

Klimaanpassungskonzepte für die Hafenanlagen in Bremen und Bremerhaven

Zusammenfassung für externe Akteure



Auftraggeberin:

Freie Hansestadt Bremen
Senatorin für Wissenschaft und Häfen

Stand:

5. Juni 2023

Aktualisiert: 29. Januar 2025

Inhaltsverzeichnis

1	Hintergrund und Aufgabenstellung.....	1
2	Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse	2
2.1	Betrachtetes System und relevante Akteure.....	2
2.2	Heutige und zukünftige Klimaänderungen.....	2
2.3	Identifizierte Risiken	3
2.4	Anpassung an die Folgen des Klimawandels	4
2.4.1	Anpassungsmaßnahmen und Anpassungspfade	4
2.4.2	Anpassung für ausgewählte Risiken	5
2.5	Monitoring	8
2.6	Akteurssensibilisierung und Netzwerke.....	9
3	Literaturverzeichnis.....	11
4	Anhang	13

1 Hintergrund und Aufgabenstellung

Die global, regional und lokal zu erwartenden Veränderungen durch den Klimawandel stellen die Gesellschaft vor große Herausforderungen. Insbesondere im Zusammenhang mit extremen Temperaturen sind die Folgen des Klimawandels bereits heute weltweit sichtbar. Andere Auswirkungen, wie eine Beschleunigung des Meeresspiegelanstiegs, werden erst allmählich deutlich werden. Selbst bei entschiedenem Klimaschutz werden die Folgen des Klimawandels unabwendbar sein. Daher ist es wichtig, die Folgen des Klimawandels frühzeitig zu untersuchen und entsprechende Anpassungsstrategien zu entwickeln.

Für Bremen und Bremerhaven wurde daher eine Anpassungsstrategie entwickelt, die 2018 vom Senator für Umwelt Bau und Verkehr veröffentlicht wurde¹. Die Strategie sieht vor, sogenannte Schlüsselmaßnahmen, d.h. Maßnahmen mit besonderer Priorität, umzusetzen. Die Schlüsselmaßnahmen sind in spezifische Maßnahmen für die Stadtgemeinde Bremen bzw. Bremerhaven sowie das Land Bremen unterteilt. Im Rahmen der Schlüsselmaßnahme „Land 8“ sind „Klimaanpassungskonzepte für die Hafenanlagen in Bremen und Bremerhaven“ zu erstellen. Die Arbeitsschritte der Schlüsselmaßnahme „Land 8“ umfassen die folgenden Punkte:

- Zusammenstellung des Wissensstands zu absehbaren Veränderungen durch den Klimawandel,
- mögliche Folgewirkungen sowie sektor- und standortbezogene Überprüfung damit verbundener Risiken und Chancen,
- Identifizierung und Vorbereitung von resilienzsteigernden Maßnahmen und Projekten (insbesondere in der Hafenentwicklung, im Hafenbau und im Zusammenhang mit Kompensationsmaßnahmen) sowie Hinwirkung auf sowohl see- als auch landseits resiliente Transportketten.

Die Erarbeitung der Anpassungskonzepte erfolgt in Anlehnung an den PIANC-Leitfaden „Climate Change Adaptation Planning for Ports and Inland Waterways“² in einem vierstufigen Prozess: (1) Problemstellung und Zielsetzung, (2) Klimainformationen, (3) Verwundbarkeiten und Risiken sowie (4) Anpassungsmöglichkeiten.

In Übereinstimmung mit der Beurteilung der Risiken des Klimawandels nach DIN EN ISO 14091 ist das Ziel der Klimaanpassungskonzepte, für die Thematik zu sensibilisieren, Risiken zu identifizieren und zu priorisieren, Anpassungsbedarfe zu ermitteln und darüber hinaus, langfristig die Grundlage für eine Überwachung des Risikos sowie für Monitoring und Evaluierung der Anpassung zu schaffen.

¹ <https://www.klimaanpassung.bremen.de/anpassung-projekte/die-anpassungsstrategie-20395>

² <https://www.pianc.org/publications/envicom/wg178>

2 Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse

2.1 Betrachtetes System und relevante Akteure

Für die Funktionalität eines Hafens spielen eine Vielzahl von Anlagen, Tätigkeiten und Systemen eine Rolle. Neben dem Terminalbetrieb und der Hafeninfra- und Suprastruktur zählen dazu die gesamte wasser- und landseitige Transportkette sowie die zugehörige Verkehrsinfrastruktur. Darüber hinaus ist die Wertschöpfung vieler im oder in der Nähe des Hafens vorhandener Betriebe direkt oder indirekt von der Funktion des Hafens abhängig. Die Folgen des Klimawandels können sich nicht nur direkt auf die Funktionalität des Hafens auswirken. Es können auch indirekte Folgen, beispielsweise sich ändernde Güterströme aufgrund von Klimaschutzbestrebungen oder Störungen der Lieferketten, auftreten. Damit liegt die Anpassung an den Klimawandel in der Verantwortung diverser öffentlicher und privater Akteure.

Die hier dargestellten Konzepte wurden mit Fokus auf die direkten Folgen des Klimawandels für Betrieb und Infrastruktur der bremischen Häfen erstellt. Bei der Erstellung der Konzepte wurden interne Akteure, die u.a. mit Betrieb, Unterhaltung sowie Planung der von bremenports verwalteten Hafeninfrastruktur betraut sind, und externe Akteure der Schifffahrt (WSA, HBH, Lotsen sowie Festmacher), des Bahnbetriebs (SWH, DB Netz, Rangiereisenbahnverkehrsunternehmen) sowie der Terminals anhand von Interviews beteiligt. Tab. 1 im Anhang zeigt eine Übersicht der identifizierten relevanten Anlagen, Tätigkeiten und Systeme, der relevanten Klimaparameter sowie der zuständigen Akteure in den bremischen Häfen. Für Auswirkungen und Möglichkeiten der Anpassung im Bereich der maritimen Wirtschaft und Logistik wird auf die Ergebnisse des Projekts BREsilient³ verwiesen.

2.2 Heutige und zukünftige Klimaänderungen

Nachdem Systemgrenzen und Akteure für die Analyse festgelegt wurden, ist der nächste Schritt in der Herleitung erforderlicher Anpassungsmaßnahmen die Zusammenstellung historischer und zukünftiger Klimaänderungen. Bisher zeigen im Land Bremen die mittlere Lufttemperatur und damit im Zusammenhang stehende Kenntage, z. B. die Anzahl der Hitzetage, sowie der mittlere Niederschlag im Winter eine zunehmende Tendenz. Insbesondere für Starkregenereignisse ist die Datenlage noch nicht ausreichend, um verlässliche Tendaussagen zu treffen. Die Häufigkeit von Sturmfluten hat zugenommen. Die Entwicklung der Hochwasserstände wurde allerdings neben dem langfristigen Meeresspiegelanstieg von wasserbaulichen Maßnahmen beeinflusst.

Zukünftig zeigen je nach Klimaszenario vor allem der Anstieg des Meeresspiegels und der mittleren Lufttemperatur eine klare Zunahme, darüber hinaus ist mit einer zunehmenden Bedeutung von Starkniederschlagsereignissen zu rechnen. Andere Parameter wie Wind, Tidedynamik oder Unwetterereignisse zeigen weniger deutliche Änderungssignale. Änderungen dieser Parameter sind mithilfe von Klimamodellen jedoch auch deutlich schwieriger zu bestimmen. Die Risiken durch den Klimawandel langfristig auf ein handhabbares Maß zu begrenzen, ist vor allem im Hinblick auf den möglichen

³ <https://bresilient.de/portfolio-item/maritime-wirtschaft/>

Meeresspiegelanstieg, insbesondere auf Zeitskalen von Hunderten von Jahren von großer Bedeutung, da dieser andernfalls die Grenzen der Anpassung erreichen kann. Tab. 2 im Anhang fasst das Ausmaß möglicher zukünftiger klimatischer Änderungen im Land Bremen zusammen.

2.3 Identifizierte Risiken

Die Änderung eines Klimaparameters, etwa die Zunahme der mittleren Lufttemperatur, führt zu einem Klimarisiko, wenn die Auswirkung auf die betroffene Anlage negativ ist (Gefährdung) und sich daraus eine Zunahme der Verwundbarkeit ergibt. Das konkrete Klimarisiko berücksichtigt das Ausmaß der Folgen sowie die Eintrittswahrscheinlichkeit des Ereignisses.

Die vorliegende Risikobewertung wurde anhand von Expertenurteilen (Interviews) durchgeführt. Identifizierte Risiken wurden auf einer fünfstufigen Skala von niedrig (1), niedrig/mittel (1/2), mittel (2), mittel/hoch (2/3) bis hoch (3) bewertet. Für einige potentielle Risiken wurde im Zusammenhang mit den Klimawandelfolgen eine Bewertung als nicht belastbar angesehen, beispielsweise aufgrund von komplexen Zusammenhängen beim Sedimenttransport oder Eintrag von invasiven Arten. Bei den privatwirtschaftlichen Akteuren der Terminals wurde auf eine Bewertung der identifizierten Risiken verzichtet. Manche Klimaparameter bzw. -prozesse, wie etwa Wind, Seegang, Unwetter oder Nebel, zeigen zudem aus heutiger Sicht ein nicht signifikantes bzw. unklares Änderungssignal, so dass die Risiken zu diesem Zeitpunkt zwar grundsätzlich identifiziert, deren zukünftige Eintrittswahrscheinlichkeit jedoch noch als unklar einzustufen ist.

Bereits heute zu beobachtende Auswirkungen von meteorologischen, hydrologischen oder ozeanographischen Ereignissen auf die Hafenanlagen in Bremen und Bremerhaven bieten einen ersten Anhaltspunkt für die Identifikation von Klimarisiken. Heutige Risiken können zukünftig durch den Klimawandel verstärkt werden. Gleichzeitig können durch den Klimawandel auch neue Risiken entstehen. Die Mehrheit der bisher zu beobachtenden Beeinträchtigungen der bremischen Häfen stehen im Zusammenhang mit extremen Ereignissen, die aufgrund der örtlichen bzw. strukturellen Gegebenheiten und den vorhandenen Umwelteinflüssen beobachtbar sind, beispielsweise Schäden und Ausfallzeiten infolge von Stürmen oder Sturmfluten. Die ersten Folgen des Klimawandels, insbesondere im Zusammenhang mit hohen Temperaturen bzw. Hitzewellen und andauernder Trockenheit, scheinen spürbar zu werden. Die bisherigen hitzebedingten Auswirkungen, wie die thermische Belastung von Mitarbeitenden, Funktionsstörungen im Bereich von Stahlbauteilen oder das Auftreten von wärmeliebenden invasiven Arten, haben bisher eher mäßige Folgen. Neben den negativen Auswirkungen existieren auch positive Effekte. So kann beispielsweise die Bildung von Eis auf den Wasserflächen in der jüngeren Vergangenheit quasi nicht mehr beobachtet werden.

Am häufigsten stehen die im Rahmen der Akteursbeteiligung identifizierten Klimarisiken im Zusammenhang mit Wasserstand, Wind, Temperatur, Unwetter oder Niederschlag. Ein Großteil der identifizierten Risiken ist mit niedrig bewertet worden und wird zum jetzigen Zeitpunkt als wenig kritisch für die Hafenanlagen in Bremen und Bremerhaven angesehen. Tab. 3 im Anhang enthält eine Übersicht der Risiken, die mit mindestens niedrig/mittel (1/2) bewertet wurden. Die gewählte Bewertungsmethode ist grundsätzlich durch den subjektiven

Maßstab und die Erfahrungen des Experten/der Expertin geprägt. Der subjektive Einfluss macht sich insbesondere in den Risiken mittlerer bzw. hoher Kategorie bemerkbar. Die Auswirkungen können für die jeweiligen Bereiche durchaus als mittel oder hoch angesehen werden, in Hinblick auf die Funktionalität des gesamten Hafens jedoch wesentlich weniger bedeutsam sein.

Die folgenden Risiken, die in Tab. 3 mit mindestens niedrig/mittel (1/2) bewertet wurden, im Bereich der Hafeninfrastruktur bzw. der see- und landseitigen Hafenanbindung werden aufgrund ihrer derzeitigen oder voraussichtlichen zukünftigen Bedeutung als vordringlich angesehen:

- Behinderung der Schifffahrt durch Wind
- Zusätzlicher Schlepperbedarf bei starkem Wind mit Kapazitätsengpässen
- Überschreiten des Bemessungswasserstands von Hochwasserschutzanlagen
- Gefahr von Rückstau und Kapazitätsengpässen infolge Infrastruktur- oder Betriebsausfällen (Hinterlandverbindung per Bahn, Bahnbetrieb im Hafen)
- Bedarf für Kühlung und Beschattung von Gebäuden
- Trockenheitsstress infolge fehlenden Niederschlags
- Gefahr des Rückstaus bei Starkniederschlagsereignissen und geringer Vorflutkapazität infolge Tidehochwassers

Die Änderung eines Klimaparameters kann neben einem Risiko auch zu einer Chance führen, wenn die Gefährdung abnimmt. Neben den Klimarisiken wurden im Rahmen der Akteursbeteiligung daher auch mögliche Chancen infolge der klimatischen Änderungen für die Hafenanlagen in Bremen und Bremerhaven identifiziert und bewertet. Der Großteil der identifizierten Chancen ist mit niedrig (1) bewertet worden und wird zum jetzigen Zeitpunkt als wenig bedeutsam für die Hafenanlagen in Bremen und Bremerhaven angesehen. Die identifizierten Chancen stehen insbesondere im Zusammenhang mit tiefen Temperaturen, die bereits heute wesentlich seltener vorkommen, und die somit seltener zu Einschränkungen bei Arbeiten im Freien sowie zu Schäden und Beeinträchtigungen infolge von Eis oder Schnee führen. Zudem vergrößert der Meeresspiegelanstieg langfristig gesehen die Wassertiefen in der Zufahrt zu den bremischen Häfen und führt zu selteneren Einschränkungen bei den Schleusungen bzw. fallendem Wasser- und Energiebedarf zur Aufrechterhaltung der Hafenwasserstände. Ob die Chancen aufgrund der überwiegenden Anzahl von Risiken tatsächlich als Chancen oder eher als eine Art abmildernder Faktor für wirtschaftliche und betriebliche Risiken zu sehen sind, wurde im Rahmen dieser Analyse nicht untersucht.

2.4 Anpassung an die Folgen des Klimawandels

2.4.1 Anpassungsmaßnahmen und Anpassungspfade

Anpassungsmaßnahmen, um die Folgen der identifizierten Klimarisiken soweit wie möglich zu minimieren, können physische Maßnahmen, wie bauliche Anpassung, soziale Maßnahmen, etwa die Schulung von Mitarbeitenden, oder institutionelle Maßnahmen, z.B. auf Ebene der Unternehmensführung, sein. Zudem unterscheidet sich der prinzipielle Umgang mit den

Risiken je nach Standzeit einer Anlage, benötigter Reaktionszeit für die Umsetzung von Maßnahmen sowie je nach potentielltem Schaden. Umsetzungszeitpunkte sollten daher sinnvoll und aufgrund der zukünftigen Spannbreite klimatischer Änderungen, anhand von sogenannten Anpassungspfaden, möglichst flexibel gewählt werden. Tab. 3 im Anhang enthält eine Übersicht von Anpassungsmaßnahmen und Umsetzungszeitpunkten für die Risiken, die mit mindestens niedrig/mittel (1/2) bewertet wurden.

Die im Verantwortungsbereich von bremenports identifizierten Maßnahmen können sukzessive, ad hoc, bei konkreter Veranlassung bzw. im Rahmen von turnusmäßigen Wartungen, Sanierungen oder Neuplanungen umgesetzt werden. Außergewöhnliche Sofortmaßnahmen allein zum Zweck der Klimaanpassung sind zum jetzigen Zeitpunkt nicht identifiziert worden.

Es lassen sich nicht alle Risiken durch Anpassung minimieren bzw. verhindern. Zudem können Restriktionen bei der Umsetzung von Maßnahmen bestehen. Restriktionen können eine fehlende Bereitschaft und mangelnde Zusammenarbeit zwischen Akteuren bzw. nicht eindeutig definierte Zuständigkeiten unterschiedlicher Akteure sowie finanzielle und politische Hemmschwellen, aber auch Grenzen der physischen Machbarkeit sein. Daher sollten neben der Anpassung an den Klimawandel alle Versuche unternommen werden, um die Auswirkungen des Klimawandels zu begrenzen.

2.4.2 Anpassung für ausgewählte Risiken

2.4.2.1 Behinderung der Schifffahrt durch Wind

Die Behinderung der Schifffahrt durch Wind ist vor allem in den begrenzenden Bereichen des Hafens sowie im engeren Fahrwasser der Mittelweser von Relevanz, hat aber auch aufgrund der Revierfahrt in der Unterweser für die Schiffsanläufe bzw. -abläufe nach Bremen eine Bedeutung. Das Risiko besteht unabhängig von den Folgen des Klimawandels und steht darüber hinaus im Zusammenhang mit der Gefahr von Havarien – die jedoch in der Regel in Kombination mit technischem oder menschlichem Versagen auftreten. Bei starken Winden ist häufig der Betrieb auf den Terminals nur eingeschränkt oder gar nicht möglich und auch die Hinterlandverbindung per Bahn kann betroffen sein, so dass das Risiko nicht isoliert zu betrachten ist. Im Zusammenhang mit starken Winden ist sowohl wasserseitig als auch landseitig nur eine begrenzte Möglichkeit zur Anpassung gegeben. Einschränkungen müssen hingenommen und Schäden vermieden werden. Denkbar ist eine optimierte Vorhersage bzw. Umschlagsplanung, um die Folgen der Auswirkungen zu minimieren. Nimmt man vereinfachend einen Schwellenwert von 17 m/s (etwa Windstärke 7 bis 8) als kritisch für den Terminalumschlag an (je nach Gerätetyp fangen Betriebsunterbrechungen bzw. -beeinträchtigungen bei geringeren oder auch höheren Windgeschwindigkeiten an) ist dieser Schwellenwert in den Jahren 2020 bzw. 2021 an etwa 330 bzw. 250 Stunden im Jahr, d.h. an weniger als rund 14 Tagen im Jahr als höchste Windspitze der letzten Stunde aufgetreten. Da das zukünftige Änderungssignal derzeit keine signifikante bzw. eine unklare Änderung aufweist, erscheint zum jetzigen Zeitpunkt die dauerhafte Erfassung und Auswertung der Betroffenheit infolge von hohen Windgeschwindigkeiten sinnvoll. Anhand der Umsetzung eines entsprechenden Monitoringprogramms, das zweckmäßigerweise unter Mitwirkung der Terminalbetreibenden aufzubauen ist, kann die Entwicklung extremer Windgeschwindigkeiten

sowie deren tatsächlichen Auswirkungen auf den hafenbetrieb kontinuierlich erfasst und deren Bedeutung anhand lokaler Daten verifiziert werden.

2.4.2.2 Schlepperbedarf bei starkem Wind mit Kapazitätsengpässen

Bei starken Winden steigt der Bedarf an Seeschiffsassistenz (Schleppern). Bereits heute kann es aufgrund der vorherrschenden Situation zu Kapazitätsengpässen kommen. Betroffen sind insbesondere die Hafenanlagen in Bremen-Stadt aber auch die abgeschleusten Bereiche in Bremerhaven. Deshalb wird die Erhöhung der Schlepperkapazitäten empfohlen. Um in den bremischen Häfen Seeschiffsassistenz gewerbsmäßig betreiben zu dürfen, muss die Erlaubnis des Hansestadt Bremischen Hafenamtes eingeholt werden. Aktuell verfügen vier Unternehmen über diese Erlaubnis, wobei nicht alle Unternehmen in Bremen-Stadt bzw. in den Bereichen hinter den Schleusen tätig sind. Die Gründe für die Engpässe sind vordringlich in betriebswirtschaftlichen Ursachen zu sehen. Aufgrund des Gefahrenpotentials und der wirtschaftlichen Bedeutung ist der Nutzen von Maßnahmen unabhängig von der zukünftigen Entwicklung des Klimas gegeben. Die Verbesserung der Situation erhöht darüber hinaus die Widerstandsfähigkeit gegenüber potentiellen zukünftigen Ereignissen. In Tab. 3 werden mögliche Anpassungsmaßnahmen genannt, deren Umsetzung die Beteiligung und Bereitschaft der involvierten Akteure braucht. Die Federführung für die Initiative zur Umsetzung der genannten Maßnahmen könnte aufgrund der Zuständigkeit für die Erlaubnis zum Betrieb einer Seeschiffsassistenz beim HBH angesiedelt werden.

2.4.2.3 Überschreiten des Bemessungswasserstands von Hochwasserschutzanlagen

Das Risiko für ein Überschreiten des Bemessungswasserstands von Hochwasserschutzanlagen ist für den Großteil der Hochwasserschutzlinie aufgrund gültiger Bemessungsrichtlinien, die traditionell große Sicherheiten, inkl. eines langfristigen Meeresspiegelanstiegs, berücksichtigen, gering. Allerdings ist das Risiko für Anlagen, deren Ist-Höhe nach älteren Bemessungskriterien festgelegt wurde und die bisher nicht an aktuelle Bemessungswasserstände (BWSt) angepasst wurden, d.h. entsprechende Minderhöhen aufweisen, größer. Dazu gehören insbesondere die Stromkaje, deren Höhenniveau bei der Planung auf dem damaligen Hochwasserschutzniveau festgelegt wurde sowie das Geestesperrwerk. Die Anpassung des Hochwasserschutzes für die Abschnitte I bis IIIa des Containerterminals sowie für das Geestesperrwerk befinden sich bereits im Planungsprozess. Grundsätzlich erfüllt bremenports die Aufgaben des Hochwasserschutzes im Rahmen eines Geschäftsbesorgungsvertrages. Die hoheitliche Verantwortung für die Festlegung der BWSt liegt bei der Senatorischen Behörde für Umwelt, Klimaschutz, Umwelt, Mobilität, Stadtentwicklung und Wohnungsbau (SKUMS). In deren Zuständigkeitsbereich ebenfalls die Festlegung von Überschwemmungsgebieten bzw. Sonderflächen außerhalb der Landesschutzlinie fällt, wozu Teile des Hafengebietes in Bremen-Stadt zählen. Grundsätzlich ist ebenfalls eine Überprüfung der ausgewiesenen Flächen im Zusammenhang mit dem Anstieg des Meeresspiegels angeraten. Außerhalb des Landeshochwasserschutzes liegt die Verantwortung für den Hochwasserschutz bei den Pächtern der Flächen. Ob sich zukünftig Einbußen bei der Verpachtung betroffener Flächen ergeben, wurde aufgrund der vielfältigen externen Einflussfaktoren nicht bewertet. In Hinblick auf das mögliche Ausmaß sowie das Schadenspotential des Meeresspiegelanstiegs ist es unbedingt angeraten, dass das

Bundesland Bremen seine gesetzten Klimaziele erreicht und als ein Gutes-Beispiel für den Beitrag zur Begrenzung der Klimawandelfolgen beiträgt.

2.4.2.4 Rückstau und Kapazitätsengpässe infolge Infrastruktur- oder Betriebsausfällen im Bereich der Bahnanlagen

Wetterbedingte Infrastruktur- oder Betriebsausfälle im Bereich der Bahnanlagen können zu Rückstau und Kapazitätsengpässen im Bahnbetrieb führen. Das betrifft sowohl den Betrieb in den bremischen Häfen als auch den landseitigen Zu- und Abstrom der Güter per Bahn. Zu den wetterbedingten Ausfällen zählen beispielsweise temperaturbedingte Schäden an Gleisen und Schalthäusern oder windbedingte Schäden an Oberleitungen. Grundsätzlich sollte nach Möglichkeit die Ursache für Infrastruktur- oder Betriebsausfälle vermieden werden. Häufig ist das jedoch nur begrenzt bzw. ad hoc möglich, so dass wetterbedingte Störungen sich nicht vermeiden lassen. Tab. 3 im Anhang zeigt die identifizierten Risiken und mögliche Anpassungsmaßnahmen im Bereich der Bahnanlagen der bremischen Hafeneisenbahn. Aufgrund der transportierten Mengen können Gütertransporte per Bahn nicht kurzfristig in relevantem Maß auf andere Verkehrsträger umgeleitet werden. Kapazitätserhöhungen insbesondere im Bereich der bremischen Häfen stehen vor der Herausforderung der Wirtschaftlichkeit und begrenzten Flächenverfügbarkeit. Kapazitäten im Bereich der Hinterlandverbindung zu erhöhen, wird insbesondere im Zusammenhang mit der geplanten Förderung des Schienenverkehrs als notwendig und zukunftsweisend angesehen. Stichworte in diesem Zusammenhang sind Konfliktfreie Korridore, die Elektrifizierung der Ausweichstrecke Bremerhaven-Bremervörde-Rothenburg, ein drittes Gleis auf der Strecke Bremerhaven-Bremen sowie Hochleistungsnetzkorridore. Da eine solche Anpassung der Infrastruktur teils erheblicher Bemühungen und finanzieller Mittel bedarf, ist an dieser Stelle nicht zuletzt die Politik gefragt, den Ausbau der Eisenbahnverkehrsinfrastruktur voranzubringen.

2.4.2.5 Bedarf für Kühlung und Beschattung von Gebäuden

Bereits die letzten fünf Jahre zeigen alle eine deutliche Zunahme der Anzahl der Sommertage ($T \geq 25^\circ\text{C}$) im Vergleich zum Referenzzeitraum der Jahre 1971-2000. Die Jahre 2018, 2019 und 2022 stechen dabei besonders hervor (vgl. DWD, 2023). Da die mittlere Lufttemperatur in der Zukunft selbst bei starken Klimaschutzbemühungen zunimmt, ist leicht vorstellbar, dass die Kühlung und Beschattung von Gebäuden zukünftig an Bedeutung gewinnen. Aufgrund des großen Gebäudebestands, der von bremenports verwaltet wird, ist eine sukzessive Umsetzung in Abstimmung mit dem vorhandenen Finanzbudget bei Bestandsgebäuden oder bei Neuplanungen angeraten. Maßnahmen sollten dabei keinen oder nur wenig zusätzlichen Energiebedarf haben, wie etwa außenliegender Sonnenschutz oder die Bauteilaktivierung zur Stabilisierung des Raumklimas. Da im Hafengebiet darüber hinaus viele Gebäude in privatem Eigentum sind, ist es sinnvoll, bei den jeweiligen Akteuren die Eigenverantwortung und das Bewusstsein für die Thematik zu fördern. In diesem Zusammenhang können die Akteure auch über andere Risiken und mögliche Anpassungsmaßnahmen im Zusammenhang mit Starkwind oder Niederschlag informiert werden. Als relevante Akteure mit Verantwortlichkeiten im Gewerbegebietsmanagement ist beispielsweise eine übergeordnete Kooperation zwischen FBG, BIS, BEAN und WfB denkbar.

2.4.2.6 Trockenheitsstress infolge fehlenden Niederschlags

Der Klimawandel kann in den Grünflächen zu einer Veränderung der Lebensgemeinschaft und dem Eintrag von invasiven Arten führen. Das konkrete Risiko wurde aufgrund der Komplexität der Situation als nicht bewertbar angesehen. Darüber hinaus ist im Rahmen des Klimawandels mit vermehrtem Trockenheitsstress infolge fehlenden Niederschlags zu rechnen. Um den Trockenheitsstress zu minimieren, existieren kurz- und langfristig umzusetzende Maßnahmen, die soweit möglich im Rahmen des regelmäßigen Monitorings sowie der Baum- und Gehölzpflege bereits umgesetzt werden (siehe Tab. 3 für konkrete Maßnahmen). Bei einer Veränderung der Lebensgemeinschaft und dem Vorkommen invasiver Arten kann versucht werden, regulierend einzugreifen, die Möglichkeiten zur Regulierung sind jedoch häufig begrenzt. Gegebenenfalls können vereinbarte Ziele für Kompensationsflächen nicht erreicht werden, ein Rechtsanspruch auf Anpassung bestehender Kompensationsziele wird allerdings nicht gesehen. Für Grünflächen im Sondervermögen Hafen und Fischereihafen, dazu zählen auch Kompensationsflächen sowie Gehölz- und Baumbestände, liegt die Federführung für Anpassungsmaßnahmen grundsätzlich bei bremenports. Aufwand und Nutzen von Maßnahmen sind zu bewerten sowie die Interessen beteiligter Akteure, z.B. die Nutzer der Flächen sowie Wasser- und Bodenverbände, zu berücksichtigen.

2.4.2.7 Gefahr des Rückstaus bei Starkniederschlagsereignissen und geringer Vorflutkapazität infolge Tidehochwassers

Von Rückstau infolge Starkniederschlags sind besonders tiefliegende Hafengebiete in Bremerhaven bei gleichzeitig erhöhten Tidehochwasserständen bereits heute betroffen. Werden keine Maßnahmen getroffen, wird sich die Situation dort zukünftig verschärfen. Die betroffenen Gebiete entwässern nicht direkt in die Weser, sondern in Richtung des Hinterlands in die Neue Aue, die wiederum über den Grauwallkanal in die Weser entwässert. Als Teil der Suprastruktur liegt die Flächenentwässerung der Terminals im Verantwortungsbereich der Pächter (bei Erbpacht) bzw. Eigentümer der Flächen. Im Hinblick auf die Vorfluter liegt die Verantwortung bei den jeweils zuständigen kommunalen Umweltbehörden bzw. den Wasser- und Bodenverbänden. Die Entwässerungssituation ist nicht nur im Hafengebiet ein komplexes Konstrukt, das historisch gewachsen ist. Es wird empfohlen, besonders gefährdete Gebiete z. B. anhand von Starkregengefahrenkarten zu identifizieren, die betroffenen Akteure zu sensibilisieren und eine Zusammenarbeit zwischen den unterschiedlichen öffentlichen und privaten Akteuren zu fördern. Die Beauftragung einer Starkregengefahrenkarte für Bremerhaven erfolgt derzeit durch den Magistrat Bremerhaven. Eine Akteurssensibilisierung bzw. –Vernetzung sowie die Ausweitung der Betrachtung auf die Entwässerungskapazität des Grauwallkanals ist im Rahmen der Fortschreibung der Klimaanpassungsstrategie Bremen/Bremerhaven denkbar. Ob die Federführung über die Maßnahme dann beispielsweise beim Magistrat Bremerhaven liegen sollte, kann im Rahmen der Fortschreibung ebenfalls festgelegt werden.

2.5 Monitoring

Der Aufbau von Monitoringprogrammen hilft dabei, Aussagen über sich ändernde klimatische Bedingungen mit möglichst lokalem Bezug zu generieren (Klimamonitoring) sowie die eigene Betroffenheit (Betroffenheitsmonitoring) besser zu kennen. Der Aufbau von

Monitoringprogrammen geht mit entsprechendem Bedarf an personellen bzw. finanziellen Ressourcen einher. Strukturen müssen geschaffen, relevante Daten erfasst, langfristig gespeichert und ausgewertet werden. Insbesondere das Monitoring des Ausfalls von bzw. von Schäden an Infrastrukturanlagen können darüber hinaus aufgrund vielfältiger Einflüsse, z. B. Alter, Zustand oder Funktionsweise, verfälscht werden. Zudem ist eine gleichzeitige Betrachtung mit dem tatsächlichen operativen Bedarf sinnvoll. Auch der Zusammenhang zwischen betrieblicher Störung oder technischem Schaden und monetären Folgen ist nicht zwingend unmittelbar herzustellen. Aufwand und Nutzen des Monitorings der eigenen Betroffenheit sind daher im Einzelfall abzuwägen. Die fortschreitende Digitalisierung steigert die Chance relevante Daten besser zu erfassen und leichter verfügbar zu machen. Zudem bieten Forschungsprojekte die Möglichkeit den Aufbau entsprechender Monitoringprogramme zu unterstützen. Informationen über sich ändernde meteorologische, hydrologische und ozeanographische Bedingungen im Bundesland Bremen bzw. den bremischen Häfen sollten kontinuierlich erfasst und ausgewertet sowie die aktuellen Ergebnisse der Klimaforschung aufbereitet zugänglich gemacht werden. Da Aufarbeitung und Bereitstellung dieser Klimainformationen entsprechende personelle und finanzielle Ressourcen erfordern und für einen größeren Kreis von Akteuren von Interesse sind, erscheint eine Angliederung dieser Aufgabe an eine zentrale behördliche Stelle, wie der senatorischen Behörde für Klimaschutz, Umwelt, Mobilität, Stadtentwicklung und Wohnungsbau, sinnvoll.

Um die weitere Entwicklung der Betroffenheit sowie den Fortschritt bei der Umsetzung von Maßnahmen und zukünftige Erkenntnisse der Klimawandelfolgenforschung angemessen zu berücksichtigen, sollte das vorliegende Konzept in regelmäßigen Abständen – etwa alle fünf Jahre – überprüft und ggf. aktualisiert werden.

2.6 Akteurssensibilisierung und Netzwerke

Neben der Hafeninfra- und Suprastruktur ist die angrenzende wasserseitige und landseitige Infrastruktur wichtig für die Funktionalität der bremischen Häfen. Aus wirtschaftlicher Sicht sind zudem nicht nur die direkt im Hafen tätigen Unternehmen, sondern ebenfalls hafenaffines Gewerbe von Bedeutung, so dass sich die relevante Akteursgruppe noch deutlich erweitern lässt. In vielen Bereichen ist es empfehlenswert, die Eigenverantwortung der Akteure zu fördern und das Bewusstsein über die Folgen des Klimawandels und Möglichkeiten der Anpassung zu schärfen. Darüber hinaus existieren Schnittstellen zu weiteren Akteuren der öffentlichen Infrastrukturverwaltung, die gleichfalls eine Bedeutung für die Funktionalität der bremischen Häfen aufweisen, zu nennen sind hier unter anderem hanseWasser, die Bremerhavener Entsorgungsgesellschaft, wesernetz, die Straßenbau- und Umweltbehörden im Land Bremen oder die Wasser- und Bodenverbände. Im Sinne der Risikobewertung und Klimawandelanpassung ist es sinnvoll, die Schnittstellen zwischen den Akteuren systematisch zu identifizieren und einen entsprechenden fachlichen Austausch zu fördern. Umsetzungsformate für eine Akteurssensibilisierung werden im Rahmen von Kooperationen zwischen übergeordneten Institutionen wie WfB, IHK Bremen/Bremerhaven, BIS, BEAN, FBG und bremenports bzw. einem Akteursaustausch im Rahmen von ressortübergreifenden Arbeitsgruppen oder Workshops mit Akteuren der öffentlichen Verwaltung gesehen. Akteurssensibilisierung und Akteursaustausch sind nicht zwingend auf hafenspezifische Themen, Gebiete oder Akteure begrenzt. Es scheint daher passend entsprechende

Maßnahmen, inklusive der jeweiligen Federführung, im Rahmen der Fortschreibung der Klimaanpassungsstrategie Bremen/Bremerhaven zu etablieren.

3 Literaturverzeichnis

- BfG, 2022: „WS-Klimaportal“, Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG), <https://ws-klimaportal.bafg.de>, aufgerufen am 10.10.2022.
- Deutsches Klima Konsortium, Konsortium Deutsche Meeresforschung e.V., 2019: „Zukunft der Meeresspiegel, Fakten und Hintergründe aus der Forschung“, Berlin, 2019, https://www.deutsches-klima-konsortium.de/fileadmin/user_upload/pdfs/Publikationen_DKK/dkk-kdm-meeresspiegelbroschuere-web.pdf, aufgerufen am 13.12.2021.
- DIN EN ISO 14091:2020-03: „Anpassung an den Klimawandel - Vulnerabilität, Auswirkungen und Risikobewertungen“, Beuth Verlag, Berlin, 2020.
- DWD, 2023: „Deutscher Klimaatlas“, https://www.dwd.de/DE/klimaumwelt/klimaatlas/klimaatlas_node.html, aufgerufen am 10.10.2022.
- Ganske, A., 2019: „Analyse von Windfeldergebnissen auf See und an der Küste aus regionalen gekoppelten Ozean-Atmosphäre-Klimamodellen“, BMVI-Expertenetzwerk, 2019, https://www.bsh.de/DE/PUBLIKATIONEN/Anlagen/Download/Meer_und_Umwelt/Expertenetzwerk/Wind-auf-See.pdf?blob=publicationFile&v=6, aufgerufen am 08.12.2021.
- Hausfather, Z.; Peters, G. P., 2020: “Emissions - the 'business as usual' story is misleading”, Nature, Vol. 577, No. 7792, 2020, DOI: 10.1038/d41586-020-00177-3.
- Helmholtz-Zentrum Hereon, 2022: „Meeresspiegel-Monitor“, <https://www.meeresspiegel-monitor.de>, aufgerufen am 28.03.2022.
- IPCC, 2021: “Climate Change 2021. The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.” Cambridge University Press, 2021, <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/>, aufgerufen am 06.12.2021.
- Klemm, O., Lin, N., 2016: “What Causes Observed Fog Trends, Air Quality or Climate Change?”, Aerosol Air Qual. Res., 16 (5), S. 1131–1142.
- Nilson, E., Astor, B., Fischer, H., Fleischer, C., Haunert, G., Helms, M., Hillebrand, G., Labadz, M., Mannfeld, M., Riedel, A., Schulz, D., Bergmann, L., Kikillus, A., Patzwahl, R., Rasquin, C., Schröder, M., Seiffert, M., Stachel, H., Wachler, B., Winkel, N., Höpp, S., Razafimaharo, C., Rauthe, M., 2020: „Beiträge zu einer verkehrsträgerübergreifenden Klimawirkungsanalyse: Wasserstraßenspezifische Wirkungszusammenhänge, Schlussbericht des Schwerpunktes Schiffbarkeit und Wasserbeschaffenheit (SP-106) im Themenfeld 1 des BMVI-Expertenetzwerks“, Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, <https://henry.baw.de/handle/20.500.11970/107369>, aufgerufen am 10.10.2022.
- Pfeifer, S., Bathiany, S., Rechid, D., 2021: “Klimaausblick, Bremerhaven und angrenzende Landkreise“ bzw. „Klimaausblick, Bremen und angrenzende Landkreise“, Climate Service Center Germany (GERICS), Hamburg, 2021, https://www.gerics.de/products_and_publications/fact_sheets/landkreise/index.php.de, aufgerufen am 09.12.2021.

- Púčik, T., Groenemeijer, P., Rädler, A. T., Tijssen, L., Nikulin, G., Prein, A. F., van Meijgaard, E., Fealy, R., Jacob, D., Teichmann, C., 2017: "Future Changes in European Severe Convection Environments in a Regional Climate Model Ensemble", J. Climate 30 (17), S. 6771–6794.
- Seiffert, R., Hesser, F., Büscher, A., Fricke, B., Holzwarth, I., Rudolph, E., Sehili, A., Seiß, G., Winkel, N., 2014: „Auswirkungen des Klimawandels auf die deutsche Küste und die Ästuare. Mögliche Betroffenheiten der Seeschiffahrtsstraßen und Anpassungsoptionen hinsichtlich der veränderten Hydrodynamik und des Salz- und Schwebstofftransports“, Schlussbericht KLIWAS-Projekte 2.04/3.02, Koblenz, 2014, http://doi.bafg.de/KLIWAS/2014/Kliwas_36_2014_3.02.pdf, aufgerufen am 08.12.2021.
- Winkel, N., Rasquin, C., Rudolph, E., Seiffert, R., Wachler, B., 2020: „FuE-Abschlussbericht Expertennetzwerk: Küste“, Bundesanstalt für Wasserbau, Hamburg, 2020, <https://henry.baw.de/handle/20.500.11970/107128>, aufgerufen am 06.12.2021.
- Zorndt, A. C., Schlurmann, T., 2014: „Investigating Impacts of Climate Change on the Weser Estuary“, Die Küste (81), S.541-550, <https://izw.baw.de/publikationen/die-kueste/0/k081136.pdf>, aufgerufen am 10.10.2022.

4 Anhang

Tab. 1: Für Anlagen, Tätigkeiten bzw. Systeme identifizierte relevante Klimaparameter (grau hinterlegt), potentielle Gefährdung/Chance sowie zuständige Akteure. * Im nicht abgeschleusten Bereich, ** wenn außerhalb des durch die Hochwasserschutzlinie geschützten Gebiets.

Anlage, Tätigkeit, System	Relevante Klimaparameter								Potentielle Gefährdung (-) bzw. Chance (+)	Akteur/in
	Wasserstand	Wind	Seegang	Strömung	Temperatur	Niederschlag	Unwetter	Wasserchemie/-biologie		
Zufahrt zum Liegeplatz/Liegeplatz <ul style="list-style-type: none"> Fahrwasser, Fahrrinne Liegeplätze Wendestellen Blexen-Reede Navigation Verkehrszentrale/VTS Schifffahrtszeichen Hafenbetriebsdienst 									- Betriebsausfallzeiten, Gefahr von Havarien, Tiefgang, Kosten für Treibstoff + Tiefgang, Eisgang	WSA, HBH, bremenports, Schiffsleitung, Lotsendienste, Verkehrszentrale, Schlepper, Terminalbetreibende, Reeder/Schiffsmakler, WSP, Havariekommando, Politik, Akteure im und am Wasser, Werften
Lotsendienst <ul style="list-style-type: none"> Seelotsen Flusslotsen Hafenlotsen Lotsenversetzdienst 									- Gefahr von Unfällen, Aufwand Lotsenversatz, Betriebsausfallzeiten	Lotsendienste, Lotsenversetzdienste, Schiffsleitung, WSA, SWH, HBH
Schlepperdienst <ul style="list-style-type: none"> Seeschiffsassistentz Küsten-/Hafenverschleppung 									- Betriebsausfallzeiten, Schlepperbedarf, Havarien	Schlepperdienste, Schiffsleitung, Lotsendienste, HBH
Wassertiefenunterhaltung <ul style="list-style-type: none"> Wasserinjektion Baggerei Verbringstellen Peilerei/Vermessung 									- Zunehmender Unterhaltungsaufwand, Betriebseinschränkung, Einschränkungen bei der Verklappung + Abnehm. Unterhaltungsauf.	WSA, bremenports, SKUMS, NLWKN

Anlage, Tätigkeit, System	Relevante Klimaparameter								Potentielle Gefährdung (-) bzw. Chance (+)	Akteur/in
	Wasserstand	Wind	Seegang	Strömung	Temperatur	Niederschlag	Unwetter	Wasserchemie/-biologie		
Baggergutmanagement <ul style="list-style-type: none"> Integrierte Baggergutbehandlungsanlage Baggergutverwendung 									- Steigende Baggergutmengen, steigender Aufwand für Trocknung bzw. Entwässerung + Fallende Baggergutmengen, fallender Aufwand für Trocknung bzw. Entwässerung	bremenports
Mess-/Warnsysteme	*		*	*					- Betriebsausfallzeiten, Schäden	WSA, BSH, DWD, bremenports, Terminalbetreibende
Schleusen/Schleusung									- Betriebsausfallzeiten, Wellenüberlauf, Schäden, Havarien, Versagen der Hochwasserschutzfunkt. + Geringere Einwirkung infolge Eis, weniger Wasserverluste	bremenports, SKUMS, SWH, BIS, BEAN, HBH, WSA, Terminalbetreibende, Lotsendienste, Schlepperdienste, Schiffsleitung, Reeder, Politik
Ufer <ul style="list-style-type: none"> Uferwand (Spundwand, Massivbau, Mauerwerk) Böschung 	*		*	*					- Wellenüberlauf, Überflutung, Schäden, Nutzungseinschränkung + Geringere Einwirkungen infolge Eis	bremenports, BIS/BEAN, WfB, Magistrat Bremerhaven, private Eigentümer
Fender	*		*	*					- Schäden + Geringere Einwirkungen infolge Eis	bremenports, BIS/BEAN, WfB, private Eigentümer
Poller	*		*	*					- Schäden	bremenports, BIS/BEAN, WfB, private Eigentümer, HBH

Anlage, Tätigkeit, System	Relevante Klimaparameter								Potentielle Gefährdung (-) bzw. Chance (+)	Akteur/in
	Wasserstand	Wind	Seegang	Strömung	Temperatur	Niederschlag	Unwetter	Wasserchemie/-biologie		
Pontonanlagen, Steganlagen, Dalbenliegeplätze	*		*	*					- Betriebsausfallzeiten, Schäden, Unfälle + Geringere Einwirkungen infolge Eis	bremenports, WfB, private Eigentümer, Nutzer (z.B. Schlepper, Lotsen, Binnenschiffe)
Hochwasserschutzanlagen <ul style="list-style-type: none"> ▪ Deiche ▪ Hochwasserschutzwände ▪ Sperrwerke ▪ Deichscharte ▪ Objektschutz ▪ Gefahrenabwehr bei Sturmflut/Hochwasser 									- Häufigere Schließzeiten, Wellenüberlauf, Schäden, Versagen d. Hochwasserschutzfunkt., steigender Unterhaltungsaufwand v.a. bei Deichen (Trocknungsrisse, Treibsel), Gefahrenabwehr im Falle von Hochwasser + Geringere Einwirkungen infolge Eis	bremenports, bremische Deichverbände links bzw. rechts der Weser (Bremen), SWH (Bremerhaven), SKUMS, BIS, Katastrophenschutzbehörden, private Eigentümer
Festmacherdienst <ul style="list-style-type: none"> ▪ Vertäuung ▪ Gangway ▪ Leinenwache ▪ Frischwasser 	*		*	*					- Betriebsausfallzeiten, Unfälle, Hitzebelastung von Mitarbeitenden + Größere Wassertiefen, Arbeitsbedingungen bei tiefen Temperaturen	Schiffsleitung, Festmacherdienste, Lotsendienste, Schlepperdienste, HBH, Reeder
Be- und Entladen (Umschlag), Transport und Bereitstellung im Terminal <ul style="list-style-type: none"> ▪ Umschlag ▪ Transport und Bereitstellung ▪ Hafensicherheit 									- Erhöhter Bedarf für Klimatisierung, Betriebsausfallzeiten, Unfälle + Größere Wassertiefen, Taumittelbedarf, Umschlag bei Trockenheit, Arbeitsbedingungen bei tiefen Temperaturen	Terminalbetreibende, HBH, Speditionen, Schiffsleitung

Anlage, Tätigkeit, System	Relevante Klimaparameter								Potentielle Gefährdung (-) bzw. Chance (+)	Akteur/in
	Wasserstand	Wind	Seegang	Strömung	Temperatur	Niederschlag	Unwetter	Wasserchemie/-biologie		
Umschlaggeräte <ul style="list-style-type: none"> ▪ Containerbrücken ▪ Van Carrier ▪ Drehwippkräne ▪ Portalkräne ▪ Hafenmobilkran ▪ Reach Stacker ▪ Gabelstapler ▪ Massengutumschlaggerät 									- Erhöhter Bedarf für Klimatisierung, Betriebsausfallzeiten, Schäden + Energiebedarf für Akkus bei niedrigen Temperaturen	Terminalbetreibende
Passagierbrücken									- Betriebsausfallzeiten, Schäden	bremenports, Terminalbetreiber CCCB
(Stell-)flächen <ul style="list-style-type: none"> ▪ Güter ▪ Flächen ▪ Hafensicherheit ▪ Flächenverpachtung 	**		**						- Beschädigung der Güter o. der Flächenbefestigung, erhöhter Bedarf für Klimatisierung bei temperaturgeführten Gütern + Arbeitsbedingungen bei tiefen Temperaturen	Terminalbetreibende, private Eigentümer, HBH, Speditionen, bremenports, SKUMS, SWH
Zufahrt zum Hafen <ul style="list-style-type: none"> ▪ Pkw, Lkw ▪ Bahn 									- Betriebsausfallzeiten, Schäden, Unfälle + Betriebsausfallzeiten bei tiefen Temperaturen	Logistiker/Spediteure, Strecken-Eisenbahnverkehrsunternehmen, DB Netz, Katastrophenschutzbehörde bzw. Feuerwehr
Bahnbetrieb im Hafen <ul style="list-style-type: none"> ▪ Zug- und Rangierbetrieb ▪ Betriebsführung 	**								- Betriebsausfallzeiten, Unfälle, thermische Belastung der Mitarbeitenden + Betriebsausfallzeiten und Belastung der Mitarbeitenden bei tiefen Temperaturen	DB Netz, Rangier/Strecken-Eisenbahnverkehrsunternehmen, Logistiker/Spediteure, SWH, Politik

Anlage, Tätigkeit, System	Relevante Klimaparameter								Potentielle Gefährdung (-) bzw. Chance (+)	Akteur/in
	Wasserstand	Wind	Seegang	Strömung	Temperatur	Niederschlag	Unwetter	Wasserchemie/ -biologie		
Verkehrsanlagen <ul style="list-style-type: none"> ▪ Straßen ▪ Brücken ▪ Durchlässe ▪ Parkflächen 	**								- Schäden, Überflutung, Betriebsausfallzeiten + Schäden infolge niedriger Temperaturen	bremenports, BIS, Amt für Straßen und Brückenbau (Bremerhaven), Amt für Straßen und Verkehr (Bremen), BMVI (Autobahn), Terminalbetreibende, FBG, private Eigentümer
Bahnanlagen <ul style="list-style-type: none"> ▪ Oberbau ▪ Leit- und Sicherungstechnik/ Oberleitung ▪ Eisenbahnbrücken/Überführungen ▪ Parkflächen – Rangierloks ▪ Unterbau 	**		**						- Schäden, Überflutung, Betriebsausfallzeiten, thermische Belastung der Mitarbeitenden + Betriebsausfallzeiten und Belastung der Mitarbeitenden bei tiefen Temperaturen	bremenports, DB Netz, Terminalbetreibende
Gebäude, Hallen, Lager <ul style="list-style-type: none"> ▪ Hochbau ▪ Zentrale Schleusensteuerstände ▪ Bürogebäude ▪ Lagerhallen/Werkstätten ▪ Sonstige Gebäude und Einrichtungen 	**		**					**	- Erhöhter Bedarf für Klimatisierung, Schäden, Hitzebelastung von Mitarbeitenden, Vernässung von Kellern + Geringerer Heizbedarf im Winter	bremenports, Terminalbetreibende, private Eigentümer, Nutzer der Gebäude
Betankung, Ver- und Entsorgung <ul style="list-style-type: none"> ▪ Schiffsbebunkerung ▪ Wasser-/Abwasser ▪ Schmieröl ▪ Schiffsabfälle und Ladungsrückstände 									- Betriebsausfallzeiten, Wassergefährdung + Arbeitsbedingungen bei tiefen Temperaturen	HBH, Ver- und Entsorgungsunternehmen, Schiffsleitung, Reeder

Anlage, Tätigkeit, System	Relevante Klimaparameter								Potentielle Gefährdung (-) bzw. Chance (+)	Akteur/in
	Wasserstand	Wind	Seegang	Strömung	Temperatur	Niederschlag	Unwetter	Wasserchemie/-biologie		
Ver- und Entsorgungsinfrastruktur <ul style="list-style-type: none"> ▪ Düker ▪ Strom ▪ Feuerlöschsysteme ▪ Telekommunikation ▪ Wasser, Abwasser ▪ Gas, Wärme 									- Betriebsausfallzeiten, Schäden	Eurogate Technical Services, wesenetz Bremen/Bremerhaven, hanseWasser/UBB, Telekom, ewe Netz, swb Beleuchtung, FBG, bremenports
Entwässerungssysteme <ul style="list-style-type: none"> ▪ Flächenentwässerung ▪ Pumpwerke/Schöpfwerke ▪ Sperrwerke/Siele 									- Überlastung, Kapazitätsabnahme der Vorflut, Schäden, steigende Betriebskosten (Pumpen) und steigender Unterhaltungsaufwand (Spülung) + Eintrag von Süßwasser	Terminalbetreibende, bremenports, hanseWasser/UBB, Entsorgungsbetriebe Bremerhaven, FBG, Kreisverband der Wasser- und Bodenverbände im Altkreis Wesermünde, SKUMS, Umweltschutzamt Bremerhaven
Zuwässerungssysteme <ul style="list-style-type: none"> ▪ Freilaufkanal ▪ (Hafen-)pumpwerke ▪ Sperrwerke/Siele 									- Zunehmende Wasserverluste, Schäden, Unterhaltungsaufwand + Abnehmende Wasserverluste	bremenports
Grünflächen <ul style="list-style-type: none"> ▪ Kompensationsflächen ▪ Gehölz- und Baumbestände ▪ Grünflächen ▪ Gewässer 									- Verlust der Biodiversität, Eintrag von invasiven Arten + Arbeitsbedingungen bei tiefen Temperaturen	bremenports, Wasser- und Bodenverbände, SKUMS, Umweltschutzamt Bremerhaven, Fremdfirmen, Nutzer, Terminalbetreibende
Hafenunterhaltung <ul style="list-style-type: none"> ▪ Bau und Instandhaltung der Außenanlagen, Betriebsstätten und Infrastruktur ▪ Arbeitsschiffe ▪ Schwimmende Arbeitsplattformen 									- Belastung von Mitarbeitenden, Arbeitsunfälle, Bewuchs an Schiffen und Plattformen + Geringere Beeinträchtigungen infolge tiefer Temperaturen oder Eis	bremenports, Terminalbetreibende, Fremdfirmen

Anlage, Tätigkeit, System	Relevante Klimaparameter								Potentielle Gefährdung (-) bzw. Chance (+)	Akteur/in
	Wasserstand	Wind	Seegang	Strömung	Temperatur	Niederschlag	Unwetter	Wasserchemie/ -biologie		
Kulturdenkmäler, z.B. Maschinenhäuser Nordschleuse, Altes Kraftwerk Kaiserschleuse, Pingelturm, Druckwasserdrehkran, Semaphor, Simon- Loschen-Turm, "Minarett", Turas eines Schlickbaggers, U-Boot-Bunker Hornisse	**		**					**	- Schäden	Diverse Akteure und Akteurinnen, bre- menports

Tab. 2: Mögliche zukünftige Änderung von hydrologischen, meteorologischen und ozeanographischen Parametern bzw. Prozessen an den Standorten Bremen und Bremerhaven.

Parameter	Tendenz der Änderung	Beschreibung der Änderung
Mittlerer Meeresspiegel	Zunahme	Der mittlere Meeresspiegelanstieg an der deutschen Nordseeküste entspricht in etwa dem mittleren globalen Meeresspiegelanstieg (Deutsches Klima Konsortium, Konsortium Deutsche Meeresforschung, 2019). Anstieg des mittleren Meeresspiegels von etwa 0,25 Metern bis zur Mitte des 21. Jh. und je nach Klimaszenario von etwa 0,5 bis 1,0 Metern bis zum Ende des 21. Jh.. Höhere Anstiegsraten können nicht ausgeschlossen werden. Zudem wird der Meeresspiegel für Jahrhunderte bis Jahrtausende weiter ansteigen. ⁴
Sturmfluten	Zunahme	Der mittlere Meeresspiegelanstieg erhöht das Ausgangsniveau für Sturmfluten, so dass diese höher auflaufen können. In der Folge verringert sich auch das Wiederkehrintervall (Jährlichkeit) von Sturmfluten, d.h. ein Ereignis, das bisher im Schnitt etwa alle 100 Jahre vorgekommen ist, kann am Ende des 21. Jh. je nach Meeresspiegelanstieg etwa alle 10 bis 30 Jahre vorkommen (Helmholtz-Zentrum Hereon, 2022). ⁵ Eine signifikante Zunahme der Häufigkeit, Intensität oder Dauer von Sturmfluten bis zum Ende des 21. Jh. Aufgrund sich ändernder meteorologischer Bedingungen zeigt sich hingegen im Mittel nicht (Ganske, 2019).
Tidehub	Keine bzw. nur geringe Änderung	Der Einfluss des Meeresspiegelanstiegs auf den Tidehub ist in Bremerhaven eher gering (Winkel et al., 2020). In Bremen ist eine Zunahme des Tidehubs infolge des Meeresspiegelanstiegs von wenigen Dezimetern (etwa 0,2 Meter bei einem Meeresspiegelanstieg von 0,8 Meter) möglich. Die Zunahme des Tidehubs beruht dabei im Wesentlichen auf einem im Vergleich zum mittleren Meeresspiegelanstieg geringeren Anstieg des Tideniedrigwassers (Seiffert et al., 2014).
Lufttemperatur	Zunahme	Zunahme der mittleren jährlichen Lufttemperatur, je nach Klimaszenario bis zu 1,2 – 1,9 Grad Celsius bis zur Mitte des 21. Jh. und 1,1 – 3,4 Grad Celsius bis zum Ende des 21. Jh.. ⁶ In der Folge häufigere Hitzerekorde sowie Zunahme von heißen Tagen und der Dauer von Hitzeperioden, bei gleichzeitiger Abnahme von Frost- und Eistagen.
Niederschlag	Nicht signifikant/ Zunahme	Mittlerer Niederschlag: Es ist vor allem im Winter eine Zunahme der mittleren Niederschlagsmengen zu erwarten. Dabei steigt die Zunahme des Winterniederschlags mit steigender Lufttemperatur an. Signifikant ist die Änderung am Ende des 21. Jh. für ein Szenario mit stark steigenden Treibhausgasen, mit einer Zunahme des Winterniederschlags von 20,1 Prozent in Bremerhaven und 16,8 Prozent in Bremen am Ende des 21. Jh. ⁷ Für den Sommer zeigt sich kein robustes Änderungssignal der Niederschlagsmengen. Starkniederschlag: Es zeigt sich eine Tendenz zur Zunahme der Tage mit Starkniederschlag sowie eine Zunahme der Niederschlagsintensität,

⁴ In Anlehnung an die Projektionen des mittleren globalen Meeresspiegelanstiegs des 6. Sachstandsberichts des Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 2021).

⁵ Änderung des Wiederkehrintervalls am Pegel Cuxhaven infolge des Meeresspiegelanstiegs für ein Szenario mit stark ansteigenden Treibhausgasemissionen (RCP8.5) bzw. ein Szenario mit starkem Klimaschutz (RCP2.6).

⁶ Die Werte beschreiben die Spannweite der Änderung der Mediane der Gesamtheit der Klimasimulationen der Klimaszenarien RCP2.6, RCP4.5 sowie RCP8.5 relativ zur Referenzperiode für Bremerhaven bzw. Bremen nach Pfeifer et al. (2021).

⁷ Der Wert entspricht der Änderung des Medians der Gesamtheit der Klimasimulationen des Klimaszenarios RCP8.5 relativ zur Referenzperiode für Bremerhaven bzw. Bremen nach Pfeifer et al. (2021).

Parameter	Tendenz der Änderung	Beschreibung der Änderung
		welche mit zunehmendem Anstieg der mittleren Lufttemperatur signifikant wird. Eine signifikante Zunahme ist beispielsweise für ein Szenario mit stark ansteigenden Treibhausgasen zu erwarten, mit einer Zunahme der Tage mit Starkniederschlag von bis zu 2,1 Tagen in Bremerhaven und 1,8 Tagen in Bremen ⁸ sowie einer Zunahme der Niederschlagsintensität von 5,4 Millimetern pro Tag in Bremerhaven und 4,8 Millimetern pro Tag in Bremen am Ende des 21. Jh. ⁹ . (Pfeifer et al., 2021)
Wind	Keine signifikante Änderung	Windrichtung: Keine signifikante Änderung der mittleren Windrichtung oder der für Sturmfluten relevanten Windrichtungen. (Ganske, 2019) Mittlere Windgeschwindigkeit: Keine signifikante Änderung der mittleren Windgeschwindigkeit im Jahr. (Pfeifer et al., 2021) Sturm: Insbesondere für ein Szenario mit starkem Anstieg der Treibhausgase zeigen mehr Klimamodelle eine Zunahme der Sturmintensität als eine Abnahme, welche jedoch gering ist und im Rahmen der natürlichen Klimavariabilität liegt. Keine signifikante Änderung der Sturmstunden. (Ganske, 2019)
Seegang	Keine signifikante Änderung	Folgt in Bereichen mit größeren Wassertiefen insbesondere der Entwicklung der Windverhältnisse. In Bereichen mit geringeren Wassertiefen spielt der Meeresspiegelanstieg eine zusätzliche Rolle.
Strömung (Tide, Abfluss)	Unklar	Im Weiter-wie-bisher Szenario kann ein Hochwasserabfluss, der heute an etwa 4 Tagen im Jahr überschritten wird, in der nahen Zukunft an 4 - 8 Tagen und in der fernen Zukunft an 4 - 12 Tagen überschritten werden. Ein Niedrigwasserabfluss, der heute an etwa 20 Tagen im Jahr unterschritten wird, kann in der nahen Zukunft an 12 - 29 Tagen und in der fernen Zukunft an 9 - 30 Tagen unterschritten werden. Für die anderen Szenarien bestehen keine Modellrechnungen bzw. die Änderungen sind gering. (Nilson et al., 2020) Der mittlere Hochwasserabfluss am Pegel Intschede kann in der nahen Zukunft je nach Szenario um bis zu 13% und in der fernen Zukunft um bis zu 16% zunehmen. Der mittlere Niedrigwasserabfluss am Pegel Intschede kann in der nahen Zukunft je nach Szenario um bis zu 2% ab- bzw. 3% zunehmen und in der fernen Zukunft um bis zu 3% abnehmen. (BfG, 2022) Es existieren Untersuchungen der Änderung der Flut- und Ebbströmung im Bereich der Außenweser für einen Meeresspiegelanstieg von 0,8 Metern. Die Abbildung der zukünftigen Bathymetrie (konstant oder Mitwachsen der Watten) hat einen entscheidenden Einfluss auf die Richtung des Änderungssignals (Zu- bzw. Abnahme). Für die untersuchten Varianten wurden Änderungen <0,15 bzw. <0,10 Meter pro Sekunde ermittelt. (Winkel et al. 2020)
Wasserchemie/-biologie (Temperatur, pH-Wert, Salzgehalt)	Je nach Parameter Zu- bzw. Abnahme	Die Zunahme der Wassertemperatur folgt dem Anstieg der mittleren Lufttemperatur. (Klein et al., 2018) Der globale pH-Wert der Ozeane sinkt mit zunehmendem CO ₂ -Gehalt der Luft von etwa 8,05 auf bis zu 7,65 in der fernen Zukunft und dem Weiter-wie-bisher-Szenario (IPCC 2021). Es wird davon ausgegangen,

⁸ Ein Tag mit Starkniederschlag ist definiert als ein Tag mit einer Niederschlagsmenge ≥ 20 Millimeter pro Tag. Die Werte geben die Änderung des Medians der Gesamtheit der Klimasimulationen des Klimaszenarios RCP8.5 relativ zur Referenzperiode nach Pfeifer et al. (2021) wieder. Tage mit Starkniederschlag kommen in der Referenzperiode in Bremerhaven an 3,1 Tagen pro Jahr und in Bremen an 2,7 Tagen pro Jahr vor.

⁹ Die Aussage bezieht sich auf das 99. Perzentil des Tagesniederschlags eines Tages mit Niederschlag. Das ist die Niederschlagsmenge, die an 1 Prozent aller Tage im Jahr mit einer Niederschlagsmenge von mehr als 1 Millimeter überschritten wird. Die Werte geben die Änderung des Medians der Gesamtheit der Klimasimulationen des Klimaszenarios RCP8.5 relativ zur Referenzperiode nach Pfeifer et al (2021) wieder. Das 99. Perzentil des Tagesniederschlags beträgt in der Referenzperiode 19,1 mm in Bremerhaven und 18,2 mm in Bremen.

Parameter	Tendenz der Änderung	Beschreibung der Änderung
		<p>dass sich der pH-Wert an der Nordsee in einer ähnlichen Tendenz ändert.</p> <p>Aufgrund des Meeresspiegelanstiegs ist mit einer leichten Zunahme des mittleren Salzgehalts in Bremerhaven zu rechnen. Ein mögliches Szenario ist ein Anstieg von etwa 10% bei einem Meeresspiegelanstieg von 0,8 Meter. (Zorndt, Schlurmann, 2014)</p>
Unwetter (Gewitter, Hagel, Tornado, Nebel)	Unklar	<p>Die Bildung der Prozesse ist komplex und kleinskalig, so dass zukünftige Änderungen wenn nur über Annäherungen abgeschätzt werden können und Aussagen mit Unsicherheiten belegt sind.</p> <p>Auf Basis der Häufigkeit von labilen (konvektiven) Wetterlagen, die zu Starkregen, Starkwind, Hagel und Tornados führen können, ist eher keine signifikante Änderung zu erwarten. (Púčik et al., 2017)</p> <p>Bei steigender Lufttemperatur ist eher von einer Abnahme der Nebelhäufigkeit auszugehen. (Klemm und Lin, 2016)</p>

Tab. 3: Übersicht identifizierter Risiken und möglicher Anpassungsmaßnahmen für mindestens niedrige/mittlere Risiken. Risiken bzw. Anpassungsmaßnahmen im Bereich privatw. Akteure (Terminals) wurden nicht bewertet und sind nicht aufgeführt. *Änderung der Verhältnisse derzeit nicht absehbar.

Anlage, Tätigkeit, System	Klima-parameter	Risiko	Risikolevel	Anpassung/Maßnahmen	Anpassungspfad (Umsetzungshorizont)	Bemerkung
Zufahrt zum Liegeplatz/Liegeplatz						
Fahrwasser, Fahrrinne	Wasser-stand	Treibgutaufkommen infolge Hochwasser kann Schiffe beschädigen und im Extremfall zu Havarien führen	2 Mittelweser	Schifffahrt über Gefahrensituation über tägliche Lagemeldungen per nautischem Informationsfunk (NIF) sowie über ELWIS informieren Säubern und kontrollieren des Vorlandes, sensibilisieren von beteiligten Akteuren Nach Treibgut Ausschau halten und aus der Weser entfernen	Während alltäglicher (Kontroll-) Fahrten bzw. im Rahmen von strom- und schifffahrtspolizeilichen Genehmigungen Ggf. Akteurssensibilisierung im Rahmen eines eigenständigen Projekts initiieren	
		Einengung des Fahrwassers bei niedrigen Wasserständen	2 Mittelweser	Anpassung des Fahrverhaltens Ausbau und Verbreiterung der Schifffahrtsstraße Digitales Verkehrsmanagement (z.B. RIS COMEX) Angepasste Fahrzeuge (Binnenschiffe)	Ad hoc bei Niedrigwasser Im Laufe der Zeit, je nach wirtschaftlichem Druck (erfordert Finanzierung und behördliche Genehmigung) Forschungsprojekte zum digitalen Verkehrsmanagement und angepassten Fahrzeugen sind bereits in der Umsetzung	Die Zuwässerung aus den Talsperren kann auch in der Mittelweser (Pegel Intschede) noch etwa 1/3 der Abflussmenge bedeuten. Bei langanhaltender Trockenheit und fehlenden Wasserreserven in der Talsperre kann es zu Beeinträchtigungen bei den Schleusungen kommen
		Einstellung der Schifffahrt für tideabhängige Fahrzeuge bei Ostwindlagen (unterlaufendes Wasser)	1/2	Under-ceil-clearance einhalten, indem vorsorglich weniger abgeladen wird Steuerung der Disponierung durch digitale Prozesse unterstützen (Intelligente Außenweser) Vertiefung der Fahrrinne	Mögliche Abladetiefe wird im täglichen Doing festgelegt Das Projekt Intelligente Außenweser ist gestartet Anpassung der Fahrrinne (Außenweser) aktuell in der behördlichen Genehmigung	
Wendestellen	Siehe Navigation					
Navigation	Wind*	Behinderung der Schifffahrt	1 Revierfahrt 2 Im Hafen 2 Mittelweser	Schlepperunterstützung erhöhen Zukünftig ggf. die Antriebstechnik der Schiffe optimieren Schiffe im Zulauf müssen ggf. warten (Vorhaltewinkel)	Risiko besteht unabhängig von klimatischen Änderungen und ist von verantwortlichen Stellen zu bewerten/zu überprüfen	Manövrierfähigkeit von Schiffen mit großer Windangriffsfläche (z.B. Containerschiffe länger 300 m oder Car Carrier) kann bei starken Winden eingeschränkt sein, so dass zusätzliche Unterstützung erforderlich wird

Anlage, Tätigkeit, System	Klima-parameter	Risiko	Risikolevel	Anpassung/Maßnahmen	Anpassungspfad (Umsetzungshorizont)	Bemerkung
		Gefahr von Havarien	1 Revierfahrt 2 Im Hafen 2 Mittelweser	Im Zulauf der bremischen Häfen wird der Schiffsbetrieb bei starken Winden aufgrund der Beeinträchtigung des (Container-) Umschlags in der Regel eingestellt Ggf. zusätzliche Schleppergestellung	Risiko besteht unabhängig von klimatischen Änderungen und ist von verantwortlichen Stellen zu bewerten/zu überprüfen	Schiffe im Zulauf warten auf Reede Einfluss von technischem Versagen oder menschlichen Fehlern überwiegt die klimatischen Risiken
	Strömung	Hohe Strömungsgeschwindigkeiten in der Weser beeinträchtigen die Navigation von Schiffen	1 Außen-/Unterweser 2 Mittelweser	See: Zusätzliche Schleppergestellung Drehmanöver während Stauwasser durchführen Wasserstandsänderung bzw. geringere Strömungsgeschwindigkeiten abwarten Binnen: Maschinenleistung während der Fahrt erhöhen Liegeplatz aufsuchen und Abnahme der Strömungsgeschwindigkeit abwarten	Ad hoc	
Schlepperdienst						
Seeschiffs-assistenz	Wind*	Zusätzliche Schleppergestellung bei starkem Wind mit Kapazitätsengpässen	1/2 Bremerhaven 2/3 Bremen	Anzahl der verfügbaren Schlepper erhöhen Neue Kooperationen zwischen Schleppschiffunternehmen schaffen Leistungsstärkere (Pfaßzug) Schlepper anfordern Schlepperliegeplätze vorhalten bzw. schaffen (Bremen)	Es ist bereits heute ein Verbesserungsbedarf der Schleppschiffkapazitäten erforderlich - aufgrund der langen Revierfahrt ist Bremen-Stadt besonders betroffen - so dass Prüfung der Umsetzung von Maßnahmen empfohlen wird	Der demographische Wandel kann die vorhandenen Engpässe zusätzlich verschärfen Leistungsstärkere Schlepper brauchen ebenfalls eine angepasste Hafeninfrastruktur (Wassertiefen, Wasserflächen). Maßnahmen liegen im großen Maß im Verantwortungsbereich privatwirtschaftlicher Akteure
Schleusen						
Schleusung	Wasserstand	Einstellung/Einschränkung der Schleusung bei Ostwindlagen (unterlaufendes Wasser)	1/2	Frühzeitige Information an die Schifffahrt Sicherheitsabstand zum Drempeleinhalten, indem vorsorglich weniger abgeladen wird Schleusung muss bei zu großen Wasserstandsunterschieden eingestellt werden Anpassung der Schleuse - Vergrößerung der Drempeeltiefe	Mögliche Abladetiefe wird im täglichen Doing festgelegt Schleusung ad hoc einstellen Anpassung der Drempeeltiefe in Abhängigkeit der Fahrwasservertiefung bei Neuplanungen	

Anlage, Tätigkeit, System	Klima-parameter	Risiko	Risikolevel	Anpassung/Maßnahmen	Anpassungspfad (Umsetzungshorizont)	Bemerkung
Schleusen	Wasser-stand	Überschreiten des Bemessungswasserstands (Hochwasserschutzfunktion)	1/2	Sollhöhe anpassen Vorhandenes Vorsorgemaß nutzen Im Extremfall Neubau vorsehen Klimaschutzmaßnahmen/Treibhausgas-neutralität	Überprüfung der Bemessungswasserstände erfolgt im Rahmen des Generalplans Küstenschutz gemäß bremischem Wassergesetz alle 15 Jahre als Daueraufgabe. Aufgabe des Landeshochwasserschutzes Bauwerken an sich ändernde Wasserstände anzupassen.	Grundsätzlich steigt der Meeresspiegel erst allmählich in langfristigen Zeiträumen von mehreren Dekaden merklich an, so dass Zeit bleibt, auf eine entsprechende Entwicklung zu reagieren. Dennoch wäre ein über das aktuell angenommene Maß hinausgehender Meeresspiegelanstieg langfristig als großes Risiko für die bremischen Häfen anzusehen. Ein Eintrittszeitpunkt ist derzeit nicht absehbar und wird maßgeblich von der akkumulierten Menge der emittierten Treibhausgase beeinflusst.
Ufer						
Böschungen	Seegang*	Beseitigung von Schäden im Sturmflutfall	2	Abwägen des Aufwands für Beseitigung von Schäden versus Verhinderung von Schäden	Bei Neuplanungen und Instandsetzungen	
Fender	Seegang*	Sicherung von Fendern im Sturmflutfall	2	Einsatz von Fenderketten mit hoher Materialstärke	Bei Neuplanungen und Instandsetzungen	
Hochwasserschutzanlagen						
Deiche Hochwasser-schutzwände Sperrwerke Deichscharte/ Öffnungen in der HWS-Linie Objektschutz	Wasser-stand	Überschreiten des Bemessungswasserstands	1/2	Sollhöhe anpassen Vorhandenes Vorsorgemaß nutzen Im Extremfall Neubau vorsehen Klimaschutzmaßnahmen/Treibhausgas-neutralität	Überprüfung der Bemessungswasserstände erfolgt im Rahmen des Generalplans Küstenschutz gemäß bremischem Wassergesetz alle 15 Jahre als Daueraufgabe. Aufgabe des Landeshochwasserschutzes Bauwerken an sich ändernde Wasserstände anzupassen.	Grundsätzlich steigt der Meeresspiegel erst allmählich in langfristigen Zeiträumen von mehreren Dekaden merklich an, so dass Zeit bleibt, auf eine entsprechende Entwicklung zu reagieren. Dennoch wäre ein über das aktuell angenommene Maß hinausgehender Meeresspiegelanstieg langfristig als großes Risiko für die bremischen Häfen anzusehen. Ein Eintrittszeitpunkt ist derzeit nicht absehbar und wird maßgeblich von der

Bremen Bremerhaven GmbH & Co.

Anlage, Tätigkeit, System	Klima-parameter	Risiko	Risikolevel	Anpassung/Maßnahmen	Anpassungspfad (Umsetzungshorizont)	Bemerkung
						akkumulierten Menge der emittierten Treibhausgase beeinflusst.
		Erhöhter Unterhaltungsaufwand infolge häufigere Schließungen von technischen Anlagen	2	Verschleiß- und Betriebsmittel häufiger erneuern	Im Rahmen turnusmäßiger Instandhaltungsarbeiten	
	Niederschlag	Einschränkung der Befahrbarkeit von Deichen infolge zu starker Durchnässung der Böden	1/2	Risikoabwägung (Treibsel räumen versus Beschädigung durch Reifen) Entstandene Schäden reparieren	Ad hoc	
Festmacherdienst						
Vertäuerung	Wind*/ Unwetter*	Festmachen der Schiffe erschwert	1/2	Arbeitsschutzmaßnahmen sowie Schulung von Mitarbeitenden Arbeiten einstellen	Wird bereits heute umgesetzt	
Be- und Entladen (Umschlag), Transport und Bereitstellung im Terminal						
Umschlag, Transport, Bereitstellung	Liegt im Verantwortungsbereich privatwirtschaftlicher Akteure					
Hafensicherheit (Arbeitsschutz)	Temperatur	Thermische Belastung von Mitarbeitenden	1/2	Gefährdungsbeurteilung und Betriebsanweisung beachten, kühle Pausenräume zur Verfügung stellen	Wird bereits heute umgesetzt und laufend angepasst	
	Wind*/ Unwetter*	Arbeitsunfälle durch umherwehende Ladungsgüter oder andere lose Teil	1/2	Gefährdungsbeurteilung und Betriebsanweisung beachten	Wird bereits heute umgesetzt und laufend angepasst	
Umschlaggräte	Liegt im Verantwortungsbereich privatwirtschaftlicher Akteure					
Stellflächen						
Güter	Liegt im Verantwortungsbereich privatwirtschaftlicher Akteure					
Flächen	Liegt im Verantwortungsbereich privatwirtschaftlicher Akteure					
Hafensicherheit (Arbeitsschutz)	Siehe Be- und Entladen, Transport im Terminal					
Zufahrt zum Hafen						
Pkw, Lkw	Liegt im Verantwortungsbereich privatwirtschaftlicher Akteure					
Eisenbahnverkehr im Hinterland	Wind*/ Temperatur/ Unwetter (Blitzschlag)*	Gefahr von Rückstau und Kapazitätsengpässen infolge Infrastruktur- oder Betriebsausfällen	1 bis 2	Nach Möglichkeit Ursache beheben bzw. vermeiden Anpassung der Infrastruktur an kommende Bedarfe (Konfliktfreie Korridore, z.B. Elektrifizierung der Ausweichstrecke Bremerhaven-	Ad hoc Bei geschaffenen politischen Rahmenbedingungen und gesicherter Finanzierung	

Anlage, Tätigkeit, System	Klima-parameter	Risiko	Risikolevel	Anpassung/Maßnahmen	Anpassungspfad (Umsetzungshorizont)	Bemerkung
				Bremervörde-Rothenburg-Verden, 3. Gleis Bremerhaven - Bremen, Hochleistungsnetzkorridor)		
Bahnbetrieb im Hafen						
Zug- und Rangierbetrieb Betriebsführung	Wind*/Temperatur/Niederschlag/Unwetter*/Wasserstand	Gefahr von Rückstau und Kapazitätsengpässen infolge Infrastruktur- oder Betriebsausfällen	1 bis 2	Nach Möglichkeit Ursache beheben bzw. vermeiden Möglichkeiten der Anpassung sind begrenzt - Kapazitätserhöhungen sind wenig wirtschaftlich, die Ursache bleibt bestehen und es muss eine erhöhte Anzahl von Wagen vorgehalten werden, zudem ist die erforderliche Flächenverfügbarkeit begrenzt	Ad hoc	
	Temperatur	Thermische Belastung von Mitarbeitenden	1/2	Arbeitsschutzmaßnahmen beachten	Ad hoc	
Verkehrsanlagen						
Straßen	Temperatur	Verringerung der Lebensdauer durch Verformung von Asphaltbelägen	2	Anpassung der Asphaltrezeptur in betroffenen Bereichen Asphaltdecke durch Beton ersetzen	Erfolgt im Rahmen der Unterhaltung	
Brücken	Temperatur	Vermehrter Personalaufwand zum manuellen Kühlen von Stahlbauelementen (bewegliche Brücken)	1/2	Manuelles Kühlen Konstruktive Anpassung des Spaltmaßes	Ad hoc, wenn die Häufigkeit zulässige betriebliche Einschränkungen übersteigt	
Bahnanlagen (Hafenbahn)						
Oberbau	Temperatur	Bei langanhaltenden hohen Temperaturen können Gleisverdrückungen auftreten	1 bis 2	Geringe Verformung: Geschwindigkeit reduzieren oder im Extremfall Bereich sperren, bis Gleis sich abgekühlt hat und Verformung zurückgegangen ist Aufgrund bestehender Nachteile eher theoretische Möglichkeiten: Schienen weiß. Nachteil: Personeller Aufwand und geringe Haltbarkeit der Farbe Mit Wasser kühlen. Nachteil: Personeller Aufwand und Wasserbedarf	Ad hoc	
		Bei hohen Temperaturen können Arbeiten im Gleisbett (Verdichten, Stopfen und Schweißen) nicht durchgeführt werden	1/2	Arbeiten Nachts durchführen	Ad hoc	Es fallen höhere Kosten an, wenn nachts gearbeitet wird

Anlage, Tätigkeit, System	Klima-parameter	Risiko	Risikolevel	Anpassung/Maßnahmen	Anpassungspfad (Umsetzungshorizont)	Bemerkung
		Thermische Belastungen von Mitarbeitenden im Gleis	1/2	Arbeiten Nachts durchführen	Ad hoc	Es fallen höhere Kosten an, wenn nachts gearbeitet wird
		Weichenfunktionalität kann bei hohen Temperaturen gestört sein	1 bis 2	Ggf. Weicheneinstellungen an sommerliche Temperaturen anpassen Weichenverschlüsse wählen, die höhere Toleranz haben gegenüber hohen Temperaturen Weiche sperren, bis sie nach Abkühlung wieder gängig ist	Ad hoc	
	Nieder-schlag	Verdichtung/Verschlämmung des Schotters durch Niederschlag oder hoch anstehendes Grundwasser	1/2	Ursache des Wassereintritts (Oberflächenwasser/Grundwasser) lokalisieren und beheben Schotter (Oberbau) austauschen Ggf. Geotextil zwischen Gleisbett und Planungsschutzschicht (PSS) einbringen	Ad hoc	
		Überflutung von Gleisanlagen, die in Geländesenken liegen	1/2	Entwässerungssituation verbessern/neuplanen Senken anheben Schwellen aus weniger Nässe empfindlichem Material verwenden Pumpen installieren	Bei anstehenden Neubaumaßnahmen oder wenn wirtschaftliche Bedeutung der betroffenen Gleise zunimmt	Teilweise unübersichtliche Entwässerungssituation und vielfältige beteiligte Akteure, ggf. schwierig Entwässerungssituation zu optimieren. Möglichkeit die Senken anzuheben ist aufgrund bestehender Höhenfestpunkte an Bahnübergängen nur begrenzt vorhanden, ohne dass gleichzeitig die Straßen mit angehoben werden müssen; da zudem bestimmte Gefälle auf der Gleisstrecke nicht überschritten werden dürfen.
		Aufwand bzw. Kosten für Vegetationspflege im Gleisbett	2	Intervall der Vegetationspflege erhöhen	Wird bei Bedarf umgesetzt	
Unterbau	Grundwasser	Verdichtung/Verschlämmung des Schotters durch hoch anstehendes Grundwasser und Sedimenttransport aus der Planungsschutzschicht (PSS)	1/2	Ursache des Wassereintritts (Oberflächenwasser/Grundwasser) lokalisieren und beheben Schotter (Oberbau) austauschen Ggf. Geotextil zwischen Gleisbett und Planungsschutzschicht (PSS) einbringen	Wird bei Bedarf umgesetzt	

29

Anlage, Tätigkeit, System	Klima-parameter	Risiko	Risikolevel	Anpassung/Maßnahmen	Anpassungspfad (Umsetzungshorizont)	Bemerkung
		Temperaturspannungen insbesondere auf der Wetterseite von Gebäuden führen zu Spannungsrissen	1/2	Ertüchtigung der vorhandenen Konstruktion (Belüftungsschlitze oder vorgesetzte, hinterlüftete Fassade anbringen) Mehrschichtiger Aufbau in Kombination mit Hinterlüftung der Fassade	Sukzessive im Rahmen der turnusmäßigen Bauwerksprüfung, Sanierung im Schadensfall bzw. bei Neuplanungen	
		Thermische Belastung von Mitarbeitenden bei Arbeiten in nicht klimatisierten Bereichen	1/2	Vorgaben für Arbeitsschutz beachten Arbeiten unterbrechen oder verschieben Alternative Konstruktionen, mit hohem Vorfertigungsgrad wählen	Ad hoc, fortlaufend Bei Neuplanung	Optimierte Fertigung produziert potentiell weniger Abfall
	Nieder-schlag	Überflutung von Gebäudeteilen infolge Starkregens	1/2	Gewährleistung einer Niederschlagsableitung durch konstruktive Maßnahmen Nach Möglichkeit Sicherungsmaßnahmen bei Starkregen (z.B. Sandsäcke) - Nutzerbriefing	Risiko im Rahmen der turnusmäßigen Bauwerksprüfung überprüfen, bei Neuplanungen, Ad hoc bei Starkregen	Nutzerbriefing bietet zudem die Chance, dass beispielsweise Heizkosten gespart werden können
Grünflächen						
Kompensationsflächen	Nieder-schlag	Trockenheitsstress infolge fehlenden Niederschlags	1 bis 3 je nach Gebiet	Kurzfristig solargesteuerte Pumpen zur Zuwässerung installieren Bauliche Anpassungen (z.B. Windschöpfanlagen, Stauanlagen) vorsehen Zuwässerungskonzepte in Absprache mit den Wasser- und Bodenverbänden, um nach Möglichkeit vorsorglich Wasserstände in betroffenen Gebieten zu erhöhen	Im Rahmen des regelmäßigen Monitorings	
Gehölz- und Baumbestände Grünflächen Gewässer	Temperatur	Verlängerung der Vegetationsperiode, so dass der Unterhaltungsaufwand für Grünflächen steigt	1/2	Unterhaltung an Vegetationsperiode anpassen	Ad hoc	
		Thermische Belastung sowie UV-Belastung von Mitarbeitenden in nicht klimatisierten Bereichen bzw. im Freien	1/2	Maßnahmen im Rahmen des betrieblichen Arbeitsschutzes	Ad hoc	
	Nieder-schlag	Trockenheitsstress infolge fehlenden Niederschlags	1 bis 3 je nach Art	Trockenheitsresistente Arten etablieren Wässerungssäcke bei Jungbäumen Kunststoffringe zur Bewässerung bei Neupflanzungen Baumgrubengröße ausreichend bemessen	Im Rahmen der Baum- und Gehölzpfllege	

Anlage, Tätigkeit, System	Klima-parameter	Risiko	Risikolevel	Anpassung/Maßnahmen	Anpassungspfad (Umsetzungshorizont)	Bemerkung
		Schäden und Unfallgefahr infolge Astabwurf aufgrund von Trockenheitsstress	2	Baumkataster umsetzen	Im Rahmen der Baum- und Gehölzpflege	
	Nieder-schlag/Wa-sserstand	Gefahr des Rückstaus bei Starkniederschlagsereignisse n und geringer Vorflutkapazität infolge Tidehochwasser	1 bis 3 je nach Gebiet und Entwicklung des Meeres-spiegels	Pumpwerke installieren Rückhaltevolumina schaffen, Entwässe-rungssystem optimieren Flächennutzung anpassen, Flächen an-passen	Es ist teilweise bereits heute ein Verbesserungsbedarf erforderlich, so dass Prüfung der Umsetzung von Maßnahmen empfohlen wird	Liegt je nach Maßnahme im Verantwortungsbereich unterschiedlicher öffentlicher und privater Akteure
	Wind*/ Unwetter*	Schäden und Unfallgefahr infolge von Baumwurf	2	Baumkataster umsetzen	Im Rahmen der Baum- und Gehölzpflege	
Hafenunterhaltung						
Bau und In-standhaltung der Außen-anlagen, Betriebs-stätten und Infrastruktur	Tempe-ratur	Thermische Belastung sowie UV-Belastung von Mitarbeitenden in nicht klimatisierten Bereichen bzw. im Freien	1/2	Vorgaben für Arbeitsschutz beachten Arbeiten unterbrechen oder verschieben	Ad hoc	
Kulturdenkmäler						
z.B. Maschi-nenhäuser Nordschleuse , Altes Kraft-werk Kaiser-schleuse, Pingelturm, Alter Steuer-stand Dreh-brücke, Simon-Lo-schen-Turm	Wind*	Sturmschäden an Gebäuden, ggf. mit Wasserschäden infolge eindringenden Niederschlags	2	Normgerechtes Bauen	Im Zuge der turnusmäßigen Bauwerksüberprüfung bzw. bei Neuplanungen und Kernsanierungen	Normen enthalten bereits Sicherungsmaßnahmen, auf deren Berücksichtigung und Umsetzung während Planung und Bau entsprechend zu achten ist
	Temper-atur	Temperaturspannungen insbesondere auf der Wetterseite von Gebäuden führen zu Spannungsrissen	1/2	Ertüchtigung der vorhandenen Konstruktion (Belüftungsschlitze oder vorgesetzte, hinterlüftete Fassade anbringen) Mehrschichtiger Aufbau in Kombination mit Hinterlüftung der Fassade	Sukzessive im Rahmen der turnusmäßigen Bauwerksprüfung, Sanierung im Schadensfall bzw. bei Neuplanungen	
	Nieder-schlag	Überflutung von Ge-bäudeteilen infolge Starkregens	1/2	Gewährleistung einer Niederschlagsableitung durch konstruktive Maßnahmen Nach Möglichkeit Sicherungsmaßnahmen bei Starkregen (z.B. Sandsäcke) - Nutzerbriefing	Risiko im Rahmen der turnusmäßigen Bauwerksprüfung überprüfen, bei Neuplanungen, Ad hoc bei Starkregen	