

# REPORT

## Anpassungsstrategie an den Klimawandel für die zukünftige Entwicklung der öffentlichen Lübecker Häfen

TEIL 2: EINE MONETÄRE BEWERTUNG

Heiko Wenzel / Niko Treptow

RADOST-Berichtsreihe

Bericht Nr. 28  
ISSN: 2192-3140



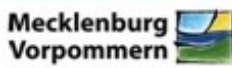

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung

**KLIMZUG**   
Klimawandel in Regionen

## Kooperationspartner

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

# REPORT

## ANPASSUNGSSTRATEGIE AN DEN KLIMAWANDEL FÜR DIE ZUKÜNFTIGE ENTWICKLUNG DER ÖFFENTLICHEN LÜBECKER HÄFEN

Teil 2: Eine monetäre Bewertung

Heiko Wenzel  
CPL Competence in Ports and Logistics  
Wenzel, Heine & Kollegen

Niko Treptow  
CPL Competence in Ports and Logistics  
Wenzel, Heine & Kollegen

RADOST-Berichtsreihe  
Bericht Nr. 28

ISSN: 2192-3140

Rostock, Juli 2014



## Inhalt

<b>1</b>	<b>Einleitung</b> .....	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>Der Einfluss des Klimawandels</b> .....	<b>7</b>
2.1	Allgemeine Klimaentwicklung im Raum Lübeck .....	7
2.2	Klimaparameter mit Einfluss auf die maritime Wirtschaft.....	8
2.3	Veränderungspotenzial der Klimaparameter .....	10
<b>3</b>	<b>Anpassungsmaßnahmen</b> .....	<b>13</b>
3.1	Wind und Niederschlag .....	13
3.2	Wasserstand .....	15
3.2.1	Anpassung an Szenario 1.....	18
3.2.2	Anpassung an Szenario 2.....	18
<b>4</b>	<b>Monetäre Bewertung</b> .....	<b>20</b>
4.1	Allgemeine Kostenpositionen beider Szenarien .....	20
4.2	Spezielle Kostenpositionen .....	21
4.2.1	Szenario1 .....	21
4.2.2	Szenario 2 .....	23
<b>5</b>	<b>Fazit</b> .....	<b>27</b>
	<b>Literaturverzeichnis</b> .....	<b>28</b>

## 1 Einleitung

In den vorangegangenen Projektphasen wurde herausgearbeitet, welche sich ändernden Klimaparameter besonders prägnante Einflüsse auf den Hafenbetrieb in der Region Lübeck haben werden. Die Bewertung dieser Parameter erfolgte nach qualitativen Maßstäben und zeigte sowohl positive als auch negative Einflüsse auf den Hafenstandort Lübeck.

Die Auswirkungen einzelner Klimaparameter mit besonderer Bedeutung für die Hafenwirtschaft werden nachfolgend nochmals erläutert, um die anschließenden Schlussfolgerungen über eine Anpassungsnotwendigkeit verständlich zu machen.

Anpassungen baulicher Art ziehen erhebliche monetäre Investitionen nach sich, die für die Beteiligten im Extremfall die Wirtschaftlichkeit der Unternehmen infrage stellen können. Besonders durch die Vielzahl von möglichen Klimaszenarien, kann eine genaue Anpassungsnotwendigkeit zum jetzigen Zeitpunkt nur schwer vorherbestimmt werden. Wie bereits in den Arbeitspaketen 1 und 2 orientiert sich die Untersuchung weiterhin am IPCC-Szenario A1B und berücksichtigt hinsichtlich der Spannweiten die Szenarien A2, B1 und B2.

Eine sich ergebende Anpassungsnotwendigkeit in bezifferbare, monetäre Effekte zu übersetzen ist nicht für alle Klimaparameter möglich. Daher soll das Vorgehen in diesem Arbeitspaket punktuell dargestellt werden. Die Herausforderung besteht darin, aus der breiten Spanne der möglichen Klimaentwicklungen allgemeine Tendenzen zu entwickeln, die mit hoher Wahrscheinlichkeit die Anpassung rechtfertigen.

So muss beispielsweise unabhängig von genauen Eintrittsszenarien davon ausgegangen werden, dass der Meeresspiegel weiter ansteigen und die maritime Wirtschaft aufgrund ihrer wassernahen Lage davon definitiv betroffen sein wird.

Nachfolgende Ausführungen sollen den öffentlichen Lübecker Häfen als Leitfaden für einen möglichen Anpassungsbedarf dienen und erste Erkenntnisse zu dessen zu erwartenden monetären Umfang liefern.

## 2 Der Einfluss des Klimawandels

Der Einfluss des Klimawandels auf die Hafenwirtschaft wurde im ersten Arbeitspaket bereits eingehend behandelt. Die Bewertung des Einflusses wurde dabei vorwiegend qualitativ vorgenommen und vermittelt ein Grundgefühl für die Bewertung aus Sicht der maritimen Unternehmen. Nachfolgend werden die bedeutendsten Gefährdungspotenziale noch einmal erläutert, um die Einordnung notwendiger Anpassungsmaßnahmen besser verständlich zu machen.

### 2.1 Allgemeine Klimaentwicklung im Raum Lübeck

Tabelle 1 zeigt die wesentlichen Klimaeinflüsse am Standort Lübeck. Auffällig sind die in Klammern gesetzten Intervallgrößen der Klimaparameter. Für den Parameter Gesamtniederschlag wird eine mittlere Zunahme von 2 % im Zeitraum von 2021- 2050 gesehen. Im Intervall liegt als Mindestwert aber auch eine Veränderung des Gesamtniederschlags von -1 %. Eine Bewertung der Anpassungsnotwendigkeit kann demnach nicht erstellt werden, da sich die Tendenzen in beide Richtungen entwickeln könnten. In diesem Zusammenhang wird in Tabelle 1 verdeutlicht, dass bereits eine qualitative Bewertung schwierig zu erstellen ist. Daraus notwendige Anpassungsmaßnahmen und konkrete monetäre Aufwendungen für ausgewählte Änderungen zu formulieren, soll die Aufgabe der folgenden Abschnitte sein.

Tabelle 1: Allgemeine Klimaentwicklung im Raum Lübeck

RAOst Klimaszenarien	Referenzzeitraum 1961 – 1990 <sup>1</sup>	Modellzeitraum 2021 – 2050 <sup>2</sup>	Modellzeitraum 2071 – 2100 <sup>2</sup>
<b>Temperatur</b>			
Durchschnittliche Lufttemperatur (die mittlere Lufttemperatur in 2 Meter Höhe)	8,4°C (War) 8,6°C (Tra)	+1,1°C (+0,6°C bis +1,5°C)	+3,0°C (+2,1°C bis +4,8°C)
Sommertage (Anzahl der Tage, an denen die maximale Temperatur auf über 25°C steigt (T <sub>max</sub> > 25°C))	13 Tage (War) 10,1 Tage (Tra)	+4,0 Tage (+0,4 Tage bis +5,4 Tage)	+15,3 Tage (+7,4 Tage bis 38,3 Tage)
Heiße Tage (Anzahl der Tage, an denen die maximale Temperatur auf über 30°C steigt (T <sub>max</sub> > 30°C))	1,9 Tage (War) 0,6 Tage (Tra)	+1,3 Tage (+0,2 Tage bis +1,5 Tage)	+5,8 Tage (+2,1 Tage bis +14,7 Tage)
Frostitage (Anzahl der Tage, an denen die minimale Lufttemperatur unter 0 °C sinkt (T <sub>min</sub> < 0 °C))	66,5 Tage (War) 72,4 Tage (Tra)	-21,3 Tage (-10,0 Tage bis -29,5 Tage)	-44,3 Tage (-17,9 Tage bis -50,1 Tage)
Eistage (Anzahl der Tage, an denen die maximale Lufttemperatur nicht über 0 °C steigt (T <sub>max</sub> < 0°C))	21,1 Tage (War) 21,4 Tage (Tra)	-8,9 Tage (-3,4 Tage bis -16,3 Tage)	-17,9 Tage (-8,1 Tage bis -24,0 Tage)
Oberflächentemperatur der Ostsee (Wassertemperatur)		+0,9°C <sup>3</sup>	+2,5°C <sup>3</sup>
<b>Niederschlag</b>			
Gesamtniederschlag (die absolute Niederschlagssumme (Regen und Schnee) in mm, die in einem Jahr gefallen ist)	Jahr: 589 mm (War), 639 mm (Tra) Winter: 124 mm (War), 147 mm (Tra) Sommer: 190 mm (War), 190 mm (Tra)	Jahr: +2,0%, (-1,0% bis +8,0%) Winter: +3,0%, (-2,0% bis +11,0%) Sommer: -7,0%, (-7,0% bis +7,0%)	Jahr: +4,0%, (0,0% bis +8,0%) Winter: +25,0%, (+13,0% bis +38,0%) Sommer: -17,0%, (-6,0% bis -38,0%)
Regentage (Anzahl der Tage, an denen der Niederschlag (Schnee + Regenwasser) mindestens 1 mm beträgt)	110,9 Tage (War) 117,7 Tage (Tra)	+2,8 Tage (-2,5 Tage bis +6,3 Tage)	-3,0 Tage (-12,1 Tage bis +3,3 Tage)
Starkregentage (Anzahl der Tage, an denen der gefällene Niederschlag (Schnee + Regenwasser) mindestens 20 mm beträgt)	2,5 Tage	±0 Tage	Jahr: (±0 bis +1 Tage) Sommer: (±0 Tage) Winter: (±0 bis +1 Tage)
Schneetage (Anzahl der Tage, an denen sich der gefällene Niederschlag ausschließlich aus Schneewasser zusammensetzt)		-1,9 Tage (-0,1 Tage bis -3,3 Tage)	-3,4 Tage (-0,2 Tage bis -4,8 Tage)
<b>Wind</b>			
Mittlere Windgeschwindigkeit (mittlerer Betrag des Windvektors in 10 Meter Höhe)	4,9 m/s <sup>4</sup> (War) 4,7 m/s <sup>4</sup> (Tra)	+1,0% (-1,0% bis +1,0%)	+3,0% (+1,0% bis +4,0%)
Windrichtung		+1,0% bis +2,0% für W und NW <sup>4</sup> ±0% für O, SO, S und SW <sup>4</sup> -1,0% bis -2,0% für NO und N <sup>4</sup>	+1,0% bis +3,0% für W und NW <sup>4</sup> ±0% für O, SO, S und SW <sup>4</sup> -1,0% bis -2,0% für NO und N <sup>4</sup>
Sturmintensitäten (maximaler Betrag des Windvektors in 10 Meter Höhe)	Jahr: 26,7 m/s <sup>4</sup> (War), 26,1 m/s <sup>4</sup> (Tra) Winter: 23,1 m/s <sup>4</sup> (War), 26,1 m/s <sup>4</sup> (Tra) Sommer: 20,8 m/s <sup>4</sup> (War), 20,7 m/s <sup>4</sup> (Tra)	Jahr: +1,0%, (0,0% bis +1,0%) Winter: +1,0%, (-1,0% bis +3,0%) Sommer: 0,0%, (-2,0% bis +1,0%)	Jahr: +3,0%, (0,0% bis +4,0%) Winter: +6,0%, (0,0% bis +14,0%) Sommer: 0,0%, (-8,0% bis +2,0%)
Sturmtage (Anzahl der Tage, an denen die maximale Windgeschwindigkeit 62 km/h (Beaufort-Skala 8 = stürmischer Wind) überschreitet (V <sub>max</sub> > 62 km/h))	Jahr: 43,8 Tage <sup>4</sup> (War), 41,7 Tage <sup>4</sup> (Tra) Winter: 15,2 Tage <sup>4</sup> (War), 15,3 Tage <sup>4</sup> (Tra) Sommer: 5,3 Tage <sup>4</sup> (War), 4,3 Tage <sup>4</sup> (Tra)	Jahr: +1,6 Tage, (-0,2 bis +2,9 Tage) Winter: +0,3 Tage, (-0,4 bis +1,7 Tage) Sommer: -0,4 Tage, (-0,7 bis +0,2 Tage)	Jahr: +4,6 Tage, (+2,2 bis +4,6 Tage) Winter: +3,0 Tage, (+0,5 bis +3,0 Tage) Sommer: +0,2 Tage, (-0,3 bis +0,6 Tage)
<b>Seeegang und Sedimenttransport</b>			
Mittlere Wellenhöhe (gemittelte Summe der vertikalen Wasserspiegelauslenkung)		+2,0% <sup>5</sup> (War) -1,0% <sup>5</sup> , -3% bei Ostwind <sup>5</sup> (Tra)	+4,0% <sup>5</sup> , +6,0% bei Westwind <sup>5</sup> (War) -1,0% <sup>5</sup> (Tra)
Maximale Wellenhöhe			+5% <sup>5</sup> (War), +14 bis -5% <sup>5</sup> (Tra)
Mittlere Wellenperiode (Zeit zwischen dem Auftreten zweier Wellenmaxima an einem Ort)		+0,4% <sup>5</sup> (War) -0,5% <sup>5</sup> (Tra)	+0,8% <sup>5</sup> (War) -0,9% <sup>5</sup> (Tra)
Wellenanaufrichtung (Häufigkeit der Himmelsrichtung, aus der die Wellen kommen und Hauptwindrichtung)		+8% für W <sup>5</sup> , 320° <sup>5</sup> +6% für O, +3% für N <sup>5</sup> , 70° <sup>5</sup> (Tra)	317° <sup>5</sup> (War) 69° <sup>5</sup> (Tra)
Richtungsabhängige Sediment-Transportkapazität		nach Osten +2,9 bis +12,2% (War) <sup>5</sup> nach Westen -17,8 bis -1,4% (War) <sup>5</sup> nach Osten -4,7 bis +1,8% (Tra) <sup>5</sup> nach Westen -13,1 bis +1,4% (Tra) <sup>5</sup>	nach Osten +14,2 bis +20,2% (War) <sup>5</sup> nach Westen -24,0 bis -9,9% (War) <sup>5</sup> nach Osten -23,8 bis -6,1% (Tra) <sup>5</sup> nach Westen -12,6 bis -0,6% (Tra) <sup>5</sup>
Netto-Sediment-Transportkapazität (Summe der richtungsabhängigen Transportkapazitäten)		+25,0% <sup>5</sup> (War) -20,0% <sup>5</sup> (Tra)	+40,0% <sup>5</sup> (War)
<b>Wasserstände</b>			
Mittlerer Meeresspiegel		+17 cm <sup>6</sup> , (+9 bis +63 cm)	+35 cm <sup>6</sup> , (+18 bis +130 cm)
Höhe einer 30-jährigen Sturmflut (Höhe einer Sturmflut, die statistisch gesehen alle 30 Jahre auftritt)	1,8 m <sup>6</sup>		+0,6 m <sup>6</sup>
<b>Chemische Zusammensetzung des Meerwassers</b>			
Salinität (Salzgehalt)			-1,5 PSU <sup>7</sup> (g/kg)
pH-Wert (Säuregehalt: Veränderung und Absolutwert)		-0,6 / 7,5 <sup>8</sup>	

Quelle: André Schröder, Sabine Fritz. (unveröffentlicht) DIE DEUTSCHEN OSTSEEHÄFEN IM ZEICHEN DES KLIMAWANDELS Vorbereitungspapier zum gleichnamigen Workshop am 17. September 2012 in Lübeck

## 2.2 Klimaparameter mit Einfluss auf die maritime Wirtschaft

Noch vor der Bewertung der Klimaparameter wurde eine Einschätzung vorgenommen, welche Klimaänderungen besondere Bedeutung für die maritime Wirtschaft besitzen und welche somit ein besonders hohes Gefährdungs- und Änderungspotenzial für die Hafenbetreiber und hafenauffinen Akteure besitzen. Dabei kristallisierte sich heraus, dass besonders der Einfluss der Temperatur und der Anstieg des Meeresspiegels gefährlich sind. Eventuelle Temperaturänderungen können den Hafenbetrieb nicht direkt massiv stören, aber der Einfluss auf andere Parameter ist bei der Temperatur mit Abstand am höchsten. So nimmt die Temperatur beispielsweise Einfluss auf die Form des Niederschlags oder bestimmt den zusätzlichen Heiz- und Kühlbedarf der Güter und Arbeitsräume. Bei Zunahme der Temperatur können sich die Schnee- und Eismengen im Winter reduzieren, was zu einer Abnahme der notwendigen Räum- und Eisbrechmaßnahmen führt. Der Einsatz von Streusalz und Personal kann verringert werden. Im Sommer führt ein Anstieg der



Temperatur zu ungünstigeren Arbeitsbedingungen in den Büroräumen und Arbeitsgeräten, die für eine angenehme Arbeitsumgebung klimatisiert werden müssten. Vorteilhaft ist der Temperaturanstieg für die Tourismuswirtschaft, da sich die touristische Attraktivität der Region somit erhöht.

Der Anstieg des Meeresspiegels wird hingegen direkten Einfluss auf die maritime Wirtschaft nehmen. Mit dem Anstieg erhöhen sich die Gefahr von Hochwassern und das Ausgangsniveau von Sturmfluten, die dann deutlich früher und intensiver zu Gefahrensituationen führen werden.

Neben diesen beiden Fokusparametern werden noch einige weitere Klimaänderungen mit möglichem Gefährdungspotenzial für die maritime Wirtschaft gesehen:

- Niederschlag
- Wind
- Seegang
- Sedimenttransport
- Eis

Der Niederschlag muss in Abhängigkeit von der Jahreszeit bewertet werden. Durch die Zunahme der Niederschlagsmengen im Winter kann es zu vermehrten Störungen des Terminalbetriebs kommen. Niederschläge in Form von Schnee können den Verkehr auf dem Terminal beeinflussen und die Belastbarkeit der Hallendächer überschreiten. Wegen des künftigen Temperaturanstiegs, wird Niederschlag vor allem in Form von Regen fallen. Bei Zunahme der Regenereignisse müssen die Entwässerungssysteme auf ihre Kapazität geprüft werden. Durch die Abnahme der Eismengen kann sich hingegen die Zuverlässigkeit des Terminals deutlich erhöhen und die Notwendigkeit zum Einsatz von Eisbrechern zur Freihaltung der Fahrrinne reduzieren.

Im Sommer hingegen kann durch die Abnahme der Niederschläge eine höhere Zuverlässigkeit geschaffen werden. Erhöhte Brandgefahren sind die negativen Begleiterscheinungen.

Die durchschnittlichen Windgeschwindigkeiten werden sich im verwendeten Szenario voraussichtlich nicht wesentlich von den heutigen unterscheiden, aber stärkeren Schwankungen unterliegen. So werden sich die Intensität und Häufigkeit von Sturmereignissen erhöhen und Suprastruktur und die Güter auf den Terminals können in deren Folge gegebenenfalls zunehmend häufiger beschädigt werden. Die nautische Erreichbarkeit verschlechtert sich deutlich bei Eintritt erhöhter Windgeschwindigkeiten und intensiviert den Festmach- und Schleppaufwand.

Der Seegang wird sich außerhalb der Sturmtage im Allgemeinen dennoch kaum verändern und die Erreichbarkeit des Hafens nicht zusätzlich belasten. Das zugrunde liegende Szenario bewirkt für den Sedimenttransport einen Rückgang der Nettotransportkapazität vor der Hafenzufahrt. Daraus resultiert ein geringerer Aufwand zur Gewährleistung der notwendigen Fahrrinntiefe.

All diese Klimaparameter tragen mehr oder weniger dazu bei, dass sich die vorliegenden Verhältnisse in Lübeck ändern werden und folglich auch der Ladungsmix und die Ladungsmenge Änderungen erfahren.

Der Güterverkehr erfährt eine Verlagerung der Art der Transportgüter in Richtung touristischer Versorgungsgüter. Der Klimawandel wird die Region der Ostsee für den Tourismus attraktiver machen, die Tourismuswirtschaft wird gestärkt. Durch die Abnahme frostbedingter Ruhephasen in der Baubranche wird sich der Transport von Baustoffen und -fahrzeugen im Winter erweitern.

Der Passagiertransport wird zunehmen, da durch die globale Erwärmung eine zunehmende Attraktivität der nordeuropäischen Länder entsteht. Auch der Kreuzfahrt wird steigende Bedeutung zugesprochen.

Die Zuverlässigkeit der öffentlichen Lübecker Terminals wird sich verändern. Eine höhere Zuverlässigkeit kann allgemein in den Sommermonaten erreicht werden, da sich das Auftreten von den Hafenbetrieb beeinflussenden Ereignissen verringern wird. Dazu ist die Verringerung von Regen- und Sturmtagen zu zählen, deren Auswirkungen negativ für einen reibungslosen Arbeitsablauf sind. Negative Einflüsse, wie zum Beispiel steigende Temperaturen wirken nur indirekt auf den Hafenbetrieb ein. Dem entgegen ist aufgrund von vermehrten Sturm- und Niederschlagsereignissen im Winter insgesamt mit einer verringerten Zuverlässigkeit zu rechnen. Zwar werden Frost- und Eistage weniger, was positiv wirkt, aber Niederschläge und Sturmereignisse nehmen zu, was einen viel höheren und damit sogleich negativen Effekt auf den Betrieb der Lübecker Terminals bedeutet.

Dieser Abschnitt hat im Wesentlichen die Ergebnisse der vorangegangenen Projektphasen wiedergegeben und die wichtigsten Schlussfolgerungen daraus genannt. Mit diesem Wissen ist die nachfolgende Beurteilung der monetären Folgen besser nachvollziehbar. Des Weiteren sollen mögliche Schlussfolgerungen für die Vernachlässigung einer Anpassungsnotwendigkeit an einen bestimmten Klimaparameter aufgezeigt werden.

### 2.3 Veränderungspotenzial der Klimaparameter

Nach Ermittlung und Bewertung der Klimaparameter mit Einfluss auf die maritime Wirtschaft wurde das Gefährdungspotenzial der Parameter identifiziert. Nachfolgend werden alle betrachteten Klimaänderungen aufsteigend nach Grad des Gefährdungspotenzials bewertet.

Rückgang von Frost- und Eistagen:

Es werden durch die Abnahme der Eismassen im Winter vorwiegend positive Auswirkungen erwartet, Dazu zu zählen sind beispielsweise geringere Eislasten und verringerter Räumbedarf von Schnee auf den Landflächen sowie Eis auf dem Wasser. Insgesamt ist eine verbesserte Erreichbarkeit und erhöhte Zuverlässigkeit zu erwarten.

Rückgang der Sedimenttransportkapazität:

Auch für den Sedimenttransport werden positive Auswirkungen erwartet, da aufgrund von Änderungen der Strömungsrichtung Baggermaßnahmen erst in größeren zeitlichen Abständen notwendig sein werden. Das Resultat sind geringere Kosten zum Freihalten der Hafenzufahrt.

Anstieg von Sommertagen und heißen Tagen:	Der im Szenario dargestellte Temperaturanstieg hat im Gegensatz zum positiven Einfluss im Winter, im Sommer eher negative Auswirkungen. Auf Grund der Sonneneinstrahlung werden sich Räume schneller aufheizen, was einen erhöhten Klimatisierungsaufwand als Gegenmaßnahme und damit mehr Kosten nach sich zieht.
Anstieg von Starkregen- und Hagelereignissen:	Diese Entwicklung birgt ausschließlich Risiken für den Hafenbetrieb. Es kann dadurch zu Schäden an Waren, Gebäuden und Umschlagsgeräten kommen. Außerdem kann eine Überlastung der Entwässerungssysteme die Folge sein. Im Endeffekt wird dadurch der Betriebsablauf gestört.
Veränderung des Gesamtniederschlags:	Der Gesamtniederschlag wird sich künftig abhängig von der Jahreszeit verändern. Nach den Ergebnissen der Wettersimulationen ist im Sommer mit einem Rückgang und im Winter mit einem Anstieg der Niederschläge zu rechnen. Über das Jahr gesehen sollen Niederschläge künftig häufiger auftreten. Wie bereits oben beschrieben, ist als Folge u.a. ein erhöhter Entwässerungsbedarf zu nennen.
Veränderung von Sturmtagen und -intensitäten:	Analog des Niederschlages ist die Veränderung von Sturmtagen und -intensitäten abhängig von der Jahreszeit. Im Sommer wird damit gerechnet, dass diese Größen gleich bleiben oder sich verringern. Im Winter sollen Sturmereignisse häufiger auftreten. Insgesamt sollen für das Jahr betrachtet Sturmtage und -intensitäten leicht zunehmen. Dadurch kann es zu Verspätungen im Terminalablauf infolge von erschwerter Navigation zum Liegeplatz, erschweren Umschlagsabläufen und Schäden an Flächen und Gebäuden kommen. Diese Aussage gilt für das ganze Jahr und den Winter. Demzufolge verbessert sich die Situation im Sommer in Zukunft.
Anstieg des Meeresspiegels:	Der Meeresspiegel wird in den nächsten Jahren steigen. Um welchen Wert kann noch nicht konkret festgelegt werden. In jedem Fall wird aber die Wahrscheinlichkeit von Überschwemmungen steigen. Diese führen zu tiefgreifenden Einschnitten in den Terminalbetrieb und können ihn auch ganz zum Erliegen bringen. Aus diesem Grunde stellt diese Entwicklung die mit dem höchsten Gefährdungspotential dar.
Häufungen und steigende Höhen von Sturmfluten:	In Zukunft werden zum steigenden Meeresspiegel auch gehäuft Sturmfluten auftreten. Zusammen wird somit die Überschwemmungsgefahr weiter zunehmen. Zusätzlich treten die Gefahren auf, die bereits bei Stürmen genannt wurden. Im Endeffekt ist eine Sturmflut das gefährlichste Ereignis für die Terminals überhaupt, da sich hier die negativen Effekte zu einem totalen Zusammenbruch des Hafenbetriebes addieren.

Als Fazit der entwickelten Ergebnisse muss eine weitere Fokussierung der Parameter Niederschlag, Wind und Wasserstände erfolgen, da diese Parameter das höchste Risiko aufweisen. Bei der Entwicklung der anderen Parameter werden keine Anpassungsmaßnahmen notwendig.

Dennoch muss erwähnt werden, dass die Einschätzung der Entwicklungsrichtung der Klimaereignisse immer nur nach gegenwärtigen Forschungsergebnissen bewertet werden kann. Die Auswirkungen des Klimawandels sollten demnach in regelmäßigen Abständen in der vollen Breite der verfügbaren aktuellen Erkenntnisse neu bewertet werden. Für diesen Bericht wird ausschließlich für die Entwicklung der Niederschlagsmengen, der Sturmhäufigkeiten und -intensitäten sowie des Anstiegs des Meeresspiegels eine Überprüfung der Anpassungsnotwendigkeiten erstellt.

### 3 Anpassungsmaßnahmen

Mit der Beurteilung der Gefährdungspotenziale der jeweiligen Klimaparameter können die notwendigen Anpassungsmaßnahmen identifiziert werden. Die Parameter Wind, Niederschlag und Wasserstand zeigen Gefährdungspotenziale, die eine Überprüfung der zukünftigen Sicherheit der Terminals hinsichtlich der genannten Einflüsse notwendig machen. Die notwendigen Anforderungen an die Anpassung werden nachfolgend beschrieben.

#### 3.1 Wind und Niederschlag

##### Niederschlag

Der Niederschlag wird, wie bereits in Abschnitt 2.3 beschrieben, saisonal abhängigen Einfluss auf den Terminalbetrieb haben. Die trockenen Monate im Sommer weisen allenfalls ein erhöhtes Brandrisiko auf. Im Winter werden steigende Niederschlagsmengen zu einer Überlastung der Entwässerungsanlagen führen. Die Konsequenzen daraus können Störungen im Terminalbetrieb oder nasse Hallenböden sein, verbunden mit eindringender Nässe in die Güter selbst (z.B. Papier).

Auf den Terminals der öffentlichen Lübecker Häfen kann von überwiegend modernen Entwässerungssystemen gesprochen werden, welche aktuell die erforderliche Regenablenkungskapazität aufweisen.

Künftiger Nachbesserungsbedarf für deutlich höhere Niederschlagsmengen besteht aufgrund des Alters der Anlagen zunächst auf dem Terminal Vorwerker Hafen. Besonders einzelne Gebäude, wie z.B. Papierhallen, sind daher künftig in kürzeren Abständen auf noch vorhandene Reserven zu überprüfen. Sollten die Reserven in Zukunft nicht mehr ausreichen, werden Fallrohre, Kanalsysteme und Ölabscheider mit größerem Fassungsvermögen als geeignete Maßnahme zur Ertüchtigung der Regenablenkung angesehen.

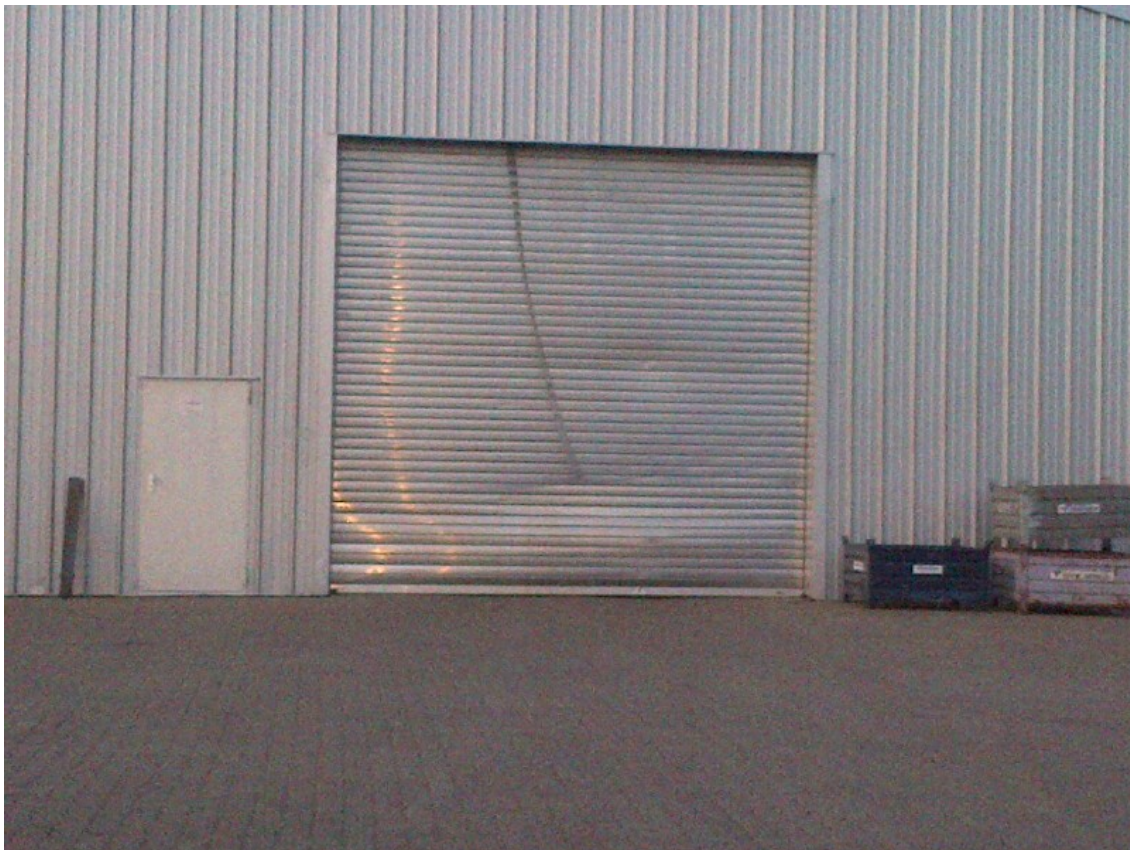
##### Wind

Änderungen der mittleren Windgeschwindigkeit stellen keine Herausforderungen für die grundsätzlich windintensiv gelegenen Hafensstandorte dar. Erhöhte Windintensitäten weisen ein deutlich höheres Gefährdungspotenzial auf. Durch erhöhte Sturmintensitäten bedürfen windanfällige Anlagen und Geräte, wie leerstehende Container und Trailer oder große Hallenvordächer, einer Überprüfung und ggf. Sicherung. Ebenso können freistehende oder freiliegende Gegenstände schnell zu Gefährdungen führen und auf dem Terminal befindliche Personen verletzen oder wertvolle Güter beschädigen.

Orkane wie „Xaver“ und „Christian“ im Jahr 2013 zeigen jedoch den bisher geringen Anpassungsbedarf der öffentlichen Lübecker Häfen an erhöhte Windgeschwindigkeiten. Die beiden nachfolgenden Grafiken zeigen jeweils kleine Sturmschäden nach dem Orkan „Christian“ vom 26.10.2013.



**Abbildung 1: Sturmschaden an einer Dachluke**



**Abbildung 2: Sturmschaden an einem Rolltor**

Zusätzliche Sicherungsmaßnahmen solcher windanfälligen Teile sind notwendig. Des Weiteren müssen Schwachstellen an Toren und Luken nachgebessert werden.

Insgesamt kann eine gute Anpassung an die mögliche Entwicklung der Windgeschwindigkeiten und der Niederschlagsmengen festgestellt werden. Großangelegte Sofortmaßnahmen sind vorerst nicht notwendig.

### 3.2 Wasserstand

Die Entwicklung des Wasserstandes stellt die maritime Wirtschaft zukünftig vor die größten Herausforderungen. Probleme, wie sie bereits im Abschnitt 3.1 beim Niederschlag genannt wurden, zeigen sich beim Übertreten der Wassermassen über die Kaimauern deutlich intensiver als bei kurzzeitigem Wasserstand auf den Flächen infolge von Niederschlägen. Es kommt auch hier zur Überlastung der Entwässerungsanlagen. Terminalstörungen weiten sich jedoch aus bis hin zum vollständigen Stillstand der Terminals; Wassermassen dringen weiter in die Hallen vor und gefährden die Qualität der gelagerten Güter.

Mit Anstieg des Meeresspiegels erhöht sich das Ausgangsniveau für Extremereignisse und somit die Anzahl, Intensität und Dauer zukünftiger Überschwemmungen.

Die aktuelle Bemessungsgrundlage für die Höhe einer anzunehmenden Sturmflut im Bereich Lübeck wurde unter Berücksichtigung eines 200-jährlichen Hochwassers auf 1,7 m festgelegt. Mit Berücksichtigung einer zusätzlichen Wellenhöhe von 60 cm, können Anlagen ab einer Baugrundhöhe von 2,3 m über NN derzeit als allgemein hochwassersicher angesehen werden.

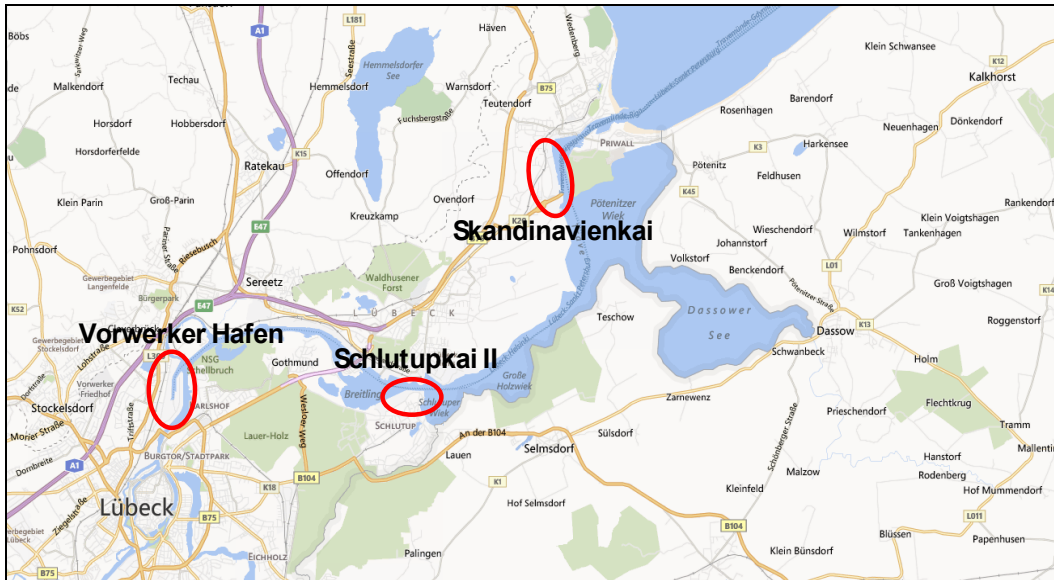
Bei Anstieg des Meeresspiegels um 17 - 20 cm in den nächsten 50 Jahren wäre somit erst ab 2,5 m über NN eine Terminalsicherheit gegeben. Dieser Anstieg um bis zu 20 cm wird im folgenden Text als Szenario 1 bezeichnet.

Erfolgt der Anstieg des Meeresspiegels schneller, z.B. um 60 cm bis zum Jahr 2100 (30 cm in den nächsten 50 Jahren) ist eine Hochwassersicherheit erst ab 2,6 m gegeben. Szenario 2 beinhaltet diesen Anstieg von 30 cm.

Die Gesamtspanne des möglichen Meeresspiegelanstiegs bis 2100 wird zwischen 18 cm und 130 cm [3] erwartet. Der Bericht soll zeigen, wie deutlich sich bereits Szenario 1 und 2, bei einem betrachteten Unterschied des Meeresspiegelanstiegs von gerade einmal 10 cm, unterscheiden. Eine Anpassung an den angenommenen Höchstwert des Meeresspiegelanstiegs von 130 cm bis zum Jahr 2100 (gemäß des A1B-Szenarios des IPCC) ist aus hafenplanerischer Sicht zur Zeit nicht sinnvoll, da die Lebensdauer der Infra- und Suprastrukturen deutlich geringer ist als dieser Zeithorizont.

Zur Identifikation der Anfälligkeit des öffentlichen Lübecker Hafens für mögliche Hochwassergefahren wurde die Höhenstruktur dreier Terminals untersucht. Die Terminals Skandinavienkai, Vorwerker Hafen und Schlutupkai II weisen alle eine unterschiedliche Infra- und Suprastruktur auf und sind alters- und umschlagsbedingt unterschiedlich gut an die zukünftigen Klimaänderungen angepasst. Der Skandinavienkai liegt der Travemündung am nächsten und stellt das mit Abstand größte Terminal der LHG dar. Ro/Ro-Verkehre kennzeichnen das kürzlich umgestaltete Terminal, das nahezu vollständig aus Freiflächen besteht. Der Schlutupkai II ist ein neugestaltetes Terminal mit Fokus auf den Papierumschlag. Ein weiteres Papierterminal ist der Vorwerker Hafen, der die älteste, von der LHG betriebene Anlage ist.

Abbildung 3 zeigt die Lage der drei Terminals im Lübecker Hafen.



**Abbildung 3: Übersicht der untersuchten Terminals**

In den drei nachfolgenden Abbildungen werden die Höhenangaben auf den Terminals an markanten Positionen gekennzeichnet. Eine jeweilige Einschätzung der IST-Situation hinsichtlich des Anpassungsgrads an die bevorstehenden Klimaänderungen erfolgt unter den Abbildungen.

## Terminal Skandinavienkai



**Abbildung 4: Höhenangaben des Skandinavienkais**

Der Skandinavienkai weist in der momentanen Ausbaustufe eine durchgängige Terminalhöhe von 2,5 m über NN auf. Das Gelände ist in Richtung der Kaimauern leicht abschüssig und gewährleistet somit ein freies Abfließen der Wassermassen bei verstärkten Regen- und Sturmereignissen. Im IST-Zustand liefert der Sicherheitspuffer von 20 cm zum aktuellen Sturmflutlevel einen ausreichenden Schutz gegen erhöhte Wasserstände.



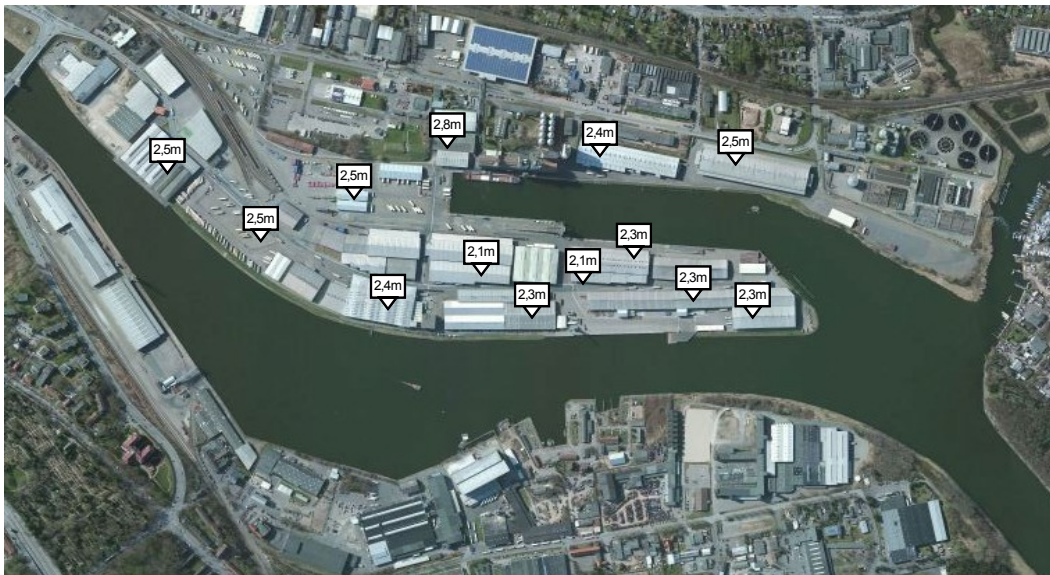
### Terminal Schlutupkai II



**Abbildung 5: Höhenangaben des Schlutupkai II**

Das Terminal Schlutupkai II liegt im Durchschnitt deutlich höher als die anderen beiden Terminals. Mit einer durchgängigen Höhe von 3,3 m über NN wären die Anlagen sogar gegen eine Jahrhundertflut, vergleichbar mit der Sturmflut von 1872, geschützt. In der weiteren Betrachtung wird am Schlutupkai II kein Handlungsbedarf für eine Anpassung an den Meeresspiegelanstieg gesehen.

### Terminal Vorwerker Hafen



**Abbildung 6: Höhenangaben des Vorwerker Hafens**

Das Terminal Vorwerker Hafen ist das älteste von der LHG betriebene Terminal. Einige Bereiche des Terminals befinden sich bereits zum jetzigen Zeitpunkt in hochwassergefährdeten Höhenbereichen. Teilbereiche der Hallen erfüllen mit einer Höhe von 2,3 m über NN gerade noch die Mindestanforderungen an eine hochwassersichere Anlage. Einige Verkehrswege liegen mit 2,1 m über NN jedoch bereits unterhalb des sicheren Bereichs.

Zusammengefasst ist festzustellen, dass alle Terminalgebäude die notwendigen Mindesthöhen einhalten. Besonders auf dem Schlutupkai II besteht auch langfristig kein Handlungsbedarf, da die Anlage mit einer durchschnittlichen Terminalhöhe von 3,3 m weit über den kritischen Bereichen liegt.

Mittelfristig muss am Terminal Vorwerker Hafen als einzig realistische Alternative eine Anhebung der Verkehrswege und anschließend auch der Hallen erfolgen. Diese Anpassungsmaßnahmen sind jedoch nicht akut und können im Rahmen lebenszyklischer Erneuerungsarbeiten durch die Terminalbetreiber berücksichtigt werden.

Je nach Geschwindigkeit des Meeresspiegelanstiegs müssen mittelfristig auch am Skandinavienkai erste Maßnahmen getroffen werden um eine vermehrte Überflutung der Freiflächen zu vermeiden.

### **3.2.1 Anpassung an Szenario 1**

Die folgenden Aussagen weisen auf die notwendigen Anpassungen im Szenario 1 hin und bilden die Grundlage für die monetäre Bewertung im fortlaufenden Bericht. Szenario 1 enthält einen angenommenen Meeresspiegelanstieg von bis zu 20 cm in den nächsten 50 Jahren. Eine Hochwassersicherheit ist demnach ab 2,5 m Terminalhöhe über NN gegeben.

Anpassungsnotwendigkeiten im Szenario 1 entstehen vorwiegend auf dem Terminal Vorwerker Hafen. Durch die zusätzlichen 20 cm Meeresspiegel befinden sich auch einige Hallen unterhalb der notwendigen 2,5 m. Besonders bei der Lagerung von Papier kann eindringende Nässe zu einer massiven Qualitätsminderung bis hin zum Verlust der gesamten Ware führen. Die Verkehrswege werden häufiger überspült sein, was zu Einschränkungen im Terminalbetrieb führen wird. Eine Anpassung des Terminals wird empfohlen.

Das Terminal Skandinavienkai verliert mit der durchgängigen Höhe von 2,5 m im Szenario 1 seinen Sicherheitspuffer und erfüllt nur noch die minimalen Voraussetzungen einer hochwassersicheren Höhe. Die elektrischen Anschlüsse zur Terminalsteuerung wurden bereits bei vergangenen Baumaßnahmen auf eine Höhe von 60 cm über der Fläche verlegt. Mit einem Anstieg des Meeresspiegels verändert sich die Höhenposition der Schiffe am Terminal. Die Auffahrampen weisen einen größeren Winkel auf, welcher besonders für tiefliegende Fahrzeuge zum Problem werden kann und eine Verlängerung der Rampen erforderlich macht. Diese Problematik wird sich jedoch erst zu einem späteren Zeitpunkt ausprägen.

Das Terminal Schlutupkai II zeigt keine notwendigen Anpassungsmaßnahmen.

### **3.2.2 Anpassung an Szenario 2**

Analog zum Szenario 1 sollen hier die Auswirkungen der in Szenario 2 festgelegten Klimaänderung auf den Hafenbetrieb der öffentlichen Lübecker Terminals analysiert werden. Aufgrund der zusätzlichen 10 cm Meeresspiegelanstieg im Vergleich zum Szenario 1 werden alle bereits genannten Anpassungsnotwendigkeiten auch in diesem Abschnitt relevant sein.

Szenario 2 sieht durch den Anstieg des Meeresspiegels um 30 cm eine Hochwassersicherheit erst ab 2,6 m Terminalhöhe gegeben und wird weitere Bereiche der Terminals vor Probleme stellen.

Die notwendigen Anpassungsbereiche des Terminals Vorwerker Hafen weiten sich zusehends aus. Während im Szenario 1 noch vorwiegend die Anlagen und Verkehrswege

auf der Halbinsel des Terminals gefährdet waren, liegt jetzt nahezu das gesamte Terminal unterhalb der hochwassersicheren Höhe. Die Wahrscheinlichkeit der Überflutung nimmt weiter zu und vergrößert damit den Handlungsbedarf der Terminalbetreiber. Auch der letztmögliche Handlungszeitpunkt wird nach vorn versetzt. Die Betriebsstörungen intensivieren sich und weiten sich zu kompletten Unterbrechungen der Umschlagaktivitäten aus. Eine Anpassung wird für notwendig gehalten.

Der Skandinavienkai kann in diesem Szenario auch nicht mehr als hochwassersicher betrachtet werden und müsste kainah durchgehend erhöht werden. Die elektrischen Anlagen können weiterhin als sicher betrachtet werden. Der Winkel der Auffahrrampen wird erneut leicht größer und muss noch zeitiger auf eine notwendige Anpassung geprüft werden.

Der Schlutupkai kann weiterhin als hochwassersicher bezeichnet werden.

## 4 Monetäre Bewertung

Die monetäre Bewertung wird im nachfolgenden Abschnitt in zwei Kostenpositionen unterteilt.

Die allgemeinen Kosten sind Aufwendungen, die sich im Zuge der Klimaeinflüsse ändern. Diese Kosten entstehen szenarioübergreifend, aber sind monetär schwer zu bewerten.

Die speziellen Kosten werden separat für beide Szenarien erstellt und beziffern die monetären Summen zur Anpassung der Terminals.

### 4.1 Allgemeine Kostenpositionen beider Szenarien

Nachfolgend wird ein Überblick über Maßnahmen und Vorkehrungen gegeben, die im Zuge des Klimawandels notwendig sind und zusätzliche Kosten oder sogar Einsparungspotenziale mit sich bringen. Diese Kosten und Potenziale werden nicht monetär bewertet, sondern nur erwähnt, da die konkreten Gefährdungen bisher zu ungenau benannt worden sind.

- Positive Wirkungen:
  - Einsparungen beim Winterdienst
  - Einsparungen bei Streusalz
  - Einsparung bei Eisbrechern
  - Geringere Unterhaltungskosten der seeseitigen Zufahrt
  - Senkung der Heizkosten für Gebäude und Umschlaggeräte
  
- Negative Wirkungen:
  - Zusätzlicher Klimatisierungsbedarf von Gebäuden und Umschlaggeräten
  - Zusätzliche Befestigungen von angreifbaren Oberflächen gegenüber hohen Windgeschwindigkeiten
  - Ausbau der Entwässerungsanlagen
  - Zusätzliche Isolierung der Stromversorgung in niedrigen Bereichen (bei neuen Anlagen bereits erfolgt)
  - Kontrolle und Prüfung von Hallendächern und Hallenböden
  - zusätzliche Schlepperkosten

Die Klimaentwicklung im Großraum Lübeck zieht demnach nicht nur zusätzliche Kosten nach sich, sondern bietet auch Bereiche, in denen Einsparungen erwartet werden können. Eine Gegenüberstellung der beiden Wirkungsweisen müsste in Abhängigkeit präziser Klimaentwicklungen erfolgen, würde aber tendenziell in Richtung der negativen Wirkungen ausfallen. Die Kosten für den laufenden Betrieb könnten verringert werden. Allerdings

würden sich die Gesamtkosten durch die notwendigen Investitionen für die Anpassung der Terminals deutlich erhöhen.

## 4.2 Spezielle Kostenpositionen

Die speziellen Kosten stellen den konkreten Anpassungsbedarf an die jeweiligen Szenarien dar. Ausgehend von den vorausgegangenen Ergebnissen der Bewertung der Klimaparameter, wird sich die spezielle Kostenberechnung ausschließlich auf die Anpassungsmaßnahmen an den steigenden Meeresspiegel begrenzen.

In Gesprächen mit den ansässigen Entscheidungsträgern konnte festgestellt werden, dass Baumaßnahmen mit dem ausschließlichen Ziel der Klimaanpassung auch zukünftig unrealistisch sein werden. Im Rahmen des Lebenszyklus gefährdeter Installationen können neu gewonnene Erkenntnisse zur Klimaentwicklung und Anpassungsnotwendigkeiten bei den zu ersetzenden Einheiten berücksichtigt werden. Einen monetären Anteil an Investitionsmaßnahmen der Terminalbetreiber nur auf Anforderungen durch die Klimaänderung zurückzuführen wird schwer möglich sein. Festzuhalten ist, dass ohnehin künftig turnusmäßige Instandsetzungen notwendig werden. Der Mehraufwand zur Anpassung von Gebäuden und Verkehrswegen, um den Auswirkungen des Klimawandels entgegenzuwirken, wird nach Expertenmeinung höchstens 10% der Gesamtkosten ausmachen.

Nachfolgend werden die notwendigen Investitionssummen anhand der Szenarien 1 und 2 monetär beschrieben. Diese sind zunächst als Bruttobaukosten ausgewiesen.

### 4.2.1 Szenario 1

Szenario 1 enthält einen angenommenen Meeresspiegelanstieg von bis zu 20 cm in den nächsten 50 Jahren. In der Herleitung der notwendigen Anpassungen konnten ausschließlich für das Terminal Vorwerker Hafen Bedarfe erkannt werden.

In der nachfolgenden Grafik sind die Flächen markiert, die angepasst werden müssten. Rote Flächen stellen Verkehrswege dar, die sich unterhalb der als hochwassersicher definierten Höhe von 2,5 m über NN befinden. Grün markiert sind die anzupassenden Hallen und überdachten Flächen. Im gesamten nördlichen Bereich (die Abbildung 7 ist um 90° nach rechts gedreht), beginnend am Terminalverwaltungsgebäude, besteht Handlungsbedarf.

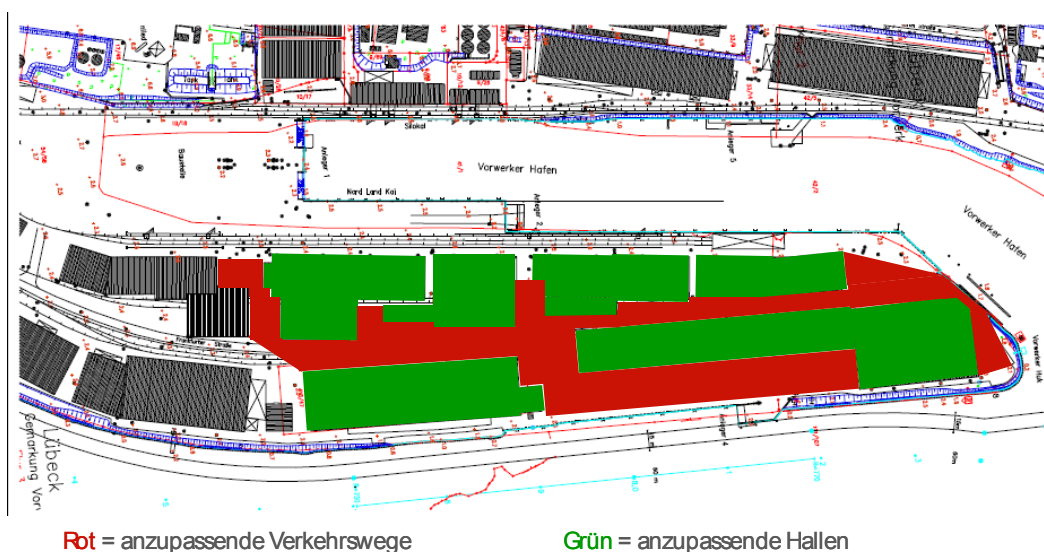


Abbildung 7: anzupassende Flächen am Vorwerker Hafen bei 20 cm Meeresspiegelanstieg

### Variante 1

Die beiden Szenarien definieren sich ausschließlich über den Anstieg des Meeresspiegels. Da die Art der Anpassung jedoch auch unterschiedlich verwirklicht werden kann, wurden zusätzlich noch einmal zwei Varianten definiert. Variante 1 sieht teilweise einen Neubau der anzupassenden Hallen vor. In einigen Fällen ist jedoch nur die Sanierung der Hallenböden nötig. Sanierung bedeutet hier eine Anhebung des Hallenbodens auf eine hochwassersichere Höhe. Das Verhältnis von Sanierung zu Neubau liegt bei 50:50.

Die Berechnung wird für die vier Fälle (2 Szenarien á 2 Varianten) jeweils gleich aufgebaut. Aus den Flächen für die Anpassung der Hallenfußböden, der kompletten Hallen und der Verkehrswege sowie den speziellen Kosten je Flächeneinheit werden die Gesamtkosten für die jeweilige Variante ermittelt. Die einzelnen enthaltenen Kostenpositionen sind aus Erfahrungen vergleichbarer Projekte sowie Berichten und nach Rücksprache mit Akteuren der LHG Servicegesellschaft mbH ermittelt worden.

- Anpassung des Hallenfußbodens: **25.400 m<sup>2</sup>**
- Anpassung kompletter Hallen: **25.400 m<sup>2</sup>**
- Anpassung der Verkehrswege: **50.100 m<sup>2</sup>**

Kostenannahmen:

- Fußbodensanierung = 65 €/m<sup>2</sup>
- Hallenneubau = 400 €/m<sup>2</sup>
- Verkehrswege = 115 €/m<sup>2</sup>

monetärer Anpassungsbedarf:

Fußbodensanierung	1,65 Mio. €
Hallenneubau	+10,16 Mio. €
Verkehrswege	<u>+ 5,76 Mio. €</u>
	<b>= 17,57 Mio. €</b>

### Variante 2

In Variante 2 sind die gleichen Flächen wie bereits in Variante 1 anzupassen. Der Unterschied besteht in der Form der Anpassung. In Variante 1 wurden 50 % der zu sanierenden Hallen nur erhöht aber nicht gänzlich erneuert. Dieser Sanierungsanteil fällt nun weg, da in der Variante 2 angenommen wird, dass im Falle einer Anpassung nur ein kompletter Neubau wirtschaftlich sinnvoll ist.

- Anpassung kompletter Hallen: **50.800 m<sup>2</sup>**
- Anpassung der Verkehrswege: **50.100 m<sup>2</sup>**

Kostenannahmen:

- Hallenneubau = 400 €/m<sup>2</sup>
- Fußbodensanierung = 65 €/m<sup>2</sup>
- Verkehrswege = 115 €/m<sup>2</sup>

monetärer Anpassungsbedarf:

Hallenneubau	20,32 Mio. €
Verkehrswege	+ <u>5,76 Mio. €</u>
	<b>= 26,08 Mio. €</b>

Der Anpassungsbedarf im Szenario 1 bewegt sich variantenabhängig zwischen 17,57 und 26,08 Mio. Euro.

Das Investitionsvolumen wird von den Terminalbetreibern in Anbetracht der zur Verfügung stehenden Zeitspanne für nicht ungewöhnlich gehalten, aber als reine Maßnahme mit dem ausschließlichen Ziel der Klimaanpassung nicht zu verwirklichen sein.

Im nachfolgenden Abschnitt wird der Preissprung der notwendigen Investitionen bei nur 10 cm zusätzlichem Meeresspiegelanstieg dargelegt.

#### 4.2.2 Szenario 2

In Szenario 2 wird angenommen, dass der Meeresspiegel in den nächsten 50 Jahren um bis zu 30 cm steigt. Die anzupassenden Flächenbereiche auf dem Vorwerker Hafen weiten sich deutlich aus und erreichen auch Teile am westlichen Ufer. Neben denen im Vorwerker Hafen entstehen in diesem Szenario auch Anpassungsbedarfe auf dem Terminal Skandinavienkai. Da der gesamte kainahe Bereich auf einer Höhe von 2,5 m über NN liegt, müssten weite Teile des Terminals angehoben werden.

Analog zur Kostenberechnung nach Szenario 1 wird auch in diesem Szenario eine Unterteilung in zwei Varianten erfolgen. Die beiden nachfolgenden Grafiken zeigen die anzupassenden Flächen auf den Terminals Vorwerker Hafen und Skandinavienkai.



Abbildung 8: anzupassende Flächen am Vorwerker Hafen bei 30 cm Meeresspiegelanstieg

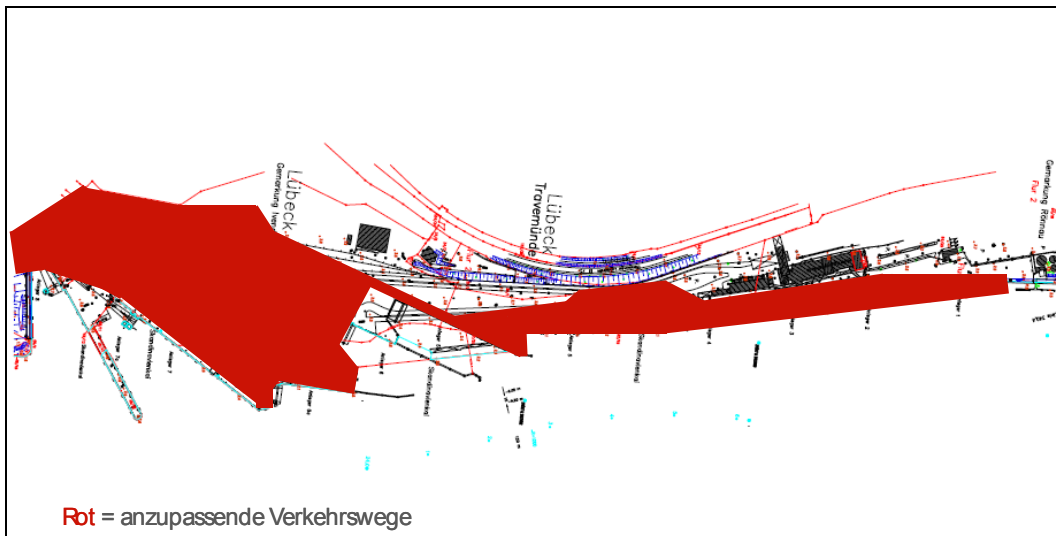


Abbildung 9: anzupassende Flächen am Skandinavienkai bei 30 cm Meeresspiegelanstieg

#### Variante 1

Variante 1 beinhaltet wiederum eine Anpassungsstrategie mit 50 % Hallenneubau und 50 % Hallensanierung.

Anpassung des Terminals Vorwerker Hafen:

- Anpassung des Hallenfußbodens: **40.250 m<sup>2</sup>**
- Anpassung kompletter Hallen: **40.250 m<sup>2</sup>**
- Anpassung der Verkehrswege: **199.500 m<sup>2</sup>**

Anpassung des Terminals Skandinavienkai:

- Anpassung der Verkehrswege: **155.600 m<sup>2</sup>**

Kostenannahmen:

- Fußbodensanierung = 65 €/m<sup>2</sup>
- Hallenneubau = 400 €/m<sup>2</sup>
- Verkehrswege = 115 €/m<sup>2</sup>



monetärer Anpassungsbedarf:

Hallenneubau auf dem Vorwerker Hafen	16,10 Mio. €
Fußbodensanierung auf dem Vorwerker Hafen	+ 2,62 Mio. €
Verkehrswege auf dem Vorwerker Hafen	+ 22,94 Mio. €
Verkehrswege auf dem Skandinavienkai	<u>+ 17,89 Mio. €</u>
Vorwerker Hafen	= 41,66 Mio. €
Skandinavienkai	<u>+ 17,89 Mio. €</u>
	<b>= 59,55 Mio. €</b>

Szenario 2 Variante 1 weist einen Investitionsbedarf von 59,55 Mio. Euro auf.

### Variante 2

In Variante 2 entfällt erneut die Option der Hallensanierung, denn 100 % der Hallen werden als neu errichtet.

Anpassung des Terminals Vorwerker Hafen

- Anpassung kompletter Hallen: **80.500 m<sup>2</sup>**
- Anpassung der Verkehrswege: **199.500 m<sup>2</sup>**

Anpassung des Terminals Skandinavienkai auf den kaimnahen Verkehrsflächen:

- Anpassung der Verkehrswege: **155.600 m<sup>2</sup>**

Kostenannahmen:

- Fußbodensanierung = 65 €/m<sup>2</sup>
- Hallenneubau = 400 €/m<sup>2</sup>
- Verkehrswege = 115 €/m<sup>2</sup>

monetärer Anpassungsbedarf:

Hallenneubau auf dem Vorwerker Hafen	32,20 Mio. €
Verkehrswege auf dem Vorwerker Hafen	+ 22,94 Mio. €
Verkehrswege auf dem Skandinavienkai	<u>+ 17,89 Mio. €</u>
Vorwerker Hafen	= 55,14 Mio. €
Skandinavienkai	<u>+ 17,89 Mio. €</u>
	<b>= 73,04 Mio. €</b>

Die Investitionssumme erhöht sich von 17,57 bis 26,08 Mio. Euro im Szenario 1 auf 59,55 bis 73,04 Mio. Euro im Szenario 2. Ein Anstieg des Meeresspiegels von 20 cm auf 30 cm in den nächsten 50 Jahren erhöht das Investitionsvolumen im Durchschnitt der möglichen Bauvarianten somit um 44,47 Mio. Euro.

Werden lediglich die Investitionen betrachtet, die auf die Anforderungen aus dem Klimawandel zurückzuführen sind, müssen nach Szenario 1 etwa 1,8 bis 2,6 Mio. Euro bzw. nach Szenario 2 etwa 6,0 bis 7,3 Mio. Euro investiert werden. Durchschnittlich müssen bei Eintritt von Szenario 2 schon 4,4 Mio. Euro mehr investiert werden, als dies bei einem um nur 10 cm geringeren Anstieg des Meeresspiegels der Fall ist.

Eine weitere, lineare Fortsetzung dieser Hochrechnung für einen größeren Meeresspiegelanstieg ist unzulässig. Es kann jedoch angenommen werden, dass sich die Wahrscheinlichkeit der kompletten Hallensanierung bei einem rasanteren Anstieg des Meeresspiegels erhöht, da sich bei gleichbleibender Außenhöhe der Halle die innere lichte Höhe um den gleichen Wert verringert, wie der Boden angehoben wird. Solche Sanierungsmaßnahmen sind nicht wirtschaftlich und Ersatzneubauten notwendig. Zusätzlich werden beispielsweise Ver- und Entsorgungsmedien, weitere Gebäude und Straßen- und Schienenanbindungen vermehrt betroffen sein, was zu einer überproportionalen Kostensteigerung führen wird.

## 5 Fazit

Allgemeines Fazit der vorliegenden Untersuchung ist, dass die öffentlichen Lübecker Häfen vorerst gut gegen äußere Einflüsse aufgestellt sind. Die betrachteten Terminals haben, anders als nichtmaritime Wirtschaftsunternehmen, seit jeher direkt mit den besonders zu beachtenden Klimaparametern zu tun.

Aus dieser Erfahrung heraus sind sie sensibilisiert, ständig auf Veränderungen der klimatischen Bedingungen zu reagieren. Als Umschlags- und Lagerort für wetterempfindliche Güter sind sie besonders von der Anpassung ihrer Supra- und Infrastruktur als Vorbeugung gegen negative Auswirkungen des Klimawandels abhängig.

Durch diese bereits praktizierte Handlungsweise kann die Situation der Lübecker Häfen im Vergleich mit umliegenden Unternehmen oder kommunalen Gebieten, im Hinblick auf die Maßnahmen gegen äußere Einflüsse, als positiv eingeschätzt werden.

Durch permanente Modernisierungen sind die Anlagen über dem Niveau der aktuellen Sicherheitsstandards und bieten Schutz gegen die gegenwärtigen Klimaeinflüsse. Lediglich kleinere Schäden, verursacht durch Stürme im vergangenen Jahr, zeigen geringe Anpassungsbedarfe gegen erhöhte Windgeschwindigkeiten.

Diese Aussage orientiert sich allerdings nur an dem in dieser Untersuchung gewählten Szenario. Werden andere Klimaänderungen zugrunde gelegt, werden die skizzierten Auswirkungen deutlich verstärkt. Demzufolge ist auch die Notwendigkeit zur Anpassung von Supra- und Infrastruktur dann erneut zu beurteilen.

- Je nach Anstieg des Meeresspiegels sind Anpassungsmaßnahmen zuerst am Terminal Vorwerker Hafen notwendig; anschließend am Skandinavienkai
- Bei Erneuerungen sollten generell die zusätzlichen Gefahren durch Umwelteinflüsse verstärkt beachtet werden.
- Eine intensivere Sicherung von freilagernden Gegenständen aufgrund der Gefahren durch erhöhte Windgeschwindigkeiten ist notwendig.
- Eine Erhöhung der Kaimauern muss bei Modernisierungen berücksichtigt werden, um eventuellen Klimaänderungen zum Ende des Jahrhunderts entgegenzuwirken
- Die Entwässerungsanlagen sollten perspektivisch ausgebaut werden, da eine Zunahme an extremen Niederschlagsmengen erwartet wird.
- Allgemein werden die Maßnahmen zur Anpassung der Supra- und Infrastruktur an den Klimawandel nur einen geringen Anteil an den künftig zu erwartenden Instandhaltungskosten ausmachen. Sie sind nur im Verbund mit lebenszyklischen Erneuerungen wirtschaftlich sinnvoll.

## Literaturverzeichnis

- [1] Norddeutsches Klimabüro und Internationales BALTEX-Sekretariat: *Ostseeküste im Wandel – Ein Handbuch zum Forschungsstand*, Geesthacht, 2012.
- [2] Becker, Austin: *Climate Change Impacts on International Seaports: Knowledge, Perceptions and Planning Efforts among Port Administrators*, Springer Science+Business Media B.V., 2011.
- [3] Rahmstorf, Stefan: *A Semi-Empirical Approach to Projecting Future Sea-Level Rise*, sciencemag.org, Vol. 315, S.368 ff.

## **Impressum**

### **Herausgeber**

Ecologic Institut gemeinnützige GmbH  
Pfalzburger Str. 43/44  
10717 Berlin  
[www.ecologic.eu](http://www.ecologic.eu)

### **Inhalt erstellt durch:**

CPL Competence in Ports and Logistics Wenzel, Heine & Kollegen GbR  
Dierkower Damm 29, 18146 Rostock  
[info@c-pl.de](mailto:info@c-pl.de)

### **Web**

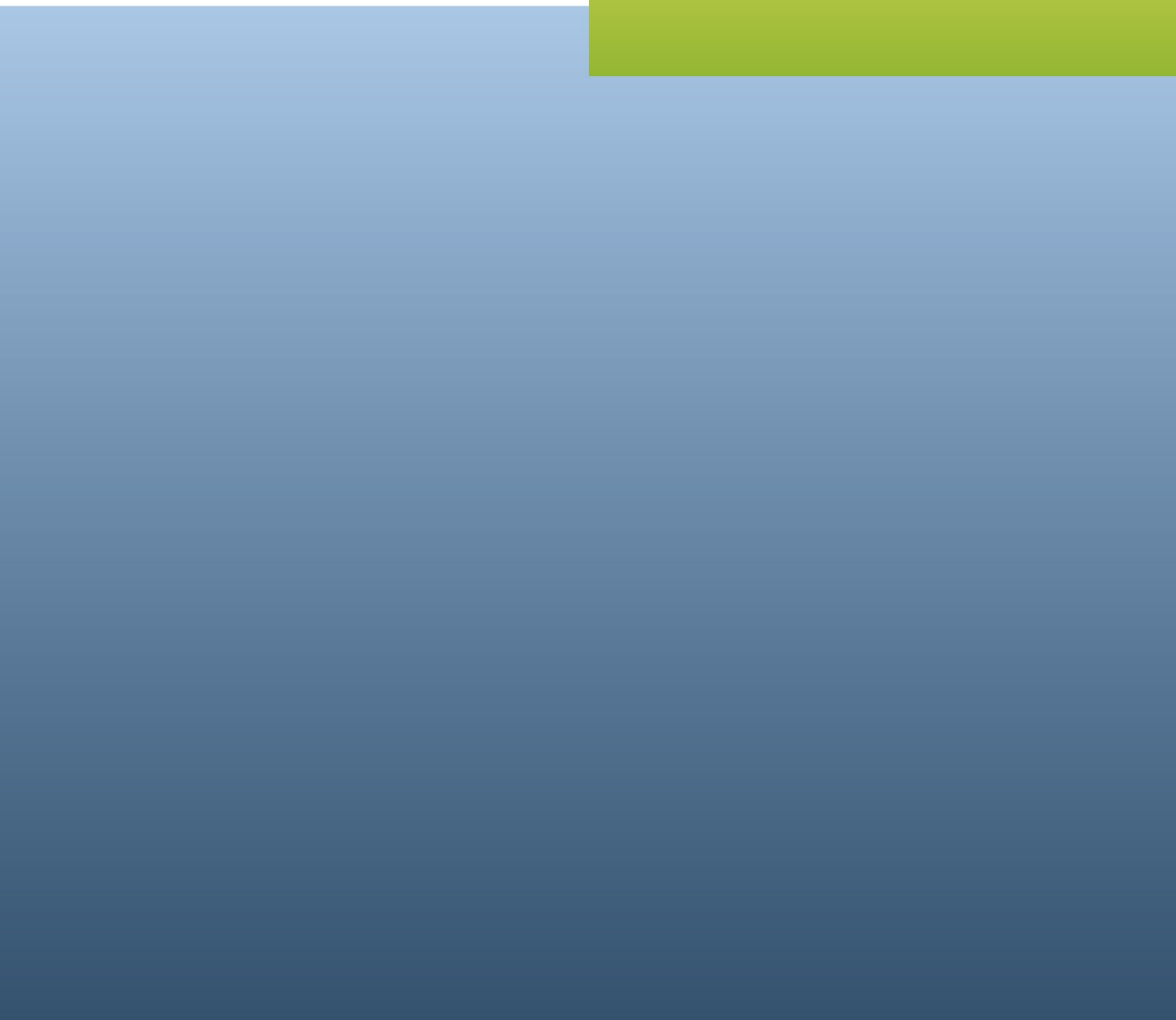
<http://www.klimzug-radost.de>

### **Bildrechte**

© Lübecker Hafen-Gesellschaft mbH  
CPL Competence in Ports and Logistics Wenzel, Heine & Kollegen GbR

**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