negativ auswirken (jeweils 6 von 10 Häfen, 60%), wirken sich Stürme vor allem auf seewärtige Zufahrten negativ aus (6 von 10 Häfen, 60%).

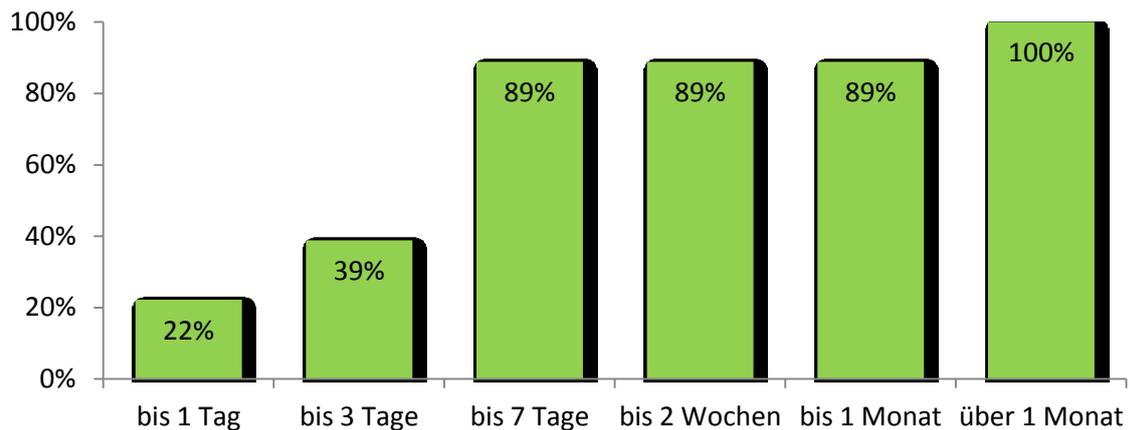


Anzahl: 10 Häfen

Abbildung 3: Von Extremwetterereignissen negativ beeinflusste Infra- und Suprastrukturen

Quelle: Institut für ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW)

An dieser Stelle möchten wir das Ergebnis einer Frage vorstellen, die wir den in den Häfen tätigen Unternehmen gestellt haben. Wir fragten die Unternehmen über welchen Zeitraum Ihr Unternehmen voll arbeits- und produktionsfähig bleibt, wenn der An- und Abtransport von Waren unterbrochen wird. Von 18 Unternehmen, die diese Frage beantwortet haben, gaben 22% an, dass sie bereits nach einem Tag nicht mehr voll arbeits- und produktionsfähig wären, wenn der An- und Abtransport von Waren unterbrochen ist. Nach drei Tagen der Unterbrechung des An- und Abtransports von Waren wären bereits 39% und nach sieben Tagen sogar 89% nicht mehr vollständig arbeits- und produktionsunfähig (siehe Abbildung 4).



Anzahl: 18 Unternehmen, kumulierte Werte

Abbildung 4: Funktionsfähigkeit des Unternehmens bei unterbrochener Zu- und Ablieferung

Quelle: Institut für ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW)

Wir fragten die Häfen anschließend, inwiefern sich die Veränderung bestimmter meteorologischer Bedingungen auf sie auswirken würde. Fast alle befragten Häfen (jeweils 90%) schätzten die potenzielle Abnahme von Eistagen und die Abnahme von Eisgang eher positiv bis positiv ein (siehe Abbildung 5). Sehr unterschiedlich schätzten die Befragten hingegen die Abnahme der sommerlichen Niederschläge ein. Hier gaben 5 von 9 Häfen (56%) an, dass sie keine Auswirkungen erwarten. Von den übrigen Häfen, die diese Frage beantwortet haben, erwarten 3 (33%) eher positive bis positive Auswirkungen durch die Abnahme von sommerlichen Niederschlägen. Ähnlich auseinander fielen auch die Erwartungen zu den Auswirkungen des Meeresspiegelanstiegs und der potenziellen Zunahme der Sediment-Transportkapazität. Zwar erwartet jeweils die Mehrheit der befragten Häfen, dass sich der Meeresspiegelanstieg (70%) und die potenzielle Zunahme der Sediment-Transportkapazität (60%) eher negativ oder negativ auf sie auswirken werden, doch gehen auch 3 bzw. 4 Häfen davon aus, dass sich diese Entwicklungen nicht oder sogar positiv auf sie auswirken könnte. Von allen der 10 befragten Häfen werden hingegen eher negative bis negative Auswirkungen durch die potenzielle Zunahme von Starkregenereignissen und der Intensität von Stürmen erwartet. Auch der Anstieg der Sturmhochwasserstände (90%) und die Zunahme der Winterniederschläge (80%) werden von der überwiegenden Mehrheit der Befragten mit eher negativen oder negativen Auswirkungen verknüpft.

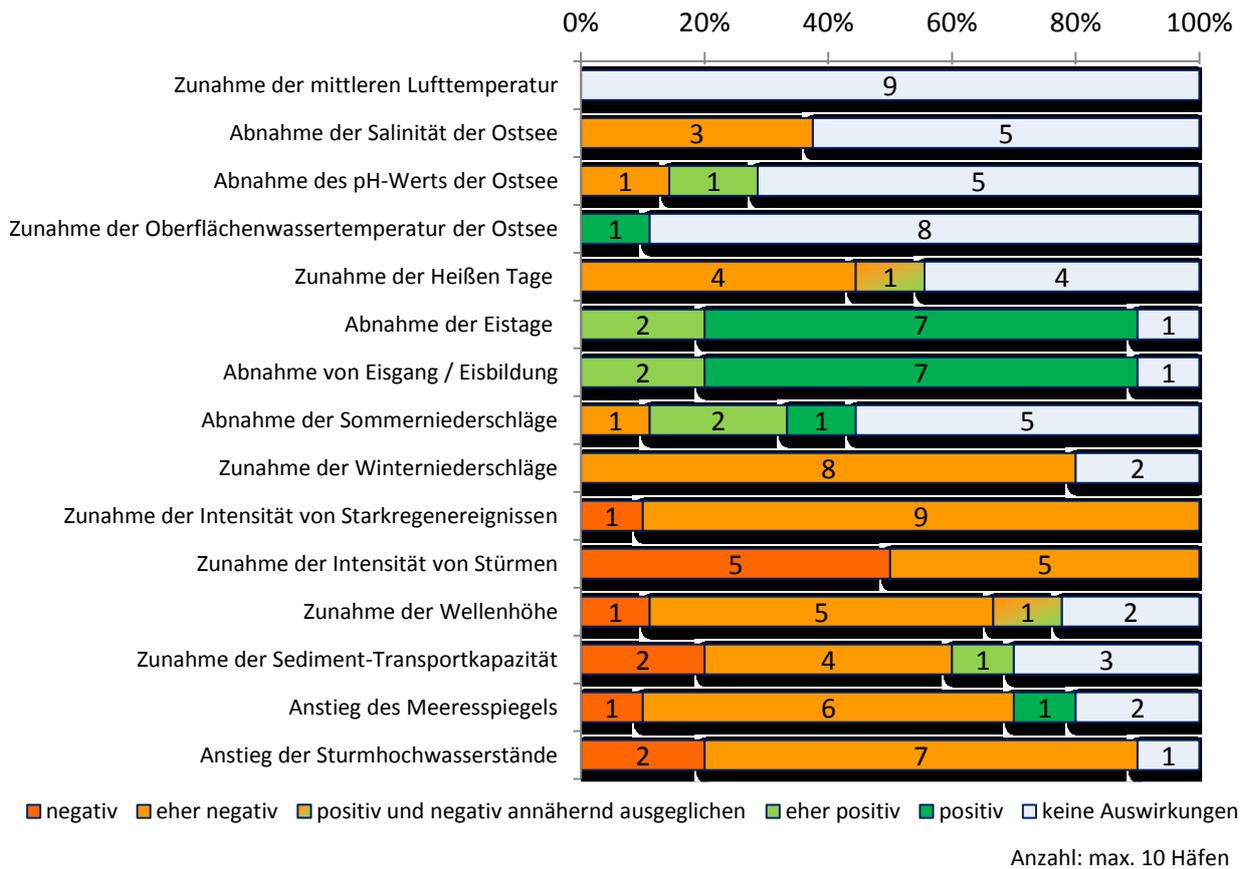


Abbildung 5: Potenzielle Auswirkungen des Klimawandels

Quelle: Institut für ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW)

Wir fragten die Häfen außerdem, ab welchem Meeresspiegelanstieg sie in ihrem Hafen mit Problemen rechnen. Den Antworten zufolge käme es bei einem Meeresspiegelanstieg von bis zu 79 cm in jedem zweiten der 10 befragten Häfen zu Problemen (siehe Abbildung 6). Bis zu einem Anstieg um 99 cm hätten 9 der 10 Häfen (90%) Probleme und spätestens bei einem Meeresspiegelanstieg von bis zu 124 cm käme es in allen befragten Häfen zu ernsthaften Problemen.

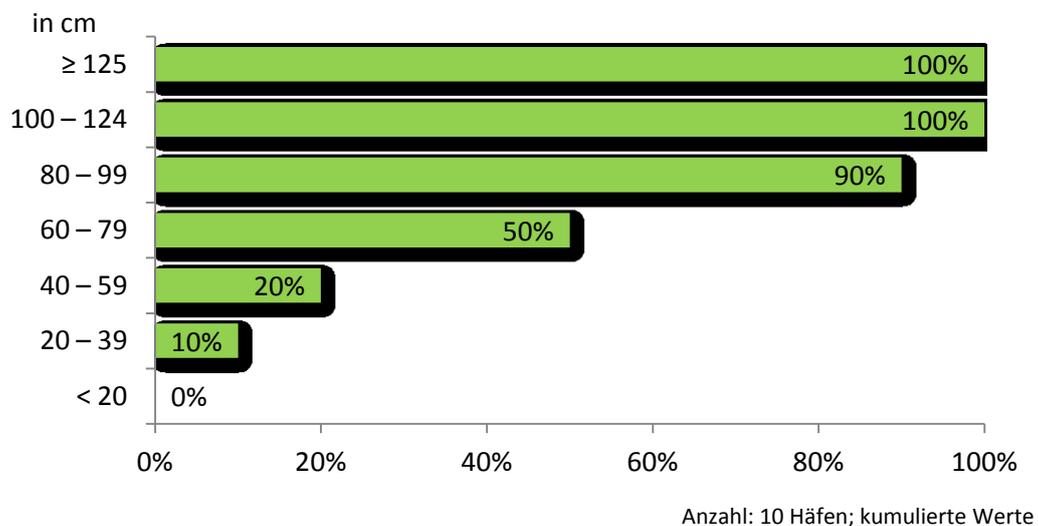
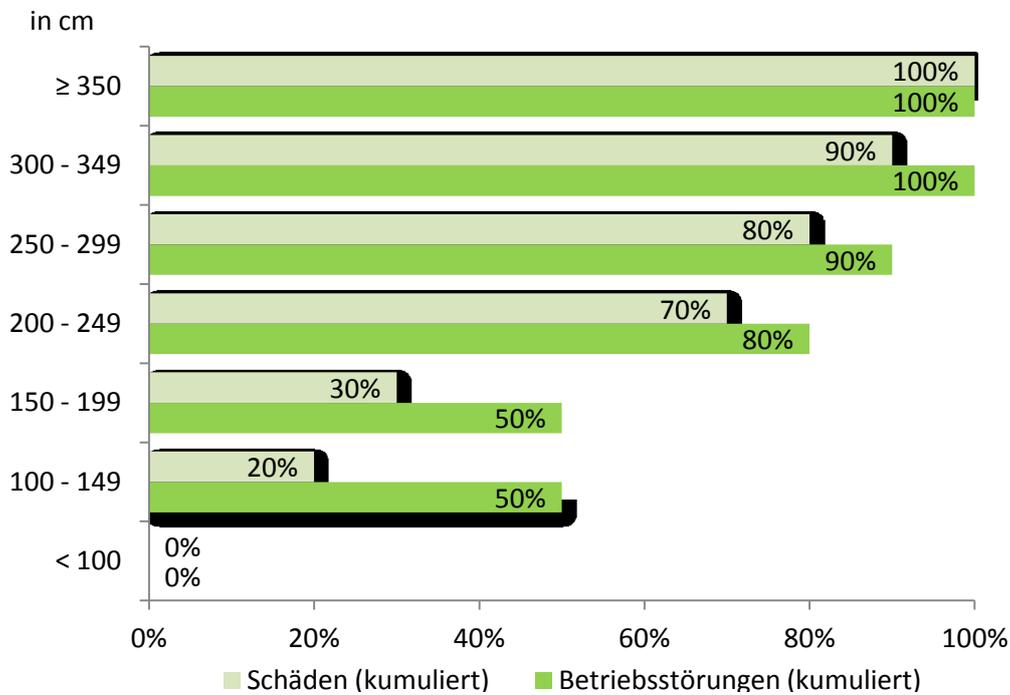


Abbildung 6: Problematischer Meeresspiegelanstieg

Quelle: Institut für ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW)

Die gleiche Frage stellten wir den Häfen in Bezug auf die Betroffenheit durch Sturmhochwasserstände. 3 der 10 befragten Häfen (30%) gaben an, dass sie bei einem schweren Sturmhochwasser mit einem maximalen Wasserscheitelstand zwischen 150 und 199 cm über Normalnull (NN) mit Schäden rechnen (siehe Abbildung 7). Beim Auftreten eines Sturmhochwassers mit 2 bis 2,49 m über NN rechnen 7 der 10 befragten Häfen mit Schäden.



Anzahl: 10 Häfen; kumulierte Werte

Abbildung 7: Problematischer Sturmhochwasserstand

Quelle: Institut für ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW)

Wir fragten die Häfen anschließend, von welchen Chancen und Risiken sie im Zusammenhang mit dem Klimawandel ausgehen. Chancen verbanden die Befragten vor allem mit der globalen Erwärmung. So zielen die drei am häufigsten genannten Chancen (die verbesserte Erreichbarkeit der Häfen (durch seltenere Eisbildung), 90%, die Reduktion der Kosten für Schneeräumung und Enteisung, 80%, und die Reduktion der Kosten für Heizwärme, 40%) auf diesen Aspekt des Klimawandels (siehe Abbildung 8). 2 der 10 befragten Häfen (20%) sehen den Klimawandel als Chance, sich frühzeitig als klimaangepasster Hafen positionieren zu können und mit dieser Vorreiterrolle Wettbewerbsvorteile nutzen zu können. Mit Ausnahme eines Hafens, der angab eine allgemeine Senkung der Betriebskosten als Chance des Klimawandels zu sehen, nannten die Befragten keine weiteren mit dem Klimawandel verbundenen Chancen.

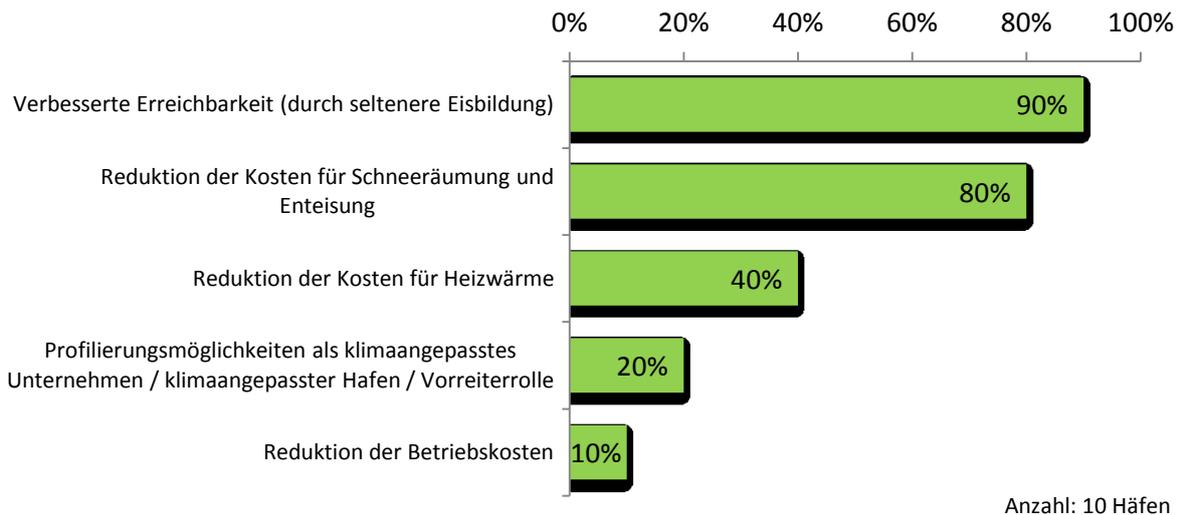
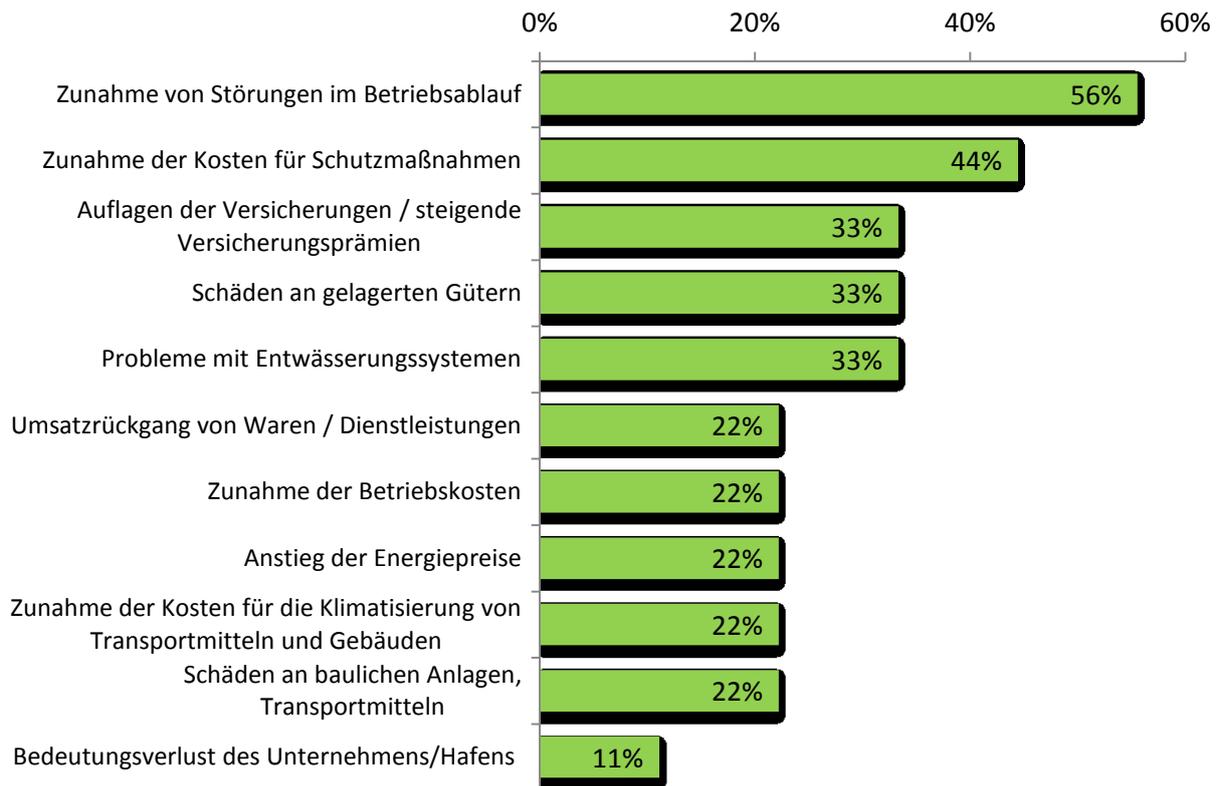


Abbildung 8: Chancen des Klimawandels

Quelle: Institut für ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW)

Deutlich heterogener fielen die Antworten der Häfen zu den Risiken des Klimawandels aus. Am häufigsten wurde die Zunahme von Störungen im Betriebsablauf als Risiko genannt. 5 der 9 Häfen (56%), die diese Frage beantworteten, halten dies für ein realistisches, mit dem Klimawandel verbundenes Risiko (siehe Abbildung 9). Das Risiko zunehmender Schäden wurde hingegen seltener genannt. So sehen 3 der 9 Häfen (33%) die mögliche Zunahme von Schäden an gelagerten Gütern und 2 der 9 Häfen (22%) die mögliche Zunahme von Schäden an Infra- und Suprastrukturen als Risiko. Etwas häufiger (4 von 9 Häfen, 44%) wurde die Zunahme von Kosten für Schutzmaßnahmen genannt. Darüber hinaus sehen 3 der 9 Häfen (33%) steigende Versicherungsprämien bzw. schärfere Versicherungsauflagen als Risiko an. Ebenso viele Häfen stufen auch wachsende Probleme mit den Entwässerungssystemen als Risiko ein.



Anzahl: 9 Häfen

Abbildung 9: Risiken des Klimawandels

Quelle: Institut für ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW)

Wir baten die Befragten außerdem einzuschätzen, wie sich der Klimawandel in den nächsten 40 Jahren auf die Entwicklung ihres Hafens auswirken könnte. 4 der 8 Häfen (50%), die diese Frage beantworteten, erwarten, dass sich die positiven und negativen Auswirkungen des Klimawandels auf ihren Hafen annähernd ausgleichen werden. Jeweils 25% der befragten Häfen erwartet keine beziehungsweise eher negative Auswirkungen auf ihren Hafen.

Wir baten die Häfen anzugeben, inwieweit sie der Aussage „Die Folgen des Klimawandels werden den operativen Betrieb unseres Hafens zukünftig nicht betreffen“ zustimmen. Ihre Zustimmung zu dieser Aussage sollten die Häfen auf einer Skala von 1 bis 6 bewerten, wobei 1 für „Ich stimme voll zu“ und 6 „Ich stimme überhaupt nicht zu“ steht. 5 von 8 Häfen (63%) wählten die 1 oder die 2. Sie gehen offensichtlich davon aus, dass sich der Klimawandel in Zukunft gar nicht bis kaum auf den operativen Betrieb ihres Hafens auswirken wird. Die restlichen 3 Häfen waren sich weniger sicher und wählten auf der Skala die 3.

Die Befragungsergebnisse zur bisherigen und erwarteten Betroffenheit der deutschen Ostseehäfen machen deutlich, dass die deutschen Ostseehäfen aufgrund ihrer Lage im Übergangsbereich von Land und See seit jeher von extremen Wetterereignissen, wie Stürmen und Sturmhochwassern heimgesucht werden. In den vergangenen 15 Jahren verzeichneten alle befragten Häfen durch Wetterereignisse verursachte Schäden und Betriebsstörungen. Vor allem Sturmereignisse, aber auch Starkregen, Hochwasser und Eisgang waren in vielen Häfen die Ursache für Schäden und Betriebsstörungen. Besonders Umschlagsgeräte, Verkehrsflächen, Freilager und seeseitige Zufahrten, aber auch

Kaianlagen sowie Lager- und Produktionsgebäude waren negativ von Wetterereignissen betroffen. In 4 der 10 befragten Häfen führten Wetterereignisse in den vergangenen 15 Jahren sogar zu schweren Schäden bzw. Betriebsstörungen. Verallgemeinerbare Aussagen über Umfang und Ausmaß der Schäden und Betriebsstörungen in den deutschen Ostseehäfen können auf der Grundlage dieser Befragungsergebnisse jedoch nicht getroffen werden.

Die Befragung ergab jedoch, dass bei einem Drittel der 9 befragten Häfen (33%) der Anteil der wetterbedingten Schäden und Betriebsstörungen in den vergangenen 15 Jahren zugenommen hat, während die anderen Häfen keine Veränderungen wahrnahmen. Zudem erwarten 2 der 8 befragten Häfen (25 %), dass sich der Klimawandel in den nächsten 40 Jahren eher negativ auf sie auswirken wird. Negative Auswirkungen befürchten die Häfen vor allem von der potenziellen Zunahme von Starkregenereignissen, von Winterniederschlägen, intensiver Stürme und vom Anstieg der Sturmhochwasserstände und des Meeresspiegelanstiegs.

Die Befragungsergebnisse lassen den vorsichtigen Schluss zu, dass die wetterbedingten Schäden und Betriebsstörungen in den befragten Häfen tendenziell zunehmen. Es ist nicht auszuschließen, dass für die Zunahme der wetterbedingten Schäden und Betriebsstörungen bereits heute der Klimawandel teilweise ursächlich ist. Nach den Erwartungen der befragten Häfen werden sie zukünftig, wenn, dann eher negativ vom Klimawandel betroffen sein werden.

Der sich beschleunigte Anstieg des Meeresspiegels kann bis zur Mitte des Jahrhunderts in 2 und in den darauffolgenden Jahrzehnten in allen befragten Häfen Anpassungsbedarf provozieren. So veröffentlichte der National Research Council (U.S.) (NRC) 2010 eine Auswertung verschiedener Studien zum Meeresspiegelanstieg (vgl. u. a. Siddall et al. 2010; Grinsted et al. 2009; Vermeer und Rahmstorf 2009; Horton et al. 2008; Pfeffer et al. 2008; Rahmstorf 2007; Rohling et al. 2007). Eine Vielzahl dieser Studien geht von einem Meeresspiegelanstieg bis zum Ende des 21. Jahrhunderts zwischen 56 und 200 cm aus (National Research Council (U.S.) 2010, 245). Zudem gehen alle Studien davon aus, dass sich der Meeresspiegelanstieg im Laufe dieses Jahrhunderts weiter beschleunigen wird.

Bis zur Mitte dieses Jahrhunderts könnte, den oben genannten Studien zufolge, der Meeresspiegel bis zu 60 cm über dem Niveau des Referenzzeitraumes 1980 bis 1999 liegen. Unsere Befragung ergab, dass 2 der 10 befragten Häfen bei einem Anstieg des Meeresspiegels mit Problemen rechnen und dementsprechend in diesen Häfen bereits bis zur Mitte dieses Jahrhunderts Handlungsbedarf bezüglich des Meeresspiegels entstehen kann. In den übrigen Häfen könnte in der zweiten Hälfte dieses Jahrhunderts ebenfalls und durch die Beschleunigung des Meeresspiegelanstiegs in einem deutlich kürzeren Zeitraum Anpassungsbedarf entstehen.

Zudem besteht bei der Mehrheit der befragten Häfen der dringende Bedarf, die eigene Verwundbarkeit gegenüber Sturmhochwasserereignissen von mehr als 2 m über Normalnull (NN) zu prüfen und ggf. Schutzmaßnahmen zu ergreifen. So rechnen 5 der 10 befragten Häfen bei einem schweren Sturmhochwasser von 1,5 bis 1,99 m über Normalnull (NN) mit Betriebsstörungen. In immerhin 3 der 10 Häfen käme es nach Angaben der Häfen bei einem solchen Ereignis auch zu Schäden. In den vergangenen Jahrzehnten kam es mehrmals zu einem solchen Sturmereignis. Statistisch tritt ein schweres Sturmhochwasser bis 1,99 m über NN in der Ostsee alle fünf bis 20 Jahre auf.

Im vergangenen Jahrhundert traten in der südwestlichen Ostsee zudem zwei als sehr schwer eingestufte Sturmhochwasser mit einem Scheitelpunkt von 2,05 m (Lübeck-

Travemünde 1954) bzw. 2,09 m (Lübeck 1904/05) über NN auf. Auch wenn solche Sturmhochwasser selten auftreten, können sie sich jederzeit erneut ereignen. Zudem erhöhen der Meeresspiegelanstieg und die potenzielle zunehmende Intensität von Stürmen die Wahrscheinlichkeit des Auftretens schwerer und sehr schwerer Sturmhochwasser. So würde das Sturmhochwasser von 1904/05 mit einem damals in Lübeck gemessenen maximalen Scheitelwasserstand von 2,09 m über NN heutzutage, allein durch den heute höheren Meeresspiegel, mit einem maximalen Scheitelwasserstand von über 2,25 m über NN auflaufen. Bei einem solchen jederzeit möglichen Ereignis rechnen bis zu 7 der 10 befragten Häfen mit Schäden. Ein Teil dieser Häfen würde vermutlich sogar schwere Schäden verzeichnen, wenn man berücksichtigt, dass in den vergangenen 15 Jahren 4 der 10 befragten Häfen schwere Schäden durch weniger schwere Sturmhochwasser (<2 m über NN) registrierten.

Eine Wiederholung des in der südwestlichen Ostsee seit Beginn der Aufzeichnungen schwersten Sturmhochwassers (Lübeck-Travemünde 1872, 3,3 m über NN), welches als 200-jährliches Ereignis eingestuft ist, könnte heutzutage, allein durch den Meeresspiegelanstieg, mit einem maximalen Scheitelwasserstand von etwa 3,5 m über NN auflaufen und in allen befragten Häfen mitunter zu sehr schweren Schäden und Betriebsstörungen führen. Erschwerend kommt hinzu, dass solch schwere Sturmhochwasser nur eine kurze Vorwarnzeit ermöglichen. So deutete 1872 bis weniger als zwei Tage vorher nichts auf das bislang schwerste Ostseesturmhochwasser hin (Wisker 2013).

Schäden und/oder Betriebsstörungen in den Häfen können dazu führen, dass die An- und Ablieferung von Gütern zeitweise unterbrochen wird. Nach eigenen Angaben würden bei einer Unterbrechung der An- und Ablieferung von Gütern von 18 befragten Unternehmen bereits 22% nach einem Tag und 39% nach drei Tagen nicht mehr voll arbeits- und produktionsfähig sein. Neben direkten Schäden an Infra- und Suprastrukturen drohen somit bei einem schweren Sturmhochwasser auch durch Produktionsausfälle in den ansässigen Unternehmen Schäden zu entstehen. Hafenbehörden und Unternehmen sollten daher prüfen, welche Schutzmaßnahmen sie gegen schwere Sturmhochwasser ergreifen können.

3.4 Die Sensitivität der deutschen Ostseehäfen

Aufbauend auf den in den vorherigen Abschnitten vorgestellten Ergebnissen zur Exposition und der bisherigen und erwarteten Betroffenheit der deutschen Ostseehäfen gegenüber Wetterereignissen und einer ebenfalls durchgeführten Literaturrecherche wurden acht Handlungsfelder identifiziert, auf denen sich die deutschen Ostseehäfen in Abhängigkeit von der individuellen Betroffenheit an den Klimawandel anpassen müssen. Zu diesen acht Handlungsfeldern zählen:

- die Struktur und das Volumen der Seegüter,
- die Navigation und das Anlegen von Schiffen,
- der Umschlag und die Lagerung von Gütern,
- die menschliche Gesundheit,
- die Umwelt,
- die Versicherungen,
- die Reputation und
- die Hinterlandverkehre

der Häfen. Im Folgenden wird für jedes dieser Handlungsfelder die Sensitivität der deutschen Ostseehäfen gegenüber den Änderungen des Klimas beschrieben. An dieser Stelle sei noch einmal der Hinweis wiederholt, dass es sich hierbei lediglich um allgemeine Entwicklungstendenzen handelt, deren Gültigkeit für jeden einzelnen Hafen überprüft werden muss.

3.4.1 Handlungsfeld: Struktur und Volumen der Seegüter

Die Art und der Umfang des Güterumschlags in den deutschen Ostseehäfen sind stark von der Struktur und dem Volumen des Handels zwischen den Staaten des Ostseeraumes abhängig. Rund 80% der in den deutschen Ostseehäfen umgeschlagenen Güter stammen aus dem ostseeinternen Verkehr. An den 54,6 Millionen Tonnen, die im Jahr 2010 in den deutschen Ostseehäfen umgeschlagen wurden, haben land- und forstwirtschaftliche Güter einen überdurchschnittlichen Anteil von 16%. Die Ostseehäfen sind regional somit hochgradig und bzgl. der Gütergruppen leicht spezialisiert. Auf Ebene der Häfen sind regionale und sektorale Spezialisierungen teilweise deutlich stärker ausgeprägt.

Als klimatische Stressfaktoren in diesem Handlungsfeld wurden der potenzielle Anstieg der winterlichen und sommerlichen Temperaturen, Änderungen in den Niederschlagsregimen sowie die mögliche Zunahme von Extremwetterereignissen identifiziert.

Diese Stressfaktoren beeinflussen bereits heutzutage sowohl das Güterangebot als auch die Güternachfrage im Ostseeraum und wirken sich somit auch auf die Art und das Volumen der gehandelten Güter zwischen den Staaten des Ostseeraumes aus. So lassen milde Winter den Wärmebedarf während der Heizperiode und damit den Handel von Mineralölzeugnissen deutlich sinken. Hingegen steigt in einer heißen Sommerperiode der Energieverbrauch, durch einen erhöhten Kühl- und Klimatisierungsbedarf, deutlich an, womit auch die Nachfrage nach für die Verstromung eingesetzten Primärenergieträgern zunimmt. Besonders niederschlagsarme bzw. –reiche Phasen während der Vegetationsperiode führen zudem zu erheblichen Ertragsausfällen in der Landwirtschaft. Sturmereignisse führen zudem immer wieder zu großen Mengen Bruchholz in der Forstwirtschaft. Beides wirkt sich auf den Handel von land- und forstwirtschaftlichen Erzeugnissen und daraus hergestellten Waren aus.

Ausgehend von den Klimaprojektionen ist für die deutsche Ostseeregion mit einem weiteren Anstieg der Temperaturen sowohl in den Wintermonaten als auch in den Sommermonaten zu rechnen. Beides könnte zunehmend die Art und den Umfang der über die Häfen umzuschlagenden Primärenergieträger auswirken (Stenek et al. 2011, 16). Hier sei angemerkt, dass die Energiewende in Form der zunehmenden Substitution konventioneller Energieträger (wie Kohle oder Erdöl) durch erneuerbare Energien (wie Wind- und Solarenergie) und der effizienteren Nutzung von Energie den Umschlag von Primärenergieträgern in den Häfen deutlich reduzieren könnte. Die mögliche Zunahme von extremen Wetterereignissen wie Starkregen, Hagel, Stürmen, heißen und extrem trockenen Perioden könnte jedoch zu verstärkten Handelsströmen führen, um kurzfristig entstandene regionale Überschüsse oder Defizite in der land- und forstwirtschaftlichen Produktion zwischen die Ostseeanrainern auszugleichen.

Langfristig können die oben genannten klimatischen Stressfaktoren zu Verschiebungen der Klimazonen und zu Änderungen bei den Vegetationsperioden führen. Beides hätte, wie auch das Auftreten von Extremwettern, erheblichen Einfluss auf die land- und forstwirtschaftlichen Erträge. Die fischereiwirtschaftliche Produktion könnte von der Erwärmung, der Versauerung und dem abnehmenden Salzgehalt der Gewässer ebenfalls betroffen sein. Damit einher gehen Änderungen im Handel und folglich auch im Seegüterumschlag dieser Gütergruppen.

Darüber hinaus ist ein Einfluss des Klimawandels auf die Bevölkerungsbewegung zu erwarten. Kommt es zu einer Verschlechterung der klimatischen Lebensbedingungen in einer Region, ist damit zu rechnen, dass diese Region zunehmend Einwohner und Kaufkraft verliert. Die Bedeutung der Region, auch als Absatzmarkt für Seegüter, könnte in der Folge sinken (Bailey 2008). Nach den Sonstigen Halb- und Fertigwaren, die 2010 einen Anteil von 54 % an den insgesamt in den deutschen Ostseehäfen umgeschlagenen Gütern ausmachten, sind die land- und forstwirtschaftlichen Erzeugnisse und andere Nahrungs- und Futtermittel (zusammen 18 %) sowie die festen mineralischen Brennstoffe und Erdöl, Mineralölerzeugnisse, Gase (zusammen 12 %) die umschlagsstärksten Gütergruppen. Folglich würden die hier zu erwartenden möglicherweise deutlichen Änderungen auch den Güterumschlag der Häfen beeinflussen.

Spezifische Aussagen zur Sensitivität einzelner Häfen gegenüber dem Klimawandel lassen sich allerdings nicht treffen. Hierfür sind die Häfen sowohl in ihrer regionalen als auch in ihrer gütergruppenspezifischen Ausrichtung zu verschieden. Allgemein lässt sich jedoch festhalten, dass Häfen mit einer heterogenen Güterstruktur, einem großen Hinterland und räumlich breit verteilten Relationen eine geringere Klimasensitivität bzgl. des Güterumschlags aufweisen dürften, als regional wie sektoral hoch spezialisierte Häfen.

3.4.2 Handlungsfeld: Navigation und Anlegen von Schiffen

Die Mehrzahl der deutschen Ostseehäfen liegt in Flussmündungen oder Meeresbuchten. Schiffe, die diese Häfen ansteuern, müssen teilweise enge und flache Küstengewässer befahren. Die Länge der Seezufahrten der deutschen Ostseehäfen variiert von 0 Seemeilen für den Hafen Sassnitz bis 36 Seemeilen für den Hafen Stralsund. Für letzteren beträgt die durchschnittliche Revierfahrt ca. 4 Stunden.

Abhängig von der technischen Ausrüstung, der Größe und dem Tiefgang des Schiffes sowie der aktuellen Wetterlage kann die Befahrung der seeseitigen Hafenzufahrten eine besondere Herausforderung für die Navigation der Schiffe darstellen. Die Gefahr von Havarien ist in diesen Abschnitten somit vergleichsweise hoch. Zudem sind die Uferzonen häufig von hoher ökonomischer und oder ökologischer Wertigkeit. Die vergleichsweise hohe Schadenswahrscheinlichkeit und das hohe Schadensausmaß lassen daher der maritimen Verkehrssicherung in diesen Gewässerabschnitten eine besonders hohe Aufmerksamkeit zukommen. Auch das Anlegen einschließlich des Manövrierens und des Festmachens der Schiffe an den Terminals ist mit entsprechendem Sicherheitsaufwand verbunden, um Gefahren für die menschliche Gesundheit, die natürliche Umwelt und für Sachwerte zu vermeiden.

Neben der Sicherheit des Schiffsverkehrs ist auch dessen Zuverlässigkeit von herausragender Bedeutung. Eine möglichst verzögerungsfreie Fahrt und ein reibungsloses An- und Ablegen der Schiffe ist wichtig, um Verspätungen im in der Regel eng getakteten Fahrplan von Linienverkehren (wie sie im Ostseeraum sehr weit verbreitet sind) zu vermeiden. Kommt es doch zu Verzögerungen, müssen die Schiffe unter hohem zusätzlichem Kraftstoffeinsatz (verbunden mit hohen Emissionen) versuchen, diese Verzögerungen auf See wieder auszugleichen. Gelingt dies nicht, drohen auf den nachgelagerten Stufen der Logistikkette empfindliche Störungen und ökonomische Schäden.

Der Klimawandel könnte sich zunehmend auf das Navigieren und das Anlegen von Schiffen auswirken und somit auch die Sicherheit und die Zuverlässigkeit der Schiffsverkehre beeinflussen. Positiv könnte sich der Meeresspiegelanstieg auf den zulässigen Tiefgang der Schiffe auswirken, denn allein durch das Anheben des mittleren Meeresspiegels ist es denkbar, dass zukünftig Schiffe mit einem größeren Tiefgang die deutschen Ostseehäfen

anlaufen können (Stenek et al. 2011). Sollte kein größerer Tiefgang erforderlich sein, könnten stattdessen Baggerarbeiten in Fahrrinnen und Hafenbecken reduziert und somit Kosten gesenkt werden.

Der Meeresspiegelanstieg kann sich allerdings auch negativ auf die Navigation und das Anlegen von Schiffen auswirken. So könnten sich zum Beispiel Einschränkungen hinsichtlich der Passierbarkeit von Brücken ergeben (USCCSP 2009). Die Zeitfenster der Passierbarkeit würden sich verkleinern bis sie nach und nach für immer mehr Schiffe verschwinden. Für den Hafenstandort hätte dies fatale Folgen.

Neben dem Meeresspiegelanstieg kann auch die potenzielle Zunahme von Stürmen und schwerem Seegang das Navigieren sowie das Anlegen von Schiffen erschweren. Bei hohen Wind- und niedrigen Fahrtgeschwindigkeiten könnten insbesondere Fähren und Kreuzliner, die dem Wind eine große Angriffsfläche bieten, gegen Ufermauern und andere Objekte auf dem Wasser gedrückt werden.

3.4.3 Handlungsfeld: Umschlag und Lagerung von Gütern

Der Umschlag und die Lagerung von Gütern zählen zu den originären Aufgaben von Häfen. Neben zumeist größeren Universalhäfen, in denen verschiedene Gütergruppen und Ladungsarten (wie bspw. flüssiges und trockenes Massengut, konventionelles Stückgut, Containergut, Fahrzeuge) umgeschlagen werden können, haben sich insbesondere kleinere und mittlere Ostseehäfen auf den Umschlag einiger weniger Ladungsarten und Gütergruppen spezialisiert. Innerhalb der Häfen verfügen die einzelnen Terminals aus Gründen der Sicherheit und der Effizienz über verschiedene und zumeist auf einzelne Gütergruppen oder Ladungsarten ausgerichtete Umschlaggeräte, welche den speziellen Anforderungen einzelner Ladungsarten und Gütergruppen entsprechen. Die Kehrseite dieser Spezialisierung einzelner Terminals ist der Verlust von Flexibilität, sodass einzelne Terminals nicht ohne weiteres die Funktionen anderer Terminals übernehmen können. Selbiges gilt auch für ganze Hafenstandorte, die sich auf nur wenige Gütergruppen und Ladungsarten spezialisiert haben.

Die Lagerung von Gütern erfolgt in Freilagern und zunehmend in auf einzelne Gütergruppen spezialisierten Hallen. Die Häfen übernehmen zudem mehr und mehr logistische Zusatzaufgaben, die von Industrie- und Handelsunternehmen ausgelagert werden. Die Ausweitung der Lagerkapazitäten führt zugleich zu einer Akkumulation von Sachwerten in den Häfen.

Der Güterumschlag könnte von der Reduktion der Frost- und Eistage sowie der sommerlichen Regentage positiv beeinflusst werden. So würden durch einen Rückgang von Eis, Schnee und sommerlichen Niederschlägen die Reibungsverluste in den Betriebsabläufen sinken und die Produktivität steigen. Zudem kann sich die tendenziell sinkende Eis- und Schneelast auf den Dächern von Lagerhallen und auf den Freilagerflächen positiv auf den Hafenbetrieb auswirken.

Zu bedenken sind dahingegen Laderampen, die durch den Meeresspiegelanstieg außerhalb ihres zulässigen Anstellwinkels geraten sowie tiefgelegene Kaianlagen, die dauerhaft überschwemmt und damit unbenutzbar werden können. Generell könnte es durch den Meeresspiegelanstieg vermehrt zu Behinderungen auf den Verkehrs- und Lagerflächen in den Häfen kommen. Denn mit wenigen Ausnahmen verfügen fast alle deutschen Ostseehäfen über Terminalflächen, die unterhalb des aktuellen Bemessungshochwassers liegen. Diese Flächen sind folglich bereits heute und mit dem Meeresspiegelanstieg im

zunehmenden Maße hochwassergefährdet. Es drohen Störungen in den Betriebsabläufen und Schäden an Gütern sowie Infra- und Suprastrukturen.

Bei Zunahme der winterlichen Niederschlagsmenge und von Starkregenereignissen kann es insbesondere bei der Verladung von nicht wasserresistenten Gütern, wie zum Beispiel von Papiererzeugnissen, zu Behinderungen kommen (Wenzel und Treptow 2013). Ein Anstieg der Temperaturen kann zu einem schnelleren Verderben von Lebensmitteln führen und erfordert daher einen steigenden Kühlbedarf. Zudem ist eine Erhöhung der Schwelbrandgefahr durch wärmere und trockenere Sommermonate bei der Verladung und Lagerung von Kohle und anderen Schüttgütern denkbar (Stenek et al. 2011). Die potenzielle Zunahme von Starkwinden könnte die Einsetzbarkeit von Kränen und Verladebrücken einschränken (Chhetri et al. 2013). Darüber hinaus droht die Zunahme von Schäden an Gütern sowie Infra- und Suprastrukturen.

3.4.4 Handlungsfeld: Menschliche Gesundheit

Rund 20.000 Beschäftigte sind in der Hafenwirtschaft und im Seeverkehr in Schleswig-Holstein und Mecklenburg-Vorpommern tätig. Die in der Hafenwirtschaft tätigen Personen verrichten überwiegend körperliche Arbeiten im Freien, in Lager- und Produktionsgebäuden, als Führer/innen von Umschlagsgeräten sowie vorwiegend sitzende Tätigkeiten in den Verwaltungsgebäuden der Hafenbehörden und maritimen Unternehmen.

Insbesondere die im Freien tätigen Personen sind mitunter hohen wetterbedingten Belastungen, wie Kälte, Hitze, Starkregen und -wind ausgesetzt. Aber auch für in geschlossenen Räumen tätige Personen können wetterbedingte Belastungen insbesondere in Form von Hitze eine hohe Belastung darstellen.

Der Klimawandel wird somit Auswirkungen auf die Arbeitsbedingungen und die Gesundheit der in den Häfen beschäftigten Personen haben. Positiv könnte sich die Abnahme von Eis- und Frosttagen auswirken. Arbeitsunfälle, durch Eisglätte verursacht, könnten abnehmen und generell angenehmere Temperaturen in den Wintermonaten könnten die Arbeitsproduktivität steigern. Hingegen kann sich die Zahl von Hitze-, Starkregen- und Starkwindtagen zukünftig erhöhen. Sinkende Konzentrationsfähigkeit durch Hitzebelastung, Sichtbehinderungen und Glättegefahr bei Starkregen und Verletzungsgefahr durch herumfliegende Gegenstände bei Starkwind sind die möglichen Folgen. Ohne zusätzliche Vorsorgemaßnahmen könnte die Zahl der wetterbedingten Arbeitsunfälle zunehmen und in diesem Zusammenhang die Arbeitsproduktivität sinken.

3.4.5 Handlungsfeld: Umwelt

Die Häfen sind große Industrie- und Gewerbegebiete. In ihnen wird eine Vielzahl von umweltrelevanten Tätigkeiten ausgeübt. Hierzu zählen u.a. das Versiegeln von Flächen, der Ausbau von Fahrrinnen und Hafenbecken, der Einsatz lauter Transport- und Umschlaggeräte, die Erzeugung elektrischer Energie an Land und auf den Schiffen, die umfangreiche nächtliche Beleuchtung von Hafenflächen, der Umschlag und die Lagerung von Gefahrgut und staubigen Schüttgütern sowie das Betanken von Schiffen und Landfahrzeugen. Die voraussichtlich auch in Zukunft weiter steigende Zahl beförderter Seegüter und der damit verbundene Anstieg umzuschlagender Güter in den Häfen, könnte die von den Hafenstandorten ausgehenden Umweltbelastungen weiter erhöhen. Dem stehen jedoch die Bemühungen der Häfen gegenüber ihre Ressourcen- und insbesondere ihre Energieeffizienz zu steigern. Allerdings gibt es bislang noch keine international einheitlichen Vorgaben, die den Umweltschutz in den Häfen spürbar fördern. Hinzu kommt der starke Wettbewerb zwischen den Hafenstandorten um Tonnage. Der damit einhergehende

Kostendruck lässt den Häfen nur wenig bis gar keinen Spielraum für freiwillige kostenintensive Umweltschutzmaßnahmen.

Nichtsdestotrotz wird der Klimawandel in den Häfen den Anpassungsdruck auch im Handlungsfeld Umweltschutz erhöhen. So könnte sich die Eintrittswahrscheinlichkeit von Schiffshavarien erhöhen und Zerstörungen sowie Verluste an Land zunehmen, sollte es zu einer Zunahme starker Winde und Sturmhochwasser kommen. Dabei gilt es zu berücksichtigen, dass bei solchen Ereignissen neben den damit verbundenen Sachschäden auch Schadstoffe freigesetzt werden können.

In der Vergangenheit kontaminierte Böden können durch den Meeresspiegelanstieg mit Wasser in Kontakt kommen, mit der Gefahr, dass Schadstoffe in das Oberflächen- und Grundwasser gelangen. Eine ähnliche Gefahr geht von potenziell zunehmenden Starkregenereignissen aus. Auch diese können Bodenverunreinigungen schneller und stärker aus den Böden waschen. Zudem können intensive Niederschläge die Abwassersysteme überlasten, mit der Folge, dass Filteranlagen überlaufen und/oder versagen.

3.4.6 Handlungsfeld: Versicherungen

Die fünf größten deutschen Ostseehäfen Kiel, Rostock, Lübeck, Sassnitz und Wismar verfügen zusammen über ein Anlagevermögen von rund 600 Millionen Euro. Zum Anlagevermögen gehören u.a. die Grundstücke und Infrastrukturen in den Häfen. Nicht berücksichtigt sind die Vermögenswerte in diesen Häfen, die in Form von Suprastrukturen wie Gebäude, Maschinen und Fahrzeuge und lagernden Gütern in diesen Häfen vorhanden sind. Daneben gibt es an der deutschen Ostseeküste eine Reihe weiterer Häfen, deren Vermögenswerte ebenfalls nicht in den oben genannten 600 Millionen Euro berücksichtigt wurden. Über deren Anlagevermögen liegen den Autoren keine Informationen vor. Abhängig von der genauen Abgrenzung dürfte in den deutschen Ostseehäfen insgesamt Anlagevermögen von mehreren Milliarden Euro akkumuliert sein. Ein Teil dieser Vermögenswerte ist gegen wetterbedingte Schäden abgesichert.

Nimmt die Verwundbarkeit von Infra- und Suprastrukturen sowie Betriebsabläufen in den Häfen bedingt durch den Klimawandel zu, können Versicherungsprämien steigen oder Risiken aus dem Versicherungsschutz ausgeschlossen werden. Beides senkt die Attraktivität des Hafenstandortes für seine Nutzer. Gelingt es einem Hafenstandort jedoch seine klimawandelbedingte Verwundbarkeit besser zu managen als seine Wettbewerber, können ihm daraus konkrete ökonomische Vorteile entstehen.

3.4.7 Handlungsfeld: Reputation

Einen zentralen Faktor für die zukünftige Entwicklung eines Hafenstandortes stellt seine Reputation bei Reedereien, Logistikunternehmen, im Hafen produzierenden Unternehmen, Behörden und Verbänden sowie Anwohnern dar. Eine hohe Reputation, die sich in Glaubwürdigkeit, Zuverlässigkeit, Vertrauenswürdigkeit und Verantwortung ausdrückt, hilft dem Hafen dabei strategisch vorteilhafter zu kalkulieren, Entscheidungen leichter umzusetzen und den damit verbundenen Aufwand möglichst gering zu halten.

Inwiefern die Reputation eines Hafens positiv oder negativ beeinflusst wird, hängt im Wesentlichen vom Umgang der verantwortlichen Hafenakteure mit den Herausforderungen des Klimawandels ab. Die frühzeitige und gründliche Analyse der sich einstellenden Klimarisiken und -chancen sowie ein angemessenes und nachvollziehbares Handeln können die Reputation und die Entwicklung eines Hafens dabei nachhaltig verbessern.

3.4.8 Handlungsfeld: Hinterlandverkehre

Das Hinterland eines Hafens ist das landeinwärts gelegene Gebiet, welches Quelle und Senke für Güter und Passagiere ist, die über den Hafen umgeschlagen bzw. abgefertigt werden. Die Güte und Kapazität seiner Hinterlandanbindungen per Straße, Schiene und Binnenwasserstraße ist ein wesentlicher Standortfaktor für einen jeden Hafen.

Der Ausbau der Verkehrsinfrastruktur im Hinterland, kann zur Reduktion der spezifischen Transportkosten und gleichzeitiger Erweiterung des Hinterlandes führen. Umgekehrt können die Transportkosten steigen und sich das Hinterland verkleinern, wenn die Entwicklung der Verkehrsinfrastruktur nicht mit der Entwicklung des Verkehrsaufkommens schritthalten kann. Störungen im Hinterlandverkehr wirken sich unmittelbar auf die Betriebsabläufe im jeweiligen Hafen aus. Häufen sich diese, kann dies die Wettbewerbsfähigkeit des betroffenen Hafens ernsthaft gefährden. Hingegen können hohe und zuverlässig verfügbare Transportkapazitäten im Hinterland die Transportkosten reduzieren und die Wettbewerbsfähigkeit und folglich das Umschlagsvolumen im jeweiligen Hafen entsprechend steigern.

Der Klimawandel kann die Hinterlandverkehre sowohl positiv als auch negativ beeinflussen. Positiv könnte sich der mögliche Rückgang von Frost- und Eistagen auswirken. So könnten Hinterlandtransporte in den Wintermonaten künftig zuverlässiger werden. Andererseits sind vermehrt auftretende Sturm-, Hochwasser-, Niedrigwasser- und Starkregenereignisse sowie Böschungsbrände und Oberleitungsschäden infolge häufiger auftretender Hitze- und Trockenperioden denkbar, die die Zuverlässigkeit der Hinterlandverkehre wiederum reduzieren können (Bailey 2008). Besonders der Transport per Schienenverkehr und Binnenschifffahrt ist aufgrund geringer Ausweichmöglichkeiten dieser beiden Verkehrsträger besonders stark von Störungen betroffen. Der Gütertransport auf der Straße ist weniger verwundbar, da hier eher Ausweichmöglichkeiten aufgrund des dichten Straßennetzes bestehen. Dennoch kann es auch hier insbesondere bei Störungen und Überlastungen auf den Zufahrtsstraßen der Häfen zu erheblichen Einschränkungen im Hafenbetrieb kommen.

3.5 Die Anpassungskapazität der deutschen Ostseehäfen

Die Betroffenheit der deutschen Ostseehäfen gegenüber den Änderungen des Klimas zeigt sich über deren in den Abschnitten 3.2 und 3.4 beschriebene Exposition und Sensitivität. Um jedoch Rückschlüsse auf die Klima-Vulnerabilität der Häfen ziehen zu können, muss zusätzlich ihre Anpassungsfähigkeit berücksichtigt werden. Selbst eine geringe Exposition und Sensitivität können bei einer unterlassenen Anpassung zu Schäden und Störungen im System Hafen führen. Andererseits können eine hohe Exposition und Sensitivität durch eine ebenfalls hohe Anpassungsfähigkeit das Schadens- und Störungspotenzial deutlich reduzieren oder sogar vollständig eliminieren. In diesem Abschnitt soll daher der Frage nachgegangen werden, wie hoch die Anpassungskapazitäten der deutschen Ostseehäfen im Umgang mit dem Klimawandel einzuschätzen sind.

Hafen und Handlungsfeld übergreifend kann festgehalten werden, dass die Häfen seit jeher extremen Wetterbedingungen ausgesetzt sind und insbesondere größere Häfen über entsprechendes Know how in Form von Personal und Handlungsanweisungen verfügen, um auch zukünftig angemessen auf extreme Wettersituationen reagieren zu können. Gleiches gilt für die Art und den Umfang der in den Häfen umzuschlagenden Güter. Auch hier kommt es seit jeher zu saisonalen und konjunkturellen Schwankungen sowie strukturellen Veränderungen. Sich ändernde Güterströme sind für die Häfen daher keine neue Herausforderung. Wirtschaftsstruktureller und demografischer Wandel sowie die

Globalisierung führen bereits heutzutage zu Verschiebungen bei den Quell- und Zielgebieten der Güterströme. Somit stehen die Hafenstandorte bereits heute unter ständigem Anpassungsdruck. Dieser könnte sich zukünftig jedoch mit dem Fortschreiten der oben genannten globalen soziökonomischen Veränderungen und dem sich beschleunigenden Klimawandel verstärken. Die Umschlagsunternehmen sind daher fortwährend damit beschäftigt, Änderungen von Güterströmen zu antizipieren und entsprechende Anpassungen vorzunehmen. Langfristige Änderungen werden zudem im Rahmen der Hafentwicklungsplanung analysiert und entsprechend berücksichtigt.

Gleichwohl ist der Klimawandel auch für die Häfen ein relativ neues Problemfeld, welches bis zum Zeitpunkt der oben genannten Befragung (Juli-September 2012) in 5 der 10 befragten Hafenbehörden diskutiert wurde. Vor allem kleinere Häfen verfügen in der Regel nicht über die notwendigen personellen und sonstigen Ressourcen, um das Thema Anpassung an den Klimawandel ausreichend bearbeiten zu können. Hier könnte es mittelfristig zu ernsthaften Fehlentwicklungen kommen, wenn nicht entsprechende Ressourcen in den Häfen bereitgestellt werden, um die Vulnerabilität des jeweiligen Hafens zu analysieren und entsprechende Anpassungen vorzunehmen. Allerdings besteht auch in den mittleren und größeren Häfen die latente Gefahr, dass notwendige Anpassungen nicht vorgenommen werden und sich günstige Zeitfenster (ohnehin anstehende Baumaßnahmen) ungenutzt wieder schließen. Dies liegt an den teilweise großen Unsicherheiten, die mit den Klimaprojektionen verbunden sind. Insbesondere wenn sich ein Klimaparameter in beide Richtungen entwickeln könnte oder die Spannweite der möglichen Änderung eines Parameters sehr groß ist, führt dies bei den Praxisakteuren häufig zu Unverständnis und Ablehnung. So stimmte die Mehrheit der befragten Häfen der Aussage zu „Die Entwicklungen des Klimas sind zu unsicher, um Aussagen über die Folgen zu treffen.“. Gleichwohl konnten durch die Arbeiten im Rahmen dieses Projektes die beteiligten Häfen stärker für das Thema Klimaanpassung sensibilisiert werden und der Umgang mit den Unsicherheiten in den Klimaprojektionen vermittelt werden.

Für die Beurteilung der Anpassungskapazität der Häfen muss auch deren Wirkungsbereich betrachtet werden. Nur innerhalb dieses Bereiches können sie die Hafentwicklung aktiv und direkt beeinflussen. Außerhalb dieses Bereiches sind die Häfen abhängig vom Handeln anderer Akteure und können nur indirekt über Lobbyarbeit Einfluss auf die externen Entscheidungsträger ausüben. Wichtige Handlungsbereiche für die Entwicklung und Anpassung der Häfen sind die Hafeninfr- und -suprastrukturen, die Verkehrsinfrastrukturen des Hinterlandes und die seeseitigen Zufahrten. Wie in Kapitel 2 beschrieben, liegen diese vier Handlungsbereiche im Wirkungsbereich unterschiedlicher privatwirtschaftlicher und öffentlicher Akteure. Die Verantwortung für die Entwicklung der Hafeninfrastuktur liegt bei der Standortkommune und teilweise auch beim jeweiligen Bundesland. Entsprechend können Maßnahmen zum Hochwasserschutz und zur Entwässerung der Hafenflächen direkt durch die öffentliche Hand gesteuert und umgesetzt werden. Die Hafensuprastrukturen können hingegen im öffentlichen wie im privaten Wirkungsbereich liegen. Somit kann es der Fall sein, dass sich Anpassungsmaßnahmen an Gebäuden, Fahrzeugen und Umschlaggeräten nicht direkt von der öffentlichen Hand umsetzen lassen. Dies muss aber kein Nachteil sein, denn privatwirtschaftliche Unternehmen dürften großes Interesse haben ihren produktiven Kapitalstock zu erhalten. Zu beachten ist allerdings die zeitliche Dimension von Investitionen und Nutzungen. Hier kann es zu volkswirtschaftlichen Fehlentwicklungen kommen, wenn Unternehmen ihre Investitionsentscheidungen ausschließlich auf eine kurzfristige Gewinnoptimierung ausrichten, notwendige Anpassungen unterlassen und damit mittel- bis langfristig höhere Risiken eingehen. Betriebswirtschaftlich kann das Eingehen mittel- und langfristig höherer Risiken sogar gerechtfertigt sein, insbesondere wenn sich die

Amortisation einer Investition deutlich vor dem Ende der Nutzungsphase einstellt. So können die Schäden, die ein Unternehmen an seinen bereits abgeschriebenen Anlagen und ggf. versicherten Betriebsabläufen erfährt, deutlich geringer ausfallen als die externen Schäden, die in den vor- und nachgelagerten Gliedern der betroffenen Wertschöpfungsketten auftreten. Insbesondere in zeitsensiblen Produktionsbereichen können die Schäden erheblich sein, wenn Vorprodukte nicht pünktlich angeliefert werden können.

Die Unterhaltung und der Ausbau der seeseitigen Zufahrten der Häfen liegen im Wirkungsbereich des Bundes. Die Infrastrukturen im Hinterland liegen im Wirkungsbereich des Bundes, der Länder sowie teilweise der Kommunen und privater Infrastrukturbetreiber. Von den Entscheidungen dieser Akteure über die Anpassung der see- und landseitigen Verkehrsinfrastrukturen sind die Häfen abhängig. Die angespannte Lage vieler öffentlicher Finanzhaushalte führt seit längerem zu rückläufigen Investitionen in den Erhalt und den Ausbau dieser Strukturen. Dieser Investitionsstau reduziert die Leistungsfähigkeit der Verkehrssysteme und wirkt sich ebenso auf die Umschläge der Häfen aus.

Neben fehlenden Haushaltsmitteln führten auch ökologische Aspekte oftmals berechtigterweise dazu, dass Initiativen der Häfen zum Ausbau von Fahrwassern und landseitigen Verkehrsinfrastrukturen erfolglos verliefen. Es erscheint auch zukünftig schwierig zu sein, kostenintensive und mit großen Eingriffen in die Umwelt verbundene Baumaßnahmen an den Hafenzufahrten und Infrastrukturen im Hinterland durchzuführen. Um die see- und landseitige Erreichbarkeit der Häfen zukünftig auf dem heutigen Niveau zu halten, sollten somit kostensparende und umweltschonende Alternativen zum Ausbau der Hafenzufahrten und der Verkehrsinfrastrukturen im Hinterland entwickelt werden. Die Häfen haben hierauf jedoch nur einen sehr geringen Einfluss.

Störungen des Hafenbetriebs durch Extremwetterereignisse treten immer wieder auf. Die Fortschritte in der Meteorologie erleichtern es den Häfen in der Regel, sich rechtzeitig auf solche Ereignisse einzustellen. Das Vorziehen bzw. beschleunigte Nachholen von Umschlagvorgängen ist in den Häfen erprobt und könnte zukünftig häufiger erforderlich sein.

Der schleichende Klimawandel erlaubt es, dass etwaige Anpassungen an Infra- und Suprastrukturen aufgrund der begrenzten Nutzungsdauer dieser Anlagen von 5 bis 50 Jahren im Rahmen planmäßiger Ersatz- und Neuinvestitionen durchgeführt werden können. Trotz der Kopplung von Anpassungsmaßnahmen mit ohnehin anstehenden Maßnahmen lassen sich Mehrkosten wohl kaum vermeiden. Schätzungen über den Umfang dieser Mehrkosten lassen sich ohne eine Einzelfallbetrachtung jedoch nicht treffen. Die Finanzierung dieser Mehrkosten dürfte ungeachtet ihrer tatsächlichen Höhe zukünftig jedoch schwieriger, die Förderung klassischer Infrastrukturmaßnahmen durch Bund und Länder mehr und mehr zurückgefahren werden. Erschwerend kommt die ohnehin angespannte Finanzlage einiger Häfen hinzu. Gegenwärtig leiden noch immer mehrere Ostseehäfen unter den Folgen der schweren Finanz- und Wirtschaftskrise. So konnten mehrere Häfen ihr Vorkrisenniveau im Güterumschlag noch nicht wieder erreichen, wodurch mehrere Infra- und Suprastrukturbetreiber defizitär arbeiten. Für zusätzliche Investitionen in Anpassungsmaßnahmen scheint es gegenwärtig wenig Spielraum bei diesen Akteuren zu geben.

Die Finanzkraft der Häfen und die sich voraussichtlich verschlechternden Förderbedingungen für Hafenentwicklungsmaßnahmen könnten die Anpassungsfähigkeit der Häfen deutlich einschränken. Jedoch sind die Ostseehäfen von großer regional- und gesamtwirtschaftlicher Bedeutung. Ihr Ausfall in den Transport- und Logistikketten würde kurzfristig schwere gesamtwirtschaftliche Schäden verursachen und gleichzeitig die übrigen

Verkehrsträger, insbesondere die Straße, stark belasten, verbunden mit ökonomischen, sozialen und ökologischen Folgeschäden. Ein solches Szenario ist höchst unrealistisch, da umwelt-, wirtschafts- und sozialpolitisch inakzeptabel. Sollte sich herausstellen, dass die Häfen die Anpassung an den Klimawandel aus eigener Kraft nicht leisten können und sich abzeichnen, dass oben genanntes Szenario eintreten könnte, ist eine entsprechende Gegensteuerung in Form von speziell zur Anpassung der Häfen an den Klimawandel aufgelegter Förderprogramme zu erwarten.

Weiterhin bei der Beurteilung der Anpassungskapazität zu berücksichtigen sind die Flächenverfügbarkeit und die Nutzungskonkurrenzen im Umfeld der Häfen. Diese stoßen mehr und mehr an ihre räumlichen Grenzen. Sie sind oftmals von dicht bebauten Gebieten umgeben und haben daher nur noch geringe bis gar keine Erweiterungsmöglichkeiten. Dies deutet darauf hin, dass sich bei einer weiteren Zunahme der Umschlagsvolumina in den Häfen, die Nutzung der vorhandenen Flächen und Strukturen intensiviert. Dadurch notwendig werdende Umstrukturierungen können die Möglichkeit eröffnen Anpassungsmaßnahmen kostengünstig umzusetzen. Jedoch wird es bei zunehmender Flächenkonkurrenz schwerer flächenintensive Anpassungsmaßnahmen zu realisieren. Es besteht zudem die Gefahr, dass das weitere Umschlagswachstum verhindert, dass ältere und in Teilen bereits heute nicht mehr ausreichend den klimatischen Verhältnissen angepasste Strukturen außer Betrieb genommen werden und die Wahrscheinlichkeit für zukünftige wetterbedingte Schäden und Störungen in diesen Hafengebieten somit deutlich ansteigt.

3.6 Vulnerabilität der deutschen Ostseehäfen

In diesem Abschnitt wird eine Hafen übergreifende Abschätzung der Vulnerabilität der deutschen Ostseehäfen gegenüber den zukünftigen Änderungen des Klimas vorgenommen. Die Vulnerabilität ist, wie in Abschnitt 3.1 beschrieben, ein Produkt aus Exposition, Sensitivität und Anpassungskapazität eines Hafens gegenüber den Klimaänderungen. Diese drei Größen sind in den einzelnen Ostseehäfen in Teilen sehr unterschiedlich ausgeprägt und ließen sich im Rahmen dieses Projektes, aufgrund fehlender Ressourcen, auch nicht eindeutig bestimmen. Hieraus wird deutlich, dass die folgenden Ausführungen lediglich als vereinfachende und auf die einzelnen Häfen im unterschiedlichen Maße zutreffende Abschätzung einzuordnen sind.

Wesentliche Impulse des Klimas auf die Häfen könnten in Zukunft von dem sich beschleunigenden Meeresspiegelanstieg, den voraussichtlich häufiger und intensiver auftretenden Extremwettern, wie Stürme und Starkregen, sowie einer signifikanten Abnahme von Forst- und Eistagen und einer deutlichen Zunahme von heißen Tagen ausgehen (siehe Abschnitt 3.2). Aufgrund ihrer Lage im Übergangsbereich von Land und See muss die Exposition der Häfen insbesondere gegenüber des Meeresspiegelanstieges und der möglichen Zunahme und Intensivierung von Stürmen als hoch eingestuft werden, wohingegen die Exposition der Häfen bezüglich durchschnittlicher und extremer Temperaturen, aufgrund der Temperatur regulierenden Wirkung der Ostsee, als eher gering einzustufen ist.

Auf klimabedingte Änderungen von Art und Umfang der Güterströme, die über die Ostseehäfen zukünftig umgeschlagen werden, dürften vor allem Häfen mit einer ausgeprägten regionalen und sektoralen Spezialisierung sensitiv reagieren (siehe Abschnitt 3.4). Universell ausgerichtete Häfen sollten hingegen weniger stark von klimabedingten Güterstromänderungen betroffen sein.

Sowohl im Hafenhinterland als auch in den seeseitigen Zufahrten könnten Extremwetter häufiger zu Störungen der Verkehrsträger führen. Hier könnten sich die Häfen besonders empfindlich gegenüber Störungen in der Binnenschifffahrt und dem Schienenverkehr zeigen, denn diese Verkehrsträger verfügen nur über wenige Alternativrouten, sollte es auf der vorgesehenen Strecke zu klimabedingten Sperrungen kommen. Der Straßenverkehr verfügt über ein deutlich dichteres Netz, womit die Zahl der Alternativrouten deutlich höher ist. Allerdings verfügt auch der Straßenverkehr über besonders sensible Streckenabschnitte, nämlich die direkten Zufahrten zu den Häfen. Sollten diese gestört sein, würde dies die Häfen spürbar treffen, ähnliches gilt auch für die seeseitigen Zufahrten. Zudem steigt das Verkehrsaufkommen zu Land und zu See stark an und führt bereits heute zu mitunter sehr großen Belastungen der Verkehrsträger. Die Sensitivität der Ostseehäfen hinsichtlich der zeitkritischen An- und Ablieferung der umzuschlagenden Güter durch die land- und seeseitigen Verkehre ist aufgrund deren mittleren bis hohen Sensitivität gegenüber Extremwetterereignissen ebenfalls als mittel bis hoch einzustufen.

Innerhalb der Häfen könnten verschiedene positive wie negative Auswirkungen des Klimawandels sichtbar werden. Häufiger und höher auftretende Hochwasser können zu Störungen des Betriebsablaufes und gar zu Schäden an Mensch, Umwelt und Gütern führen. Auch die Sturmhäufigkeit und -intensität könnte sich erhöhen, ebenfalls verbunden mit einer möglichen Zunahme der Schäden und Betriebsstörungen. Die potenzielle Zunahme von heißen Tagen könnte zu starken gesundheitlichen Belastungen bei den in den Häfen tätigen Personen führen. Die Arbeitsproduktivität würde sinken. Zudem könnten Nahrungsmittel schneller verderben. Hingegen könnte die Abnahme von Frost- und Eistagen die Arbeitsbedingungen erleichtern und den Aufwand für die Freihaltung und Enteisung von Flächen reduzieren.

Die Anpassungsfähigkeit der Ostseehäfen (siehe Abschnitt 3.5) erweist sich ebenfalls als sehr heterogen. Die seeseitigen Zufahrten und die Verkehrsinfrastrukturen liegen außerhalb des Wirkungsbereiches der Häfen, womit diese auf die Entscheidungen der entsprechenden Infrastrukturbetreiber angewiesen sind. Sie können somit lediglich indirekt Einfluss ausüben, sodass die Häfen hier über eine sehr geringe Anpassungsfähigkeit verfügen. Dennoch ist , davon auszugehen, dass die entsprechenden Infrastrukturbetreiber sowohl das Interesse haben als auch über die Kapazitäten verfügen, ihre Strukturen an den Klimawandel anzupassen. Im eigenen Wirkungsbereich weisen die Häfen ein unterschiedliches Maß an Anpassungsfähigkeit auf. Der bislang langsam voranschreitende Klimawandel ermöglicht es Anpassungsmaßnahmen im Rahmen von ohnehin notwendigen Ersatz- und Neuinvestitionen umzusetzen, sodass sich sowohl die Kosten als auch die Betriebsstörungen während der Umsetzungsphase der Anpassungsmaßnahmen womöglich deutlich reduzieren lassen. So führen Wenzel und Treptow (2014) aus, dass sich die klimawandelinduzierten Kosten für die Erhöhung eines Terminals und dem teilweisen Neubau darauf befindlicher Hallen im Zuge einer ohnehin stattfindenden Umstrukturierung des Terminals auf ca. 10 % der ursprünglichen Kosten reduzieren könnten. Dennoch dürfte es gegenwärtig nicht profitabel arbeitenden Hafeninfr- und suprastrukturbetreibern schwerfallen diese Mehrkosten für die Klimaanpassung zu tragen, vor allem dann, wenn die Förderung von Hafenentwicklungsmaßnahmen weiter reduziert wird.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die deutschen Ostseehäfen über eine mittlere bis hohe Exposition und Sensitivität gegenüber dem Anstieg des Meeresspiegels verfügen. Sie verfügen jedoch auch über eine mittlere bis hohe Anpassungskapazität. In der Betrachtung aller drei Faktoren kann davon ausgegangen werden, dass die deutschen Ostseehäfen eine mäßige Vulnerabilität gegenüber dem Klimawandel besitzen. Insbesondere kleinere Häfen

können jedoch eine deutlich höhere Vulnerabilität aufweisen, da sie in der Regel sektoral und regional stärker spezialisiert sind, geringere Personalressourcen besitzen und auch von geringerer Bedeutung für die Regionalwirtschaft sind, sodass die Bereitschaft der Politik Fördermittel zur Anpassung bereitzustellen schwächer sein könnte als es bei größeren und bedeutenderen Häfen der Fall sein könnte. Es sei hier noch einmal erwähnt, dass diese erste Einschätzung durch eine weiterführende Vulnerabilitätsanalyse der einzelnen Hafenstandorte überprüft und konkretisiert werden muss.

4 Anpassungsoptionen

Aus den in Kapitel 3 vorgestellten Erkenntnissen zur Vulnerabilität der deutschen Ostseehäfen lassen sich Handlungsoptionen ableiten, mit denen die Häfen ihre Exposition und Sensitivität senken und ihre Anpassungskapazität gegenüber den Folgen des Klimawandels steigern können. Die im Folgenden nach Handlungsfeldern vorgestellten Anpassungsoptionen sollen den Vertretern der Häfen als Anregung dienen, nicht jedoch einen Anspruch auf Vollständigkeit erheben. Aufgrund der unterschiedlichen Strukturen und Vulnerabilitäten in den Häfen, werden sich auch die Anpassungsoptionen in den Häfen unterschiedlich eignen. Sie könnten mitunter sogar kontraproduktiv sein. Die Anpassungsoptionen sollten daher vor ihrer Umsetzung auf Eignung geprüft werden.

4.1 Handlungsfeld: Struktur und das Volumen der Seegüter

Für die Hafenstandorte könnte sich somit mittel- bis langfristig ein klimabedingter Anpassungsbedarf hinsichtlich Herkunft, Struktur und Volumen der umzuschlagenden Güter ergeben.

Als Strategie bietet sich den Häfen an, durch Diversifikation regionale und sektorale Abhängigkeiten bzw. Spezialisierungen zu reduzieren. Hafeninfrastrukturbetreiber und Umschlagunternehmen können die Diversifikation u.a. durch Bereitstellung entsprechender Umschlagkapazitäten für bislang nicht oder nur im geringen Umfang umgeschlagene Güter erhöhen. Sie müssen auch gezieltes Marketing betreiben, um Tonnage aus Regionen und Gütergruppen zu akquirieren, die der gewählten Diversifikationsstrategie entsprechen. Wie bereits in Abschnitt 3.5 beschrieben, ist der Einfluss von Hafeninfrastrukturbetreibern und Umschlagunternehmen in diesem Punkt jedoch sehr begrenzt und richtet sich vornehmlich auf die Güter, die über die eigene Hafenrange umgeschlagen werden. Es gilt für die Häfen daher möglichst präzise Art und Umfang der zukünftig über ihre Hafenrange umzuschlagenden Güter vorherzubestimmen und ihre Umschlags- und Lagerkapazitäten entsprechend darauf auszurichten. Dabei sollten zukünftig nicht nur soziodemografische und wirtschaftsstrukturelle Veränderungen, sondern auch Änderungen des Klimas in den Quell- und Zielregionen der potenziell umzuschlagenden Güter berücksichtigt werden.

4.2 Handlungsfeld: Navigation und das Anlegen von Schiffen

Als Anpassungsmöglichkeiten bieten sich sowohl ein Wechsel der Brückenkonstruktion als auch der Ersatz der Brücke durch die Einrichtung eines Fährverkehrs oder eine Untertunnelung des Fahrgewässers für den Landverkehr an. Auch eine weiträumige Umfahrung des Gewässers durch den Landverkehr wäre denkbar. Allerdings sind diese Optionen ökonomisch und ökologisch zum Teil mit erheblichen Kosten verbunden. Kurz- bis mittelfristig wäre die Einrichtung eines Informationssystems für die Schifffahrt mit aktuellen Daten zur zulässigen Schiffshöhe möglich. Hösensoren würden permanent die aktuelle Durchfahrtshöhe bestimmen und diese live an die Schifffahrt weitergeben.

Um mögliche wetterbedingte Havarien zu vermeiden, könnten sowohl organisatorische als auch bauliche Maßnahmen in den Häfen sowie auf ihren seewärtigen Zufahrten erforderlich werden. Zu den organisatorischen Maßnahmen zählt der zunehmende Einsatz von Lotsen und Schleppern. Baulich könnte eine Verbreiterung der Fahrrinnen eine Option darstellen. Hier muss jedoch genau geprüft werden, welche Auswirkungen ein solcher Eingriff auf das

Ökosystem hätte und ob dieser mit der höheren Sicherheit für Mensch und Umwelt zu rechtfertigen ist. Eine Zunahme der Sturmintensitäten könnte auch eine stärkere Sicherung der Schiffe an den Kaianlagen erforderlich machen. Hier müssten die Liegeplätze ggf. mit zusätzlichen Pollern nachgerüstet werden.

4.3 Handlungsfeld: Umschlag und die Lagerung von Gütern

In den Ostseehäfen ergeben sich aus den hier beschriebenen potenziellen Auswirkungen des Klimawandels eine Reihe von Anpassungsbedarfen mit einer Vielzahl von Anpassungsmöglichkeiten. So empfiehlt es sich insbesondere für Bereiche, in denen Güter gelagert werden, Hochwasser- und Starkregenereignisse zu simulieren, um überschwemmungsgefährdete Flächen zu identifizieren auf denen zukünftig die Lagerung von Gütern und hochwertigen Umschlagsgeräten vermieden werden sollte. Zudem sollten an diesen Bereich notwendige Elektroanlagen erhöht installiert werden. Bei den bereits heute hochwassergefährdeten Flächen handelt es sich vornehmlich um ältere Terminals, die jedoch in Teilen noch immer intensiv genutzt werden. Im Zuge einer ohnehin anstehenden Sanierung dieser alten Flächen, sollten diese zugleich erhöht werden, um dem Meeresspiegelanstieg Rechnung zu tragen.

Um dem Verderben von Lebensmitteln vorzubeugen, sollte der zukünftige Bedarf an elektrifizierten Stellplätzen für Kühlcontainer ermittelt werden und eine entsprechende Anpassung erfolgen. Um Schwelbränden während heißer Trockenperioden vorzubeugen, sollten freilagernde leichtentzündliche Güter regelmäßig kontrolliert und vorsorglich bewässert werden. Mitunter kann es sinnvoll sein, solche Güter in Hallen zu lagern. Diese bieten Gütern und Beschäftigten einen höheren Schutz vor Wetterextremen. Teilweise verfügen die Häfen noch über asphaltierte Verkehrswege. Diese sind ggü. Hitze sehr anfällig und sollten daher ausgetauscht werden.

4.4 Handlungsfeld: Menschliche Gesundheit

Zum Schutz der menschlichen Gesundheit und dem Erhalt der Arbeitsproduktivität bieten sich den Häfen eine Vielzahl von Maßnahmen an. Als eine geringinvestive Maßnahme bieten sich Schulungen der Mitarbeiter zu Vorsorge und Erste-Hilfe-Maßnahmen bei hitzebedingten Herz- und Kreislaufversagen an. Die Mitarbeiter sollten für die Gefahren durch Hitze und starker Sonneneinstrahlung sensibilisiert werden und Informationen erhalten wie sich hitzebedingte Gesundheitsschäden vermeiden lassen und diese frühzeitig bei Mitarbeitern erkannt werden können. Es sollte, sofern noch nicht vorhanden, ein Erste-Hilfe-Plan für Hitze-Notfälle erstellt werden.

Für Außenarbeitsplätze sollten bei starker Hitze regelmäßige kurze Ruhepausen eingeplant werden. Hierfür sollten schattige, kühle Plätze bereitgehalten werden, indem zum Beispiel Sonnensegel installiert werden. Auch könnte über die Bezuschussung und die kostenlose Bereitstellung von Sonnencremes und Sonnenbrillen nachgedacht werden. Sowohl für Innen- als auch Außenarbeitsplätze könnten zudem Trinkwasserspender bereitgestellt und das Kantinenessen auf heiße Tage angepasst werden.

Innenarbeitsplätze sollten außenliegende Verschattungselemente erhalten. Wenn nicht bereits umgesetzt, sollten Fahrerinnen zudem klimatisiert werden. Darüber hinaus sollten innere Wärmequellen (wie bspw. Lampen, PCs, Kopiergeräte) gefunden und während heißer Tage nur im Bedarfsfall eingeschaltet werden. Wenn keine Sicherheitsbedenken bestehen,

sollten über Nacht oder während der frühen Morgenstunden die Räume intensiv durchlüftet werden.

Der mögliche Rückgang der sommerlichen Niederschläge kann die Feinstaubbelastung in den Häfen zukünftig erhöhen (Stenek et al. 2011). Wenn möglich sollten staubige Verkehrs- und Lagerflächen häufiger gereinigt oder bewässert werden, um die Staubbildung zu reduzieren. Ein weiteres erhebliches Gesundheitsrisiko für die in den Häfen tätigen Personen stellen Starkregen- und Starkwindereignisse dar. Zumindest während solcher Ereignisse sollten Außentätigkeiten eingestellt oder in geschlossene Räume verlagert werden, wenn möglich.

4.5 Handlungsfeld: Umwelt

Der Meeresspiegelanstieg und die mögliche Zunahme von Starkregenfällen und winterlichen Niederschlagsmengen könnten zu einer gesteigerten Ausspülung von Schadstoffen aus kontaminierten Böden führen. Um zu vermeiden, dass diese Stoffe in den Naturhaushalt gelangen, sollten die Häfen insbesondere überschwemmungsgefährdete Flächen auf bestehende Bodenkontaminationen prüfen und die Lagerung und Verarbeitung von Schadstoffen in überschwemmungsgefährdeten Bereichen vermeiden. Lassen sich Schadstoffe nicht verlagern, sollten zumindest die Sicherungsvorkehrungen auf ihre Klimarobustheit hin geprüft und ggf. angepasst werden.

Häfen sind hochgradig versiegelte Industrie- und Gewerbestandorte. Die Gebäude und Verkehrsflächen begünstigen an heißen Sommertagen die Bildung von Hitzeinseln und verhindern die ortsnahe Versickerung von Niederschlagswasser. Als Anpassung an die mögliche Zunahme von heißen Tagen und Starkregenereignissen könnten Flachdächer von Verwaltungsgebäuden und Lagerhäusern begrünt werden. Dies führt zu einer Rückhaltung von Niederschlagswassern und senkt damit den Abflussdruck bei Starkregen, was zu einer Entlastung der Abwassersysteme in den Häfen führt. Zugleich wirken begrünte Dächer Temperatur regulierend. So senken sie während heißer Tage nicht nur die Umgebungstemperatur, sondern wirken auch positiv auf die Temperaturen im Gebäudeinneren, verbunden mit einer entsprechenden Reduktion des Kühl- und Klimatisierungsbedarfes. Bei fachgerechter Ausführung erweisen sich Gründächer zudem als langlebig. Alternativ, ggf. auch in Kombination dazu, könnten die Flachdächer aber auch Schrägdächer zur Erzeugung von Solar- und Windstrom sowie von Solarthermie genutzt werden. Bei allen Dachinstallationen sollte jedoch auf die Sturmsicherheit geachtet werden.

4.6 Handlungsfeld: Versicherungen

Anpassungen im Handlungsfeld „Versicherungen“ entsprechen den Maßnahmen in den anderen Handlungsfeldern, insbesondere in den Bereichen Umschlag und Lagerung von Gütern, der menschlichen Gesundheit und der Umwelt. Gelingt es den Häfen durch Anpassung der Infra- und Suprastrukturen sowie der Betriebsabläufe ihre Vulnerabilität gegenüber dem Klimawandel zu senken, kann sich dies positiv auf den Versicherungsumfang und die Versicherungsprämien auswirken.

Als hilfreich könnte sich erweisen, wenn die Häfen Anpassungsmaßnahmen, die auf das Senken der Vulnerabilität ausgerichtet sind, gemeinsam mit den Versicherern erarbeiten und diese anschließend umsetzen. In den Verhandlungen mit den Versicherern sollten neben verbesserten Versicherungskonditionen auch mögliche Zuschüsse der Versicherer zu den geplanten Anpassungsmaßnahmen thematisiert werden.

4.7 Handlungsfeld: Reputation

Wie das Handlungsfeld „Versicherungen“ ist auch das Handlungsfeld „Reputation“ stark von den Anpassungsmaßnahmen in den übrigen Handlungsfeldern abhängig. Hinzu kommt das Verhalten der Häfen in anderen nicht auf den Klimawandel bezogenen Handlungs- und Themenfeldern. Es zeigte sich, dass bislang nur jeder vierte Hafen an der deutschen Ostseeküste eine Stelle eingerichtet hat, die sich zumindest in Teilen mit der Anpassung an den Klimawandel befasst. Als größtes Hemmnis in der Anpassung an den Klimawandel stuften die Häfen zudem fehlende finanzielle, wie personelle Ressourcen ein, sehen jedoch gleichzeitig gutes Personal als wichtigen fördernden Faktor für die Anpassung an.

Es könnte für die Häfen daher sinnvoll sein, gezielt Personal für die Anpassung an den Klimawandel einzusetzen und aufzubauen. Dieses könnte die Analyse der Vulnerabilität des jeweiligen Hafens und dessen daran anschließende Anpassung koordinieren. Im Sinne des Reputationsmanagements scheint es sehr wichtig, oben genannte Stakeholder frühzeitig und in einem angemessenen Umfang in den Anpassungsprozess mit einzubinden.

4.8 Handlungsfeld: Hinterlandverkehre

Die Häfen haben keinen direkten Einfluss auf die Anpassung der Verkehrsinfrastrukturen im Hinterland, da diese außerhalb ihres Wirkungsbereiches liegen. Dennoch sind sie stark abhängig von der Zuverlässigkeit und den Transportkapazitäten der Hinterlandverkehre. Die Einflussmöglichkeiten der Häfen beschränken sich in diesem Handlungsfeld auf das Aufzeigen von Schwachstellen und Engpässen in den Hinterlandverkehren, verbunden mit einem Appell an die jeweiligen Infrastrukturbetreiber und Transportdienstleister. Zukünftig sollten Schwachstellen- und Engpassanalyse der Hinterlandverkehre von Seiten der Hafenwirtschaft auch den Klimawandel berücksichtigen.

Ebenfalls sollten die Häfen prüfen, ob sich die Anbindung des eigenen Hafenstandortes durch Erweiterung und/oder Umbau robuster gegenüber den Änderungen des Klimas gestalten lässt. So könnte eine weitere weniger von Hochwasser und Sturm gefährdete Zufahrt die Erreichbarkeit des Hafens während solcher Extremereignisse sichern. Ebenfalls sollten vorhandene intermodale Schnittstellen zur Binnenschifffahrt und zum Schienenverkehr erhalten bleiben, um die Abhängigkeit des Hafens von bestimmten Verkehrsträgern im Hinterland nicht zu erhöhen. Wie bereits in Abschnitt 3.4.8 erwähnt, sind die Häfen im Handlungsfeld „Hinterlandverkehre“ jedoch hochgradig von den externen Entscheidungen abhängig und verfügen in diesem Bereich nur über eine sehr begrenzte eigene Anpassungskapazität.

5 Strategieentwicklung

In Kapitel 3 wurde mit Hilfe eines Vulnerabilitätsansatzes aufgezeigt, welche Herausforderungen mit dem Klimawandel auf die deutschen Ostseehäfen zukommen könnten und über welche Anpassungskapazitäten die Häfen im Allgemeinen verfügen. Darauf aufbauend wurden in Kapitel 4 Anpassungsoptionen vorgestellt, mit denen die Häfen diesen Herausforderungen begegnen können. Beide Kapitel basieren jedoch auf einer projektbedingt groben und hafenübergreifenden Analyse. Die Anpassung eines Hafenstandortes sollte ausschließlich auf einer eigens für diesen Standort entwickelten Strategie basieren. Diese gibt Methoden, Instrumente, Verfahren und Maßnahmen vor, wie sich dieses Ziel erreichen lässt. Die Strategie sollte, soweit bekannt, auch Faktoren und Akteure berücksichtigen, die der Umsetzung der Strategie entgegenstehen. Dieses Kapitel gibt interessierten Akteuren der Hafenwirtschaft einen ersten Überblick über die Phasen der Strategieentwicklung (Abschnitt 5.1) und stellt grundlegende Empfehlungen für die Entwicklung eines klimaangepassten Hafenstandortes vor (Abschnitt 5.2).

5.1 Phasen der Strategieentwicklung

Nachfolgend wird der idealtypische Ablauf einer Strategieentwicklung in acht Phasen beschrieben:

Phase 1 – Akteursanalyse: Den Auftakt der Strategieentwicklung bildet zunächst eine grundlegende Akteursanalyse, mit deren Hilfe zentrale Akteure identifiziert werden, die in den Strategieentwicklungsprozess einzubeziehen sind. Diese Akteure können über spezifisches Wissen sowie über relevante Planungs- und Umsetzungskompetenzen verfügen. Es sollte herausgearbeitet werden, in welcher Beziehung diese Akteure bislang stehen und ob es bereits Kooperationen zwischen ihnen gibt, die sich sinnvoll auf die Entwicklung einer gemeinsamen Anpassungsstrategie ausweiten lassen. Ebenso wichtig ist es, mögliche Konflikte zwischen einzelnen Akteuren zu erkennen, ohne deren Lösung eine sinnvolle Zusammenarbeit nicht möglich ist. Zudem sollten Schlüsselakteure gesucht und in den Prozess eingebunden werden, ohne deren Unterstützung die Entwicklung und Umsetzung der Strategie nicht möglich wäre. Es sollte zudem ermittelt werden, welche Ziele die Akteure verfolgen und welche Bedenken und Vorbehalte sie gegenüber der Entwicklung einer Anpassungsstrategie haben.

Phase 2 – Klimafolgenanalyse: Die zweite Phase beinhaltet die Sammlung und Aufbereitung von verfügbaren Daten zur Änderung des Klimas in der Region und den damit verbundenen Folgen. Die vorgeschaltete Akteursanalyse kann Akteure benennen, die über regionale Daten zum Klimawandel und dessen Folgen verfügen. Fehlende Daten müssen, soweit möglich, nacherhoben werden. Das Sammeln und Aufbereiten der regionalen Klimadaten und -folgen ist wichtig, da möglichst konkrete Aussagen es den Akteuren im weiteren Verlauf erleichtern, angemessene Anpassungsmaßnahmen zu entwickeln.

Phase 3 – Stärken-Schwächen-Analyse: Die Analyse der Fähigkeiten und Ressourcen, die ein Hafenstandort besitzt, bildet die Grundlage für eine Stärken-Schwächen-Analyse. Ziel ist es, die Kernkompetenzen, Vorteile und Defizite des eigenen Standortes im Vergleich zu den Wettbewerbshäfen authentisch herauszuarbeiten. Eine Analyse der Robustheit der Supra- und Infrastrukturen gegenüber klimatischen Einflüssen sollte dabei, neben den herkömmlichen Aspekten wie Kapitalausstattung, Kosten, Qualifikation der Mitarbeiter etc., berücksichtigt werden.

Phase 4 – Chancen-Risiken-Analyse: In dieser Phase sollten die Akteure auf der Grundlage der aufbereiteten regionalen Klimadaten Chancen und Risiken, die sich aus der möglichen Klimaänderungen ergeben, identifizieren und bewerten. Dazu sollte zunächst geprüft werden, wie hoch die Eintrittswahrscheinlichkeiten für die Chancen und Risiken sind. Anschließend ist eine Abschätzung sinnvoll, wie hoch der Schaden bzw. der Nutzen bei Eintreten des Risikos bzw. der Chance ist. Auf diese Weise ergibt sich aus der Verbindung von Eintrittswahrscheinlichkeit mit dem Schadens- bzw. Nutzenpotenzial für jedes bewertete Risiko und jede bewertete Chance ein individuelles Risiko-/Chancen-Level.

Phase 5 – Leitbildentwicklung: Unter Berücksichtigung des Klimawandels soll eine für alle Beteiligten passende, gemeinsame Vision von der zukünftigen Entwicklung des Hafens geschaffen werden. Diese sollte beantworten, wie widerstands- und anpassungsfähig der Hafen gegenüber den potenziellen Klimaänderungen sein soll, welche Funktionen beim Eintritt eines Extremwetterereignisses unbedingt aufrechterhalten oder in kürzester Zeit wieder hergestellt werden sollen, wie sich die Quell- und Zielmärkte der umzuschlagenden Seegüter entwickeln könnten, wie sich die verschiedenen Verkehrsträger entwickeln können, die den Hafen mit seinem Hinterland verbinden bzw. in direkter Konkurrenz zur Seeschifffahrt und damit zum Hafen stehen und welche rechtlichen Restriktionen sich für die Zukunft andeuten. Dabei ist es empfehlenswert, den Fokus der Leitbildentwicklung trotz vielfältiger Wirkungsebenen auf den Umgang mit Auswirkungen des Klimawandels zu legen.

Phase 6 – Bestimmung von Handlungsfeldern und Zielen: Zunächst werden in dieser Phase, basierend auf dem Leitbild, die Handlungsfelder identifiziert, denen sich die Anpassungsstrategie vertieft widmen soll. Im Anschluss folgt für jedes Handlungsfeld die Definition von Zielen, welche spezifisch (eindeutig), messbar, attraktiv, realistisch (umsetzbar) und terminiert (Terminvorgabe) sein sollten.

Phase 7 – Entwicklung und Bewertung von Maßnahmen: Aus den in Phase 6 identifizierten Zielen werden nun Maßnahmen entwickelt. Dabei ist es ratsam, spätestens zu diesem Zeitpunkt alle für die Umsetzung der Maßnahmen zuständigen Entscheidungsträger einzubinden. Zudem sollten die Maßnahmen anschließend bewertet, priorisiert und terminiert werden. Des Weiteren ist es empfehlenswert Methoden, Instrumente und Verfahren konkret zu benennen, mit denen die Maßnahmen umgesetzt werden sollen.

Phase 8 – Erfolgskontrolle: Diese abschließende Phase dient der Überprüfung der Umsetzbarkeit der geplanten Maßnahmen sowie der Realisierung der anvisierten Ziele.

Im Laufe der Strategieentwicklung wird es zwischen den einzelnen Phasen immer wieder zu Rückkopplungen kommen. Neu hinzugewonnene Akteure und Erkenntnisse sollten in den laufenden Prozess einbezogen und einzelne Ziele oder auch das Leitbild bei Änderung der Rahmenbedingungen neu formuliert werden.

5.2 Empfehlungen für die Anpassung von Hafenstandorten

Aufbauend auf den Ausführungen von Birkmann und Fleischhauer (2009) und Birkmann et al. (2012) zur Gestaltung resilienter urbaner Systeme und Infrastrukturen und den Erkenntnissen, die im Laufe dieses Projektes gewonnen, werden im Folgenden Empfehlungen für die Gestaltung klimaangepasster Hafenstandorte formuliert.

Kapazitäten aufbauen: Die Anpassung an den Klimawandel ist ein vergleichsweise junges und überaus komplexes Thema, welches zudem mit großen Unsicherheiten behaftet ist.

Bisher wurden die Folgen des Klimawandels nur in 5 von 10 der befragten Häfen diskutiert, woraus sich schlussfolgern lässt, dass mindestens die Hälfte der befragten Häfen bislang keine Analyse der eigenen Verwundbarkeit durchgeführt haben. Auch hatten bis zum Zeitpunkt der Befragung nur 2 der 9 befragten Häfen eine für die Anpassung an den Klimawandel zuständige Person bestimmt. In Anbetracht ihrer großen Bedeutung für die regionale Wirtschaft sollte rund die Hälfte der befragten Häfen die Folgen des Klimawandels thematisieren, ihre Verwundbarkeit analysieren und eventuell notwendige Anpassungen vornehmen. Es erscheint sinnvoll, dass in den Häfen Kapazitäten, in Form von Personalstellen, aufgebaut werden, mit der Aufgabe den Anpassungsprozess des Hafens (siehe Abschnitt 5.1) zu steuern. Aufgaben dieser Stelle können u.a. in der Aktivierung und Vernetzung von Stakeholdern am Hafenstandort, der Zusammenstellung aktueller und relevanter Klimaszenarien, dem Aufstellen einer Agenda, der Moderation des Prozesses und Identifikation möglicher Förder- und Unterstützungsstrukturen.

Vorausschauend und inkrementell planen: Anpassungsmaßnahmen in den deutschen Ostseehäfen sollten frühzeitig vorgenommen werden, da sie mit ihrer rechtzeitigen Umsetzung ihre Wirkung langfristig entfalten können. Dabei sollten ohnehin anstehende Instandhaltungs- und Neubaumaßnahmen dazu genutzt werden, um Anpassungen kostengünstig umzusetzen, auch wenn diese erst zu einem späteren Zeitpunkt hätten realisiert werden müssen. Vorausschauende Planung beinhaltet zudem den Verzicht auf Entwicklungen in besonders vulnerablen Bereichen des Hafengeländes, wie zum Beispiel auf besonders wind- und hochwasserexponierten Flächen. Hier gilt es teure Fehlentwicklungen zu vermeiden.

Bei Klimaparametern, für deren weitere Entwicklung bislang kein robuster Trend bestimmt werden kann und die Entwicklungsrichtung offen ist, verliert vorausschauende Planung jedoch ihre Vorteilhaftigkeit. In diesen Fällen bietet sich ein flexibles, inkrementelles Vorgehen an. Dabei werden Anpassungen in eher kleinen Schritten unter kontinuierlicher Berücksichtigung des Erkenntnisfortschrittes in der Klima(-folgen)-forschung umgesetzt.

Es könnte also sinnvoll sein, Anpassungen sowohl langfristig als auch inkrementell zu planen und umzusetzen.

Exposition und Sensitivität reduzieren: Die Exposition lässt sich durch Verlagerung von Nutzungen und Infrastrukturen aus besonders gefährdeten Bereichen eines Hafens in weniger gefährdete Bereiche verringern. Dadurch entstehen jedoch oftmals Kosten- und Akzeptanzprobleme sowie Flächennutzungskonkurrenzen.

Nicht immer ist eine Verlagerung realisierbar, wenn entsprechende Ersatzflächen fehlen. Dann sollte die Sensitivität der Nutzung gesenkt werden, um die Vulnerabilität der Nutzungen dennoch reduzieren zu können.

Regional und sektoral diversifizieren: Ein auf wenige Regionen und oder Gütergruppen spezialisierter Hafen trägt ein besonders hohes Risiko für die Reduzierung seiner Wettbewerbsfähigkeit. Sollten klimabedingt in Zukunft weniger Güter dieser Regionen oder dieser Gütergruppen gehandelt werden, könnte dies die Existenz des Hafens gefährden. Räumliche Diversifikation setzt auf die Ausbalancierung von Infrastrukturen, Umschlags- und Lagerplätzen. Ein dezentral gegliederter Hafen mit mehreren möglichst eigenständigen Raumeinheiten trägt ein geringeres Risiko einer vollständigen Einstellung des Hafenbetriebes als ein zentral ausgerichteter Hafen.

Redundanzen aufbauen: Einen weiteren Aspekt zur Reduktion von Abhängigkeiten stellt neben der Diversifikation der Aufbau redundanter Systeme dar. Das bedeutet, dass mehrere

funktional vergleichbare Elemente eine Störung eher untereinander ausgleichen und damit die Funktion aufrechterhalten. Dies ist jedoch sehr ressourcenintensiv und widerspricht somit den Grundsätzen des effizienten Ressourceneinsatzes. Hier bedarf es, wie auch bei anderen sich widersprechenden Empfehlungen einer fallbezogenen Abwägung.

Robustheit herstellen: Davon ausgehend, dass vom Menschen geschaffene Strukturen grundsätzlich robuster und damit weniger anfällig gegenüber dem Klimawandel gemacht werden können, lassen sich Schäden an Supra- und Infrastrukturen durch veränderte Bauweise und intelligente Anordnung eher vermeiden. Ein Beispiel hierfür sind schwimmende oder angehobene Gebäude.

Ressourcen effizient einsetzen: Der ökonomische Vorteil des minimalen Mitteleinsatzes besteht darin, dass der Hafenstandort auf diese Weise Ressourcen für das Erreichen weiterer Ziele oder für die Reaktion auf plötzlich auftretende Schadensereignisse zur Verfügung hat. Zudem reduziert ein sparsamer Umgang mit Ressourcen die Umweltbelastungen.

Synergien nutzen: Die Wirtschaftlichkeit und der Nutzen von Anpassungsmaßnahmen lassen sich unter anderem erhöhen, wenn diese Maßnahme weitere Funktionen übernehmen kann. Dachbegrünungen beispielsweise übernehmen eine Kühlfunktion, die in besonders warmen Perioden die Kosten für die Raumklimatisierung reduzieren kann. In niederschlagsreichen Perioden werden wiederum der Abfluss des Niederschlags verzögert und Abflussspitzen in der Regenwasserkanalisation gedämpft.

Flexibilität bewahren: Aufgrund der bestehenden Unsicherheiten in Hinblick auf die künftige Klimaentwicklung sowie die ökonomischen, politischen und weiteren Rahmenbedingungen, bietet es sich an, ein flexibles System zu bewahren, denn im Vergleich zu Systemen mit starren Strukturen ist ein flexibles System deutlich besser in der Lage, auf bislang unbekannte Entwicklungen zu reagieren. Durchzuführende Maßnahmen sollten somit umkehrbar sein und nicht selbst zu Problemen werden.

6 Fazit

Die deutschen Ostseehäfen haben in der Vergangenheit bewiesen, dass sie mit extremen Wetterereignissen gut umgehen können. Dies erscheint auch sehr wichtig, da sie ein wichtiges Glied in den internationalen Transportketten des Ostseeinternen Verkehrs sind. Sie tragen direkt und indirekt wesentlich zu Beschäftigung und Einkommen in der Ostseeregion bei. Der Erhalt ihrer Funktions- und Leistungsfähigkeit ist somit für ihre Region und weit darüber hinaus von hoher wirtschaftlicher Bedeutung.

Der Klimawandel wird die deutschen Ostseehäfen zunehmend vor Herausforderungen stellen, die wie auch die technologischen, wirtschaftsstrukturellen und soziodemografischen Herausforderungen seitens der Häfen einer angemessenen Reaktion bedürfen. Gleich in mehreren Handlungsfeldern werden die Häfen auf unterschiedlicher Art und Weise gefordert sein, passende Antworten auf diese Herausforderungen zu finden. Hierfür steht ihnen eine Vielzahl von Anpassungsoptionen zur Verfügung. Welche dieser Maßnahmen sich am besten zur Anpassung eines Hafens eignen, ist jedoch nicht zuletzt von den jeweiligen Rahmenbedingungen vor Ort abhängig.

Generell scheinen räumlich und sektoral diversifiziertere Häfen sowie größere Häfen besser gegenüber den Klimaänderungen gerüstet zu sein, als kleinere sowie auf wenige Regionen und Güterarten spezialisierte Häfen.

Die Arbeit im Rahmen dieses Projektes zeigte zudem, dass die Vorbehalte der Hafenakteure gegenüber den teilweise unsicheren und langfristigen Klimaszenarien relativ groß sind. Zwar gelang es diese Vorbehalte im Verlaufe des Projektes bei vielen Teilnehmerinnen und Teilnehmern abzubauen, dennoch bleibt es weiterhin eine wichtige Aufgabe von Wissenschaft und Beratung die Akteure der Hafenwirtschaft für den Klimawandel zu sensibilisieren. Dies setzt eine zielgruppenspezifische Aufbereitung und Zusammenstellung aktueller und relevanter Informationen zu den Erkenntnissen der Klimaforschung voraus.

Kurzfristig sollten alle Häfen die eigene Verwundbarkeit gegenüber den Folgen des Klimawandels analysieren, um somit hafenspezifische Handlungsnotwendigkeiten identifizieren zu können. Es sollte geprüft werden, ob eine finanzielle Unterstützung der Häfen durch Bund und Länder bei der Durchführung einer standortspezifischen Verwundbarkeitsanalyse möglich ist.

Die Anpassung der Häfen könnte im Zuge ohnehin anfallender Investitions- und Erneuerungsmaßnahmen erfolgen. Es muss jedoch auch darauf geachtet werden, dass sich bietende Zeitfenster nicht ungenutzt wieder schließen. Dies könnte nachträgliche Anpassungsmaßnahmen deutlich erschweren oder in Teilen gar unmöglich machen, zumindest aber verteuern. Dem gegenüber stehen große Unsicherheiten, mit denen die Modellergebnisse der Klimaforschung behaftet sind. Es ist nicht zu erwarten, dass sich dies in Zukunft grundlegend ändern wird. Neben einer langfristig ausgerichteten Planung ist es daher sinnvoll auch die Flexibilität der Häfen zu erhalten bzw. zu stärken, um angemessen auf neue Erkenntnisse und Entwicklungen reagieren zu können.

Die Anpassung der deutschen Ostseehäfen wird ein langfristiger Prozess sein, der besser früher als später gestartet werden sollte. Die Autoren hoffen mit diesem Bericht einen konstruktiven Beitrag zur Anpassung der deutschen Ostseehäfen an die Folgen des Klimawandels leisten zu können. Allen an diesem Projekt beteiligten Akteuren aus den deutschen Ostseehäfen möchten wir an dieser Stelle recht herzlich für die konstruktiven Beiträge und Anregungen danken.

Literaturverzeichnis

- Bailey, Kathleen (2008): *Planning for Climate Change Impacts at U.S. Ports*. White Paper.
- Birkmann, Jörn (2006): Measuring vulnerability to promote disaster-resilient societies: conceptual frameworks and definitions. In: *Measuring vulnerability to natural hazards: towards disaster resilient societies*, hg. v. Jörn Birkmann, S. 9–54. Tokyo: United Nations University.
- Birkmann, Jörn und Mark Fleischhauer (2009): Anpassungsstrategien der Raumentwicklung an den Klimawandel: „Climate Proofing“ — Konturen eines neuen Instruments. In: *Raumforschung und Raumordnung* 67, Nr. 2 (März): 114–127.
- Birkmann, Jörn, Jochen Schanze, Peter Müller und Manfred Stock, Hrsg. (2012): *Anpassung an den Klimawandel durch räumliche Planung - Grundlagen, Strategien, Instrumente*. E-Paper der ARL 12. Hannover.
- BMVBS und BBSR, Hrsg. (2009): *Klimawandelgerechte Stadtentwicklung - Wirkfolgen des Klimawandels*. Bonn.
- Breitzmann et. al., Karl-Heinz, Hrsg. (2009): *Chancen und Herausforderungen für Mecklenburg-Vorpommern im wachsenden Ostseeverkehr*. Beiträge und Informationen aus dem Ostseeinstitut für Marketing, Verkehr und Tourismus an der Universität Rostock 25. Rostock.
- Chhetri, Prem, Jonathan Corcoran, Victor Gekara, Brian Corbitt, Nilmini Wickramasinghe, Gaya Jayatilleke, Fatima Basic, Helen Scott, Alex Manzoni und Chris Maddox (2013): *Functional resilience of port environs in a changing climate - assets and operations*. Gold Coast.
- Deutscher Wetterdienst Deutscher Wetterdienst. In: *Deutscher Wetterdienst*. http://www.dwd.de/bvbw/appmanager/bvbw/dwdwwwDesktop;jsessionid=DyzbQ8RGkPYgmwX2ykmvVTkdsTk6WmbQSXJLpjWLGd2bLJ52Xq1Q!1413256098!1589072886?_nfpb=true&_pageLabel=dwdwww_start&_nfls=false (Zugegriffen 28. August 2012).
- Fährhafen Sassnitz GmbH (2013): Unternehmen. <http://www.faehrfahen-sassnitz.de/unternehmen/>.
- Gräwe, Ulf und Hans Burchard (2011): Storm surges in the Western Baltic Sea: the present and a possible future. In: *Climate Dynamics* 39, Nr. 1-2 (16. September): 165–183. (Zugegriffen 5. September 2012).
- Grinsted, Aslak, J. C. Moore und S. Jevrejeva (2009): Reconstructing sea level from paleo and projected temperatures 200 to 2100 ad. In: *Climate Dynamics* 34, Nr. 4: 461–472. (Zugegriffen 27. Februar 2013).
- Helmholtz-Zentrum Geesthacht Norddeutscher Klimaatlas. In: *Norddeutscher Klimaatlas*. <http://www.norddeutscher-klimaatlas.de/> (Zugegriffen 28. August 2012).
- Hirschfeld, Jesko, Daniel Böss, André Schröder und Linda Krampe (noch nicht veröffentlicht): *RADOST Akteursanalyse - Teil 3: Auswertung der Befragung von Akteuren aus der regionalen Wirtschaft. Interessen, Nutzungsansprüche, Ziele und Konflikte relevanter Akteure der deutschen Ostseeküste vor dem Hintergrund des Klimawandels*. RADOST-Berichtsreihe. Berlin.
- Horton, Radley, Celine Herweijer, Cynthia Rosenzweig, Jiping Liu, Vivien Gornitz und Alex C. Ruane (2008): Sea level rise projections for current generation CGCMs based on the semi-empirical method. In: *Geophysical Research Letters* 35, Nr. 2. <http://www.agu.org/pubs/crossref/2008/2007GL032486.shtml> (Zugegriffen 27. Februar 2013).
- IPCC, Hrsg. (2007): *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the IPCC*.

- <https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg1/ar4-wg1-chapter11.pdf>
(Zugegriffen 22. August 2011).
- Lübecker Hafen-Gesellschaft mbH (2013a): Unternehmen / News.
<http://www.lhg.com/index.php?id=57>.
- Lübecker Hafen-Gesellschaft mbH (2013b): Unternehmen / Unsere Kompetenzfelder.
<http://www.lhg.com/index.php?id=5>.
- MWP, IHS, Uniconsult und Fraunhofer CML [00000] (2013): Verkehrsverflechtungsprognose 2030 Los 2 - Seeverkehrsprognose - Eckwerte der Hafenumschlagsprognose.
- National Research Council (U.S.), Hrsg. (2010): *Advancing the science of climate change. America's climate choices*. Washington, D.C: National Academies Press.
- Norddeutsches Klimabüro; Internationales BALTEX Sekretariat (2012): *Ostseeküste im Klimawandel*. Geesthacht. http://www.klimzug-radost.de/sites/default/files/HZG_Booklet_Ostsee_Ansicht.pdf.
- Pfeffer, W. T., J. T. Harper und S. O'Neel (2008): Kinematic Constraints on Glacier Contributions to 21st-Century Sea-Level Rise. In: *Science* 321, Nr. 5894: 1340–1343. (Zugegriffen 27. Februar 2013).
- Rahmstorf, S. (2007): A Semi-Empirical Approach to Projecting Future Sea-Level Rise. In: *Science* 315, Nr. 5810: 368–370. (Zugegriffen 27. Februar 2013).
- Rahmstorf, Stefan, Grant Foster und Anny Cazenave (2012): Comparing climate projections to observations up to 2011. In: *Environmental Research Letters*, Nr. 7. http://iopscience.iop.org/1748-9326/7/4/044035/pdf/1748-9326_7_4_044035.pdf.
- Rohling, E. J., K. Grant, Ch. Hemleben, M. Siddall, B. A. A. Hoogakker, M. Bolshaw und M. Kucera (2007): High rates of sea-level rise during the last interglacial period. In: *Nature Geoscience* 1, Nr. 1: 38–42. (Zugegriffen 27. Februar 2013).
- Rostock Port - Hafen-Entwicklungsgesellschaft Rostock mbH (2013): Daten und Fakten zum Seehafen Rostock. <http://www.rostock-port.de/hafen-rostock/daten-fakten.html>.
- Schlamkow, Christian und Norman Dreier (2012a): *Strömung und Seegang in kleinräumigen Küstenbereichen*. Jahresbericht. 3. RADOST Jahresbericht. RAdOst-Verbund. http://www.klimzug-radost.de/sites/default/files/Radost_Bericht_III_2012_web_0.pdf.
- Schlamkow, Christian und Norman Dreier (2012b): *Sedimenttransport und Morphologie*. Jahresbericht. 3. RADOST Jahresbericht. RAdOst-Verbund. http://www.klimzug-radost.de/sites/default/files/Radost_Bericht_III_2012_web_0.pdf.
- Schlennstedt, Jobst, Björn Pistol und Jens Benecke (2012): Die wirtschaftliche Bedeutung des Lübecker Hafens – Regionalökonomische Verflechtung und Wertschöpfungskette für Stadt und Region. Hg. v. UNICONSULT Universal Transport Consulting GmbH. http://www.ihk-schleswig-holstein.de/linkableblob/2132970/.3./data/Abschlussbericht_Luebeck-Hafenstudie_Oktober_2012-data.pdf (Zugegriffen 6. November 2012).
- Schröder, André, Jesko Hirschfeld und Sabine Fritz (2013): *Auswirkungen des Klimawandels auf die deutschen Ostseehäfen - Ergebnisse einer Befragung der Hafenbehörden*. RADOST-Berichtsreihe.
- Seehafen Kiel GmbH & Co. KG [00000] (2013): Facts & Figures. <http://www.portofkiel.com/statistik.html>.
- Seehafen Wismar GmbH (2013): Seehafen Wismar Verzeichnet Umschlags-Plus in 2012. http://www.hafen-wismar.de/de/seehafen_wismar/aktuelles/ansicht/d/seehafen_wismar_verzeichnet_umschlags_plus_in_2012.
- Siddall, Mark, Thomas F. Stocker und Peter U. Clark (2010): Retraction: Constraints on future sea-level rise from past sea-level change. In: *Nature Geoscience* 3, Nr. 3: 217–217. (Zugegriffen 27. Februar 2013).

- Stenek, Vladimir, Jean-Christophe Amado, Stewart Wright, Richard Washington, Hope Sherwin, Carlos Andrade und Pedroza Arias (2011): *Climate Risk and Business Port - Terminal Marítimo Muelles el Bosque Cartagena, Colombia*.
- Turner II, B. L., Roger E. Kaspersen, Pamela A. Matson, James J. McCarthy, Robert W. Corell, Lindsey Christensen, Noelle Eckley, et al. (2003): A framework for vulnerability analysis in sustainability science. In: *Proceedings of the National Academy of Sciences* 100, Nr. 14: 8074–8079. (Zugegriffen 3. Mai 2012).
- Umweltbundesamt [00000] (2014): Klimafolgen & Vulnerabilität. In: *Umweltsituation*. <http://www.umweltbundesamt.at/umweltsituation/klima/klimawandel/vulnerabilitaet/> (Zugegriffen 13. Mai 2014).
- USCCSP (U.S. Climate Change Science Program) (2009): *Coastal Sensitivity to Sea-Level Rise: A Focus on the Mid-Atlantic Region - Synthesis and Assessment Product 4.1*.
- Vermeer, Martin und Stefan Rahmstorf (2009): Global sea level linked to global temperature. In: *Proceedings of the National Academy of Sciences*, Nr. 106: 21527–21532.
- Wenzel, Heiko und Niko Treptow (2013): *Anpassungsstrategie an den Klimawandel für die zukünftige Entwicklung der öffentlichen Lübecker Häfen - Teil 1: Zukunftsszenarien und Klimarisiken*. RADOST-Berichtsreihe.
- Wenzel, Heiko und Niko Treptow (2014): *Anpassungsstrategie an den Klimawandel für die zukünftige Entwicklung der öffentlichen Lübecker Häfen - Teil 2: Eine monetäre Bewertung*. RADOST-Berichtsreihe.
- Wisker, Björn (2013): Sturmflut: 7000 müssten Häuser verlassen. In: *Ostsee Zeitung*.
- Wittig, Stefan, Bastian Schuchardt und Tim Bildstein (2012): Konzept und Methode für die Analyse der Vulnerabilität. In: *Vulnerabilität der Metropolregion Bremen-Oldenburg gegenüber dem Klimawandel (Synthesebericht)*, hg. v. Bastian Schuchardt und Stefan Wittig, 2: S. 21–28. nordwest2050 Berichte. Oldenburg: Projektkonsortium ‚nordwest2050‘.

Impressum

Herausgeber

Ecologic Institut gemeinnützige GmbH
Pfalzburger Str. 43/44
10717 Berlin
www.ecologic.eu

Inhalt erstellt durch:

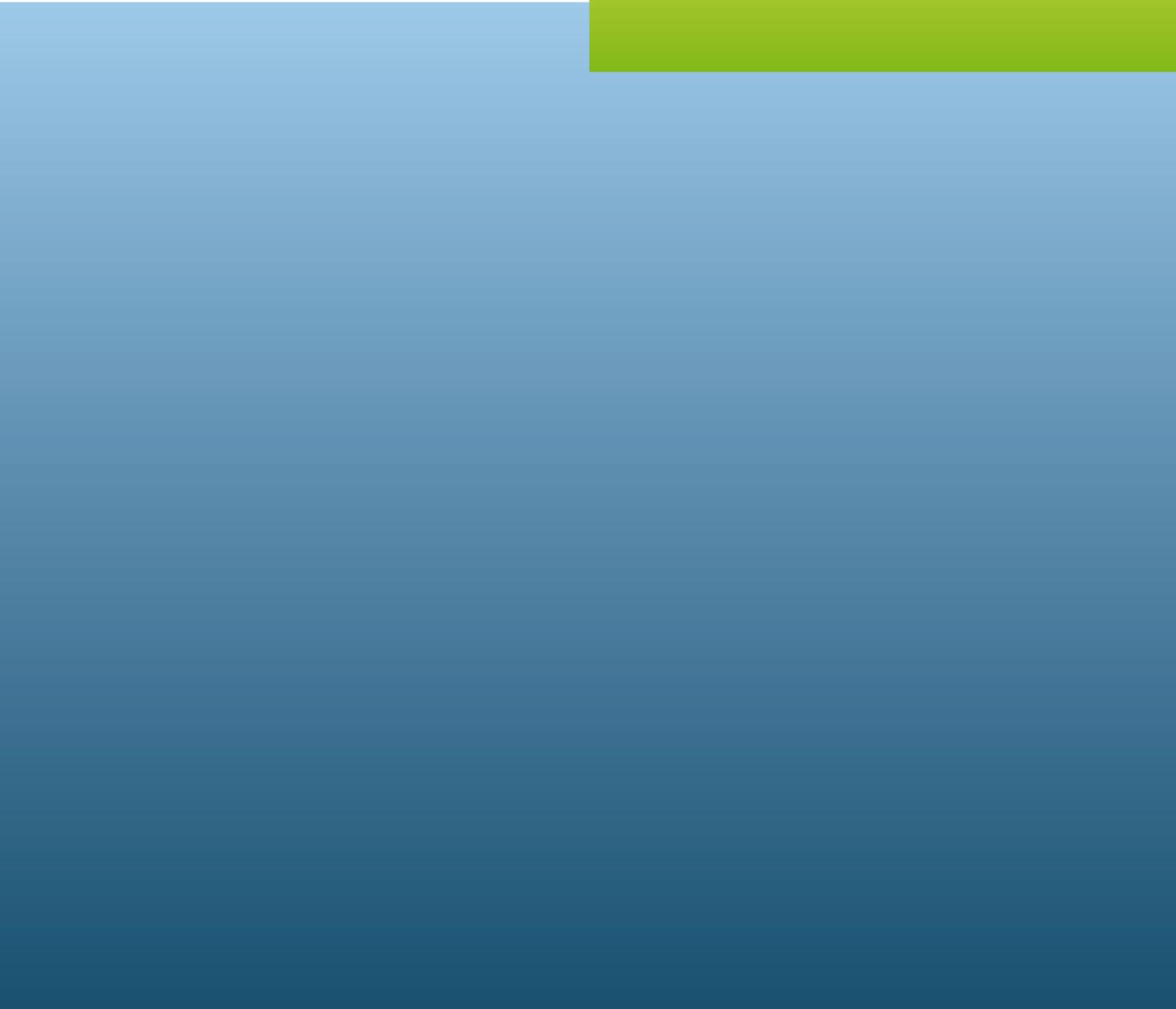
Institut für ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW) GmbH, gemeinnützig
Potsdamer Str. 105
10785 Berlin
www.ioew.de

Web

<http://www.klimzug-radost.de>

ISSN 2192-3140

Das Projekt "Regionale Anpassungsstrategien für die deutsche Ostseeküste" (RADOST) wird im Rahmen der Maßnahme „Klimawandel in Regionen zukunftsfähig gestalten“ (KLIMZUG) vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) gefördert



GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung