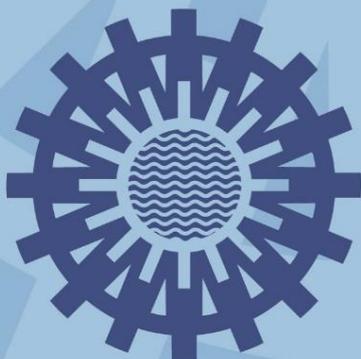


LAWA-Konzept Klimafolgenmonitoring für den Wassersektor

Schlussbericht der LAWA-KG Klimaindikatoren



März 2023

LAWA
Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser

Impressum

Herausgeber:

Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA)
unter dem Vorsitz der Senatsverwaltung für Umwelt, Mobilität, Verbraucher- und Klimaschutz von
Berlin

Am Kölnischen Park 3
10179 Berlin

Tel.: +49 30 9025-2359

E-Mail: lawa@senumvk.berlin.de

Homepage: www.lawa.de

Bearbeitung und Redaktion:

Kleingruppe Klimaindikatoren

bestehend aus folgenden Personen:

- Dr. Jens Arle (Umweltbundesamt)
- Corinna Baumgarten (Umweltbundesamt)
- Maria Berglund (NW, Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz)
- Dr. Gerhard Brahmer (HE, Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie)
- Dr. Wolfgang Frey (RP, Landesamt für Umwelt)
- Dr. Hartmut Hein (Bundesanstalt für Gewässerkunde)
- Falk Hilliges (Umweltbundesamt)
- Dr. Jacobus Hofstede (SH, Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt, Natur und Digitalisierung)
- Antje Köhler (BE, Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz)
- Jens Möller (Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie)
- Christin Mudra (SN, Staatsministerium für Energie, Klimaschutz, Umwelt und Landwirtschaft)
- Christiana Mühlner (ST, Landesbetrieb für Hochwasserschutz und Wasserwirtschaft)
- Julia Mußbach (BB, Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Klimaschutz)
- Uwe Petry (NI, Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz)
- Thomas Riegel (BY, Landesamt für Umwelt)
- Dr. Kerstin Röske (SN, Staatsministerium für Energie, Klimaschutz, Umwelt und Landwirtschaft)
- Dr. Rita Seifert (Bundesanstalt für Wasserbau)
- Knut Sommermeyer (MV, Staatliches Amt für Landwirtschaft und Umwelt Mittleres Mecklenburg)
- Dr. Petra van Rüth (Umweltbundesamt)
- Dr. Thomas Wanke (HE, Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie)

Federführung:

LAWA Ausschuss Klimawandel - KG Klimaindikatoren

Eckhard Kohlhas (MV, Ministerium für Klimaschutz, Landwirtschaft, ländliche Räume und Umwelt)

Unter Mitwirkung von:

Bosch & Partner GmbH
Pettenkoferstraße 24
80336 München
Kantstraße 63a
10627 Berlin

Konstanze Schönthaler
Can Ölmez
Mareike Wolf

Stand:

März 2023

Das Papier wurde durch die 165. LAWA-Vollversammlung am 20./21. März 2023 in Berlin beschlossen.

Die UMK hat der Veröffentlichung des Papieres im Umlaufbeschluss ... zugestimmt.

Die Bearbeitung erfolgte auf Basis des Produktdatenblatt PDB

Lizenzierung:

Der Text dieses Werkes wird, wenn nicht anders vermerkt unter, der Lizenz Creative Commons Namensnennung 4.0 International zur Verfügung gestellt.

CC BY 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de>)

Quellenangaben siehe jeweilige Abbildung, Abbildungen von der LAWA haben keine Angaben

Zitiervorschlag:

LAWA (2023): LAWA-Konzept Klimafolgenmonitoring für den Wassersektor Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA).

Inhalt

Tabellenverzeichnis	1
1 Hintergrund und Ziele	2
1.1 Ausgangssituation	2
1.2 Ziele des Projekts	3
2 Kooperationen	5
2.1 Zusammenarbeit mit anderen LAWA- und Länder-Gruppen	5
2.2 Zusammenarbeit für das DAS-Monitoring	6
3 Arbeit der LAWA-KG Klimaindikatoren	8
3.1 Arbeitsprozess und Vorgehen	8
3.2 Sitzungen	9
4 Ergebnisse der LAWA-KG Klimaindikatoren	11
4.1 Fertiggestellte Indikatoren	11
4.2 Erprobte Indikatoren	24
4.3 Weiter zu entwickelnde Indikatoren	26
4.3.1 Ruhend gestellte Indikatoren	26
4.3.2 Nicht finalisierte Neuentwicklungen von Indikatoren.....	27
4.4 Weitere Anregungen.....	28
Abkürzungsverzeichnis	29
Anlagen	I

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1	Finalisierte Indikatoren der LAWA-KG Klimaindikatoren	12
-----------	---	----

1 Hintergrund und Ziele

1.1 Ausgangssituation

Monitoring- und Berichtssysteme zu Klimafolgen und Anpassung sollen systematisch Informationen bereitstellen, die geeignet sind, zum einen die interessierte Öffentlichkeit und politische Entscheidungsträger in angemessener Weise und differenziert über die Entwicklungen in Kenntnis zu setzen, und zum anderen ein Management zu unterstützen, das mit Blick auf die projizierten Klimaveränderungen die gebotene Vorsorge sicherstellt.

Im Rahmen der „Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel“ (DAS) wurde ein indikatorengestütztes Monitoringsystem entwickelt. Es gibt auf Bundesebene einen Überblick über die Betroffenheiten durch die Auswirkungen des Klimawandels und die in den jeweiligen Bereichen initiierten Anpassungsprozesse und in Umsetzung befindlichen Anpassungsmaßnahmen. Der erste DAS-Monitoringbericht erschien im Jahr 2015, die erste Berichtsfortschreibung wurde im Herbst 2019 veröffentlicht. Innerhalb der DAS-Monitoringberichte 2015 und 2019 ist ein umfangreiches Kapitel dem Handlungsfeld „Wasserhaushalt, Wasserwirtschaft, Küsten- und Meeresschutz“ gewidmet. Es präsentiert Indikatoren zu klimarelevanten Entwicklungen in Stand- und Fließgewässern, im Grundwasser sowie im Bereich Meere und Küsten sowie zu wasserwirtschaftlichen Fragen. Für den dritten DAS-Monitoringbericht, der 2023 erscheinen soll, wurde entschieden, das komplexe und facettenreiche Handlungsfeld „Wasserhaushalt, Wasserwirtschaft, Küsten- und Meeresschutz“ in zwei Handlungsfelder „Wasserhaushalt und Wasserwirtschaft“ sowie „Küsten- und Meeresschutz“ aufzuteilen.

Da die Zuständigkeiten vor allem im Gewässermonitoring im Wesentlichen auf Landesebene angesiedelt sind und auch im Bereich Küsten und Meere primär die Länder die Zuständigkeiten haben, ist das Monitoring auf Bundesebene auf die Kooperation mit den Ländern angewiesen. Viele Länder haben ihrerseits die Arbeiten zum DAS-Monitoring auf Bundesebene zum Anlass und Vorbild genommen, auch auf Landesebene ein Monitoring zu Klimawandelfolgen und zur Umsetzung ihrer landesspezifischen Anpassungskonzepte und -pläne aufzubauen und weiterzuentwickeln.

Um die verwendeten Methoden und Indikatoren der Länder und des Bundes aufeinander abzustimmen und ein konsistentes Indikatorensystem für den Wassersektor zu etablieren, hatte die Vollversammlung der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) auf ihrer Sondersitzung am 31.05.2016 beschlossen, ein bundesweit abgestimmtes Monitoring- und Indikatorenkonzept zur Erfassung klimabedingter Änderungen zu erarbeiten. Noch im gleichen Jahr richtete daher der ständige LAWA-Ausschuss „Oberirdische Gewässer und Küstengewässer“ (LAWA-AO) die Kleingruppe „Klimaindikatoren“ (KG Klimaindikatoren) mit dem Ziel ein, die vorhandenen Monitoring- und Indikatorkonzepte hinsichtlich der Auswirkungen klimabedingter Veränderungen zu überprüfen sowie Empfehlungen für eine Vereinheitlichung und Anpassung zu erarbeiten. Die LAWA-KG Klimaindikatoren erstellte in einem ersten Schritt unter Federführung des Umweltbundesamts (UBA) auf Basis einer Länderabfrage über den LAWA-AO einen Überblick über vorhandene (und geplante) Klima-Monitoring-Programme und Klima-Indikatoren mit wasserwirtschaftlichem Bezug. In einem zweiten Schritt wurden dann Handlungsempfehlungen für weitere Aktivitäten zur bundesweiten

Vereinheitlichung von Indikatorkonzepten und zur Anpassung von wasserwirtschaftlichen Monitoring-Programmen erarbeitet und, soweit möglich, priorisiert. Die Ergebnisse dieser Arbeiten (LAWA 20171) wurden von der LAWA-Vollversammlung im Dezember 2017 angenommen. Hierbei erhielt die LAWA-KG Klimaindikatoren zudem das Mandat, ihre Arbeiten fortzusetzen und diese mit der Weiterentwicklung der DAS-Monitoring-Indikatoren zu verbinden.

Im Mai 2018 nahm die LAWA-KG Klimaindikatoren ihre Arbeit unter Leitung des UBA wieder auf, um gezielt die Weiterentwicklung der DAS-Monitoring-Indikatoren im Handlungsfeld Wasser zu unterstützen. Im Rahmen des UBA F+E-Vorhabens „Weiterentwicklung von Indikatoren zur Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel für die Handlungsfelder Bauwesen, Verkehr und Verkehrsinfrastruktur sowie Wasserhaushalt, Wasserwirtschaft, Küsten- und Meeresschutz“ (FKZ 3716 48 104 0) nahm die Forschungsnehmerin (Bosch & Partner GmbH) an den Sitzungen der LAWA-KG teil, lieferte fachlichen und koordinierenden Input, erbat Daten aus den Ländern und führte diese zu Indikatoren zusammen. Einige der im DAS-Monitoringbericht 2015 enthaltenen Indikatoren wurden im Zuge dieser Arbeiten in enger Kooperation mit der LAWA-KG grundlegend überarbeitet. Zu den vier DAS-Indikatoren WW-I-1 Grundwasserstand, WW-I-2 Mittlere Abflusshöhe, WW-I-3 Hochwasserabfluss und WW-I-4 Niedrigwasserabfluss konnten aus allen Ländern (mit Ausnahme des Saarlandes und der Stadtstaaten) Daten zusammengetragen werden. Nach Abstimmung mit den Ländern wurden diese Indikatoren Gegenstand des DAS-Monitoringberichts 2019. Auch der Indikator zur Seentemperatur (WW-I-5 Wassertemperatur stehender Gewässer) wurde gegenüber dem DAS-Monitoringbericht 2015 grundlegend neu gefasst, musste aber nach wie vor als sogenannte „Fallstudie“ angelegt werden, die räumlich auf ausgewählte Bundesländer begrenzt ist, also noch kein bundesweites Bild zeichnen kann. Weitere Indikatoren wurden für eine Weiter- oder auch Neuentwicklung in der Gruppe diskutiert, ohne dass es jedoch für den DAS-Monitoringbericht 2019 bereits zu einem Ergebnis gekommen wäre (z. B. ein Indikator zur Entwicklung der Temperaturen von Fließgewässern).

Nach Veröffentlichung des DAS-Monitoringberichts 2019 wurde im LAWA-AO entschieden, die Arbeiten der LAWA-KG weiterzuführen und durch das LFP-Projekt „LAWA-Konzept Klimafolgenmonitoring für den Wassersektor“ zu unterstützen. Im Mai 2020 erhielt die Bosch & Partner GmbH den Auftrag, dieses Projekt zusammen mit der LAWA-KG auszuarbeiten. Dieser Schlussbericht fasst die Ergebnisse dieser Arbeiten zusammen.

1.2 Ziele des Projekts

Ziel des LFP-Projektes „LAWA-Konzept Klimafolgenmonitoring für den Wassersektor“ war es, die LAWA-KG Klimaindikatoren bei ihrer weiteren Arbeit fachlich zu unterstützen, Zulieferungen zu koordinieren, konzeptionelle Vorschläge zu erarbeiten sowie Daten und Auswertungen für die Weiterentwicklung von Indikatoren und die Erarbeitung zusätzlicher Indikatoren zusammenführen. Die LAWA-KG wollte auf diese Weise

¹ 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.

zum einen das länderübergreifende Set von Klimaindikatoren weiter ausbauen und miteinander abstimmen und dieses Set auch den Ländern für ihre ländereigenen Monitoringkonzepte im Klimabereich empfehlen. Zum anderen wollte sie einen Beitrag zur zweiten Fortschreibung des DAS-Monitoringberichts 2023 leisten.

Vom Grundsatz her ging es im LFP-Projekt nicht primär darum, vollständig bundesweit ausgearbeitete Indikatoren präsentieren zu können, sondern vor allem darum, gemeinsame (Methoden-)Standards für länderübergreifend einheitliche Wasserindikatoren zu vereinbaren.

Prioritäres Ziel der Arbeiten war es,

- die bis dahin bereits abgestimmten Indikatoren bzw. ihre Datenreihen fortzuschreiben und die Datensätze ggf. durch Hinzunahme weiterer Messstellen zu komplettieren,
- die Indikatoren, die bisher noch als Fallstudien geführt werden, möglichst zu bundesweiten Darstellungen auszubauen oder zumindest deren räumlichen Umgriff deutlich zu erweitern,
- neue Indikatoren auf den Weg zu bringen, die Methodenstandards zu ihrer Berechnung auszuarbeiten und die Indikatoren – wenn möglich – weitestgehend mit Daten zu befüllen, um damit die Operationalisierbarkeit nachzuweisen.

Alle weiter- und neu entwickelten Indikatoren sollten in der bewährten Systematik und Struktur der DAS-Indikatoren (mit Daten und Indikator-Factsheets) dokumentiert werden.

2 Kooperationen

2.1 Zusammenarbeit mit anderen LAWA- und Länder-Gruppen

Parallel zu den Arbeiten der LAWA-KG widmen sich auch weitere LAWA-Gruppen Fragestellungen des Monitorings. Um einen fachlichen Austausch sicherzustellen und an einer gemeinsamen strategischen Linie arbeiten zu können, haben Teilnehmende der LAWA-KG Klimaindikatoren, die auch in anderen LAWA-Gruppen vertreten sind, für einen wechselseitigen Informationsfluss gesorgt. Ferner wurde unter anderem über den LAWA-AO aktiv in die anderen Gruppen berichtet.

Konkret hat die LAWA-KG Klimaindikatoren mit den folgenden LAWA-Gruppen und anderen länderübergreifenden Arbeitsgruppen zusammengearbeitet:

- LAWA-EK Hydromorphologie: Die Nutzung von Daten aus den Gewässerstrukturkartierungen der Länder wurde im Rahmen der Arbeiten der LAWA-KG Klimaindikatoren wiederholt diskutiert. Vor allem im Zusammenhang mit einem Response-Indikator zum Uferbewuchs wurden verschiedene Länderkartierungen ausgewertet. Dabei wurde deutlich, dass eine zwischen den Ländern harmonisierte Vorgehensweise nicht möglich ist (s. Anlage 4). Das Anliegen einer stärkeren Harmonisierung des Vorgehens mit dem Ziel, länderübergreifende Indikatoren zur Gewässerstruktur ableiten zu können, wurde vom Obmann der LAWA-KG Klimaindikatoren an den EK Hydromorphologie herangetragen. Der LAWA-AK hat in der Folge zu diesem Thema im Jahr 2022 das LFP-Projekt Nr. K 4.22 „Hydromorphologische Indikatoren für den Klimawandel“ eingebracht, das über zwei Jahre hinweg darauf hinwirken soll, die Kartieranleitungen der Länder, die sich noch immer in vielen Details deutlich unterscheiden (teilweise auch Begrifflichkeiten unterschiedlich einsetzen) weiter zu harmonisieren und die Auswertbarkeit der Kartiererergebnisse für das Klimafolgenmonitoring zu verbessern. Dieses LFP-Projekt konnte inzwischen gestartet werden.
- LAWA-KG Küste: Für die Monitoring-Indikatoren zum Thema Meere und Küsten gibt es enge fachliche Überlappungen mit der Tätigkeit der LAWA-KG Küste. Auch wenn keine konzertierte Zusammenarbeit der LAWA-KG Küste zur LAWA-KG Klimaindikatoren stattfinden konnte, gab es eine Zusammenarbeit mit ausgewählten Experten der LAWA-KG Küste. In Abstimmung mit diesen wurden zusätzliche Indikatoren für dieses Handlungsfeld erarbeitet.
- LAWA-EK Seen: Der EK Seen hat im Rahmen des Vorhabens „Langzeitentwicklung von Seen infolge des Klimawandels“ eine Messinfrastruktur an ausgewählten Seen („Klimaseen“) aufgebaut, die für die Zukunft ein differenziertes und kontinuierliches Monitoring sicherstellen soll. Das mit der Durchführung des Vorhabens betraute IGB (Leibniz-Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei) hat der LAWA-KG einen Indikator zur Sommerstagnation zuge geliefert, der als Fallstudie für zwei Seen konzipiert wurde. Die LAWA-KG Klimaindikatoren hat jedoch letztendlich entschieden, dass dieser Indikator (noch) nicht für das DAS-Monitoring geeignet ist (s. Kap. 4.3.1). Die Arbeiten des EK Seen bzw. des IGB werden für zwei weitere Jahre fortgesetzt. In die-

sem Rahmen sollen auch die Wasserstandsdaten der „Klimaseen“ ausgewertet werden, die dann perspektivisch für das Monitoring zur Verfügung stehen werden.

- LAWA-EK Biologische Bewertung der Fließgewässer und Interkalibrierung: Der LA-WA-EK plant eine Fischtemperaturprojekt O 10.20, das Anfang 2023 starten soll. Für dieses Projekt wurden von der LAWA-KG Klimaindikatoren die Übersichten zu den für das länderübergreifende Monitoring recherchierten, geprüften und letztendlich verwendeten Fließgewässermessstellen bereitgestellt.
- LAWA KG NIWIS (Niedrigwasser-Informationssystem): Die BfG baut in Zusammenarbeit mit der LAWA aktuell ein Niedrigwasser-Informationssystem auf. Die LAWA-KG Klimaindikatoren hat der projektbegleitenden Kleingruppe des LAWA-AH hierfür Daten und Informationen zur Verfügung gestellt.
- Länderinitiative Kernindikatoren (LiKi): Die LiKi arbeitet aktuell am Aufbau länderübergreifender Indikatoren zum Klimawandel. Diese konzentrieren sich momentan auf drei Indikatoren. Darunter ist der von der LAWA-KG Klimaindikatoren ausgearbeitete Indikator „Grundwasserstand und Quellschüttung“. Bosch & Partner hat im Rahmen der 31. LiKi-Sitzung (am 11.5.2022) inhaltlich und methodisch zur Aufnahme eines Grundwasser-Indikators in das LiKi-Kernindikatorenset beraten.

2.2 Zusammenarbeit für das DAS-Monitoring

Die Arbeit der LAWA-KG Klimaindikatoren war von Beginn an eng mit der Weiterentwicklung des DAS-Monitorings verbunden. Sowohl die Koordinierung der ressortübergreifenden Zusammenarbeit im DAS-Prozess unterstützende UBA als auch die Interministerielle Arbeitsgruppe Anpassungsstrategie des Bundes (IMAA) haben der LAWA-KG die fachliche Verantwortung für die Indikatoren zum Wasserbereich vertrauensvoll übertragen. Dennoch hat die LAWA-KG ihre Arbeiten zur Entwicklung länderübergreifender Indikatoren für den Wasserbereich auch stets unabhängig vom DAS-Monitoring vorangetrieben und auch zu thematischen Aspekten gearbeitet, die keinen unmittelbaren Eingang in das DAS-Monitoring gefunden haben (s. Kap. 4.2 und 4.3). Aufgrund der Tatsache, dass die Bosch & Partner GmbH in Personalunion sowohl das LAWA LFP-Projekt als auch das UBA-Vorhaben „Monitoring zur DAS – Technische und inhaltliche Weiterentwicklung“, das die Erstellung des nächsten DAS-Monitoringberichts 2023 zur Aufgabe hat, bearbeitet(e), konnten umfangreiche Synergien nutzbar gemacht werden. Beide Prozesse konnten so zusammen gedacht und Kapazitäten sinnvoll gebündelt werden.

Für das DAS-Monitoring wurde bereits für den ersten DAS-Monitoringbericht 2015 ein Dokumentationssystem aus sogenannten Indikator- und Daten-Factsheets aufgebaut, um volle Transparenz zu den Datenquellen, den Daten selbst und deren Auswertung sicherzustellen. Dies ist auch eine wesentliche Grundlage für die regelmäßige Aktualisierung der DAS-Monitoringberichte. Die Indikator-Factsheets (im Word-Format) enthalten unter anderem Informationen zu den an der Indikatorentwicklung beteiligten Institutionen und Personen, zur Einordnung des Indikators in das System des DAS-Monitorings, zur Berechnung des Indikators, zum fachlichen Zusammenhang der mit dem Indikator abgebildeten Sachverhalte mit dem Klimawandel, zu möglichen Einschränkungen.

kungen der Interpretierbarkeit und zur grafischen Darstellung des Indikators. Die Daten-Factsheets (im Excel-Format) dienen der Ablage aller Daten, die zur Berechnung des Indikators erforderlich sind, der Nachvollziehbarkeit der Berechnung der Indikatorwerte und der Erzeugung der Indikatorgrafik. Zudem finden sich in diesen Dokumenten alle relevanten Informationen zum Datenbezug und zur durchgeführten Trendanalyse. Die bereits bestehenden oder noch im Aufbau befindlichen Monitoringsysteme der Bundesländer greifen vielfach die Struktur der bewährten Factsheets aus dem bundesweiten Monitoring auf. Auch die in der LAWA-KG Klimaindikatoren bzw. im LFP-Projekt erarbeiteten Indikatoren werden in dieser Weise dokumentiert.

Im Ergebnis liefern die Arbeiten der LAWA-KG Klimaindikatoren dem DAS-Monitoring unmittelbar Indikatoren für die Handlungsfelder „Wasserhaushalt und Wasserwirtschaft“ sowie „Küsten- und Meeresschutz“ zu. Die überarbeiteten und neu entwickelten DAS-Monitoring-Indikatoren für alle DAS-Handlungsfelder wurden im Sommer 2022 der IMAA zur Abstimmung vorgelegt. Alle eingebrachten Indikatoren zu den beiden Handlungsfeldern „Wasserhaushalt und Wasserwirtschaft“ sowie „Küsten- und Meeresschutz“ wurden dabei angenommen. Kleinere Änderungsvorschläge wurden in der letzten Sitzung der LAWA-KG am 24.10.2022 diskutiert und Abstimmungen hierzu herbeigeführt. Die von der LAWA-KG für das DAS-Monitoring empfohlenen Indikatoren werden damit im nächsten DAS-Monitoringbericht 2023 veröffentlicht werden. Die Aufnahme der Indikatoren in das DAS-Indikatorenset bedeutet, dass diese für die regelmäßige Aktualisierung und Berichterstattung vorgesehen werden und damit von einer dauerhaften Bereitschaft für eine regelmäßige Zulieferung von Daten aus den Ländern ausgegangen wird. Es ist aber nicht ausgeschlossen, dass es bei fortschreitendem Wissensstand auch in Zukunft methodische Änderungen und Verbesserungen an den Indikatoren geben kann oder auch weitere Indikatoren zum Wasserbereich in das Indikatorenset aufgenommen werden können.

Das vom UBA finanzierte und bis Oktober 2023 laufende Vorhaben „DASIF – Operationalisierung von DAS-Indikatoren mit Fernerkundungsdaten“ hat die Aufgabe, für ausgewählte Seen-indikatoren auf Basis von Fernerkundungsdaten Indikatoren zur Weiterentwicklung des DAS-Monitoring-Indikatorensets für den DAS-Monitoringbericht 2023 zuzuarbeiten. Es besteht ein enger Austausch zwischen den Projektnehmer:innen dieses Vorhabens und der Bosch & Partner GmbH. Außerdem haben die Projektnehmer:innen des DASIF-Vorhabens regelmäßig in den Sitzungen der LAWA-KG über die Vorgehensweise und Ergebnisse berichtet. Konkret wurde bzw. wird zu den folgenden Indikatoren gearbeitet: Wassertemperatur von Seen (Oberfläche), Eisbedeckung von Seen, Cyanobakterienbelastung von Seen und Eintreten der Frühjahrsalgenblüte.

Die DASIF-Arbeitsgruppe hat den Auftrag, eine mögliche Automatisierung der Auswertungen sicherzustellen, da dies für die regelmäßige Fortschreibung der Indikatoren erforderlich ist. Hierfür ist vorgesehen, die Fernerkundungsdaten in Data Cubes zur Verfügung zu stellen und eine Auswertung durch Fachpersonal über die Analyseplattform JupyterHub zu ermöglichen. Es werden künftig Schulungen zu JupyterHub stattfinden. Informationen für nicht-Fachpersonal sollen künftig in einem Dashboard bereitgestellt werden.

3 Arbeit der LAWA-KG Klimaindikatoren

3.1 Arbeitsprozess und Vorgehen

Die Arbeiten im Rahmen des LFP-Projekts bauten auf den Monitoring-Indikatoren auf, die Ende 2018 für den DAS-Monitoringbericht 2019 final ausgearbeitet und in der LAWA-KG-Sitzung im Dezember 2018 vorgestellt wurden. Im Nachgang unterstützte die Bosch & Partner GmbH die LAWA-KG Klimaindikatoren im Rahmen des noch laufenden UBA FuE-Vorhabens „Weiterentwicklung von Indikatoren zur Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel für die Handlungsfelder Bauwesen, Verkehr und Verkehrsinfrastruktur sowie Wasserhaushalt, Wasserwirtschaft, Küsten- und Meereschutz“ (FKZ 3716 48 104 0) zunächst bis Ende 2019 weiter. Die dritte und letzte Sitzung der LAWA-KG Klimaindikatoren in Rahmen dieser Unterstützung fand am 14.11.2019 in Hannover statt. Dabei wurden der letzte Stand der Indikatoren des DAS-Monitoringberichts präsentiert sowie eine Übersicht über die themenrelevanten Arbeiten anderer LAWA-Gruppen und ein Ausblick auf das weitere Arbeitsprogramm der KG gegeben.

Die LAWA-KG-Mitglieder sollten sich im Nachgang noch einmal zu den DAS-Monitoring-Indikatoren im Wasserbereich sowie zum Bedarf und zu den Notwendigkeiten einer Weiterentwicklung äußern. Für das Zusammentragen der Anregungen war eine Sitzung für den März 2020 vorgesehen, die dann aber in die Phase des ersten deutschlandweiten Covid-19-Lock Downs fiel und abgesagt werden musste. Die Abschlussarbeiten gerieten in der Folge erheblich ins Stocken. Die mit der zusätzlichen Beauftragung der englischen Übersetzung des DAS-Monitoringberichts verbundene Laufzeitverlängerung des o. g. UBA FuE-Vorhabens eröffnete jedoch zeitliche Spielräume für den Abschluss der LAWA-Arbeiten. Mitte Juni 2020 wurde entschieden, die Arbeiten der Kleingruppe im Rahmen des FuE-Vorhabens über ein Umlaufverfahren formal abzuschließen. Der bis dahin erreichte Arbeitsstand zu den Indikatoren wurde an die Mitglieder der LAWA-KG übersendet. Die Abstimmung in diesem Umlaufverfahren diente vor allem dem Zweck, den gemeinsam erreichten Arbeits- und Diskussionsstand festzustellen sowie konkrete Kritik zum Erreichten und – mit Blick auf die Fortsetzung der Arbeiten – Anregungen zum weiteren Vorgehen einzusammeln. Die Rückläufe aus diesem Umlaufverfahren wurden, sofern sie ausreichend konkret waren, in die Daten- und Indikator-Factsheets übernommen. Generelle Anmerkungen und Hinweise wurden in einer ausführlichen Schlussinformation vom 21.07.2020 dokumentiert. Mit dieser Zwischenbilanz konnte der Unterstützungsauftrag der Bosch & Partner GmbH für die LAWA-KG im Rahmen des UBA FuE-Vorhabens formell abgeschlossen werden.

Nach Vergabe des LFP-Projekts im Juni 2020 war die Bosch & Partner GmbH beauftragt, ihre Unterstützungstätigkeit für die LAWA-KG fortzusetzen. Nach dem formellen Abschluss des UBA FuE-Vorhabens nahm Bosch & Partner nach der Sommerpause 2020 die Arbeiten an der Weiterentwicklung der Indikatoren im Wasserbereich daher wieder auf. Zunächst wurde dabei ein Schwerpunkt auf den Bereich Küsten und Meere gelegt, da hier substanzielle Erweiterungen des Indikatorensets empfohlen worden waren. Im Januar 2021 wurden hierzu Rechercheergebnisse in Form eines Diskussionspapiers an die LAWA-KG bzw. das Fachteam Küste übermittelt. Dieses war neben anderen Vorarbeiten zu den anderen Fachthemen im Wasserbereich die Grundlage

für die erste Sitzung der LAWA-KG Klimaindikatoren im Januar 2021 (zu den Sitzungen der LAWA-KG Klimaindikatoren s. Kap. **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**). Zusätzlich zu den Sitzungen gab es während der Projektlaufzeit zahlreiche telefonische Absprachen und kleinere Videokonferenzen mit einzelnen Mitgliedern der LAWA-KG Klimaindikatoren und weiteren Fachleuten aus den Ländern für fachspezifische Diskussion und Klärungen. Die konkreten Schritte der Datenbeschaffung und Auswertung sowie der Ausarbeitung von Indikatorentwürfen erfolgte durch die Bosch & Partner GmbH, teilweise in bilateraler Beratung mit einzelnen Mitgliedern der LAWA-KG oder mit von ihnen benannten Expert:innen. Die Entwürfe wurden dann im Rahmen der LAWA-KG zur Diskussion gestellt und abgestimmt.

3.2 Sitzungen

Ab Anfang 2021 fanden halbjährlich Sitzungen der LAWA-KG Klimaindikatoren mit den folgenden Schwerpunkten statt:

- 18.01.2021 (18 KG-Mitglieder, 3 Vertreter:innen von Bosch & Partner, 3 Vertreter:innen aus dem DASIF-Projekt): erste Sitzung im Rahmen des LFP-Projekts, Abstimmung des Zeit- und Arbeitsplans, Vereinbarung zu den weiterzuentwickelnden Indikatoren, Einsetzen der Fachteams (s. u.), Informationen über Ziele und Inhalte des DASIF-Projekts,
- 22.11.2021 (15 KG-Mitglieder, 2 Vertreter:innen von Bosch & Partner, 1 Vertreter aus dem DASIF-Projekt): Vorstellung und Diskussion des aktuellen Stands der Indikatorentwicklung, Informationen über die laufenden Arbeiten im DASIF-Projekt, Vereinbarung von Arbeitsaufträgen zur Weiterentwicklung der Indikatoren,
- 15.6.2022 (13 KG-Mitglieder, 2 Vertreter:innen von Bosch & Partner, 2 Vertreter:innen aus dem DASIF-Projekt): Vorstellung und Diskussion des aktuellen Stands der Indikatorentwicklung, Informationen über die laufenden Arbeiten im DASIF-Projekt, Entscheidung, welche Indikatoren für die Aufnahme in den DAS-Monitoringbericht 2023 empfohlen werden,
- 24.10.2022 (12 KG-Mitglieder, 2 Vertreter:innen von Bosch & Partner, 2 Vertreter:innen aus dem DASIF-Projekt): Vorstellung des letzten Stands der Indikatorentwicklung, Diskussion der Rückmeldungen aus der ressortübergreifenden Abstimmung der DAS-Monitoring-Indikatoren in der IMAA, Einbringen letzter Anregungen, Informationen zum Verfahren der Trendanalyse, Informationen über weitere Arbeiten im DASIF-Projekt, Sammlung weiterer relevanter Indikationsthemen, Abschluss der Arbeiten der LAWA-KG.

Zusätzlich zu den Sitzungen der LAWA-KG wurden Fachteams zu den Themenschwerpunkten Seen, Fließgewässer, Grundwasser und Küste einberufen, um spezifische Fragen der Indikatorentwicklung zu diskutieren und Abstimmungsvorschläge für die LAWA-KG zu vereinbaren. Es haben folgende Fachteam-Treffen stattgefunden:

- 25.03.2021: Fachteam Fließgewässer mit 6 Teilnehmenden und 2 Vertreter:innen von Bosch & Partner,
- 29.03.2021: Fachteam Seen mit 5 Teilnehmenden, 3 Vertreter:innen von Bosch & Partner und 1 Vertreterin aus dem UBA DASIF-Projekt,

- 13.04.2021: Fachteam Grundwasser mit 6 Teilnehmenden und 2 Vertreterinnen von Bosch & Partner,
- 22.04.2021: Fachteam Küste mit 7 Teilnehmenden (inkl. LAWA-KG Küste) und 3 Vertreter:innen von Bosch & Partner,
- 21.10.2021: Fachteam Seen mit 5 Teilnehmenden, 2 Vertreter des IGB und 1 Vertreterin von Bosch & Partner.

Pandemie-bedingt haben alle Sitzungen im Rahmen des LFP-Projekts in Form von Videokonferenzen stattgefunden.

4 Ergebnisse der LAWA-KG Klimaindikatoren

Ausgehend von den Schwerpunktsetzungen für die weitere Arbeit, die im Rahmen der 4. Sitzung der LAWA-KG Klimaindikatoren am 18.01.2021 getroffen wurden, wurden

- 19 Indikatoren bearbeitet, die letztendlich in das DAS-Monitoring eingebracht werden konnten (s. Kap. 4.1),
- 2 Indikatoren erprobt und diskutiert, die jedoch vorerst zurückgestellt und nicht im DAS-Monitoringbericht 2023 präsentiert werden (s. Kap. 4.2),
- 2 Indikatoren aus den bisherigen DAS-Monitoringberichten auf Weiterentwicklungsmöglichkeiten hin geprüft, dann aber für den Monitoringbericht 2023 zunächst auf „ruhend“ gestellt (s. Kap. 4.3).

4.1 Fertiggestellte Indikatoren

Die LAWA-KG hat für das DAS-Handlungsfeld „Wasserhaushalt und Wasserwirtschaft“ zehn Impact-Indikatoren und zwei Response-Indikatoren empfohlen. Darunter sind sechs Impact-Indikatoren und die beiden Response-Indikatoren, die bereits im Jahr 2019 Gegenstand des DAS-Monitoringberichts waren. Die vier neu entwickelten und eingebrachten Impact-Indikatoren sind:

- WW-I-1: Terrestrisch gespeichertes Wasser
- WW-I-5: Spitzenabflüsse in Fließgewässern
- WW-I-7: Wasserstand von Seen
- WW-I-10: Wassertemperatur von Fließgewässern

Die drei Indikatoren zum mittleren Abfluss (WW-I-3) sowie zu Hochwasser (WW-I-4) und Niedrigwasser (WW-I-5) werden konzeptionell unverändert fortgeführt; hier gab es lediglich Anpassungen bei der Messstellenauswahl. Für die bereits etablierten Indikatoren zu Grundwasser (WW-I-2), zur Wassertemperatur von Seen (WW-I-8) und Frühjahrsalgenblüte in Seen (WW-I-9) kam es zu konzeptionellen Weiterentwicklungen. Der Response-Indikator Wassernutzungsindex (WW-R-1) wird unverändert fortgeführt. Ebenfalls fortgeführt wird der Indikator Investitionen in den Hochwasserschutz (WW-R-2). Letzterer ist nach wie vor als Fallstudie für Hessen angelegt. Ergänzend wurde ein Indikator basierend auf Daten der GAK-Berichterstattung eingebracht, über dessen Aufnahme in das DAS-Monitoring aber noch nicht abschließend entschieden werden konnte. Der im DAS-Monitoring 2019 geführte Fallstudien-Indikator Uferbewuchs von kleinen und mittelgroßen Gewässern (damals WW-R-3) wird im DAS-Monitoringbericht 2023 (vorerst) nicht mehr berichtet, da eine Datenaktualisierung nicht möglich ist und aufgrund der nach wie vor bestehenden Schwierigkeiten bei der länderübergreifenden Auswertung der Daten aus den Gewässerstrukturgütekartierungen der Länder auch keine konzeptionelle Verbesserung möglich war.

Der ebenfalls in der LAWA-KG diskutierte und im DASIF-Vorhaben neu entwickelte Indikator Cyanobakterienbelastung von Badegewässern wird im DAS-Monitoring dem Handlungsfeld Menschliche Gesundheit zugeordnet (GE-I-7).

Für das DAS-Handlungsfeld „Küsten- und Meeresschutz“ bringt die LAWA-KG sechs Impact-Indikatoren und zwei Response-Indikatoren in das DAS-Monitoring ein. Zu drei Impact-Indikatoren (KM-I-1: Wassertemperatur des Meeres, KM-I-2: Meeresspiegel,

KM-I-3: Intensität von Sturmfluten) und den Response-Indikator Investitionen in den Küstenschutz (KM-R-1) wurde bereits im DAS-Monitoringberichts 2019 berichtet. Neu entwickelt wurden im Rahmen des LFP-Projekts:

- KM-I-4: Küstenmorphologie
- KM-I-5: Rückstau in Fließgewässer
- KM-I-6: Leistung von Schöpfwerken
- KM-R-2: Landesschutzdeiche ohne Sicherheitsdefizit

Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden. gibt einen Überblick über die Indikatoren und die jeweils durchgeführten Arbeiten für das Handlungsfeld „Wasserhaushalt und Wasserwirtschaft“. Alle in dieser Tabelle gelisteten Indikatoren werden Eingang in den DAS-Monitoringbericht 2023 finden. Die Indikator-Fact-sheets zu den im Rahmen des LFP-Projekts bearbeiteten Indikatoren sind diesem Bericht als Anlage 1 beigelegt.

Tabelle 1 Finalisierte Indikatoren der LAWA-KG Klimaindikatoren

Indikator	Erreichter Arbeitsstand und weitere Schritte
Handlungsfeld „Wasserhaushalt und Wasserwirtschaft“	
WW-I-1: Terrestrisch gespeichertes Wasser	<p>Kurzbeschreibung: Schwankungen des Schwerefelds der Erde, die hauptsächlich durch die Umverteilung von Masse auf die verschiedenen Teile des globalen Wasserkreislaufs verursacht werden, und die daraus ableitbare Wasserverfügbarkeit.</p> <p>Überarbeitung / Neuentwicklung: Der Indikator basiert auf Daten aus GravIS – Gravity Information Service, die von der BfG für das Bundesgebiet aufbereitet werden. Er wurde in Zusammenarbeit mit der BfG neu entwickelt und wird erstmalig im DAS-Monitoringbericht 2023 präsentiert werden.</p> <p>Weitere Schritte: Die Zeitreihe weist bisher mehrere Lücken auf, die im Zuge einer Weiterentwicklung aber geschlossen werden können. Bis zum Jahr 2017 ist ein solcher Lückenschluss gut mit den verfügbaren Wasserhaushaltsmodellen möglich. Nach 2017 machen sich jedoch die starken Rückgänge bei den Wasserständen der Seen bemerkbar. Es ist daher geplant, zumindest die größeren Seen noch entsprechend in den Wasserhaushaltsmodellierungen zu berücksichtigen. Mit diesen Modellverbesserungen ließen sich dann auch die jüngeren Datenlücken bereinigen. Zur Erfassung der Bodenfeuchte aus Satellitendaten läuft derzeit ein europaweites Vorhaben, dessen Ergebnisse ebenfalls perspektivisch in der Modellierung berücksichtigt werden können.</p>

Indikator	Erreichter Arbeitsstand und weitere Schritte
<p>WW-I-2: Grundwasser- stand und Quellschüttungen</p>	<p>Kurzbeschreibung: Über alle berücksichtigten Messtellen ermittelte durchschnittliche Anzahl von Monaten mit Über-/Unterschreitung des / der mittleren höchsten / niedrigsten Grundwasserstands / Quellschüttung der Referenzperiode 1971–2000, differenziert für die Regionen Nord und Süd.</p> <p>Überarbeitung / Neuentwicklung: Die dem Indikator zugrundeliegende Messstellenauswahl wurde überarbeitet: Thüringen hat zusätzlich Quellschüttungen eingebracht, für Niedersachsen wurde – mit Blick auf das landesspezifische Grundwassermonitoring – eine Überarbeitung der Messstellenauswahl für das DAS-Monitoring vorgenommen. Das Saarland hat nach Veröffentlichung des Monitoringberichts 2019 erbeten, auch Messstellen aus dem Saarland zu berücksichtigen. Eine Prüfung ergab jedoch, dass keine kontinuierlichen und ausreichend langen Messreihen zur Verfügung gestellt werden können. Im Rahmen der Überarbeitung wurden außerdem verschiedene Regionalisierungsansätze für den Indikator geprüft, da die räumlichen Unterschiede innerhalb der Bundesrepublik als so gravierend eingeschätzt werden, dass eine bundesweite Mittelwertbildung über alle Messstellen hinweg als wenig zielführend erachtet wird. Die LAWA-KG hat sich auf der Grundlage verschiedener Vorschläge und Erprobungen durch die Bosch & Partner GmbH auf eine einfache Grenzziehung entlang von Bundeslandgrenzen und eine Einteilung in eine nördliche und südliche Region entschieden. Im Ergebnis unterscheiden sich die Darstellungen für diese beiden Regionen deutlich, was das Vorgehen bestätigt.</p> <p>Weitere Schritte: Die LAWA-KG hat festgestellt, dass weitere Regionalisierungen (insbesondere innerhalb der Region Nord) von fachlichem Interesse sind, dass eine solche weitere Differenzierung aber in der Verantwortlichkeit der jeweiligen Länder stattfinden sollte. Ergänzend zur Methodik der LAWA-KG und des DAS-Monitorings erprobt Niedersachsen derzeit im Rahmen eines landesspezifischen Klimafolgenmonitorings Auswertungsmethoden, um auch über extreme Unter- bzw. Überschreitungen der Grundwasserstände zu informieren.</p>
<p>WW-I-3: Mittlerer Abfluss WW-I-4: Hochwasser</p>	<p>Kurzbeschreibung: Mittlerer Abfluss: Mittlere Abflusshöhe (in mm) differenziert für das hydrologische Winter- und Sommerhalbjahr.</p>

Indikator	Erreichter Arbeitsstand und weitere Schritte
<p>WW-I-6: Niedrigwasser</p>	<p>Hochwasser: Mittlere Anzahl der Hochwassertage differenziert für das hydrologische Winter- und Sommerhalbjahr und die Flussgebietseinheiten Donau, Rhein, Weser, Elbe und Eider / Schlei. Niedrigwasser: Mittlere Anzahl der Niedrigwassertage differenziert für das Sommer- und Winterhalbjahr des Wasserhaushaltsjahres.</p> <p>Überarbeitung / Neuentwicklung: Ziel der Überarbeitung war es, offensichtliche räumliche Lücken in der Messstellenkarte zu schließen (vor allem im Donauebiet) und Überschneidungen von Pegel Einzugsgebieten zu vermeiden. Aufgrund von Kapazitätsengpässen in den Fachbehörden der für das Donauebiet relevanten Bundesländer konnte eine Erweiterung des Messnetzes hier nicht erfolgen. Zur Vermeidung der Einzugsgebietsüberschneidungen konnten jedoch einzelne Anpassungen bei der Pegelauswahl (insbesondere in der Flussgebietseinheit Weser) vorgenommen werden. Die Auswertung der Daten wurde nach der Datenbeschaffung durch Bosch & Partner bisher von der BfG durchgeführt. Für die Aktualisierung der Indikatoren für den DAS-Monitoringbericht 2023 wurde die Auswertung jedoch auf der Grundlage von Excel-Programmierungen der BfG und deren Anpassung von Bosch & Partner übernommen.</p> <p>Weitere Schritte: Perspektivisch sollte der Lückenschluss im Messnetz für die Flussgebietseinheit Donau angestrebt werden.</p>
<p>WW-I-5: Spitzenabflüsse in Fließgewässern</p>	<p>Kurzbeschreibung: Kategorisierung der für den Hochwasser-Indikator betrachteten Abflusspegel nach dem Ausmaß der im jeweiligen Jahr erreichten höchsten Überschreitung des MHQ (x-Faches des MHQ), differenziert für das hydrologische Winter- und Sommerhalbjahr sowie höchster erreichter Spitzenabfluss im Messnetz.</p> <p>Überarbeitung / Neuentwicklung: Um auch extreme / extremste Hochwasserereignisse und die räumliche Betroffenheit abbilden zu können, wurde der Indikator zu den Spitzenabflüssen neu entwickelt. Auf der Grundlage der vorhandenen Abflussdaten wurden verschiedene Auswertungs- und Darstellungsoptionen erprobt und mit der BfG abgestimmt.</p> <p>Weitere Schritte: Derzeit ist keine Weiterentwicklung angedacht.</p>

Indikator	Erreichter Arbeitsstand und weitere Schritte
<p>WW-I-7: Wasserstand von Seen</p>	<p>Kurzbeschreibung: Abweichungen der mittleren Wasserspiegelhöhe ausgewählter Seen vom gemeinsamen Indexjahr 2014, differenziert für die Ökoregion Norddeutsches Tiefland und Alpen / Alpenvorland.</p> <p>Überarbeitung / Neuentwicklung: Unter anderem in Reaktion auf zahlreiche Presseberichte zum Thema sinkende Wasserstände von Seen wurde dieser Indikator neu entwickelt. Für eine Darstellung für das Norddeutsche Tiefland und die Region Alpen / Alpenvorland konnten Daten von ausreichend vielen Seen zur Verfügung gestellt werden, für die Mittelgebirgsregion stehen Daten zu naturnahen Seen hingegen nicht zur Verfügung. Im Zusammenhang mit der Entwicklung des Indikators und der Suche nach geeigneten Datenquellen wurde auch Kontakt mit der Arbeitsgruppe der Technischen Universität München (DGFI-TUM) aufgenommen, die im Rahmen des DAHITI-Projekts weltweit satellitengestützte Altimeterdaten ausgewertet. Für eine unmittelbare Operationalisierung des Indikators konnten aber bisher keine Daten aus diesem Vorhaben verfügbar gemacht werden.</p> <p>Weitere Schritte: Im Rahmen der Fortsetzung der Arbeiten zum Seenmonitoring des LAWA-EK Seen ist vorgesehen, auch die Wasserstandsdaten der „Klimaseen“ auszuwerten. Diese Daten sollten dann perspektivisch auch den Datensatz des DAS-Monitoring-Indikators ergänzen. Ferner ist denkbar, dass künftig auch Daten aus satellitengestützten Altimeterdaten nutzbar gemacht werden können.</p>
<p>WW-I-8: Wassertemperatur von Seen</p>	<p>Kurzbeschreibung: Abweichung der mittleren Wassertemperatur in der Saison (April bis Oktober) vom Indexjahr 2014 für ausgewählte Seen der LAWA-Seentypen Norddeutsches Tiefland ohne Fluss-seen, Flusseen des Norddeutschen Tieflands, Mittelgebirge und Alpen / Alpenvorland.</p> <p>Überarbeitung / Neuentwicklung: Die im DAS-Monitoringbericht 2019 präsentierte Fallstudie (basierend auf Daten von fünf Seen) sollte zu einem bundesweit gültigen Indikator ausgebaut und methodisch weiterentwickelt werden. Neben der Erweiterung der Datenbasis ging es vor allem auch um eine Aggregation der Daten mehrerer Seen nach den LAWA-Typen bzw. Ökoregionen. Beide Vorhaben konnten im Rahmen der Überarbeitung umgesetzt werden.</p>

Indikator	Erreichter Arbeitsstand und weitere Schritte
	<p>Weitere Schritte: Anzustreben ist insbesondere eine noch breitere Datenbasis aus einer größeren Anzahl von Seen. Hierzu gibt es zwei Ansatzpunkte: * Die im Rahmen des IGB-Projekts instrumentierten „Klima-seen“ sollen weiter beobachtet werden, so dass mittelfristig hochwertige in-situ-Datenreihen zur Verfügung gestellt werden können. * Die im Rahmen des DASIF-Projekts vorgenommenen Auswertungen von Satellitendaten zu Oberflächentemperaturen von Seen sind ebenfalls vielversprechend. Sie erlauben vor allem eine breite räumlich Abdeckung. Mit einer Verlängerung der Zeitreihen werden auch diese Daten für das länderübergreifende Monitoring und das DAS-Monitoring interessant. Denkbar ist außerdem, eine separate Analyse der geschichteten und ungeschichteten Seen des Norddeutschen Tieflands durchzuführen, da hier größere Unterschiede in der Entwicklung der Temperaturen erwartet werden können.</p>
<p>WW-I-9: Frühjahrsalgenblüte in Seen</p>	<p>Kurzbeschreibung: Kalenderwoche des Eintretens der Frühjahrsalgenblüte als Median von 20 Seen.</p> <p>Überarbeitung / Neuentwicklung: Die im DAS-Monitoringbericht bisher präsentierte Fallstudie bezog sich auf nur zwei Seen im Norddeutschen Tiefland. Ziel war, auch diesen Indikator auf eine breitere Datenbasis zu stellen. Aufgrund der Schwierigkeiten bei der in-situ-Erfassung soll sich der Indikator künftig auf Satellitendaten stützen. Der Indikator wurde im Rahmen des DASIF-Projekts bearbeitet; es werden dabei 20 über Deutschland verteilte und die drei Ökoregionen Alpen und Alpenvorland, Mittelgebirge sowie Norddeutsches Tiefland repräsentierende Seen berücksichtigt, sodass der Indikator auf eine deutlich breitere Datenbasis gestellt werden konnte.</p> <p>Weitere Schritte: An einer Erweiterung der Seenanzahl wird derzeit im DASIF-Projekt noch gearbeitet. Für den DAS-Monitoringbericht 2023 ist diese erweiterte Seenauswahl aber nicht mehr von Relevanz. Perspektivisch kann außerdem geprüft werden, inwiefern kontinuierliche Pigmentmessungen durch Sonden, die Phytoplanktongruppen differenzieren, künftig als in-situ-Daten in die Auswertung integriert werden können.</p>

Indikator	Erreichter Arbeitsstand und weitere Schritte
<p>WW-I-10: Wassertemperatur von Fließgewässern</p>	<p>Kurzbeschreibung: Abweichung der mittleren Wassertemperatur der Fließgewässer in der Saison (April bis Oktober) vom Indexjahr 2017, differenziert für die Fischregionen Forellenregion, Cyprinidengeprägte Region, Brachsenregion, Äschenregion, Barbenregion und Kaulbarsch-Flunder-Region.</p> <p>Überarbeitung / Neuentwicklung: Für die Neuentwicklung des Indikators haben umfangreiche Informations- und Datenanfragen bei den Ländern zu Mess-stellen, die möglichst wenig anthropogen beeinflusst sind und an denen möglichst hochfrequent Fließgewässertemperaturmessungen durchgeführt werden, stattgefunden. Die Abfragen waren deshalb besonders aufwändig, weil entschieden wurde, neben Gütemessstellen auch Pegelmess-stellen anzufragen, an denen häufig auch kontinuierliche Temperaturmessungen durchgeführt werden. Das Mess-stellenkollektiv war am Ende umfangreich genug, um eine Aggregation der Messstellen nach Fischregionen vornehmen zu können.</p> <p>Weitere Schritte: Die Entwicklung der mittleren Fließgewässertemperatur ist im Hinblick auf ökologische Prozesse nur bedingt aussagekräftig. Präzisere Aussagen ließen sich mit Auswertungen zur Überschreitung kritischer Schwellenwerte für Fischgemeinschaften treffen. Eine solche Auswertung wurde in der LAWA-KG wiederholt diskutiert. Die derzeit in der Oberflächengewässerverordnung (OGewV) 2016 genannten Temperaturwerte der Fischverträglichkeit für die Fischregionen MP (Metapotamal) und HP (Hypopotamal) sowie Cyp-R (Cyprinidengeprägte Region) und EP (Epipotamal) sind jedoch umstritten. Eine Überarbeitung der OGewV ist seitens des LAWA-EK „Biologische Bewertung Fließgewässer und Interkalibrierung“ in Vorbereitung. Eine Wiederaufnahme des Themas „kritische Schwellenwerte der Fließgewässertemperatur“ ist perspektivisch in jedem Falle anzustreben.</p>
<p>WW-R-1: Wassernutzungsindex</p>	<p>Kurzbeschreibung: Entwicklung des Wassernutzungsindex als Anteil der Wassernutzung am Grundwasserdargebot und Orientierung an der Schwelle der nachhaltigen Wassernutzung.</p>

Indikator	Erreichter Arbeitsstand und weitere Schritte
	<p>Überarbeitung / Neuentwicklung: Eine Weiterentwicklung des Indikators zum Wassernutzungsindex hat im Rahmen der LAWA-KG nicht stattgefunden. Es gibt nach wie vor große Unsicherheiten bei der Beurteilung des Wasserverbrauchs. Dies ist unter anderem auch in Schwierigkeiten der Wasserstatistik begründet. Zudem ist der Wasserverbrauch von zahlreichen Faktoren abhängig, der Klimawandel ist nur einer von diesen. Es wurde entschieden, trotz aller Unzulänglichkeiten des bestehenden Indikators auch für den DAS-Monitoringbericht 2023 an diesem festzuhalten, da in Anbetracht zumindest regional knapper werdender Wasserressourcen und in Zukunft möglicherweise begrenzter Verfügbarkeit das wichtige Thema Wasserverbrauch im Set der Wasserindikatoren verankert sein muss.</p> <p>Weitere Schritte: Die Thematik Wasserverfügbarkeit und Wasserverbrauch muss zwingend bei der Weiterentwicklung von Indikatoren im Wasserbereich angemessen berücksichtigt werden. Denkbar sind beispielsweise Auswertungen zum Spitzenwasserverbrauch, da Untersuchungen inzwischen gezeigt haben, dass es hier relevante Zusammenhänge mit Hitzeperioden gibt.</p>
<p>WW-R-2: Investitionen in den Hochwasserschutz</p>	<p>Kurzbeschreibung: Durch das Land Hessen bereitgestellte Finanzmittel für den technischen Hochwasserschutz (Deichverstärkungsmaßnahmen und Ausbau von Poldern) und konzeptionelle Vorarbeiten (Erstellung von Gefahren- und Risikokarten, von Risikomanagementplänen und Bestimmung der Risikogebiete) an Gewässern I. Ordnung; Zuwendungen an Kommunen für technischen Hochwasserschutz (Neubau von Rückhalteeinrichtungen, Anlagen zur Reaktivierung von Retentionsräumen) und nicht-technischer Hochwasserschutz (unterschiedliche Maßnahmen wie Schaffung zusätzlicher Überflutungsflächen oder Laufverlängerungen) an Gewässern II. und III. Ordnung in Hessen.</p> <p>Überarbeitung / Neuentwicklung: Der Indikator zum Hochwasserschutz beschränkt sich nach wie vor auf eine Fallstudie für Hessen, weitere Ausarbeitungen konnten im Rahmen der LAWA-KG nicht durchgeführt werden. Vergleichbare Darstellungen gibt es inzwischen auch in landesspezifischen Monitoringsystemen. Allerdings gibt es von Bundesland zu Bundesland mehr oder weniger große Abweichungen bezüglich der berücksichtigten Maßnahmenkategorien,</p>

Indikator	Erreichter Arbeitsstand und weitere Schritte
	<p>sodass sich die Länderdaten nicht einfach zusammenfügen lassen. Berücksichtigt sind stets Maßnahmen des technischen Hochwasserschutzes, aber nur teilweise die Maßnahmen des nicht-technischen Hochwasserschutzes oder auch konzeptionelle Vorarbeiten. Das Problem aller bisherigen Länderindikatoren ist, dass auch diese nicht vollständig die Maßnahmen des Hochwasserschutzes abbilden, da auf kommunaler Ebene auch ohne finanzielle Unterstützung der Länder Hochwasserschutzmaßnahmen in der Verantwortung der Kommunen umgesetzt werden. Diese ließen sich in ihrer Gesamtheit nur mit großem Aufwand erfassen.</p> <p>Als mögliche Alternative bzw. ergänzende Darstellung ist ein Indikator zu Hochwasserschutzmaßnahmen möglich, der auf Daten der GAK-Berichterstattung beruht. Hierzu wurde von Bosch & Partner ein Entwurf ausgearbeitet. Darin berücksichtigt sind ab 2015 auch die finanziellen Unterstützungen im Rahmen des Sonderrahmenplans „Maßnahmen des präventiven Hochwasserschutzes“. Zusätzlich zu den Förderungen für Hochwasserschutzanlagen einschließlich der Wildbachverbauung und dem Rückbau von Deichen sind seit 2015 damit auch die über den Sonderrahmenplan geförderten Maßnahmen zum Rückbau von Deichen zur Verbesserung des Hochwasserschutzes (insbesondere zur Wiedergewinnung von Überschwemmungsgebieten), zur Gewinnung von Retentionsflächen (u. a. Schaffung von Hochwasserrückhaltebecken und -poldern) sowie konzeptionelle Vorarbeiten und Erhebungen enthalten. Ein solcher Indikator könnte gut die Reaktion der Länder auf die bereitgestellten Mittel und die Erfordernisse eines verstärkten Hochwasserschutzes abbilden. Schwankungen in der Zeitreihe dürfen jedoch keinesfalls überbewertet werden, da vor allem in den großen Projekten die Mittel nicht kontinuierlich abfließen und die konkrete Umsetzung der Projekte i. d. R. einen großen zeitlichen Vorlauf hat. Die Kritik an einem solchen auf die GAK beschränkten Indikator lautete allerdings stets, dass die GAK-Berichterstattung die Förderungen und Finanzierungen der Länder ohne Beteiligung von Bund und EU nicht abbildet und damit nur einen Ausschnitt der tatsächlichen Aktivitäten zum Hochwasserschutz widerspiegeln kann.</p> <p>Weitere Schritte: Bis zum Abschluss des LFP-Projekts konnte noch keine abschließende Entscheidung getroffen werden, ob der auf</p>

Indikator	Erreichter Arbeitsstand und weitere Schritte
	<p>den GAK-Daten basierende Indikator weiterverfolgt und gegebenenfalls auch in den DAS-Monitoringbericht 2023 integriert werden soll. Derzeit wird auf Bundesebene an einer veränderten Zuordnung der Förderungen und Finanzierungen für Ziele der Klimawandelanpassung gearbeitet. Dies betrifft auch die GAK, sodass noch nicht abgesichert werden kann, dass sich ein auf der bisherigen GAK-Systematik basierender Indikator auch in Zukunft fortschreiben lässt. Es wird mit einer Entscheidung im ersten Quartal 2023 gerechnet. Diese wird wegweisend sein für die künftige Weiterentwicklung eines länderübergreifenden Indikators zu den Investitionen in den Hochwasserschutz.</p>
<p>Handlungsfeld „Menschliche Gesundheit“</p>	
<p>GE-I-7: Cyanobakterienbelastung von Badegewässern</p>	<p>Kurzbeschreibung: Kategorisierung der Seen nach dem Anteil der validen Überflüge mit Cyanobakterien-Indikation (differenziert in hohe, mittlere und keine Belastung) von Juli bis September.</p> <p>Überarbeitung / Neuentwicklung: Der bisherige Fallstudien-Indikator nutzte Daten vom Großen Müggelsee / Berlin und präsentierte Daten zum durchschnittlichen Biovolumen von Cyanobakterien und zum Gesamtposphorgehalt. Ziel war, diese Fallstudie auf eine breitere Datenbasis zu stellen. Da es erhebliche Schwierigkeiten mit der in-situ-Erfassung von Cyanobakterien gibt, wurde im Rahmen des DASIF-Projekts erprobt, wie Fernerkundungsdaten für eine Erfassung nutzbar gemacht werden können. Der vorliegende Indikator basiert auf Auswertungen für 17 ausgewählte Seen und kann damit deutlich umfassendere Aussagen treffen.</p> <p>Weitere Schritte: An einer Erweiterung der Seenanahl wird derzeit noch im DASIF-Projekt noch gearbeitet. Für den DAS-Monitoringbericht 2023 ist diese erweiterte Seenauswahl aber nicht mehr von Relevanz. Perspektivisch sollte darüber nachgedacht werden, die Auswertungen nicht nur auf die Badegewässer zu beschränken, denn Cyanobakterienbelastungen können auch für die Trinkwassertalsperren von großer Relevanz sein, da sie die Trinkwassernutzung beeinträchtigen können bzw. aufwändige Aufbereitung erforderlich machen. Zudem wurde in der LAWA-KG empfohlen, die Problematik der Cyanobakterienbelastung künftig auch für</p>

Indikator	Erreichter Arbeitsstand und weitere Schritte
	<p>stauregulierte Flüsse zu thematisieren. So kann seit 2017 beispielsweise an der Mosel, vor allem im Zusammenhang mit Niedrigwasserereignissen, ein extremes Auftreten von Cyanobakterien beobachtet werden. Potenziell besteht diese Problematik auch an vielen Flusseen Brandenburgs (allerdings verhindert hier in mehreren Gewässern die Massenvermehrung invasiver Dreikantmuscheln, dass Belastungen offensichtlich werden).</p> <p>Fernerkundungsgestützte Datenreihen wären allerdings erst ab 2016 darstellbar, da es erst ab diesem Jahr ausreichend hochauflösende Sensoren in den Satelliten gibt, mit denen sich auch Daten für die schmalere Fließgewässer generieren ließen.</p>
Handlungsfeld „Küsten- und Meeresschutz“	
<p>KM-I-1: Wassertemperatur des Meeres</p>	<p>Dieser Indikator wird gegenüber dem DAS-Monitoringbericht 2019 methodisch konzeptionell unverändert auch im DAS-Monitoringbericht 2023 erscheinen.</p> <p>Die LAWA-KG Klimaindikatoren hat an diesem Indikator nicht gearbeitet.</p>
<p>KM-I-2: Meeresspiegel</p>	<p>Dieser Indikator wird gegenüber dem DAS-Monitoringbericht 2019 methodisch konzeptionell unverändert auch im DAS-Monitoringbericht 2023 erscheinen.</p> <p>Die LAWA-KG Klimaindikatoren hat an diesem Indikator nicht gearbeitet.</p>
<p>KM-I-3: Intensität von Sturmfluten</p>	<p>Dieser Indikator wird gegenüber dem DAS-Monitoringbericht 2019 methodisch konzeptionell unverändert auch im DAS-Monitoringbericht 2023 erscheinen.</p> <p>Die LAWA-KG Klimaindikatoren hat an diesem Indikator nicht gearbeitet.</p>
<p>KM-I-4: Veränderungen der Küstenmorphologie</p>	<p>Kurzbeschreibung: Mittlerer Rückgang der Kliffoberkante entlang eines repräsentativen Küstenabschnitts an der Ostsee (Fischland).</p> <p>Überarbeitung / Neuentwicklung: Der Fallstudien-Indikator für Mecklenburg-Vorpommern wurde auf Anregung des Fachteams Küste der LAWA-KG neu entwickelt. 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, der als besonders repräsentativ für</p>

Indikator	Erreichter Arbeitsstand und weitere Schritte
	<p>natürliche Erosions- und Rückverlagerungsprozesse betrachtet wird. Bosch & Partner hat diese Daten (erstmalig) mit GIS ausgewertet; die durchschnittliche jährliche Küstenerosion wird am Rückgang der Kliffoberkante ermittelt.</p> <p>Weitere Schritte: 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.</p>
<p>KM-I-5: Fließrichtungswechsel</p>	<p>Kurzbeschreibung: Tage mit Fließrichtungswechseln bei in die Ostsee mündenden Fließgewässern (anhand von vier ausgewählten Pegeln in den Einzugsgebieten Schlei / Trave und Warnow / Peene).</p> <p>Überarbeitung / Neuentwicklung: Der Indikator wurde auf Anregung des Fachteams Küste der LAWA-KG neu entwickelt. Die Indikatorentwicklung beruht auf zahlreichen Erprobungen mit Pegeldata von 11 Pegeln in Mecklenburg-Vorpommern und 4 Pegeln in Schleswig-Holstein. Im Verlauf der Arbeiten wurde die Auswahl geeigneter Pegel auf nur vier Pegel reduziert.</p> <p>Weitere Schritte: Eine Weiterentwicklung ist derzeit nicht vorgesehen.</p>
<p>KM-I-6: Leistung von Schöpfwerken</p>	<p>Kurzbeschreibung: Stromverbrauch (Leistung pro Hektar) von Schöpfwerken am Beispiel des Eider-Treene-Verbands: Schöpfwerke an der Treene, Schöpfwerke am Nord-Ostsee-Kanal und Schöpfwerke am der Eider sowie mittlerer Jahresniederschlag im Verbandsgebiet.</p> <p>Überarbeitung / Neuentwicklung: Der Fallstudien-Indikator wurde auf Anregung des Fachteams Küste der LAWA-KG neu entwickelt. Auch diesem Indikator gingen umfangreiche Erprobungen voraus. Es wurden Datenlieferungen zu zahlreichen Schöpfwerken an der Nord- und Ostsee erbeten. Schlussendlich waren zu 48 Schöpfwerken des Wasser- und Bodenverbands Insel Usedom-Peenestrom / Ostsee, zu 18 Schöpfwerken des DHSV Dithmarschen / Nordsee, zu 47 Schöpfwerken des Eider-Treene Verbands / Nordsee, zu 2 Schöpfwerken des DSV Föhr / Nordsee und zu 31</p>

Indikator	Erreichter Arbeitsstand und weitere Schritte
	<p>Schöpfwerken des DHSV Südwesthörn-Bongsiel / Nordsee Daten eingegangen, die auch ausgewertet wurden. Im Rahmen einer Videokonferenz mit Vertreter:innen des Marschenverbands Schleswig-Holstein am 31.5.2022 wurde entschieden, zur Aufnahme der als wichtig erachteten Thematik einen Fallstudien-Indikator in das Set der Wasserindikatoren einzubringen. Für diese Fallstudie wurden Schöpfwerke im Einzugsgebiet des Eider-Treene-Verbands ausgewählt.</p> <p>Weitere Schritte: Der Bedarf für die Entwässerung der Flächen in der Zuständigkeit des Eider-Treene-Verbands primär von den Niederschlägen bestimmt. Der Meeresspiegelanstieg spielt im Verbandsgebiet (bisher) keine Rolle. Die Entwässerung erfolgt in Vorfluter bzw. Gewässer, die zumindest derzeit noch nicht vom Meeresspiegelanstieg beeinflusst sind. Die Darstellung weiterer Daten aus Verbandsgebieten, die vom Meeresspiegelanstieg betroffen sind, wird angestrebt. Es müsste dann eine nach den Charakteristika ihrer Einzugsgebiete (Lage, Vorfluter etc.) geclusterte Auswertung zu den Schöpfwerken vorgenommen werden, um differenzierte Aussagen zu den Einflüssen des Klimawandels (Veränderungen des Niederschlagsregimes und / oder Anstieg des Meeresspiegels) treffen zu können. Perspektivisch sollten auch Daten zur Ostsee ausgewertet und dargestellt werden. So liegen an den Küsten Mecklenburg-Vorpommerns großflächige Niederungsgebiete unterhalb des Meeresspiegels. Hier wird sich in Zukunft – vor allem in Anbetracht der aktuell stark gestiegenen Stromkosten – vermehrt die Frage der Wirtschaftlichkeit einer Entwässerung stellen. Auch wenn ein relevanter Einfluss des Meeresspiegels an der Ostsee auf die Niederungsentwässerung bisher noch nicht erkennbar ist, ist es von großer Wichtigkeit, die Entwicklungen weiter zu beobachten.</p> <p>Für die Weiterentwicklung des Indikators ist zudem zu berücksichtigen, dass die Verbände seit einigen Jahren – auch im Rahmen des hausinternen Energiemanagements – dazu angewiesen sind, die Stromkosten bzw. den Stromverbrauch für die Schöpfwerke stetig zu senken, unter anderem auch über eine atypische Netznutzung (so wurde bereits in der Vergangenheit häufig nachts auf „Vorrat“ gepumpt, da die Stromkosten nachts niedriger waren). Die aktuelle Entwicklung der Strompreise wird diese Aktivitäten stark antreiben, sodass der Stromverbrauch in Zukunft möglicherweise keine direkten Aussagen zur Aktivität der Schöpfwerke mehr zulassen wird.</p>

Indikator	Erreichter Arbeitsstand und weitere Schritte
<p>KM-R-1: Investitionen in den Küstenschutz</p>	<p>Dieser Indikator wird gegenüber dem DAS-Monitoringbericht 2019 methodisch konzeptionell unverändert auch im DAS-Monitoringbericht 2023 erscheinen. Die LAWA-KG Klimaindikatoren hat an diesem Indikator nicht gearbeitet.</p>
<p>KM-R-2: Landesschutzdeiche ohne Sicherheitsdefizit</p>	<p>Kurzbeschreibung: Anteil der Landesschutzdeiche ohne Sicherheitsdefizit an allen Landesschutzdeichen in Schleswig-Holstein.</p> <p>Überarbeitung / Neuentwicklung: Der Indikator wurde für die Berichterstattung zum Generalplan Küstenschutz vom Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt, Natur und Digitalisierung (MELUND) Schleswig-Holstein entwickelt und als Indikator 47 etabliert. Er bildet die Berücksichtigung der Klima-Anpassungsstrategie im Generalplan Küstenschutz (GPK) in Schleswig-Holstein ab. Der Indikator dient seit 2019 außerdem zur Überwachung der Umsetzung der UN-Nachhaltigkeitsziele für das Handlungsfeld „Infrastruktur und Klimaschutz“. Der Indikator deckt einen Großteil der Küsten von Schleswig-Holstein und damit auch einen entscheidenden Teil der Küstenlinie Deutschlands ab. Der Indikator wird in das Set der DAS-Monitoring-Indikatoren integriert, es darf aber keine von der Berichterstattung zum Generalplan Küstenschutz abweichende Darstellung geben.</p> <p>Weitere Schritte: Eine Weiterentwicklung ist derzeit nicht vorgesehen.</p>

4.2 Erprobte Indikatoren

Über die finalisierten und für den DAS-Monitoringbericht 2023 eingereichten Indikatoren hinaus hat die LAWA-KG Klimaindikatoren in ihren Fachteams weitere Indikatoren angeregt, zu denen Recherchen und Erprobungen stattgefunden haben, die aber letztendlich nicht abschließend umgesetzt und für das länderübergreifende Indikatorenset und das DAS-Monitoring empfohlen wurden. Es handelt sich dabei um zwei Indikatoren zum Handlungsfeld Küsten- und Meeresschutz. Die Erprobungen und Zwischenergebnisse werden im Detail in Anlage 2 dokumentiert, damit bei weiteren Überlegungen an diesen Stand angeknüpft werden kann.

Einfluss von Sturmfluten im Binnenbereich (Nordsee):

Analog zum Indikator KM-I-5 „Fließrichtungswechsel“, der für die Ostsee ausgearbeitet wurde, wurde geprüft, ob in vergleichbarer Weise ein Indikator für die Nordsee entwickelt werden kann. Die Indikationsidee war, dass mit dem Meeresspiegelanstieg die Wasserstände bei Sturmfluten steigen, möglicherweise auch die Windstärken und der

Windstau zunehmen sowie bei Tiefdruckwetterlagen gleichzeitig auch die Oberwasserzuflüsse der Flüsse erhöht sein können. An Binnenpegeln nahe der Tidegrenze könnten infolgedessen höhere Wasserstände auftreten, vor allem bei einer Überlagerung von Binnenhochwasser und erhöhten Sturmflutwasserständen.

Zur Prüfung der Indikationsidee wurde untersucht, ob sich Sturmfluten an der Nordseeküste auch an Pegeln im Binnenland bemerkbar machen, die nicht mehr im Einflussbereich der Tide liegen. Diese Indikationsidee wurde mit der BSH für Ems, Elbe und Weser entwickelt und für die Elbe weiter ausgeführt. Die Ems scheidet für eine Untersuchung aus, weil das bestehende Sperrwerk bei Sturmflut das Eindringen von Wasser in den Binnenbereich verhindert. Für die Untersuchungen wurden mehrere Pegel entlang der Elbe (Cuxhaven, Artlenburg, Hohnstorf und Neu Darchau) und Weser (Bremerhaven, Dreye und Intschede) betrachtet und die Entwicklung der Wasserstände im zeitlichen Kontext zu Sturmfluten an der Küste analysiert. Erhöhte Wasserstände bei Sturmflutereignissen lassen sich nachweisen.

Die Generierung eines Indikators erscheint allerdings methodisch und vor allem auch darstellungstechnisch schwierig. Darüber hinaus wurde in der LAWA-KG Klimaindikatoren die Auffassung vertreten, dass es sich um eine vergleichsweise spezifische Thematik an den betrachteten Flüssen handelt, die nicht zwingend in einem länderübergreifenden bzw. bundesweiten Monitoring aufgegriffen werden muss. Zudem gibt es an den betrachteten Gewässern, insbesondere der Elbe, intensive Wechselwirkungen mit flussbaulichen Maßnahmen, sodass eine Betrachtung der Entwicklungen im ursächlichen Zusammenhang mit dem Klimawandel schwierig erscheint.

Verschiebung der Brackwasserzone (Nordsee):

Veränderungen der Salzgehalte und eine Verschiebung der Brackwasserzone in den in die Nordsee mündenden Flüssen wurden in den Sitzungen des Fachteams Meere und Küsten als möglicherweise relevante Klimawandelfolgen erachtet. Vor diesem Hintergrund wurden am Beispiel der Elbe Messdaten zum Salzgehalt ausgewertet, die an Dauermessstellen entlang der Elbe (Brunsbüttel Mole 4, D4-Rhinplate-Nord, D3-Pagensand-Nord, D2-Juelsand, D1-Hanskalbsand und LZ1b-Krummendeich) erfasst werden. Die Auswertung erfolgte mit Bezug auf Grenzwerte, die für verschiedene Nutzungszwecke des entnommenen Wassers (Befeuchtung, Viehtränke und Frostschutzberegnung) definiert worden sind.

Auch im Falle dieses Indikators erscheint eine Interpretation der Daten im ursächlichen Zusammenhang mit dem Klimawandel schwierig, da sich hier mehrere anthropogene Einflussfaktoren in ihren Wirkungen überlagern können. Auch die in den letzten Jahren geringeren Oberwasserzuflüsse der Elbe können eine Rolle spielen, ebenso wie der Ausbau der Elbe sowie Landhebungen und Landsenkungen vermutlich die gemessenen Salzgehalte beeinflussen. Zudem wurde auch für diese Indikationsidee in der LAWA-KG geltend gemacht, dass die spezifische regionale Thematik oder auch Problematik besser in einem landesspezifischen Monitoring zu behandeln wäre. Es gibt aktuelle Forschungsarbeiten in Schleswig-Holstein, die sich mit Klimawandelfolgen auf das System der Tide-Elbe befassen und auch Untersuchungen zum Salzgehalt und zur Verschiebung der Brackwasserzone zum Inhalt haben. Grundsätzlich sind hier noch zu viele wissenschaftliche Fragen offen, um bereits jetzt einen aussagekräftigen und gut interpretierbaren Indikator zu generieren.

4.3 Weiter zu entwickelnde Indikatoren

4.3.1 Ruhend gestellte Indikatoren

Nicht alle in den bisherigen DAS-Monitoringberichten 2015 und 2019 berichteten Indikatoren wurden von der LAWA-KG Klimaindikatoren für die Wiederaufnahme in den Bericht 2023 empfohlen. In der Folge wird im DAS-Monitoringbericht 2023 von einer Präsentation abgesehen. Dies bedeutet aber nicht, dass diese Indikatoren nicht für weitere DAS-Monitoringberichte und das länderübergreifende Indikatorenset im Wassersektor weiterhin von Interesse wären. Bei den beiden im Folgenden diskutierten Indikatoren „Stagnationsperiode in Seen“ und „Uferbewuchs kleiner und mittelgroßer Fließgewässer“ handelt es sich um Indikatoren für das Handlungsfeld Wasserhaushalt und Wasserwirtschaft. Der aktuelle Diskussionsstand wird hier dokumentiert, sodass weitere Überlegungen daran anknüpfen können. Zudem werden die Indikator-Factsheets mit ihrem letzten Stand diesem Bericht in Anlage 3 beigelegt.

Stagnationsperiode in Seen:

Zum Thema Stagnationsperiode in Seen wurde letztmalig im DAS-Monitoringbericht 2015 der Indikator „Dauer der Stagnationsperiode in stehenden Gewässern“ als Fallstudie für den Müggelsee und den Stechlinsee berichtet. Es wurde aber im Nachgang der Veröffentlichung durch das IGB / Neuglobsow eine methodische Weiterführung empfohlen. Zum einen wird die in der Fallstudie aus dem Jahr 2015 vorgenommene Darstellung nach Kalenderwochen als deutlich zu unscharf bewertet, um Änderungen abbilden zu können. Zudem ist es im Falle des Stechlinsees so, dass die Stagnation, wenn denn eingetreten, sehr stabil ist und über den Winter hinweg bis in das darauffolgende Jahr andauern kann. Für den DAS-Indikator 2015 wurde jedoch vereinfacht von einem Stagnationsende spätestens zum letzten Messtermin im Dezember ausgegangen. Dadurch entsteht eine Unschärfe, die für einen Klimafolgenindikator in der Zeitreihe nicht hinnehmbar ist. Auch die Daten zur Schichtungsdauer im Müggelsee wurden fachlich angezweifelt, da der Müggelsee ein polymiktischer See ist, der mehrere Schichtungen im Jahr ausbilden kann. Es wird nicht klar, welche dieser Schichtungen dem Indikator jeweils zugrunde gelegt wurde.

Zur Schaffung einer soliden Datenbasis für die Beschreibung der Stagnationsverhältnisse wurden die „Klimaseen“ des LAWA-EK Seen mit Thermistorketten ausgestattet, die eine hochfrequente und kontinuierliche Tiefenstufenmessungen der Temperaturen ermöglichen. Damit ist eine Perspektive für die künftige Ausarbeitung des ökologisch bedeutsamen Indikators gegeben.

Mit dem ursprünglichen Ziel, bereits in den DAS-Monitoringbericht 2023 einen fachlich soliden alternativen Indikatorvorschlag einbringen zu können, hat das IGB im Rahmen des LFP-Projekts „Langzeitentwicklung von Seen infolge des Klimawandels“ in Kooperation mit Bosch & Partner einen neuen Indikatorentwurf ausgearbeitet. Dieser bezieht sich auf zwei Seen, den Arendsee und den Breiten Luzin. Diese beiden Seen gehören zu den 40 Seen, zu denen vom IGB im Auftrag des LAWA-EK Seen Datenauswertungen unter anderem zur Entwicklung der Stagnation ausgewertet wurden. Es sind dabei die beiden Seen mit den bisher längsten Datenreihen. Allerdings sind auch diese Datenreihen nicht frei von Lücken und noch vergleichsweise kurz, sodass eine Interpre-

tation nur schwer möglich ist. Die LAWA-KG Klimaindikatoren hat daher in ihrer Sitzung am 15.06.2022 entschieden, die Fallstudie nicht für den DAS-Monitoringbericht 2023 zu empfehlen. Der letzte Stand der Ausarbeitung (inklusive der Berücksichtigung weiterer Anregungen zur Indikatorerstellung durch die LAWA-KG) ist mit dem Indikator-Factsheet in Anlage 3 dokumentiert.

Uferbewuchs bzw. Beschattung kleiner und mittelgroßer Fließgewässer:

Der Indikator zum Uferbewuchs von kleinen und mittelgroßen Gewässern wurde erstmals im DAS-Monitoringbericht 2019 als Fallstudie für Brandenburg, Rheinland-Pfalz und Sachsen präsentiert. Die LAWA-KG plante eine Ausweitung der Fallstudie auf eine größere Zahl von Bundesländern sowie eine methodische Weiterentwicklung, um dezieltere Aussagen zur Fließgewässerbeschattung treffen zu können. Die konkreten Fragen lauteten:

Bildet der Indikator die natürliche Beschattung kleiner und mittelgroßer Fließgewässer hinreichend genau ab?

- Sind die Erhebungsmethoden der einzelnen Bundesländer einheitlich genug, um den bestehenden Indikator bundesweit umsetzen zu können?
- Sind die Erhebungszyklen häufig genug bzw. ist der Datenstand aktuell genug, damit ein Indikator eine aktuelle Aussage treffen kann und regelmäßig fortgeschrieben werden kann?
- Sind inhaltliche Änderungen am bestehenden Indikator vorzunehmen, um das Thema Beschattung präziser abbilden zu können?

Ausgehend von diesen Fragen wurden verschiedene landesspezifische Kartieranleitungen für die Gewässerstrukturkartierung analysiert. Die Ergebnisse der Analyse und die daraus resultierenden Schlussfolgerungen wurden in einem umfangreichen Dokument zusammengefasst. Dieses ist mit seinem finalen Stand vom 23.04.2021 als Anlage 4 diesem Schlussbericht beigelegt.

Da deutlich wurde, dass die bessere Harmonisierung des Vorgehens zwischen den Bundesländern eine wesentliche Grundvoraussetzung für die Nutzung der Kartiererergebnisse für länderübergreifende Auswertungen ist, hat der LAWA AO im Jahr 2022 ein zweijähriges LFP-Projekt Nr. K 4.22 „Hydromorphologische Indikatoren für den Klimawandel“ auf den Weg gebracht, das zur weiteren Harmonisierung der Kartieranleitungen der Länder beitragen soll. Vor diesem Hintergrund entschied die LAWA-KG Klimaindikatoren, zunächst keine weiteren Arbeiten zum bestehenden Fallstudien-Indikator Beschattung von Fließgewässern vorzunehmen, diesbezüglich auch keine weiteren Datenanfragen an die Länder zu richten und den Indikator nicht für die Wiederaufnahme in den DAS-Monitoringbericht 2023 zu empfehlen. Es bestand aber Einigkeit, dass es sich um ein relevantes Anpassungsthema handelt, das in jedem Falle in Zukunft weiterverfolgt und dann auch berichtet werden soll.

4.3.2 Nicht finalisierte Neuentwicklungen von Indikatoren

Eisbedeckung von Seen:

Für Seen, die periodisch mit Eis bedeckt sind, kann die Dauer der Eisbedeckung ein wichtiger Impact-Indikator des Klimawandels sein. Infolge des Klimawandels steigen die Luft- und Wassertemperaturen, weshalb zu erwarten ist, dass die meisten Seen

künftig klimawandelbedingt kürzer zufrieren oder auch eisfrei bleiben. Wie lange Seen in den Wintermonaten eisbedeckt sind, beeinflusst das Lichtklima unter Wasser, den Austausch von Gasen, Nährstoffen und Wärmeenergie zwischen dem See und seiner Umgebung. Die Dauer der Eisbedeckung bestimmt auch Prozesse in Monaten außerhalb der Eisperiode, beispielsweise das Eintreten der Frühjahrsblüte, die Durchmischung und Stagnation und die Wasserqualität. Der Indikator wird daher als fachlich relevant bewertet.

Die Eisbedeckung gehört zu den nur schwer vor Ort messbaren Parametern. Daher wurde im Rahmen des DASIF-Projekts geprüft, ob und wie sich die Eisbedeckung mit Satellitendaten erfassen lässt. Für den Indikator werden sowohl optische als auch Radarsensoren verwendet. Es wurden zunächst Daten für vier Seen aus der Alpen- und Alpenvorlandregion als Fallstudie ausgewertet und dargestellt. An einer Erweiterung der Seenzahl wird derzeit noch im DASIF-Projekt gearbeitet. Die Zeitreihe lässt sich erst ab dem Winter 2013 / 2014 abbilden. Da die Zeitreihe derzeit noch sehr kurz ist und die Ausdehnung auf eine größere Anzahl von Seen noch nicht abgeschlossen ist, wurde von der LAWA-KG entschieden, den Indikator noch nicht für den nächsten DAS-Monitoringbericht 2023 zu empfehlen.

4.4 Weitere Anregungen

Ergänzend zu den Weiterentwicklungen, die im Zusammenhang mit den zuvor vorgestellten Indikatoren stattgefunden haben, wurde im Rahmen der abschließenden Sitzung der LAWA-KG darauf hingewiesen, dass für das niedersächsische Klimafolgenmonitoring derzeit geprüft wird, ob und wie sich Veränderungen der litoralen Flächenanteile (Wattflächen) ermitteln lassen und ob sich diese in den Kontext von Klimawandelfolgen stellen lassen. Aktuell konnten noch keine Trends festgestellt werden, es gibt aber zahlreiche Hinweise, dass sich dies mit dem weiteren Meeresspiegelanstieg verändern wird. Auch diese Indikationsidee sollte bei der Weiterentwicklung des DAS-Monitorings im Blick behalten werden.

Abkürzungsverzeichnis

BfG	Bundesanstalt für Gewässerkunde
BSH	Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie
DAS	Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel
DASIF	Operationalisierung von DAS-Indikatoren mit Fernerkundungsdaten
DHSV	Deich- und Hauptsielverband
DSV	Deich- und Sielverband
FuE	Forschung und Entwicklung
FKZ	Forschungskennzahl
GIS	Geographisches Informationssystem
GAK	Gemeinschaftsaufgabe Agrarstruktur und Küstenschutz
GPK	Generalplan Küstenschutz
IGB	Leibniz-Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei
IMAA	Interministerielle Arbeitsgruppe Anpassungsstrategie des Bundes
KM	DAS-Handlungsfeld „Küsten- und Meeresschutz“
LAWA	Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser
LAWA-AH	LAWA-Ausschuss „Hochwasserschutz und Hydrologie“
LAWA-AK	LAWA-Ausschuss „Klimawandel“
LAWA-AO	LAWA-Ausschuss „Oberirdische Gewässer und Küstengewässer“
LAWA-EK	LAWA-Expertenkreis
LAWA-KG	LAWA-Kleingruppe
LFP	Länderfinanzierungsprogramm
OGewV	Oberflächengewässerverordnung
UBA	Umweltbundesamt
WW	DAS-Handlungsfeld „Wasserhaushalt und Wasserwirtschaft“

Anlagen