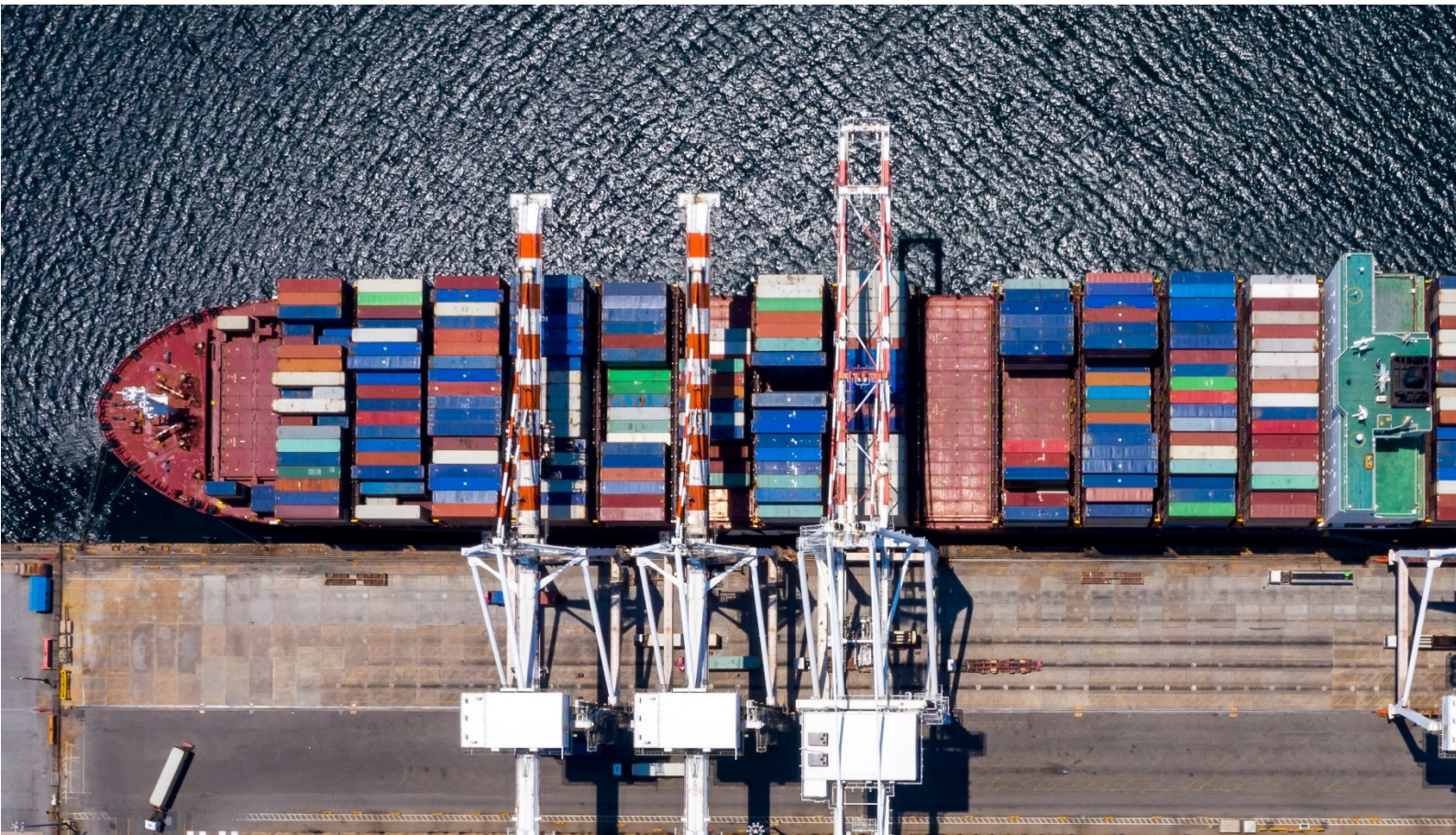


Fraunhofer-Institut für Intelligente
Analyse- und Informationssysteme IAIS

Projekt CRANE
Climate Resilience and Adaptation
for upper rhINE ports



Leitfaden zur Durchführung von Klimarisikoanalysen für Binnenhäfen

Juni 2026

Projekt: CRANE



LEITFADEN ZUR DURCHFÜHRUNG VON KLIMARISIKOANALYSEN FÜR BINNENHÄFEN

Juni 2026

Dr. Anna Klose

Daniela Albiez

Dr. Daniel Lückerrath

Jakob Hömberg

Dr.-Ing. Erich Rome

Valerie Wischott

Mareike Böbel

Fraunhofer-Institut für Intelligente Analyse- und Informationssysteme IAIS
Schloss Birlinghoven 1
53757 Sankt Augustin

Projekt CRANE – Climate Resilience and Adaptation for upper rhINE ports
Interreg Oberrhein | Rhin supérieur
kofinanziert durch die Europäische Union

Inhalt

1	Einleitung	6
1.1	Worum geht es in diesem Leitfaden?	6
1.2	Wer sollte diesen Leitfaden nutzen?	6
1.3	Warum eine Klimarisikoanalyse für Binnenhäfen?	6
1.4	Wie ist dieser Leitfaden entstanden?	7
1.5	Wie ist der Leitfaden strukturiert?	7
2	Grundlegendes zu Methode und Leitfaden	8
2.1	Grundprinzipien der Methode	8
2.2	Anwendungsbereich und Grenzen der Methode	9
2.3	Methodische Grundlagen und Referenzen	10
2.4	Zentrale Begriffe in diesem Leitfaden	11
3	Ablauf der Klimarisikoanalyse.....	12
4	Vorbereitung vor dem Projektstart	14
5	Die Klimarisikoanalyse	16
5.1	Vorbereitung: Sammlung von Daten und Informationen.....	16
5.2	Risikoidentifikation	19
5.2.1	Aufnahme der Systemelemente des Systems Hafen	20
5.2.2	Aufnahme der Prozesse im Hafen	22
5.2.3	Ermittlung der Klimagefahren	24
5.2.4	Gegenüberstellung von Klimagefahren und Systemelementen	27
5.3	Risikobewertung	32
5.3.1	Erstellen lokaler Klimasteckbriefe	32
5.3.2	Verständnis der Wirkungszusammenhänge (Klimawirkungsketten) ...	39
5.3.3	Abschätzung des Risikos der Systemelemente	43
5.3.3.1	Einschätzung der Höhe der Klimagefahren.....	45
5.3.3.2	Einschätzung der Anfälligkeit von Systemelementen	48
5.3.3.3	Ableitung der Höhe des Risikos der Systemelemente	52
5.3.4	Vergabe von Warnstufen für die Prozesse	56
5.3.4.1	Einschätzung der Kritikalität von Systemelementen	57
5.3.4.2	Klassifikation der Warnstufen für die Prozesse	61
6	Referenzen	67
7	Anhang	69
7.1	Liste möglicher Systemelemente	69
7.2	Allgemeine Informationssammlung	71
7.3	Informationssammlung zu früheren Schäden und zum Status der Hafeninfrastruktur.....	84

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Schritte der Klimaanpassung. (Quelle: Übersetzt aus dem Regional Adaptation Support Tool (RAST) der EU Mission „Adaptation to Climate Change“; https://climate-adapt.eea.europa.eu/en/mission/knowledge-and-data/regional-adaptation-support-tool ; Zugriff Mai 2026)	9
Abbildung 2: Schritte der Klimarisikoanalyse (obere Reihe) und deren Ergebnisse (untere Reihe).....	12
Abbildung 3: Im Projekt CRANE erfasste mögliche Prozesse in Binnenhäfen.....	24
Abbildung 4: Beispielhafter Auszug aus einem der im Projekt CRANE erstellten Klimasteckbriefe, Daten zu klimatischen Einflüssen.	38
Abbildung 5: Beispielhafter Auszug aus einem der im Projekt CRANE erstellten Klimasteckbriefe, Daten zu Hydrologie, Schifffahrtsbedingungen, Wassereigenschaften.....	38
Abbildung 6: Auszug aus einer beispielhaften Klimawirkungskette für die Klimagefahr „Fluviales Hochwasser“ und die Gruppe von Systemelementen „Hafenbetriebe & Mitarbeiter“	43
Abbildung 7: Beispiel für eine Risikomatrix mit einem 3x3-Feld, d.h. einer Kombination aus jeweils 3 Klassen (Niedrig – Mittel – Hoch) für die Anfälligkeit des SE und die Höhe der Klimagefahr.	45
Abbildung 8: Beispielhafte Aufnahme der Anfälligkeit des Systemelements „Containerterminal“ gegenüber der Klimagefahr „Hitze“	49
Abbildung 9: Beispielhafte Aufnahme einer geplanten Maßnahme zur Reduktion der Anfälligkeit des Systemelements „Containerterminal“ gegenüber der Klimagefahr „Hitze“	50
Abbildung 10: Beispiele für die Klassifikation von Anfälligkeiten.....	50
Abbildung 11: Beispiel für die Klassifikation der Anfälligkeit des Systemelements „alte Gebäude“ aus dem Projekt CRANE.	51
Abbildung 12: Beispiel für eine in Planung befindliche Maßnahme aus dem Projekt CRANE.....	51
Abbildung 13: Einteilung des Risikos in Niedrig – Mittel – Hoch als Kombination von Anfälligkeit des SE und Höhe der Klimagefahr.	53
Abbildung 14: Beispielhafte Risikomatrizen für die SE der Gruppe Hafenbahnanlagen gegenüber den verschiedenen Klimagefahren in den drei Zeitscheiben (graue Zellen: es besteht für diese SE-Klimagefahr-Kombination kein Risiko)	54
Abbildung 15: Beispielhafte Risikomatrizen für die SE der Gruppe Hafenbahnanlagen gegenüber den verschiedenen Klimagefahren in den drei Zeitscheiben.....	55
Abbildung 16: Abschätzung des Klimarisikos für einen Industriestandort (Beispiel mit fiktiven Werten). Quelle: Dorsch et al., 2022, S. 26).	56
Abbildung 17: Beispiel für ein Bewertungssystem für die Kritikalität der Systemelemente für die Prozesse.....	60
Abbildung 18: Beispiel für eine Gegenüberstellung von Kritikalität und Risiko der am Prozess beteiligten Systemelemente.	63

Abbildung 19: Beispiel für die Vergabe von Warnstufen für einen Prozess und verschiedene Klimagefahren auf Grundlage von Kritikalität und Risiko der am Prozess beteiligten Systemelemente und nach der beispielhaften Bewertungslogik (Tabelle 10).	64
Abbildung 20: Beispielhafte Prozesse und ihre Warnstufen für die Klimagefahr Hochwasser (Farbe der Fahnen: grau = keine, gelb = mittlere, hellrot = hohe, dunkelrot = sehr hohe Warnstufe; die Abschnitte der Fahnen stehen für die Zeitscheiben, von links nach rechts Gegenwart, nahe Zukunft, ferne Zukunft).	65

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Arbeitsschritte der Klimarisikoanalyse und zugehörige Kapitel im Leitfaden	13
Tabelle 2: Klassifikation von Klimagefahren nach der EU-Taxonomie [Verordnung 2020/852]; die hier dargestellte Klimagefahren sind am weitesten verbreitet und nicht erschöpfend.....	25
Tabelle 3: Beispielhafte Tabelle zur Gegenüberstellung der Systemelemente und Klimagefahren.....	28
Tabelle 4: Auszug aus einer Sammlung bereits aufgetretener Schäden aus dem Projekt CRANE	30
Tabelle 5: Auszug aus einem Ergebnis der zweistufigen Bewertung aus dem Projekt CRANE	31
Tabelle 6: Im Projekt CRANE betrachtete Indikatoren zu klimatischen Einflüssen (Lufttemperatur, Niederschlag).....	35
Tabelle 7: Im Projekt CRANE betrachtete Indikatoren zu Hydrologie, Schifffahrtsbedingungen und Wassereigenschaften	37
Tabelle 8: Klassifikation der Klimagefahr Hitzewelle anhand relevanter Kennwerte.	48
Tabelle 9: Beispielhafte Klassifikation der Kritikalität einiger Systemelemente für ausgesuchte Prozesse (- nicht am Prozess beteiligt; + geringe Kritikalität; ++ mittlere Kritikalität; +++ hohe Kritikalität; ++++ sehr hohe Kritikalität)	61
Tabelle 10: Beispiel für eine Vergabe-Logik der Prozess - Warnstufen in Abhängigkeit von der Kritikalität eines Systemelements im Prozess und dessen Risiko.	63
Tabelle 11: Systemelemente (SE) mit hohem Risiko, die für mindestens einen Prozess sehr kritisch sind (Warnstufe „sehr hoch“).....	66
Tabelle 12: Liste der im Projekt CRANE identifizierten Systemelemente	69

1 Einleitung

1.1 Worum geht es in diesem Leitfaden?

Dieser Leitfaden unterstützt Binnenhäfen¹ dabei, Klimarisiken strukturiert, nachvollziehbar und mit vertretbarem Aufwand zu analysieren. Die Methode wurde so gestaltet, dass sie von Hafenmitarbeitenden mit technischem oder organisatorischem Hintergrund selbst angewendet werden kann – auch ohne Vorkenntnisse zu Klimawandel, Klimaprojektionen oder Risikomodellen.

Durch die Anwendung dieses Leitfadens entsteht eine **risikobasierte Priorisierung**, die sichtbar macht, welche Systemelemente (z.B. Infrastruktur, Geräte, Mitarbeitende) und welche Prozesse besonders stark betroffen sind und wo Anpassungsmaßnahmen zuerst ansetzen sollten.

Die Klimarisikoanalyse folgt einem schrittweisen Vorgehen und liefert ein Ergebnis, das direkt in die strategische Hafenentwicklung, Anpassungsplanung, Instandhaltung und Investitionsplanung überführt werden kann.

1.2 Wer sollte diesen Leitfaden nutzen?

Der Leitfaden richtet sich an Personen, die Verantwortung für Betrieb, Infrastruktur oder strategische Weiterentwicklung des Hafens tragen, z. B.:

- **Projektverantwortliche** in Hafenverwaltung und Technik
- **Fachleute** aus Infrastruktur, Hafenbahn, Umschlag, Logistik oder Instandhaltung
- **operative Mitarbeitende**, die Abläufe im Detail kennen
- **externe Dienstleister*innen**, die eine Analyse im Auftrag eines Hafens durchführen

Ein vertieftes Verständnis des eigenen Hafens ist wichtiger als klimabezogenes Vorwissen. Hintergrundwissen zur Moderation von Kleingruppen kann hilfreich sein.

1.3 Warum eine Klimarisikoanalyse für Binnenhäfen?

Häfen sind trimodale Infrastrukturen mit vielen Abhängigkeiten zwischen Verkehrsträgern und zahlreichen Tätigkeiten unter freiem Himmel. Sie reagieren empfindlich auf klimatische Veränderungen – sowohl auf Extremereignisse (z. B. Starkregen, Hitzewellen, Stürme) als auch auf langfristige Trends (z. B. veränderte Wasserstände, steigende Temperaturen).

Eine Klimarisikoanalyse zeigt:

- welche Klimagefahren am Standort relevant sind,
- wie anfällig unterschiedliche Systemelemente sind,
- wie Risiken Abläufe und Logistikketten beeinflussen,
- und wo Anpassungsmaßnahmen strategisch sinnvoll ansetzen.

Das Ergebnis der hier vorgestellten Methode für Klimarisikoanalysen kann darüber hinaus genutzt werden, um eventuelle Berichtspflichten (z.B. nach dem KRITIS-Dachgesetz

¹ Wenn in diesem Leitfaden der Begriff „Hafen“ genannt wird, bezieht er sich immer auf Binnenhäfen.

bzw. der Europäischen Richtlinie (EU) 2022/2557 über die Resilienz kritischer Einrichtungen oder zur Nachhaltigkeitsberichterstattung nach der CSRD-Richtlinie (EU 2022/2464)) zu erfüllen.

1.4 Wie ist dieser Leitfaden entstanden?

Der Leitfaden wurde im europäischen Projekt CRANE – Climate Resilience and Adaptation for upper rhINE ports entwickelt. Beteiligt waren sieben Binnenhäfen (Basel, Kehl, Mulhouse, Straßburg, Ludwigshafen, Mannheim, Karlsruhe) sowie Forschungspartner aus Deutschland und Frankreich.

Die Methode basiert auf:

- ko-kreativer Zusammenarbeit mit Hafenexpert*innen,
- mehreren Analysezyklen unter realen Bedingungen,
- deutsch-französischen Workshops,
- unterschiedlichen Hafentypen und -strukturen,
- mehrsprachiger Anwendung und gemeinsamer Validierung.

Der Leitfaden ist damit praxisbewährt und vielfältig getestet.

1.5 Wie ist der Leitfaden strukturiert?

Der Leitfaden gliedert sich in die folgenden Kapitel:

Kapitel 1: Einordnung und Aufbau des Leitfadens

Kapitel 2: Grundlagen, Begriffe, methodische Basis

Kapitel 3: Übersicht zum Ablauf der Klimarisikoanalyse

Kapitel 4: Vorbereitung vor dem Projektstart

Kapitel 5: Durchführung der Klimarisikoanalyse (Vorbereitung, Risikoidentifikation, Risikobewertung)

Kapitel 6-7: Literatur, Anhang

2 Grundlegendes zu Methode und Leitfaden

2.1 Grundprinzipien der Methode

Die Methode stützt sich auf fünf Grundprinzipien, die ihre Anwendung in Häfen besonders geeignet und praktikabel machen:

1) Qualitative Einschätzungen

Häfen sind komplexe Systeme, die aus einer Vielzahl unterschiedlicher funktionaler Systemelemente aufgebaut sind, die einer Reihe von Klimagefahren ausgesetzt sind. Daraus ergibt sich ein großer Untersuchungsumfang. Darüber hinaus liegen für viele dieser Systemelemente keine belastbaren technischen Daten zur Anfälligkeit gegenüber Klimagefahren vor. Internationale Standards (u. a. ISO 14091, Umweltbundesamt (Porst et al., 2022), PIANC (2020)) nutzen deshalb qualitative Expertenschätzungen, die systematisch erhoben werden.

Hafenmitarbeitende wissen aus Praxis und Erfahrung beispielsweise,

- welche Geräte bei hohen Temperaturen ausfallen,
- wo Probleme bei Starkregen auftreten, oder
- welche Arbeitsbereiche besonders hitzeempfindlich sind.

2) Ko-Kreation

Die Analyse beruht auf gemeinsamem Wissen unterschiedlicher Funktionsbereiche. Technik, Betrieb, Hafenbahn, Umschlag, Arbeitsschutz, Sicherheit und Verwaltung ergänzen sich. So entstehen vollständige und praxistaugliche Ergebnisse, die an die lokalen Gegebenheiten vor Ort angepasst sind.

In der Klimaanpassungsplanung werden ko-kreative Ansätze zunehmend als wichtig für eine effektive Anpassungsplanung anerkannt. Weitere Information finden sich beispielsweise in Sommerauer et al. (2025), Galan et al. (2023) oder Sartorius et al. (2023).

3) Zwei Analyseebenen: Systemelemente und Prozesse

Häfen funktionieren über Abläufe, nicht über einzelne Objekte. Deshalb reicht eine Analyse nur auf Ebene der Systemelemente (z. B. Kran, Weiche, Pumpe, Mitarbeiter*in) nicht aus. Ein Systemelement kann ein hohes Risiko haben, aber geringe betriebliche Bedeutung, weil es selten genutzt wird oder Alternativen bestehen. Umgekehrt kann ein Element mit mittlerem Risiko für einen Prozess kritisch sein – etwa eine Weiche, die den gesamten Bahnverkehr beeinflusst.

Darum bewertet die Methode:

- das Risiko der Systemelemente,
- die Kritikalität der Systemelemente für die Prozesse,
- die daraus abgeleiteten Warnstufen der Prozesse.

Erst diese Kombination ermöglicht eine realistische und priorisierungsfähige Bewertung.

4) Robuste Bewertung trotz Unsicherheiten

Klimaprojektionen enthalten Unsicherheiten – unter anderem, weil das Klima natürlicherweise schwankt und weil sich künftige Emissionen oder Entwicklungen nicht exakt vorhersagen lassen. Das bedeutet jedoch nicht, dass die Daten unzuverlässig sind. Für die Klimarisikoanalyse in Häfen ist entscheidend, wie sicher die Richtung der Veränderungen ist, nicht der genaue Zahlenwert.

Deshalb arbeitet die Methode mit Kategorien (niedrig – mittel – hoch). Diese Einteilung folgt internationalen Standards und hat zwei Vorteile:

- Sie vermeidet Scheingenauigkeit dort, wo exakte Werte nicht belastbar sind.
- Sie ermöglicht dennoch verlässliche Entscheidungen, weil die Trends in den Klimadaten oft eindeutig sind – auch wenn die exakte Zahl je nach Modell variiert.

5) Betrachtung mehrerer Zeithorizonte

Häfen verfügen über langlebige Infrastruktur und lange Investitionszyklen.

Darum bewertet die Analyse:

- Gegenwart,
- nahe Zukunft,
- ferne Zukunft.

Diese Struktur entspricht europäischen Leitlinien (u. a. EU-Taxonomie und Klimaverträglichkeits-Leitlinien) und ermöglicht vorausschauende, belastbare Priorisierungen.

2.2 Anwendungsbereich und Grenzen der Methode

Grundsätzlich kann die Planung von Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel – in Übereinstimmung mit der „Mission zur Anpassung“ der Europäischen Union – als ein Kreislauf mit sechs Schritten betrachtet werden (Abbildung 1). Der vorliegende Leitfaden adressiert vor allem den zweiten Schritt (Bewertung von Klimarisiken und Anfälligkeiten), sowie die hierfür relevanten Fragestellungen des ersten Schrittes (Vorbereitung).

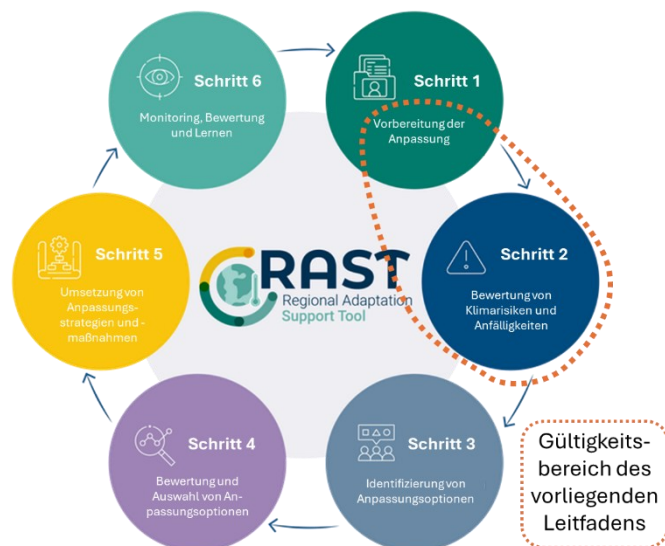


Abbildung 1: Schritte der Klimaanpassung. (Quelle: Übersetzt aus dem Regional Adaptation Support Tool (RAST) der EU Mission „Adaptation to Climate Change“; <https://climate-adapt.eea.europa.eu/en/mission/knowledge-and-data/regional-adaptation-support-tool>; Zugriff Mai 2026)

Das Resultat der hier vorgestellten Methode ist eine Priorisierung von funktionalen Systemelementen aufgrund von Klimarisiken und ihrer Kritikalität für die Prozesse im Hafen. Hierbei sollen alle im Hafen vorliegenden Systemelemente einbezogen werden und alle relevanten Klimagefahren betrachtet werden. Damit handelt es sich um eine **orientierende Untersuchung**, nicht um eine ingenieurstechnische Planungsgrundlage für Baumaßnahmen. Die Methode erlaubt beispielsweise den Schluss, dass Containerterminals wegen mangelnder Entwässerung einem in der Zukunft steigenden Risiko bei Starkregen unterliegen. Die Dimensionierung neuer Entwässerungskanäle ist auf der Grundlage der vorliegenden Methode nicht möglich.

Die Methode beruht auf **qualitativer Fachexpertise** zum Hafen, seinen Systemelementen und Prozessen, das von den Mitarbeitenden des Hafens eingebracht wird. Grundsätzlich können Risikobewertungen in der Klimarisikoanalyse auf unterschiedlichen Quellen beruhen, der passgenaue Einsatz hängt vom Ziel und Umfang der Analyse ab. Für eine orientierende Untersuchung sind qualitative Methoden das adäquate Mittel und werden in der Praxis oft angewendet. So beruht beispielsweise die Bewertung des Klimarisikos in der „Klimawirkungs- und Risikoanalyse 2021 für Deutschland“ (Kahlenborn et al., 2021) auf qualitativen Expertenschätzungen. Qualitative Methoden sind mit höheren Unsicherheiten behaftet als beispielsweise physikalisch basierte Modellierungen (PIANC Secrétariat Général (Hrsg.), 2020). Gleichzeitig ist der Bedarf an Eingangsdaten deutlich niedriger, was qualitative Methoden speziell für orientierende Untersuchungen wertvoll macht.

Sollte zu bestimmten Aspekten nicht ausreichend Expertise im Hafen vorliegen, ist die Aussagekraft der Methode für diese Systemelemente und Prozesse eingeschränkt. Es empfiehlt sich bei der Definition des Umfangs der Analyse und der Zusammensetzung des Projektteams solche **Wissenslücken** zu identifizieren und gegebenenfalls externe Expertise anzufragen oder die betroffenen Systemelemente und Prozesse von der Analyse auszuschließen (siehe Kapitel 4).

2.3 Methodische Grundlagen und Referenzen

Die hier beschriebene Methode basiert nicht auf einem neuen Verfahren, sondern passt etablierte nationale, europäische und internationale Leitlinien auf die spezifischen Bedürfnisse von Binnenhäfen an. Die wichtigsten Grundlagen sind im Folgenden gelistet.

Deutsche Grundlagen

- Umweltbundesamt: „How to perform a robust climate risk and vulnerability assessment for EU taxonomy reporting?“ (Dorsch et al., 2022)
- Umweltbundesamt: Leitfaden für Klimarisiko- und Vulnerabilitätsanalysen (Buth et al., 2017)
- Umweltbundesamt: Klimarisikoanalysen auf kommunaler Ebene. Handlungsempfehlungen zur Umsetzung der ISO 14091 (Porst et al., 2022)
- Umweltbundesamt : Klimawirkungs- und Risikoanalyse 2021 für Deutschland (Kahlenborn et al., 2021)
- Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe: Methode zur Risikoanalyse im Bevölkerungsschutz (Deutscher Bundestag, 2010)

Französische Grundlagen

- PNACC2 – Nationaler Anpassungsplan Frankreich (PNACC2, 2018)
- TRACC – Trajectoire de réchauffement de référence (TRACC, 2023)
- Empfehlungen von Météo France und regionalen Klimadiensten

Europäische Grundlagen

- EU-Taxonomie (Verordnung 2020/852) und Delegierte Rechtsakte
- Technische Leitlinien zur Sicherung der Klimaverträglichkeit von Infrastrukturen (2021/C 373/01)
- EU-Mission „Adaptation to Climate Change“ und das Regional Adaptation Support Tool (RAST; EU Mission „Adaptation to Climate Change“; <https://climate-adapt.eea.europa.eu/en/mission/knowledge-and-data/regional-adaptation-support-tool>; Zugriff Mai 2026)

Internationale Grundlagen

- PIANC Report 178: Climate Change Adaptation Planning for Ports and Inland Waterways (PIANC Secrétariat Général (Hrsg.), 2020)
- IPCC-Risikokonzept (AR5/AR6)
- GIZ „Vulnerability Sourcebook“ & „Risk Supplement“ & „Climate Risk Sourcebook“ (Fritzsche et al., 2014; GIZ and EURAC, 2017; Zebisch et al., 2023)
- WMO-Standards zur Klimadatenverwendung (z. B. 30-Jahres-Referenzperioden)
- ISO 14091:2021 – Adaptation to climate change – Guidelines on vulnerability, impacts and risk assessment

2.4 Zentrale Begriffe in diesem Leitfaden

- **Systemelement (SE):** Funktionale Bestandteile des Hafens (Infrastruktur wie Gleise und Weichen, Geräte wie Reachstacker, Mitarbeitende).
- **Prozess:** Ein durchgehender Ablauf im Hafen (z. B. Schiffsanlauf, Umschlag und Lagerung verschiedener Güter).
- **Risiko:** „das Potential für negative Auswirkungen für menschliche oder ökologische Systeme“ (nach IPCC, 2023), ergibt sich aus der Kombination der Höhe der Klimagefahr und der Anfälligkeit eines Systemelements.
- **Warnstufe (Prozessebene):** Bewertung, wie stark ein Prozess beeinträchtigt wird, wenn seine kritischen SE einem Risiko ausgesetzt sind.

3 Ablauf der Klimarisikoanalyse

Organisation: Um eine Klimarisikoanalyse durchzuführen, sind mehrere aufeinander aufbauende Schritte und die Mitarbeit verschiedener Fachbereiche erforderlich. Um diese komplexe Aufgabe zu bewältigen, wird sie **als Projekt organisiert**. Die Projektstruktur ermöglicht klare Verantwortlichkeiten, einen strukturierten Ablauf, effiziente Datensammlung, abgestimmte Workshops, konsistente Bewertungen und eine saubere Dokumentation der Ergebnisse. So wird sichergestellt, dass die Analyse nachvollziehbar, vollständig und qualitativ belastbar ist und als Grundlage für strategische Entscheidungen genutzt werden kann.

Schritte: Die Klimarisikoanalyse folgt einer klaren Struktur aus den Schritten Vorbereitung, Risikoidentifikation und Risikobewertung (Abbildung 2).

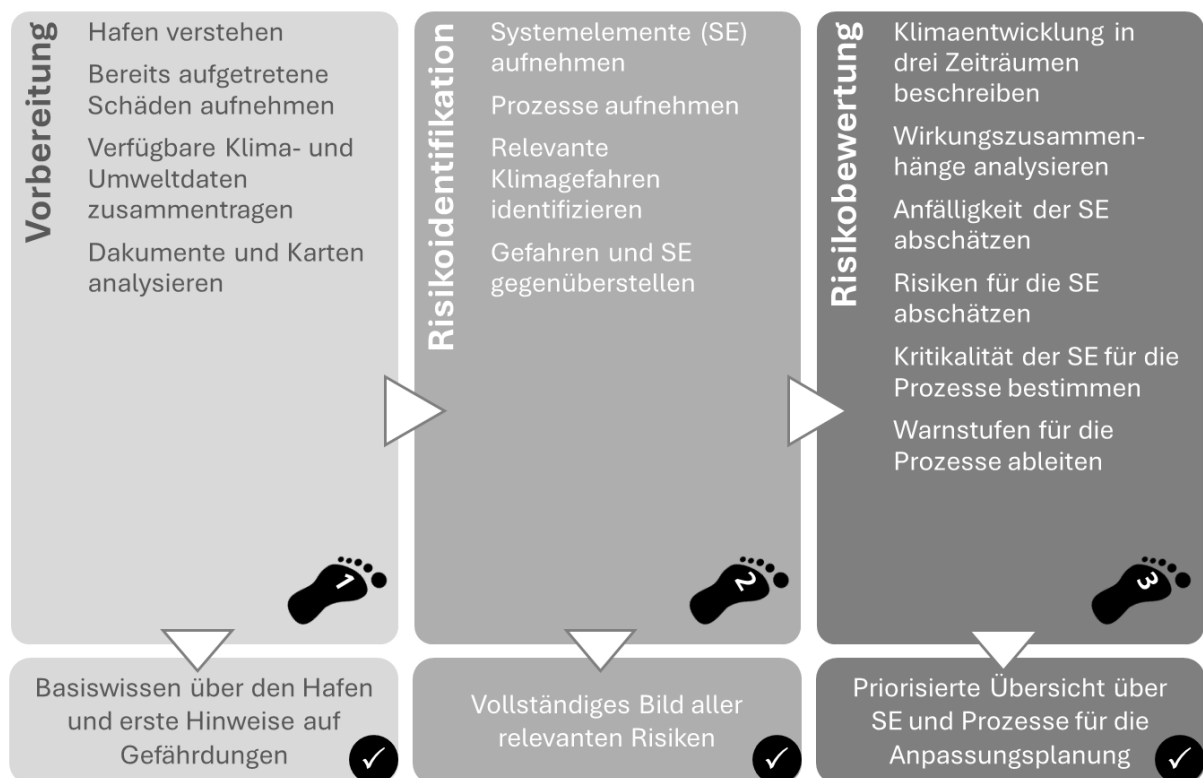


Abbildung 2: Schritte der Klimarisikoanalyse (obere Reihe) und deren Ergebnisse (untere Reihe).

Innerhalb der drei Schritte werden aufeinander aufbauende Teil-Fragestellungen bearbeitet. Die Arbeitsschritte, die zugehörigen Fragestellungen, die weitere Verwendung der Ergebnisse in der Klimarisikoanalyse und die korrespondierenden Kapitel im Leitfaden sind in Tabelle 1 aufgeführt.

Tabelle 1: Arbeitsschritte der Klimarisikoanalyse und zugehörige Kapitel im Leitfaden

Arbeitsphase	Arbeitsschritt	Fragestellung / Zweck in der Klimarisikoanalyse	Kapitel im Leitfaden
Vorbereitung 	Vorbereitung	Wie funktioniert ein Hafen und welche Schäden durch Klimagefahren sind in der Vergangenheit bereits aufgetreten? / Grundlage	Kapitel 5.1
Risikoidentifikation 	Systemelemente (SE) aufnehmen	In welche funktionalen Elemente kann das System Hafen untergliedert werden? / Die Klimarisikoanalyse wird für diese Elemente durchgeführt	Kapitel 5.2.1
	Prozesse aufnehmen	Welche Prozesse machen den Hafen aus? / Für diese Prozesse wird das Risiko unter Berücksichtigung der jeweils kritischen Systemelemente abgeschätzt	Kapitel 5.2.2
	Klimagefahren identifizieren	Welche Klimagefahren sind für den Hafen relevant? / Die Klimarisikoanalyse wird für diese Gefahren durchgeführt	Kapitel 5.2.3
	SE und Klimagefahren gegenüberstellen	Welche SE sind von den Klimagefahren betroffen? / Übersicht über die relevanten Risiken, Grundlage für die Erfassung von Anfälligkeiten	Kapitel 5.2.4
Risikobewertung 	Klimaentwicklung beschreiben	Wie ist das aktuelle Klima an den Hafenstandorten und wie ändert es sich in der Zukunft basierend auf den Klimaprojektionen? / Grundlage für die Klassifikation der Höhe der Klimagefahren	Kapitel 5.3.1
	Wirkungszusammenhänge verstehen	Welche direkten und indirekten Auswirkungen entstehen im Hafen durch die Klimagefahren? / Grundlage für das Verständnis der Auswirkungen, erste Identifikation von Anfälligkeiten	Kapitel 5.3.2
	Risiko der SE abschätzen	Wie hoch ist das Risiko der SE gegenüber den Klimagefahren?	Kapitel 5.3.3
	Höhe der Klimagefahren klassifizieren	Wie hoch ist die aktuelle und zukünftige Eintrittswahrscheinlichkeit und Intensität der Klimagefahren? / Eingangsparameter für die Abschätzung des Risikos der SE	Kapitel 5.3.3.1
	Anfälligkeiten der SE abschätzen	Wie anfällig sind die SE gegenüber den Klimagefahren und warum sind sie anfällig? / Eingangsparameter für die Abschätzung des Risikos der SE	Kapitel 5.3.3.2
	Warnstufen für die Prozesse vergeben	Wie hoch sind die Warnstufen für die Prozesse gegenüber den Klimagefahren?	Kapitel 5.3.4
	Kritikalität der SE im Prozess abschätzen	Wie kritisch sind die SE für die Prozesse? / Eingangsparameter für die Abschätzung des Risikos der Prozesse	Kapitel 5.3.4.15.3.4.1
	Ableiten der Warnstufen für den Prozess	Welche Kombination von Kritikalität und Risiko führt zu welchem Risiko für den Prozess? Wie hoch ist das Warnstufe für die Prozesse im Hafen gegenüber den Klimagefahren? / Endergebnis der Klimarisikoanalyse	Kapitel 5.3.4.2

4 Vorbereitung vor dem Projektstart

Ziel

Nach Abschluss dieses Schritts sind der Untersuchungsumfang festgelegt, das Projektteam zusammengestellt, die Rollen der Beteiligten definiert und die organisatorischen Rahmenbedingungen abgestimmt.

Leitfragen

- Welche Teile des Hafens werden untersucht, welche ausgeklammert?
 - Wer ist Teil des Projektteams?
 - Welche Rollen haben die Beteiligten?
 - Wie ist das Projekt organisiert?
-

Motivation

Die Klimarisikoanalyse soll nachvollziehbare und belastbare Ergebnisse liefern, auf deren Basis Entscheidungen getroffen werden können. Damit dies gelingt, müssen vor dem eigentlichen Start der Arbeiten grundlegende organisatorische und inhaltliche Entscheidungen getroffen werden. Sie schaffen einen klaren Rahmen für den weiteren Prozess und stellen sicher, dass alle Beteiligten von denselben Annahmen, Zuständigkeiten und Zielen ausgehen.

Vorgehensweise

An diesem Schritt sind die Projektleitung, relevante Mitglieder der Geschäftsführung und bei Bedarf weitere Fachleute des Hafens beteiligt. Gemeinsam werden die folgenden grundlegenden Entscheidungen getroffen:

1) Festlegung des Untersuchungsumfangs

Der Umfang der Klimarisikoanalyse sollte am Projektstart definiert und allen Beteiligten kommuniziert werden. Relevante Fragen sind hier:

- Welche Standorte des Hafens werden untersucht?
- Welche eventuellen Tochterfirmen werden einbezogen?
- Wie wird mit den Systemelementen umgegangen, die von Mietenden des Hafengeländes betrieben werden oder diesen gehören?

Dieser Punkt ist besonders wichtig, weil Hafenbetriebe häufig vor allem für Verwaltung und Organisation zuständig sind, während logistische Aktivitäten wie Transport, Umschlag, Lagerung oder Verarbeitung von Gütern durch weitere Akteure durchgeführt werden. Eine Klimarisikoanalyse, die sich ausschließlich auf die Kernaufgaben der Hafenverwaltung beschränkt, greift daher zu kurz. Um Risiken und Ansatzpunkte für Anpassungsmaßnahmen vollständig zu erfassen, sollten die für den Hafen typischen trimodalen Logistikprozesse berücksichtigt werden.

2) Zusammenstellung des Projektteams

Das Projektteam sollte Fachleute für die verschiedenen Hafenbereiche umfassen, damit das nötige Wissen über den Hafen und seine Prozesse, Systemelemente und Besonderheiten vorliegt. Relevante Fragen sind hier:

- Wer ist für die verschiedenen Infrastrukturbereiche (Hafenbahn, wasserseitige Infrastruktur etc.) zuständig?
- Wer hat einen Überblick über die im Hafen stattfindenden Prozesse und die dafür wichtigen Systemelemente?
- Wer hat besondere Expertise (z.B. im Hochwasserschutz, Umgang mit Gefahrgut, etc.)?
- Welche Expertise fehlt bei den Hafenmitarbeitenden und sollte ggf. durch externe Fachleute (z.B. Verantwortliche Personen bei den Mietenden) ergänzt werden?

Die Klimarisikoanalyse kann für einen einzelnen Hafen oder gemeinsam mit anderen Häfen durchgeführt werden. Die Beteiligung von Fachleuten aus mehreren Häfen fördert den Erfahrungsaustausch und kann helfen, Wissenslücken zu schließen. Im Projekt CRANE wurde dieser Austausch wiederholt als besonders hilfreich bewertet.

3) Definition der Rollen der Beteiligten

Die Aufgaben der Mitglieder des Projektteams sollten zu Beginn des Projekts klar kommuniziert werden. Relevante Fragen sind dabei:

- Wer leitet und koordiniert das Projekt?
- Wer liefert welchen Input?
- Wer nimmt an welchen Arbeitsschritten und Workshops teil?
- Wer sollte wann wie viel Zeit einplanen?

4) Organisation des Projekts

Grundlegende Entscheidungen zur Organisation des Projekts sollten frühzeitig getroffen werden. Relevante Fragen sind dabei:

- Wie sieht der Zeitplan des Projekts aus, wann sind welche Meilensteine oder Projektergebnisse vorgesehen?
- Wie wird die Zusammenarbeit im Team organisiert (regelmäßige Projekttreffen oder Einbezug des Teams nach Bedarf, Kommunikationskanäle, ...)
- Wer wird wann worüber informiert (z.B. Status-Updates an die Geschäftsführung)
- Wo werden Daten gesammelt, wer hat Zugriff?
- Gibt es Datenschutzthemen zu bedenken?

Sind diese Entscheidungen getroffen, kann die eigentliche Arbeit beginnen. Im **Kick-off-Meeting** wird das Projektteam zusammengeführt und über die getroffenen Festlegungen sowie die Methode informiert.

5 Die Klimarisikoanalyse

In diesem Kapitel werden die drei Schritte der Klimarisikoanalyse – Sammlung von Daten und Informationen, Risikoidentifikation und Risikobewertung – mit ihren jeweiligen Teilschritten beschrieben. Jedes Unterkapitel enthält die für die Durchführung relevanten Informationen in einer einheitlichen Struktur.

- Ziel(e) des Arbeitsschritts,
- zugehörige Leitfragen,
- Motivation,
- ggfs. Inputs aus den anderen Arbeitsschritten,
- Vorgehensweise,
- Ergebnisse,
- ggfs. beispielhafte Ergebnisse oder Praxistipps aus dem CRANE-Projekt,
- ggfs. Zusatzinformationen wie weiterführende Literatur.

5.1 Vorbereitung: Sammlung von Daten und Informationen



Die Klimarisikoanalyse wird als Projekt durchgeführt und folgt einem schrittweisen Vorgehen (vgl. Kapitel 3).

Schritt 1 (Vorbereitung: Sammlung von Daten und Informationen) ist der erste inhaltliche Arbeitsschritt der Analyse und dient dazu, eine **gemeinsame, belastbare Informationsgrundlage** für alle weiteren Schritte zu schaffen.

Während Kapitel 4 beschreibt, wie das Projekt organisatorisch aufgesetzt wird, geht es in diesem Kapitel darum, inhaltlich in den Hafen und seine klimabezogenen Herausforderungen einzusteigen.

Ziel

Nach Abschluss dieses Schritts liegt ein **gemeinsames Grundverständnis** vor über:

- den Aufbau und die Funktionsweise des Hafens,
- die im Hafen stattfindenden Prozesse,
- relevante Infrastrukturelemente,
- bereits aufgetretene wetter- und klimabedingte Schäden,
- sowie vorhandene Informationen und Studien zu Klimarisiken im Umfeld des Hafens.

Diese Informationen bilden die **Arbeitsgrundlage für Risikoidentifikation und Risikobewertung** in den folgenden Schritten.

Leitfragen

- Wie ist der Hafen aufgebaut und organisiert?
- Welche Prozesse finden im Hafen statt?
- Welche zentralen Infrastrukturelemente prägen den Hafenbetrieb?

- Welche wetter- und klimabedingten Schäden sind in der Vergangenheit bereits aufgetreten?
 - Welche relevanten Studien, Analysen oder Daten zu Klimarisiken liegen bereits vor?
-

Motivation

Die Klimarisikoanalyse soll **nachvollziehbare und belastbare Ergebnisse** liefern, auf deren Basis Entscheidungen getroffen werden können.

Gleichzeitig soll der Aufwand für die Analyse **angemessen und effizient** bleiben. Der grundsätzliche Ansatz:

- **Nutzung vorhandener Informationen**
Bereits vorhandene Daten, Dokumente und Erfahrungswerte sollen systematisch zusammengetragen werden, um Doppelarbeit zu vermeiden.
 - **Herstellung einer gemeinsamen Wissensbasis**
Unterschiedliche Perspektiven und Wissensstände im Projektteam werden abgeglichen, sodass alle Beteiligten von denselben Grundannahmen ausgehen.
-

Vorgehensweise

Die Sammlung von Daten und Informationen erfolgt in zwei Teilen:

1) Sichtung vorhandener Informationen

Zunächst werden bereits vorhandene und öffentlich zugängliche Informationen gesammelt und gesichtet, um ein erstes Gesamtbild des Hafens und seiner klimabezogenen Herausforderungen zu erhalten.

Relevante Informationsquellen können sein:

- Hafenbezogene Informationen
 - Lagepläne und Karten des Hafengeländes
 - Beschreibung der Hafenstruktur und Standorte
 - Organisation und Aufgaben der Hafenverwaltung
 - Art der Geschäftstätigkeiten und zentrale Prozesse
- Informationen zu Klima und Risiken
 - Dokumentierte Schäden durch Wetter- oder Klimaereignisse (mögliche Informationsquellen können Versicherungsunterlagen, Geschäftsberichte oder Schadensmeldungen von Kunden sein)
 - Bestehende Risiko-, Notfall- oder Vorsorgekonzepte (z. B. Hochwasser- oder Notfallpläne)
 - Vorhandene Klimarisikoanalysen oder Anpassungsstrategien auf Hafen-, kommunaler oder regionaler Ebene
 - Bezüge zu bestehendem Risikomanagement, z. B. Business-Continuity-Management

Diese Recherche wird in der Regel durch die Projektleitung durchgeführt und dient der Vorbereitung der weiteren Erhebungen.

2) Ergänzung und Validierung durch das Projektteam

Da viele relevante Informationen nicht systematisch dokumentiert sind, werden die gesammelten Informationen durch **Erfahrungswissen der Fachleute im Projektteam ergänzt und validiert**.

Hierzu werden strukturierte Fragebögen eingesetzt (siehe Anhang), die u. a. folgende Aspekte abdecken:

- Ergänzung und Korrektur der vorab gesammelten Informationen,
- Erfassung bisher nicht dokumentierter Schäden,
- Einschätzung des Zustands zentraler Infrastrukturelemente,
- Hinweise auf Wissenslücken oder fehlende Daten.

Die Fachleute bringen dabei ihr **praxisbasiertes Wissen** ein, z. B. aus Betrieb, Technik, Instandhaltung oder Arbeitsschutz.

Praxistipp

- Für die Beantwortung der Fragebögen sollte ausreichend Zeit eingeplant werden. Die Informationen sind häufig über mehrere Personen und Organisationseinheiten verteilt und erfordern Rücksprachen.
- Erfahrung aus dem Projekt CRANE zeigt, dass insbesondere **langjährige Mitarbeitende** eine zentrale Informationsquelle darstellen, da nicht alle Schäden systematisch dokumentiert sind.
- Wichtig ist: Als **Schaden** gilt jede negative Auswirkung auf den Hafen oder seine Systemelemente – **unabhängig von der Höhe der entstandenen Kosten**.

Ergebnis dieses Schritts

Am Ende von Schritt 1 liegt vor:

- eine strukturierte Übersicht über den Hafen, seine Prozesse und Infrastrukturen,
- eine Sammlung bekannter klimabedingter Schäden,
- eine Zusammenstellung relevanter vorhandener Daten und Analysen,
- sowie eine transparente Dokumentation offener Fragen und Wissenslücken.

Diese Ergebnisse bilden die Grundlage für die **Risikoidentifikation in Schritt 2** (siehe Tabelle 1: Arbeitsschritte der Klimarisikoanalyse und zugehörige Kapitel im Leitfaden)

5.2 Risikoidentifikation



Schritt 2: In diesem Schritt **wird der Hafen** so **beschrieben**, dass Klimarisiken systematisch identifiziert und strukturiert erfasst werden können.

Ziel der Risikoidentifikation ist es noch nicht, Risiken zu bewerten oder zu priorisieren, sondern zunächst zu klären,

- welche Bestandteile des Hafens betrachtet werden,
- welche Abläufe für das Funktionieren des Hafens relevant sind,
- und welche Klimagefahren hierfür eine Rolle spielen.

Die Risikoidentifikation schafft damit die inhaltliche Grundlage für die nachfolgende Risikobewertung.

Die Risikoidentifikation gliedert sich in vier aufeinander aufbauende Teilschritte:

1. Aufnahme der Systemelemente (Kapitel 5.2.1)
Der Hafen wird in seine funktionalen Bestandteile (z. B. Infrastrukturelemente, Geräte, Mitarbeitende) untergliedert.
2. Aufnahme der Prozesse (Kapitel 5.2.2)
Die zentralen Abläufe im Hafen werden beschrieben, die durch das Zusammenwirken der Systemelemente ermöglicht werden.
3. Ermittlung der Klimagefahren (Kapitel 5.2.3)
Es wird festgelegt, welche klimatischen Gefahren für den Hafenstandort relevant sind, und in der weiteren Analyse betrachtet werden.
4. Gegenüberstellung von Systemelementen und Klimagefahren (Kapitel 5.2.4)
Für jede Kombination aus Systemelement und Klimagefahr wird geprüft, ob bereits Schäden aufgetreten sind oder zukünftig relevante Beeinträchtigungen möglich sind.

Diese Teilschritte bauen logisch aufeinander auf und werden in der Regel workshopbasiert mit Fachleuten aus unterschiedlichen Hafenbereichen durchgeführt.

Übergeordnetes Ergebnis von Schritt 2

Am Ende der Risikoidentifikation liegt vor:

- eine strukturierte Beschreibung des Hafens in Systemelementen und Prozessen,
- eine begründete Auswahl relevanter Klimagefahren,
- sowie eine Übersicht darüber, welche Systemelemente potenziell von welchen Klimagefahren betroffen sind.

Dieses Ergebnis stellt den Input für die Risikobewertung in Schritt 3 dar, in der die identifizierten Risiken für verschiedene Zeithorizonte eingeschätzt und priorisiert werden.

Praxistipp:

- In allen Teilschritten der Risikoidentifikation werden die Fachleute des Projektteams in Form von Workshops involviert. Eine Kombination der Teilschritte in einem Workshop ist sinnvoll, dann sollten ca. 4-6 Stunden (inkl. Pause) eingeplant werden.

- Der Workshop kann in Person stattfinden (Materialien großformatig ausdrucken, Karten zur Abfrage nutzen) oder als Online-Veranstaltung (Arbeit am Online-Whiteboard).

5.2.1 Aufnahme der Systemelemente des Systems Hafen

Ziel

Der Hafen ist in eine handhabbare und nachvollziehbare Liste funktionaler Systemelemente gegliedert, für die in den folgenden Schritten Klimarisiken abgeschätzt werden.

Leitfrage

- Welche Systemelemente sind wesentlich für die wirtschaftliche Tätigkeit und das Funktionieren des Hafens?

Motivation

Um Klimarisiken systematisch bewerten zu können, muss zunächst klar sein, worauf sich diese Risiken beziehen. Eine Analyse auf Ebene des gesamten Hafens wäre zu grob, da unterschiedliche Bestandteile sehr unterschiedlich auf Klimagefahren reagieren können. Die Identifikation von Systemelementen dient daher dazu,

- potenziell betroffene Bestandteile des Hafens eindeutig zu benennen,
- die Analyse auf ein handhabbares Maß zu begrenzen,
- und später gezielt Anpassungsmaßnahmen ableiten zu können.

Input aus anderen Arbeitsschritten

Ergebnisse aus der Vorbereitung (Kapitel 5.1), insbesondere

- Informationen zur Hafenstruktur,
- zu vorhandener Infrastruktur,
- sowie zu bereits aufgetretenen Schäden

Vorgehensweise

Die Aufnahme der Systemelemente erfolgt in mehreren Arbeitsschritten. Zentrale Entscheidungen werden gemeinsam mit Fachleuten des Projektteams getroffen.

1) Vorbereitung einer vorläufigen Liste

Vor dem Workshop erstellt die Projektleitung eine erste Liste potenziell relevanter Systemelemente. Diese dient ausschließlich als Diskussionsgrundlage und basiert auf den in Schritt 1 (Kapitel 5.1) gesammelten Informationen.

2) Validierung und Ergänzung im Workshop

In einem gemeinsamen Workshop mit den Fachleuten des Projektteams wird die vorbereitete Liste diskutiert, ergänzt und konsolidiert. Dabei sollten insbesondere folgende Fragen geklärt werden:

- Sind alle relevanten Systemelemente erfasst?
- Können Systemelemente zusammengefasst werden, wenn sie ähnlich von Klimagefahren betroffen sind, auch wenn sie unterschiedliche Funktionen haben?

Beispiel: Können „Gleise und Weichen“ und „Rangierbahnhof“ in einem Systemelement zusammengefasst werden?

- Müssen Systemelemente weiter unterteilt werden, weil sie unterschiedlichen Gefahren ausgesetzt sind?
Beispiel: Sollten Mitarbeitende in „Mitarbeitende im Außenbereich“ und „Mitarbeitende in Gebäuden“ unterschieden werden?
- Können Systemelemente sinnvoll gruppiert werden (z. B. Hafenbahnanlagen, Bauwerke), um die Ergebnisse später übersichtlicher darzustellen?
- Was ist der geeignete Detailgrad? Die Liste der Systemelemente sollte einen ausreichenden, aber handhabbaren Detailgrad aufweisen. Ein zu grober Zuschnitt kann relevante Risiken überdecken, ein zu feiner Zuschnitt erhöht den Aufwand der folgenden Schritte erheblich.
- Zur Sicherstellung eines einheitlichen Verständnisses sollten die Systemelemente mit kurzen Beschreibungen oder Beispielen versehen werden.

Praxistipp:

Bedenken Sie: die folgenden Arbeitsschritte werden für jedes Systemelement wiederholt. Die Anzahl und der Zuschnitt der Systemelemente bestimmen daher maßgeblich den Gesamtaufwand der Analyse.

Ergebnis dieses Schritts

Am Ende dieses Schritts liegt vor:

- eine abgestimmte Liste relevanter Systemelemente des Hafens,
- ein gemeinsames Verständnis darüber, was unter den einzelnen Systemelementen zu verstehen ist,
- und damit eine strukturierte Grundlage für:
 - die Aufnahme der Prozesse (Kapitel 5.2.2),
 - die Identifikation von Klimagefahren (Kapitel 5.2.3),
 - und die Gegenüberstellung von Systemelementen und Klimagefahren (Kapitel 5.2.4).

Beispiel aus dem Projekt CRANE

Im Projekt CRANE wurde eine Liste von Systemelementen erarbeitet, die die sieben beteiligten Oberrheinhäfen abdeckt. Nicht alle Systemelemente kommen in jedem Hafen vor. Die Liste kann als Orientierungshilfe dienen und ist im Anhang (Anhang 7.1) enthalten.

Zusatzinformationen

- „Eine Aufteilung der Untersuchungsobjekte in Teilsysteme ist auch in Anhang D der DIN EN ISO 14091 beschrieben.“ (Dorsch et al., 2022)

5.2.2 Aufnahme der Prozesse im Hafen

Ziel

Die für das Funktionieren des Hafens relevanten Prozesse sind in einer nachvollziehbaren und handhabbaren Liste beschrieben. Damit liegt die Grundlage vor, um in späteren Schritten die Kritikalität von Systemelementen für diese Prozesse und die Warnstufen der Prozesse gegenüber Klimagefahren abzuleiten.

Leitfrage

- Welche Prozesse machen den Hafen aus und sind wesentlich für seine wirtschaftliche Tätigkeit und sein Funktionieren?

Motivation

Ein Hafen funktioniert nicht nur über einzelne Systemelemente, sondern vor allem über das Zusammenspiel von Abläufen. Deshalb ist es notwendig, die zentralen Prozesse des Hafens klar zu benennen und abzugrenzen. Die Prozessaufnahme dient dazu,

- die für den Hafen wesentlichen Abläufe sichtbar zu machen,
- später die Kritikalität von Systemelementen für diese Prozesse bewerten zu können,
- und die Prozess-Warnstufen in der Risikobewertung nachvollziehbar abzuleiten.

Input aus anderen Arbeitsschritten

Ergebnisse aus der Vorbereitung (Kapitel 5.1), insbesondere

- Informationen zu den im Hafen stattfindenden Tätigkeiten und Dienstleistungen,
- Angaben zu Organisations- und Betriebsabläufen,
- sowie Hinweise auf bereits beobachtete Störungen und Engpässe.

Vorgehensweise

Die Aufnahme der Prozesse erfolgt in mehreren Arbeitsschritten. Zentrale Entscheidungen werden gemeinsam mit Fachleuten des Projektteams getroffen.

1) Vorbereitung eines vorläufigen Prozessüberblicks

Vor dem Workshop erstellt die Projektleitung eine erste Übersicht der potenziell relevanten Prozesse. Diese kann als Liste oder Schaubild aufbereitet werden und dient ausschließlich als Diskussionsgrundlage. Sie basiert auf den in Schritt 1 (Kapitel 5.1) gesammelten Informationen und sollte möglichst gemeinsam mit einer Person vorbereitet werden, die einen guten Überblick über die Abläufe im Hafen hat. Dabei sollten insbesondere folgende Fragen geklärt werden:

- Werden alle wesentlichen logistischen Prozesse erfasst – von Ankunft, Umschlag und Lagerung bis zum Verlassen des Hafengeländes?
- Gibt es zusätzlich Prozesse der Verarbeitung von Gütern oder weitere nutzerbezogene Abläufe auf dem Hafengelände?
- Sind auch Querschnittsprozesse berücksichtigt, ohne die der Hafenbetrieb nicht funktionieren würde, z. B. Instandhaltung, Steuerung oder Sicherheit?

- Gibt es angrenzende Prozesse mit hoher funktionaler Relevanz, auch wenn sie nicht zum Kerngeschäft des Hafens gehören?
Beispiel: Liegen Boote von Polizei und Feuerwehr im Hafen, so dass deren Einsätze vom Funktionieren der Hafeninfrastruktur abhängen?

2) Validierung und Ergänzung im Workshop

In einem gemeinsamen Workshop mit den Fachleuten des Projektteams wird die vorbereitete Prozessliste vorgestellt, diskutiert und konsolidiert. Dabei sollten insbesondere folgende Fragen geklärt werden:

- Sind alle relevanten Prozesse erfasst?
- Können Prozesse zusammengefasst werden, wenn sie ähnlichen Klimagefahren ausgesetzt sind oder mit vergleichbaren Systemelementen durchgeführt werden?
Beispiel: Prozesse im Bereich Umschlag und Lagerung können nach Warenarten oder genutzten Umschlaganlagen gebündelt werden.
- Ist der gewählte Detailgrad angemessen? Eine zu grobe Struktur verdeckt relevante Unterschiede, eine zu feine Struktur erhöht den Aufwand in den folgenden Schritten erheblich.
- Sind kurze Definitionen oder Beispiele nötig, damit im Projektverlauf ein einheitliches Verständnis der Prozesse besteht?
- Im Abgleich mit der Liste der Systemelemente aus Kapitel 5.2.1: Sind alle Systemelemente mindestens einem Prozess zugeordnet und ist an allen Prozessen mindestens ein relevantes Systemelement beteiligt?

Praxistipp:

Die Prozessliste sollte so aufgebaut sein, dass sie für die spätere Bewertung gut handhabbar bleibt. Da die folgenden Arbeitsschritte für jeden Prozess wiederholt werden, bestimmen Anzahl und Zuschnitt der Prozesse maßgeblich den Gesamtaufwand der Analyse.

Ergebnis dieses Schritts

Am Ende dieses Schritts liegt vor:

- eine abgestimmte Liste der für den Hafen relevanten Prozesse,
- ein gemeinsames Verständnis darüber, was unter den einzelnen Prozessen zu verstehen ist,
- und damit eine strukturierte Grundlage für:
 - die Einschätzung der Kritikalität von Systemelementen für Prozesse (Kapitel 5.3.4.1),
 - und die Ableitung von Warnstufen für die Prozesse (Kapitel 5.3.4.2).

Beispiel aus dem Projekt CRANE

Im Projekt CRANE wurde ein generisches Schaubild mit möglichen Prozessen in Binnenhäfen erarbeitet, das die sieben beteiligten Oberrheinhäfen abdeckt. Nicht alle dargestellten Prozesse kommen in jedem Hafen vor. Das Schaubild kann daher als Orientierungshilfe für die eigene Prozessaufnahme dienen.

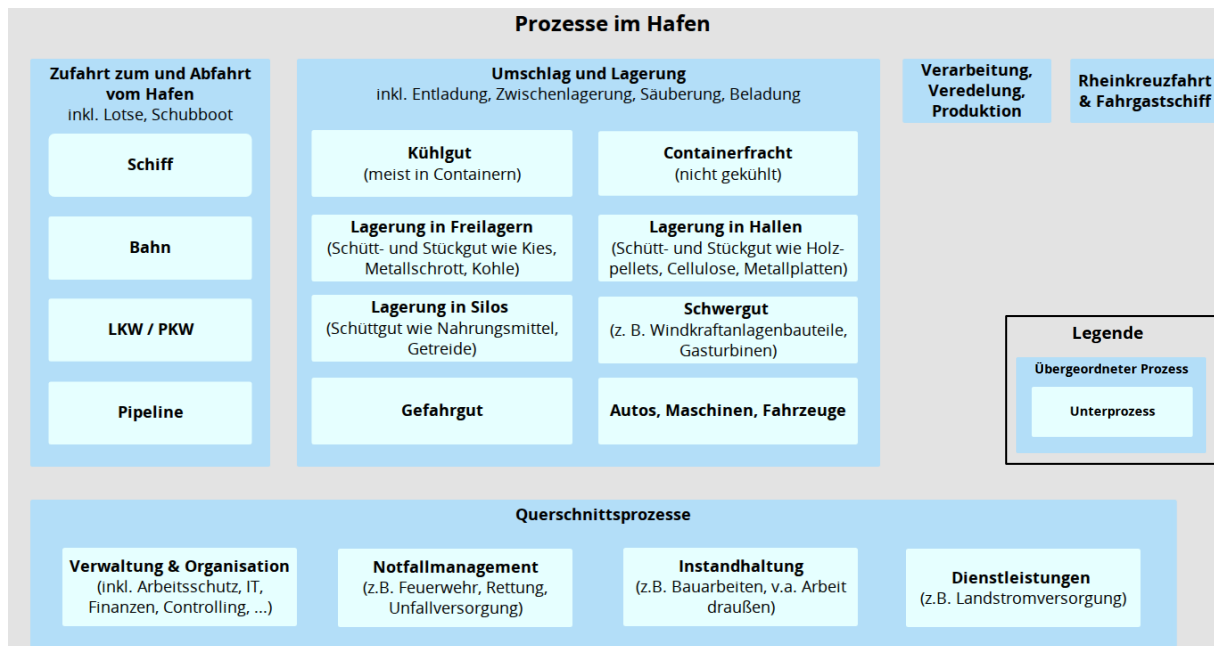


Abbildung 3: Im Projekt CRANE erfasste mögliche Prozesse in Binnenhäfen

5.2.3 Ermittlung der Klimagefahren

Ziel

Die für den Hafenstandort relevanten Klimagefahren sind nachvollziehbar ausgewählt und für die weitere Klimarisikoanalyse festgelegt. Damit ist klar, gegenüber welchen Gefahren das Risiko für die Systemelemente und Prozesse in den folgenden Schritten betrachtet wird.

Leitfragen

- Welche Klimagefahren sind für den Hafenstandort relevant und sollten in der Klimarisikoanalyse betrachtet werden?
- Welche Klimagefahren sind am Hafenstandort in der Vergangenheit bereits aufgetreten und haben zu Schäden geführt?
- Das Auftreten welcher Klimagefahren ist am Hafenstandort in Zukunft möglich und ergeben sich dadurch potenziell Auswirkungen?

Motivation

In diesem Arbeitsschritt werden die Klimagefahren herausgefiltert, die für den Hafenstandort relevant sind und in der weiteren Klimarisikoanalyse betrachtet werden sollen. D.h. es werden solche Gefahren identifiziert, die bereits vor Ort auftreten oder in Zukunft auftreten können und zu Beeinträchtigungen führen (können).

Input aus anderen Arbeitsschritten

Ergebnisse aus der Vorbereitung (Kapitel 5.1), insbesondere

- dokumentierte frühere Schäden,
- Hinweise aus vorhandenen Unterlagen,
- sowie lokale Erfahrungen zu klimabedingten Störungen.

Vorgehensweise

Kern dieses Schritts ist ein Workshop mit den Fachleuten des Projektteams. Folgende Schritte sind hier relevant:

1) Vorbereitung einer Liste potenziell relevanter Gefahren

Zur Festlegung der zu betrachtenden Klimagefahren sollte eine Liste potenziell relevanter Gefahren im Vorfeld des Workshops recherchiert werden.

Als Basis für die Beurteilung und Festlegung der zu betrachtenden Klimagefahren kann der Katalog von Klimagefahren nach EU-Taxonomie dienen (siehe Tabelle 2). Diese Klimagefahren bestehen aus „akuten“ klimabedingten (Extrem-)Ereignissen und „chronischen“ Klimatrends, die sich im Laufe der Zeit ändern. Da die genannten Klimagefahren aus der EU-Taxonomie nur eine Auflistung der am weitest verbreiteten Gefahren ist können weitere in Europa auftretende Klimagefahren aufgeführt werden (siehe Abschnitt Zusatzinformationen).

Quelle für diese vorläufige Liste sind die in Schritt 1 (Kapitel 5.1) gesammelten Informationen.

Tabelle 2: Klassifikation von Klimagefahren nach der EU-Taxonomie [Verordnung 2020/852]; die hier dargestellte Klimagefahren sind am weitesten verbreitet und nicht erschöpfend.

	Temperatur	Wind	Wasser	Feststoffe
Chronisch	Temperaturänderung (Luft, Süßwasser, Meerwasser)	Änderung der Windverhältnisse	Änderung der Niederschlagsmuster und -arten (Regen, Hagel, Schnee/Eis)	Küstenerosion
	Hitzestress		Variabilität von Niederschlägen oder der Hydrologie	Bodendegradierung
	Temperaturvariabilität		Versauerung der Ozeane	Bodenerosion
	Abtauen von Permafrost		Salzwasserintrusion	Solifluktion
			Anstieg des Meeresspiegels	
			Wasserknappheit	
Akut	Hitzewelle	Zyklon, Hurrikan, Taifun	Dürre	Lawine
	Kältewelle/Frost	Sturm (einschließlich Schnee-, Staub- und Sandstürme)	Starke Niederschläge (Regen, Hagel, Schnee/Eis)	Erdrutsch
	Wald- und Flächenbrände	Tornado	Hochwasser (Küsten-, Flusshochwasser, pluvi-ales Hochwasser, Grundhochwasser)	Bodenabsenkung
			Überlaufen von Gletscherseen	

2) Validierung und Ergänzung im Workshop

In einem gemeinsamen Workshop mit den Fachleuten des Projektteams wird die Auswahl möglicher Klimagefahren vorgestellt, diskutiert und validiert. Folgende Fragen dienen als Diskussionsleitfaden:

- Sind die gelisteten Klimagefahren in der Vergangenheit bereits im Hafen aufgetreten?
- Fehlen in der Liste bereits aufgetretene Klimagefahren?
- Wissen die Fachleute, über die am eigenen Hafen beobachteten Klimagefahren hinaus von Gefahren, die andere Häfen bereits betroffen haben?
- Stellt man sich eine klimawandelbedingt höhere Intensität dieser Klimagefahren vor, ist eine Betroffenheit des Hafens dann möglich?

Ergänzen sie die Liste mit Definitionen und Beispielen, so dass im Projektverlauf ein einheitliches Verständnis der Klimagefahren besteht und auch evtl. später dazukommende Fachleute eindeutig verstehen, was gemeint ist.

Praxistipp:

- Die Liste der Klimagefahren sollte vollständig genug sein, um relevante Risiken abzudecken, aber zugleich handhabbar bleiben. Für Binnenhäfen sind nicht alle allgemeinen Klimarisiken gleichermaßen relevant.
- Wichtig ist ein gemeinsames Verständnis der ausgewählten Gefahren und ihrer Definitionen, damit die folgenden Bewertungsschritte konsistent durchgeführt werden können.

Ergebnis dieses Schritts

Am Ende dieses Schritts liegt vor:

- eine abgestimmte Liste der für den Hafen relevanten Klimagefahren,
- ein gemeinsames Verständnis darüber, was unter den einzelnen Klimagefahren zu verstehen ist,
- und damit eine strukturierte Grundlage für die Gegenüberstellung von Klimagefahren und Systemelementen (Kapitel 5.2.4), sowie für die Erstellung der Klimasteckbriefe (Kapitel 5.3.1) und die spätere Einschätzung der Höhe der Klimagefahren in der Risikobewertung (Kapitel 5.3.3.1).

Beispiel aus dem Projekt CRANE

Im Projekt CRANE wurde aus der Tabelle der Klimagefahren nach EU-Taxonomie (Tabelle 2) die folgenden Gefahren ausgewählt. In den Klammern ist gemeinsame Verständnis der Gefahren genannt, auf das sich im Projekt CRANE geeinigt wurde.

- **Temperaturvariabilität** (der Unterschied zwischen der maximalen und minimalen Temperatur im Tagesverlauf)
- **Hitzewelle** (Eine Periode von mindestens 3 aufeinanderfolgenden Tagen mit Maximaltemperaturen von mindestens 30°C)
- **Dürre** (Knappheit an Bodenwasser und Grundwasser)
- **Bodenabsenkung** (als Folge von Austrocknung des Bodens bei Dürre)
- **Sturm** (Laut Deutschem Wetterdienst DWD ein Wind mit mindestens 75 km/h, der erhebliche Schäden und Zerstörungen anrichten kann)

- **Starke Niederschläge** (Laut Deutschem Wetterdienst DWD liegt Starkniederschlag vor, wenn an einem Tag mindestens 20 mm Niederschlag fallen. Laut den Fachleuten der Häfen treten bei dieser Niederschlagsintensität keine Probleme im Hafen auf. Daher werden Starkniederschläge hier als Niederschläge von > 50 mm/Tag verstanden. Die Gefahr Starkniederschlag beinhaltet die aus Starkniederschlag resultierenden Überschwemmungen.)
- **Hochwasser** (fluviales Hochwasser; Küstenhochwasser ist für Binnenhäfen nicht relevant, pluviales Hochwasser ist unter dem Punkt „Starke Niederschläge“ subsummiert)

Zusätzlich zu den in Tabelle 2 genannten Gefahren wurden **sinkende Wasserstände der Oberflächengewässer** als Gefahr betrachtet, da die Fachleute Niedrigwasser des Rheins als sehr relevante Klimagefahr ansahen, die gesondert betrachtet werden sollte.

Zusatzinformationen

- Die Definitionen der Klimagefahren, Beispiele, Informationen zu Trends sowie weitere Informationsquellen zu den Klimagefahren sind in Anhang A.1 und A.2 des Leitfadens des UBA (Dorsch et al., 2022) aufgeführt.
- Die Klimawirkungsketten des Umweltbundesamtes geben ebenfalls einen Überblick über relevante Klimagefahren (Klimawirkungsketten Umweltbundesamt 2026, abrufbar unter <https://www.umweltbundesamt.de/system/files/document/Aggregierte%20Klimawirkungsketten.pdf>, Zugriff Juni 2026)

5.2.4 Gegenüberstellung von Klimagefahren und Systemelementen

Ziel

Es ist nachvollziehbar festgehalten, welche Systemelemente von welchen ausgewählten Klimagefahren betroffen sein können und wo dadurch erhebliche Beeinträchtigungen des Hafenbetriebs möglich sind. Damit liegt die Grundlage für die spätere Einschätzung der Anfälligkeit der Systemelemente vor.

Leitfragen

- Welche Systemelemente sind bereits oder könnten unter Annahme extremer und häufiger werdender Ereignisse in der Zukunft von Klimagefahren beeinträchtigt sein?
- In welchen Fällen würde die wirtschaftliche Tätigkeit durch diese Schäden erheblich beeinträchtigt werden?

Motivation

In diesem Arbeitsschritt werden die Systemelemente herausgefiltert, die am Hafenstandort von Klimagefahren betroffen sind oder sein können und durch deren Betroffenheit ein wirtschaftlich relevanter Schaden entstehen kann. Diese Kombinationen aus Systemelement und Klimagefahr werden in der weiteren Klimarisikoanalyse betrachtet.

Input aus anderen Arbeitsschritten

- Die bereits aufgetretenen Schäden aus der Informationssammlung (Kapitel 5.1),
- die ausgewählten Systemelemente (Kapitel 5.2.1),

- sowie die ausgewählten Klimagefahren (Kapitel 5.2.3)

Vorgehensweise

Kern dieses Schritts ist ein Workshop mit den Fachleuten des Projektteams. Folgende Schritte sind hier relevant:

1) Vorbereitung von Tabellen zur Nutzung im Workshop

Im Vorfeld des Workshops sollte eine Tabelle erstellt werden, deren Spalten die gewählten Klimagefahren und die Zeilen die identifizierten Systemelemente enthält (Tabelle 3).

Tabelle 3: Beispielhafte Tabelle zur Gegenüberstellung der Systemelemente und Klimagefahren

Gruppe der Systemelemente↓	Systemelement↓	Klimagefahr→		
		Klimagefahr 1	Klimagefahr 2	...
Gruppe 1	SE 1			
	SE 2			
	SE 3			
Gruppe 2	SE 4			
	SE 5			
...	...			

- In dieser Tabelle sollten die an Systemelementen bereits aufgetretene Schäden (Kapitel 5.1) im Vorfeld des Workshops eingetragen werden. Hier wird vermerkt, welche Auswirkung (z.B. Verformung der Gleise durch Hitze) aufgetreten ist.
- Eine weitere Tabelle im gleichen Format, aber ohne Eintragungen, sollte vorbereitet werden.

2) Validierung und Ergänzung im Workshop

In einem gemeinsamen Workshop mit den Fachleuten des Projektteams wird die mit den bisher bekannten Schäden befüllte Tabelle diskutiert, ergänzt und konsolidiert. Dabei sollten insbesondere folgende Fragen geklärt werden:

- Sind die erfassten Schäden korrekt?
- Fehlen bekannte Schäden?

Dieser Schritt dient, neben der Validierung der erfassten Schäden, einem einheitlichen Verständnis der Fachleute und einer Sensibilisierung für das Thema. **Wichtig** ist hier: Der Begriff „Schaden“ umfasst zunächst alle negativen Auswirkungen auf die Systemelemente, unabhängig davon wie hoch die dadurch entstehenden Kosten sind.

3) Abschätzung der Beeinträchtigung der Systemelemente im Workshop

In einem gemeinsamen Workshop schätzen die Fachleute des Projektteams die potenzielle Beeinträchtigung von Systemelementen durch Klimagefahren in einem zweistufigen Verfahren ab. Hierzu wird die vorbereitete, leere Tabelle genutzt. Folgende Fragen werden beantwortet:

- Stufe 1: Kann ein Systemelement unter der Annahme, dass die Klimagefahr extremer und häufiger auftritt, in der Zukunft beeinträchtigt werden?
Für jede Kombination aus Systemelement und Klimagefahr wird ein Eintrag in der Tabelle vorgenommen:
„1“ (= Schäden möglich)
„0“ (= keine Schäden möglich) und
„?“ (= ungewiss, ob Schäden möglich).
- Stufe 2: Wenn ein Schaden für die Kombination aus Systemelement und Klimagefahr möglich erscheint: kann die wirtschaftliche Tätigkeit des Hafens durch diese potenziellen Schäden erheblich beeinträchtigt werden?
Für diejenigen Kombinationen, für die aus der vorherigen Frage eine „1“ eingetragen wird, wird ein weiterer Eintrag in der gleichen Zelle der Tabelle vorgenommen:
1“ (= erhebliche Beeinträchtigung möglich),
„0“ (= keine erhebliche Beeinträchtigung möglich) und
„?“ (= ungewiss, ob eine erhebliche Beeinträchtigung möglich ist).

Praxistipp

- Die Gegenüberstellung sollte als Arbeitsinstrument verstanden werden: Sie dient dazu, irrelevante Kombinationen früh auszuschließen und die Aufmerksamkeit auf diejenigen Kombinationen aus Klimagefahr und Systemelement zu lenken, bei denen Schäden und betriebliche Beeinträchtigungen plausibel sind.
- Unsicherheiten sollten sichtbar dokumentiert werden, statt sie vorschnell zu glätten.

Ergebnis dieses Schritts

Am Ende dieses Schritts liegt vor:

- eine strukturierte Übersicht darüber, welche Systemelemente von welchen Klimagefahren betroffen sein können,
- eine nachvollziehbare Dokumentation bereits bekannter Schäden und potenzieller erheblicher Beeinträchtigungen,
- und damit eine belastbare Grundlage für die Erarbeitung von Wirkungszusammenhängen (Kapitel 5.3.2) und die Einschätzung der Anfälligkeit von Systemelementen in der Risikobewertung (Kapitel 5.3.3.2).

Beispiel aus dem Projekt CRANE

Ein beispielhaftes Ergebnis für bereits eingetretene Schäden aus dem Projekt CRANE findet sich in Tabelle 4, eine beispielhafte zweistufige Bewertung in Tabelle 5.

Tabelle 4: Auszug aus einer Sammlung bereits aufgetretener Schäden aus dem Projekt CRANE

Gruppe der Systemelemente↓	Klima- gefahr→ System- element↓	Hitzewelle	Sturm	Hochwasser
Bauwerke im Allgemeinen	Brücken	Drehbarkeit eingeschränkt		
	Unterführungen			
	Gebäude		Dachschäden, Sturmschäden	
	Aufbauten auf Gebäuden			
	Untergeschosse			Druckwasser im Keller
	Betriebseinrichtungen			
	Lagerhallen		Wasserschäden	Druckwasser im Keller
	Hochwassersperrtore & Schleusen			Treibgut*
	Stellwerksgebäude			
Straßenseitige Infrastruktur	Straßen und Zufahrten	Vorzeitige Alterung <i>Schäden an Straßenbelag/Asphalt*</i>		

* Schäden wurden im Workshop ergänzt

Tabelle 5: Auszug aus einem Ergebnis der zweistufigen Bewertung aus dem Projekt CRANE

Gruppe der Systemelemente↓	Klima- gefahr→ System- element↓	Hitzewelle	Sturm	Hochwasser
Bauwerke im Allgemeinen	Brücken	1 / 1	1 / ?	1 / 1
	Unterführungen	0	0	0
	Gebäude	1 / 0	1 / 1	1 / 1
	Aufbauten auf Gebäuden	1 / 1	1 / 1	0
	Untergeschosse	0	0	1 / 1
	Betriebseinrichtungen	1 / 1	1 / 1	1 / 1
	Lagerhallen	1 / 1	1 / 1	1 / 1
	Hochwassersperrtore und Schleusen	1 / 1	1 / 1	1 / 0
	Stellwerksgebäude	0	1 / 1	1 / 1
Straßenseitige Infrastruktur	Straßen und Zufahrten	1 / 1	0	1 / ?

5.3 Risikobewertung



Schritt 3 (Risikobewertung) bildet den abschließenden Schritt der Klimarisikobewertung. Ziel ist es, die Risiken für die Systemelemente und Prozesse im Hafen gegenüber den relevanten Klimagefahren für Gegenwart, nahe Zukunft und ferne Zukunft nachvollziehbar zu bewerten.

Die Risikobewertung schafft eine Grundlage für die Anpassungsplanung, weil sie eine Priorisierung von Prozessen und Systemelementen anhand der Klimarisiken ermöglicht. Weitere mögliche Priorisierungskriterien, etwa finanzielle Mittel, Eigentumsverhältnisse oder strategische Zielsetzungen des Hafens, werden im vorliegenden Leitfaden nicht betrachtet.

Die Risikobewertung gliedert sich in vier aufeinander aufbauende Teilschritte:

1. Erstellung lokaler Klimasteckbriefe (Kapitel 5.3.1)
Kennwerte zu den relevanten Klimagefahren am Hafenstandort jetzt und in der Zukunft werden zusammengestellt und aufbereitet.
2. Verständnis der Wirkungszusammenhänge (Kapitel 5.3.2)
Die direkten und indirekten Auswirkungen der Klimagefahren auf die Systemelemente werden erfasst und als Wirkungskette visualisiert.
3. Abschätzung des Risikos für die Systemelemente (Kapitel 5.3.3)
Die Höhe des Risikos für die verschiedenen Kombinationen aus Systemelement und Klimagefahr wird abgeschätzt – jetzt und in der Zukunft.
4. Vergabe der Warnstufen für die Prozesse (Kapitel 5.3.4)
Basierend auf dem Risiko der für die Prozesse kritischen Systemelemente werden Prozess-Warnstufen vergeben – jetzt und in der Zukunft.

Diese Teilschritte bauen logisch aufeinander auf und werden entweder durch die Projektleitung aufbereitet oder workshopbasiert mit Fachleuten aus unterschiedlichen Hafenbereichen durchgeführt.

Übergeordnetes Ergebnis von Schritt 3

Am Ende der Risikobewertung liegt eine **Grundlage für die Anpassungsplanung** vor, die sichtbar macht:

- welche Systemelemente zuerst betrachtet werden sollten,
- welche Prozesse besonders störanfällig sind,
- und wo Maßnahmen den größten Nutzen für die Funktionsfähigkeit des Hafens haben.

Dabei ist transparent nachvollziehbar, warum ein Risiko oder eine Warnstufe hoch ist und wo Anpassungsmaßnahmen ansetzen können.

5.3.1 Erstellen lokaler Klimasteckbriefe

Ziel

Für den Hafenstandort liegen geeignete und relevante Klimakennwerte für Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft in strukturierter Form vor. Damit ist die Grundlage geschaffen, um die Höhe der relevanten Klimagefahren in den folgenden Schritten nachvollziehbar einzuschätzen.

Leitfragen

- Welche Klimakennwerte sind relevant und verfügbar für die Region des Hafens?
 - Wie entwickeln sich die relevanten Klimakennwerte von der Vergangenheit bis in die Zukunft in der Region des Hafens?
-

Motivation

Um Klimarisiken bewerten zu können, muss zunächst nachvollziehbar beschrieben werden, wie sich die relevanten klimatischen Bedingungen am Hafenstandort bereits verändert haben und künftig verändern können. Die lokalen Klimasteckbriefe dienen dazu,

- relevante Klimaentwicklungen für den Standort systematisch zusammenzustellen,
 - eine belastbare Grundlage für die spätere Klassifikation der Klimagefahren zu schaffen,
 - und Unsicherheiten sowie zeitliche Entwicklungen transparent zu dokumentieren.
-

Input aus anderen Arbeitsschritten

Grundlage sind die Ergebnisse aus der Risikoidentifikation, insbesondere

- die Standorte des Hafens,
 - die in Kapitel 5.2.3 ausgewählten relevanten Klimagefahren,
 - sowie fachliche Hinweise dazu, welche Klimakennwerte für den Hafen besonders relevant sind.
-

Vorgehensweise

Die lokalen Klimasteckbriefe werden in mehreren Arbeitsschritten erstellt. Die fachliche Aufbereitung übernimmt in der Regel die Projektleitung oder eine beauftragte Person, bei Bedarf mit Unterstützung externer Fachleute oder Datengebender.

1) Festlegung der betrachteten Zeiträume

Für die Klimarisikoanalyse sollten **mindestens drei Zeiträume** betrachtet werden: Gegenwart, nahe Zukunft und ferne Zukunft. Die Betrachtung der fernen Zukunft geht über die Empfehlung der zugrunde liegenden Methode (Dorsch et al., 2022) hinaus, die Ergänzung erfolgt aufgrund der für Binnenhäfen typischen, sehr langlebige Infrastrukturen. Bei der Festlegung der Zeiträume ist folgendes zu beachten:

- Die Verwendung 30-jähriger Zeiträume entspricht dem internationalen Standard der WMO zur statistischen Beschreibung des Klimas und ist daher auch für Klimaprojektionen üblich.
- Welche Zeiträume im konkreten Projekt verwendet werden, sollte die Projektleitung gemeinsam mit den Datengebenden abstimmen, damit sie sowohl methodisch tragfähig als auch für den Hafen praktisch relevant sind.
- Zusätzlich zu den Zeiträumen Gegenwart, nahe und ferne Zukunft empfiehlt es sich, die international etablierte Klimanormalperiode (1971–2000) als Referenz einzubeziehen, um bereits eingetretene Veränderungen sichtbar zu machen.

2) Festlegung des Emissionsszenarios

In Übereinstimmung mit der zugrunde liegenden Methode (Dorsch et al., 2022) empfiehlt dieser Leitfaden dem Vorsorgeprinzip folgend die Wahl des **Emissionsszenarios**

RCP 8.5. Um innerhalb dieses Szenarios die mit den Simulationen einhergehenden Unsicherheiten abzubilden, sollten das 15te und 85te Perzentil der Modellbandbreite gewählt werden. Siehe Abschnitt *Zusatzinformationen* für weitere Informationen zu den Klimaprojektionen.

3) Vorbereitung einer vorläufigen Liste relevanter Kennwerte

Ausgehend von den bereits identifizierten relevanten Klimagefahren (Kapitel 5.2.3) stellt die Projektleitung zunächst eine Liste von Kennwerten zusammen, die diese Gefahren beschreiben.

- Als Orientierung kann dabei zum Beispiel der Bericht des BMVI-Expertennetzwerks zu klimawandelbedingten Änderungen in Atmosphäre und Hydrosphäre dienen (Brien et al., 2020), dessen Anhang eine Übersicht möglicher Klimakennwerte enthält.

4) Validierung und Ergänzung der Liste mit den Hafenfachleuten

Die vorläufige Liste sollte mit den Fachleuten des Hafens abgestimmt werden, um gegebenenfalls fehlende, aber relevante Informationen zu ergänzen. Dabei sind folgende Fragen zu beantworten:

- Sind die gewählten Kennwerte für die Häfen relevant?
Beispiel: Eine Niederschlagsmenge von 20 mm pro Tag ist für die Hafeninfrastruktur unkritisch, der Kennwert „Tage mit Niederschlag > 20 mm“ ist nicht relevant.
- Fehlen relevante Kennwerte?
- Welche Kennwerte sind für die Häfen zur Beschreibung desselben Sachverhalts besonders aussagekräftig?
Beispiel: Im Projekt CRANE interessierten sich die Häfen für die Veränderung der Abflussmenge bei einem hundertjährigen Hochwasser (HQ100), nicht für die Veränderung der Jährlichkeit des Ereignisses (also seiner statistischen Wiederkehrwahrscheinlichkeit).

5) Datenbeschaffung

Mit der abgestimmten Liste der Klimakennwerte erfragt die Projektleitung die entsprechenden Daten bei den Datengebern. Folgende Fragen sind zu beantworten:

- Sind die Daten für die gewünschten Zeiträume und die relevante Region verfügbar?
- In welcher räumlichen Auflösung stehen die Daten zur Verfügung und was ist ein statistisch sinnvolles Gebiet?

Hinweise:

- In Deutschland ist der DAS-Basisdienst „Klima und Wasser“, der staatliche Daten- und Beratungsdienst zur Deutschen Anpassungsstrategie, eine mögliche Anlaufstelle (<http://das-basisdienst.de>). Dort stellen verschiedene nationale Behörden aufeinander abgestimmte Daten zum Klimawandel bereit, darunter der Deutsche Wetterdienst (DWD) und die Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG). Neben den über die Website abrufbaren Daten unterstützen die Fachleute des DAS-Basisdienstes auch beratend bei der Datenbeschaffung.
- Weitere mögliche Datenquellen sind im Abschnitt „Zusatzinformationen“ aufgeführt.
- Hochaufgelöste Daten, mit denen sich beispielsweise der städtische Hitzeinsellekt besser abbilden lässt, müssen in vielen Fällen kostenpflichtig bezogen werden.

6) Aufbereitung der Daten

Zuletzt werden die Kennwerte aufbereitet und in Steckbriefen dargestellt.

- Um die klimatischen Entwicklungen schnell erfassbar zu machen, können die Angaben tabellarisch zusammengeführt und mit Trend-Symbolen ergänzt werden. Auch die Aufbereitung in Diagrammen kann hilfreich sein.
- Unsicherheiten in den Zukunftsprojektionen sollten in Form von Bandbreiten deutlich gemacht werden, indem die Werte aus dem 15ten und 85ten Perzentil des gewählten Emissionsszenarios angegeben werden.
- Erläuterungen zu Herkunft und Qualität der Daten dürfen nicht fehlen.

Ergebnis dieses Schritts

Am Ende dieses Schritts liegt vor:

- eine strukturierte Zusammenstellung relevanter Klimakennwerte für Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft,
- ein nachvollziehbares Bild der klimatischen und hydrologischen Entwicklung am Hafenstandort,
- und damit eine belastbare Grundlage für:
 - die Einschätzung der Höhe der Klimagefahren (Kapitel 5.3.3.1),
 - die Risikobewertung der Systemelemente (Kapitel 5.3.3),
 - und ein gemeinsames Verständnis klimatischer Trends im weiteren Analyseprozess.

Beispiel aus dem Projekt CRANE

Im Projekt CRANE wurde für jeden Hafen ein Klimasteckbrief erstellt. Er enthält relevante Kennwerte zur Klimaentwicklung sowie zur Entwicklung der Hydrologie des Rheins

Betrachtete Zeiträume: Neben der Klimanormalperiode (1971-2000) wurde die Periode 1991 – 2020 als Gegenwart ausgewählt, die Periode 2031-2060 als nahe Zukunft und die Periode 2071-2100 als ferne Zukunft.

Emissionsszenario: Ausgewählt wurde das Szenario RCP 8.5, Werte zum 15ten und 85ten Perzentil werden in den Klimasteckbriefen angegeben.

Die im Projekt ausgewählten Kennwerte sind in Tabelle 6 und Tabelle 7 zusammengestellt, Beispiele für die Aufbereitung im Klimasteckbrief finden sich in Abbildung 4 und Abbildung 5.

Tabelle 6: Im Projekt CRANE betrachtete Indikatoren zu klimatischen Einflüssen (Lufttemperatur, Niederschlag)

Kennwert	Beschreibung	Sonstiges
Mittlere Tagesmitteltemperatur	Durchschnittliche Temperatur eines Tages in °C, gemittelt über den jeweiligen Zeitraum, z.B. Winter	Zeiträume: Jahr, Winter, Frühling, Sommer, Herbst
Mittlere Tagesminimaltemperatur	Minimale Temperatur eines Tages in °C, gemittelt über den jeweiligen Zeitraum, z.B. Winter	Zeiträume: Jahr, Winter, Frühling, Sommer, Herbst

Kennwert	Beschreibung	Sonstiges
Mittlere Tages-maximaltemperatur	Maximale Temperatur eines Tages in °C, gemittelt über den jeweiligen Zeitraum, z.B. Winter	Zeiträume: Jahr, Winter, Frühling, Sommer, Herbst
Maximale Tages-maximaltemperatur	Maximale Temperatur eines Tages in °C im jeweiligen Zeitraum, z.B. Winter	Zeiträume: Jahr, Winter, Frühling, Sommer, Herbst; Bei diesem Indikator schlagen sich Ausreißer in den Modellen bei den Extremen mehr nieder, dennoch gibt er Auskunft zu den potenziellen Änderungen.
Heiße Tage	Anzahl der Tage pro Jahr mit einer Maximaltemperatur von mind. 30°C	-
Maximale Periode heißer Tage	Maximale Länge einer Periode aufeinanderfolgender heißer Tage in Tagen	-
Periode mind. 3 heißer Tage	Anzahl der Perioden mit mindestens 3 heißen Tagen in Folge pro Jahr	-
Periode mind. 3 heißer Tage	Anzahl der Perioden mit mindestens 3 heißen Tagen in Folge pro Jahr	-
Sommertage	Anzahl der Tage pro Jahr mit einer Maximaltemperatur von mind. 25°C	-
Tropennächte	Anzahl der Nächte pro Jahr mit einer Minimaltemperatur von mind. 20°C	-
Frosttage	Anzahl der Tage pro Jahr mit einer Minimaltemperatur unter <0°C	-
Eistage	Anzahl der Tage pro Jahr mit einer Maximaltemperatur unter <0°C	-
Globalstrahlung	Die gesamte am Erdboden ankommende solare Strahlung im W/m ²	-
Durchschnittlicher Niederschlag (NS)	Mittlere Summe des Niederschlages in mm über den jeweiligen Zeitraum, z.B. Winter	Zeiträume: Jahr, Winter, Frühling, Sommer, Herbst
Starkniederschlagstage	Anzahl der Tage mit NS ≥20mm	-
Starkregenereignisse des Typs „markantes Wetter“	Anzahl der Ereignisse mit NS 30-50 mm in 24h	-
Starkregenereignisse des Typs	Anzahl der Ereignisse mit NS >50 mm in 24h	-

Kennwert	Beschreibung	Sonstiges
„Unwetter“ und „extremes Unwetter“		
Trockentage	Anzahl der Tage pro Jahr mit NS < 1mm	-
Trockenperiode	Max. Periode von aufeinanderfolgenden Tagen mit NS ≤ 1mm in Tagen	-
Feuchteperiode	Max. Periode von aufeinanderfolgenden Tagen mit NS ≥ 1mm in Tagen	-
Potenzielle Schneetage	Mittlere Anzahl Tage mit NS ≥ 1mm und Tagesmitteltemp. ≤ 2°C	-

Tabelle 7: Im Projekt CRANE betrachtete Indikatoren zu Hydrologie, Schifffahrtsbedingungen und Wassereigenschaften

Kennwert	Beschreibung	Sonstiges
MNQ	Mittlerer Niedrigwasserabfluss pro Zeitraum, z.B. Winter in m³/s	Zeiträume: Jahr, Winter, Sommer
MN7Q	Niedrigster Abfluss über 7 Tage pro Zeitraum, z.B. Winter in m³/s	Zeiträume: Jahr, Winter, Sommer
MQ	Mittlerer Abfluss pro Zeitraum, z.B. Winter in m³/s	Zeiträume: Jahr, Winter, Sommer
MHQ	Mittlerer Hochwasserabfluss pro Zeitraum, z.B. Winter in m³/s	Zeiträume: Jahr, Winter, Sommer
HQ10	Statistisches Hochwasserereignis 1x in 10 Jahren, Änderung der Abflussmenge im Vergleich zur Referenzperiode in %	
HQ100	Statistisches Hochwasserereignis 1x in 100 Jahren, Änderung der Abflussmenge im Vergleich zur Referenzperiode in %	
Beladungsgrad	Potenzielle Beladungsgrade am Pegel Kaub während des hydrologischen Sommerhalbjahres in % der Maximalbeladung	Für verschiedene Schiffstypen, z.B. Johann Welker
Unter- und Überschreitungstage	Anzahl der Tage, an denen ein Wasserstand X unter- oder überschritten wird	Die Wasserstände wurden durch die Häfen definiert
Schwebstofffracht	Mt a-1; % Angaben relativ zum Bezugszeitraum	Bei den Zukunftsangaben handelt es sich um

Kennwert	Beschreibung	Sonstiges
		erwartete Tendenzen, nicht um Projektionen
Chlorid-Konzentration	%, Angaben relativ zum Bezugszeitraum	

Extremkenntage [Tage pro Jahr]						
Heiße Tage [Maximaltemperatur mind. 30°C]	12	15	19	22 - 29	37 - 58	↑
Maximale Periode heißer Tage [Max. Länge]	16	14	18	18 - 30	26 - 58	↑
Periode mind. 3 heißer Tage [Mittlere Anzahl]	2	2	3	3 - 4	5 - 6	↑
Periode mind. 6 heißer Tage [Mittlere Anzahl]	1	1	1	1 - 2	2 - 3	↑
Sommertage [Maximaltemperatur mind. 25°C]	51	57	64	67 - 79	87 - 113	↑
Tropennächte [Minimaltemperatur mind. 20°C]	1	1	1	6 - 12	19 - 43	↑
Frosttage [Minimaltemperatur unter <0°C]	58	63	62	29 - 42	8 - 25	↓
Eistage [Maximaltemperatur unter 0°C]	11	12	9	2 - 7	0 - 2	↓

Abbildung 4: Beispielhafter Auszug aus einem der im Projekt CRANE erstellten Klimasteckbriefe, Daten zu klimatischen Einflüssen.

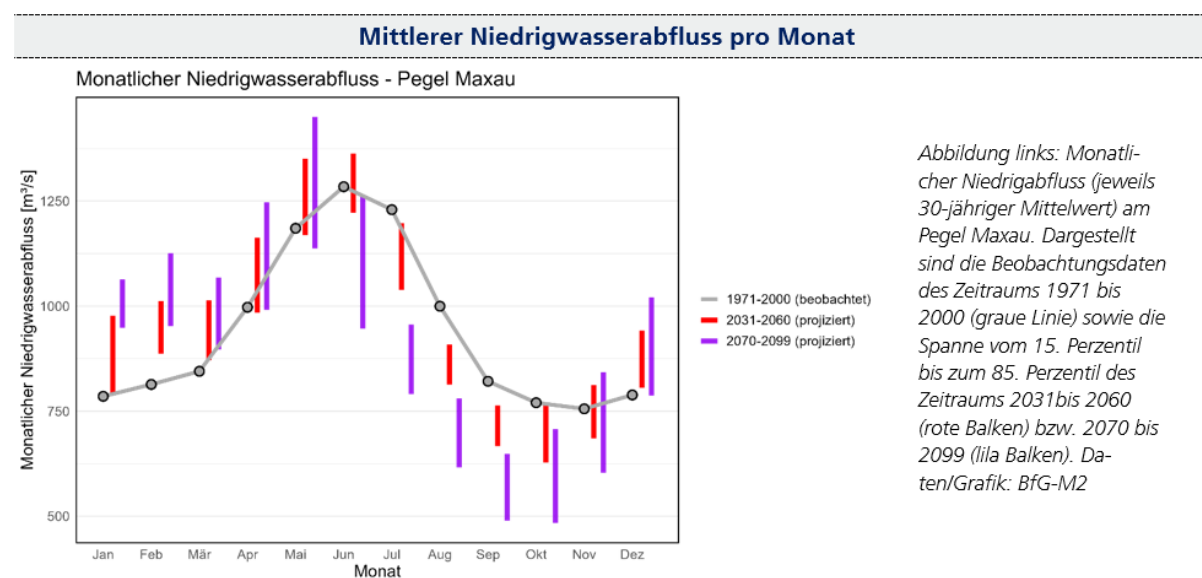


Abbildung 5: Beispielhafter Auszug aus einem der im Projekt CRANE erstellten Klimasteckbriefe, Daten zu Hydrologie, Schifffahrtsbedingungen, Wassereigenschaften.

Zusatzinformationen

Daten für die zukünftige Entwicklung des Klimas entstammen typischerweise **Klima-projektionen**. „Klimaprojektionen sind simulierte Reaktionen des Klimasystems auf ein Szenario zukünftiger Emissionen von Treibhausgasen und Aerosolen, die unter Verwendung von Klimamodellen abgeleitet werden (Emissionsszenarien). Sie basieren auf Annahmen über zukünftige sozioökonomische und technologische Entwicklungen, die möglicherweise eintreten oder nicht eintreten“ (übersetzt nach IPCC, 2018). Lokale oder regionale Managemententscheidungen, wie z.B. das Ausbaggern der Fahrrinne im Rhein, werden nicht abgebildet. Klimaprojektionen sind mit Unsicherheiten behaftet, die u.a. durch die Komplexität und natürliche Variabilität des Klimasystems sowie die Unsicherheit über o.g. Entwicklungen der Emissionen, Sozioökonomie usw. entstehen (DWD, o.D.; IPCC, 2014).

Es existieren international eine Reihe von **Emissionsszenarien**, die sogenannten RCP (repräsentative Konzentrationspfade, englisch „Representative Concentration Pathways“). Das hier empfohlene Emissionsszenario RCP 8.5 bildet den „Weiter-so-wie-bisher“ Pfad ab, der von geringen Klimaschutzmaßnahmen und einer weiteren Nutzung fossiler Energieträger ausgeht.

Weitere Quellen für kostenfreie und öffentlich zugängliche **Daten** für das lokale Klima können sein:

- Klimaausblicke für Landkreise von GERICS (Deutschland; https://www.gerics.de/products_and_publications/fact_sheets/landkreise/index.php.de)
- Angebote lokaler Behörden, z.B. GeoDatenArchitektur für Rheinland-Pfalz (Deutschland; <https://gda-wasser.rlp-umwelt.de/GDAWasser/client/geoportal-wasser/build/index.html?applicationId=46083>) oder das Geoinformationsportal für Basel-Stadt (Schweiz; <https://www.bs.ch/bvd/grundbuch-und-vermessungsamt/geo>)
- Projektionsdaten von Météo France per Gemeinde (Frankreich; <https://meteofrance.com/climadiag-commune>)
- Europäische Klimaprojektionsdaten, allerdings in geringerer Auflösung, z.B. Daten des Copernicus Climate Data Center (<https://cds.climate.copernicus.eu/datasets/projections-cordex-domains-single-levels?tab=overview>) oder des European Climate Data Explorer (<https://climate-adapt.eea.europa.eu/en/knowledge/european-climate-data-explorer>)

5.3.2 Verständnis der Wirkungszusammenhänge (Klimawirkungsketten)

Ziel

Nach Abschluss dieses Schritts sind die direkten und indirekten Wirkungszusammenhänge zwischen Klimagefahren, betroffenen Systemelementen, Auswirkungen sowie verstärkenden oder abschwächenden Faktoren nachvollziehbar beschrieben und in Form von Klimawirkungsketten visualisiert.

Leitfragen

- Welche direkten und indirekten Auswirkungen entstehen im Hafen durch die betrachteten Klimagefahren?
- Welche Systemelemente oder Gruppen von Systemelementen sind davon betroffen?
- Welche Faktoren verstärken oder vermindern die negativen Auswirkungen?
- Wo können später Anpassungsmaßnahmen sinnvoll ansetzen?

Motivation

Klimawirkungsketten helfen dabei, die **Zusammenhänge zwischen Klimagefahren und ihren Auswirkungen auf den Hafen** systematisch sichtbar zu machen. Sie zeigen nicht nur, *was* betroffen ist, sondern auch, *warum* bestimmte Systemelemente besonders anfällig sind und welche Faktoren die Auswirkungen verstärken oder abschwächen.

Damit bilden Klimawirkungsketten eine wichtige Grundlage für die folgenden Schritte der Risikobewertung. Sie unterstützen insbesondere dabei, Anfälligkeiten besser zu verstehen, Bewertungen nachvollziehbar zu begründen und spätere Anpassungsmaßnahmen gezielt abzuleiten.

Input aus anderen Arbeitsschritten

Grundlage sind die Ergebnisse aus den vorangegangenen Arbeitsschritten, insbesondere

- Ergebnisse der Risikoidentifikation (Kapitel 5.2),
- bereits bekannte Auswirkungen (Kapitel 5.1 und Kapitel 5.2.4) zum Vorausfüllen,
- die Klimasteckbriefe (Kapitel 5.3.1) für ein gemeinsames Verständnis der klimatischen Trends.

Vorgehensweise

Die Erarbeitung von Klimawirkungsketten erfolgt **workshopbasiert** mit Fachleuten aus unterschiedlichen Hafenbereichen. Ziel ist es, für ausgewählte Klimagefahren nachvollziehbar zu beschreiben, welche Auswirkungen auf relevante Systemelemente entstehen, welche Folgewirkungen daraus resultieren und wodurch diese beeinflusst werden.

Berücksichtigt werden dabei nur solche Systemelemente oder Gruppen von Systemelementen, die in der Risikoidentifikation bereits als relevant eingestuft wurden. Die Wirkungsketten dienen dazu, diese relevanten Zusammenhänge fachlich zu strukturieren und für die weitere Bewertung nutzbar zu machen.

1) Auswahl der zu bearbeitenden Klimagefahren

Im Vorfeld des Workshops legt die Projektleitung fest, welche Klimagefahren gemeinsam bearbeitet werden sollen. Klimagefahren, die häufig gemeinsam auftreten oder ähnliche Auswirkungen haben – z. B. Hitze, Dürre, sinkende Wasserstände und Bodenabsenkung – können sinnvoll in einem gemeinsamen Workshop behandelt werden.

2) Auswahl der zu betrachtenden Systemelemente

Ebenfalls im Vorfeld des Workshops werden die Systemelemente bzw. Gruppen von Systemelementen festgelegt, die in der Klimawirkungskette betrachtet werden sollen, z. B. Bauwerke, Hafenbahn oder Umschlaganlagen. Grundlage hierfür sind die Ergebnisse aus Kapitel 5.2.

3) Vorbereitung der Arbeitsgrundlage

Für den Workshop bereitet die Projektleitung eine geeignete Arbeitsgrundlage vor.

- Ein Online-Whiteboard mit den ausgewählten Klimagefahren, Systemelementen bzw. Systemelementgruppen. Bereits bekannte Schäden und Auswirkungen aus früheren Arbeitsschritten werden dort vorab eingetragen.
Das Online-Whiteboard wird auch für analoge Workshop-Formate benötigt, in

diesem Fall wird die erarbeitete Wirkungskette im Nachgang hier validiert (siehe Schritt 6 weiter unten).

- Für einen analogen Workshop zusätzlich eine analoge Arbeitsfläche (z.B. eine Pinnwand). Die ausgewählten Klimagefahren, Systemelementen bzw. Systemelementgruppen werden auf farbigen Karten vorbereitet und bereits bekannte Schäden und Auswirkungen aus früheren Arbeitsschritten werden dort vorab eingetragen.

4) Erarbeitung der Wirkungszusammenhänge im Workshop

Im Workshop werden durch die Fachleute der Häfen die direkten Auswirkungen der Klimagefahren auf die ausgewählten Systemelemente, die daraus entstehenden indirekten Folgewirkungen sowie relevante Sensitivitäten (Faktoren, die die Auswirkungen verstärken) und Kapazitäten (Faktoren, die die Auswirkungen abschwächen) erarbeitet. Optional können auch bereits bestehende oder potenzielle Anpassungsmaßnahmen aufgenommen werden. Aufgenommen werden:

- Die direkten („Was passiert, wenn?“) und indirekten („Welche Folgewirkung ergibt sich daraus?“) Auswirkungen der Klimagefahren auf die Systemelemente/Kategorie von Systemelementen.
- Die Sensitivitäten („Was macht das Systemelement anfällig für die Gefahr?“) und Kapazitäten („Was macht das Systemelement widerstandsfähig gegen die Gefahr?“)
- Optional: Die möglichen oder schon bestehenden Anpassungsmaßnahmen
- Optional: die Verbindungen und Abhängigkeiten zwischen den aufgenommenen Faktoren. Wird dieser Schritt nicht im Workshop bearbeitet, so wird er durch die Projektleitung im Nachgang erarbeitet und im Online-Whiteboard ergänzt.

5) Aufbereitung der Klimawirkungsketten

Die im Workshop erarbeiteten Wirkungsketten werden im Nachgang aufbereitet, sprachlich vereinheitlicht und so ergänzt, dass sie auch für Personen verständlich sind, die nicht am Workshop teilgenommen haben. Gegebenenfalls werden Zwischenschritte ergänzt, um die Logik der Kette klarer darzustellen. Dieser Schritt erfolgt im Online-Whiteboard durch die Projektleitung.

6) Validierung der Ergebnisse

Die im Online-Whiteboard aufbereitete Wirkungskette wird den Teilnehmenden des Workshops im Nachgang zur Prüfung, Ergänzung/Änderung und Freigabe vorgelegt. So wird sichergestellt, dass die fachlichen Zusammenhänge korrekt wiedergegeben sind und von allen Beteiligten mitgetragen werden.

Praxistipp

- Der Workshop kann entweder als Vor-Ort-Veranstaltung (inkl. Flipchart und Karten) oder als Online-Veranstaltung (inkl. Arbeit am Online-Whiteboard) stattfinden. Es wird eine Länge von ca. 4 Stunden (inkl. Pause) pro Workshop und Klimagefahr empfohlen.
- Je nach Gruppengröße empfiehlt es sich, die Bearbeitung der Fragestellungen in einem moderierten Format im Plenum oder in moderierten Kleingruppen durchzuführen. Bei Kleingruppen empfiehlt es sich, eine feste Moderator*in pro Kleingruppe zuzuteilen, um die Diskussion zielführend zu leiten. Hierbei werden die Kleingruppen nach Systemelementen/Kategorien von Systemelementen

gruppiert. Dabei ist es sinnvoll, die Kleingruppen thematisch nach den Funktionen der Mitarbeitenden zuzuordnen.

Ergebnis dieses Schritts

Am Ende dieses Schritts liegt vor:

- eine oder mehrere nachvollziehbar aufgebaute Klimawirkungsketten für die relevanten Klimagefahren,
 - ein gemeinsames Verständnis darüber, welche direkten und indirekten Auswirkungen im Hafen auftreten können,
 - eine strukturierte Beschreibung von Sensitivitäten und Kapazitäten,
 - und damit eine belastbare Grundlage für die Einschätzung der Anfälligkeit von Systemelementen und die spätere Ableitung von Anpassungsmaßnahmen.
-

Beispiel aus dem Projekt CRANE

Im Projekt CRANE wurden mehrere Klimawirkungsketten für zentrale Klimagefahren erarbeitet, genauer für

- Hitze, Dürre, Niedrigwasser und Bodenabsenkung,
- fluviales Hochwasser sowie
- Starkregen und Sturm.

Abbildung 6 zeigt einen beispielhaften Auszug aus einer solchen Klimawirkungskette.

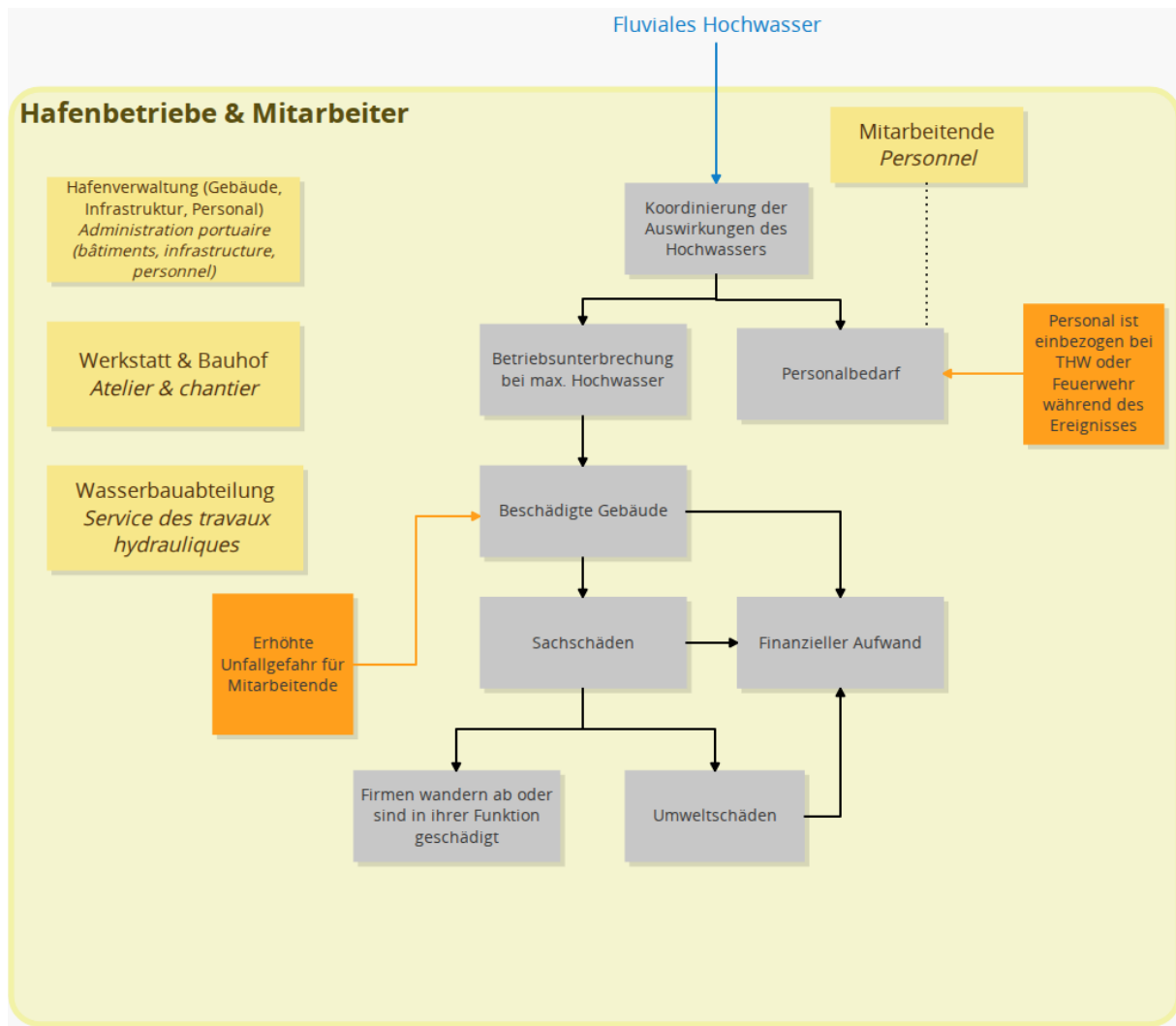


Abbildung 6: Auszug aus einer beispielhaften Klimawirkungskette für die Klimagefahr „Fluviales Hochwasser“ und die Gruppe von Systemelementen „Hafenbetriebe & Mitarbeiter“

Zusatzinformationen

- Die Methodik der Workshopdurchführung orientiert sich an dem von der GIZ entwickelten Verfahren im Climate Risk Sourcebook (Zebisch et al., 2023). Eine detailliertere Beschreibung, Hintergrundinformationen und Beispiele finden sich dort.
- Link zum Climate Risk Sourcebook: https://www.adaptationcommunity.net/wp-content/uploads/2023/10/giz_2023_Climate_Risk_Sourcebook.pdf

5.3.3 Abschätzung des Risikos der Systemelemente

Ziel

Nach Abschluss dieses Schritts ist das Risiko der relevanten Systemelemente gegenüber den betrachteten Klimagefahren für Gegenwart, nahe Zukunft und ferne Zukunft nachvollziehbar eingeschätzt.

Leifragen

- Welche Systemelemente unterliegen einem wie hohen Risiko gegenüber einer Klimagefahr?
 - Wie entwickelt sich dieses Risiko in der nahen und fernen Zukunft?
-

Motivation

Um Anpassungsmaßnahmen priorisieren zu können, muss nachvollziehbar eingeschätzt werden, wie hoch das Risiko einzelner Systemelemente gegenüber den verschiedenen Klimagefahren ist. Die Risikobewertung verbindet dazu Informationen über die Höhe der Klimagefahr mit der Anfälligkeit des jeweiligen Systemelements.

Vorgehensweise

Die Abschätzung des Risikos der Systemelemente erfolgt in mehreren aufeinander aufbauenden Teilschritten. Grundlage ist die Kombination aus Höhe der Klimagefahr und Anfälligkeit des Systemelements. Das Ergebnis ist eine Einordnung der Systemelemente in Risikoklassen, die für die weitere Priorisierung genutzt werden kann.

1. Einschätzung der Höhe der Klimagefahren (Kapitel 5.3.3.1)
Für jede relevante Klimagefahr wird eingeschätzt, wie hoch ihre Eintrittswahrscheinlichkeit oder Intensität in Gegenwart, naher Zukunft und ferner Zukunft ist
 2. Einschätzung der Anfälligkeit von Systemelementen (Kapitel 5.3.3.2)
Für die relevanten Kombinationen aus Systemelement und Klimagefahr wird eingeschätzt, wie stark das jeweilige Systemelement betroffen ist und welche Faktoren die Anfälligkeit erhöhen oder vermindern
 3. Ableitung der Höhe des Risikos (Kapitel 5.3.3.3)
Die Ergebnisse aus den beiden vorangegangenen Teilschritten werden in einer Risikomatrix zusammengeführt, um das Risiko jedes Systemelements gegenüber jeder relevanten Klimagefahr abzuleiten
-

Übergeordnetes Ergebnis

Am Ende dieses Arbeitsschritts sind die relevanten Systemelemente für die betrachteten Klimagefahren in **Risikoklassen** eingeordnet. Die Bewertung erfolgt mithilfe einer Risikomatrix, in der die Höhe der Klimagefahr und die Anfälligkeit des Systemelements zusammengeführt werden.

Dafür muss im Vorfeld festgelegt werden, mit welchem Klassensystem gearbeitet wird. Im Beispiel in Abbildung 7 wird ein **3x3-System** verwendet; grundsätzlich sind auch andere Einteilungen möglich, etwa ein 5x5-System. Falls im Hafen bereits etablierte Verfahren zur Risikobewertung bestehen, kann es sinnvoll sein, die Matrix daran anzulehnen, um ein einheitliches Risikoverständnis sicherzustellen.

		Höhe der Klimagefahr		
		Niedrig	Mittel	Hoch
Anfälligkeit des Systemelements	Hoch	Mittleres Risiko	Hohes Risiko	Hohes Risiko
	Mittel	Niedriges Risiko	Mittleres Risiko	Hohes Risiko
	Niedrig	Niedriges Risiko	Niedriges Risiko	Mittleres Risiko

Abbildung 7: Beispiel für eine Risikomatrix mit einem 3x3-Feld, d.h. einer Kombination aus jeweils 3 Klassen (Niedrig – Mittel – Hoch) für die Anfälligkeit des SE und die Höhe der Klimagefahr.

5.3.3.1 Einschätzung der Höhe der Klimagefahren

Ziel

Die Eintrittswahrscheinlichkeit oder Intensität der relevanten Klimagefahren ist für **Gegenwart, nahe Zukunft und ferne Zukunft** nachvollziehbar in Klassen eingeteilt, so dass die Ergebnisse in der Risikobewertung weiterverwendet werden können.

Leifragen

- Wie hoch ist die Eintrittswahrscheinlichkeit oder Intensität der Klimagefahr heute?
- Wie ändert sich die Eintrittswahrscheinlichkeit oder die Intensität in der Zukunft?

Motivation

Die Höhe einer Klimagefahr ist ein zentraler Eingangsparameter für die spätere Risikobewertung. Damit Risiken über unterschiedliche Klimagefahren und Zeiträume hinweg eingeschätzt werden können, müssen die zugrunde liegenden Klimaentwicklungen in eine nachvollziehbare Klassifikation überführt werden.

Input aus anderen Arbeitsschritten

- Die relevanten Klimakennwerte aus den lokalen Klimasteckbriefen (Kapitel 5.3.1),
- sowie die Informationen zu bereits aufgetretenen Schäden und Beeinträchtigungen aus der Vorbereitung und Risikoidentifikation (Kapitel 5.1 und 5.2.4).

Vorgehensweise

Die Einschätzung der Höhe der Klimagefahren erfolgt auf Grundlage der in den Klimasteckbriefen zusammengestellten Informationen. Dieser Schritt wird in der Regel durch die Projektleitung oder eine beauftragte Person durchgeführt, bei Bedarf mit Unterstützung externer Fachleute oder Datengebender.

Die Klassifizierung sollte mit der Anzahl der Klassen erfolgen, die für die **Risikomatrix** in Kapitel 5.3.3 festgelegt wurde. Sollte sich auf Grundlage der Klimadaten eine andere Einteilung als sinnvoll erweisen, muss die Risikomatrix entsprechend angepasst werden. Bestehen im Hafen bereits etablierte Verfahren zur Risikobewertung, kann es sinnvoll sein, die Klassifikation daran auszurichten.

Grundsätzlich kann die Höhe einer Klimagefahr nach der **Eintrittswahrscheinlichkeit** (Wie häufig tritt die identifizierte Gefahr auf?) oder nach der **Intensität** (Wie intensiv/ in welcher Höhe tritt die identifizierte Gefahr auf?) klassifiziert werden.

- Für die Klassifikation nach Eintrittswahrscheinlichkeit wird bestimmt, wie häufig eine Schwellenwert (z.B. eine Mindesttemperatur oder ein minimaler/maximaler Wasserstand), über- oder unterschritten wird.
- Betrachtet man dagegen die Intensität einer Gefahr, so bewertet man die Höhe, in der sie auftritt (z.B. die Höhe des Wasserstands bei einem 100-jährigen Hochwasser).

Die Entscheidung, ob aufgrund der Eintrittswahrscheinlichkeit oder Intensität klassifiziert wird, sollte aufgrund lokaler Expertise getroffen werden. Häfen in Regionen, in denen Hitzewellen schon heute problematische Temperaturen aufweisen, sind wahrscheinlich daran interessiert, wie häufig diese Situationen in der Zukunft auftreten (Eintrittswahrscheinlichkeit). Dagegen ist es für Häfen in Gebieten, in denen Hitze heute noch kein relevantes Problem ist, wahrscheinlich eher danach fragen, wie sich die Temperaturen entwickeln (Intensität).

Folgende Schritte sind für die Klassifikation relevant:

1) Zusammenstellen relevanter Kennwerte

Für die Klassifikation werden zunächst die pro Klimagefahr relevanten Kennwerte für die drei Zeitscheiben zusammengetragen, Grundlage sind die Klimasteckbriefe (Kapitel 5.3.1).

2) Klassifikation der Klimakennwerte heute

Um die Ausgangslage zu beschreiben, wird zunächst die Höhe der Klimagefahr in der Gegenwart klassifiziert. Zu beachten ist:

- Führt die Klimagefahr bereits heute zu problematischen Situationen? Hierzu geben die Ergebnisse des ersten Schrittes (Risikoidentifikation, Kapitel 5.2.4) wertvolle Hinweise.
- Die einzelnen Kennwerte, die eine Gefahr beschreiben, können unterschiedlich klassifiziert werden.
Beispiel: die Anzahl der heißen Tage im Jahr wird bereits als problematisch angesehen, aber die Anzahl der Hitzeperioden (Periode mit mind. 3 heißen Tagen in Folge) noch nicht.

3) Klassifikation der Klimakennwerte in der Zukunft

Im nächsten Schritt wird die zukünftige Entwicklung der Klimakennwerte betrachtet:

- Verändert sich der Kennwert deutlich?
Dementsprechend wird die Klassifikation um ein oder zwei Klassen angepasst.

Das Ergebnis dieses Schritts kann z.B. in tabellarischer Form aufbereitet werden (siehe Abschnitt „Beispielhafte Ergebnisse“ unten).

Ergebnis dieses Schritts

Am Ende dieses Schritts liegt vor:

- eine nachvollziehbare Einteilung der relevanten Klimagefahren in Klassen für Gegenwart, nahe Zukunft und ferne Zukunft,
- eine transparente Zusammenführung der dafür herangezogenen Klimakennwerte je Klimagefahr,
- eine dokumentierte Einschätzung dazu, ob die Höhe der Klimagefahr über Eintrittswahrscheinlichkeit oder Intensität beschrieben wird,
- und damit eine belastbare Grundlage für die Ableitung des Risikos der Systemelemente in Kapitel 5.3.3.3.

Beispiel aus dem Projekt CRANE

Klassifikation nach Eintrittswahrscheinlichkeit oder Intensität: Im Rahmen des Projektes CRANE wurden die sieben teilnehmenden Häfen gefragt, welche Klimaentwicklungen für sie relevanter sind: die Veränderung der Eintrittswahrscheinlichkeit oder der Intensität der Gefahren. Basierend auf den Antworten der Hafenfachleute wurden beide Ansätze verwendet: die Hochwassergefahr wurde beispielsweise aufgrund der Intensität, also der Abflussmenge bei HQ100, klassifiziert, während die Gefahr von Hitzeperioden aufgrund der Eintrittswahrscheinlichkeit, also der Anzahl der Hitzeperioden, Hitzetage und tropischen Nächte, bewertet wurde.

Das **Beispiel der Einteilung der Klimagefahr „Hitzewelle“** für einen Hafen im Projekt CRANE anhand relevanter Kennzahlen in die Klassen niedrig – mittel – hoch beschreibt die Vorgehensweise bei der Klassifikation der Höhe der Klimagefahr (Tabelle 8). Die Kennwerte zur Tagesmaximaltemperatur dienen der Information, gehen aber nicht in die Klassifikation ein. Hintergrund ist, dass aus den Tagesmaxima keine Information zur Dauer der Hitzebelastung und damit ihrer Eintrittswahrscheinlichkeit abgeleitet werden kann. Die Eintrittswahrscheinlichkeit ist hier aber das Klassifikationskriterium. Für diesen Hafen wurden in der Vergangenheit leichte Auswirkungen durch Hitze beobachtet, so dass die gegenwärtige Höhe der Klimagefahr als „niedrig“ eingestuft wird. Die Anzahl der heißen Tage, die Länge der Periode heißer Tage und die Anzahl der Tropennächte steigen bereits in der nahen Zukunft deutlich an und erhöht sich in der fernen Zukunft weiter, so dass diese beiden Kennwerte als „mittel“ in der nahen und „hoch“ in der fernen Zukunft eingestuft werden. Dagegen steigen die Kennwerte Anzahl der Perioden mit mindestens 3 oder 6 heißen Tagen im Jahr zwar an, aber die Steigerung zum Ende des Jahrhunderts ist nicht mehr so deutlich. Insgesamt wird die Klimagefahr, basierend auf den worst-case Einstufungen der einzelnen Kennwerte, in die Klassen „niedrig“ (Gegenwart), „mittel“ (nahe Zukunft) und „hoch“ (ferne Zukunft) eingeteilt.

Tabelle 8: Klassifikation der Klimagefahr Hitzewelle anhand relevanter Kennwerte

Kennwert	Gegenwart (1991-2020)	Nahe Zukunft (2031-2060)	Ferne Zukunft (2071-2100)
Tagesmaximaltemperatur (Mittelwert Sommer; °C)	25,7	25,8 - 26,5	27,7 - 29,5
Tagesmaximaltemperatur (Maximalwert Sommer; °C)	39,4	40,6 - 43,6	42,6 - 46,9
Heiße Tage (Anzahl/ Jahr)	19	22 - 29	37 - 58
Maximale Periode heißer Tage (Dauer in Tagen)	18	18 - 30	26 - 58
Periode mit mind. 3 heißen Tagen in Folge (Anzahl/ Jahr)	3	3-4	5-6
Periode mit mind. 6 heißen Tagen in Folge (Anzahl/ Jahr)	1	1 - 2	2 - 3
Tropennächte (Anzahl/Jahr)	1	6 - 12	19 - 43
Einschätzung für die Risikobewertung	niedrig	mittel	hoch

Die Farbgebung beschreibt die Einschätzung der Eintrittswahrscheinlichkeit oder Intensität für die Klimaindikatoren, die "Einschätzung für die Risikobewertung" fasst die Klimaindikatoren zusammen (grün = niedrig, gelb = mittel, rot = hoch). Werte in nicht farblich hinterlegten Zellen dienen der Information, gehen aber nicht in die Klassifikation ein.

Zusatzinformationen

- Das Bundesamt für Bevölkerungsschutz (BBK) verwendet für seine Klimarisikobewertung eine fünf-stufige Skala von Eintrittswahrscheinlichkeiten (Deutscher Bundestag, 2010). Als beispielhafte Klassifikation ist hier ein Ereignis als „sehr wahrscheinlich“ klassifiziert, wenn es einmal in 10 Jahren oder häufiger vorkommt und als „sehr unwahrscheinlich“, wenn es einmal in 100 000 Jahren oder seltener vorkommt. Diese Skala ist für die Klimarisikobewertung nicht nutzbar, denn z.B. Hitzewellen kommen zurzeit in Deutschland bereits mehrmals pro Jahr vor und werden in Zukunft häufiger.
- In der Klimawirkungs- und Risikoanalyse 2021 für Deutschland wurde eine dreistufige Skala (gering-mittel-hoch) verwendet, ohne dass die Einteilung genauer beschrieben wurde (Kahlenborn et al., 2021, S. 68: „Die Skala unterlag dabei keinen weiteren Kriterien.“).

5.3.3.2 Einschätzung der Anfälligkeit von Systemelementen

Ziel

Die Anfälligkeit der relevanten Systemelemente gegenüber den betrachteten Klimagefahren ist nachvollziehbar eingeschätzt. Die Gründe für diese Anfälligkeit sowie bereits geplante oder umgesetzte Maßnahmen zur Verringerung der Anfälligkeit sind dokumentiert.

Leitfragen

- Wie anfällig sind die Systemelemente gegenüber den Klimagefahren und warum?
- Sind aktuell schon Maßnahmen in der Umsetzung oder Planung, die diese Anfälligkeit beeinflussen werden?

Motivation

Die Anfälligkeit von Systemelementen ist – neben der Höhe der Klimagefahr – der zweite zentrale Eingangsparameter für die Risikobewertung. Die systematische Erfassung der Anfälligkeit hilft dabei, nachvollziehbar zu begründen, warum bestimmte Systemelemente besonders anfällig sind und an welchen Stellen Maßnahmen zur Verringerung des Risikos ansetzen können.

Input aus anderen Arbeitsschritten

- Die Informationen zu den von Klimagefahren betroffenen Systemelementen aus Kapitel 5.2.4,
- sowie die Klimawirkungsketten und beschriebenen Wirkungszusammenhänge aus Kapitel 5.3.2.

Vorgehensweise

Kern dieses Schritts ist ein Workshop mit den Fachleuten des Projektteams aus unterschiedlichen Hafenbereichen. Das gemeinsame Vorgehen im Workshop unterstützt ein einheitliches Verständnis der Bewertungsmaßstäbe und verbessert die Vergleichbarkeit der Einschätzungen. Folgende Schritte sind hier relevant:

1) Vorbereitung der Arbeitsgrundlage

Für den Workshop bereitet die Projektleitung eine geeignete Arbeitsgrundlage vor.

- Eine Tabelle für die Anfälligkeiten, in der die Klimagefahren in Spalten und die Systemelemente in Zeilen aufgetragen sind. Pro Systemelement gibt es drei Zeilen, in denen Informationen zur Höhe der Anfälligkeit, Auswirkung der Klimagefahr und Gründe für die Anfälligkeit festgehalten werden können (Abbildung 8).

Container-terminal	Hitze	
	Mittel	← Wie anfällig ist das Systemelement gegenüber der Klimagefahr (hier: Hitze)
	Beläge schmelzen und verformen sich, dadurch vorzeitige Alterung	← Wie wirkt sich die Klimagefahr auf das Systemelement aus? Welche Schäden entstehen an dem Systemelement?
	Eingebaute Materialien sind nicht alle hitzebeständig, Befahren mit schwerem Gerät (Reachstacker) belastet zusätzlich	← Welche Eigenschaften des Systemelements führen zu der Anfälligkeit gegenüber der Klimagefahr?

Abbildung 8: Beispielhafte Aufnahme der Anfälligkeit des Systemelements „Containerterminal“ gegenüber der Klimagefahr „Hitze“.

- Die Tabelle ist mit den bereits erhobenen Informationen zu Anfälligkeiten vorbefüllt. In der Vergangenheit bereits eingetretene Schäden (Kapitel 5.1) oder in den Wirkungsketten identifizierte direkte Auswirkungen (Kapitel 5.3.2) können in der Zeile „Wie wirkt sich die Klimagefahr auf das Systemelement aus?“ eingetragen werden. Die Systemelemente, die von Klimagefahren betroffenen sind (Kapitel 5.2.4), können zum Beispiel farblich hervorgehoben werden.
- Eine Tabelle für die bereits in Umsetzung oder Planung befindlichen Anpassungsmaßnahmen benötigt. Wiederum sind die Klimagefahren in Spalten und die Systemelemente in Zeilen aufgetragen. Pro Systemelement gibt es drei

Zeilen, in denen Informationen zur Änderung der Anfälligkeit durch die Maßnahme, Art der Maßnahme und Auswirkung der Maßnahme festgehalten werden können (Abbildung 9).

	Hitze	
Container-terminal	Ja, die Anfälligkeit wird geringer	← Ist damit zu rechnen, dass die Anfälligkeit des Systemelements durch die geplante Maßnahme abnimmt?
	Erneuerung der Beläge mit hitzebeständigem Material	← Welche Maßnahmen sind in Umsetzung oder Planung?
	Die Verformung des Belags wird reduziert	← Welche Auswirkungen auf das Systemelement sind durch die Umsetzung der Maßnahme zu erwarten?

Abbildung 9: Beispielhafte Aufnahme einer geplanten Maßnahme zur Reduktion der Anfälligkeit des Systemelements „Containerterminal“ gegenüber der Klimagefahr „Hitze“.

2) Erarbeitung der Anfälligkeiten im Workshop

In einem gemeinsamen Workshop mit den Fachleuten des Projektteams werden die Anfälligkeiten pro Systemelement / Klimagefahr-Kombination abgeschätzt:

- In der ersten Tabelle (Abbildung 8) wird durch die Fachleute klassifiziert, wie anfällig ein Systemelement gegenüber einer Klimagefahr ist. Die Anfälligkeit beschreibt, wie stark ein Systemelement beim Eintreten der Klimagefahr beeinträchtigt wird. Die Anfälligkeit kann bspw. aufgrund des Wartungszustands oder des Materials zustande kommen (Abbildung 10).

Beispiel: Anfälligkeit einer Lagerhalle bei Starkregen (Undichtigkeit des Dachs) Gering: Ein Wassereintritt ist unwahrscheinlich, da die Befestigung der Dachabdichtung auf der Lagerhalle jährlich gewartet wird (sehr guter Wartungszustand) Mittel: Ein Wassereintritt ist kleinflächig möglich, da die Befestigung der Dachabdichtung auf der Lagerhalle nur alle 10 Jahre gewartet wird (mittlerer Wartungszustand) Hoch: Ein großflächiger Wassereintritt ist wahrscheinlich, da das Dach alt ist und nicht regelmäßig gewartet wird. Die Befestigungen sind wahrscheinlich nicht mehr in gutem Zustand, Wasser könnte an mehreren Stellen eintreten.	Beispiel 2: Anfälligkeit einer Straße bei Hitze (Spurrillen, vorzeitige Alterung) Gering: Die vorzeitige Alterung ist unwahrscheinlich, da die Straße mit „Klimaphalt“ gedeckt ist, das Material ist besonders hitzebeständig. Mittel: Eine vorzeitige Alterung ist kleinflächig möglich, da die Straße in Teilen nicht beschattet ist und der verwendete Asphalt nicht hitzebeständig ist. Hoch: Eine vorzeitige Alterung ist wahrscheinlich, da die Straße nicht beschattet ist, stark von schweren LKW befahren wird und der verwendete Asphalt nicht hitzebeständig ist.
---	--

Abbildung 10: Beispiele für die Klassifikation von Anfälligkeiten.

- Zu beachten ist: Die Klassifizierung sollte der Anzahl der Klassen entsprechen, die für die Risikomatrix in Kapitel 5.3.3 festgelegt wurde. Auch hier gilt: Falls im Hafen bereits etablierte Verfahren zur Risikobewertung bestehen, kann es sinnvoll sein, die Einschätzung daran auszurichten.
- In der zweiten Tabelle (Abbildung 9) werden die in Umsetzung oder Planung befindlichen Anpassungsmaßnahmen festgehalten.

Praxistipp:

Die Art der Auswirkung der Klimagefahr auf das Systemelement und die Gründe für die Anfälligkeit sollten unbedingt aufgenommen werden. Beides sind später wertvolle Informationen zur Erarbeitung von Anpassungsmaßnahmen - wenn sie nicht hier angegeben werden, wird bei der Anpassungsplanung erneut danach gefragt werden

müssen.

Ergebnis dieses Schritts

Am Ende dieses Schritts liegt vor:

- eine nachvollziehbare Einschätzung der Anfälligkeit der relevanten Systemelemente gegenüber den betrachteten Klimagefahren,
- eine dokumentierte Beschreibung der Auswirkungen der Klimagefahren auf die Systemelemente sowie der Gründe für ihre Anfälligkeit,
- eine Übersicht über bereits geplante oder umgesetzte Maßnahmen, die die Anfälligkeit verringern können,
- und damit eine belastbare Grundlage für die Ableitung des Risikos der Systemelemente in Kapitel 5.3.3.3..

Beispiel aus dem Projekt CRANE

Im Rahmen des Projekts CRANE wurden beispielsweise die folgenden Anfälligkeiten (Abbildung 11) und Maßnahmen (Abbildung 12) für das Systemelement *alte Gebäude* und die Klimagefahren *Sturm* und *Starke Niederschläge* identifiziert:

	Sturm (Schnee, Staub, Sand, Wirbelstürme)	Starke Niederschläge (Regen, Hagel, Schnee/Eis)
alte Gebäude (> 50 Jahre und nicht saniert)	Mittel	Mittel
	Sturmschäden, Dach abgedeckt, Eindringen von Regen, Schäden an Außenfassade und Fenster	Wassereintritt
	Überalterung der Gebäude, Renovierungs- und Sanierungsnachholbedarf	Dächer sind unteerschiedlich alt und bestehen aus unterschiedlichen Materialien

Abbildung 11: Beispiel für die Klassifikation der Anfälligkeit des Systemelements „alte Gebäude“ aus dem Projekt CRANE.

	Sturm (Schnee, Staub, Sand, Wirbelstürme)	Starke Niederschläge (Regen, Hagel, Schnee/Eis)
alte Gebäude (> 50 Jahre und nicht saniert)	Ja, Anfälligkeit wird geringer	Ja, Anfälligkeit wird geringer
	jährliche Begehungen und Dachwartungen	jährliche Begehungen und Dachwartungen
	bauliche Schäden werden schneller erkannt und behoben	bauliche Schäden werden schneller erkannt und behoben

Abbildung 12: Beispiel für eine in Planung befindliche Maßnahme aus dem Projekt CRANE.

5.3.3.3 Ableitung der Höhe des Risikos der Systemelemente

Ziel

Die Höhe des Risikos für jedes relevante Systemelement gegenüber jeder relevanten Klimagefahr ist für Gegenwart, nahe Zukunft und ferne Zukunft nachvollziehbar abgeleitet.

Leitfragen

- Wie wird das Risiko aus den Informationen zu Höhe der Klimagefahr und Anfälligkeit des Systemelements abgeleitet?
 - Machen die erarbeiteten Risiken für die einzelnen SE relativ zueinander Sinn?
-

Motivation

Die Ableitung des Risikos führt die Informationen zur **Höhe der Klimagefahr** und zur **Anfälligkeit der Systemelemente** zusammen. Erst durch diese Kombination wird sichtbar, welche Systemelemente heute oder künftig besonders priorisiert betrachtet werden sollten.

Input aus anderen Arbeitsschritten

- die klassifizierte Höhe der Klimagefahren aus Kapitel 5.3.3.1,
 - sowie die eingeschätzte Anfälligkeit der Systemelemente und Informationen zu bereits geplanten oder umgesetzten Maßnahmen aus Kapitel 5.3.3.2.
-

Vorgehensweise

Dieser Schritt wird aufbauend auf den Ergebnissen der beiden vorangegangenen Teilschritte durch die Projektleitung durchgeführt und im Anschluss gemeinsam mit dem Projektteam validiert.

Folgende Schritte sind hier relevant:

1) Zusammenfassung in Risikomatrizen

Die Projektleitung führt die klassifizierten Informationen zur Anfälligkeit der Systemelemente (siehe Kapitel 5.3.3.2) und zur Höhe der Klimagefahr (siehe Kapitel 5.3.3.1) in einer oder mehreren Risikomatrizen zusammen (Abbildung 13). Für alle relevanten Kombinationen aus Systemelement und Klimagefahr sowie für alle betrachteten Zeithorizonte wird das jeweilige Risiko abgeleitet und dokumentiert.

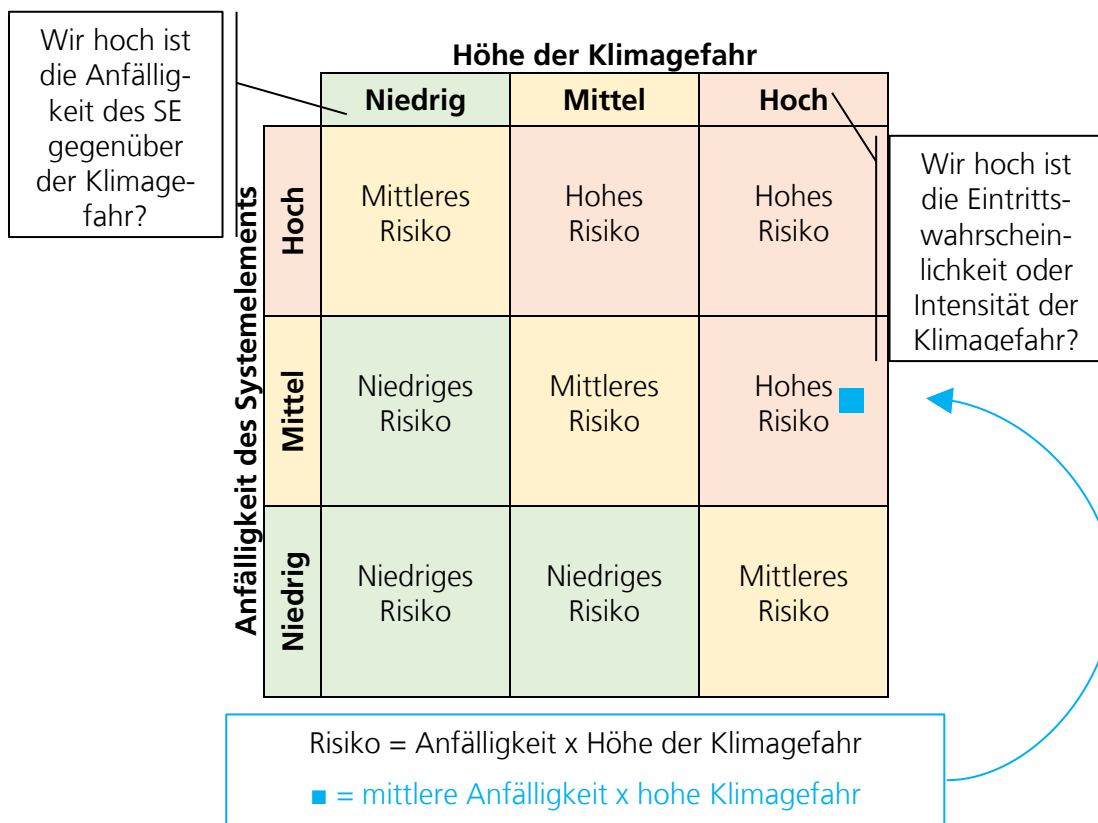


Abbildung 13: Einteilung des Risikos in Niedrig – Mittel – Hoch als Kombination von Anfälligkeit des SE und Höhe der Klimagefahr.

2) Integration von Maßnahmen

Sollten die Häfen bereits in Umsetzung oder Planung befindliche Maßnahmen für Kombinationen aus Systemelement und Klimagefahr benannt haben (Kapitel 5.3.3.2), so kann die Projektleitung diese Informationen in die Risikobewertung einbeziehen. Z.B. kann die Annahme getroffen werden, dass eine sich in Planung befindliche Maßnahme die Anfälligkeit des Systemelements im nächsten Zeitschritt um eine Klasse reduziert. Hier sollte allerdings mit Augenmaß vorgegangen werden, nicht jede Maßnahme hat einen so deutlichen Effekt, besonders wenn mit wenigen Klassen (z.B. eine 3x3-Matrix) gearbeitet wird.

3) Validierung der Risikobewertung

In einem gemeinsamen Termin mit den Fachleuten des Projektteams werden die Risikomatrizen vorgestellt, diskutiert und validiert. Leitfragen sind:

- Machen die Risiken relativ zueinander Sinn, d.h. macht es Sinn, dass z.B. Mitarbeitenden einem höheren Risiko durch Hitzewellen unterliegen als die Gleise und Weichen?
- Ist das Gesamtbild der Risiken stimmig?

Korrekturen in diesem Stadium der Klimarisikoanalyse sind sinnvoll, weil hier unterschiedliche Bewertungsmaßstäbe der Fachleute sichtbar werden und angeglichen werden können. Dieser Schritt ist besonders wichtig, wenn die Anfälligkeiten der Systemelemente nicht gemeinsam im Workshop, sondern getrennt voneinander eingeschätzt wurden (Kapitel 5.3.3.2).

Praxistipp

- In dem Termin zur Validierung der Risikomatrizen dem gesamten Projektteam sollen nicht die Details besprochen werden, sondern die Stimmigkeit der Ergebnisse untereinander.
- Planen Sie im Anschluss an dieses Meeting Zeit für eine weitere Überarbeitungsrunde der Risikomatrizen ein – Änderungen sind wahrscheinlich und gewollt!

Ergebnis dieses Schritts

Am Ende dieses Schritts liegt vor:

- eine nachvollziehbare Ableitung der Risikoklassen für die relevanten Kombinationen aus Systemelement und Klimagefahr in Gegenwart, naher Zukunft und ferner Zukunft,
- eine transparente Zusammenführung der Einschätzungen zur Höhe der Klimagefahr und zur Anfälligkeit der Systemelemente in einer oder mehreren Risikomatrizen,
- eine dokumentierte Einordnung bereits geplanter oder umgesetzter Maßnahmen, soweit diese die Risikobewertung beeinflussen,
- und damit eine belastbare Grundlage für die Vergabe der Warnstufen für die Prozesse in Kapitel 5.3.4.

Beispiel aus dem Projekt CRANE

Im Projekt CRANE wurden die folgenden beiden Darstellungen von Risikomatrizen präsentiert (Abbildung 14, Abbildung 15). In beiden Fällen wurde die Analyse mit Hilfe von MS Excel erstellt.

■ Gegenwart ► nahe Zukunft » ferne Zukunft		Risikoanalyse Systemelemente	Hitzewelle			Sturm (Schnee, Staub, Sa			Starke Niederschläge			Hochwasser (Pluvial, Kü			Sinkende Wasserstände			Dürre			Bodenabsenkung		
			N	M	H	N	M	H	N	M	H	N	M	H	N	M	H	N	M	H	N	M	H
Hafenbahnanlagen	Gleise und Weichen	H																					
		M	■	►	»		■	►			►	■	►								■	►	
		N																					
	Rangierbahnhof	H																					
		M																					
		N																					
	Verkehrslitzentrale (Stellwerk), elektrisch ortsverstellbare Weichen	H										■	►	»							■	►	
		M	■	►	»																		
		N																					
	Signaltechnik (+ Bahnübergänge)	H										■	►	»							■	►	
		M	■	►	»																		
		N																					
	Bahnstromversorgung (inkl. Oberleitungen)	H																					
		M																					
		N																					
	Gleiswaage	H																					
		M																					
		N																					

Abbildung 14: Beispielhafte Risikomatrizen für die SE der Gruppe Hafenbahnanlagen gegenüber den verschiedenen Klimagefahren in den drei Zeitscheiben (graue Zellen: es besteht für diese SE-Klimagefahr-Kombination kein Risiko)

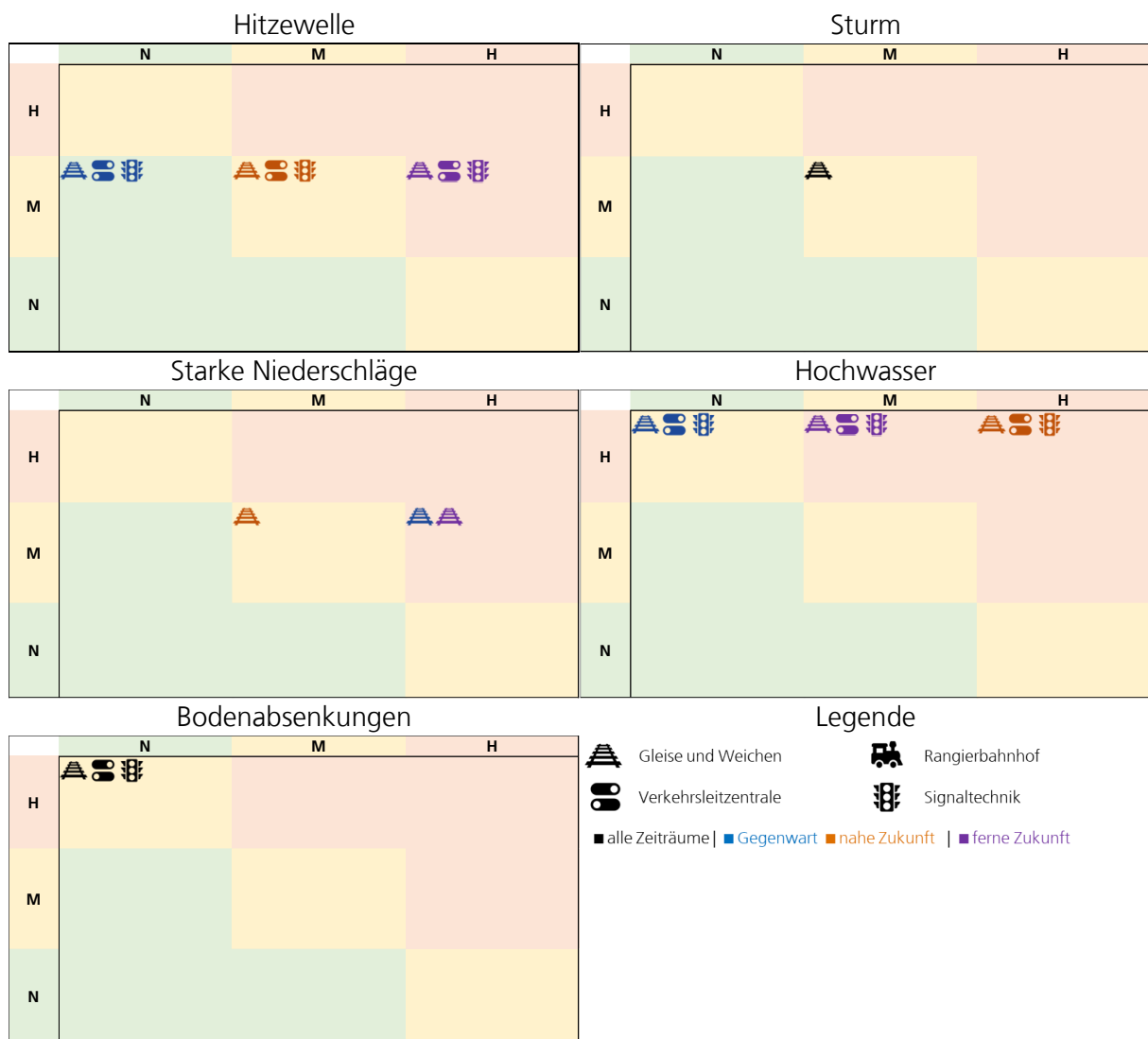


Abbildung 15: Beispielhafte Risikomatrizen für die SE der Gruppe Hafenbahnanlagen gegenüber den verschiedenen Klimagefahren in den drei Zeitscheiben

Zusatzinformationen

In Dorsch et al. (2022) wird eine Darstellung der Ergebnisse dieses Schritts in Tabellenform vorgeschlagen (Abbildung 16).

		Klimagefahren (EU-Taxonomie)											
		Hitzewelle/ Hitzestress			Sturm (ein- schließlich Schnee-, Staub- und Sandstürme)			Flusshochwas- ser			etc. ...		
		Aktuelles Risiko	RCP8.5 - optimistisch	RCP8.5 - pessimistisch	Aktuelles Risiko	RCP8.5 - optimistisch	RCP8.5 - pessimistisch	Aktuelles Risiko	RCP8.5 - optimistisch	RCP8.5 - pessimistisch	Aktuelles Risiko	RCP8.5 - optimistisch	RCP8.5 - pessimistisch
Systemelemente (Industriestandort)	Gebäude im Allgemeinen												
	Aufbauten auf Gebäuden												
	Kellergeschosse												
	Indoor-Betriebseinrich- tungen												
	Betriebseinrichtungen im Freien												
	Lagerhallen												
	Lagerhäuser im Freien												
	Zugang zum Standort, Bau- stellenverkehr (Pkw, Lkw, Bahn, Schiff)												
	Regionale Erreichbarkeit (Pkw, Lkw, Bahn, Schiff)												
	Wasserversorgung												
	Stromversorgung												
	Sonstige leitungsge- bundene Versorgung												
	Produktionsprozess												
	Mitarbeiter												

Legende Niedriges Risiko Mittleres Risiko Hohes Risiko

Abbildung 16: Abschätzung des Klimarisikos für einen Industriestandort (Beispiel mit fiktiven Werten).
Quelle: Dorsch et al., 2022, S. 26).

5.3.4 Vergabe von Warnstufen für die Prozesse

Ziel

Nach Abschluss dieses Schritts sind die Warnstufen der im Hafen stattfindenden Prozesse gegenüber den betrachteten Klimagefahren für Gegenwart, nahe Zukunft und ferne Zukunft nachvollziehbar abgeleitet.

Leitfragen

- Welche Systemelemente sind für welche Prozesse im Hafen wie kritisch?
- Der Ablauf welcher Prozesse im Hafen wird durch gleichzeitig kritische und risikobehaftete Systemelemente in welcher Höhe potenziell gestört?

Motivation

Die Vergabe von Warnstufen führt die Informationen zum Risiko der Systemelemente und zu deren Kritikalität für die Prozesse zusammen. Erst durch diese Kombination wird sichtbar, welche Prozesse heute oder künftig besonders störanfällig sind und daher in der Anpassungsplanung prioritär betrachtet werden sollten.

Input aus anderen Arbeitsschritten

- Das Risiko der Systemelemente gegenüber den Klimagefahren aus Kapitel 5.3.3,
 - die eingeschätzte Kritikalität der Systemelemente für die Prozesse aus Kapitel 5.3.4.1,
 - sowie die Logik zur Vergabe der Warnstufen für die Prozesse aus Kapitel 5.3.4.2.
-

Vorgehensweise

Die Vergabe der Warnstufen für die Prozesse erfolgt in mehreren aufeinander aufbauenden Teilschritten. Grundlage ist die Kombination aus dem Risiko der Systemelemente und ihrer Kritikalität für die Prozesse. Das Ergebnis ist eine Einordnung der Prozesse in Warnstufen, die für die weitere Priorisierung und Anpassungsplanung genutzt werden kann.

Zur Abschätzung der Warnstufe für den Prozess werden Informationen zur Kritikalität jedes SE für den Prozess (Kapitel 5.3.4.1) mit der Information zum Risiko des SE pro Zeitscheibe (Kapitel 5.3.3) kombiniert. Das Ergebnis dieser Kombination ist die Warnstufe für den Prozess pro Zeitscheibe (Kapitel 5.3.4.2).

1. Einschätzung der Kritikalität der Systemelemente (Kapitel 5.3.4.1)
Für die relevanten Kombinationen aus Prozess und Systemelement wird eingeschätzt, wie kritisch das jeweilige Systemelement für das Funktionieren des Prozesses ist.
 2. Klassifikation der Warnstufen für die Prozesse (Kapitel 5.3.4.2)
Die Ergebnisse aus der Kritikalitätsbewertung und der Risikobewertung der Systemelemente werden zusammengeführt, um die Warnstufen der Prozesse abzuleiten.
-

Übergeordnetes Ergebnis

Am Ende dieses Arbeitsschritts sind die relevanten Prozesse für die betrachteten Klimagefahren in **Warnstufen** eingeordnet. Die Bewertung erfolgt mithilfe einer Logik, in der das Risiko der beteiligten Systemelemente mit deren Kritikalität für die Prozesse zusammengeführt wird.

Dafür muss im Vorfeld festgelegt werden, mit welchem Klassensystem für die Warnstufen gearbeitet wird. Falls im Hafen bereits etablierte Verfahren zur Bewertung von Prozessen bestehen, kann es sinnvoll sein, die Warnstufen daran anzulehnen, um ein einheitliches Verständnis sicherzustellen.

5.3.4.1 Einschätzung der Kritikalität von Systemelementen

Ziel

Die Kritikalität der relevanten Systemelemente für die im Hafen stattfindenden Prozesse ist nachvollziehbar eingeschätzt. Damit liegt die Grundlage vor, um in einem späteren Schritt die Warnstufen der Prozesse gegenüber den betrachteten Klimagefahren abzuleiten.

Leitfragen

- Welche Systemelemente sind für welche Prozesse im Hafen wie kritisch?
 - Wie stark würde der Ausfall oder die Beeinträchtigung eines Systemelements das Funktionieren eines Prozesses stören?
-

Motivation

Damit die Warnstufen der Prozesse nachvollziehbar abgeleitet werden können, muss zunächst eingeschätzt werden, welche Systemelemente für welche Prozesse besonders wichtig sind. Die Kritikalitätsbewertung macht sichtbar, bei welchen Systemelementen eine Beeinträchtigung oder ein Ausfall die Abläufe im Hafen besonders stark stören würde.

Input aus anderen Arbeitsschritten

- Die im Hafen vorliegenden Systemelemente (Kapitel 5.2.1),
 - sowie die im Hafen stattfindenden Prozesse (Kapitel 5.2.2).
-

Vorgehensweise

Die Einschätzung der Kritikalität der Systemelemente erfolgt workshopbasiert mit Fachleuten aus unterschiedlichen Hafenbereichen. Das gemeinsame Vorgehen unterstützt ein einheitliches Verständnis der Bewertungsmaßstäbe und verbessert die Vergleichbarkeit der Einschätzungen.

Folgende Schritte sind hier relevant:

1) Vorbereitung der Arbeitsgrundlage

Für den Workshop bereitet die Projektleitung das Arbeitsmaterial vor, benötigt wird eine Tabelle, in der die Prozesse im Hafen in Spalten und die Systemelemente in Zeilen abgebildet sind. In den Zellen kann später für jede Kombination aus Systemelement und Prozess die Kritikalität eingetragen werden. Darüber bereitet die Projektleitung einen Vorschlag für ein Bewertungssystem auf, das im Workshop angepasst wird (siehe nächster Schritt).

2) Erarbeitung eines Bewertungssystems

Damit die Kritikalität von den beteiligten Fachleuten ähnlich eingeschätzt wird, sollte ein gemeinsames Bewertungssystem definiert werden. Grundlage für die Bewertung ist die Frage:

- Wie kritisch ist der Ausfall eines Systemelements für einen Prozess?

Die Projektleitung berietet einen Vorschlag für ein Bewertungsschema vor, das im Workshop mit den Fachleuten diskutiert und bei Bedarf angepasst oder spezifiziert wird.

Das Bewertungssystem enthält

- die Dimensionen, in denen der Ausfall von Systemelementen kritisch sein kann. Das sind beispielsweise
 - die Technik (Ist das Funktionieren des Prozesses durch den Ausfall gestört?),
 - die finanzielle Situation (Entstehen durch den Ausfall Mehrkosten im Prozess oder für die Wiederherstellung?),
 - das menschliche Wohlergehen (Wird das menschliche Wohlergehen durch den Ausfall beeinträchtigt?) oder
 - die Umwelt (Entstehen Umweltschäden, durch die möglicherweise technische Abläufe gestört werden oder durch die Kosten entstehen?)
- Beispiele, um ein gemeinsames Verständnis zu schaffen (Abbildung 17).

Geringe Kritikalität (+)

	Bereich	Beschreibung	Beispiel	
	Technisch	Ein Ausfall des Systemelements beeinträchtigt die Funktion des Prozesses nur gering.	Die Fassade der Lagerhalle ist beschädigt, die Güter können in der Halle verbleiben aber ein anderer Eingang wird genutzt.	
	Finanziell	Ein Ausfall des Systemelements verursacht geringe Mehrkosten im Prozess und für die Wiederherstellung.	€	
	Menschen	Die Mitarbeitenden sind gering beeinflusst oder die Beeinflussung kann kompensiert werden. Auswirkungen auf den Prozess entstehen nicht.	Bei Hitzewellen: Bürogebäude erhitzen nur wenig oder Klimaanlage ist installiert, um die Hitzebelastung zu kompensieren.	

Mittlere Kritikalität (++)

	Bereich	Beschreibung	Beispiel	
	Technisch	Durch den Ausfall des Systemelements fällt der Prozess aus, kann aber in weniger als 1 Tag wieder hergestellt werden.	Die Stromversorgung einer Kühlhalle fällt aus, aber eine Notstromversorgung über einen Dieselgenerator steht zur Verfügung.	
	Finanziell	Ein Ausfall des Systemelements verursacht mittlere Mehrkosten im Prozess und für die Wiederherstellung.	€€	
	Menschen	Die Mitarbeitenden sind beeinflusst, die Beeinflussung kann durch organisatorische Maßnahmen kompensiert werden. Auswirkungen auf den Prozess entstehen.	Bei Hitzewellen: Verlegung der Arbeitszeiten, häufigere Pausen, Jobrotation.	

Hohe Kritikalität (+++)

	Bereich	Beschreibung	Beispiel	
	Technisch	Durch den Ausfall des Systemelements fällt der Prozess aus, es dauert mehr als 1 Tag die Funktion wieder herzustellen.	Bei Sturm: Die Oberleitung der Bahn wird beschädigt, die Reparatur dauert typischerweise 2 Tage.	
	Finanziell	Ein Ausfall des Systemelements verursacht hohe Mehrkosten im Prozess und für die Wiederherstellung.	€€€	
	Menschen	Die Beeinträchtigung des Systemelements beeinflusst die Mitarbeitenden deutlich, eine Kompensation ist nicht möglich. Deutliche Auswirkungen auf den Prozess entstehen.	Bei Hitzewellen: die Temperatur im Gebäude beträgt > 30°C; bei Hochwasser: der sichere Zugang zu Arbeitsstätten ist eingeschränkt.	

Sehr hohe Kritikalität (++++)

	Bereich	Beschreibung	Beispiel
	Technisch	Durch den Ausfall des Systemelements fällt der Prozess aus, es dauert mehr als 3 Tage die Funktion wieder herzustellen.	Bei Starkregen: eine Straße wird unterspült und ist nicht mehr befahrbar.
	Finanziell	Ein Ausfall des Systemelements verursacht sehr hohe Mehrkosten im Prozess und für die Wiederherstellung.	€€€€
	Menschen	Die Beeinträchtigung des Systemelements führt zu einem akuten Gesundheitsrisiko für Menschen. Der Prozess muss unterbrochen werden.	Bei Sturm: Mitarbeitende sind durch herabstürzende Gebäudeteile gefährdet, Besuchende des Fahrgastschiffs sind bei Sturm akut gefährdet.

Abbildung 17: Beispiel für ein Bewertungssystem für die Kritikalität der Systemelemente für die Prozesse.

3) Bewertung der Kritikalität

- Die Fachleute des Hafens tragen für jede mögliche Kombination aus Systemelement und Prozess in die vorbereitete Tabelle die folgenden Informationen ein:
- Ist das Systemelement am Prozess beteiligt?
- Wie kritisch ist das Systemelement für den Prozess?
Die Einschätzung erfolgt auf Grundlage des Bewertungssystems aus dem vorherigen Schritt.

4) Logische Prüfung

Nach dem Ausfüllen der Tabelle macht eine logische Prüfung Sinn:

- Gibt es Systemelemente, die an keinem Prozess beteiligt sind und ist diese Einschätzung korrekt?
- Gibt es Prozesse, an denen kein Systemelement beteiligt ist und wenn ja: fehlen Systemelemente?

Praxistipp

- Idealerweise erfolgen Erarbeitung des Bewertungssystems und Bewertung der Kritikalität gemeinsam durch alle relevanten Fachleute in einem Workshop. So kann ein einheitlicher Bewertungsmaßstab erarbeitet und in der Diskussion immer wieder kritisch hinterfragt werden.
- Sollte die Bewertung der Kritikalität, etwa aufgrund von Zeitmangel, nicht im Workshopformat stattfindet, sollte zumindest die Erarbeitung des Bewertungssystems immer gemeinsam durch die Fachleute erfolgen. Nur so kann sichergestellt werden, dass die Kritikalität ähnlich eingeschätzt wird.

Ergebnis dieses Schritts

Am Ende dieses Schritts liegt vor:

- eine nachvollziehbare Einschätzung der Kritikalität der relevanten Systemelemente für die im Hafen stattfindenden Prozesse,
- eine dokumentierte Bewertungslogik, nach der die Kritikalität eingeschätzt wurde,
- und damit eine belastbare Grundlage für die Ableitung der Warnstufen der Prozesse in Kapitel 5.3.4.2.

Beispiel aus dem Projekt CRANE

Im Projekt CRANE wurde die folgende Tabelle genutzt, um die Kritikalität der Systemelemente aufzunehmen (Tabelle 9).

Tabelle 9: Beispielhafte Klassifikation der Kritikalität einiger Systemelemente für ausgesuchte Prozesse (- nicht am Prozess beteiligt; + geringe Kritikalität; ++ mittlere Kritikalität; +++ hohe Kritikalität; ++++ sehr hohe Kritikalität)

Gruppe der SE	Systemelement (SE)	Prozess		
		Zu- und Abfahrt zum Hafen per...		
		...Schiff	...Bahn	...LKW
Wasserseitige Infrastruktur	Hafenbecken und Hafenbeckensohle	++++	-	-
	Kaimauern	++++	-	-
	Schrägufer	+++	-	-
	Spundwände	++++	-	-
	Reeden, Dalben	++++	-	-
Hafenbahnanlagen	Gleise und Weichen	-	+++	-
	Rangierbahnhof	-	+++	-
	Verkehrsleitzentrale (Stellwerk), elektrisch ortsverstellbare Weichen	-	+++	-
	Signaltechnik (+ Bahnübergänge)	-	-	-
	Bahnstromversorgung (inkl. Oberleitungen)	-	+	-
	Gleiswaage	-	-	-
Vorgelagerte Infrastruktur	Rhein und Neckar	++++	-	-
	Vorgelagertes Schienensystem	-	+++	-
	Öffentliche Straßen und Brücken (Zufahrten zum Hafen)	-	+++	+++

5.3.4.2 Klassifikation der Warnstufen für die Prozesse

Ziel

Die Warnstufen der relevanten Prozesse gegenüber den betrachteten Klimagefahren sind nachvollziehbar abgeleitet. Damit liegt eine Grundlage vor, um besonders störanfällige Prozesse zu identifizieren und in der Anpassungsplanung zu priorisieren.

Leitfragen

- Welche Kombinationen aus Risiko und Kritikalität führen zu welchen Warnstufen für die Prozesse?
 - Welche Prozesse sind gegenüber den betrachteten Klimagefahren heute oder in Zukunft besonders störanfällig?
-

Motivation

In diesem Arbeitsschritt werden die Informationen zum Risiko der Systemelemente und zu ihrer Kritikalität für die Prozesse zusammengeführt. Erst dadurch wird sichtbar, welche Prozesse durch klimabedingte Beeinträchtigungen besonders stark gestört werden können und deshalb in der Anpassungsplanung prioritär betrachtet werden sollten.

Input aus anderen Arbeitsschritten

- Das Risiko der Systemelemente gegenüber den Klimagefahren (Kapitel 5.3.3),
 - sowie die Kritikalität der Systemelemente für die im Hafen stattfindenden Prozesse (Kapitel 5.3.4.1).
-

Vorgehensweise

Die Klassifikation der Warnstufen wird in der Regel durch die Projektleitung auf Basis der bereits vorliegenden Bewertungen vorbereitet und anschließend gemeinsam mit dem Projektteam validiert. Ziel ist eine transparente und nachvollziehbare Zuordnung von Warnstufen für die Prozesse.

1) Gegenüberstellung von Risiko und Kritikalität

Benötigt wird eine Tabelle pro Prozess bestehend aus den Klimagefahren in Spalten und den am Prozess beteiligten Systemelementen in Zeilen. Die Systemelemente werden mit ihrer Kritikalität für den Prozess (Kapitel 5.3.4.1) vermerkt. In die Zellen wird das Risiko für das Systemelement in den drei Zeitscheiben eingetragen (Kapitel 5.3.3).

Prozess: Zu- und Abfahrt zum Hafen per Schiff

Klimagefahr → Systemelement ↓	Hitzewelle	Sturm	Starke Niederschläge	Hochwasser	Sinkende Wasserstände	Dürre	Boden- absenkung
Brücken (+)	»		■ »	»	»		
Hafenbecken und Hafenbeckensohle (++++)				»	»		
Kaimauern (++++)				»	»	»	
Schrägufer (+++)	»			»	»		■ » »
Spundwände (++++)				»	»		
Reeden, Dalben (++++)							
Schwimmende Bootshalle, Steiger (++++)	»	■ » »	»	■ »	»		
Container-Terminals (++++)	»	»	■ »	»	»		
Rhein und Neckar (++++)				■ » »	■ » »		
(+) geringe Kritikalität (++) mittlere Kritikalität (+++) hohe Kritikalität (++++) sehr hohe Kritikalität Hohes Risiko; mittleres Risiko; Gegenwart ■; nahe Zukunft »; ferne Zukunft »»; leere Zelle: kein Risiko							

Abbildung 18: Beispiel für eine Gegenüberstellung von Kritikalität und Risiko der am Prozess beteiligten Systemelemente.

2) Erarbeitung der Logik zur Vergabe der Warnstufen

In diesem Schritt erarbeitet und dokumentiert die Projektleitung, ab welcher Kombination von Kritikalität und Risiko welche Warnstufe für den Prozess vergeben wird.

- Diese Logik sollte erst nach dem Vorliegen der im vorherigen Schritt befüllten Tabelle (Abbildung 18) erarbeitet werden. Ziel ist es hier, Unterschiede zwischen den Prozessen herauszuarbeiten. Wie diese Unterschiede bestmöglich dargestellt werden, hängt von der Einschätzung der Kritikalität ab, also davon wie schnell z.B. die höchste Stufe der Kritikalität vergeben wird und wie viele Kritikalitäts-Klassen gewählt wurden.
- Um die Einteilung der Warnstufen nachvollziehbar und transparent zu gestalten, sollte die Logik nicht zu komplex sein. Sie kann sich beispielweise darauf beziehen, dass die Warnstufe vergeben wird, sobald die definierte Kombination auf ein am Prozess beteiligtes Systemelement zutrifft. Ein Beispiel für eine solche Logik zeigt Tabelle 10.

Tabelle 10: Beispiel für eine Vergabe-Logik der Prozess - Warnstufen in Abhängigkeit von der Kritikalität eines Systemelements im Prozess und dessen Risiko.

Kritikalität des Systemelements für den Prozess	Risiko für das Systemelement gegenüber einer Klimagefahr	Prozess-Warnstufe
+++d+	hoch	 Sehr hoch
++++	mittel	 Hoch
+++	hoch	 Hoch
+++	mittel	 Mittel
++	hoch	 Mittel

3) Vergabe der Prozess-Warnstufen

Die Projektleitung wendet die erarbeitete Vergabe-Logik für die Warnstufen (Tabelle 10) auf die Kombination von Kritikalität und Risiko pro Prozess und Zeitscheibe (Abbildung 18) an, so dass für jeden Prozess eine Warnstufe pro Zeitscheibe vergeben wird (siehe Abschnitt „Beispielhafte Ergebnisse“, Abbildung 20).

Prozess: Zu- und Abfahrt zum Hafen per Schiff

Klimagefahr → Systemelement ↓	Hitzewelle	Sturm	Starke Niederschläge	Hochwasser	Sinkende Wasserstände	Dürre	Bodenabsenkung
Brücken (+)	»		■ »	»	»		
Hafenbecken und Hafenbeckensohle(++++)				»	»		
Kaimauern(++++)				»	»	»	
Schrägufer(+++)	»			»	»		■ »
Spundwände(++++)				»	»		
Reeden, Dalben(+++)							
Schwimmende Bootshalle, Steiger(++++)	»	■ »	»	■ »	»		
Container-Terminals(++++)	»	»	■ »	»	»	»	
Rhein und Neckar(++++)				■ »	»	»	
(+) geringe Kritikalität (++) mittlere Kritikalität (+++) hohe Kritikalität (++++) sehr hohe Kritikalität Hohes Risiko; mittleres Risiko; Gegenwart ■; nahe Zukunft »; ferne Zukunft »; leere Zelle: kein Risiko keine Warnstufe mittlere Warnstufe hohe Warnstufe sehr hohe Warnstufe							

Abbildung 19: Beispiel für die Vergabe von Warnstufen für einen Prozess und verschiedene Klimagefahren auf Grundlage von Kritikalität und Risiko der am Prozess beteiligten Systemelemente und nach der beispielhaften Bewertungslogik (Tabelle 10).

Auf der Ebene der Prozesse kann es hilfreich sein, die unterschiedlichen **Klimagefahren in Gruppen zusammenzufassen**. Hierdurch werden die Ergebnisse übersichtlicher dargestellt. Allerdings ist hierbei darauf zu achten, dass bei der Zusammenfassung der Gründe für die Warnstufen klar die Klimagefahr und ihre Auswirkung auf das SE benannt wird, um die passenden Anpassungsmaßnahmen ableiten zu können.

4) Validierung der Warnstufen

In einem gemeinsamen Termin mit den Fachleuten des Projektteams werden die Warnstufen vorgestellt, diskutiert und validiert. Leitfragen sind:

- Machen die Warnstufen relativ zueinander Sinn, d.h. macht es Sinn, dass z.B. der Prozess *Zu- und Abfahrt per Schiff* einer höheren Warnstufe durch Hitzewellen unterliegt als der Prozess *Instandhaltung*?
- Ist das Gesamtbild der Warnstufen stimmig?

Korrekturen in diesem Stadium der Klimarisikoanalyse sind sinnvoll, hier werden möglicherweise unterschiedliche Bewertungsmaßstäbe der Fachleute aufgedeckt und angeglichen. Dieser Schritt ist besonders wichtig, wenn die bewertenden Fachleute nicht in einem Workshop gemeinsam alle Kritikalitäten der Systemelemente erarbeitet haben (Kapitel 5.3.4.1)

Praxistipp

- In dem Termin zur Validierung der Warnstufen mit dem gesamten Projektteam sollen nicht die Details besprochen werden, sondern die Stimmigkeit der Ergebnisse untereinander.
- Planen Sie im Anschluss an dieses Meeting Zeit für eine weitere Überarbeitungsrunde der Warnstufen ein – Änderungen sind wahrscheinlich und gewollt!

Ergebnis dieses Schritts

Am Ende dieses Schritts liegt vor:

- eine nachvollziehbare Ableitung der Warnstufen für die relevanten Prozesse gegenüber den betrachteten Klimagefahren,
- eine dokumentierte Logik, nach der Risiko und Kritikalität zu Warnstufen zusammengeführt werden,
- und damit eine belastbare Grundlage für die Priorisierung besonders störanfälliger Prozesse im Hafen.

Beispiel aus dem Projekt CRANE

Die Darstellung der Warnstufe kann beispielsweise in Form von dreigeteilten Fahnen geschehen, wobei die Abschnitte in den Fahnen von links nach rechts die drei analysierten Zeitscheiben repräsentieren (Abbildung 20). Auf den ersten Blick sichtbar ist, dass der Ablauf der Prozesse Zu- und Abfahrt mit dem Schiff sowie Rheinkreuzfahrt durch die Klimagefahren der Gruppe 1 am deutlichsten und im kürzesten Zeithorizont gestört werden. Um die Gründe für diese Störung zu erfassen, wird Abbildung 20 ergänzt durch Informationen zu den Systemelementen, die die Einstufung in die Warnstufe auslösen, sowie den Klimagefahren, durch die ein Risiko für diese Systemelemente entsteht (Tabelle 11).

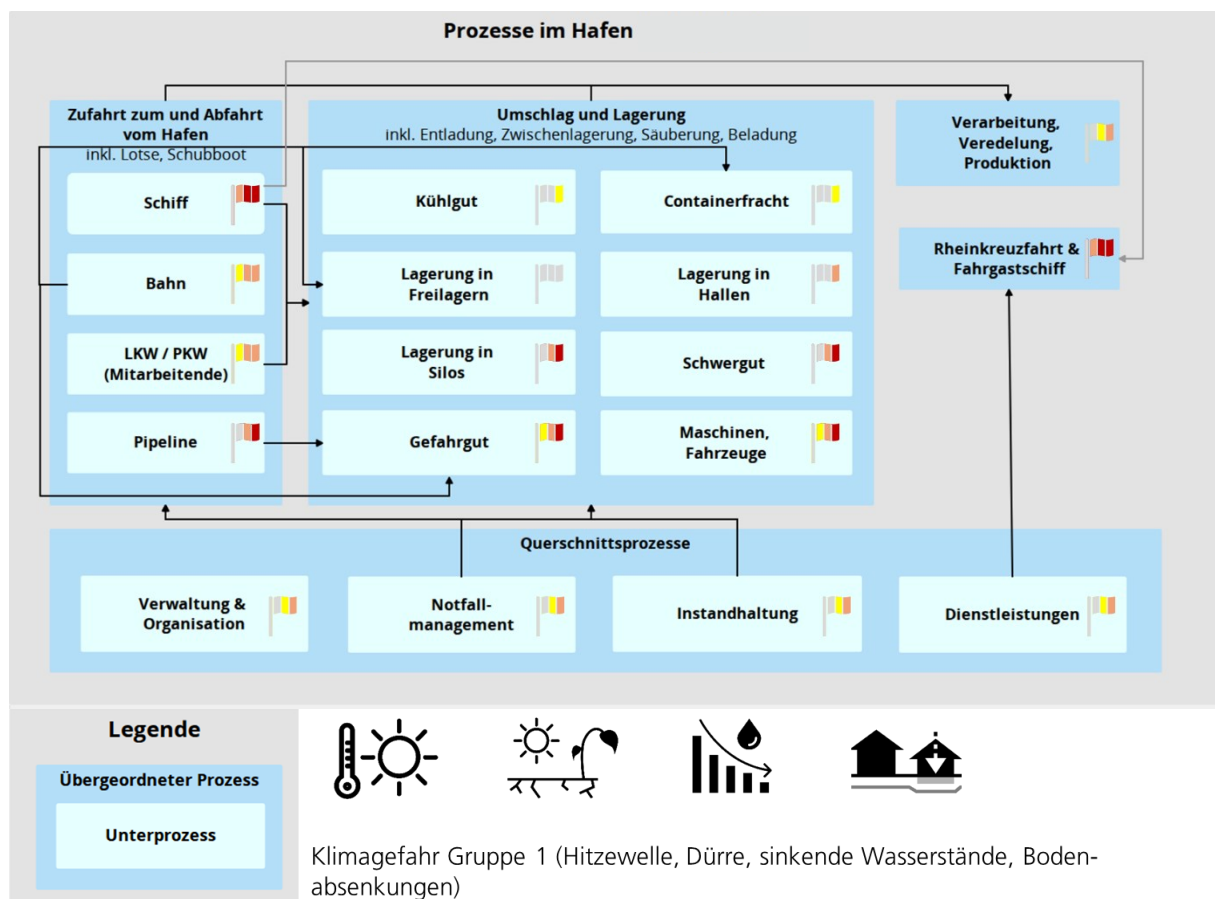


Abbildung 20: Beispielhafte Prozesse und ihre Warnstufen für die Klimagefahr Hochwasser (Farbe der Fahnen: grau = keine, gelb = mittlere, hellrot = hohe, dunkelrot = sehr hohe Warnstufe; die Abschnitte der Fahnen stehen für die Zeitscheiben, von links nach rechts Gegenwart, nahe Zukunft, ferne Zukunft).

Tabelle 11: Systemelemente (SE) mit hohem Risiko, die für mindestens einen Prozess sehr kritisch sind (Warnstufe „sehr hoch“)

Was sollte prioritär angepasst werden?		Gegenüber welcher Klimagefahr?	Um welche Prozesse zu sichern?	
Wasserseitige Infrastruktur	Kaimauern	Sinkende Wasserstände	Zu- und Abfahrt	...per Schiff
			Umschlag und Lagerung	...von Schwergut, Gefahrgut, Autos/Maschinen/Fahrzeugen
	Schwimmende Bootshalle, Steiger	Starke Niederschläge	Zu- und Abfahrt	...per Schiff
			Weitere	...Rheinkreuzfahrt & Fahrgastschiff
Umschlagsplätze und -geräte (ohne Gefahrgut)	Containerterminals	Hitzewelle, Hochwasser	Zu- und Abfahrt	...per Schiff
	Krananlagen	Hochwasser	Umschlag und Lagerung	...von Schwergut
			Umschlag und Lagerung	...in Silos
Vorgelagerte Infrastruktur	Rhein und Neckar	Hochwasser, sinkende Wasserstände	Zu- und Abfahrt	...per Schiff, Bahn
			Weitere	...Rheinkreuzfahrt & Fahrgastschiff
Bauwerke im Allgemeinen	Betriebseinrichtungen in Innenräumen (z.B. Mobilier, Maschinen) und im Freien (z.B. Beleuchtung)	Hitzewelle, starke Niederschläge, Hochwasser	Zu- und Abfahrt	...per Pipeline
	Lagerhallen	Starke Niederschläge, Hochwasser	Umschlag und Lagerung	...in Hallen
Gefahrgut	Umschlageinrichtung Gefahrgut (z.B. Mineralöl)	Hochwasser	Umschlag und Lagerung	...von Gefahrgut
Anschlüsse, Ver- und Entsorgung	Externe Energieversorgung	Hitzewelle, starke Niederschläge, Hochwasser	Umschlag und Lagerung	...in Silos

Brienen S, Walter A, Brendel C, Fleischer C, Ganske A, Haller M, Helms M, Höpp S, Jensen C, Jochumsen K, Möller J, Krähenmann S, Nilson E, Rauthe M, Razafimaharo C, Rudolph E, Rybka H, Schade N, Stanley K. (2020): Klimawandelbedingte Änderungen in Atmosphäre und Hydrosphäre: Schlussbericht des Schwerpunktthemas Szenarienbildung (SP-101) im Themenfeld 1 des BMVI-Expertennetzwerks. 157 Seiten. DOI: 10.5675/ExpNBS2020.2020.02

Buth, Mareike; Kahlenborn, Walter; Greiving, Stefan; Fleischhauer, Mark; Zebisch, Marc; Schneiderbauer, Stefan; Schauser, Inke (2017): Leitfaden für Klimawirkungs- und Vulnerabilitätsanalysen. Empfehlungen der Interministeriellen Arbeitsgruppe Anpassung an den Klimawandel der Bundesregierung. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt (Leitfäden und Handbücher).

Deutscher Bundestag (2010): Drucksache 17/4178 Abrufbar unter: <http://dipbt.bundestag.de/dip21/btd/17/041/1704178.pdf> (02.01.2021).

Fritzsche, K., Schneiderbauer, S., Bubeck, P., Kienberger, S., Buth, M., Zebisch, M., and Kahlenborn, W. (2014). The Vulnerability Sourcebook. Concept and guidelines for standardised vulnerability assessments. Bonn and Eschborn: German Federal Ministry for Economic Cooperation and Development and Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH. http://www.adaptationcommunity.net/?wpfb_dl=203. Accessed 18 May 2018.

Galan, Juanjo; Galiana, Francisco; Kotze, D. Johan; Lynch, Kevin; Torreggiani, Daniele; Pedroli, Bas (2023): Landscape adaptation to climate change: Local networks, social learning and co-creation processes for adaptive planning. In: Global Environmental Change 78, S. 102627. DOI: 10.1016/j.gloenvcha.2022.102627.

GIZ and EURAC (2017). Risk Supplement to the Vulnerability Sourcebook. Guidance on How to Apply the Vulnerability Sourcebook's Approach with the New IPCC AR5 Concept of Climate Risk. Bonn: GIZ.

IPCC (2014). Klimaänderung 2013: Naturwissenschaftliche Grundlagen. Häufig gestellte Fragen und Antworten – Teil des Beitrags der Arbeitsgruppe I zum Fünften Sachstandsbericht des Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderungen (IPCC) [T.F. Stocker, D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex und P.M. Midgley (Hrsg.)]. Deutsche Übersetzung durch die deutsche IPCC-Koordinierungsstelle und Klimabüro für Polargebiete und Meeresspiegelanstieg, Bonn, 2017. Verfügbar unter: https://www.dwd.de/DE/forschung/klima_umwelt/klimaprojektionen/fuer_deutschland/fuer_dtsl_umgangbandbreiten_node.html. [Aufgerufen am 7.8.2024]

IPCC (2018). Annex I: Glossary [Matthews, J.B.R. (ed.)]. In: Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, and T. Waterfield (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, pp. 541-562, doi:10.1017/9781009157940.008

IPCC, 2023: Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on

Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 184 pp., doi: 10.59327/IPCC/AR6-9789291691647.

ISO 14091 - Adaptation to climate change - Guidelines on vulnerability, impacts and risk assessment.

Kahlenborn, Walter; Porst, Luise; Voß, Maike; Fritsch, Uta; Renner, Kathrin, Zebisch, Marc; Wold, Mareike et al. (2021): Klimawirkungs- und Risikoanalyse 2021 für Deutschland (KWRA 2021). Umweltbundesamt. Dessau-Roßlau (Climate Change 26/2021).

Luise Porst; Maike Voß; Walter Kahlenborn; Inke Schauser (2022): Klimarisikoanalysen auf kommunaler Ebene. Handlungsempfehlungen zur Umsetzung der ISO 14091. Hg. v. Umweltbundesamt. Dessau-Roßlau.

Lukas Dorsch; Christian Kind; Thomas Loew; Inke Schauser (2022): How to perform a robust climate risk and vulnerability assessment for EU taxonomy reporting? Recommendations for companies - final draft. Hg. v. Umweltbundesamt.

Lukas Dorsch; Christian Kind; Thomas Loew; Inke Schauser (2022): Durchführung einer robusten Klimarisiko- und Vulnerabilitätsanalyse nach EU Taxonomie. Empfehlungen für Unternehmen. Hg. v. Umweltbundesamt. Dessau-Roßlau.

Lukas Dorsch; Christian Kind; Thomas Loew; Inke Schauser (2022): How to perform a robust climate risk and vulnerability assessment for EU taxonomy reporting? Recommendations for companies - final draft. Hg. v. Umweltbundesamt. Dessau-Roßlau.

Marc Zebisch; Kathrin Renner; Massimiliano Pittore; Uta Fritsch; Sophie Rose Fruchter; Stefan Kienberger et al. (2023): Climate Risk Sourcebook 2023. Hg. v. GIZ. Eurac Research, GeoSphere Austria, Paris-London University of Salzburg, International Institut for Applied Systems Analysis, United Nations University, Deutsche Gesellschaft für International Zusammenarbeit. Bonn and Eschborn.

PIANC Secrétariat Général (Hrsg.), 2020: PIANC Report 178: Climate Change Adaptation Planning for Ports and Inland Waterways (2020)

PNACC2 (2018): Second plan national d'adaptation au changement climatique (PNACC2), Ministère de la Transition écologique et solidaire, Paris, France, 2018

Sartorius, Julian V.; Geddes, Alistair; Gagnon, Alexandre S.; Burnett, Kathryn A. (2024): Participation and co-production in climate adaptation: Scope and limits identified from a meta-method review of research with European coastal communities. In: WIREs Climate Change 15 (3), Artikel e880. DOI: 10.1002/wcc.880.

Sommerauer, Wout Jan-Willem; van der Bolt, Bregje; Werners, Saskia; Smolenaars, Wouter Julius; Ludwig, Fulco (2026): Forging Common Paths: A Systematic Review of Co-Creation and Collaborative Learning in Adaptation Pathways. In: WIREs Climate Change 17 (1), Artikel e70038. DOI: 10.1002/wcc.70038.

TRACC (2023): La Trajectoire de réchauffement de référence pour l'adaptation au changement climatique (TRACC), Ministère de la Transition écologique et de la Cohésion des territoires, Paris, France, 2023

7 Anhang

Im Anhang findet sich die im Projekt CRANE erarbeitete Liste von Systemelementen (Anhang 7.1) und die im Projekt CRANE verwendeten Fragebögen zur Sammlung von Informationen (Anhang 7.2 und 7.3). Diese Ressourcen können als Inspiration dienen, erheben aber keinen Anspruch auf Vollständigkeit

7.1 Liste möglicher Systemelemente

Tabelle 12: Liste der im Projekt CRANE identifizierten Systemelemente

Gruppe	Systemelement	Gruppe	Systemelement
Bauwerke im Allgemeinen	Brücken	Wasserseitig	Hafenbecken und Hafenbecken- sohle
	Unterführungen		Kaimauern
	Neue oder sanierte Gebäude		Schrägufer
	Alte Gebäude (> 50 Jahre und nicht saniert)		Spundwände
	Aufbauten auf Gebäuden		Reeden, Dalben
	Untergeschosse		Bootshalle
	Betriebseinrichtungen in Innenräu- men und im Freien		Roll-On-Roll-Off-Anlage
	Lagerhallen		Schwimmende Bootshalle, Stei- ger
	Hochwasser-Sperrtore und Schleusen		Dämme
	Stellwerksgebäude	Notfall- geräte	Feuerwehrautos & -boote, Poli- zei
	Auffangbecken		Hydranten
	Stützmauern	Umschlagsplätze und -geräte (ohne Gefahrgut)	Container-Terminals
	Aufschüttungen		Freilager
Anschlüsse, Ver- und Ent- sorgung	Eigene Wasserversorgung (zB Brun- nen)		Krananlagen
	Abwasserentsorgung, Hebewerk		Großmaschinen (Bagger, Reach- stacker)
	Eigene Energieversorgung (inkl Tankstelle)		Gelagerte Fracht, Container und Silos
	Externe Wasserversorgung		Produktionsbetriebe (Liegen- schaften)

Gruppe	Systemelement	Gruppe	Systemelement
	Externe Energieversorgung	Vorgelagerte Infrastruktur	Rhein und Neckar
	Telekommunikationseinrichtungen		Vorgelagertes Schienensystem
	Sonstige leitungsgebundene Versorgung		Öffentliche Straßen und Brücken (Zufahrten zum Hafen)
Hafenbetriebe	Fahrgastschiffe	Hafenbahnanlagen	Gleise und Weichen
	Werkstatt, Bauhof		Rangierbahnhof
	Hafenverwaltung (Gebäude, Infrastruktur, Personal)		Verkehrsleitzentrale (Stellwerk), elektrisch ortsverstellbare Weichen
	Boote & Plattformen		Signaltechnik inkl Bahnübergänge
	Wasserbauabteilung		Bahnstromversorgung inkl Oberleitungen
Natürliche Elemente	Böden	Gefahrgut	Gleiswaage
	Flora & Fauna(Grünflächen, Ausgleichflächen, Naturschutzgebiete)		Umschlageinrichtung Gefahrgut (zB Mineralöl)
	Wasserfläche/ Hafenbecken		Mineralöl-Lager
Straßenseitige Infrastr.	Straßen und Zufahrten	Personal	Sicherungsvorrichtung
	Bermeweg & Radweg		Mitarbeitende

7.2 Allgemeine Informationssammlung

Hinweis: In dieser Tabelle werden allgemeine Informationen zu Ihrem Hafen gesammelt. Die Art der Information finden Sie in der linken Spalte.

Informationen, die das Projektteam vorab aus den öffentlich zugänglichen Webseiten zusammengestellt hat, bitten wir Sie hinsichtlich ihrer Aktualität und Richtigkeit zu überprüfen.

Wenn noch keine Informationen vermerkt sind, hat das Projektteam keine öffentlich zugänglichen Informationen identifiziert. Hier bitten wir Sie, die Ihnen verfügbaren Informationen einzutragen.

Sollten Sie Kommentare oder Fragen zu den jeweiligen Themen haben, tragen Sie diese bitte in der letzten Spalte ein.

Information	Vorhanden?	Angaben zu der Information	Frage / Kommentar
Benötigtes Dokument / Information (Berichte, Karten, lokale Klimainformationen)			
Karten des Hafengeländes	☐ Ja ☐ Nein ☐ ?	Wenn ja, geben Sie hier bitte den Link oder eine andere Art des Zugriffs an	
Sind Karten oder Pläne der Hafenstandorte im GIS-Format vorhanden?	☐ Ja ☐ Nein ☐ ?	Wenn ja, welche? ☐ Allgemeine Lagepläne der Hafengebiete ☐ Karte mit Kundenstandorten ☐ Karte/Plan mit genauer Lage der Bauten	

Information	Vor- han- den?	Angaben zu der Information	Frage / Kommen- tar
		☐ Karte/Plan mit genauer Lage der oberirdischen Infrastrukturelemente ☐ Kanalinformationssystem für das Abwasserkanalsystem ☐ Hafeneigenes GIS-System ☐ Sonstige:	
Jahresberichte	☐ Ja ☐ Nein ☐ ?	Wenn ja, geben Sie hier bitte den Link oder eine andere Art des Zugriffs an	
Hafen-Magazin / Newsletter	☐ Ja ☐ Nein ☐ ?	Wenn ja, geben Sie hier bitte den Link oder eine andere Art des Zugriffs an	
Hitzekarte	☐ Ja ☐ Nein ☐ ?	Wenn ja, geben Sie hier bitte den Link oder eine andere Art des Zugriffs an	

Information	Vor- han- den?	Angaben zu der Information	Frage / Kommen- tar
Regionale oder kommunale Klima- risikoanalysen	☐ Ja ☐ Nein ☐ ?	Wenn ja, geben Sie hier bitte den Link oder eine andere Art des Zugriffs an	
Regionale oder kommunale Klima- anpassungsstrategien	☐ Ja ☐ Nein ☐ ?	Wenn ja, geben Sie hier bitte den Link oder eine andere Art des Zugriffs an	
Benötigte Information allgemein (Hafenstruktur, -lage, -organisation, -Dienstleistungen, Basiskennzahlen)			
Größe des Hafens	-	Bitte geben Sie hier Informationen zu Standorten und Größe an	
Geographische Besonderheiten	-	Bitte geben Sie hier eventuelle Besonderheiten an	
Kunden des Hafenstandorts	-	Bitte geben Sie hier einen Überblick über die Kunden des Hafens und benennen Sie die Wichtigsten	
Gibt es Kunden, die im Rahmen der EU-Taxonomie-Verordnung berichtspflichtig sind (dies trifft auf Unternehmen mit über 500 Mitarbeitenden zu)?	☐ Ja ☐ Nein ☐ ?	Wenn ja, geben Sie diese bitte hier an	
Organisation			

Information	Vorhanden?	Angaben zu der Information	Frage / Kommentar
Zusammensetzung des Entscheidungsgremiums (Aufsichtsrat) des Hafenbetreibers (wirtschaftlicher/öffentlicher Akteur, Rechtsform usw.)	-		
Wie ist die Beziehung zwischen Wasser- und Schifffahrtsverwaltung und Hafengesellschaft organisiert?	-		
Wie ist die Beziehung zwischen Hafenbetreiber und der Kommune/Region, in der der Hafen angesiedelt ist?	-	Gibt es Kooperationen mit der Kommune im Bereich Nachhaltigkeit und Klimawandelanpassung? ☐ Nein ☐ Ja Wenn ja, wie sehen sie aus? Gibt es Zielkonflikte mit der Kommune? ☐ Nein ☐ Ja Wenn ja, welche? Sonstige Informationen zum Verhältnis zwischen Kommune und Hafen:	

Information	Vor- han- den?	Angaben zu der Information	Frage / Kommen- tar
Hat der Hafenbetreiber Koordinie- rungsbefugnis gegenüber seinen Kunden/Partnern?	-	☐ Nein ☐ Ja, beschränkt auf:.....	
Wer ist Eigentümer des Grund- stücks des Hafengeländes?	-	☐ Hafengesellschaft ☐ Andere:.....	
Weiteres zu Eigentumsrechten	-		
Dienstleistungen			
Arten der Geschäftstätigkeiten	-		
Weiteres zu „Container“	-		
Weiteres zu „Schwergut“	-		
Weiteres zu „Schüttgut“	-		
Weiteres zu „Lagerung“	-		
Art der wasserseitigen Güter & Waren (Güterklasse NST und Wa- renuntergruppen) 2022	-		

Information	Vor- han- den?	Angaben zu der Information	Frage / Kommen- tar
Art der schienenseitigen Güter & Waren (Frachtkategorien) 2022	-		
Betriebskennzahlen			
Anzahl der Mitarbeitenden in der Hafengesellschaft	-		
Wasserseitiger Güterumschlag	-		
Gesamter Containerumschlag in TEU (Twenty-Foot Equivalent Unit)	-		
Containerumschlag wasserseitig	-		
Containerumschlag schienenseitig	-		
Containerumschlag straßenseitig	-		
Anteil der Fracht von und zu den Seehäfen (Jahr 2022)	-	Rotterdam: Antwerpen: Weitere: (falls vorhanden bitte ein Dokument dazu schicken)	
Jährlicher Binnenschiffsverkehr	-		

Information	Vor- han- den?	Angaben zu der Information	Frage / Kommen- tar
Jährlicher Schienenverkehr	-		
Jährlicher Straßenverkehr	-		
Infrastruktur			
Information zur am Hafen ansässigen Infrastruktur	-		
Vernetzung mit anderen Verkehrsinfrastrukturen (Straße, Schiene)	-	Für den Straßenverkehr von und zum Hafen wichtigste lokale Zufahrtsstraßen: Z.B. Der Name der Straße, der Typ oder die Anzahl? - Namen und Typen (RN, RD, RC) der wichtigsten direkten Zufahrtsstraßen zum Hafengelände. Bsp: <i>Rue de la Rochelle (RD) – Rue du Rheinfeld (RD) (Hafengebiete B und C)</i> <i>Rue du Bauerngrund (RD) / Rue de la Rochelle (RD) (Hafengebiete A-E)</i> <i>Rue du Havre (RD) – Rue du Rhin Napoléon (RC) (Hafengebiet F)</i> <i>Avenue du Rhin (RN) – Rue du Rhin Napoléon (RC) (Hafengebiet F)</i> - Für den Straßenverkehr von und zum Hafen wichtigste lokale Straßenbrücken in der Kommune: 	

Information	Vorhanden?	Angaben zu der Information	Frage / Kommentar
		 - Wichtige lokale Eisenbahnbrücken (Bsp.): <i>Eisenbahnbrücke über den Rhein nach Kehl</i> <i>Eisenbahnbrücken über den Canal du Rhône au Rhin</i> <i>Straßenbahnbrücke über den Rhein nach Kehl (Pont Beatus Rhenanus)</i> - Bahnanschlüsse (Gleisanschlüsse des Hafengeländes zu Gleisen anderer Bahnunternehmen): <i>Bsp.: Anschluss Industriehafen an die Strecke Kehl-Straßburg</i> 	
Abhängigkeit zu Ver- und Entsorgungsinfrastrukturen	-	Stromanbieter: Fernwärme: Fernkälte:	

Information	Vor- han- den?	Angaben zu der Information	Frage / Kommen- tar
		Telekommunikation: Trinkwasserversorgung: Zahl der Anschlüsse zur öffentlichen Kanalisation: Ggf. weitere:	
Angabe, zu und von welchen See- häfen Güterverkehr stattfindet	-		
Am Hafenstandort vorzufindende Infrastrukturelemente (Wasser- straßen, Schleusen, Brücken, Ha- fenbecken, ...)	-	Falls vorhanden bitte Verzeichnis mit Anzahl der Infrastrukturelemente schicken mit Angaben zu Typ, Bezeichnung, Anzahl, Standort(e) (Hafengebiet reicht)	
Risikomanagement			

Information	Vorhanden?	Angaben zu der Information	Frage / Kommentar
Wie werden bei Ihnen Risiken gemanagt?	-	☐ Integriertes Risikomanagement für mehrere Bereiche ☐ Separates Risikomanagement für verschiedene Bereiche (z.B. Business Continuity, IT-Sicherheit, Katastrophenschutz etc.) ☐ Kein Risikomanagement	
Welche Risiken werden gemanagt?	-	☐ Business Continuity ☐ IT-Sicherheit ☐ Umgang mit Gefahrstoffen ☐ Katastrophenschutz (Brandbekämpfung, Hochwasserschutz, ...) ☐ Klimarisiken ☐ Weitere:	
Risikomanagementpläne vorhanden?	-	☐ Nicht vorhanden Managementplan vorhanden für ☐ Business Continuity, letzte Aktualisierung:	

Information	Vor- han- den?	Angaben zu der Information	Frage / Kommen- tar
		☐ IT-Sicherheit, letzte Aktualisierung: ☐ Umgang mit Gefahrstoffen, letzte Aktualisierung: ☐ Katastrophenschutz, letzte Aktualisierung: ☐ Klimarisiken, letzte Aktualisierung: ☐ Weitere:	
Versicherung			
Art von Schäden, die am Standort versichert sind	-	☐ Gebäudeversicherung ☐ Elementarschadensversicherung ☐ Betriebsunterbrechungsversicherung ☐ Sonstige:	

Information	Vorhanden?	Angaben zu der Information	Frage / Kommentar
Besteht eine mögliche Unterversicherung bei bestimmten Arten von Schäden durch Extremwetter?	-	☐ Ja ☐ Nein, Versicherung reicht aus.	
Weiteres			
Welche Organisationen müssen in die Risikoanalyse mit einbezogen werden?		☐ Kommunen:..... ☐ Kunden/Hafennutzende:..... ☐ Bahn:..... ☐ Logistikunternehmen:..... ☐ Binnenschiffer:..... ☐ KEINE	
An welchen Hafenstandorten werden fossile Brennstoffe gelagert?		☐ Kohle Standorte:..... ☐ Erdöl Standorte:..... ☐ Flüssiggas Standorte:..... ☐ Sonstige Standorte:..... ☐ KEINE Lagerung fossiler Brennstoffe (mit Ausnahme von Tankstellen)	

Information	Vor- han- den?	Angaben zu der Information		Frage / Kommen- tar
An welchen Hafenstandorten wer- den sonstige Gefahrgüter gelagert (die nicht fossile Brennstoffe sind)?	-	☐ Erdölprodukte	Standorte:.....	
		☐ Chemische Erzeugnisse:	Standorte:.....	
		☐ Sonstige Gefahrgüter		
		Art:	Standorte:.....	
		Art:	Standorte:.....	
		Art:	Standorte:.....	
		Art:	Standorte:.....	

7.3 Informationssammlung zu früheren Schäden und zum Status der Hafeninfrastruktur

Dieser Fragebogen behandelt speziell das Thema **Daten- und Informationserhebung zu früheren Schäden und zum Status der Resilienz der Hafeninfrastruktur**, welche als Wissens- und Arbeitsgrundlage für die weitere Klimarisikoanalyse dienen. Der Fragebogen ist an den Leitfragen aus den Leitfäden des Umweltbundesamtes bzw. der EU orientiert.

Die Beantwortung der Fragen wird auf Ihrer Seite mit betriebsinterner Recherche verbunden sein. Mögliche Informationsquellen könnten sein:

- Versicherungsunterlagen, in denen Schäden geltend gemacht wurden (Gebäudeversicherung, Betriebsunterbrechungsversicherung, Elementarschadensversicherung etc.)
- Hinweise in Geschäftsberichten
- Schadensmeldungen von Kunden
- Langjährige Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, die sich an Schäden erinnern

Wir bitten Sie, die mit vertretbarem Aufwand zu ermittelnden Daten und Informationen in den Fragebogen einzutragen. Wenn es um monetäre Angaben geht, etwa Betriebsergebnisse, dann können Sie etwa den wirtschaftlichen Schaden auch relativ zum Vorjahresumsatz oder -ergebnis beziffern, falls Sie keine absoluten Zahlen angeben möchten.

Daten- und Informationserhebung zu früheren Schäden und zum Status der Resilienz der Hafeninfrastruktur

In welchem baulichen und betrieblichen Zustand befinden sich die Infrastrukturelemente Ihres Hafens? (Bspw. Alter, Ausfallanfälligkeit, Stilllegungen, hohe/geringe Beanspruchung, Sanierung anstehend/erfolgt etc.)

Infrastrukturkategorie	Baulicher und betrieblicher Zustand
Wasserseitig	Hafenbecken:..... Kaimauern:..... Schrägufer:..... Spundwände:..... Schleusen:..... Weitere:
Umschlagsplätze und -geräte	Terminals:..... Lager:..... Kranbrücken:..... Weitere:.....
Hafenbahnanlagen	Gleise:..... Rangierbahnhof:..... Verkehrsleitzentrale:..... Weitere:.....
Straßenseitig	Straßen:..... Zufahrten:.....
Bauwerke	Brücken:..... Unterführungen:..... Lagerhallen:..... Gebäude:..... Weitere:.....

Sonstige		
Wurde der Hafenstandort in den letzten ein bis zwei Jahrzehnten durch die Auswirkungen von Klimagefahren beeinträchtigt?		
Wetterphänomen/ extremes Klimaereignis	Beeinträchtigung am Standort	
Hitzestress	☐ Ja	☐ Nein
Variabilität von Niederschlägen oder der Hydrologie	☐ Ja	☐ Nein
Hitzewellen	☐ Ja	☐ Nein
Dürre	☐ Ja	☐ Nein
Starke Niederschläge	☐ Ja	☐ Nein
Niedrigwasser	☐ Ja	☐ Nein
Hochwasser (Küsten-, Fluss-, Regenwasser)	☐ Ja	☐ Nein
Bodenabsenkungen	☐ Ja	☐ Nein
Sturm	☐ Ja	☐ Nein
Weitere (.....)	☐ Ja	☐ Nein
Wenn ja, welche Wetterphänomene und extremen Klimaereignisse haben in den letzten ein bis zwei Jahrzehnten am Hafenstandort physische Schäden oder wirtschaftliche Schäden verursacht?		
Wetterphänomen/ extremes Klimaereignis	Physische Schäden	Wirtschaftliche Schäden
Hitzestress	☐ Ja ☐ Nein	☐ Ja ☐ Nein
Variabilität von Niederschlägen oder der Hydrologie	☐ Ja ☐ Nein	☐ Ja ☐ Nein
Hitzewellen	☐ Ja ☐ Nein	☐ Ja ☐ Nein
Dürre	☐ Ja ☐ Nein	☐ Ja ☐ Nein
Starke Niederschläge	☐ Ja ☐ Nein	☐ Ja ☐ Nein
Niedrigwasser	☐ Ja ☐ Nein	☐ Ja ☐ Nein
Hochwasser (Küsten-, Fluss-, Regenwasser)	☐ Ja ☐ Nein	☐ Ja ☐ Nein
Bodenabsenkungen	☐ Ja ☐ Nein	☐ Ja ☐ Nein
Sturm	☐ Ja ☐ Nein	☐ Ja ☐ Nein
Weitere	☐ Ja ☐ Nein	☐ Ja ☐ Nein
Welche physischen Schäden sind durch wetterbedingte oder meteorologische Ereignisse an den Infrastrukturelementen des Hafenstandorts entstanden? Bitte ordnen Sie den Infrastrukturelementen die physischen Schäden zu. (Beispiele physischer Schäden: Wasserschaden, Vorzeitige Alterung durch Hitze, mechanischer oder elektronischer Defekt, Sturmschaden, Blitzeinschlag, Weitere)		
Infrastrukturkategorie	Beschreibung der physischen Schäden	
Wasserseitig	Hafenbecken:..... Kaimauern:.....	

	Schrägufer:..... Spundwände:..... Schleusen:..... Weitere:
Umschlagsplätze und -geräte	Terminals:..... Lager:..... Kranbrücken:..... Weitere:.....
Hafenbahnanlagen	Gleise:..... Rangierbahnhof:..... Verkehrsleitzentrale:..... Weitere:.....
Straßenseitig	Straßen:..... Zufahrten:.....
Bauwerke	Brücken:..... Unterführungen:..... Lagerhallen:..... Gebäude:..... Weitere:.....
Sonstige	

Wie hoch waren die monetären Schäden, die durch Klimaschäden entstanden sind? (Bspw. Umsatzrückgang, Verluste oder Mehrkosten für Reparatur oder Neuanschaffung etc.; Angaben können auch relativ zum Vorjahresergebnis gemacht werden [Prozentuale Abweichung])

Antwort:

Wie haben Klimaereignisse in den letzten Jahren die Gesundheit der Hafenmitarbeitenden beeinflusst oder geschädigt?

Antwort:

Welche Schutz- und Anpassungsmaßnahmen für die Infrastruktur wurden am Hafenstandort implementiert, um potenzielle Klimarisiken zu mindern?

- | | |
|---|---|
| ☐ Verschattung | ☐ Einsatz sturmfester Konstruktionen |
| ☐ Begrünung | ☐ Entwässerungssysteme |
| ☐ Kanalnetzanpassung | ☐ Überwachung- und Frühwarnsysteme |
| ☐ Hochwasserschutz | ☐ Dämmung |
| ☐ Wasserrückhaltung | ☐ Weitere:..... |

Welche Maßnahmen für Mitarbeitende sind zum Schutz vor Klimaereignissen bereits realisiert worden oder sollen in Zukunft realisiert werden?

- ☐ Hitzeaktionspläne
☐ Klimatisierte Büros
☐ Fahrzeuge
☐ Weitere:.....