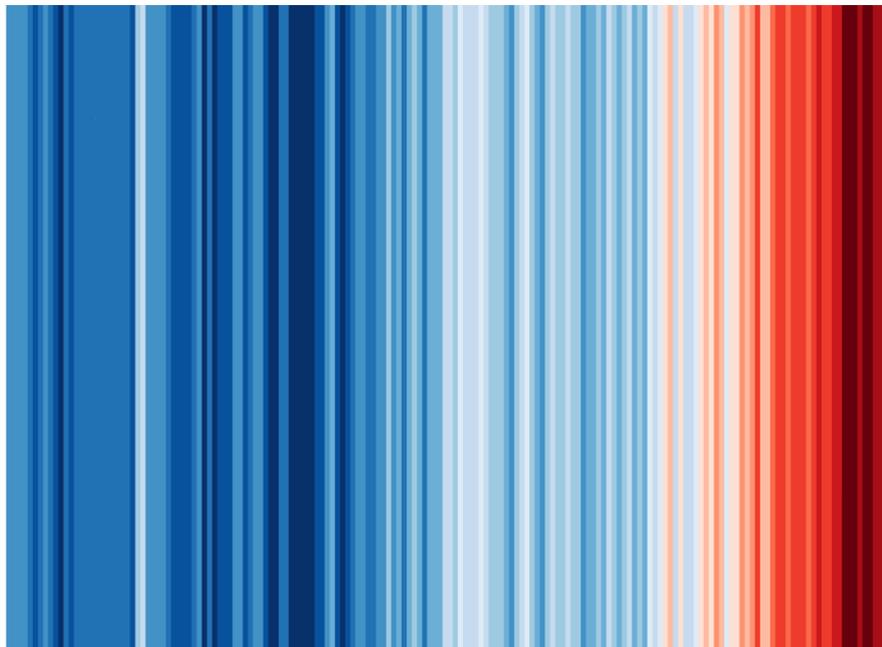
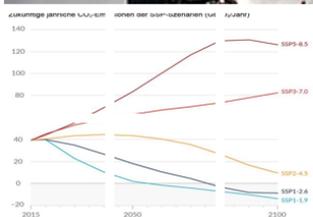
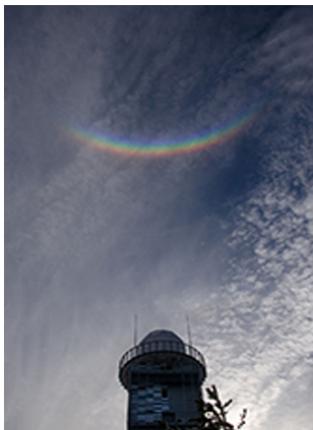


Handbuch WSV-Klimaanpassung

Berücksichtigung der Folgen des Klimawandels in Planungsprozessen



1. Auflage Version 1.1 12.06.2025 Az. 3800U10-244.01/0001/001-00
Handbuch WSV-Klimaanpassung
GDWS, Dezernat U10 Ökologische Entwicklung der Bundeswasserstraßen

Allgemeine Hinweise

Im Infozentrum Wasserbau der BAW (IZW) ist die jeweils aktuelle Fassung des Handbuches eingestellt.

<https://izw.baw.de/wsv/umwelt/anpassung-klimawandel>

Anwendung dieses Handbuchs

Das Handbuch „Berücksichtigung der Folgen des Klimawandels im Rahmen von Planungsprozessen“ (kurz: Handbuch WSV-Klimaanpassung) versteht sich als Ergänzung der aktuell geltenden Verwaltungsvorschriften und technischen Regelwerke.

Es gibt Hinweise zur Berücksichtigung der Folgen des Klimawandels durch die Entwicklung von Anpassungsmaßnahmen und spezifiziert die Anforderungen an die Planung in Hinblick auf die Verwaltungsvorschrift VV-WSV 2107 der Wasserstraßen und Schifffahrtsverwaltung des Bundes (WSV) für die Wasserstraßen- und Schifffahrtsämter (WSÄ), die Wasserstraßenneubauämter (WNÄ) und die Generaldirektion Wasserstraßen und Schifffahrt (GDWS).

Das Handbuch kann Externen wie bspw. Ingenieurbüros und Landes- und Kommunalbehörden zur Verfügung gestellt werden.

Nicht Gegenstand des Handbuches sind Planungshinweise zu:

- Klimaschutz,
- Nachhaltigkeit u.a. Anpassung von Gebäuden und Liegenschaften der WSV,
- Analysen, die die Folgen des Klimawandels im Gesamtnetz betrachten,
- Projekte, die alleinig zur Erhöhung der Resilienz gegenüber den Folgen des Klimawandels beitragen (Klimaanpassung als primäre Veranlassung).

Weitergehende Hinweise

[https://WSV-Startseite/GDWS/Abt Umwelt, Technik, Wassertourismus/Unterabteilung Umwelt, Nebenwasserstraßen/Dezernat U10/Anpassung Klimawandel](https://WSV-Startseite/GDWS/Abt-Umwelt-Technik-Wassertourismus/Unterabteilung-Umwelt-Nebenwasserstraesen/Dezernat-U10/Anpassung-Klimawandel)

<https://izw.baw.de/wsv/umwelt/anpassung-klimawandel>

Bonn 2024

Alle Rechte vorbehalten.

Inhaltsverzeichnis

1	Veranlassung und Zielsetzung des Handbuchs	8
2	Rechtliche Grundlagen	10
3	Fachliche Grundlagen	13
3.1	Klimaprojektionen	13
3.2	Klimawirkungen und Klimarisiken	15
3.3	Klimawirkungsanalyse	17
3.4	Bemessungswerte	18
3.5	Zeitpunkt der Berücksichtigung	19
3.6	Arten von Anpassungsmaßnahmen	20
4	Leitfaden zur WSV-Klimaanpassung	23
4.1	Klären der Aufgabenstellung	23
4.2	Festlegen der Planungsgrundlagen	23
4.2.1	Aufgaben und Funktionen	23
4.2.2	Klimawirkungen	23
4.2.3	Datengrundlage	24
4.3	Klimawirkungsanalyse	27
4.3.1	Expositionsanalyse	27
4.3.2	Sensitivitätsanalyse	28
4.3.3	Kritikalitätsanalyse	28
4.3.4	Ergebnis der Klimawirkungsanalyse	29
4.4	Planung von Anpassungsmaßnahmen	29
4.4.1	Anpassen der Bemessungswerte	29
4.4.2	Variantenuntersuchung der Anpassungsoptionen	30
4.4.3	Festlegen der Vorzugsvariante	31
4.4.4	Monitoring von Klimafolgen und Anpassungsmaßnahmen	32
4.5	Ablage der Dokumente in der DVtU	32
5	Literaturverzeichnis	33
6	Anlagen	36

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 3-1:	Anpassung an die Folgen des Klimawandels	13
Abbildung 3-2:	RCP-Szenarien im Vergleich	14
Abbildung 3-3:	Schematische Darstellung von Entwicklungs- und Planungszeiten unter Berücksichtigung der Unsicherheiten bei der Abschätzung von Klimazukünften	20

Tabellenverzeichnis

Tabelle 3-1:	Bezugszeiträume	14
Tabelle 3-2:	Bewertung des Zeitpunktes der Berücksichtigung	20
Tabelle 3-3:	Arten von Anpassungsmaßnahmen	21
Tabelle 3-4:	Integrierte Anpassungsstrategien	22
Tabelle 4-1:	Datenbereitstellung aus dem DAS-Basisdienst	25
Tabelle 4-2:	Mögliche Bewertungskriterien	30

Anlagenverzeichnis

Anlage 1	Workflow Sicherung der Verkehrsinfrastruktur der WSV gegenüber den Folgen des Klimawandels
Anlage 2	Klimawirkungen und Klimarisiken
Anlage 3	Arten von Anpassungsmaßnahmen und Beispiele

Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Bedeutung
AGP	Aufgabengliederungsplan
AGr	Aufgabengruppe
BauGB	Baugesetzbuch
BAW	Bundesanstalt für Wasserbau
BfG	Bundesanstalt für Gewässerkunde
BMUKN (BMUV, BMU)	Bundesministerium für Umwelt, Klimaschutz, Naturschutz und nukleare Sicherheit (bis 06.05.2025 Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz, bis 08.12.2021 Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit)
BMV (BMDV, BMVI)	Bundesministerium für Verkehr (bis 06.05.2025 Bundesministerium für Digitales und Verkehr, bis 08.12.2021 Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur)
BR	Bundesregierung
BSH	Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie
DAS	Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel
DAS-Basisdienst	Operationeller Klimaschutzservice für die Themen Klima und Wasser zur Beratung und Datenbereitstellung im Rahmen der Anpassung an den Klimawandel in Deutschland. (Vollständige Bezeichnung: DAS-Basisdienst „Klima und Wasser“)
DIN	Deutsches Institut für Normung
DVtU	Digitale Verwaltung technischer Unterlagen
DWD	Deutscher Wetterdienst
EU	Europäische Union
GDWS	Generaldirektion Wasserstraßen und Schifffahrt
GG	Grundgesetz
GIW	Gleichwertiger Wasserstand
IMAA	Interministerielle Arbeitsgruppe Anpassung an den Klimawandel
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change, Zwischenstaatlicher Ausschuss für Klimaänderungen bzw. Weltklimarat
IKSMS	Internationale Kommissionen zum Schutz der Mosel und der Saar
IZW	Infozentrum Wasserbau
KAnG	Bundes-Klimaanpassungsgesetz
KLIWAS	Auswirkungen des Klimawandels auf Wasserstraßen und Schifffahrt – Entwicklung von Anpassungsoptionen, Ressortforschungsprogramm des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI)

RCP	Repräsentative Konzentrationspfade (engl. Representative Concentration Pathways)
SP	Schwerpunkt (im BMV-Forschungsnetzwerk, bis April 2025 BMDV-Experten- netzwerk)
SROCC	Sonderberichts zu Ozean und Kryosphäre im Klimawandel (engl. Special Re- port on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate)
TdV	Träger des Vorhabens
UBA	Umweltbundesamt
UVP	Umweltverträglichkeitsprüfung
UVPG	Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung
VV-WSV	Verwaltungsvorschrift der Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes
WaStrG	Bundeswasserstraßengesetz
WHG	Wasserhaushaltsgesetz
WSÄ/WNÄ	Wasserstraßen- und Schifffahrtsämter, Wasserstraßenneubauämter
WSV	Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes

1 Veranlassung und Zielsetzung des Handbuchs

Auf die Folgen des Klimawandels rechtzeitig zu reagieren, ist eine der zentralen gesellschaftlichen und politischen Herausforderungen des 21. Jahrhunderts. Neben dem Klimaschutz gewinnt auch die Anpassung an die Folgen des Klimawandels zunehmend an Bedeutung. Die Klimapolitik der Bundesregierung umfasst grundsätzlich Maßnahmen und Handlungserfordernisse zur Anpassung an mögliche Folgen des Klimawandels, aber auch Maßnahmen zu Klimaschutz und Nachhaltigkeit. Während Maßnahmen zum Klimaschutz langfristig den Klimawandel beeinflussen und damit die Folgen des Klimawandels reduzieren können, können Anpassungsmaßnahmen den negativen Einfluss der Folgen des Klimawandels mindern.

Die Bundesregierung (BR) hat 2008 die Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel (DAS) beschlossen und damit den Rahmen geschaffen, um die Vulnerabilität relevanter Sektoren (Verkehr, Wasser, Gesundheit, Dienstleistungen, etc.) in Deutschland gegenüber den Folgen des Klimawandels zu mindern bzw. um die Anpassungsfähigkeit natürlicher, ökonomischer und gesellschaftlicher Systeme an die Folgen des Klimawandels in Deutschland zu erhalten bzw. zu stärken (BR, 2008). Der Handlungsrahmen zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels in Deutschland wird auf Grundlage aktueller wissenschaftlicher Erkenntnisse durch die BR regelmäßig fortgeschrieben, mit der DAS 2.0 wird 2024 eine vorsorgende ressortweite und verpflichtende Klimaanpassungsstrategie erarbeitet.

Für den Wirtschaftsstandort Deutschland ist das System Schiff-Wasserstraße integraler Bestandteil internationaler und nationaler Logistikketten, die mit der notwendigen Vorausschau rechtzeitig an sich verändernde Randbedingungen – also auch den sich abzeichnenden Klimawandel – angepasst werden müssen.

Mit Blick auf die langen Nutzungsdauern der Infrastrukturen an den Wasserstraßen von bis zu 100 Jahren und den auf Grund des Alters der Infrastruktur zeitnah anstehenden Investitionsentscheidungen sind schon heute die Folgen von Klimaänderungen in die Planungsprozesse einzubeziehen. Zudem sind die gesetzlichen Vorgaben, die im Zusammenhang mit den Folgen des Klimawandels stehen, bei der Aufgabenerledigung der Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes (WSV) zu berücksichtigen.

Mit der Veröffentlichung des Abschlussberichtes zu den Ergebnissen des Ressortforschungsprogramms des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) „Auswirkungen des Klimawandels auf Wasserstraßen und Schifffahrt – Entwicklung von Anpassungsoptionen“ (KLIWAS) (BMVI, 2015a) und der Aufnahme der Aufgabe „Anpassung an den Klimawandel“ als Aufgabengruppe (AGr) 244 in den Aufgabengliederungsplan (AGP) der WSV (BMVI, 2015b) ist die Prüfung, ob klimabedingte Anpassungen von Betrieb, Unterhaltung und Infrastruktur kurz-, mittel- oder langfristig notwendig werden, Regelaufgabe der WSV (BMVI, 2015c). In den zukünftigen Planungs- und Entscheidungs- bzw. Priorisierungsprozessen gilt es mit Unterstützung der Oberbehörden sicherzustellen, dass die Wasserstraßeninfrastruktur für die zu erwartenden Auswirkungen des Klimawandels gerüstet ist und der erforderliche Anpassungsbedarf rechtzeitig erkannt und eingeplant wird.

Im Jahr 2020 wurde ein operationeller Klimadienst für die Themen Klima und Wasser zur Beratung und Datenbereitstellung im Rahmen der Anpassung an den Klimawandel in Deutschland (DAS-Basisdienst „Klima und Wasser“; kurz: DAS-Basisdienst) bei den Oberbehörden

Deutscher Wetterdienst (DWD), Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG), Bundesanstalt für Wasserbau (BAW) und Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH) eingerichtet (BMVI, 2020a). Der DAS-Basisdienst stellt die erforderlichen Daten und Beratungsleistungen für die WSV zur Berücksichtigung der Folgen des Klimawandels zur Verfügung. Auf Basis dieser Daten können mögliche Folgen des Klimawandels abgeschätzt und daraus resultierende Anforderungen an die Planungen für Betrieb, Unterhaltung und Infrastruktur berücksichtigt werden.

Zur Sicherung der Verkehrsinfrastruktur der WSV gegenüber den Folgen des Klimawandels wird die WSV-Anpassungsstrategie entwickelt und stetig fortgeschrieben.

Teil der WSV-Anpassungsstrategie ist die WSV-Klimaanpassung als Prozess zur Berücksichtigung der Folgen des Klimawandels im Rahmen von Planungsprozessen. Üblicherweise gilt dies für Bauwerke mit einer Nutzungsdauer von mindestens 30 Jahren. Das Handbuch WSV-Klimaanpassung beschreibt diesen Prozess und richtet sich an die Wasserstraßen- und Schifffahrtsämter (WSÄ), Wasserstraßenneubauämter (WNÄ) und die Generaldirektion Wasserstraßen und Schifffahrt (GDWS). Es erläutert die fachlichen und rechtlichen Anforderungen zur Überprüfung der Folgen des Klimawandels in Planungsprozessen mit dem wesentlichen Ziel, die Infrastruktur resilient gegenüber den Folgen des Klimawandels, d.h. sicher, leistungsfähig, wirtschaftlich und umweltgerecht zu erhalten und bedarfsgerecht zu entwickeln. Das Handbuch ist konsistent zu den aktuell geltenden Normen (DIN, 2020; DIN, 2021) und mit den Technischen Leitlinien für die Sicherung der Klimaverträglichkeit von Infrastrukturen der Europäischen Kommission (EU, 2021). Mit Anwendung des Handbuchs sind die Anforderungen nach § 8 KAnG, dass die Träger öffentlicher Aufgaben bei ihren Planungen und Entscheidungen das Ziel der Klimaanpassung nach § 1 fachübergreifend und integriert zu berücksichtigen haben, erfüllt.

Das Handbuch WSV-Klimaanpassung definiert einheitliche WSV-Standards zum Verfahrensablauf der Berücksichtigung der Folgen des Klimawandels in Planungsprozessen und zur Umsetzung der WSV-Anpassungsstrategie an Bundeswasserstraßen und beschreibt die Grundlagen der Klimawirkungsanalyse, die Integration der Aufgabe in die Aufbau- und Ablauforganisation der WSV und die Verfahren zur Berücksichtigung der Folgen des Klimawandels in Planungsprozessen.

Das Handbuch WSV-Klimaanpassung wird regelmäßig überprüft und fortgeschrieben.

2 Rechtliche Grundlagen

Darstellung der bestehenden Rechtslage zur Planung von Anpassungsmaßnahmen und Berücksichtigung der Folgen des Klimawandels im Rahmen von Neubau-, Betrieb- und Unterhaltungsmaßnahmen (GDWS, 2024).

Klimaanpassungsgesetz

Berücksichtigungsgebot

Mit dem am 01.07.2024 in Kraft getretenen Bundes-Klimaanpassungsgesetz (KAnG)¹ hat der Gesetzgeber in § 8 Absatz 1 KAnG eine dezidierte Rechtsgrundlage für die Berücksichtigung der Klimaanpassung bei allen Planungen und Entscheidungen der Träger öffentlicher Aufgaben geschaffen.

Klimaanpassungsgesetz (Auszug)

§ 1 KAnG

Ziel dieses Gesetzes ist es, zum Schutz von Leben und Gesundheit, von Gesellschaft, Wirtschaft und Infrastruktur sowie von Natur und Ökosystemen negative Auswirkungen des Klimawandels, insbesondere die drohenden Schäden, zu vermeiden oder, soweit sie nicht vermieden werden können, weitestgehend zu reduzieren. Die Widerstandsfähigkeit ökologischer Systeme und der Gesellschaft gegenüber den auch in Zukunft fortschreitenden klimatischen Veränderungen soll zur Bewahrung gleichwertiger Lebensverhältnisse gesteigert werden und es sollen Beiträge zu den nationalen und internationalen Anstrengungen bei der Klimaanpassung geleistet werden. Die Zunahme sozialer Ungleichheiten durch die negativen Auswirkungen des Klimawandels soll verhindert werden.

...

§ 8 KAnG

(1) Die Träger öffentlicher Aufgaben haben bei ihren Planungen und Entscheidungen das Ziel der Klimaanpassung nach § 1 fachübergreifend und integriert zu berücksichtigen. Dabei sind sowohl die bereits eingetretenen als auch die zukünftig zu erwartenden Auswirkungen des Klimawandels zu berücksichtigen, insbesondere

1. Überflutung oder Überschwemmung bei Starkregen, Sturzfluten oder Hochwasser,
2. Absinken des Grundwasserspiegels oder Verstärkung von Trockenheit oder Niedrigwasser,
3. Bodenerosion oder
4. Erzeugung oder Verstärkung eines lokalen Wärmeinsel-Effekts.

Dabei ist zu berücksichtigen, dass Versickerungs-, Speicher- und Verdunstungsflächen im Rahmen einer wassersensiblen Entwicklung so weit wie möglich erhalten werden.

(2) Soweit Planungen und Entscheidungen der Träger öffentlicher Aufgaben nach der Maßgabe von Fachgesetzen oder anerkannten Regeln der Technik erfolgen, die der Zielsetzung von Absatz 1 entsprechen, ist Absatz 1 durch die Anwendung dieser Fachgesetze oder anerkannten Regeln der Technik Rechnung getragen.

...

(5) Die Absätze 1 bis 4 finden keine Anwendung auf Verfahren, deren Durchführung vor dem 1. Januar 2025 beantragt wurde oder die entsprechend einer gesetzlichen Anzeigepflicht angezeigt wurden, soweit nicht der

¹ Bundes-Klimaanpassungsgesetz (KAnG) BGBl. 2023 I Nr. 393 vom 22.12.2023 Veröffentlichungsdatum: 22.12.2023 Ausfertigungsdatum: 20.12.2023 Federführung: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz FNA: neu: 2129-71 Sachgebiet: Umweltschutz

Vorhabenträger die Anwendung beantragt. Für Vorhaben, die weder eines Antrages noch einer Anzeige bedürfen, gilt Satz 1 entsprechend, wenn mit der Ausführung vor dem 1. Januar 2025 begonnen worden ist

Danach bezieht sich das Berücksichtigungsgebot auf besonders schwerwiegende Auswirkungen des Klimawandels, wie insbesondere Überflutung oder Überschwemmung bei Starkregen (Nr. 1), Absinken des Grundwasserspiegels oder Verstärkung von Trockenheit oder Niedrigwasser (Nr. 2), Bodenerosion (Nr. 3) oder Erzeugung oder Verstärkung eines lokalen Wärmeinsel-Effekts (Nr. 4).

Es gilt also nur für Planungen und Entscheidungen, die für die Klimaanpassung relevant sind. Das bedeutet, dass das Berücksichtigungsgebot nicht einschlägig ist und keine weitere Prüfung im Hinblick auf die Klimaanpassung erforderlich ist, soweit eine Planung oder Entscheidung keine gravierenden negativen Auswirkungen auf die Belange der Klimaanpassung erwarten lässt.

Ist das Berücksichtigungsgebot einschlägig, kommt es für Planungen und Entscheidungen - mit und ohne Außenwirkung - von Trägern öffentlicher Aufgaben zum Tragen, soweit im Rahmen des jeweiligen Fachrechts Entscheidungsspielräume bestehen (so z.B. bei der Planfeststellung, die an das „Wohl der Allgemeinheit“ gebunden ist (vgl. § 14b WaStrG)).

Gemäß § 8 Absatz 2 KAnG werden die bestehenden fachgesetzlichen Vorgaben oder anerkannten Regeln der Technik zur Klimaanpassung durch das KAnG nicht verdrängt. Es wird vielmehr die gesetzliche Vermutung normiert, dass Planungen und Entscheidungen der Träger öffentlicher Aufgaben dem Berücksichtigungsgebot Rechnung tragen, wenn sie nach der Maßgabe von Fachgesetzen oder anerkannten Regeln der Technik erfolgen, die der Zielsetzung von § 8 Absatz 1 KAnG entsprechen. Welche Vorschriften diese Voraussetzung erfüllen, ist noch nicht näher bestimmt. Nach der Begründung des Gesetzesentwurfs vom 11.10.2023 (BT Drs. 20/8764) wird die Bundesregierung Vorschläge prüfen, in den betreffenden Fachgesetzen klarzustellen, dass sie § 8 KAnG verdrängen.

Fachrechtliche Regelungen, die dieser Zielsetzung entsprechen, gibt es sowohl zu den verkehrlichen als auch zu den wasserwirtschaftlichen Aufgaben der WSV (WaStrG und WHG). Zwar ergibt sich das Erfordernis einer Klimaanpassung nicht immer ausdrücklich aus deren Wortlaut, indes lässt sich mittelbar ein solches ableiten. Letztlich kann dies aber auch dahinstehen, weil sich das Berücksichtigungsgebot entweder aus dem Fachrecht oder aus § 8 KAnG ergibt.

Im Ergebnis hat der TdV daher im Rahmen aller verkehrlichen und wasserwirtschaftlichen Neu- und Ausbaumaßnahmen sowie verkehrlichen Unterhaltungsmaßnahmen als hoheitliche Aufgaben der WSV zu prüfen, ob sich durch die projizierten Folgen des Klimawandels Beeinträchtigungen für das Vorhaben oder sich von diesem Vorhaben ausgehende Beeinträchtigungen ergeben. Gegebenenfalls sind entsprechende Anpassungsmaßnahmen vorzusehen.

Die Planfeststellungsbehörde hat im Falle zulassungsbedürftiger Maßnahmen zu prüfen, ob eine entsprechende Betrachtung erfolgt ist und ob gegebenenfalls notwendige Maßnahmen zur Anpassung vorgesehen sind.

Exkurs zum UVP-Recht: Zur Klarstellung ist darauf hinzuweisen, dass die Vorschriften des UVPG keine fachgesetzliche Rechtsgrundlage für die Klimaanpassung darstellen. Gemäß Anlage 4 zum UVPG, Nr. 4, lit. c), sublit. hh) gehört zwar zur Beschreibung der möglichen erheblichen Umweltauswirkungen des Vorhabens, die der UVP-Bericht enthalten muss, „die Anfälligkeit des Vorhabens gegenüber den Folgen des Klimawandels (zum Beispiel durch erhöhte Hochwassergefahr am Standort)“. Das UVP-Recht legt als reines Verfahrensrecht allerdings keine materiellen Anforderungen an behördliche Planungen und Entscheidungen fest. Es definiert vielmehr die Anfälligkeit des Vorhabens gegenüber den Folgen des Klimawandels als eine mögliche erhebliche Umweltauswirkung, die grundsätzlich im UVP-Bericht zu behandeln ist. Dies bedeutet in der Praxis, dass in den Fällen, in denen nach dem KAnG oder dem Fachrecht eine Anpassung an den Klimawandel erforderlich sein kann, um erheblich nachteilige Auswirkungen auf die Umwelt zu vermeiden, diesbezüglich Ausführungen im UVP-Bericht erfolgen müssen, sofern für das jeweilige Vorhaben eine UVP durchzuführen ist.

Umfang des Berücksichtigungsgebotes

Das in § 8 Absatz 1 KAnG normierte Berücksichtigungsgebot beinhaltet kein Verschlechterungsverbot. Das bedeutet, dass Planungen und Entscheidungen, die im Ergebnis zu einer Erhöhung der Vulnerabilität gegenüber den Folgen des Klimawandels führen, durch das KAnG nicht kategorisch ausgeschlossen werden und daher der Belang der Klimaanpassung gegenüber ausreichend gewichtigen entgegenstehenden Belangen im Einzelfall zurückstehen kann.

Das Berücksichtigungsgebot verlangt von den Trägern öffentlicher Aufgaben keine Planung und Durchführung von eigenständigen Klimaanpassungsvorhaben. Die Berücksichtigung erfolgt vielmehr ausschließlich im Rahmen von ohnehin durchzuführenden Planungen und Entscheidungen.

Eigenständige Klimaanpassungsvorhaben werden sich perspektivisch aus der DAS 2.0 (vorsorgende ressortweite und verpflichtende Klimaanpassungsstrategie gemäß § 3 KAnG) ableiten lassen.

Übergangsregelung bis zum 01.01.2025:

§ 8 Absatz 5 KAnG enthält eine Übergangsregelung für Verfahren, für die vor dem 01.01.2025 die Durchführung beantragt wurde, entsprechend einer gesetzlichen Anzeigepflicht die Anzeige erfolgte oder mit deren Durchführung begonnen wurde. Für diese Vorhaben finden die Vorschriften zum Berücksichtigungsgebot in § 8 Absätze 1 bis 4 KAnG nur auf Antrag des TdV Anwendung. Für alle späteren Vorhaben sind die Vorschriften verbindlich anzuwenden.

3 Fachliche Grundlagen

Die Anpassung der Infrastruktur an die Folgen des Klimawandels ist eine komplexe Aufgabe mit erheblicher Bedeutung für die Resilienz des Systems "Wasserstraße". Die Planung von Anpassungsmaßnahmen orientiert sich an dem Anpassungszyklus der Bundesregierung (

Abbildung 3-1), für den die fachlichen Grundlagen durch die Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel (DAS) und auf Basis aktueller Ergebnisse der Ressortforschung festgeschrieben werden.

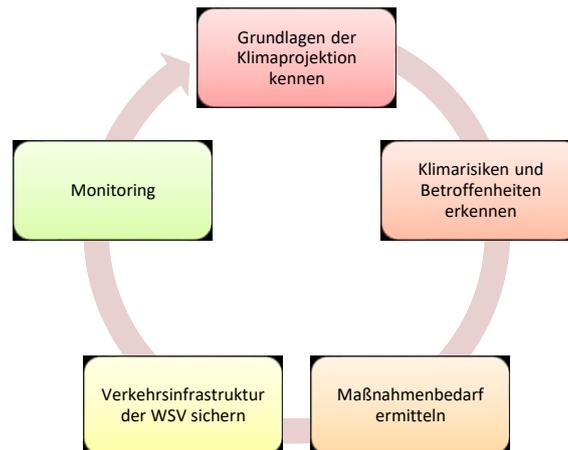


Abbildung 3-1: Anpassung an die Folgen des Klimawandels (in Anlehnung an BR, 2008)

3.1 Klimaprojektionen

Für die resiliente Gestaltung der Infrastrukturen und konkreter Infrastrukturelemente gegenüber den Folgen des Klimawandels sind vorausschauende Analysen der zu erwartenden Klimarisiken notwendig, um konkrete Anpassungsmaßnahmen entwickeln zu können.

Die Analysen der Klimarisiken werden auf verschiedene Zeiträume in der Vergangenheit, der Gegenwart und der Zukunft bezogen. Dabei werden i.d.R. Änderungssignale der klimatischen oder hydrologischen Parameter in den Zukunftszeitscheiben gegenüber dem Bezugszeitraum betrachtet (Tabelle 3-1).

Tabelle 3-1: Bezugszeiträume (Stand 2021)²

Bezugszeitraum	1971–2000	als Referenzzeitraum für zukünftige Änderungssignale, üblicherweise den aktuellsten 30-Jahreszeitraum
Nahe Zukunft	2031–2060	synonym auch Mitte des 21. Jahrhunderts
Ferne Zukunft	2071–2100	synonym auch Ende des 21. Jahrhunderts

Klimaprojektionen beruhen auf Annahmen zur zukünftigen Entwicklung der Treibhausgaskonzentrationen in der Atmosphäre. Die Entwicklungspfade der Treibhausgaskonzentrationen werden durch den Weltklimarat (engl. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Zwischenstaatlicher Ausschuss für Klimaänderungen) regelmäßig fortgeschrieben.

Vier der Entwicklungspfade werden bspw. durch die Repräsentativen Konzentrationspfade („Representative Concentration Pathways“ (RCP)) dargestellt. Die RCP-Szenarien legen bestimmte Szenarien von Treibhausgaskonzentrationen fest (Abbildung 3-2a) und stellen mögliche Wege zu einem bestimmten Klimaantrieb³ (Strahlungsantrieb) im Jahr 2100 dar (BMVI, 2020b), definiert als Änderung gegenüber dem vorindustriellen Zeitalter um 1850 (Abbildung 3-2b). Daraus berechnen Klimamodelle einerseits die Klimaänderung und andererseits die Emissionen, die erforderlich sind, um diese Konzentrationen hervorzurufen (DWD, 2021). Die Bezeichnung "repräsentativ" weist darauf hin, dass es sich um Repräsentationen für einen größeren Satz an Szenarien handelt. Die vier Szenarien RCP2.6, RCP4.5, RCP6.0 und RCP8.5 stehen für eine größere Anzahl von in der wissenschaftlichen Literatur veröffentlichten Szenarien (BMVI, 2020c).

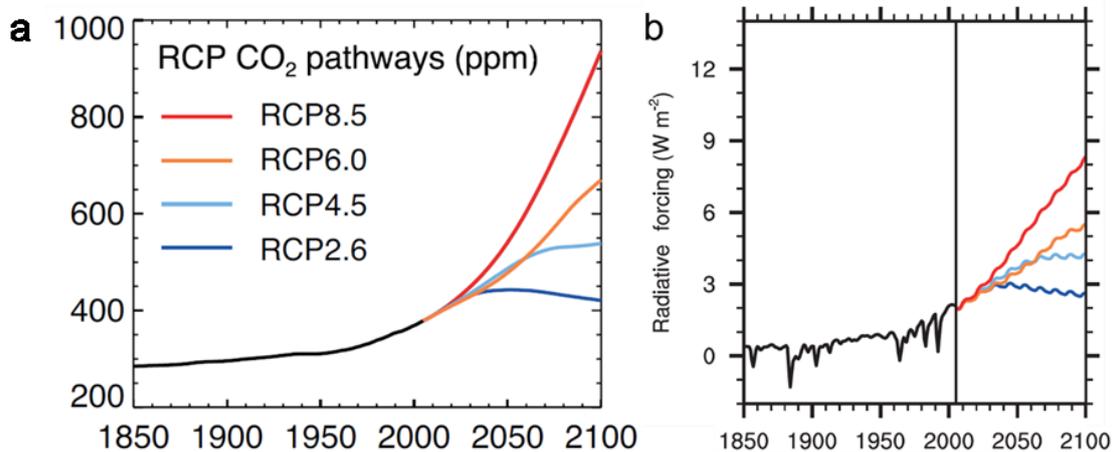


Abbildung 3-2: RCP-Szenarien im Vergleich: a) CO₂-Äquivalentkonzentration aller Treibhausgase von 1850 bis 2100, b) Änderung des Strahlungsantriebs vom vorindustriellen Niveau um 1850 bis zum Jahr 2100 (IPCC, 2013b)

Die Regionalisierungen für Mitteleuropa, auf Grundlage der jeweiligen IPCC-Fortschreibung, bilden den Stand der Wissenschaft ab und werden der Klimaanpassung der WSV – bis zum

² Die Betrachtungszeiträume und Datengrundlagen werden in Abhängigkeit der Ergebnisse der Klimafolgenforschung regelmäßig fortgeschrieben.

³ Der Klimaantrieb – oder wissenschaftlich Strahlungsantrieb – beschreibt den Einfluss externer Faktoren (z. B. Konzentration von Treibhausgasen und Aerosol, veränderte Erdoberflächen-Albedo, Sonneneinstrahlung) auf die Strahlungsbilanz bzw. das Klimasystem der Erde (BMVI, 2020b).

Vorliegen der Regionalisierungen aktuellerer globaler Klimamodelle aus der Fortschreibung des IPCC – zugrunde gelegt (IPCC, 2013a; IPCC 2021).

Bei Simulationen von Klimamodellen zur Entwicklung des Klimas im 21. Jahrhundert handelt es sich aufgrund der unterschiedlichen möglichen Klimaertriebsszenarien um annahmebasierte Projektionen. Zusätzlich wird die Unsicherheit der Simulationen zukünftiger Klimazustände durch beschränkte Modellgenauigkeit, interne Klimavariabilität und Ungenauigkeiten in der Modellkaskade weiter verstärkt (BMVI, 2020d). Zu dieser Modellkaskade gehören neben globalen und regionalen Klimamodellen auch Wirkmodelle. Zu den Wirkmodellen gehören bspw. Wasserhaushalts-, Wassergüte- sowie hydrodynamische, morphodynamische und ozeanografische Modelle (BMVI, 2020b).

Aufgrund der genannten Unsicherheitsfaktoren ist das Ergebnis eines einzelnen Modellaufes nur bedingt belastbar (BMVI, 2020d).

Um die Unsicherheit möglicher zukünftiger Klimaänderungen für ein mögliches RCP-Szenario abschätzen und damit die mögliche Bandbreite der zukünftig zu erwartenden Klimaänderungen berücksichtigen zu können, wird nicht ein einzelnes Klimamodell, sondern mehrere verfügbare regionale Klimaprojektionen unter dem gewählten Klimaszenario verwendet (sogenanntes Modellensemble). Dabei werden je nach Ensembleumfang entweder die gesamte Bandbreite (Minimum bis Maximum bei kleinem Ensembleumfang) oder statistische Kennzahlen des Ensembles (bspw. 15. bis 85. Perzentil oder 17. bis 83. Perzentil⁴) genutzt. Das 15. Perzentil beschreibt dabei die Untergrenze und das 85. Perzentil die Obergrenze der zentralen Bandbreite einer Klimaänderung. Mit dieser Bandbreite werden einerseits extreme Projektionen ausgeschlossen und andererseits 70 % (und damit ein Großteil) aller Projektionen abgedeckt.

Gemäß dem Vorsorgeprinzip der DAS aus 2008 (fortgeschrieben in 2024) wird bei der Anpassung ein Klimaertriebsszenario zugrunde gelegt, das dem Vorsorgeprinzip der DAS am nächsten kommt.

Für den Binnenbereich stehen andere regionale Klimamodelle zur Verfügung als für Untersuchungen im Küstenbereich, wo auch die Veränderungen im Ozean einbezogen werden müssen. Für Untersuchungen zu Klimaänderungen in Küstennähe oder über See werden meist Ergebnisse regionaler gekoppelter Ozean-Atmosphäre-Modelle verwendet. Die jeweiligen aktuellen Bezugszeiträume und Datengrundlagen werden in den Berichten des DAS-Basisdienstes angegeben.

3.2 Klimawirkungen und Klimarisiken

Die Bundeswasserstraßen werden durch veränderliche Parameter des Klimas - die sogenannten Klimawirkungen (bspw. Änderungen von Wasserständen, des Meeresspiegels, der Intensität von Sturmfluten, der Vorflut) und die entsprechenden Klimarisiken - (bspw. neue Betroffenheiten durch Sturz- und Sturmfluten, Einstellung oder Einschränkung der Schifffahrt aufgrund von Niedrigwasser, unzureichende Bemessung von Bauwerken gegenüber Hoch- und

⁴ 17.-83. Perzentil bezüglich des Meeresspiegelanstiegs gemäß Verfügung (GDWS, 2021; GDWS, 2023) in Anlehnung an den IPCC (IPCC, 2021)

Niedrigwasser) sowie indirekt bspw. durch den klimawandelbedingt geänderten Wasserbedarf anderer Sektoren beeinflusst.

Die nachfolgenden Beispiele für Klimawirkungen (BMVI, 2020b; WSV, 2020) beschreiben für Wasserstraßen und Schifffahrt relevante Folgen des Klimawandels.

Die mittleren jährlichen **Niederschlagssummen** werden im Laufe des 21. Jahrhunderts voraussichtlich leicht zunehmen. Im Winter und Frühjahr werden in allen Flusseinzugsgebieten Deutschlands in allen Emissionsszenarien höhere Niederschläge auftreten. Im Sommer wird überwiegend mit Niederschlagsabnahmen und verstärkten Trockenperioden zu rechnen sein. Häufigere und extremere Starkniederschläge können generell häufiger auftreten.

Der **Abfluss** der als Wasserstraßen genutzten Flüsse wird sich im Jahresmittel vielerorts kaum verändern, da die winterliche Abflusszunahme von der sommerlichen Abnahme kompensiert wird. Eine nennenswerte Abnahme der Niedrigwasserabflüsse sowie Häufung von Niedrigwasserereignissen wird im RCP8.5 erst für die zweite Hälfte des 21. Jahrhunderts projiziert, wobei sich starke regionale Unterschiede zeigen.

Regionen und Flussabschnitte, in denen der Einfluss von **Schnee und Gletschern** heute deutlich erkennbar ist (insbesondere im Einflussbereich der Alpen, vor allem Zuflüsse der Donau), werden hinsichtlich der Hoch- und Niedrigwasseränderungen relativ wenig betroffen sein. Für das RCP8.5 ist eine Zunahme der mittleren jährlichen Überschreitungsdauern des höchsten Schifffahrtswasserstands zu erwarten, die jedoch bspw. am Rhein bei unter einer Woche bleiben. Im Vergleich mit den wesentlich länger andauernden Niedrigwasserphasen werden Hochwasserereignisse nur zu untergeordnet relevanten Einschränkungen für die Schifffahrt führen.

Das **Potential der Fahrrinnenverfügbarkeit** wird bei sinkenden Abflüssen im Sommer stellenweise deutlich sinken. Generell sind mehr Fehlstellen zu erwarten.

Im **Küstenbereich** können zukünftig längere Phasen niedrigen Zuflusses aus dem Binnenland den Feinsedimentimport in die Ästuar von Elbe, Weser und Ems verstärken und die Brackwasser- und Trübungszone zeitweise nach stromauf verschieben.

Die projizierte Zunahme der mittleren Lufttemperaturen und die projizierten Änderungen des Abflusses werden unter Annahme des RCP8.5 zu einer deutlichen Erhöhung der **Wassertemperatur** großer Fließgewässer führen. Kritische Schwellenwerte werden in der fernen Zukunft in Rhein und Elbe um ein Vielfaches häufiger überschritten. Eine Verringerung der Sauerstoffkonzentration ist zu erwarten.

In diesem sowie in den kommenden Jahrhunderten wird mit einem deutlichen **Anstieg des globalen Meeresspiegels** zu rechnen sein. Die genaue Entwicklung des Meeresspiegelanstiegs ist aber (vor allem aufgrund der unklaren Entwicklung der arktischen und antarktischen Eismassen) weiterhin mit großen Unsicherheiten behaftet. Laut des vom IPCC im Jahr 2019 veröffentlichten Sonderberichts zu Ozean und Kryosphäre im Klimawandel (SROCC) ist im RCP8.5 bis zum Ende des 21. Jahrhunderts mit einer wahrscheinlichen Bandbreite des Meeresspiegelanstiegs von etwa 0,6 bis 1,1 m zu rechnen (IPCC, 2019).

Als Konsequenz des mittleren Meeresspiegelanstiegs werden **Sturmfluten** an den deutschen Küsten zu höheren Wasserständen führen als bisher. Wasserstände, die heute als Sturmflut gelten, werden häufiger auftreten."

Insbesondere aufgrund des Meeresspiegelanstiegs, aber auch aufgrund von Veränderungen der Hydrologie im Einzugsgebiet, werden bis zum Ende des 21. Jahrhunderts im RCP8.5 angespannte **Entwässerungssituationen** häufiger auftreten als heute.

Infolge eines Meeresspiegelanstiegs wird sich die **Tidedynamik** in der Nordsee, insbesondere in den Ästuaren verändern. Besonders die Flutstromgeschwindigkeit wird zunehmen, sodass sich das Verhältnis von Flut- zu Ebbstromgeschwindigkeit im Ästuar erhöhen wird. Dadurch wird sich der Import von marinen Feinsedimenten ins Ästuar verstärken, sofern eine entsprechende Sedimentverfügbarkeit gegeben ist. Zudem wird der Meeresspiegelanstieg zur dauerhaften Verschiebung von Brackwasser- und Trübungszone nach stromauf führen.

Potenzielle oder bereits eingetretene Folgen des Klimawandels auf natürliche und menschengemachte Systeme stellen ein Risiko dar. Diese Klimawirkungen beziehen sich dabei im Allgemeinen auf Auswirkungen auf Leben, Lebensgrundlagen, Gesundheit und Wohlbefinden, Ökosysteme und Arten, wirtschaftliche, soziale und kulturelle Werte, Dienstleistungen (einschließlich Ökosystemdienstleistungen) und Infrastruktur (UBA, 2021a).

Von besonderem Interesse sind die Auswirkungen auf

- das System Schiff-Wasserstraße
(bspw. Leistungsfähigkeit, Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit),
- die Objekte (Bauwerke oder Anlagen an den Wasserstraßen)
(bspw. Standsicherheit, Standort, Betrieb, Funktion),
- die Funktion der Wasserstraßen
(bspw. Schiffbarkeit, Vorflut),
- den Betrieb der Wasserstraßen
(bspw. Verkehrsablauf, Kanalbewirtschaftung, Wehr- und Sperrwerkssteuerung),
- die Unterhaltung der Wasserstraßen
(bspw. Sedimentmanagement, ökologischer Zustand, Uferunterhaltung) und
- den ökologischen Zustand (i.S.d. WRRL) der Wasserstraßen.

In Anlage 2 sind exemplarisch für die WSV relevante Klimawirkungen und Klimarisiken dargestellt, die zur Identifizierung relevanter Klimawirkungen herangezogen werden können.

3.3 Klimawirkungsanalyse

Mit Hilfe von Klimawirkungsanalysen können die Wirkung von Klimawandel und Wetterextremen untersucht, der Anpassungsbedarf ermittelt und Risikominderungsstrategien entwickelt werden.

Die Klimawirkungsanalyse kann auf verschiedenen **Ebenen** durchgeführt werden, angefangen von einer Gesamtbetrachtung für alle Verkehrsträger (Ebene 1) bis hin zu lokalen Betrachtungen für einzelne Bauwerke (Ebene 4), die gegenüber den Folgen des Klimawandels abgesichert werden sollen. Im Verständnis der WSV können sich Klimawirkungsanalysen auf die vier Ebenen beziehen:

- Ebene 1: Bundesverkehrsnetz – Bedeutung der Verkehrsträger, Logistikketten (bspw. verkehrspolitische Ziele, Leistungsfähigkeit, Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit)
- Ebene 2: Bundeswasserstraßennetz – Netzbedeutung, Funktionalitäten (bspw. Ziele, Bemessungs-, Ausbau- und Anpassungsparameter)
- Ebene 3: Bundeswasserstraße, Bundeswasserstraßenabschnitt – Funktionalitäten (bspw. Ziele, Bemessungs-, Ausbau- und Anpassungsparameter, Zufluss)
- Ebene 4: Bauwerk – Funktionalitäten (bspw. Ziele, Bemessungsparameter für Bau und Steuerung)

Die in den Ressorts des BMV und des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (BMUV, neu BMUKN) entwickelten methodischen Ansätze (UBA, 2021b; BMVI, 2020e) sind Grundlage eines einheitlichen Vorgehens zur Analyse der Folgen des Klimawandels. Dabei werden Veränderungen der Exposition unter Berücksichtigung der spezifischen Sensitivität gegenüber klimatischen Einflüssen bewertet.

In Anlehnung daran wurde das Vorgehen zur Berücksichtigung der Folgen des Klimawandels im Rahmen von objektbezogenen Planungsprozessen der Ebenen 3 und 4 in der WSV entwickelt (i.W. kurz: **WSV-Klimaanpassung**).

Mithilfe von Klimawirkungsanalysen werden die lokalen Ausprägungen der klimatischen Einwirkungen (Exposition), die strecken- oder bauwerksspezifischen Eigenschaften, die die Anfälligkeit gegenüber klimatischen Einwirkungen bestimmen (Sensitivität), und die unterschiedliche Bedeutung von Strecken bzw. Objekten (Kritikalität) gemeinsam berücksichtigt.

Damit zeigt die Klimawirkungsanalyse auf, ob eine Anpassung an die Folgen des Klimawandels erforderlich ist. Basierend auf diesen Informationen können mögliche Anpassungsmaßnahmen entwickelt werden.

3.4 Bemessungswerte

Bei der Berücksichtigung der Folgen des Klimawandels im Rahmen der Planung werden in Abhängigkeit des Kenntnistandes über die projizierten Klimaänderungen folgende Fälle unterschieden:

Eingeführte Bemessungswerte

Für den Planungsort (Wasserstraße, Wasserstraßenabschnittes und Bauwerks (Objekt)) wurden Bemessungswerte unter Berücksichtigung der Folgen des Klimawandels festgelegt.

Bemessungswerte aus vergleichbaren Projekten

Für den Planungsort (Wasserstraße, Wasserstraßenabschnittes und Bauwerks (Objekt)) wurden keine Bemessungswerte eingeführt, aber es liegen Bemessungswerte und Anpassungsentscheidungen aus vergleichbaren und aktuellen Projekten vor.

Die Vergleichbarkeit ist erst dann gegeben, wenn die hydrologischen Verhältnisse, die Wasserstraße/ das Bauwerk, die Klimawirkung und das Klimaänderungssignal gleich oder mindestens ähnlich sind.

Abbildung 3-3: Schematische Darstellung von Entwicklungs- und Planungszeiten unter Berücksichtigung der Unsicherheiten bei der Abschätzung von Klimazukünften (BMVI, 2020f)

In Abhängigkeit von der potentiellen Schadenshöhe (bspw. Kosten für Neubau oder Instandsetzung bei Versagen des Bauwerkes infolge der Folgen des Klimawandels) und der für die Anpassung erforderlichen Reaktionszeit (Tabelle 3-2) kann entschieden werden, ob und wann eine Anpassung erfolgen muss. In Abhängigkeit von der tatsächlichen klimatischen Entwicklung muss zu einem späteren Zeitpunkt ggf. eine erneute Einschätzung erfolgen.

Dabei können je nach Fragestellung, bezogen auf die verschiedenen Funktionen bzw. Nutzungen der Objekte, die Grenzen zur Einordnung der Fälle definiert werden. Dies erfordert eine mit den Nutzungsansprüchen zusammenhängende Abwägung von Nutzen und Kosten.

Tabelle 3-2: Bewertung des Zeitpunktes der Berücksichtigung (in Anlehnung BMVI, 2020f)

Potentieller Schaden \ Reaktionszeit	gering	hoch
		Folgen irrelevant
kurz	ad hoc Maßnahmen	Fortlaufend untersuchen
lang	Risiken hinnehmen	frühzeitig präventiv handeln

Die Kategorien kurz/lang und gering/hoch sind in Abhängigkeit der konkreten Fragestellung zu bewerten und zu erläutern. Dabei sind die Zeiten für Planung, Genehmigung und Bau zu berücksichtigen.

3.6 Arten von Anpassungsmaßnahmen

Aufgrund der langen Dauer von Planungs- und Genehmigungsprozessen sind Anpassungsstrategien frühzeitig auszuarbeiten und mit konkreten Anpassungsmaßnahmen zu versehen. In Abhängigkeit von der Wirkungsweise und der Zuständigkeit/Verantwortung für ihre Umsetzung werden verschiedene Arten von Anpassungsmaßnahmen unterschieden (Tabelle 3-3).

In Anlage 3 sind Beispiele für die einzelnen Arten von Anpassungsmaßnahmen dargestellt.

Tabelle 3-3: Arten von Anpassungsmaßnahmen (in Anlehnung BMVI, 2020f)

Anpassungsmaßnahmen	Definition
Informatorisch	Zentrale Dienste zur Bereitstellung von Daten, Beratung und abgeleiteten Produkten
Regulatorisch	Konkrete Vorgaben und Anleitungen zur Berücksichtigung des Klimawandels in Planungen (angepasste Bemessungsgrundlagen)
Ingenieurtechnisch	Bauliche Anpassungsmaßnahmen
im operativen Management der Verkehrsinfrastruktur	Angepasstes Management und Handlungsempfehlungen der für die Wasserstraße Verantwortlichen
im operativen Management des Verkehrsbetriebs	Anpassungsmaßnahmen seitens der Infrastrukturnutzenden (Schifffahrt, Reedereien) bzw. der die Schifffahrt Nutzenden (Logistik von Häfen, ansässige Industrie/ Wirtschaft)

Um den verbleibenden Unsicherheiten Rechnung zu tragen, die durch den Stand der Klima- bzw. Klimafolgenforschung, der Datenverfügbarkeit, des methodischen Vorgehens, der Umsetzung und Wirksamkeit von Anpassungsmaßnahmen und des „klimatischen Einflusses“ verbleiben, soll bei der Auswahl bzw. Entwicklung der Anpassungsmaßnahmen möglichst auf flexible, auch „integriert“ genannte, Anpassungsstrategien zurückgegriffen werden, die die Risiken einer möglichen Fehlinvestition durch Überanpassung minimieren sowie einen Mehrwert für weitere Nutzungen berücksichtigen (Tabelle 3-4). Dies sind vor allem Anpassungsmaßnahmen, die Bandbreiten tolerieren, flexibel und nachsteuerbar sind, d.h. wenn die Folgen des Klimawandels eintreten, eine kostengünstige, robuste und effiziente Anpassung möglich ist (IKSMS, 2021). Vorausschauend werden dabei vergleichsweise geringe Investitionen getätigt, um die Resilienz der Systeme zu erhöhen.

Tabelle 3-4: Integrierte Anpassungsstrategien

<p>No-regret-Maßnahmen</p>	<p>Anpassungsmaßnahmen, die unabhängig vom Klimawandel ökonomisch, ökologisch und sozial sinnvoll sind. Sie werden vorsorglich ergriffen, um negative Auswirkungen zu vermeiden oder zu mindern. Ihr gesellschaftlicher Nutzen ist auch dann noch gegeben, wenn der primäre Grund für die ergriffene Strategie (hier: Anpassung an den Klimawandel) nicht im erwarteten Ausmaß zum Tragen kommt. Beispiele sind die Erarbeitung von Frühwarnsystemen für Hochwasserereignisse (in Anlehnung BMVI, 2020f).</p>
<p>Low-regret-Maßnahmen</p>	<p>Anpassungsmaßnahmen, die nur einen verhältnismäßig geringen Mehraufwand bedeuten. Sie verursachen relativ geringe Kosten, bringen aber einen großen Nutzen, falls der Klimawandel im projizierten Maße eintritt (BMVI, 2020f).</p>
<p>Win-Win-Maßnahmen</p>	<p>Maßnahmen, die sowohl der Klimaanpassung dienen (Reduktion der Vulnerabilität oder Steigerung der Resilienz) als auch einen zusätzlichen sozialen, ökonomischen oder ökologischen Nutzen in Aussicht stellen (in Anlehnung BMVI, 2020f).</p>
<p>adaptives Management sukzessive Umsetzung von Maßnahmen</p>	<p>Anpassungsmaßnahmen an einen Klimawandelparameter (bspw. dem Meeresspiegelanstieg) für die verschiedene - ggf. aufeinander aufbauende - geplante Maßnahmen vorgehalten oder neu konzipiert werden. Je nachdem, wie stark sich das Klima ändert, kann die eine oder andere Maßnahme umgesetzt werden. Zur Entscheidung darüber, welche Maßnahme oder Maßnahmenstufe umgesetzt wird, ist ein entsprechendes Monitoring zu planen und durchzuführen.</p>

4 Leitfaden zur WSV-Klimaanpassung

Der Leitfaden zur WSV-Klimaanpassung ist Grundlage für die Prüfung der Anfälligkeit des Vorhabens gegenüber den Folgen des Klimawandels im Rahmen der Voruntersuchung gemäß VV-WSV 2107 durch die WSÄ/WNÄ. Die Prüfung des Anpassungsbedarfs und möglicher Anpassungsmaßnahmen ist bei einer objektbezogenen Planung im Sinne der VV-WSV 2107 als Bestandteil der Voruntersuchung in den dort verpflichtenden Abstimmungsprozess einzubringen (Anlage 1).

Die projektbezogene Abstimmung, Prüfung und Genehmigung erfolgt federführend durch das zuständige Managementdezernat. Die Klimaansprechpersonen sind einzubinden (Fachbeitrag; Angebot der Vorabstimmung, Beratung).

Die Prüfung der Anfälligkeit des Vorhabens gegenüber den Folgen des Klimawandels und des Anpassungsbedarfs sind im Rahmen der Voruntersuchung zu dokumentieren.

Für Maßnahmen, die der Genehmigung des BMV bedürfen, sind die Anpassungsmaßnahmen im Rahmen der Voruntersuchung grundsätzlich mit dem BMV abzustimmen.

4.1 Klären der Aufgabenstellung

Im Rahmen der Klärung der Aufgabenstellung sind die bauliche Veranlassung, Rechtsgrundlagen bzw. die rechtlichen Verpflichtungen der Klimaanpassung zu beschreiben und die zu untersuchenden Objekte zu benennen.

4.2 Festlegen der Planungsgrundlagen

4.2.1 Aufgaben und Funktionen

Die Aufgaben und Funktionen der Wasserstraße, des Wasserstraßenabschnittes oder des Bauwerks (Objekt) sind bezogen auf die verschiedenen Handlungsebenen, unter Beachtung der Forderungen anderer Beteiligter sowie der Abhängigkeiten zu angrenzenden Wasserstraßen, Einzugsgebiete u.Ä., zu beschreiben.

4.2.2 Klimawirkungen

Die relevanten Klimawirkungen (Anlage 2), die auf die Funktion der Wasserstraße, des Wasserstraßenabschnittes oder des Bauwerks (Objekt) wirken, sind in Abhängigkeit vom Ziel der Untersuchung auszuwählen, um in der

Ebene 1 und 2 die wirtschaftliche, ökologische, soziale und kulturelle sowie flächenhafte Bedeutung für den jeweiligen Untersuchungsraum darzustellen.

Ebene 3 und 4 die Funktionsfähigkeit des Objektes während ihrer Nutzungsdauer zu untersuchen und sicherzustellen. Objekte, die anlassbezogen nach VV-WSV 2107 geplant werden, sind üblicherweise in die Ebenen 3 und/oder 4 einzuordnen.

In komplexen Vorhaben kann die Diskussion, welche Klimawirkungen relevant sind, in Abstimmung mit den Klimaansprechpersonen der WSV, mit BAW/ BfG und dem DAS-Basisdienst erfolgen.

4.2.3 Datengrundlage

4.2.3.1 Eingeführte Bemessungswerte

Es ist zu prüfen, ob für einzelne Wasserstraßen, Wasserstraßenabschnitte oder Bauwerke (Objekte) Bemessungswerte für einzelne Klimawirkungen eingeführt wurden (bspw. Festlegungen zum Meeresspiegelanstieg). Die Festlegung von Bemessungswerten erfolgt immer mit Erlass und/oder Verfügung.

Von den Bundesländern festgelegte Bemessungswerte sind nur im Ausnahmefall und nach Abstimmung mit den zuständigen Stellen gem. VV-WSV 2107 heranzuziehen.

Der Planung sind die eingeführten Bemessungswerte zu Grunde zu legen.

4.2.3.2 Abfrage der Datengrundlage beim DAS-Basisdienst

Wenn keine Festlegungen zu Bemessungswerten vorliegen, dann setzt die Berücksichtigung möglicher Folgen des Klimawandels die Verfügbarkeit einer aktuellen Datengrundlage voraus, die durch den **DAS-Basisdienst** bereitgestellt wird.

Der DAS-Basisdienst bietet verschiedene Module an, die die entsprechenden Informationsbedarfe bspw. hinsichtlich Auswertungen und Prognosen zur Entwicklung von Auenhabitaten, zu hydrologischer Veränderungen, zu Änderungen der möglichen Gütertransportmengen und zur regionalen Entwicklung der Tidedynamik bedienen.

Für das Modul Verkehrswasserwirtschaft@BfG werden vorkonfigurierte Standardberichten angeboten, die für die jeweiligen Maßnahmen und Objekttypen (bspw. Schleusen, Wehre, Fischaufstiegsanlagen) die relevanten Klimawirkungen und hydrologischen Kennwerte enthalten.

Anfragen an den DAS-Basisdienst: info@das-basisdienst.de

Die aktuelle Fassung des Formblattes zur Datenabfrage ist im IZW eingestellt.

Bei Neuanlage eines Projektes in der DVtU kann entsprechend auch in der DVtU auf das Formblatt zugegriffen werden. Bei Abruf des Formblattes in der DVtU kann von der Möglichkeit eines automatischen Stammdatenübertrags in das Formular Gebrauch gemacht werden.

Im Formblatt können vorkonfigurierte Standardberichte zu den Objekten ausgewählt werden und in einem Freitextfeld besondere Hinweise und Fragestellungen eingetragen werden.

Rücklauf aus dem DAS-Basisdienst

Der DAS-Basisdienst ist darauf ausgerichtet, auf die eingehenden Informationsanfragen aus der WSV möglichst kurzfristig zu reagieren. Auf Basis der jeweils verfügbaren Daten für die Bundeswasserstraßen und deren Einzugsgebiete sind verschiedene Rückläufe aus dem DAS-Basisdienst möglich (Tabelle 4-1).

Tabelle 4-1: Datenbereitstellung aus dem DAS-Basisdienst

<p>Kurzbericht auf Beobachtungsbasis</p> <p><u>Bedingung:</u> Die Maßnahme ist weniger als 20 Jahre wirksam.</p> <p>Der DAS-Basisdienst stellt in diesem Fall einen vorkonfigurierten Kurzbericht mit beobachtungsbasierten Änderungstendenzen der Gegenwart und jüngeren Vergangenheit bereit. Es ist somit gerechtfertigt, für Maßnahmen, die nur 10 bis 20 Jahre in die Zukunft wirken, die gegenwärtigen klimatischen und hydrologischen Bedingungen inkl. Extremwertbetrachtung aus Messwerten als planungsrelevant anzunehmen. Zukunftsprojektionen sind in diesem Fall keine relevante Planungsgrundlage.</p> <p>Dieser Fall wird im Handbuch WSV-Klimaanpassung nicht weiter verfolgt.</p>
<p>Kurzbericht auf Projektionsbasis</p> <p><u>Bedingung:</u> Die Maßnahme ist mehr als 20 Jahre wirksam.</p> <p>Es liegen <u>Projektionsdaten</u> für den fraglichen Maßnahmentyp vor.</p> <p>Der DAS-Basisdienst hält für verschiedene Maßnahmentypen vorkonfigurierte Standardberichte vor, die eine spezifische, für den Maßnahmentyp relevante Auswahl von Kennwerten enthalten und für eine Vielzahl von Pegeln/Flussabschnitten kurzfristig ausgegeben werden können. Enthalten sind neben Hintergrundinformationen zu den Daten (Quelle, Qualitätseinschätzung) wesentliche Informationen zu den Folgen des Klimawandels auf Planungsparameter, die für den Maßnahmentyp relevant sind und für die Informationen vorliegen.</p> <p>Ist eine standardisierter Kurzberichtsvorlage für den Maßnahmentyp noch nicht vorhanden, ist mit längeren Bearbeitungszeiten zu rechnen und eine Abstimmung der für den Maßnahmentyp benötigten Parameter mit dem anfragenden WSA bzw. WNA erforderlich.</p>
<p>Kurzinformation</p> <p><u>Bedingung:</u> Die Maßnahme ist mehr als 20 Jahre wirksam.</p> <p>Es liegen <u>keine Projektionsdaten</u> vor.</p> <p>In diesem Fall gibt der DAS-Basisdienst eine Zusammenfassung des aktuellen Kenntnisstandes zu den generellen Folgen des Klimawandels in dem angefragten Kontext/Region heraus. Grundlage sind hierbei ausgewählte Quellen der Fachliteratur. Eine orts- und kennwertspezifische Auswertung ist i.d.R. nicht möglich, jedoch können auf dieser Basis ggf. begründete Annahmen getroffen werden.</p> <p>Um die Daten- und Methodenlage zu verbessern, kann in Abstimmung mit der GDWS ein Auftrag an BfG und/oder BAW ausgelöst werden.</p>

Festlegen der Datengrundlage

Liegen Projektionsdaten des DAS-Basisdienstes vor („Kurzbericht“, siehe Tabelle 4-1), sind diese für die WSV-Klimaanpassung heranzuziehen.

Die verwendete Datengrundlage ist zu dokumentieren.

4.2.3.3 Aufträge an BAW und/oder BfG

Aufträge der WSV an BAW und BfG zur Verbesserung der Daten- und Methodenlage sind in Abstimmung mit den Klimaansprechpersonen der WSV zu erteilen.

Die projektbezogene Abstimmung erfolgt mit den Managementdezernaten im Rahmen der regulären Technischen Programmplanung der WSV und gemäß dem Auftragsmanagement von BAW und BfG.

Für die Bearbeitung von Aufträgen zur Verbesserung der Daten- und Methodenlage ist ein erheblicher zeitlicher Vorlauf zu berücksichtigen.

Die verwendete Datengrundlage ist zu dokumentieren (nach Abschluss des BAW- bzw. BfG-Auftrags).

4.2.3.4 Planung mit Annahmen

Sind keine eindeutig verwendbaren Datengrundlagen vorhanden und soll kein Auftrag an BAW/BfG oder an Dritte zur Beschaffung der Daten erteilt werden, kann mit begründeten Annahmen gearbeitet werden.

Die Annahmen sind in Abstimmung mit BAW/BfG aufzustellen und im Einvernehmen mit der GDWS und dem BMV zu treffen. Bei Erfordernis wird der Kontakt zum BSH und DWD über den DAS-Basisdienst durch BAW/BfG hergestellt.

Die verwendete Datengrundlage ist zu dokumentieren.

4.2.3.5 Vergleichbare Anpassungsmaßnahmen

Es ist zu prüfen, ob vergleichbare Anpassungsmaßnahmen aktuell, verbindlich und ebenengerecht vorliegen. Ziel ist es, möglichst für ganze Wasserstraßenabschnitte, ähnliche Bauwerkstypen, lokale Bereiche etc. einheitlich vorzugehen.

Die Vergleichbarkeit ist erst dann gegeben, wenn die hydrologischen Verhältnisse, die Wasserstraße/der Wasserstraßenabschnitt bzw. das Bauwerk (Objekt), die Klimawirkung und das Klimaänderungssignal gleich oder mindestens ähnlich sind.

In der **Digitale Verwaltung technischer Unterlagen (DVtU)** sind bereits vorhandene WSV-Klimaanpassungen für die Wasserstraße, den Wasserstraßenabschnitt und das Bauwerk (Objekt) dokumentiert und können über das Metadatenfeld/Katalogfeld „Verwendung“ über den standardisierten Eintrag „Anpassung Klimawandel“ recherchiert werden.

Aktuell sind Bemessungswerte und Anpassungsentscheidungen dann, wenn die zu Grunde liegenden Klimaprojektionen gleich oder mindestens ähnlich sind. Zur Überprüfung der Aktualität der Projektionsdaten ist in jedem Fall eine Abfrage beim DAS-Basisdienst erforderlich.

Ist eine Vergleichbarkeit gegeben, kann die Anpassungsmaßnahme auf das Objekt übertragen werden.

Der Planung können die Bemessungswerte und Anpassungsentscheidungen aus vergleichbaren und aktuellen Projekten zu Grunde gelegt werden.

Die Entscheidung ist zu dokumentieren.

4.2.3.6 Verzicht auf Anpassung

Sind keine eindeutig verwendbaren Datengrundlagen vorhanden, können keine Annahmen getroffen werden und soll kein Auftrag an die BAW/BfG oder Dritte zur Beschaffung der Daten erteilt werden, kann in Abstimmung mit der GDWS und dem BMV auf eine Anpassung verzichtet werden.

Die Entscheidung ist zu dokumentieren.

4.3 Klimawirkungsanalyse

4.3.1 Expositionsanalyse

Die Expositionsanalyse als erster Schritt der Klimawirkungsanalyse dient dem Ziel zu erfassen, ob ein Bauwerk (Objekt), ein Wasserstraßenabschnitt oder eine Wasserstraße von einer oder mehreren Klimawirkungen betroffen ist (DIN; 2021).

In der Expositionsanalyse wird geprüft, ob relevante Klimaänderungssignale vorliegen, die dazu führen, dass eine auf Beobachtungen der Gegenwart und der Vergangenheit basierende Bemessung nicht ausreichend ist, um die Funktionsfähigkeit des Objektes während seiner gesamten Nutzungszeit sicherzustellen.

Für die relevanten Klimawirkungen sind Kennwerte auszuwählen und deren derzeitige Charakteristik sowie deren Änderungssignale in ihrer lokalen Ausprägung zu betrachten. Die Kennwerte können direkte Klimawirkungen (bspw. verändertes Wasserdargebot, Hitzetage, Andauer von schweren Frostperioden, Überschreitungshäufigkeiten kritischer Windgeschwindigkeiten) oder abgeleitete Kennwerte (bspw. MQ, MNQ, Q30) sein. Für verschiedene Maßnahmen und Objekttypen bietet der DAS-Basisdienst vorkonfigurierte Standardberichte, die die objektbezogenen Kennwerte bereits enthalten.

Es ist zu beachten, dass Aussagen zum Klimawandel und seinen Folgen für die Wasserstraßen immer mit **Unsicherheiten** behaftet sind.

Die einzelnen Modelle des verwendeten Modellensembles ergeben unterschiedliche Ergebnisse (Projektionen), die in Summe eine Bandbreite möglicher Entwicklungen beschreiben. Für Planungs- und Entscheidungsprozesse ist eine Auswahl aus dieser Bandbreite zu treffen. Basierend auf dem Median (= 50. Perzentil), dem 15. sowie dem 85.⁵ Perzentil der Kennwerte können mögliche Folgen des Klimawandels auf das Vorhaben vergegenwärtigt werden.

Das **15. Perzentil** sowie der Median sind bei niedrig- und mittelwasserbezogenen Kennwerten relevant, bspw. bei der Beurteilung der Wirtschaftlichkeit/Transportfähigkeit der Schifffahrt oder der aquatischen und auenökologischen Auswirkungen (DAS-Basisdienst, 2022).

Das **85. Perzentil** sowie der Median sind für hochwasserbezogene Kennwerte relevant, bspw. für Untersuchungen zu negativen bzw. mehr als nur geringfügigen Auswirkungen der Maßnahme auf den Hochwasserschutz und die Überschreitungswahrscheinlichkeiten. (DAS-Basisdienst, 2022).

⁵ bzw. 17.-83. Perzentil bezüglich des Meeresspiegelanstiegs gemäß Verfügung (GDWS, 2021; GDWS, 2023) in Anlehnung an den IPCC (IPCC, 2021)

Haben das 15. und 85. Perzentil das gleiche Vorzeichen, sodass **ein eindeutiges Klimaänderungssignal vorliegt**, so ist bei einem Niedrig- und Mittelwasser-Kennwert primär das 15. Perzentil und bei einem Hochwasser-Kennwert primär das 85. Perzentil zu berücksichtigen.

Haben die Perzentile im Betrachtungszeitraum unterschiedliche Vorzeichen, sodass **kein eindeutiges Klimaänderungssignal vorliegt**, müssen die Perzentile innerhalb der Bandbreite differenziert betrachtet werden, bspw. wie folgt:

- haben das 15. und 85. Perzentil nicht das gleiche Vorzeichen, jedoch das 25. und 75. Perzentil, so ist bei einem Niedrig- und Mittelwasser-Kennwert mindestens das 25. Perzentil und bei einem Hochwasser-Kennwert mindestens das 75. Perzentil zu berücksichtigen,
- haben das 25. und 75. Perzentil nicht das gleiche Vorzeichen, jedoch das 40. und 60. Perzentil, so ist bei einem Niedrig- und Mittelwasser-Kennwert mindestens das 40. Perzentil und bei einem Hochwasser-Kennwert mindestens das 60. Perzentil zu berücksichtigen,
- haben das 40. und 60. Perzentil nicht das gleiche Vorzeichen (entspricht einer Bandbreite, die näherungsweise um Null schwankt), so muss grundsätzlich keine Anpassung vorgenommen werden.

In den Standardberichten des DAS-Basisdienstes sind nur das 15., 50. und 85. Perzentil enthalten. Weitere Perzentile (25., 40., 60., 75.) können bei Bedarf angefragt werden.

In Einzelfällen ergeben sich aus auswertungstechnischen Gründen (bspw. bei begrenzter Modellverfügbarkeit oder "Grand Sample" Ansatz bei extremwertstatistischen Aussagen wie HQ100) keine Bandbreiten.

4.3.2 Sensitivitätsanalyse

Die Sensitivitätsanalyse als zweiter Schritt der Klimawirkungsanalyse beschreibt das Ausmaß, zu dem ein Bauwerk (Objekt), ein Wasserstraßenabschnitt oder eine Wasserstraße durch Schwankungen oder Änderungen des Klimas vor- oder nachteilig beeinflusst wird (DIN; 2021). Dabei ist die Sensitivität von den Eigenschaften des Objekts, des Wasserstraßenabschnitts oder der Wasserstraße sowie seiner/ihrer Umgebung (Einzugsgebiet) abhängig.

In der Sensitivitätsanalyse wird geprüft, ob und in welchem Maß die relevanten Klimaänderungen die Funktionsfähigkeit des Objektes während seiner Nutzungsdauer beeinflussen. Je höher die Sensitivität eines Systems ist, umso stärker ist tendenziell das Klimarisiko (Betroffenheit) ausgeprägt.

4.3.3 Kritikalitätsanalyse

Kritikalität wird als relatives Maß für die Bedeutsamkeit einer Infrastruktur, die eine Störung oder einen Funktionsausfall hat, verstanden (BMI, 2009). Dabei können je nach Fragestellung verschiedene Funktionen bzw. Nutzungen der Bundeswasserstraßen/Objekte in Betracht kommen, bspw. neben der Verkehrsfunktion auch ökologische, wasserwirtschaftliche oder touristische Funktionen.

In der Kritikalitätsanalyse wird die Bedeutung der Funktion, einer Funktionseinschränkung oder eines Funktionsausfalls der (durch den Klimawandel) beeinträchtigten Wasserstraße, des Wasserstraßenabschnittes oder eines Bauwerks (Objekt) abgeschätzt (beispielsweise über das durchschnittliche Verkehrsaufkommen, transportierte Gütermengen, bestehende Schutzgebiete).

Die Kritikalitätsanalyse kann unabhängig von der Expositions- und Sensitivitätsanalyse durchgeführt werden.

4.3.4 Ergebnis der Klimawirkungsanalyse

Der Anpassungsbedarf als Ergebnis der Klimawirkungsanalyse ist zu dokumentieren.

Die weitere Planung von Anpassungsmaßnahmen ist erforderlich, wenn das Ergebnis der Klimawirkungsanalyse zeigt, dass

- ein deutliches Klimaänderungssignal vorliegt,
- sich die relevanten Klimaänderungen konkret auf die Funktionsfähigkeit der Wasserstraße, des Wasserstraßenabschnittes oder eines Bauwerks (Objekt) auswirken (also Wasserstraße, Wasserstraßenabschnitt oder ein Bauwerk (Objekt) sensitiv gegenüber der Klimaänderung sind), und
- die Funktion, eine Funktionseinschränkung oder ein Funktionsausfall der Wasserstraße, des Wasserstraßenabschnittes oder eines Bauwerks (Objekt) bedeutsam ist.

4.4 Planung von Anpassungsmaßnahmen

4.4.1 Anpassen der Bemessungswerte

Auf Basis der festgelegten Datengrundlage ist zu prüfen, welche Bemessungswerte durch die Folgen des Klimawandels beeinflusst werden und ob die Bemessungswerte angepasst werden müssen.

Sind die Werte durch die Folgen des Klimawandels beeinflusst und besteht die Notwendigkeit die Werte anzupassen, dann ist zunächst immer das ungünstigste Perzentil aus der Bandbreite zu prüfen.

Ergibt die Prüfung, dass keine Anpassung an das 15. bzw. 85. Perzentil möglich oder wirtschaftlich sinnvoll ist, können fallweise begründet auch weniger ungünstige Perzentile in Betracht gezogen werden.

- Ist keine Anpassung an das 85. Perzentil möglich oder sinnvoll, so könnten niedrigere Perzentile (75., 60., 50., 40., 25. oder 15. Perzentil) in Betracht gezogen werden, solange sie das gleiche Vorzeichen wie das 85. Perzentil haben.
- Ist keine Anpassung an das 15. Perzentil möglich oder sinnvoll, so könnten höhere Perzentile (25., 40., 50., 60., 75. oder 85. Perzentil) in Betracht gezogen werden, solange sie das gleiche Vorzeichen wie das 15. Perzentil haben.
- Hat die Expositionsanalyse bspw. eine Anpassungsnotwendigkeit für das 40. Perzentil (Niedrigwasser-Kennwert) oder das 75. Perzentil (Hochwasser-Kennwert) ergeben, kann die Prüfung der Anpassungsmöglichkeit mit diesen Perzentilen beginnen.

4.4.2 Variantenuntersuchung der Anpassungsoptionen

Die zweckmäßigste Anpassungsstrategie und -maßnahme ist durch die Bewertung der Alternativen und Varianten nachvollziehbar zu ermitteln und zu dokumentieren.

Es kann vorab geprüft werden ob vergleichbare Anpassungsmaßnahmen aktuell, verbindlich und ebenengerecht vorliegen und übertragen werden können.

Sofern unterschiedliche Anpassungsmaßnahmen möglich sind, sollte die Bewertung als Kosten-Wirksamkeit-Analyse durchgeführt werden. Mögliche Kriterien der Kosten-Wirksamkeit-Analyse sind u.a. Wirksamkeit, Flexibilität, Robustheit, Umsetzbarkeit, Akzeptanz, Finanz-, Planungs-, Personalbedarf, eingesparte Kosten durch frühzeitige Anpassung, Zeitpunkt der Anpassung, Verfügbarkeit, Leistungsfähigkeit und Zuverlässigkeit des Betriebs (Tabelle 4-2).

Wenn die Anpassungsmaßnahmen viele Kriterien in unterschiedlichem Umfang oder in unterschiedlicher Qualität erfüllen, können die Anpassungsmaßnahmen unter Berücksichtigung einer Gewichtung (Gewichtungsmatrix) bewertet werden. Die Ausgaben für Investitionen, Unterhaltung und Betrieb sind einzubeziehen soweit diese der Notwendigkeit zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels zuzuordnen sind.

Tabelle 4-2: Mögliche Bewertungskriterien (UBA, 2023)

Bewertungskriterien	Beispiele für Leitfragen zur Bewertung
Wirksamkeit	Wie effektiv mindert die Anpassungsmaßnahme eine oder mehrere Betroffenheiten? Wie lang ist die erforderliche Vorlaufzeit (Reaktionszeit)?
Flexibilität	Kann die Maßnahme an zukünftige Gegebenheiten und neue Entwicklungen angepasst werden? Kann die Maßnahme mit möglichst geringem Ressourceneinsatz an neue Bedingungen angepasst werden (siehe auch adaptives Management)?
Robustheit	Wirkt sich die Maßnahme unter verschiedenen Klimaszenarien positiv aus? Wie flexibel bzw. anpassungsfähig ist die Strategie im Hinblick auf den laufenden Fortschritt der Klima-/Klimafolgenforschung bzw. an die tatsächlichen (eintretenden) Folgen des Klimawandels.
Umsetzbarkeit und Akzeptanz	Welche Umsetzungsrisiken bestehen? Wird die Maßnahme akzeptiert oder könnten bei der Umsetzung Konflikte entstehen? Bestehen die notwendigen rechtlichen Rahmenbedingungen? Wie groß ist der Planungs- und Bearbeitungsaufwand? Wie groß ist der zusätzliche Zeitbedarf für die Planung? Sind viele verschiedene Akteure, Ebenen oder Bereiche zu beteiligen? Stehen Flächen zur Verfügung?

Bewertungskriterien	Beispiele für Leitfragen zur Bewertung
Finanz-, Planungs-, Personalbedarf	Ist die Maßnahme mit vertretbarem Aufwand unter Betrachtung der Kosten und Risiken bei Nicht-Anpassung (einschließlich bspw. der Risiken für Ökologie und menschliche Gesundheit) finanzierbar? Wie hoch sind die zusätzlichen Investitionskosten? Weisen alternative Maßnahmen keinen höheren Nutzen bei gleichen Kosten auf? Wie hoch ist der zusätzliche Planungs- und Personalbedarf der Maßnahme?
Positive Nebeneffekte	Weist die Maßnahme Synergien mit anderen Maßnahmen auf? Erleichtert die Maßnahme die Umsetzung anderer Anpassungsmaßnahmen? Weist die Maßnahme Synergien zwischen Klimaanpassung und Klimaschutz auf? Weist die Maßnahme Ökosystemdienstleistungen bzgl. Hochwasserschutz und/oder Naturschutz auf? (bspw. naturbasierte Lösungen wie Wiederanschluss von Altarmen, Nebengewässern und Auen) Weist die Maßnahme Synergien mit anderen Wassernutzungen (bspw. Trinkwasserversorgung) auf? Ist die Maßnahme schon unter den gegenwärtigen Bedingungen sinnvoll?
Negative Nebeneffekte	Steht die geplante Anpassungsmaßnahme ggf. im Gegensatz zu Klimaschutzzielen oder hat sie andere negative Effekte? Hat sie ökologische Auswirkungen?
Zielkonflikte	Treten bei der Umsetzung der Klimaanpassungsmaßnahmen Zielkonflikte mit anderen Nutzungen, Stakeholdern bzw. Akteuren (bspw. mit Belangen der Land- und Forstwirtschaft, Fischerei, Energiegewinnung, Tourismus, globalisierter Handel, Flächenbedarf, Wasserversorgung) auf?

Die Auswahl konkreter Anpassungsmaßnahmen ist zwingend mit einer Zeitplanung (Ermittlung der notwendigen bzw. günstigen Zeitpunkte/Zeitspanne zur Anpassung) zu versehen.

Kann auf die Folgen des Klimawandels kurzfristig reagiert werden und verursacht diese Anpassung keine nennenswerten Mehrkosten, ist in Abhängigkeit von der tatsächlichen Entwicklung der Folgen des Klimawandels die Anpassung so spät als möglich vorzunehmen. Dadurch wird die Gefahr von Fehlinvestitionen verringert. Sofern die vorgenommene Bewertung ergibt, dass eine Reaktion auf bzw. Anpassung an eine tatsächlich eintretende Klimaänderung auch kurzfristig möglich ist, sind Planungen hierzu im Rahmen der Voruntersuchung nicht erforderlich. In diesem Fall ist eine regelmäßige Überprüfung (bspw. alle 5 oder 10 Jahre) aktueller Klimaprojektionen (Abfrage beim DAS-Basisdienst) erforderlich.

4.4.3 Festlegen der Vorzugsvariante

Sind unterschiedliche Anpassungsmaßnahmen möglich, werden unter Berücksichtigung der Ergebnisse der Kosten-Wirksamkeit-Analyse konkrete Anpassungsmaßnahmen ausgewählt.

Im Rahmen der üblichen Planungs- und Entscheidungsprozesse ist festzulegen, ob die ausgewählten Anpassungsmaßnahmen umgesetzt werden sollen. In Abhängigkeit von den Ergebnissen der Kosten-Wirksamkeit-Analyse kann (in Abstimmung mit der GDWS) entschieden werden, eine Anpassung zurückzustellen.

Die Auswahl von bzw. die Rückstellung von Anpassungsmaßnahmen ist zu begründen und im Rahmen der Voruntersuchung zu dokumentieren.

Die Umsetzung der Anpassungsmaßnahmen erfolgt im Rahmen der Aufgabenwahrnehmung der WSV im Regelbetrieb.

4.4.4 Monitoring von Klimafolgen und Anpassungsmaßnahmen

Die Beobachtung der Folgen des Klimawandels und der Wirkung ergriffener Anpassungsmaßnahmen sowie die Bereitstellung der Informationen unterstützen die Entwicklung weiterer Anpassungsmaßnahmen.

Falls erforderlich, sind in die Planung der Anpassungsmaßnahmen Konzepte zum Monitoring aufzunehmen. Gleiches gilt für Anpassungsmaßnahmen, die erst ab dem Erreichen bestimmter Grenzwerte zu veranlassen sind.

4.5 Ablage der Dokumente in der DVtU

Die DVtU ist zur Ablage und Recherche der Dokumente, die für die Anpassung an die Folgen des Klimawandels relevant sind, verpflichtend zu nutzen.

Die Dokumentation in der DVtU gewährleistet, dass gesammelte Erfahrungen bei der Berücksichtigung der Folgen des Klimawandels im Rahmen von Planungsprozessen zentral vorgehalten werden und für alle auffindbar sind, die in den Planungsprozessen der WSV involviert sind. Dies erleichtert langfristig die Suche nach bezüglich der Anpassung an den Klimawandel vergleichbaren Projekten und stellt sicher, dass von bisherigen Erfahrungen profitiert werden kann.

Folgende Dokumente sind für die Berücksichtigung der Folgen des Klimawandels im Rahmen der Voruntersuchung zu erstellen und in dem Planungsprojekt in der DVtU abzulegen:

- Formblatt zur Anfrage der Daten beim DAS-Basisdienst
- Antwort des DAS-Basisdienstes (standardisierter Kurzbericht oder Kurzinformation) oder davon abweichende Datengrundlage
- Dokumentation der Anpassungsentscheidung bzw. der genehmigten/umgesetzten Anpassungsmaßnahme (Verfügung, Erlass, Genehmigung im Rahmen der Voruntersuchung, Entwurf-AU, Entwurf HU)
- technische Bestandsunterlagen der umgesetzten Maßnahme
- ggf. Dokumentation des Monitorings
- ggf. Dokumentation Wirkungsweise der Anpassungsmaßnahme

Die abzulegenden Dokumente sind in den Metadaten unter der Kategorie „Verwendung“ mit dem Attribut „Anpassung Klimawandel“ zu kennzeichnen.

5 Literaturverzeichnis

- BMI, 2009: Nationale Strategie zum Schutz Kritischer Infrastrukturen (KRITIS-Strategie) 2009
- BMVI, 2015a: KLIWAS - Auswirkungen des Klimawandels auf Wasserstraßen und Schifffahrt in Deutschland. Abschlussbericht des BMVI. Fachliche Schlussfolgerungen aus den Ergebnissen des Forschungsprogramms KLIWAS. Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur. <https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Publikationen/WS/kliwas-abschlussbericht-des-bmvi-2015-03-12.pdf>
- BMVI, 2015b: VV-WSV 1101 Aufgabengliederungsplan (AGP) April 2015, herausgegeben vom BMVI
- BMVI, 2015c: Erlass WS 14/5245.3/1 Anpassung an den Klimawandel- Abschlussbericht des BMVI zum Forschungsprogramm KLIWAS 24.06.2015
- BMVI, 2020a: Erlass DG22/6142.8/9-2 DAS-Basisdienstes „Klima und Wasser“, BMVI 20.11.2020 mit Verfügung 3800U10-244.01/0001/001-0 vom 21.04.2021
- BMVI, 2020b: BMVI-Expertennetzwerk (2020) Verkehr und Infrastruktur an Klimawandel und extreme Wetterereignisse anpassen. Ergebnisbericht des Themenfeldes 1 im BMVI-Expertennetzwerk für die Forschungsphase 2016 – 2019, Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI), Berlin. DOI: 10.5675/ExpNBMVI2020.2020.12
- BMVI, 2020c: Hänsel S, Brendel C, Fleischer C, Ganske A, Haller M, Helms M, Jensen C, Jochumsen K, Möller J, Krähenmann S, Nilson E, Rauthe M, Rasquin C, Rudolph E, Schade N, Stanley S, Wachler B, Deutschländer T, Tinz B, Walter A, Winkel N, Krahe P und Höpp S (2020) Vereinbarungen des Themenfeldes 1 im BMVI-Expertennetzwerk zur Analyse von klimawandelbedingten Änderungen in Atmosphäre und Hydrosphäre. DOI: 10.5675/ExpNHS2020.2020.01
- BMVI, 2020d: Brien 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. DOI: 10.5675/ExpNBS2020.2020.02
- BMVI, 2020e: Hänsel S, Hillebrand G, Nilson E, Rauthe M, Lohrengel A-F, Meine L, Herrmann C, Brendel C, Forbriger M, Kirsten J, Klose M, Ork JP, Patzwahl R, Schade N (2020) Klimawirkungsanalyse für die Bundesverkehrswege – Methodik und erste Ergebnisse. Schlussbericht des Schwerpunktthemas Klimawirkungsanalyse (SP-102) im Themenfeld 1 des BMVI-Expertennetzwerks. DOI: 10.5675/ExpNHS2020.2020.03
- BMVI, 2020f: Norpoth M, Patzwahl R, Seiffert R, Bergmann L, Forbriger M, Hänsel S, Hatz M, Herrmann C, Hillebrand G, Lifschiz E, Lohrengel A-F, Nilson E, Ork J, Schade N, Schulz D, Stachel H und Wachler B (2020) Konzeptionelle Beiträge zur Auseinandersetzung mit der Anpassung des Bundesverkehrswegesystems an den Klimawandel - Schlussbericht des Schwerpunktthemas Anpassungsoptionen (SP-107) im Themenfeld 1 des BMVI-Expertennetzwerks. DOI: 10.5675/ExpNNM2020.2020.08
- BR, 2008: Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel vom Bundeskabinett am 17. Dezember 2008 beschlossen

- DAS-Basisdienst, 2022: Beratungsangebot des DAS-Basisdienstes (BAW, BfG) zur Abladeoptimierung der Fahrrinnen am Mittelrhein - Betrachtungen zu den Auswirkungen des Klimawandels (unveröffentlicht)
- DIN, 2020: Anpassung an die Folgen des Klimawandels – Grundsätze, Anforderungen und Leitlinien (ISO 14090:2019); Deutsche Fassung EN ISO 14090:2019, Februar 2020
- DIN, 2021: Anpassung an den Klimawandel – Vulnerabilität, Auswirkungen und Risikobewertung (ISO 14091:2021); Deutsche Fassung EN ISO 14091:2021, Juli 2021
- DWD, 2021: <https://www.dwd.de/DE/klimaumwelt/klimawandel/klimaszenarien/rcp-szenarien.html>
- EU, 2021: NOTICES FROM EUROPEAN UNION INSTITUTIONS, BODIES, OFFICES AND AGENCIES EUROPEAN COMMISSION COMMISSION NOTICE, Technical guidance on the climate proofing of infrastructure in the period 2021-2027 (2021/C 373/01)
- GDWS, 2021: Verfügung Umgang mit dem Thema „Meeresspiegelanstieg“ im Geschäftsbereich der WSV Az. 3800U10-244.01/0001/001-00 vom 16.05.2021
- GDWS, 2022: Aktualisierung der Daten- und Erkenntnislage zum Meeresspiegelanstieg, Fortschreibung der Verfügungslage Az. 3800U10-244.01/0001/001-00 vom 23.06.2023
- GDWS, 2024 GDWS Bonn, 03.07.24: Az. 3800R20-421.01/22-001/1 Entwurf eines Rechtsteils zum Handbuch WSV-Klimaanpassung
- IKSMS, 2021: Internationalen Kommissionen zum Schutz der Mosel und der Saar, BEWIRTSCHAFTUNGSPLAN2022-2027 Internationale Flussgebietseinheit RHEIN Internationales Bearbeitungsgebiet MOSEL-SAAR (Teil B) RICHTLINIE2000/60/EG
- IPCC, 2013a: IPCC, 2013/2014: Klimaänderung 2013/2014: Zusammenfassungen für politische Entscheidungsträger. Beiträge der drei Arbeitsgruppen zum Fünften Sachstandsbericht des Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderungen (IPCC). Deutsche Übersetzungen durch Deutsche IPCC-Koordinierungsstelle, Österreichisches Umweltbundesamt, ProClim, Bonn/Wien/Bern, 2016.
- IPCC, 2013b: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change - Technical Summary [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp.
- IPCC, 2019: IPCC, 2019: Summary for Policymakers. In: IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Nicolai, A. Okem, J. Petzold, B. Rama, N.M. Weyer (Hrsg.)].
- IPCC, 2021: Summary for Policymakers. In: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. In Press
- UBA, 2021a: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/klimafolgen-anpassung/folgen-des-klimawandels/klimamodelle-szenarien#was-sind-klimamodelle>

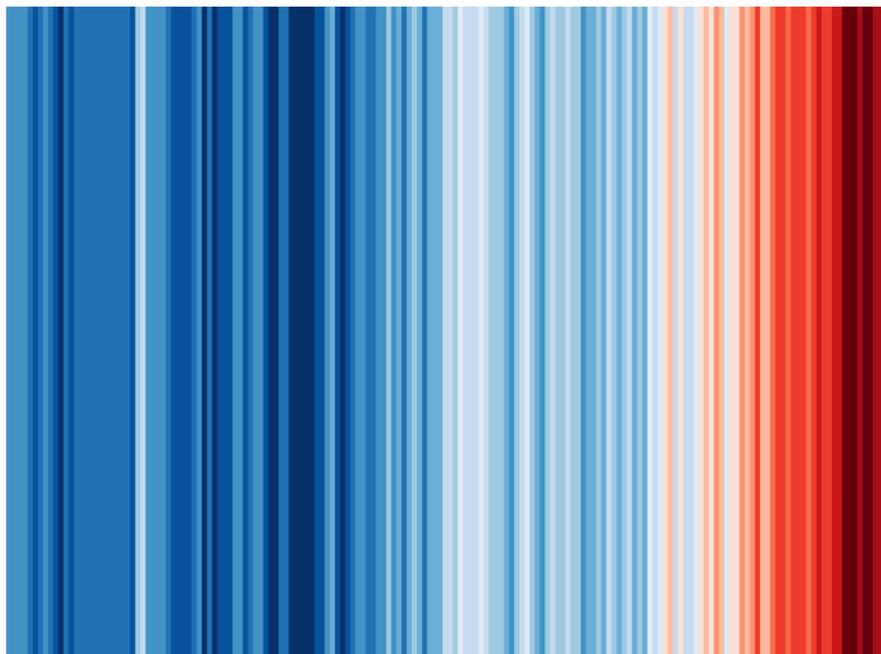
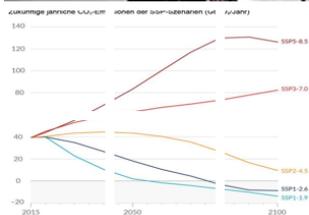
- UBA, 2021b: CLIMATE CHANGE 26/2021 Ressortforschungsplan des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit Forschungskennzahl 3717 48 102 0 FB000574/KURZ Klimawirkungs- und Risikoanalyse 2021 für Deutschland Kurzfassung von Walter Kahlenborn, Luise Porst, Maike Voß adelphi, Berlin Uta Fritsch, Kathrin Renner, Marc Zebisch Eurac Research, Bozen, Italien Mareike Wolf, Konstanze Schönthaler
- UBA, 2023: Themen/Klima/Energie/Klimafolgen und Anpassung/Anpassung an den Klimawandel/Werkzeuge der Anpassung/Tatenbank/Kriterien guter Praxis der Anpassung
- WSV, 2020: Wasserstraßen und Schifffahrt 2020/2021 Jahresschrift, GDWS

6 Anlagen

1	Workflow Sicherung der Verkehrsinfrastruktur der WSV gegenüber den Folgen des Klimawandels
2	Klimawirkungen und Klimarisiken
3	Arten von Anpassungsmaßnahmen und Beispiele

Handbuch WSV-Klimaanpassung

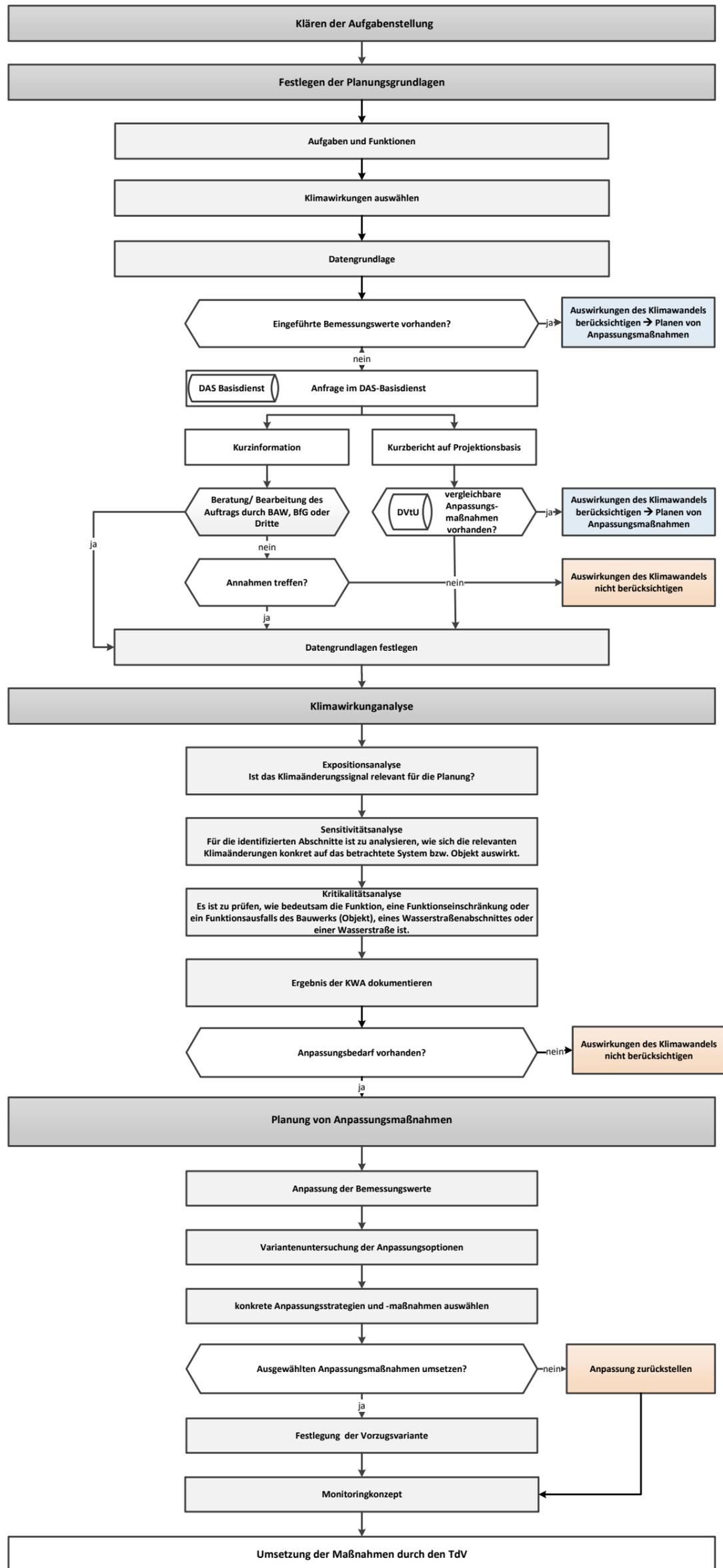
Berücksichtigung der Folgen des Klimawandels in Planungsprozessen



Anlage 1

Workflow Sicherung der Verkehrsinfrastruktur der WSV gegenüber den Folgen des Klimawandels

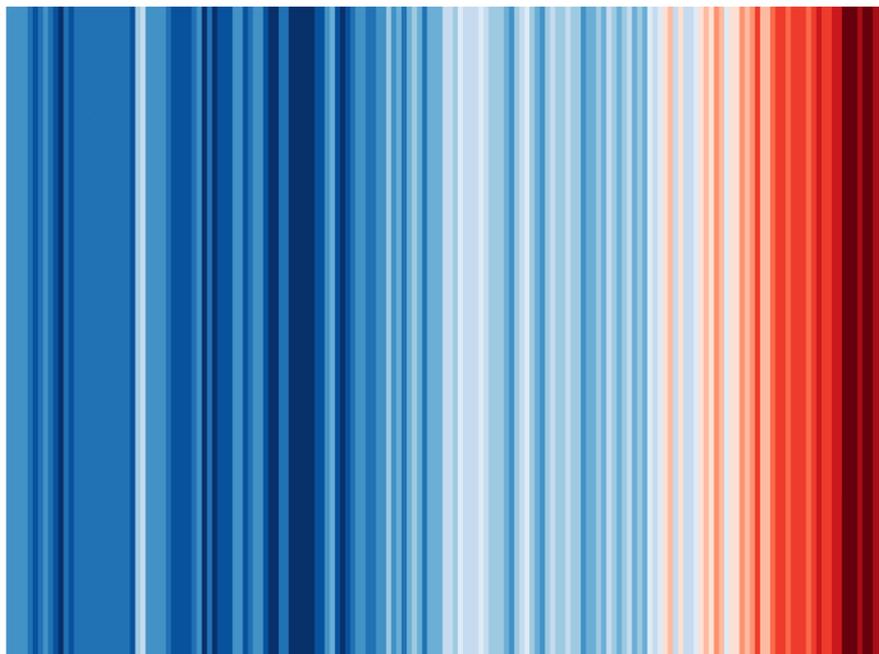
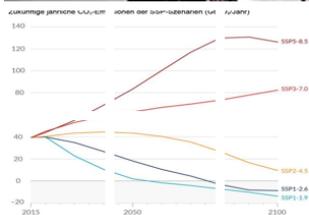
Berücksichtigung der Folgen des Klimawandels in Planungsprozessen



Stand 08/2023

Handbuch WSV-Klimaanpassung

Berücksichtigung der Folgen des Klimawandels in Planungsprozessen



Anlage 2

Klimawirkungen und Klimarisiken

Klimawirkungen und Klimarisiken an Bundeswasserstraßen

Hinweis 1: Die Sammlung von Klimawirkungen gewährt keinen Anspruch auf Vollständigkeit und wird fortlaufend ergänzt.

Hinweis 2: Nicht für alle der in dieser Tabelle genannten Anpassungsoptionen ist die WSV zuständig oder genehmigungspflichtig.

Der Vollständigkeit halber werden auch Anpassungsoptionen Dritter (weiterer Akteure an Bundeswasserstraßen) aufgeführt.

Klimatischer Einfluss oder vorgelagerte Klimawirkungen (1)	Klimawirkungen (2)	Klimafolgen/-risiken	Anpassungsmaßnahmen (u. Maßnahmen zur Vermeidung oder Abschwächung der Klimawirkungen)	Anpassungsmaßnahmentyp
Wasserdargebot				
Häufigere, extremere und länger andauernde (Stark-) Niederschlagsereignisse		Bodenvernässung	Einbau von Dränsystemen	ingenieurtechnisch
		Böschungserosion- bzw. rutschungen	Böschungsabflachung	ingenieurtechnisch
			Bewuchsoptimierung	ingenieurtechnisch
	erhöhter Oberflächenabfluss > erhöhte Regenerosivität bzw. Bodenerosion im Einzugsgebiet (auch durch Zunahme von Hangrutschungen) > erhöhter Sedimenteintrag in Wasserstraßen (<i>Fortsetzung in nachfolgenden Feldern</i>)		Vermeidung von Bodenerosion: Erosionsschutz (Maßnahmen zur Bodenstabilisierung) im Einzugsgebiet (z.B. Hangsicherung, Bepflanzung bzw. Bewaldung, ...?), LAWA-Maßnahmentypen insb. 28, auch 73, 79	ingenieurtechnisch (Dritte)
	zunehmende Anlandungen an der Mündung von Zuflüssen (Nebengewässern)	lokale Tiefenengpässe (Einschränkungen der Schifffahrt)	Optimiertes Sedimentmanagement (...?)	operativ Infrastruktur
zunehmende Überdeckung, Verschlammung, und Kolmatierung des Gewässerbetts mit Feinsedimenten	ökologische Folgen (Beeinträchtigung von Habitaten des Gewässerbetts), erschwerte Einhaltung bzw. Zielerreichung der WRRL-Vorgaben (Maßnahmen-Nr. 70-72, 85)	LAWA-Maßnahmentypen insb. 70-72, auch 28, 73, 79, 85		

Klimatischer Einfluss oder vorgelagerte Klimawirkungen (1)	Klimawirkungen (2)	Klimafolgen/-risiken	Anpassungsmaßnahmen (u. Maßnahmen zur Vermeidung oder Abschwächung der Klimawirkungen)	Anpassungsmaßnahmentyp
Wasserdargebot				
	zunehmende Anlandungen auf Vorländern, in Altarmen und sonstigen Nebengewässern	verringertes Retentionsraum in Auen, Altarmen und Nebengewässern bei Hochwasser > verringerte Abflussspitzen-Kappung	LAWA-Maßnahmentypen 74, 75, (ggf. 79)	
		Abschneiden von Nebengewässern > verringerte laterale Durchgängigkeit > ökologische Folgen (...), erschwerte Einhaltung bzw. Zielerreichung der WRRL-Vorgaben (Maßnahmen-Nr. 74, 75)	LAWA-Maßnahmentypen 72, 74, 75, (ggf. 79)	
	zunehmende Anlandungen in Häfen	erhöhter Unterhaltungsaufwand	Optimiertes Sedimentmanagement (...?)	operativ Infrastruktur
	zunehmende Anlandungen in Talsperren	erhöhter Unterhaltungsaufwand, verringertes Speichervolumen	Optimiertes Sedimentmanagement (...?), LAWA-Maßnahmentyp 77	operativ Infrastruktur
		erschwerter Einhaltung bzw. Zielerreichung der WRRL-Vorgaben (Maßnahmen-Nr. 77)		
	zunehmende Anlandungen oberhalb von Staustufen	erhöhter Unterhaltungsaufwand	Optimiertes Sedimentmanagement (...?), LAWA-Maßnahmentyp 28, 73, 77, 79	operativ Infrastruktur
		erschwerter Einhaltung bzw. Zielerreichung der WRRL-Vorgaben (Maßnahmen-Nr. 77)		
	zunehmende Feinsedimenteinträge in Ästuare	Beschleunigung von Verlandungsprozessen > ökologische Folgen (...)	Optimiertes Sedimentmanagement (...?), LAWA-Maßnahmentyp 28, 73, 77, 79	operativ Infrastruktur
		Sauerstoffzehrung (...) > ökologische Folgen (...)		
		erhöhter Unterhaltungsaufwand der Ästuare, erschwerte Einhaltung bzw. Zielerreichung der WRRL-Vorgaben (Maßnahmen-Nr. 82)		

Klimatischer Einfluss oder vorgelagerte Klimawirkungen (1)	Klimawirkungen (2)	Klimafolgen/-risiken	Anpassungsmaßnahmen (u. Maßnahmen zur Vermeidung oder Abschwächung der Klimawirkungen)	Anpassungsmaßnahmentyp
Wasserdargebot				
	erhöhter Oberflächenabfluss > erhöhte Mobilisierung kontaminierter Sedimente bzw. erhöhter Nähr- und Schadstoffeintrag, sowohl aus diffusen Quellen (z.B. land-wirtschaftliche Bodennutzung oder allgemein durch Boden-auswaschung) als auch aus Punktquellen (z.B. kommunale Kläranlagen)	Einschränkungen des Sedimentmanagements bzw. erhöhte Anforderungen an das Sedimentmanagement	Optimiertes Sedimentmanagement (...?)	operativ Infrastruktur
		ökologische Folgen (...), erschwerte Einhaltung bzw. Zielerreichung der WRRL-Vorgaben (Maßnahmen-Nr. 28, 36, 101)	Optimiertes Sedimentmanagement (...?) LAWA-Maßnahmentyp: 28, 36, 73, 79	operativ Infrastruktur
	Häufigere und länger andauernde Hochwasserphasen	Häufigere und länger andauernde Einschränkungen oder Unterbrechungen der Binnenschifffahrt (zeitlich- bzw. Dauer-bezogener Aspekt)	Schaffung von Retentionsräumen (Polder, Wiederanschluss von Flussauen/Altarmen) zur Reduktion von Abflussspitzen LAWA-Maßnahmentyp: 63, 64, 65, 70, 72, 74, 75	ingenieurtechnisch (flussbaulich)
			Angepasste Abfluss- und Stauregelung (unter Nutzung kurzfristiger Wettervorhersagen), ...?	operativ Infrastruktur
			Verkehrsverlagerungen (strategische Planung)	operativ Verkehrsbetrieb (Betreibende & Nutzende)
			Erhöhung der Lagerkapazität	operativ Verkehrsbetrieb (Nutzende)
	wenn extrem: Absterben von Ufervegetation, erschwerte Einhaltung bzw. Zielerreichung der WRRL-Vorgaben (Maßnahmen-Nr. 73, 79)			

Klimatischer Einfluss oder vorgelagerte Klimawirkungen (1)	Klimawirkungen (2)	Klimafolgen/-risiken	Anpassungsmaßnahmen (u. Maßnahmen zur Vermeidung oder Abschwächung der Klimawirkungen)	Anpassungsmaßnahmentyp
Wasserdargebot				
		verminderte Auffindbarkeit und Passierbarkeit von Fischaufstiegsanlagen > erschwerte Einhaltung bzw. Zielerreichung der WRRL-Vorgaben (Maßnahmen-Nr. 69)	LAWA-Maßnahmentyp 69 (Anpassungen von Maßnahmen gemäß 69)	
Höhere Wasserstände		Verminderung der hydraulischen Wirksamkeit und Energieumwandlung an Wehranlagen	objektplanerische Änderungen des Wehrverschlusses	ingenieurtechnisch
		Wehranlagen: erhöhte statische Lasten, veränderte Einwirkungen für die Nachweise der inneren und äußeren Standsicherheit	objektplanerische Änderungen z.B. der Höhenlage der Konstruktionsunterkante der Wehrstege	ingenieurtechnisch
			Anpassung zur Vermeidung höherer Wasserstände: (1) Maßnahmen zur Verbesserung des Wasserrückhalts, (2) zur Verringerung von Abflussspitzen und (3) zur Erhöhung der Grundwasserstände: Erhalt/Ausweitung von Überschwemmungsflächen, Renaturierungen, Extensivierungen, Schaffung von Rückhalteräumen, dezentraler/ flächenhafter Wasserrückhalt im gesamten Einzugsgebiet durch verbesserte Infiltration, Rückbau bzw. Verschließen von Entwässerungsgräben, Gehölzpflanzungen und Renaturierung von Feuchtgebieten wie Moore, Tümpel, Feucht- und Moorwiesen, Flächenvorsorge durch Reduzierung der Bodenversiegelung LAWA-Maßnahmentyp: 70-75	ingenieurtechnisch (Dritte)

Klimatischer Einfluss oder vorgelagerte Klimawirkungen (1)	Klimawirkungen (2)	Klimafolgen/-risiken	Anpassungsmaßnahmen (u. Maßnahmen zur Vermeidung oder Abschwächung der Klimawirkungen)	Anpassungsmaßnahmentyp
Wasserdargebot				
		Überflutung von (Binnen)Hafenanlagen > Einschränkungen im Betrieb von (Binnen)Hafenanlagen		
		Überflutung von Zufahrtswegen zu Anlagen > Einschränkungen im Betrieb von Anlagen	Prüfung und ggf. Anpassung der Höhenlage von Zufahrtswegen	ingenieurtechnisch
			Einsatz von Fernwirkanlagen bzw. Fernsteuerzentralen (<i>Aber: Auch bei Automatisierung Möglichkeiten der Handsteuerung immer vorsehen!</i>)	operativ Verkehrsbetrieb (Betreibende)
		Freiborddefizite	Sicherheitszuschläge zum Freibord	regulatorisch, ingenieurtechnisch
		Dammüberströmung	Klimawandelzuschläge auf Bemessungswerte (BHQ)	regulatorisch, ingenieurtechnisch
		Wellenbeanspruchung in ungeschützten Bereichen	Anpassung der Bewirtschaftung/ Steuerung der Stauanlagen	operativ Infrastruktur
		Höhere Belastung von Dammscharten	Leistungsanpassung von Entnahme- und Entlastungsanlagen (Pumpen, etc.)	ingenieurtechnisch / regulatorisch?
			Kronensicherung, z.B. durch Wellenumlenker	ingenieurtechnisch (auch Dritte)
			Befestigung von Überlaufstrecken und Böschungen	ingenieurtechnisch (auch Dritte)
			Erhöhung des Absperrbauwerkes	ingenieurtechnisch (auch Dritte)
	Erhöhung maximaler Unterwasserstände und/oder Zunahme der Häufigkeit von hohen Unterwasserständen an Staustufen	unzureichende Leitströmung an Fischaufstiegsanlagen > verminderte Auffindbarkeit, erschwerte Einhaltung bzw. Zielerreichung der WRRL-Vorgaben (Maßnahmen-Nr. 69)	LAWA-Maßnahmentyp 69 (Anpassungen von Maßnahmen gemäß 69), insb. Vergrößerung der Kapazität der Dotationsanlage (zur Erhöhung der maximalen Leitströmung)	

Klimatischer Einfluss oder vorgelagerte Klimawirkungen (1)	Klimawirkungen (2)	Klimafolgen/-risiken	Anpassungsmaßnahmen (u. Maßnahmen zur Vermeidung oder Abschwächung der Klimawirkungen)	Anpassungsmaßnahmentyp
Wasserdargebot				
		Überströmung von Fischaufstiegsanlagen > verminderte Passierbarkeit, erschwerte Einhaltung bzw. Zielerreichung der WRRL-Vorgaben (Maßnahmen-Nr. 69)	LAWA-Maßnahmentyp 69 (Anpassungen von Maßnahmen gemäß 69)	
	Überschwemmungen > Beschädigungen an Industrieanlagen > Schadstoffeinträge	ökologische Folgen (...), erschwerte Einhaltung bzw. Zielerreichung von WRRL-Vorgaben (Maßnahmen-Nr. 28, 35, 101)	LAWA-Maßnahmentyp 35 (Dritte - nicht WSV)	
Größere Zu- und Durchflüsse		Erhöhte Hochwasserbemessungszuflüsse	Überprüfung der Hochwasserbemessung, ggf. Anpassung und Risikoanalyse	regulatorisch (auch Dritte)
		Erhöhte Belastungen von Betriebseinrichtungen (Entnahme- und Entlastungsanlagen)	Umbau, Erneuerung, Ergänzung von Betriebseinrichtungen (Entlastungs- und Entnahmeanlagen)	ingenieurtechnisch (auch Dritte)
		Höhere Unterwasserabgaben > Überlastung Tosbecken/Unterlauf	Notentlastungsanlagen	ingenieurtechnisch
			Kolk- und Erosionsschutzmaßnahmen	ingenieurtechnisch
	Verstärkte Erosionsprozesse an der Sohle	Erosion von Sohlsicherungen > Wasserspiegelverfall und Wassertiefendefizite	Optimiertes Sedimentmanagement (...?), LAWA-Maßnahmentypen 70-75, 77, 79	
		verminderte Ausuferungsfähigkeit ins Vorland > erschwerte Einhaltung bzw. Zielerreichung der WRRL-Vorgaben (Maßnahmen-Nr. 74, 75)		
	Beeinträchtigung von Habitaten des Sohlbereichs > erschwerte Einhaltung bzw. Zielerreichung der WRRL-Vorgaben (Maßnahmen-Nr. 70-72, 79)			

Klimatischer Einfluss oder vorgelagerte Klimawirkungen (1)	Klimawirkungen (2)	Klimafolgen/-risiken	Anpassungsmaßnahmen (u. Maßnahmen zur Vermeidung oder Abschwächung der Klimawirkungen)	Anpassungsmaßnahmentyp
Wasserdargebot				
		eingeschränkte Auffindbarkeit des Einstiegs von Fischaufstiegsanlagen > erschwerte Einhaltung bzw. Zielerreichung der WRRL-Vorgaben (Maßnahmen-Nr. 69)	LAWA-Maßnahmentypen 69, 70-75	
	Verstärkte Erosionsprozesse im Uferbereich	Destabilisierung technisch-biologischer Ufersicherungen > erschwerte Einhaltung bzw. Zielerreichung der WRRL-Vorgaben (Maßnahmen-Nr. 73, 79)	LAWA-Maßnahmentypen 71 (z.B. vorgelagerter Uferschutz wie Parallelwerk wo kein Entwicklungsraum vorhanden)	
		Beeinträchtigung von Habitaten des Uferbereichs > erschwerte Einhaltung bzw. Zielerreichung der WRRL-Vorgaben (Maßnahmen-Nr. 73, 79)		
		verstärkte Reaktivierung und Umlagerung schadstoff-belasteter Sedimente im Uferbereich	LAWA-Maßnahmentypen 28, 73, 79	
	Verstärkte Sediment- und Morphodynamik des Flussbetts	lokale Anlandungen > Tiefenengpässe (Einschränkungen der Schifffahrt)	Optimiertes Sedimentmanagement (...?) Flussbauliche Maßnahmen zur Vermeidung von lokalen Anlandungen (z.B. Bau von Längswerken)	operativ Infrastruktur ingenieurtechnisch (flussbaulich)
		verstärkte Reaktivierung und Umlagerung schadstoff-belasteter Sedimente an der Gewässersohle > erhöhte Anforderungen an das Sedimentmanagement, erschwerte Einhaltung bzw. Zielerreichung der WRRL-Vorgaben (Maßnahmen-Nr. 101)	Optimiertes Sedimentmanagement (...?), LAWA-Maßnahmentypen 77, 101	

Klimatischer Einfluss oder vorgelagerte Klimawirkungen (1)	Klimawirkungen (2)	Klimafolgen/-risiken	Anpassungsmaßnahmen (u. Maßnahmen zur Vermeidung oder Abschwächung der Klimawirkungen)	Anpassungsmaßnahmentyp
Wasserdargebot				
		erschwerter Einhaltung bzw. Zielerreichung der WRRL-Vorgaben (Maßnahmen-Nr. 72: aufwändigere Schaffung von Sohlsubstraten und strömungsberuhigte Zonen)	LAWA-Maßnahmentypen 71	
Länger andauernde Niedrigwasserperioden / Trockenperioden		Trockenfallen von Bauteilen	Bewässerungsmaßnahmen	operativ Infrastruktur
		Austrocknung der Grasnarbe bzw. des Oberbodens auf Dämmen und Deichen	Bewuchsoptimierung (z. B. Einsatz trockenheitsresistenter Saatgutmischungen)	ingenieurtechnisch
		Austrocknung von Erdstoffdichtungen, Rissbildung, Undichtigkeiten	Alternative Oberflächengestaltung (z.B. Steinschüttungen)	ingenieurtechnisch
			Größere Überdeckungshöhe von Dichtungen	ingenieurtechnisch
			Dickere Dichtungen	ingenieurtechnisch
			Gezieltes Monitoring	operativ Infrastruktur
	Vertrocknung von Ufer- und Auenflora	Schädigung von Ufer- und Auenhabitaten und veränderte Artenzusammensetzung möglich, erschwertes Anwachsen bei technisch-biologischen Ufersicherungen > erschwerter Einhaltung bzw. Zielerreichung der WRRL-Vorgaben (Maßnahmen-Nr. 73, 74, 79)		
	länger andauernde Einschränkungen oder Unterbrechungen der Binnenschifffahrt (zeitlich- bzw. Dauer-bezogener Aspekt)	Bau von Staustufen bzw. Ausbau der Stauregulierung	ingenieurtechnisch	
		Speicherlösungen zur Niedrigwasseraufhöhung (Talsperren, Speicherseen bzw. Speicherbecken, Kanalnetzüberleitung)	ingenieurtechnisch (auch Dritte)	
		Verbesserte (verlängerte) Abflussvorhersagen	informativ	

Klimatischer Einfluss oder vorgelagerte Klimawirkungen (1)	Klimawirkungen (2)	Klimafolgen/-risiken	Anpassungsmaßnahmen (u. Maßnahmen zur Vermeidung oder Abschwächung der Klimawirkungen)	Anpassungsmaßnahmentyp
Wasserdargebot				
			Verkehrsverlagerungen (Verschiebung von Ladungsströmen vom Wasser auf die Schiene)	operativ Verkehrsbetrieb (Betreibende & Nutzende)
			Erhöhung der Lagerkapazität	operativ Verkehrsbetrieb (Nutzende)
			Erhöhung des Umschlagsequipments	operativ Verkehrsbetrieb (Nutzende)
			Anpassungen der Flottenkonstellation: kleinere Schiffe im Koppelverband	operativ Verkehrsbetrieb (Nutzende)
			mittel- bis langfristige Bindung bestehenden flachgehenden Schifffraums durch Time-Charter-Verträge	operativ Verkehrsbetrieb (Nutzende)
	Kurzfristig erhöhtes Verhältnis von Flutstrom- zu Ebbstrom-geschwindigkeit im Ästuar > Kurzfristig verringerter Sedimentaustrag	Verringerte Wirksamkeit der seewärtigen Verbringung von Baggergut > ggf. erhöhter Unterhaltungsaufwand, erschwerte Einhaltung bzw. Zielerreichung der WRRL-Vorgaben (Maßnahmen-Nr. 82)	Verbesserte (verlängerte) Abflussvorhersagen und entsprechende Berücksichtigung im Sedimentmanagement (flexibles Sedimentmanagement)	informativ, operativ Infrastruktur
	Kurzfristige Verschiebung von Trübungs- und Brackwasserzone nach stromauf im Ästuar	Zeitliche Einschränkungen von Maßnahmen des Sedimentmanagements	Berücksichtigung von Abflussvorhersagen (flexibles Sedimentmanagement)	informativ, operativ Infrastruktur
	Verringertes Wasserdargebot	Erhöhte Anzahl Schleusungsvorgänge (und verlängerte Schleusungszeiten)	Optimierung des Schleusenmanagementsystems	operativ Infrastruktur
	Abgesenkte Grundwasserstände	Setzungen > verringerte Standsicherheit		
	Temperaturerhöhung	siehe "Temperatur"		

Klimatischer Einfluss oder vorgelagerte Klimawirkungen (1)	Klimawirkungen (2)	Klimafolgen/-risiken	Anpassungsmaßnahmen (u. Maßnahmen zur Vermeidung oder Abschwächung der Klimawirkungen)	Anpassungsmaßnahmentyp
Wasserdargebot				
	Verringertes Wasserdargebot	verminderte Auffindbarkeit und Passierbarkeit von Fischaufstiegsanlagen > erschwerte Einhaltung bzw. Zielerreichung der WRRL-Vorgaben (Maßnahmen-Nr. 69)		
	Verringertes Wasserdargebot	erschwerte Einhaltung bzw. Zielerreichung von WRRL-Vorgaben (Belastungstyp Wasserentnahmen: Maßnahmen-Nr. 52, 53)		
Niedrigere Wasserstände (Wasserstands-/Extremwert-bezogen)			Vermeidung niedrigerer Wasserstände: Maßnahmen zur Verbesserung des (1) Wasserrückhalts im gesamten Einzugsgebiet bzw. in Quellgebieten oder (2) der Abflussverzögerung bei Hochwasser und (3) der Wasserspeicherung: insb. dezentraler/ flächenhafter Wasserrückhalt durch verbesserte Infiltration, Rückbau bzw. Verschließen von Entwässerungsgräben, Gehölzpflanzungen und Renaturierung von Feuchtgebieten wie Moore, Tümpel, Feucht- und Moorwiesen, Reduzierung der Bodenversiegelung > fördert den Erhalt des Grundwasserspiegels bzw. die Wiederauffüllung des Grundwassers > stützt die Wasserstände in den Bundeswasserstraßen LAWA-Maßnahmentyp: 70-75	ingenieurtechnisch (Dritte)
		Wellenbeanspruchung in ungeschützten Bereichen	Befestigungsmaßnahmen	ingenieurtechnisch

Klimatischer Einfluss oder vorgelagerte Klimawirkungen (1)	Klimawirkungen (2)	Klimafolgen/-risiken	Anpassungsmaßnahmen (u. Maßnahmen zur Vermeidung oder Abschwächung der Klimawirkungen)	Anpassungsmaßnahmentyp
Wasserdargebot				
		Wasserqualitätsverschlechterung, korrosive Wirkung an Materialoberflächen	Wasserqualitätsverbessernde Maßnahmen (im Wasserkörper und/oder im Einzugsgebiet) LAWA-Maßnahmentyp: 35, 36	operativ Infrastruktur ?
		Oberflächenbeschichtungen	ingenieurtechnisch	
		Reinigungsmaßnahmen	operativ Infrastruktur	
		Wehranlagen: veränderte Einwirkungen für die Nachweise der inneren und äußeren Standsicherheit		ingenieurtechnisch
		verringerte Abladetiefe und erschwerte Schiffsteuerung > stärkere Einschränkungen oder Unterbrechungen der Binnenschifffahrt (Wassertiefenbezogener Aspekt)	Verlegung der Fahrrinne	regulatorisch
	Niedrigwasserkorridor (Unterhaltung auf tieferem Niveau in einem Teilbereich der Fahrrinnenbreite, v.a. für die Bergfahrt)	ingenieurtechnisch (flussbaulich)		
	Bau oder Anpassung von Buhnen zur Stützung des Wasserspiegels in der Fahrrinne	ingenieurtechnisch (flussbaulich)		
	Bau oder Anpassung von Längswerken zur Stützung des Wasserspiegels in der Fahrrinne	ingenieurtechnisch (flussbaulich)		
	Bau von flexiblen Regelungsmaßnahmen (beweglichen Konstruktionen) wie Schlauch- oder Sektorwehre außerhalb der Fahrrinne an Nebenarmen oder angeschlossenen Altarmen zur Stützung des Wasserspiegels in der Fahrrinne	ingenieurtechnisch (flussbaulich)		
	Bau von Begegnungsboxen	ingenieurtechnisch (flussbaulich)		

Klimatischer Einfluss oder vorgelagerte Klimawirkungen (1)	Klimawirkungen (2)	Klimafolgen/-risiken	Anpassungsmaßnahmen (u. Maßnahmen zur Vermeidung oder Abschwächung der Klimawirkungen)	Anpassungsmaßnahmentyp
Wasserdargebot				
			Verringerung des Tiefgangs von Schiffen durch kleinere Schiffsgröße, angepasste Schiffsform, dynamische Tunnelschürze, angepasstes Material z.B. höherfester Stahl	ingenieurtechnisch (schiffbaulich)
			Verbesserung der Schiffsteuerung durch Mehrschraubenanlage, dynamische Tunnelschürze, angepasste Schiffsform? (ggf. dadurch auch Verringerung der Schiffgeschwindigkeit möglich)	ingenieurtechnisch (schiffbaulich)
			assistiertes/autonomes Fahren zur verbesserten Bewirtschaftung des Verkehrsraums (Verringerter Verkehrsbreitenbedarf)	ingenieurtechnisch (schiffbaulich), operativ Verkehrsbetrieb (Nutzende)
			Mengenregulierung bzw. Ausnahmeregelungen bei der Wasserentnahme	regulatorisch
		erschwerter Einhaltung bzw. Zielerreichung von WRRL-Vorgaben (Belastungstyp Wasserentnahmen: Maßnahmen-Nr. 52, 53)		
Verringerte Verdünnung von Schadstoffen > Erhöhte Konzentration von Nähr- und Schadstoffen (chemische Kontaminanten)	erhöhte toxische Belastungen für Flora und Fauna (...?), vermehrtes Algenaufkommen		Mengenregulierung bzw. Ausnahmeregelungen bei der Wasserentnahme LAWA-Maßnahmentyp: 28, 35, 36, 52, 53, 61, 63	regulatorisch
Gewässerfauna: relativ erhöhte Populationsdichte	verstärkte Ausbreitung von Krankheiten und Parasiten			
verstärkte Durchlichtung des Wasserkörpers	vermehrtes Algenwachstum		LAWA-Maßnahmentyp: 73 (Beschattung durch Gehölze)	

Klimatischer Einfluss oder vorgelagerte Klimawirkungen (1)	Klimawirkungen (2)	Klimafolgen/-risiken	Anpassungsmaßnahmen (u. Maßnahmen zur Vermeidung oder Abschwächung der Klimawirkungen)	Anpassungsmaßnahmentyp
Wasserdargebot				
	verstärkte Abkopplung von Nebengewässern ("Zerschneidung" aquatischer Habitate)	Einschränkung der lateralen Durchgängigkeit (Erreichbarkeit von Nebenrinnen), erschwerte Einhaltung bzw. Zielerreichung der WRRL-Vorgaben (Maßnahmen-Nr. 74, 75)	LAWA-Maßnahmentypen: 61, 63, 70, 71, 74, 75, 79	
	stärkere Verengung des Gewässers	ggf. größerer Jagderfolg von Raubfischen und Kormoranen bei Jungfischen	LAWA-Maßnahmentypen: 61, 63, 71, 95 (Verringerung von Belastungen infolge Freizeit- und Erholungsaktivitäten), 96 (Verringerung sonstiger anthropogener Belastungen)	
		erhöhter Schiffsschraubenschlag bei Fischen		
		erschwertes Anwachsen bei technisch-biologischen Ufersicherungen, erschwerte Einhaltung bzw. Zielerreichung der WRRL-Vorgaben (Maßnahmen-Nr. 73, 79)	LAWA-Maßnahmentypen: 79	
		Verringerte Attraktivität von BWaStr für den wasserbezogenen Tourismus		
Kleinere Zu- und Durchflüsse (Abflüsse)	Verringerte Schadstoffabfuhr > erhöhte Konzentration von Schadstoffen	erhöhte toxische Belastungen für Flora und Fauna (...?)	Regulierung von Stoffeinträgen, LAWA-Maßnahmentypen: 28, 36, 73	operativ Infrastruktur (i.W. Dritte)
			Wasserzugaben/ Wassermengenmanagement, LAWA-Maßnahmentypen: 61, 63, 52, 53	operativ Infrastruktur (wasserwirtschaftlich , i.W. Dritte)
	erhöhte Salzkonzentration	vermehrtes Algenwachstum	LAWA-Maßnahmentypen: 61, 63, 52, 53	

Klimatischer Einfluss oder vorgelagerte Klimawirkungen (1)	Klimawirkungen (2)	Klimafolgen/-risiken	Anpassungsmaßnahmen (u. Maßnahmen zur Vermeidung oder Abschwächung der Klimawirkungen)	Anpassungsmaßnahmentyp
Wasserdargebot				
	erhöhter relativer Anteil von Feinsedimenten (Schwebstoffen)	Beeinträchtigung von Habitaten des Gewässerbetts bzw. verringerter Artenreichtum am Gewässerboden (Feinsedimente am Gewässerboden sind artenärmere Habitate als gröbere Sedimente) > negative Effekte auf Makrozoobenthos > erschwerte Einhaltung bzw. Zielerreichung von WRRL-Vorgaben (Maßnahmen-Nr. 70-72)	LAWA-Maßnahmentypen: 28, 73, 77, 79, 52, 53, 61, 63	
	erhöhte Wasseraufenthaltszeit bzw. Verweilzeit des Wassers	verfügbare Zeit für Algenwachstum erhöht > vermehrtes Algenwachstum	LAWA-Maßnahmentypen: 61, 62, 63	
		Förderung des Zooplankton (insb. Rädertierchen) > erhöhter Algenfraß & Reduktion des Phytoplankton (Gesamteffekt unklar, erhöhte Wassertemperatur ausschlaggebender als Verweilzeit)		
Zunahme von Abfluss- und Wasserstandsschwankungen			Verringerung von Wasserstandsschwankungen: LAWA-Maßnahmentypen: 74, 75, 61, 63, 64, 65	
		Wehranlagen: Zunehmende Anzahl Stellbewegungen > zunehmende Abnutzung von Antrieben und Lagerungen (& erhöhter Energiebedarf)	Angepasste Auslegung von Antrieben und Lagerungen	ingenieurtechnisch
		Wehranlagen: erhöhte dynamische Lasten, veränderte Einwirkungen für die Nachweise der inneren und äußeren Standsicherheit	Angepasste Abfluss- und Stauregelung (unter Nutzung kurzfristiger Wettervorhersagen)	operativ Infrastruktur
			objektplanerische Änderungen (...?)	ingenieurtechnisch

Klimatischer Einfluss oder vorgelagerte Klimawirkungen (1)	Klimawirkungen (2)	Klimafolgen/-risiken	Anpassungsmaßnahmen (u. Maßnahmen zur Vermeidung oder Abschwächung der Klimawirkungen)	Anpassungsmaßnahmentyp
Wasserdargebot				
	stärkere Sedimentumlagerungen bei Hochwasser, verstärkte Saisonalität der Sedimentdynamik	Engpässe bei Niedrigwasser, kurz-/mittel-/langfristige Unter-/Überbewirtschaftung des Sedimentmanagements		
	geänderte Geohydraulik	Auswirkungen auf Tragwerksplanung	Angepasste Tragwerksplanung	ingenieurtechnisch

Klimatischer Einfluss oder vorgelagerte Klimawirkungen (1)	Klimawirkungen (2)	Klimafolgen/-risiken	Anpassungsmaßnahmen (u. Maßnahmen zur Vermeidung oder Abschwächung der Klimawirkungen)	Anpassungsmaßnahmentyp
Temperatur				
Höhere Lufttemperaturen (Zunahme Hitze) und größere Lufttemperaturgradienten, mehr Sonnentage, erhöhte UV-Bestrahlung		Stärkere Materialbeanspruchung	Prüfung temperaturbezogener Bemessungswerte und Lastannahmen, bei Bedarf neue Nachweisführung und ggf. techn. Anpassungsmaßnahmen (z.B. Dehnungsfugen)	informativ / regulatorisch / ingenieurtechnisch
		Versprödung, Rissbildung, Deformation	Einkapseln/Abdecken von Dichtungen, Beschichtungen	ingenieurtechnisch
		wenn geringe Wasserverfügbarkeit: Verlust (Verdorren) von Ufer- und Auenvegetation und veränderte Artenzusammensetzung möglich, erschwertes Anwachsen bei technisch-biologischen Ufersicherungen > erschwerte Einhaltung bzw. Zielerreichung der WRRL-Vorgaben (Maßnahmen-Nr. 73, 74, 79)		
Verändertes Frost-Tau-Wechsel-Regime		Setzungen/Hebungen	Schutz von Bauteilen, z.B. durch Vorsatzschalen/-elemente, Dämmung usw.	ingenieurtechnisch
		Böschungsinstabilitäten	Ersatz von angreifbaren durch resistente Bauteile	ingenieurtechnisch
		Schnellere Alterung / Ermüdung von Baustoffen/Bauteilen		
Höhere Wassertemperaturen	Verschlechterung der Wasserqualität (...?)		LAWA-Maßnahmentypen: 71, 73, 28, 61, 63 (Kühlender Effekt durch verbesserte Wasserführung, Förderung von Gewässerrandstreifen zur Beschattung, Gewässerstrukturmaßnahmen z.B. Schaffung/ Erhaltung von Kolken)	
			Verstärkung von Bauteilen	ingenieurtechnisch

Klimatischer Einfluss oder vorgelagerte Klimawirkungen (1)	Klimawirkungen (2)	Klimafolgen/-risiken	Anpassungsmaßnahmen (u. Maßnahmen zur Vermeidung oder Abschwächung der Klimawirkungen)	Anpassungsmaßnahmentyp
Temperatur				
		korrosive Wirkung auf Materialoberflächen (z.B. Algenbewuchs)	Stauanlagen: Anpassung von Wasserentnahmeanlagen zur Flexibilisierung der Entnahmetiefen Maßnahmen zur Verringerung der Nährstoffbelastung bzw. des Algenwachstums (...?)	ingenieurtechnisch operativ Infrastruktur (Dritte)
		Erschwerte Einhaltung der Anforderungen zur Gewässergüte > Zunehmende Behinderung der Arbeiten im Gewässer (insb. Sedimentmanagement > Beeinträchtigung der Unterhaltung > Einschränkungen im Verkehrsfluss und Verkehrssicherheit)	veränderte Einleitung von Kühlwasser durch Kraftwerke	operativ Infrastruktur (Dritte)
	schlechtere Löslichkeit von Sauerstoff > verringerter Sauerstoffgehalt	verschlechterte Nutzbarkeit für Fische, die auf hohen Sauerstoffgehalt angewiesen sind	Künstliche Belüftung/ Sauerstoffanreicherung (z.B. Luftansaugung und Erzeugung einer Mischströmung)	ingenieurtechnisch
	Verringerte Eisbildung (weniger Eistage)	Verringerte Erfordernis von Eisauflauf	Verkleinerung der Eisbrecher-Flotte?	operativ Infrastruktur, regulatorisch
	ggf. schnellere Erwärmung und damit beschleunigter Eisauflauf im Frühjahr (?)	ggf. höhere Anforderung an den Betrieb der Wasserstraßen beim Umgang mit Eisgang im Frühjahr (?)	Bereitstellung genauerer Wettervorhersagen für den Vorhersagezeitraum von bis zu 48 Stunden (?)	operativ Infrastruktur, informativ (Dritte)

Klimatischer Einfluss oder vorgelagerte Klimawirkungen (1)	Klimawirkungen (2)	Klimafolgen/-risiken	Anpassungsmaßnahmen (u. Maßnahmen zur Vermeidung oder Abschwächung der Klimawirkungen)	Anpassungsmaßnahmentyp
Wind				
Änderung der Hauptwindrichtung (veränderte Häufigkeit der Wetterlagen)		Änderung der Wellenauflaufparameter (Windstau, Wellenauflauf)	Anpassung der Freibordbemessung, ggf. technische Anpassungsmaßnahmen (wie bei höheren Wasserständen)	regulatorisch / ingenieurtechnisch
		Dammüberströmung	Kronen- und Böschungssicherungsmaßnahmen	ingenieurtechnisch
		Freiborddefizite		
Zunahme von Starkwindereignissen (veränderte Häufigkeit der Windgeschwindigkeiten)			LAWA-Maßnahmentypen: 28, 73 (Windschatten durch Vegetation)	
		Änderung der Wellenauflaufparameter (s.o.)	Anpassung der Freibordbemessung, ggf. technische Anpassungsmaßnahmen	regulatorisch / ingenieurtechnisch
		Dammüberströmung	Kronen- und Böschungssicherungsmaßnahmen	ingenieurtechnisch
		Freiborddefizite	Verkläusungsschutz, Wildholzsperrern, Treibgutfang	ingenieurtechnisch
		Verstärkter Windwurf und erhöhter Treibgutauflauf	Räumliche Rechenkonstruktionen	ingenieurtechnisch
		Verkläusungsgefahr an Entlastungs- und Entnahmeanlagen sowie an Brücken	Anwendung robuster Bauweisen	ingenieurtechnisch
			Notfallvorsorge treffen	operativ Infrastruktur
Windstau in Kanälen (i.d.R. mit Ost-West-Ausrichtung)				

Klimatischer Einfluss oder vorgelagerte Klimawirkungen (1)	Klimawirkungen (2)	Klimafolgen/-risiken	Anpassungsmaßnahmen (u. Maßnahmen zur Vermeidung oder Abschwächung der Klimawirkungen)	Anpassungsmaßnahmentyp
Meeresspiegelanstieg				
Erhöhtes Verhältnis von Flutstrom- zu Ebbstrom-geschwindigkeit im Ästuar	Langfristig erhöhter Import von marinen Feinsedimenten (erhöhtes "tidal pumping")	erhöhter Unterhaltungsaufwand bzw. erhöhte Baggermengen in den Seehafenzufahrten (und größere Verbringewege von Baggergut), erschwerte Einhaltung bzw. Zielerreichung der WRRL-Vorgaben (Maßnahmen-Nr. 82)	Anpassungen des Strombaukonzepts: Verkleinerung des Strömungsquerschnitts im Mündungsgebiet (z.B. durch Förderung des Wattwachstums) und Schaffung von Flutraum im stromauf gelegenen Abschnitt eines Ästuars (Achtung: Durch Förderung des Wattwachstums bzw. Sandvorspülungen folgt: erschwerte Einhaltung bzw. Zielerreichung der WRRL-Vorgaben (Maßnahmen-Nr. 83), LAWA-Maßnahmentyp: 77	ingenieurtechnisch (strombaulich)
		erhöhter Eintrag von Sedimenten mit hohem Organikanteil > erhöhte Sauerstoffzehrung > Ausweitung von ökologischen "Todeszonen"		
		unnatürlich schnelle Verlandung von Nebengewässern > Reduzierung der Habitatverfügbarkeit, erschwerte Einhaltung bzw. Zielerreichung der WRRL-Vorgaben (Maßnahmen-Nr. 74, 75)		
Langfristige Verschiebung von Brackwasser- und Trübungszone nach stromauf		Veränderte Depositionshotspots entlang der Seehafenzufahrten	Anpassung der Bagger- und Umlagerungspositionen	operativ Infrastruktur
		Erschwerte Einhaltung der Anforderungen zur Gewässergüte > Zunehmende Behinderung der Arbeiten im Gewässer (v.a. Sedimentmanagement)	Optimierung des Sedimentmanagements (...)	operativ Infrastruktur

Klimatischer Einfluss oder vorgelagerte Klimawirkungen (1)	Klimawirkungen (2)	Klimafolgen/-risiken	Anpassungsmaßnahmen (u. Maßnahmen zur Vermeidung oder Abschwächung der Klimawirkungen)	Anpassungsmaßnahmentyp
Meeresspiegelanstieg				
		Reduzierung der Brackwasserzonen > verkleinertes Habitat für Brackwasserlaicher (Fischarten, die für die Fortpflanzung auf Brackwasser angewiesen sind)		
		Reduzierung des Flächenanteils ökologisch wertvoller Habitate (z.B. Fluss-/Ästuarinseln), aufgrund künstlicher Begrenzung durch Deiche > erschwerte Einhaltung bzw. Zielerreichung der WRRL-Vorgaben (Maßnahmen-Nr. 70-75)		
Höhere mittlere Wasserstände; höheres Ausgangsniveau für Sturmfluten > höhere Sturmflutwasserstände, häufigere Sturmfluten ¹ , häufigere "Kettentiden" ² , längere Dauer erhöhter Wasserstände	Erhöhte bzw. häufigere Seegangsbelastung	Verringerte Standsicherheit von Bauwerken (...)	Anpassung von Bemessungswerten	regulatorisch, ingenieurtechnisch
		Schädigung von Ufer- und Auenhabitaten und veränderte Artenzusammensetzung möglich, erschwertes Anwachsen bei technisch-biologischen Ufersicherungen > erschwerte Einhaltung bzw. Zielerreichung der WRRL-Vorgaben (Maßnahmen-Nr. 73, 79, 87)		
	Längere Dauer erhöhter Wasserstände einschließlich der Ebbphase	Erschwerte Entwässerung des Hinterlands (z.B. NOK)	auf Prognosen gestützte und automatisierte Steuerung des Betriebswasserstands	informativ

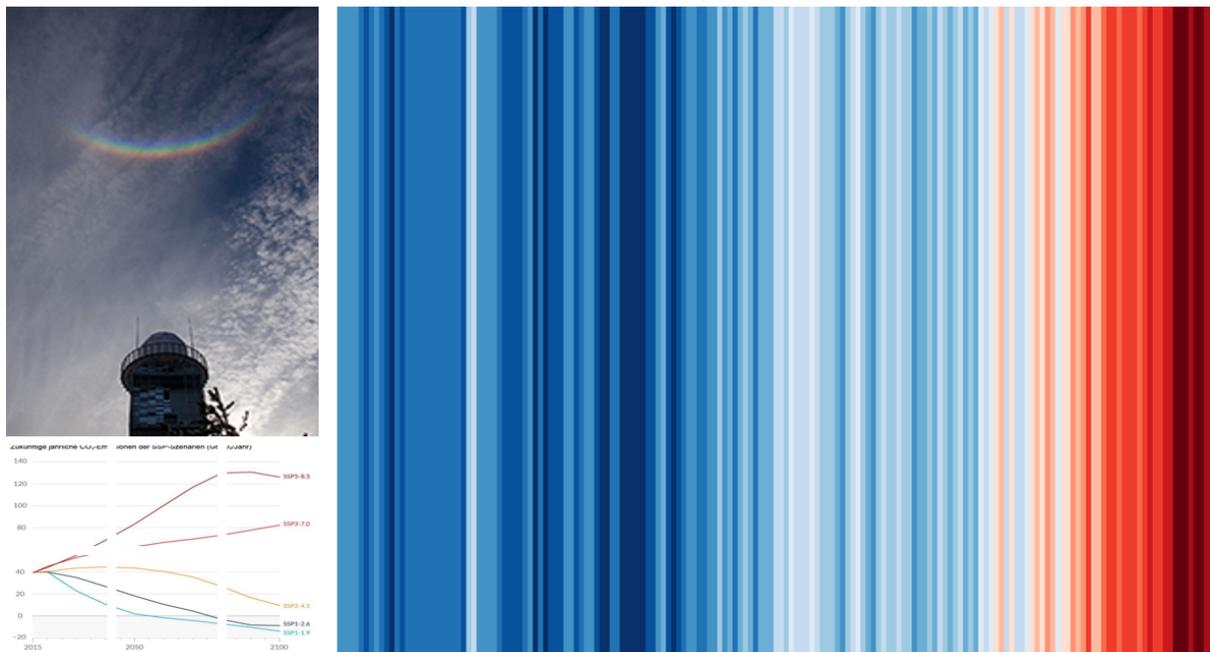
¹ Erklärung: Die gleiche Wetterlage, die bisher nur Wasserstände knapp unterhalb des Sturmflutniveaus (definierter Grenzwert für eine Sturmflut) generiert, kann bei Meeresspiegelanstieg zu Wasserständen oberhalb des Sturmflutniveaus führen (bedingt durch das höhere Ausgangsniveau). Dadurch treten Wasserstände, die heute als Sturmflut gelten, häufiger auf. (Laut amtlicher Definition des BSH liegt an der deutschen Nordseeküste eine Sturmflut vor, wenn das Mittlere Tidehochwasser (MThw) um mindestens 1,5 m überschritten wird.)

² Definition Kettentide: Mehrere nacheinander auftretende Tiden mit Tidehochwasser über Sturmflutniveau. In diesen Fällen sind die Wasserstände auch in der Ebbphase stark erhöht, sodass der Wasserstand während des Tideniedrigwassers nur gering abfällt (z.T. höheres Niveau als MThw).

Klimatischer Einfluss oder vorgelagerte Klimawirkungen (1)	Klimawirkungen (2)	Klimafolgen/-risiken	Anpassungsmaßnahmen (u. Maßnahmen zur Vermeidung oder Abschwächung der Klimawirkungen)	Anpassungs- maßnahmentyp
Meeresspiegelanstieg				
			Bau eines Pumpwerks	ingenieurtechnisch
			Bau von Speicherbecken	ingenieurtechnisch
			Bau von Düken	ingenieurtechnisch
			Regulierung des Zulaufs (z.B. zum NOK)	operativ Infrastruktur
			Vernässung von Küstenniederungen > Veränderte Habitate? (abh. von Entwässerung)	
		Häufigere Sperrung von Hafengebieten	Erhöhung von Hafenanlagen (z.B. Brücken)	ingenieurtechnisch (Dritte)

Handbuch WSV-Klimaanpassung

Berücksichtigung der Folgen des Klimawandels in Planungsprozessen



Anlage 3

Arten von Anpassungsmaßnahmen und Beispiele

Arten von Anpassungsmaßnahmen und Beispiele (Auswahl)

Hinweis: Die Beispiele beziehen sich nicht ausschließlich auf WSV-Aufgaben, sondern zum Teil auch auf Maßnahmen Dritter an Wasserstraßen (siehe Kennzeichnung).

Anpassungsart	Beispiele
Informatorisch: Zentrale Dienste zur Bereitstellung von Daten, Beratung und abgeleiteten Produkten	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Entwicklung zentraler Dienste für Klimadaten bzw. Klimafolgen (DAS-Basisdienst, Deutscher Klimadienst) – <i>Dritte</i> ▪ Aufbau von Frühwarnsystemen/ Vorhersagediensten – <i>Dritte</i> ▪ Bewusstseinsbildung ▪ Informationskampagnen ▪ Schulungen
Regulatorisch: Konkrete Vorgaben und Anleitungen zur Berücksichtigung des Klimawandels in Planungen (angepasste Bemessungsgrundlagen)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Anpassung oder Erstellung von Normen zur Klimaanpassung – <i>Dritte</i> ▪ Anpassung der Bemessungswerte in den Regelwerken („Klimazuschlag“) ▪ Anpassung der Planungsvorschriften (VV-WSV 2107, Erlasse, Verfügungen) ▪ Erstellen von Handbüchern und Sprachregelungen ▪ Politische Strategien – <i>Dritte</i> ▪ Klimaanpassungskonzepte (der für die Wasserstraßen Verantwortlichen)

Anpassungsart	Beispiele
Ingenieurtechnisch: Bauliche Anpassungsmaßnahmen	<ul style="list-style-type: none"> ▪ bauliche Anpassungen der Wasserbewirtschaftung <ul style="list-style-type: none"> ○ Anpassung von Be- und Entwässerungssystemen – <i>Dritte</i> ○ Anpassung von Hinterlandentwässerung und Vorflut ○ Bau von Sparschleusen ○ erhöhte Pumpleistung entlang von Stauhaltungsketten ○ Bau von Wasserüberleitungen ▪ konstruktive/objektplanerische Anpassungen <ul style="list-style-type: none"> ○ angepasste Nachweise der inneren und äußeren Standsicherheit von Wehren und Schleusen ○ erhöhte Unterkanten von Wehrstegen und Wehrverschlüssen ○ Verbreiterung von Wehrfeldern ○ vergrößerte Dotationsanlage von Fischaufstiegsanlagen bzw. erhöhte Pumpleistung ○ sturmflutsichere Bauwerke ○ „Klimadeiche“ – <i>Dritte</i> ○ Nutzung angepasster Betonrezepturen ▪ flussbauliche Anpassungen <ul style="list-style-type: none"> ○ Bau flexibler Regelungsmaßnahmen außerhalb der Fahrrinne an Nebenarmen/ angeschlossenen Altarmen ○ Anpassung von Bühnen/ Längswerken ○ Bau von Niedrigwasserkorridoren ○ Bau von Begegnungsboxen ▪ schiffbauliche Anpassungen insb. der Güterschifffahrt – <i>Dritte</i> <ul style="list-style-type: none"> ○ angepasste Schiffsform ○ dynamische Tunnelschürze ○ Mehrschraubenanlage ○ leichteres Material ○ assistiertes/autonomes Fahren zur optimierten Bewirtschaftung des Verkehrsraums

Anpassungsart	Beispiele
<p>im operativen Management der Verkehrsinfrastruktur: Angepasstes Management und Handlungsempfehlungen der für die Wasserstraße Verantwortlichen</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Anpassungen der Wasserbewirtschaftung <ul style="list-style-type: none"> ○ angepasste Talsperrenbewirtschaftung (sofern primär für die Unterstützung der Schifffahrt vorgesehen) ○ Regulierung des Zulaufs von Kanälen mit Vorflutfunktion ○ angepasstes Management der Hinterlandentwässerung ○ Anpassung der Kanalbewirtschaftung bspw. optimiertes Schleusenmanagementsystem ○ Berücksichtigung meteorologischer Kurzfrist-Prognosen zur Optimierung der Abfluss- und Stauregelung ▪ Anpassung von Sedimentmanagement bzw. Fahrrinnenunterhaltung <ul style="list-style-type: none"> ○ angepasste Bagger- und Umlagerungspositionen ○ ergänzende Unterstützung des Wattwachstums ○ zeitliche Flexibilisierung in Abhängigkeit von Abflussvorhersagen ▪ Anpassungen des Vegetationsmanagements im Gewässer sowie auf Verkehrsnebenflächen <ul style="list-style-type: none"> ○ Erhalt oder Schaffung von Gewässerrandstreifen ○ Prävention und Minderung von Sturmwurf ○ Monitoring invasiver gebietsfremder Arten ▪ angepasstes Monitoring von Infrastrukturschäden ▪ Aufbau oder Anpassung von Konzepten zur Notfallvorsorge
<p>im operativen Management des Verkehrsbetriebs: Anpassungsmaßnahmen der Infrastrukturnutzenden (Schifffahrt, Reedereien) bzw. der die Schifffahrt Nutzenden (Logistik von Häfen, ansässige Industrie/ Wirtschaft) – <i>Dritte</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Berücksichtigung von (intermodalen) Verkehrsverlagerungen im Rahmen der strategischen Planung ▪ „Just in Time“-Verkehre ▪ angepasste Flottenkonstellation (kleinere Schiffe im Koppelverband) ▪ mittel- bis langfristige Bindung bestehenden flachgehenden Schiffsraums durch Time-Charter-Verträge ▪ Ausbau der Lagerkapazitäten ▪ Ausbau des Umschlagsequipments