

## **Indikatoren und Berichterstattung zur Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel (DAS)**

### **Hintergrundpapier zum Indikatorenset des Handlungsfelds „Küsten- und Meeresschutz“**

Stand: 09.11.2023

#### **Versionsverlauf:**

27.11.2014	Ecologic Institut: Jenny Tröltzsch, Marlene Lange, Ulf Stein, Evelyn Lukat	Version zum Abschluss des DAS-Indikatorenprojekts FKZ 3711 41 106
08.01.2016	Bosch & Partner GmbH, Konstanze Schönthaler	Änderungen im Rahmen des UBA FuE-Vorhabens „Beitrag der Satellitenfernerkundung zur Ermittlung von DAS-Indikatoren“ (FKZ 3714 48 103 0)
28.02.2019	Bosch & Partner GmbH, Konstanze Schönthaler	Grundlegend überarbeitet im Rahmen von FKZ 3716 48 104 0
02.08.2019	Koordinierungsstelle im UBA I 1.6, Petra van Rùth	Aktualisierungen nach der Fortschreibung des DAS-Monitorings 2019
21.06.2022	Bosch & Partner GmbH, Konstanze Schönthaler	Aufnahme zusätzlicher Indikatoren, Überarbeitung bestehender Indikatoren im Rahmen des UBA FKZ 3720 48 101 0
22.11.2022	Bosch & Partner GmbH, Konstanze Schönthaler	Einarbeitung weniger redaktioneller Anmerkungen aus der IMAA-Abstimmung
09.11.2023	Bosch & Partner GmbH, Konstanze Schönthaler	Finale Redaktion

<b>1</b>	<b>Indikatoren .....</b>	<b>2</b>
1.1	Versionsverlauf .....	2
1.2	Änderungen für den Monitoringbericht 2019 .....	2
1.3	Beteiligungen an der Entwicklung der DAS-Monitoring Indikatoren.....	4
<b>2</b>	<b>Thematische Einordnung der Indikatoren, diskutierte Indikationsmöglichkeiten.....</b>	<b>6</b>
2.1	Themenfelder.....	6
2.2	Erläuterungen zu Indikationsideen und Indikatoren zum Handlungsfeld „Küsten- und Meeresschutz“ .....	8
2.2.1	Besonderheiten.....	8
2.2.2	Impact-Indikatoren.....	9
2.2.2.1	Meeresspiegel, Sturmfluten und Küstenmorphologie, Meerestemperatur .....	9
2.2.2.2	Ästuare und Binnenland .....	11
2.2.3	Response-Indikatoren .....	13
2.3	Schnittstellen des Handlungsfelds „Küsten- und Meeresschutz“ mit anderen DAS-Handlungsfeldern.....	14

## 1 Indikatoren

### 1.1 Versionsverlauf

Die DAS-Monitoring-Indikatoren wurden im Frühjahr 2014 in einer Ressortabstimmung erstmalig festgelegt. Für den Monitoringbericht 2023 wurden entschieden, das ursprüngliche Handlungsfeld „Wasserhaushalt, Wasserwirtschaft, Küsten- und Meeresschutz“ in zwei Handlungsfelder aufzutrennen. Diese Aufteilung wurde auch im Rahmen der KWRA 2021 vollzogen. Der „Küsten- und Meeresschutz“ wird nun in einem eigenen Handlungsfeld abgehandelt. Dementsprechend widmet sich dieses Hintergrundpapier nur den Themenfeldern des Handlungsfelds „Küsten- und Meeresschutz“. Zu den Indikatoren des Küsten- und Meeresschutz betreffend wurden bereits im Zuge der ersten Berichtsfortschreibung 2019 mehrere Änderungen vollzogen. Mit der nun zweiten Fortschreibung 2023 gab es nochmalige Änderungen, außerdem wurde das Indikatorenset um zusätzliche Indikatoren erweitert. Die nachstehende Tabelle gibt einen Überblick über den Versionsverlauf.

**Tabelle 1: Indikatorenset im „Küsten- und Meeresschutz“ (Änderungen)**

Bericht 2015	Bericht 2019	Bericht 2023	Indikatortitel
<b>Impact-Indikatoren:</b> Auswirkungen des Klimawandels auf Küsten und Meere			
WW-I-7	WW-I-7	KM-I-1	Wassertemperatur des Meeres
WW-I-8	WW-I-8	KM-I-2	Meeresspiegel
WW-I-9	WW-I-9	KM-I-3	Höhe von Sturmfluten
		KM-I-4	Küstenmorphologie (Fallstudie)
		KM-I-5	Fließrichtungswechsel
		KM-I-6	Leistung von Schöpfwerken (Fallstudie)
<b>Response-Indikatoren:</b> Ergriffene Anpassungsmaßnahmen bzw. Maßnahmen oder Entwicklungen, die den Anpassungsprozess im Handlungsfeld „Wasserhaushalt und Wasserwirtschaft“ unterstützen			
WW-R-4	WW-R-4	KM-R-1	Investitionen in den Küstenschutz
		KM-R-2	Landesschutzdeiche ohne Sicherheitsdefizit (Fallstudie)

### 1.2 Änderungen für den Monitoringbericht 2019

Im Rahmen mehrerer Forschungs- und Entwicklungsvorhaben in den Jahren 2009 bis 2014 waren bei der Erstentwicklung der DAS-Monitoring-Indikatoren für das damalige Handlungsfeld „Wasserhaushalt, Wasserwirtschaft, Küsten- und Meeresschutz“ bereits 13 Indikatoren unter Beteiligung einer großen Zahl von Expert\*innen ausgearbeitet worden. Aufgrund der großen Bedeutung des Handlungsfelds, der fachlichen Kritik an einzelnen Indikatoren und der Tatsache, dass zahlreiche Indikatoren für den Monitoringbericht 2015 nur als Fallstudien ausgearbeitet werden konnten, wurde im Nachgang der Veröffentlichung des ersten DAS-Monitoringberichts in einem neuen vom UBA in Auftrag gegebenen Vorhaben in den Jahren 2017 bis 2019 an der Weiterentwicklung des Monitoring-Indikatorensystems für ausgewählte Handlungsfelder gearbeitet. Ziel war neben der Überarbeitung der bestehenden Indikatoren und der Erweiterung der Fallstudien um umfangreichere Datensätze auch die Entwicklung neuer Indikatoren für Themenfelder oder thematische Teilaspekte, die bis dahin nicht durch Indikatoren abgebildet waren. Vor allem sollte auch die Response-Ebene breiter mit Indika-

toren abgebildet werden. Zudem war es Ziel, engere Verbindungen zu den Ergebnissen der ebenfalls im Jahr 2015 erstmals veröffentlichten bundesweiten Vulnerabilitätsanalyse<sup>1</sup> und zum Aktionsplans Anpassung (APA II) herzustellen.

Aufgrund der umfangreichen Zuständigkeiten der Bundesländer für viele Themenfelder in diesem Handlungsfeld wurde entschieden, für die Arbeiten zur Weiterentwicklung der DAS eine enge Kooperation mit den Gremien der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) zu suchen. Im Jahr 2016 hatte der Ständige Ausschuss „Oberirdische Gewässer und Küstengewässer“ der LAWA (LAWA-AO) im Auftrag der LAWA-Vollversammlung die Kleingruppe „Klimaindikatoren“ (LAWA KG) mit dem Ziel eingerichtet, die vorhandenen Monitoring- und Indikatorenkonzepte hinsichtlich der Auswirkungen klimabedingter Veränderungen zu überprüfen und Empfehlungen für eine Vereinheitlichung und Anpassung zu erarbeiten. Die Gruppe tagte unter dem Vorsitz des UBA. Die LAWA KG Klimaindikatoren erstellte in einem ersten Schritt auf der Basis einer Länderabfrage über den LAWA-AO einen Überblick über vorhandene (und geplante) Klima-Monitoring-Programme und Klima-Indikatoren mit wasserwirtschaftlichem Bezug. Im zweiten Schritt wurden Handlungsempfehlungen für weitere Aktivitäten zur bundesweiten Vereinheitlichung von Indikatorkonzepten und Anpassung von wasserwirtschaftlichen Monitoring-Programmen erarbeitet. Die Ergebnisse dieser Arbeiten (LAWA 2017<sup>2</sup>) wurden von der LAWA-Vollversammlung im Dezember 2017 angenommen. Außerdem erhielt die LAWA KG das Mandat, ihre Arbeiten fortzusetzen und diese mit der Weiterentwicklung der DAS-Monitoringindikatoren zu verbinden. Das UBA behielt aufgrund dieser Aufgabenstellung weiterhin den Vorsitz.

Die LAWA KG wurde personell leicht umstrukturiert und konnte im Mai 2018 mit einer ersten Sitzung ihre Arbeit aufnehmen. Damit konnte auch die Weiterentwicklung der DAS-Indikatoren im Handlungsfeld „Wasserhaushalt, Wasserwirtschaft, Küsten- und Meeresschutz“ beginnen. Im Rahmen dieser ersten LAWA KG-Sitzung wurden die Aufgabenstellung der Kleingruppe präzisiert und die Weiterentwicklungsmöglichkeiten der DAS-Indikatoren diskutiert. Es wurden für die Themenschwerpunkte „Grundwasser“, „Abflüsse“, „Seen und Flüsse“ jeweils Ansprechpersonen aus der KG festgelegt, mit denen zusammen die konkrete weitere Entwicklung der Indikatoren in Untergruppen erfolgen sollte. Ein eigenes Fachteam zu Küsten und Meeren wurde nicht eingerichtet, da es in der LAWA KG bis dahin selbst keine Expert\*innen zu dieser Thematik gab.

---

<sup>1</sup> Buth, M., Kahlenborn, W., Savelsberg J., Becker N., Bubeck P., Kabisch S., Kind C., Tempel A., Tucci F., Greiving S., Fleischhauer M., Lindner C., Lückenkötter J., Schonlau M., Schmitt H., Hurth F., Othmer F., Augustin R., Becker D., Abel M., Bornemann T., Steiner H., Zebisch M., Schneiderbauer S., Kofler S. 2015: Vulnerabilität Deutschlands gegenüber dem Klimawandel – Sektorenübergreifende Analyse des Netzwerks Vulnerabilität. Climate Change 24/2015, Dessau-Roßlau, 690 S. [www.umweltbundesamt.de/publikationen/vulnerabilitaet-deutschlands-gegenueber-dem](http://www.umweltbundesamt.de/publikationen/vulnerabilitaet-deutschlands-gegenueber-dem)

<sup>2</sup> LAWA – Bund/Länderarbeitsgemeinschaft Wasser & Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg 2017: Wasserwirtschaftliche Klima-Indikatoren in vorhandenen Monitoring-Programmen – Bundesweite Zusammenstellung und Handlungsempfehlungen für eine Vereinheitlichung und Anpassung. Stuttgart, 128 S. [www.lawa.de/Publikationen-363-Anpassung-an-den-Klimawandel.html](http://www.lawa.de/Publikationen-363-Anpassung-an-den-Klimawandel.html)

### **1.3 Beteiligungen an der Entwicklung der DAS-Monitoring Indikatoren**

Da die DAS-Indikatoren primär auf vorhandenen Datenquellen und bereits existierenden bzw. in Diskussion befindlichen Indikatoren aufbauen sollen, war bzw. ist der Austausch mit Fachleuten eine der wesentlichen Voraussetzungen für die Entwicklung fachlich akzeptierter Indikatorensets zu den DAS-Handlungsfeldern. Im Verlauf der Indikatorentwicklung und deren Weiterentwicklung nach Veröffentlichung des ersten DAS-Monitoringberichts 2015 erfolgte daher die Einbindung einer großen Zahl behördlicher und nicht-behördlicher Experten im Rahmen von bilateralen Gesprächen, Kleingruppen und Workshops.

Die Themenfelder des damaligen Handlungsfelds „Wasserhaushalt, Wasserwirtschaft, Küsten- und Meeresschutz“ wurden erstmals auf dem Experten-Workshop „Indikatoren für die Deutsche Anpassungsstrategie“ am 22./23. Juni 2009 diskutiert. Für das sehr umfangreiche und thematisch breite Handlungsfeld wurden darauf aufbauend zwischen 2009-2012 fünf Kleingruppensitzungen zu einzelnen Themenfeldern durchgeführt; auf denen mit Expert\*innen des jeweiligen Themas detailliert über Indikationsideen und die jeweilige Datengrundlage diskutiert wurde. Für den Themenbereich „Meer und Küste“ wurde die Kleingruppe vom Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH) unterstützt. In die Diskussion eingebunden waren behördliche und ministerielle Vertreterinnen und Vertreter der norddeutschen Bundesländer (aus dem Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume Schleswig-Holstein, der Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt Hamburg und dem Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz). Ein weiterer Austausch zu den Indikatoren fand vor allem mit der BSH, aber auch mit Vertretern der Länder statt.

In der Vorbereitung der ersten Fortschreibung des Monitoringbericht 2019 wurden wie bereits erwähnt die LAWA KG Klimaindikatoren mit ihren Fachteams aktiv. Damit wurde die Beteiligung an der Entwicklung und Diskussion der Indikatoren auf einen deutlich erweiterten Expert\*innenkreis vor allem in den Bundesländern ausgeweitet. Die LAWA KG hat ihre Arbeit auch nach Veröffentlichung des Monitoringberichts 2019 fortgesetzt. Zur Unterstützung der LAWA KG wurde vom Ministerium für Landwirtschaft und Umwelt Mecklenburg-Vorpommern das LFP-Projekt „LAWA-Konzept Klimafolgenmonitoring für den Wassersektor“ in Auftrag gegeben (Laufzeit Juni 2020 bis November 2022), im Rahmen dessen die Monitoringindikatoren im Wasserbereich weiterentwickelt bzw. das Indikatorenset ergänzt werden sollten. Die von der LAWA KG eingerichteten Fachteams waren weiterhin aktiv, wurden aber leicht umstrukturiert in „Grundwasser“, „Seen“ und „Fließgewässer“. Ferner wurde ein neues Fachteam „Meere und Küsten“ eingerichtet, zu dem weitere Fachleute innen hinzugezogen wurden, die bisher nicht Mitglieder der LAWA KG waren. Damit waren die Voraussetzungen geschaffen, dass auch die Themenfelder zu Meeren und Küsten intensiver bearbeitet und fachkompetent begleitet werden konnten. In regelmäßig abgehaltenen Kleingruppensitzungen wurden die (Zwischen-) Ergebnisse diskutiert. Zudem berichtete die LAWA KG regelmäßig an den LAWA-Ausschuss Klimawandel (LAWA AK).

Die nachstehende Tabelle gibt Auskunft über Personen und Institutionen, die auf unterschiedliche Weise und in unterschiedlicher Intensität am Diskussionsprozess um mögliche Indikatoren beteiligt waren. Für die Beteiligungen an der Erstentwicklung bis 2015 und der ersten

Fortschreibung 2019 lässt sich eine Trennung der Beteiligungen an den Themen „Wasserhaushalt und Wasserwirtschaft“ sowie „Küsten- und Meeresschutz“ im Nachgang nicht mehr vollständig realisieren; für die Richtigkeit der Angaben kann daher keine Gewähr übernommen werden. Die Beteiligten an der zweiten Fortschreibung 2023 beziehen sich jedoch ausschließlich auf das neue Handlungsfeld „Küsten und Meeresschutz“.

**Tabelle 2: Beteiligte an der Diskussion von Indikatoren im Handlungsfeld „Küsten- und Meeresschutz“**

<b>Name</b>	<b>Institution</b>
<b>Beteiligungen an der Erstentwicklung bis 2015</b>	
Heinrich Dr., Hartmut	Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH), Referat M2 Physik des Meeres
Hofstede Dr., Jacobus	Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein, Referat Küstenschutz, Hochwasserschutz und Häfen
Kofalk Dr., Sebastian	BfG, Referat U2 Ökologische Wirkungszusammenhänge
Krahe, Peter	BfG, Referat M2 Wasserhaushalt, Vorhersagen und Prognosen
Mathes Dr., Jürgen	Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Verbraucherschutz Mecklenburg-Vorpommern, Abteilung 4 Wasser und Boden
Maurer Dr.-Ing., Thomas	BfG, Referat M2 Wasserhaushalt, Vorhersagen und Prognosen
Petersen, Volker	Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume Schleswig-Holstein
Simon, Olaf	BSU Hamburg
Thieken Dr., Annegret	Climate Service Center (CSC)
Thorenz, Frank	Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz, Betriebsstelle Norden-Norderney
Wunsch, Jens	Senator für Umwelt, Bau und Verkehr, Bremen
Zarncke Dr., Thomas	Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Verbraucherschutz Mecklenburg-Vorpommern
<b>Beteiligungen an der Weiterentwicklung ab 2018</b>	
Hein, Dr., Hartmut	BfG, Gewässerphysik
Kohlhas, Eckard	Ministerium für Landwirtschaft und Umwelt Mecklenburg-Vorpommern, Referat 420 Gewässerkunde, Seenprogramm, Klimawandel
Krahe, Peter	BfG, Referat M2 Wasserhaushalt, Vorhersagen und Prognosen
Zimmermann, Susan	Ständiger Ausschuss „Oberirdische Gewässer und Küstengewässer“ der Bund-Länderarbeitsgemeinschaft Wasser, Geschäftsstelle
<b>Beteiligungen an der Weiterentwicklung bis 2023</b>	
Daniel, Jörg	Deich- und Hauptsielverband Dithmarschen
Fuhrmann, Kerstin	Eider-Treene-Verband
Heinrich Dr., Hartmut	Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH), Referat M2 Physik des Meeres
Hofstede Dr., Jacobus	Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein, Referat Küstenschutz, Hochwasserschutz und Häfen
Horn, Thies	Deich- und Hauptsielverband Niebuell
Ketelsen Dr., Hark	Wasserbeschaffungsverband Föhr
Kielinski, Dennis	Deich- und Hauptsielverband Eiderstedt
Kohlhas, Eckard	Ministerium für Landwirtschaft und Umwelt Mecklenburg-Vorpommern, Referat 420 Gewässerkunde, Seenprogramm, Klimawandel
Möller, Jens	Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie
Müller, Philip	Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie, Abteilung 3: Geologie, Wasser und Boden
Seiffert Dr., Rita	Bundesanstalt für Wasserbau, Abteilung Wasserbau im Küstenbereich, Referat Ästuarsysteme II

Name	Institution
Sommermeier, Knut	Staatliches Amt für Landwirtschaft und Umwelt Mittleres Mecklenburg, Abteilung Küste
Thorenz, Frank	Niedersächsische Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz, Betriebsstelle Norden-Norderney
Wolf, Doris	Landesbetrieb für Küstenschutz, Nationalpark und Meeresschutz Schleswig-Holstein

## 2 Thematische Einordnung der Indikatoren, diskutierte Indikationsmöglichkeiten

### 2.1 Themenfelder

Im Vorfeld der Diskussion konkreter Indikatoren wurden die thematischen Felder, die bei der Indikatorentwicklung berücksichtigt werden sollten, beschrieben. Sie wurden aus Literaturrecherchen und Expert\*inneninterviews abgeleitet. Die Themenfelder auf der Impact-Ebene wurden im Rahmen von Expert\*innengesprächen priorisiert. Tabelle 3 gibt einen Überblick über die Themenfelder und die Zuordnung der vorgeschlagenen Indikatoren zu den Themenfeldern bzw. thematischen Teilaspekten. Für dieses Handlungsfeld wurden alle Themenfelder auf der Impact-Ebene priorisiert und sind damit in der folgenden Tabelle grau hinterlegt.

**Tab. 1: Themenfelder zum Handlungsfeld „Küsten- und Meeresschutz“**

Themenfeld	Thematischer Teilaspekt	Indikatoren
<b>Impacts (Auswirkungen des Klimawandels auf die Küste und die Meere)</b>		
Meeresspiegel und Meeresströmungen	Anstieg des Meeresspiegels	<b>KM-I-2:</b> Meeresspiegel
	Veränderung der Strömungsverhältnisse, der Gezeitendynamik und des Sturmflutgeschehens	<b>KM-I-3:</b> Höhe von Sturmfluten
Physikalisch-chemischer Gewässerzustand der Meere	Erwärmung von Gewässern, Veränderung der Eisbedeckung	<b>KM-I-1:</b> Wassertemperatur des Meeres
	Veränderung der Schichtungsverhältnisse des Meerwasserkörpers	
	Eutrophierung von Meerwasser	
	Veränderung des Sauerstoffgehalts	
	Änderung des Kohlenstoffhaushalts des Meerwassers	
	Veränderung des Salzgehalts	
	Belastung der Gewässer mit toxischen Substanzen	
Küste, Wattenmeere, Ästuar	Beeinträchtigung der Badewasserqualität	
	Veränderung der Topographie, Morphodynamik und des Sedimenthaushalts an der Küste und in Ästuaren	<b>KM-I-4:</b> Küstenmorphologie (Fallstudie) <b>KM-I-5:</b> Fließrichtungswechsel
Hochwasserschutzsysteme und Infrastruktur an der Küste	Überlastung der Entwässerungseinrichtungen in niedrig gelegenen Marsch- und Mooren	<b>KM-I-6:</b> Leistung von Schöpfwerken (Fallstudie)
	Höhere Belastung oder Versagen von Küstenschutzsystemen	

Themenfeld	Thematischer Teilaspekt	Indikatoren
	Beschädigung oder Zerstörung von Siedlung und Infrastruktur an der Küste	
<b>Responses (Ergriffene Anpassungsmaßnahmen bzw. Maßnahmen oder Entwicklungen, die den Anpassungsprozess unterstützen)</b>		
Kommunikation mit / Aufklärung der Bevölkerung über Risiken und Gefahren der Meere	Entwicklung bzw. Ausbau von Frühwarnsystemen und Informationsdiensten	
	Aufklärung der Bevölkerung, Erhöhung der Partizipation	
	Entwicklung bzw. Ausbau von Frühwarnsystemen und Informationsdiensten	
Gefahrenabwehr und Notfallversorgung an Küstengewässern	<i>Schnittstelle mit Handlungsfeld Bevölkerungsschutz</i>	
Anpassung der wasserwirtschaftlichen Infrastruktur / Küstenschutz der Meere	Verbesserung des technischen Küstenschutzes	<b>KM-R-1:</b> Investitionen in den Küstenschutz <b>KM-R-2:</b> Landesschutzdeiche ohne Sicherheitsdefizit (Fallstudie)
Anpassung des Gewässereinzugsgebietsmanagements: Landnutzung, Flächenmanagement der Meere	Erhaltung und Schaffung von Retentionsräumen, (Gebiets-)wasserrückhalt	
Maßnahmen im und am Gewässer der Meere	Verbesserung der physikalisch-chemischen und biologischen Gewässergüte	
Anpassung des wasserwirtschaftlichen Monitorings der Meere	Ausweitung des Monitorings im Küstenschutz	
Erweiterung der wasserwirtschaftlichen Forschung und Entwicklung der Meere	Reduzierung der Unsicherheiten über den künftigen Meeresspiegelanstieg	
	Reduzierung der Unsicherheiten über künftige biogeochemische Veränderungen der Meere	
	Weiterentwicklung wasserwirtschaftlicher Technologien	
	Weiterentwicklung von Strategien, Techniken und Konzepten des Küstenschutzes	

Diese Priorisierungen wurden im Wesentlichen durch die Ergebnisse der bundesweiten Klimawirkungs- und Risikoanalyse 2021 (KWRA<sup>3</sup>) bestätigt. Auch darin werden die größten Herausforderungen bis zur Mitte und zum Ende des Jahrhunderts bei den Klimawirkungen „Meerestemperatur und Eisbedeckung“, „Meeresspiegelhöhe“, „Wasserqualität und Grundwasserver-salzung“, „Naturräumliche Veränderungen an Küsten“, „Beschädigung oder Zerstörung von Siedlungen und Infrastruktur an der Küste“ sowie „Überlastung der Entwässerungseinrichtungen in überflutungsgefährdeten Gebieten“ gesehen. Ergänzend zu den im Monitoringbericht 2019 präsentierten Indikatoren wurde zur Klimawirkung „Naturräumliche Veränderungen an Küsten“ für den Monitoringbericht 2023 an einen Indikator zur Küstenmorphologie gearbeitet. Zur Klimawirkung „Überlastung der Entwässerungseinrichtungen in überflutungsgefährdeten Gebieten“ wurde das Indikatorenset um eine Fallstudie zu den Schöpfwerken ergänzt. Der ebenfalls neu eingeführte Monitoringindikator zum Rückstau in Fließgewässer lässt sich nicht eindeutig einer der Klimawirkungen KWRA 2021 zuordnen. Zur Klimawirkung „Beschädigung oder Zerstörung von Siedlungen und Infrastruktur an der Küste“ ließ sich nach wie vor kein spezifischer Indikator entwickeln.

## **2.2 Erläuterungen zu Indikationsideen und Indikatoren zum Handlungsfeld „Küsten- und Meeresschutz“**

### **2.2.1 Besonderheiten**

Für das DAS-Monitoring neue abgegrenzte Handlungsfeld Küsten- und Meeresschutz besteht im Vergleich zu allen anderen DAS-Handlungsfeldern die Besonderheit, dass dieses nur für die Küstenländer, d. h. Niedersachsen, Schleswig-Holstein, Mecklenburg-Vorpommern sowie die Stadtstaaten Hamburg und Bremen, von Relevanz ist. Für die Weiterentwicklung des Indikatorensets in diesem Handlungsfeld wurden daher vor allem Vertreter\*innen der oben genannten Länder hinzugezogen. Die neu entwickelten Indikatoren werden trotz der begrenzten Betroffenheit nicht als Fallstudien, sondern grundsätzlich als vollwertige DAS-Indikatoren geführt, auch wenn sie nur auf die oben genannten Bundesländer begrenzt sind. Es kann hier in der Sache begründet nicht der Anspruch bestehen, bundesweite Aussagen zu treffen.

Im Fachteam „Meere und Küsten“ der LAWA KG haben die Expert\*innen betont, dass die Indikatoren spezifisch auf die Nord- und Ostsee zugeschnitten werden müssen, da sich die Meere und Küstengebiete morphologisch stark unterscheiden und auch anthropogen unterschiedlich überprägt sind. Ausgehend vom gleichen Themenfeld und der gleichen Indikationsidee können daher für die Nord- und Ostsee unterschiedliche Indikatoren notwendig werden.

---

<sup>3</sup> Kahlenborn W., Porst L., Voß M., Fritsch U., Renner K., Zebisch M., Wolf M., Schönthaler K., Schauser I. 2021: Klimawirkungs- und Risikoanalyse 2021 für Deutschland. Kurzfassung. Climate Change 26/2021. Dessau-Roß-lau, 127 S. [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/5750/publikationen/2021-06-10\\_cc\\_26-2021\\_kwra2021\\_kurzfassung.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/5750/publikationen/2021-06-10_cc_26-2021_kwra2021_kurzfassung.pdf)

## **2.2.2 Impact-Indikatoren**

### **2.2.2.1 Meeresspiegel, Sturmfluten und Küstenmorphologie, Meerestemperatur**

#### Sachstand 2014

Das Themenfeld „Meeresspiegel und Meeresströmungen“ wurde im Monitoringbericht 2015 anhand der Indikatoren „Meeresspiegel“ (damals WW-I-8) und „Intensität von Sturmfluten“ (damals WW-I-9) im DAS-Indikatorensystem abgebildet. Für den Sturmfluten-Indikator war es allerdings nur möglich, einzelne Pegel an Nord- und Ostsee auszuwerten. Die Pegel wurden zusammen mit den Teilnehmenden der Kleingruppensitzung ausgewählt. Diskutiert wurde auch die Gesamtdauer von Sturmfluten, die aber methodisch schwierig zu berechnen ist.

Der „Physikalisch-chemische Gewässerzustand des Meeres“ wurde im Monitoringbericht 2015 über den Indikator „Wassertemperatur des Meeres“ (damals WW-I-7) abgebildet. Der Indikator wurde auf Basis von Daten des BSH über eine aggregierte Datenreihe zur Nordsee dargestellt. Vergleichbare Daten zur Ostsee lagen nicht vor; hierfür hätten einzelne Pegeldata mit hohem Aufwand aggregiert werden müssen. Eine aggregierte Darstellung der Nordseedaten wurde gegenüber der Darstellung von Einzelpegeln bevorzugt.

Diskutiert wurden auch mögliche Indikatoren zur „Änderung des pH-Werts“ und „Änderung des Salzgehalts“. Die in den Diskussionen zugezogenen Fachleute hatten die Umsetzbarkeit und Aussagekraft dieser Größen jedoch bezweifelt, weil sie zum einen durch verschiedenste Faktoren stark beeinflusst sind und zum anderen das derzeit bestehende Messnetz mit Blick auf die stark schwankenden Werte für nicht ausreichend engmaschig eingeschätzt wurde.

Für die Veränderungen an „Küste, Wattemeere, Ästuar“ wurde kein Indikator erarbeitet. Auf der Kleingruppensitzung „Meer und Küste“ diskutierten die Expert\*innen den Indikator „Länge der durch Küstenerosion gefährdeten Küste“, der inhaltlich vor allem für die Ostsee aussagekräftig wäre. Allerdings wurde festgehalten, dass sich der Indikator auf der derzeitigen Datengrundlage nicht umsetzen lässt, da die notwendige Auswertung der Luftbilder nicht flächendeckend vorliegt.

#### Sachstand 2017 / 2018

Die BfG hat für den Monitoringbericht 2019 die Indikatoren „Meeresspiegel“ (damals WW-I-8) und Intensität von Sturmfluten (damals WW-I-9) fortgeschrieben und in Absprache mit der BSH die Fachbetreuung für die beiden Indikatoren übernommen. Dabei kam es zu umfangreicheren Änderungen. Diese betrafen sowohl die Auswahl der Pegel als auch die verwendete Datengrundlage (die nun aus dem KLIWAS-Projekt stammt), die Berechnung (nun als gleitende Mittelwertbildung über 19 Jahre) und die Indikator Darstellung. Letztere umfasst nun einen deutlich längeren Zeitraum.

Zu den Veränderungen an „Küste, Wattemeere, Ästuar“ wurde auch in der LAWA KG nochmals diskutiert. Für eine Weiterführung der Diskussion bedürfte es allerdings einer engen Kooperation der Küstenländer. Seitens des Ministeriums für Landwirtschaft und Umwelt des Landes Mecklenburg-Vorpommern wurden angeregt, folgende Möglichkeiten für Indikatoren weiter in Erwägung ziehen:

- Kosten für den Schöpfwerksbetrieb vor allem zur Niederschlagsentwässerung an der Küste (dies könnte außerdem auch für Fließgewässer von Interesse sein),
- Kosten für Sandaufspülungen auf Sylt (in Zusammenarbeit mit den Verantwortlichen in Schleswig-Holstein); ein solcher Indikator hätte aber primär Stellvertretercharakter für die Problematik des Küstenschutzes,
- Steilabbrüche an der Ostseeküste; diese werden bereits seit langer Zeit kartiert (Luftbildauswertungen und Neuvermessungen finden vor allem nach Sturmfluten statt).

Der ursprüngliche Indikator WW-I-7 „Wassertemperatur des Meeres“ wurde vom BSH ebenfalls auf eine andere Datenquelle umgestellt und grundlegend überarbeitet. Auch die Indikatordarstellung wurde angepasst.

Mit Blick auf potenzielle Indikatoren zu „Änderung des pH-Werts“ und „Änderung des Salzgehalts“ ergab sich kein neuer Sachstand.

### Weiterentwicklung 2022 / 23

Die bisherigen Indikatoren WW-I-7 (Wassertemperatur des Meeres), WW-I-8 (Meeresspiegel) und WW-I-9 (Höhe von Sturmfluten, vormals Intensität von Sturmfluten) wurden in das neue Handlungsfeld „Küsten- und Meeresschutz“ verschoben. Für den Monitoringbericht 2023 werden die Zeitreihen aktualisiert.

Zur Weiterentwicklung und Ergänzung des Indikatorensets zum Handlungsfeld „Küsten- und Meeresschutz“ wurden die im Zuge des Fortschreibungsprozesses 2019 formulierten Anregungen aufgegriffen. So wurden mögliche Indikatoren zur Beschreibung der Küstenentwicklung diskutiert. Da die morphologischen Bedingungen in den einzelnen Küstenabschnitten der Nord- und Ostsee verschieden sind, sind (gemittelte) Aussagen für die gesamte Küste („Gesamtküstenbilanz“) ausgeschlossen. Vielmehr müssen repräsentative Abschnitte spezifisch betrachtet werden. Das bedeutet, es muss zwangsläufig mehrere Indikatoren geben, um der Komplexität der Thematik gerecht zu werden. An der Nordsee sind Sturmfluten der Motor für die Küstenentwicklung, an den Steilküsten der Ostsee spielen vor allem auch große Starkniederschlagsereignisse sowie Frost-Tau-Wechsel eine wichtige Rolle bei der Steilküstenerosion.

Mit dem Indikator „Küstenmorphologie“ (KM-I-4) konnte nun eine Fallstudie für die Ostsee in den Monitoringbericht 2023 aufgenommen werden. Grundlage für die Fallstudie sind Laserbefliegungsdaten zu einem rund drei Kilometer langen Küstenabschnitt auf dem Fischland in Mecklenburg-Vorpommern. Bei dem ausgewählten Abschnitt handelt es sich um eine Steilküste zwischen den Gemeinden Wustrow und Ahrenshoop. Dieser Abschnitt wird als besonders repräsentativ für natürliche Erosions- und Rückverlagerungsprozesse betrachtet. Die Laserbefliegungsdaten wurden (erstmalig) mit GIS ausgewertet; die durchschnittliche jährliche Küstenerosion wird am Rückgang der Kliffoberkante ermittelt. Der Indikator wurde in Zusammenarbeit mit dem Staatlichen Amt für Landwirtschaft und Umwelt Mittleres Mecklenburg (StALU MM) entwickelt. Perspektivisch gilt es, weitere Datengrundlagen zu erschließen, um zukünftig auch Aussagen zu anderen Küstentypen oder zur Nordseeküste zu ermöglichen. Aktuell liegen aber aus anderen Bundesländern oder zu weiteren Küstenabschnitten keine Daten in einer ähnlich hohen zeitlichen und räumlichen Auflösung wie zur Fallstudie in Mecklenburg-Vorpommern vor.

### **2.2.2.2 Ästuare und Binnenland**

Für die Betrachtung der Ästuare und des Küstenhinterlands wurden für die Fortschreibung des Monitoringberichts 2003 die Themenfelder Rückstau in Fließgewässer, Leistung von Schöpfwerken und Grundwasserversalzung diskutiert und aufbereitet.

Mit einem steigenden Meeresspiegel und höher auflaufenden Sturmfluten kann es dazu kommen, dass Pegel küstennaher Fließgewässer durch Rückstau zeitweise rückwärts laufen und in der Folge negative Messwerte produzieren. Dieser Prozess kann sich verstärken, wenn die Grundwasserstände im Hinterland sinken und die Flüsse weniger Wasser führen. Treffen hingegen Sturmfluten mit erhöhten Binnenwasserabflüssen (höheres Oberwasser) zusammen, kann die Gefahr von Überschwemmungen im Hinterland der Küsten steigen. So mündet beispielsweise bei Sturmfluten die Peene früher in die Ostsee, wodurch Flächen in den Einfluss des Meeres geraten, die bisher nicht diesen Einflüssen ausgesetzt waren. An der Nordsee sind – bedingt durch die Tideschwankungen (Tidehoch- und -niedrigwasser) – die Bedingungen anders. Außerdem spielt hier auch der zunehmende Umfang der Eindeichung an den Nordseeästuaren eine wichtige Rolle. Der Tidehub ist zunehmend auch anthropogen beeinflusst. Trotzdem sind auch hier Veränderungen zu beobachten, die mit dem Klimawandel in Verbindung gebracht werden können. Hierzu gehören Verschiebungen der Brackwasserzone und Veränderungen von Sedimenttransporten.

Die Problematik eines möglicherweise häufiger und verstärkt auftretenden Rückstaus in küstennahen Fließgewässern wurde anhand von Daten aus Mecklenburg-Vorpommern und Schleswig-Holstein für die Ostsee analysiert. Es wurden Pegeldaten von 11 Pegeln in Mecklenburg-Vorpommern und 4 Pegeln in Schleswig-Holstein zugeliefert und ausgewertet, wobei sich am Ende vier Pegel als geeignet für eine Darstellung erwiesen. Seitens der Fachexperten aus Mecklenburg-Vorpommern wurde fachliches Interesse an der Thematik bekundet, und es wird Bedarf für ein Monitoring und weitere Untersuchungen gesehen. Die Fallstudie KM-I-5 (Fließrichtungswechsel) stellt für jeden der vier Pegel die jährliche Anzahl von Tagen dar, an denen die Abflüsse „0“ betragen oder negative Werte zeigen.

Für die Nordsee wurde analog ein Indikator gearbeitet, der den Einfluss von Sturmfluten im Binnenbereich darstellen soll. Konkret wurde geprüft, inwieweit Sturmfluten an der Küste und damit höhere Tidehochwasserstände ins Landesinnere vordringen und auch Pegel betreffen, die eigentlich nicht mehr im Einflussbereich der Tide liegen. Zu diesem Zwecke wurden Pegeldaten entlang der Elbe und Weser ausgewertet. Für diese Auswertung wurden zeitliche Korrelationen zwischen Sturmflutereignissen an der Küste und erhöhten Pegelständen an den Pegel im Binnenland analysiert. Die Auswertungen waren außerordentlich aufwändig und bedürfen aufgrund der komplexen Thematik in jedem Falle einer weiteren intensiven fachlichen Diskussionen. Es wird daher in Abstimmung mit der LAWA KG davon abgesehen, den Indikator in das die DAS-Monitoring einzubringen.

Der steigende Meeresspiegel und ein verändertes Niederschlagsregime bringen neue Herausforderungen für die Niederungsentwässerung entlang der Küste und im Hinterland. Die Wasser- und Bodenverbände sind für die Entwässerung zuständig und sichern insbesondere die landwirtschaftliche Nutzung der Flächen. Wenn mit steigenden Meeresspiegel und vermehrten

Starkregenereignissen der Entwässerungsbedarf steigt, könnte sich dies in steigenden Stromverbräuche von Schöpfwerken niederschlagen. Für die küstennahen Einzugsgebiete bestimmt insbesondere der Einfluss des Meeresspiegelanstiegs den Entwässerungsbedarf, im Falle der Einzugsgebiete im Hinterland ist es hingegen vor allem das Niederschlagsregime. Die Verhältnisse sind also sehr unterschiedlich und es werden sich in Abhängigkeit von den Klimawandelfolgen unterschiedliche Entwicklungen abzeichnen. Daher ist eine Kategorisierung der Einzugsgebiete und der Lage der Schöpfwerke erforderlich, um differenzierte Aussagen treffen zu können. Ferner besteht auch hier die Notwendigkeit, zwischen der Nord- und Ostseeküste zu unterscheiden. Zu berücksichtigen ist ferner, dass der Entwässerungsbedarf und damit auch die Pumpenleistung stark von Landnutzungsveränderungen mit beeinflusst sind. So können großflächige Wiedervernässungen (Moorrenaturierungen) dazu führen, dass letztendlich weniger Retentionsraum bei Starkregenereignissen zur Verfügung steht. Eine weitere Schwierigkeit bei der Interpretation der Stromverbrauchsdaten der Schöpfwerke besteht darin, dass bei extremen Starkregenereignissen die Vorfluter bereits so große Wassermengen führen, dass sie zusätzliches Wasser aus den Schöpfvorgängen nicht mehr aufnehmen können. In diesen Fällen stellen die Schöpfwerke ihren Betrieb vorübergehend ein.

Für eine Indikatorentwicklung wurden Daten von Schöpfwerken an der Nord- und Ostsee bei den Boden- und Wasserverbänden angefragt. Zur Erprobung konnte die Daten von 48 Schöpfwerken des Wasser- und Bodenverbands Insel Usedom-Peenestrom / Ostsee, von 18 Schöpfwerken des DHSV Dithmarschen / Nordsee, von 47 Schöpfwerken des Eider-Treene Verbands / Nordsee, von 2 Schöpfwerke des DuSV Föhr / Nordsee und von 31 Schöpfwerken des DHSV Südwesthörn-Bongsiel / Nordsee verarbeitet werden. Für die oben genannte notwendige Kategorisierung der Schöpfwerke nach den Charakteristika ihrer Einzugsgebiete sind jedoch weitere umfassende Überlegungen und Abstimmungen mit den Wasser- und Bodenverbände erforderlich, die im gegebenen Zeitrahmen und mit den vorhandenen Kapazitäten nicht mehr leistbar waren. Der Eider-Treene Verband erklärte sich bereit, für die Fallstudie KM-I-6 (Schöpfwerke zur Niederungsentwässerung) zur Verfügung zu stehen, da die Verankerung der Thematik im Monitoringbericht 2023 von den Wasser- und Bodenverbände für wichtig erachtet wurde.

Ebenfalls wurde im Zuge der zweiten Fortschreibung des Monitoringbericht 2023 zur Thematik Grundwasserversalzung im küstennahen Bereich diskutiert. Das Thema steht besonders entlang der Nordsee zunehmend im Fokus, was sich auch darin ausdrückt, dass vermehrt Projekte zum Thema Versalzung durchgeführt werden, so unter anderem das Projekt TOPSOIL - Top soil and water – The climate challenge in the near subsurface (Interreg North Sea Region). Im Rahmen des Projekts wird in der Elbe-Weser-Region unter anderem zur Verschiebung der Salz-Süßwassergrenze gearbeitet. Grundsätzlich ist die Grundwasserversalzung auch stark von Entwässerungen und der (im Küstenbereich relevanten touristischen) Wassernutzung abhängig. So ist für Rügen bekannt, dass die Übernutzung der Grundwasserleiter die klimatischen Ursachen der Grundwasserversalzung stark überlagern. Aufgrund der hohen Komplexität und der noch zahlreichen offenen Forschungsfrage wurde von der Entwicklung eines Indikators für das Monitoring 2023 abgesehen.

## **2.2.3 Response-Indikatoren**

### **2.2.3.1 Küstenschutz**

Zur Anpassung der wasserwirtschaftlichen Infrastruktur und des Küstenschutzes wurde bereits für den Monitoringbericht 2015 der Indikator WW-R-3 „Investitionen in den Küstenschutz“ erstellt. Er umfasst den technischen Küstenschutz auf Basis der Förderung der „Gemeinschaftsaufgabe zur Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes (GAK)“ und des Sonderrahmenplans für „Maßnahmen des Küstenschutzes in Folge des Klimawandels“, die zusammengenommen für den Küstenschutz einen wesentlichen Anteil der Investitionen abbilden. Er wurde nun im Zuge der Umstrukturierung zum Indikator KM-R-1.

Ergänzt wurde das Indikatorenset auf der Response-Ebene durch eine Fallstudie aus Schleswig-Holstein, die den Anteil der Landesschutzdeiche ohne Sicherheitsdefizite darstellt (KM-R-2). Der Indikator wurde im Jahr 2019 in Schleswig-Holstein zur Überwachung der Umsetzung der UN-Nachhaltigkeitsziele entwickelt. Dabei bildet er als Indikator 47 „Generalplan Küstenschutz“ im Handlungsfeld 5 „Infrastruktur und Klimaschutz“ die Berücksichtigung der Klima-Anpassungsstrategie im Generalplan Küstenschutz (GPK) in Schleswig-Holstein ab. Im Generalplan Küstenschutz 2022 wurde inzwischen ein weiterer Indikator aufgenommen, der den Umsetzungsstand der Klimaanpassungsstrategie besser darstellt (12-jähriger gleitender Mittelwert der seit 2006 fertiggestellten Deichabschnitte in Kilometer pro Jahr). Dieser Indikator sollte mittelfristig den Indikator KM-R-2 ersetzen.

Für das Themenfeld „Anpassung des Gewässereinzugsgebietsmanagements: Landnutzung, Flächenmanagement für Binnengewässer und Küstenschutz“ gibt es Überschneidungen mit dem DAS-Querschnittsthema „Raum-, Regional- und Bauleitplanung“. Entsprechende Indikatoren wurden für dieses Querschnittsthema bearbeitet.

Im Rahmen der Fortschreibung des Monitoringberichts 2019 hat sich hierzu kein neuer Sachstand ergeben.

### **2.2.3.2 Weitere diskutierte Themenfelder**

Für die Themenfelder Kommunikation mit und Aufklärung der Bevölkerung über Risiken und Gefahren im Zusammenhang mit Binnengewässern und dem Meer waren für den Monitoringbericht 2015 keine Indikatoren entwickelt worden. Die bestehenden Sturmflutwarnsysteme und Hochwasserwarnsysteme wurden in der Diskussion mit den Fachleuten als ausreichend erachtet. Zudem findet eine Anpassung bzw. Verbesserung der Sturmflutwarnsysteme und Hochwasserwarnsysteme auch ohne den Klimawandel kontinuierlich statt. Andere Kommunikationsmöglichkeiten (z. B. Veröffentlichungen) wurden als schwer messbar eingestuft.

Für die „Gefahrenabwehr und Notfallversorgung an der Küste“ an der Schnittstelle zum Handlungsfeld Bevölkerungsschutz werden im Handlungsfeld „Küsten- und Meeresschutz“ nach wie vor keine Indikatoren formuliert. Gleiches gilt für die Themenfelder Objektschutz, Monitoring, Forschung und Entwicklung und Marktentwicklung. Die Diskussionen im Rahmen der Erstellung der Monitoringberichte 2019 und 2023 ergaben hier gegenüber dem Erstbericht 2015 keinen neuen Sachstand.

## **2.3 Schnittstellen des Handlungsfelds „Küsten- und Meeresschutz“ mit anderen DAS-Handlungsfeldern**

Wichtige Schnittstellen hat das Handlungsfeld „Küsten- und Meeresschutz“ – wie auch das Handlungsfeld „Wasserhaushalt und Wasserwirtschaft“ mit dem DAS-Querschnittsthema „Raum-, Regional- und Bauleitplanung“. Bei der Ausweisung von Vorranggebieten für die Trinkwasservorsorge und der Schaffung von Retentionsflächen wird auf die Indikatoren RO-R-6 (Siedlungsnutzung in amtlich festgesetzten Überschwemmungsgebieten), RO-R-2 (Vorrang- und Vorbehaltsgebiete für Grundwasserschutz / Trinkwassergewinnung) und RO-R-3 (Vorrang- und Vorbehaltsgebiete für (vorbeugenden) Hochwasserschutz) verwiesen.

Weitere Schnittstellen ergeben sich mit

- dem DAS-Handlungsfeld „Bauwesen“ bezüglich der Schädigung von Gebäuden u. a. durch Hochwasser (BAU-I-5 „Schadenaufwand in der Sachversicherung“, BAU-R-4 „Versicherungsdichte der erweiterten Elementarschadenversicherung für Wohngebäude“),
- dem DAS-Handlungsfeld „Fischerei“ (FI-I-1 „Verbreitung warmadaptierter mariner Arten“ und FI-I-2 „Heringslarven im Greifswalder Bodden“),
- dem DAS-Handlungsfeld „Menschliche Gesundheit“ bezüglich der Qualität von Badegewässern (GE-I-7 „Gesundheitsgefährdung durch Vibrionen“),
- dem DAS-Handlungsfeld „Biologische Vielfalt“ bezüglich der „Rückgewinnung natürlicher Überflutungsflächen“ (BD-R-2).