

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

### **Hintergrundpapier zum Indikatorenset des Handlungsfelds „Wasserhaushalt und Wasserwirtschaft“**

Stand: 08.11.2023

#### **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 Rűth	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
14.12.2022	Bosch & Partner GmbH, Konstanze Schönthaler	Einarbeitung weniger redaktioneller Anmerkungen aus der Abstimmung mit der LAWA-KG Klimaindikatoren
14.04.2023	Bosch & Partner GmbH, Konstanze Schönthaler	Aufnahme des Indikators „GAK-Mittel für den Hochwasserschutz“
08.11.2023	Bosch & Partner GmbH, Konstanze Schönthaler	Finale Redaktion

<b>1</b>	<b>Indikatoren .....</b>	<b>3</b>
1.1	Versionsverlauf .....	3
1.2	Änderungen für den Monitoringbericht 2019.....	4
1.3	Beteiligungen an der Entwicklung der DAS-Monitoring Indikatoren.....	5
<b>2</b>	<b>Thematische Einordnung der Indikatoren, diskutierte Indikationsmöglichkeiten .....</b>	<b>9</b>
2.1	Themenfelder.....	9
2.2	Erläuterungen zu Indikationsideen und Indikatoren zum Handlungsfeld „Wasserhaushalt und Wasserwirtschaft“ .....	13
2.2.1	Herausforderungen.....	13
2.2.2	Impact-Indikatoren.....	14
2.2.2.1	Terrestrische gespeicherte Wassermassen.....	14
2.2.2.2	Grundwasser.....	14
2.2.2.3	Abfluss, Hoch- und Niedrigwasser .....	17
2.2.2.4	Seen.....	19
2.2.2.5	Fließgewässer.....	24

2.2.2.6	Wassergewinnung und -versorgung.....	27
2.2.2.7	Abwasserbewirtschaftung und Entwässerung .....	30
2.2.2.8	Weitere diskutierte Themenfelder .....	30
2.2.3	Response-Indikatoren.....	31
2.2.3.1	Siedlungswasserwirtschaft, Wassernutzung und Abwasserentsorgung.....	31
2.2.3.2	Hochwasserschutz .....	32
2.2.3.3	Gewässerstruktur .....	34
2.2.3.4	Weitere diskutierte Themenfelder .....	38
2.3	Schnittstellen des Handlungsfelds „Wasserhaushalt und Wasserwirtschaft“ mit anderen DAS-Handlungsfeldern.....	38

# 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“ – wie auch in der Klimawirkungs- und Risikoanalyse (KWRA) 2021 für Deutschland<sup>1</sup> vollzogen – in zwei Handlungsfelder aufzutrennen, um die Indikatoren fachlich stringenter zuordnen zu können und den Umfang der Handlungsfelder besser eingrenzen zu können. Der „Küsten- und Meeresschutz“ wird nun in einem eigenen Handlungsfeld abgehandelt. Dementsprechend widmet sich dieses Hintergrundpapier nur dem Handlungsfeld „Wasserhaushalt und Wasserwirtschaft“ und den diesem zugeordneten Themen. Zu den Indikatoren – Wasserhaushalt und Wasserwirtschaft 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 1 gibt einen Überblick über den Versionsverlauf.

**Tabelle 1: Indikatorenset im „Wasserhaushalt und Wasserwirtschaft“ (Änderungen)**

Bericht 2015	Bericht 2019	Bericht 2023	Indikatortitel
<b>Impact-Indikatoren:</b> Auswirkungen des Klimawandels auf Wasserhaushalt und Wasserwirtschaft			
		WW-I-1	Terrestrisch gespeichertes Wasser
WW-I-1	WW-I-1	WW-I-2	Mengenmäßiger Grundwasserzustand (2015) Grundwasserstand (2019) Grundwasserstand und Quellschüttung (2023)
WW-I-2	WW-I-2	WW-I-3	Mittlerer Abfluss
WW-I-3	WW-I-3	WW-I-4	Hochwasser
		WW-I-5	Spitzenabflüsse in Fließgewässern
WW-I-4	WW-I-4	WW-I-6	Niedrigwasser
		WW-I-7	Wasserstand von Seen
WW-I-5	WW-I-5	WW-I-8	Wassertemperatur stehender Gewässer (2015, 2019) Wassertemperatur von Seen (2023)
WW-I-6			Dauer der Stagnationsperiode in stehenden Gewässern
WW-I-7	WW-I-6	WW-I-9	Eintreten der Frühjahrsalgenblüte in stehenden Gewässern (2015, 2019) Frühjahrsalgenblüte in Seen (2023)
		WW-I-10	Wassertemperatur von Fließgewässern
<b>Response-Indikatoren:</b> Ergriffene Anpassungsmaßnahmen bzw. Maßnahmen oder Entwicklungen, die den Anpassungsprozess im Handlungsfeld „Wasserhaushalt und Wasserwirtschaft“ unterstützen			
WW-R-1	WW-R-1	WW-R-1	Wassernutzungsindex
WW-R-2			Gewässerstruktur (Fallstudie)
		WW-R-2	GAK-Mittel für den Hochwasserschutz

<sup>1</sup> Kahlenborn W., Porst L., Voß M., Fritsch U., Renner K., Zebisch M., Wolf M., Schönthaler K., Schauer I. 2021: Klimawirkungs- und Risikoanalyse 2021 für Deutschland. Kurzfassung. Climate Change 26/2021. Dessau-Roßlau, 127 S. [www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/5750/publikationen/2021-06-10\\_cc\\_26-2021\\_kwra2021\\_kurzfassung.pdf](http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/5750/publikationen/2021-06-10_cc_26-2021_kwra2021_kurzfassung.pdf)

---

Bericht 2015	Bericht 2019	Bericht 2023	Indikatortitel
	WW-R-2	WW-R-3	Investitionen in den Binnengewässer-Hochwasserschutz (Fallstudie) (2019) Investitionen in den Hochwasserschutz (Fallstudie) (2023)
	WW-R-3		Uferbewuchs von kleinen und mittelgroßen Gewässern

## 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 Indikatoren abgebildet werden. Zudem war es Ziel, engere Verbindungen zu den Ergebnissen der ebenfalls im Jahr 2015 erstmals veröffentlichten bundesweiten Vulnerabilitätsanalyse<sup>2</sup> und zum Aktionsplan 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 Indikatorenkonzepten und An-

---

<sup>2</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., Lückenköter 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)

passung von wasserwirtschaftlichen Monitoring-Programmen erarbeitet. Die Ergebnisse dieser Arbeiten (LAWA 2017<sup>3</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-Monitoring-Indikatoren 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. Diese Untergruppen verständigten sich ab Juni 2018 im Rahmen mehrerer Telefonkonferenzen und bilateraler Gespräche, teilweise auch unter Hinzuziehung zusätzlicher Fachleute aus den Ländern, auf umfangreiche Überarbeitungen der bisherigen DAS-Monitoring-Indikatoren und die Ergänzung des Sets um zusätzliche Indikatoren.

### 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 Fachexpert\*innen 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. Die Kleingruppensitzung „Hoch- und Niedrigwasser in Binnengewässern“ fand mit Unterstützung der Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG) und unter Beteiligung verschiedener Landesämter statt, u. a. des Landesamts für Geologie und Bauwesen Sachsen-Anhalt, des Landesamts für Umwelt, Wasserwirtschaft und Gewerbeaufsicht

---

<sup>3</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)

Rheinland-Pfalz und der Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg. Im folgenden Prozess wurden bilaterale Gespräche mit Vertretern der BfG durchgeführt; die BfG hat darüber hinaus bei der Ausarbeitung einiger Indikatoren wesentlich mitgewirkt. Eine weitere Kleingruppensitzung fand zum Thema „Gewässerökologie“ mit wissenschaftlichen Expertinnen und Experten statt. Auch auf diese folgten bilaterale Gespräche u. a. mit dem Leibniz-Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei (IGB) Berlin.

Des Weiteren war der Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V. (BDEW) an der Diskussion der Themenfelder zum Wasserhaushalt und zur Wasserwirtschaft beteiligt. Zwei Kleingruppensitzungen (Dezember 2009, Januar 2012) fanden unter Beteiligung der BDEW-Vertretung und verschiedener Mitgliedsunternehmen des BDEW statt. Ein regelmäßiger Austausch bestand mit dem UBA Fachbereich II, Fachgebiet II 2.1 Übergreifende Angelegenheiten Gewässergüte und Wasserwirtschaft, Grundwasserschutz und Fachgebiet II 2.4 Binnengewässer.

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 Monitoring-Indikatoren 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“, „Fließgewässer“ sowie „Meere und Küsten“. 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 2 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“ nicht realisieren. Die Beteiligten an der 2. Fortschreibung beziehen sich jedoch lediglich auf das neue Handlungsfeld „Wasserhaushalt und Wasserwirtschaft“.

**Tabelle 2: Beteiligte an der Diskussion von Indikatoren im Handlungsfeld „Wasserhaushalt und Wasserwirtschaft“**

Name	Institution
<b>Beteiligungen an der Erstentwicklung bis 2015</b>	
Adrian, Prof. Dr. Rita	Leibniz-Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei (IGB) im Forschungsverbund Berlin e.V.
Bergold, Mirjam	N-ERGIE Aktiengesellschaft
Danowski, Andrea	Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V. (BDEW), Fachgebiet Trink- und Abwasserpolitik

## Indikatoren und Berichterstattung zur DAS

Hintergrundpapier Handlungsfeld Wasserhaushalt und Wasserwirtschaft

Name	Institution
Feldhaus Dr. sc., Dieter	Landesamt für Geologie und Bergwesen Sachsen-Anhalt, Dezernat Hydro- und Umweltgeologie
Fischer Dr., Helmut	Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG), Referat U2 Ökologische Wirkungszusammenhänge
Flachmann, Christine	Statistisches Bundesamt (StBA), Referat G 204 Materialfluss-, Energie- und Wasserrechnungen
Gaedke Prof. Dr., Ursula	Universität Potsdam, Institut für Biochemie und Biologie
Haase Prof. Dr., Peter	Senckenberg Gesellschaft für Naturforschung, Abteilung Fließgewässerökologie und Naturschutzforschung
Heinrich Dr., Hartmut	Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH), Referat M2 Physik des Meeres
Hoffmann Dr., Andreas	Umweltbundesamt (UBA), Fachgebiet (FG) II 2.4, Binnengewässer
Hofstede Dr., Jacobus	Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein, Referat Küstenschutz, Hochwasserschutz und Häfen
Joswig, Kay	Berliner Wasserbetriebe, Grundlagenplanung Abwasser
Katzenberger, Bernd	Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW), Referat 43 Hydrologie, Hochwasservorhersage
Kofalk Dr., Sebastian	BfG, Referat U2 Ökologische Wirkungszusammenhänge
Krahe, Peter	BfG, Referat M2 Wasserhaushalt, Vorhersagen und Prognosen
Krüger, Eva	Bayerisches Landesamt für Umwelt (Bay LfU), Referat 84 Qualität der Seen
Linnenweber, Christoph	Landesamt für Umwelt, Wasserwirtschaft und Gewerbeaufsicht Rheinland-Pfalz, Referat 51 Flussgebietsentwicklung
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
Nohme, Frank	Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt (BSU), Hamburg
Petersen, Volker	Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume Schleswig-Holstein
Prellberg Dr.-Ing., Dieter	Landesamt für Umwelt, Wasserwirtschaft und Gewerbeaufsicht Rheinland-Pfalz
Prüß, Andrea	Landesbetrieb für Hochwasserschutz und Wasserwirtschaft Sachsen-Anhalt (LHW)
Rausch, Andreas	Stadtwerke Hannover AG, Fachgebiet Wasserwirtschaft & Techn. Büro, Abt. Wassergewinnung
Rother Dr.-Ing., Karl-Heinz	Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft (DWA)
Simon, Olaf	BSU Hamburg
Stosius, Annette	BfG
Thieken Dr., Annegret	Climate Service Center (CSC)
Thorenz Prof., Frank	Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN), Betriebsstelle Norden-Norderney
Vogt, Reinhard	Stadtentwässerungsbetriebe Köln, Hochwasserschutzzentrale Köln
Wagner, Christoph	Stadtwerke Düsseldorf
Wahl, Bernd	LUBW, Institut für Seenforschung (ISF)
Wanner Dr., Susanne	Landesamt für Umwelt, Wasserwirtschaft und Gewerbeaufsicht Rheinland-Pfalz
Wiechmann, Wilfried	BfG
Wunsch, Jens	Senator für Umwelt, Bau und Verkehr, Bremen
Zarncke Dr., Thomas	Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Verbraucherschutz Mecklenburg-Vorpommern
Zimmermann Dr., Rosemarie	Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz, Baden-Württemberg; LiKi - Länderinitiative Kernindikatoren,
Zühlke, Karsten	Energie und Wasser Potsdam GmbH
<b>Beteiligungen an der Weiterentwicklung bis 2019</b>	
Arle Dr., Jens	UBA, FG II 2.1 Übergreifende Angelegenheiten Wasser und Boden
Banning, Mechthild	Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie (HLNUG), Dezernat W1 - Gewässerökologie

## Indikatoren und Berichterstattung zur DAS

Hintergrundpapier Handlungsfeld Wasserhaushalt und Wasserwirtschaft

Name	Institution
Baumgarten, Corinna	UBA, FG II 2.1 Übergreifende Angelegenheiten Wasser und Boden
Brinker, Alexander	Landwirtschaftliches Zentrum Baden-Württemberg (LAZBW), Fischereiforschungsstelle
Berdermann, Sandra	Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Landwirtschaft des Landes Brandenburg (MLUL), Referat 22 Oberflächengewässer, Siedlungswasserwirtschaft
Berthold Dr., Georg	HLNUG, Dezernat W4
Börke Dr., Peter	Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (SMUL), Referat 43 Siedlungswasserwirtschaft, Grundwasser
Brahmer Dr., Gerhard	HLNUG, Dezernat W3 Hydrologie, Hochwasserschutz
Brase, Ute	Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz MUEK, Referat 23: Grundwasser, Wasserversorgung, Bodenschutz
Brinkmann, Sabine	Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz NRW (MULNV), Referat IV-6 Flussgebietsmanagement, Gewässerökologie, Hochwasserschutz
Fischer Dr., Jochen	Landesamt für Umwelt Rheinland-Pfalz (LfU), Abt. 5 Gewässerschutz
Frey Dr., Wolfgang	Landesamt für Umwelt Rheinland-Pfalz (LfU), Abt. 5 Gewässerschutz
Hein, Dr., Hartmut	BfG, Gewässerphysik
Hilliges, Falk	UBA, FG II 2.1 Übergreifende Angelegenheiten Wasser und Boden
Kasprzak, Dr., Peter	Leibniz-Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei (IGB), Neuglobsow, Stechlinsee
Köhler, Antje	Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz Berlin (SenUVK), FB Wasserwirtschaft, Wasserrahmenrichtlinie, Hochwasserschutz (II B 24)
Kohlhas, Eckard	Ministerium für Landwirtschaft und Umwelt Mecklenburg-Vorpommern, Referat 420 Gewässerkunde, Seenprogramm, Klimawandel
Krahe, Peter	BfG, Referat M2 Wasserhaushalt, Vorhersagen und Prognosen
Krüger Dr., Astrid	Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie, Bauen und Klimaschutz (MUEBK), Referat 23 Grundwasser, Wasserversorgung, Fachplanungs- und Datenmanagement, Gewässerkundlicher Landesdienst
Kuhn, Karin	SMUL, Referat 44 Oberflächenwasser, Wasserrahmenrichtlinie
Löw, Matthias	Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, Referat III 2 Finanzierung, fachbezogene Verwaltung, Hochwasserschutz, Hydrologie, Badegewässer
Lipkow, Ulrike	MUEBK, Referat 23 Grundwasser, Wasserversorgung, Fachplanungs- und Datenmanagement, Gewässerkundlicher Landesdienst
Mühlner, Christiana	Landesbetrieb für Hochwasserschutz und Wasserwirtschaft Sachsen-Anhalt
Neumann, Peter	Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW (LANUV), Fachbereich 52 Grundwasser, Wasserversorgung, Trinkwasser, Lagerstättenabbau
Niehues, Berthold	DVGW Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V., Wasserversorgung
Rapp, Christoph	MULNV, Referat IV-5 Grundwasserschutz
Reuther Dr., Christine	Ministerium für Landwirtschaft und Umwelt Mecklenburg-Vorpommern, Referat 440 Boden- und Grundwasserschutz
Zimmermann, Susan	Ständiger Ausschuss „Oberirdische Gewässer und Küstengewässer“ der Bund-Länderarbeitsgemeinschaft Wasser, Geschäftsstelle
<b>Beteiligungen an der Weiterentwicklung bis 2023</b>	
Baumgarten, Corinna	UBA, FG II 2.1 Übergreifende Angelegenheiten Wasser und Boden
Berdermann, Sandra	Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Landwirtschaft des Landes Brandenburg (MLUL), Referat 22 Oberflächengewässer, Siedlungswasserwirtschaft
Maria Berglund	MULNV, Referat IV-5 Oberflächengewässer- und Grundwasserbeschaffenheit, Wasserversorgung
Berthold Dr., Georg	HLNUG, Dezernat W4
Brahmer Dr., Gerhard	HLNUG, Dezernat W3 „Hydrologie, Hochwasserschutz“
Brase, Ute	MUEBK, Referat 23: Grundwasser, Wasserversorgung, Bodenschutz
Frey Dr., Wolfgang	RP LfU, Abt. 5 Gewässerschutz

<b>Name</b>	<b>Institution</b>
Holt Dr., Tobias	Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN), AB 31 Grundwasser
Hupfer Dr., Michael	IGB, Abteilung 1 Ökohydrologie und Biogeochemie
Kangler Dr., Gisela	Bay LfU, Referat 63 – Flussbauliche Grundlagen, Hydromorphologie, Hydraulik
Kohlhas, Eckard	Ministerium für Landwirtschaft und Umwelt Mecklenburg-Vorpommern, Referat 420 Gewässerkunde, Seenprogramm, Klimawandel
Krahe, Peter	BfG, Referat M2 Wasserhaushalt, Vorhersagen und Prognosen
Kuhwald Dr., Katja	Christian-Albrechts-Universität zu Kiel
Köhler, Antje	Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz Berlin (SenUVK), FB Wasserwirtschaft, Wasserrahmenrichtlinie, Hochwasserschutz (II B 24)
Lipkow, Ulrike	MUEK, Referat 23: Grundwasser, Wasserversorgung, Bodenschutz
Mathan, Cindy	UBA, FG II 2.1 Übergreifende Angelegenheiten Wasser und Boden
Mudra, Christin	Sächsische Staatsministerien für Energie, Klimaschutz, Umwelt und Landwirtschaft (SMEKUL), Referat 44 Oberflächengewässer, Hochwasserschutz
Mühlner, Christiana	Landesbetrieb für Hochwasserschutz und Wasserwirtschaft Sachsen-Anhalt, Sachbearbeiterin Oberirdische Gewässer
Mussbach, Julia	MLUL, Referat 22 Oberflächengewässer, Siedlungswasserwirtschaft
Petter, Sanna	Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL), Referat 811 Gemeinschaftsaufgabe „Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes“ (GAK), Hochwasser- und Küstenschutz
Petry, Uwe	NLWKN, AB 36 - Hochwasservorhersagezentrale, Klimafolgen, Fachdatenmanagement
Rau, Daniela	Bay LfU, Referat 83 – Ökologie der Flüsse und Seen
Riegel, Thomas	Bay LfU, Referat 83 – Ökologie der Flüsse und Seen
Röske Dr., Kerstin	SMEKUL, Referat 44 Oberflächengewässer, Hochwasserschutz
Scholze, Jorrit	Brockmann Consult
Schwefel Dr., Robert	IGB, Abteilung 1 Ökohydrologie und Biogeochemie
Sommermeier, Knut	Staatliches Amt für Landwirtschaft und Umwelt Mittleres Mecklenburg
Stelzer, Kerstin	Brockmann Consult
Wanke Dr., Thomas	HLUG, Dezernat W3: Hydrologie, Hochwasserschutz

## **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 daher in der folgenden Tabelle grau hinterlegt. Der für den Monitoringbericht 2023 neu entwickelte, auf GRACE-Daten basierende Indikator WW-I-1 (Terrestrisch gespeichertes Wasser) ließ sich in die bestehende Systematik nicht einordnen. Er wird nun als übergeordneter Indikator dem Indikatorenset vorangestellt. Zur thematischen Einordnung des neu entwickelten Indikators „Wasserstand von Seen“ (WW-I-7)

## Indikatoren und Berichterstattung zur DAS

Hintergrundpapier Handlungsfeld Wasserhaushalt und Wasserwirtschaft

wurde ein zusätzliches Themenfeld „Wasserstand von Seen“ in die Themenstruktur eingefügt.

**Tabelle 3: Themenfelder zum Handlungsfeld „Wasserhaushalt und Wasserwirtschaft“**

Themenfeld	Thematischer Teilaspekt	Indikatoren
<b>Impacts (Auswirkungen des Klimawandels auf den Wasserhaushalt, die Wasserwirtschaft, die Küste und die Meere)</b>		
	Nicht zuordenbar	<b>WW-I-1:</b> Terrestrisch gespeichertes Wasser
Grundwasserneubildung / Grundwasserstand	Veränderung von Grundwasserständen	<b>WW-I-2:</b> Grundwasserstand und Quellschüttung
Grundwasserbeschaffenheit	Veränderung des chemischen Grundwasserzustands	
Abflussverhältnisse	Veränderung der (mittleren) Wasserabflüsse sowie der jahreszeitlichen Verteilung des Abflusses	<b>WW-I-3:</b> Mittlerer Abfluss
	Häufung und Verstärkung von Hoch- und Niedrigwasser	<b>WW-I-4:</b> Hochwasser <b>WW-I-5:</b> Spitzenabflüsse in Fließgewässern <b>WW-I-6:</b> Niedrigwasser
	Beschleunigter Rückgang der Gletscher mit wasserwirtschaftlichen Effekten für gletschergespeiste Flüsse und Seen	
Wasserstand von Seen	Veränderung des Wasserstands von Seen	<b>WW-I-7:</b> Wasserstand von Seen
Physikalisch-chemischer Gewässerzustand von Binnengewässern	Erwärmung von Gewässern, Veränderung der Eisbedeckung	<b>WW-I-8:</b> Wassertemperatur von Seen <b>WW-I-10:</b> Wassertemperatur von Fließgewässern
	Veränderung der Meromixis	
	Eutrophierung von Gewässern	
	Veränderung des Sauerstoffgehalts	
	Bakterielle Verunreinigung von Gewässern	
	Belastung der Gewässer mit toxischen Substanzen	
	Beeinträchtigung der Badewasserqualität	Schnittstelle zum Handlungsfeld „Menschliche Gesundheit“: GE-I-6 (Cyanobakterienbelastung von Badesgewässern)
Auswirkungen auf Sedimenthaushalt und Strukturgüte		
Gewässerbiologie		<b>WW-I-9:</b> Frühjahrsalgenblüte in Seen
Wassergewinnung und -verteilung	Veränderung der Sicherheit der Wasserversorgung (Trinkwasser, Betriebswasser) - Menge	
	Veränderung der Sicherheit der Wasserversorgung (Trinkwasser, Betriebswasser) - Qualität	

## Indikatoren und Berichterstattung zur DAS

Hintergrundpapier Handlungsfeld Wasserhaushalt und Wasserwirtschaft

Themenfeld	Thematischer Teilaspekt	Indikatoren
Abwasserbewirtschaftung und Entwässerung	Einschränkungen der Funktionsfähigkeit der abwassertechnischen Infrastruktur (Kläranlagen)	
	Einschränkungen der Funktionsfähigkeit der Entwässerungssysteme ((städtische) Kanalnetze)	
Talsperrenbewirtschaftung	Stärkere Wassermengenschwankungen	
	Sinkende Betriebssicherheit von Talsperrensystemen - Trockenfallen von Stauseen	
Hochwasserschutzsysteme und Infrastruktur an Binnengewässern	Höhere Belastung oder Versagen von Hochwasserschutzsystemen	
<b>Responses (Ergriffene Anpassungsmaßnahmen bzw. Maßnahmen oder Entwicklungen, die den Anpassungsprozess unterstützen)</b>		
Kommunikation mit / Aufklärung der Bevölkerung über Risiken und Gefahren von Binnengewässern	Aufklärung der Bevölkerung	
	Entwicklung bzw. Ausbau von Frühwarnsystemen und Informationsdiensten	
Gefahrenabwehr und Notfallversorgung an Binnengewässern	<i>Schnittstelle mit Handlungsfeld Bevölkerungsschutz</i>	
Anpassung der wasserwirtschaftlichen Infrastruktur von Binnengewässern	Sicherung und Ausweitung der Infrastruktur zur Wasserversorgung (inkl. Trinkwasseraufbereitung und der Trinkwasserverteilung)	
	Verbesserung der Funktionsfähigkeit von Talsperren(-systemen)	
	Sicherung und Optimierung der Infrastruktur zur Entwässerung	
	Sicherung und Weiterentwicklung der Infrastruktur zur Abwasserentsorgung	
	Verbesserung des technischen Hochwasserschutzes	<b>WW-R-2:</b> GAK-Mittel für den Hochwasserschutz <b>WW-R-3:</b> Investitionen in den Hochwasserschutz (Fallstudie)
	Technische Wasserrückhaltung und Niederschlagswasserbehandlung	<b>WW-R-2:</b> GAK-Mittel für den Hochwasserschutz <b>WW-R-3:</b> Investitionen in den Hochwasserschutz (Fallstudie)
Anpassung des Gewässereinzugsgebietsmanagements: Landnutzung,	Ausweisung von Schutz- und Vorranggebieten	Schnittstelle zum DAS-Querschnittsthema „Raum-, Regional- und Bauleitplanung“: RO-R-2 (Vorrang- und Vorbehaltsgebiete für Grundwasserschutz / Trinkwassergewinnung)

## Indikatoren und Berichterstattung zur DAS

Hintergrundpapier Handlungsfeld Wasserhaushalt und Wasserwirtschaft

Themenfeld	Thematischer Teilaspekt	Indikatoren
Flächenmanagement von Binnengewässern	Erhaltung und Schaffung von Retentionsräumen, (Gebiets-)wasserrückhalt	<b>WW-R-2:</b> GAK-Mittel für den Hochwasserschutz Schnittstelle zum Handlungsfeld „Biologische Vielfalt“: BD-R-2 (Rückgewinnung natürlicher Überflutungsflächen) Schnittstelle zum DAS-Querschnittsthema „Raum-, Regional- und Bauleitplanung“: RO-R-3 (Vorrang- und Vorbehaltsgebiete für (vorbeugenden) Hochwasserschutz)
	Gewässerschonende land- und forstwirtschaftliche Bewirtschaftung (insbesondere in Trinkwassereinzugsgebieten)	
Maßnahmen im und am Gewässer von Binnengewässern	Renaturierung der Gewässer einschließlich der Gewässerränder und Auwälder	<del><b>WW-R-3: Uferbewuchs von kleinen und mittelgroßen Gewässern (Fallstudie)</b></del> <b>WW-R-2:</b> GAK-Mittel für den Hochwasserschutz
	Herstellung des Gewässerverbunds	
	Verbesserung der physikalisch-chemischen und biologischen Gewässergüte	
Grundwasserbewirtschaftung		
Angepasster Umgang mit Trink- und Betriebswasser	Steuerung der Wasserentnahme aus Gewässern	<b>WW-R-1:</b> Wassernutzungsindex
	Rationelle Trinkwassernutzung und effiziente gewerbliche Wassernutzung	Schnittstelle zum Handlungsfeld „Industrie und Gewerbe“: IG-R-1 (Wasserintensität des Verarbeitenden Gewerbes)
Objektschutz an Binnengewässern	Sicherung von Infrastruktur (in Berggebieten)	
	Sicherung von Gebäuden und Infrastruktur vor Wasserschäden	Schnittstelle zum DAS-Querschnittsthema „Raum-, Regional- und Bauleitplanung“: RO-R-6 (Siedlungsnutzung in amtlich festgesetzten Überschwemmungsgebieten)
Anpassung des wasserwirtschaftlichen Monitorings der Binnengewässer	Anpassung des Monitorings von Grund- und Oberflächenwasser	
Erweiterung der wasserwirtschaftlichen Forschung und Entwicklung von Binnengewässern	Vertiefung grundlegender Erkenntnisse zu funktionalen Zusammenhängen im Wasserhaushalt	
	Weiterentwicklung von Wasserhaushaltsmodellen	
	Weiterentwicklung von Planungs- und Vorsorgeinstrumenten	
	Vertiefung der Gletscherforschung	
	Weiterentwicklung wasserwirtschaftlicher Technologien	
Marktentwick-	Steuerung der Wassernachfrage	

Themenfeld	Thematischer Teilaspekt	Indikatoren
lung	Entwicklung des Versicherungsmarkts zur Absicherung von Schäden	

Diese Priorisierungen wurden im Wesentlichen durch die Ergebnisse der bundesweiten Klimawirkungs- und Risikoanalyse 2021 (KWRA<sup>4</sup>) bestätigt. Auch darin werden die größten Herausforderungen bis zur Mitte und zum Ende des Jahrhunderts bei den Klimawirkungen „Niedrigwasser“, „Hochwasser“, „Grundwasserquantität und Grundwasserqualität“, „Belastung oder Versagen von Hochwasserschutzsystemen“, Sturzfluten („Versagen von Entwässerungseinrichtungen und Überflutungsschutzsystemen“), „Gewässertemperatur und Eisbedeckung und biologische Gewässerqualität“ sowie „Mangel an Bewässerungswasser“ gesehen. Zu den analogen Themenfeldern des DAS-Monitorings „Abwasserbewirtschaftung und Entwässerung“ sowie „Hochwasserschutzsysteme und Infrastruktur an Binnengewässern“ wurden allerdings bisher keine Monitoring-Indikatoren entwickelt, da es hier größere Probleme mit der Datenbereitstellung gibt. Die Thematik der landwirtschaftlichen Bewässerung ist im Handlungsfeld „Landwirtschaft“ abgebildet.

## **2.2 Erläuterungen zu Indikationsideen und Indikatoren zum Handlungsfeld „Wasserhaushalt und Wasserwirtschaft“**

### **2.2.1 Herausforderungen**

Als große Herausforderung erwies sich bereits beim Aufbau des DAS-Indikatorensystems, auf Bundesebene aggregierte Daten für Indikatoren zu identifizieren, da die Daten punktuell erhoben werden und sich die jeweils lokal erfassten Situationen beispielsweise an einzelnen Fließgewässermessstellen oder auch an einzelnen Seen deutlich voneinander unterscheiden können. Diese hohe Diversität erschwert grundsätzlich eine Datenaggregation. Von Relevanz sind insbesondere auch menschliche Eingriffe durch die Nutzung der Wasserressourcen, welche die jeweiligen naturgegebenen Bedingungen an den Gewässern stark überprägen können. Hinzu kommt eine große Vielfalt datenhaltender Institutionen. Viele Daten liegen für die Bundesländer bei verschiedenen Institutionen vor, teilweise führen Forschungseinrichtungen Messungen durch und werten diese aus. Zugriffsmöglichkeiten auf bundesweite Datenquellen sind nicht immer gegeben. Die Einbeziehung der Bundesländer in die Arbeiten ist daher eine grundlegende Voraussetzung, um in ausreichendem Umfang Datenquellen und fachliche Expertise zu erschließen.

---

<sup>4</sup> Kahlenborn et al. 2021: s. Fußnote 1

### 2.2.2 Impact-Indikatoren

#### 2.2.2.1 Terrestrisch gespeichertes Wasser

Im Zuge der stärkeren Einbindung von Fernerkundungsdaten als Datenquellen für die Generierung von Monitoring-Indikatoren wurde für den Monitoringbericht 2023 auch geprüft, ob sich die Satelliten-Missionen GRACE (Gravity Recovery and Climate Experiment) und GRACE-FO (GRACE Follow-On) nutzen lassen. Die Satelliten beobachten die zeitlichen Schwankungen des Schwerefeldes der Erde, die hauptsächlich durch die Umverteilung von Masse auf die verschiedenen Teile des globalen Wasserkreislaufs verursacht werden. Erfasst werden Wassermassen in verschiedenen Kompartimenten: Grundwasser, Bodenfeuchte, Seen und Flüsse, Eis und Schnee, Wasserreservoirs (Talsperren etc.). Der Datensatz wird von GravIS – Gravity Information Service bereitgestellt und geprüft. Eine weitere Verarbeitung wird von der BfG übernommen. Mit der BfG wurde die Indikator-Darstellung abgestimmt und als Indikator „Terrestrisch gespeichertes Wasser“ (WW-I-1) in das Indikatorenset aufgenommen.

#### 2.2.2.2 Grundwasser

##### Sachstand 2014

Veränderungen der Grundwasserstände wurden für den Monitoringbericht 2015 mit dem Indikator „Mengenmäßiger Grundwasserzustand“ (damals WW-I-1) abgebildet. Der Indikator basierte auf der Berichterstattung zur Wasserrahmenrichtlinie (WRRL). Die Grundwasserbeschaffenheit konnte aufgrund der unsicheren Datenlage sowie der mangelnden Eignung nicht berücksichtigt werden. Diskutiert wurden der „Salzgehalt des Grundwassers“, dessen Entwicklung regional stark variiert. Eine gute Datenlage für den „Salzgehalt des Grundwassers“ und ein spezifisches Modell für dessen Auswertung wären z. B. in Brandenburg vorhanden. Allerdings war kurz- bis mittelfristig nicht zu erwarten, dass die komplexe Methodik auch auf Grundwasserkörper in anderen Bundesländern angewandt wird. Damit erfüllte der Indikator auch nicht die Bedingungen für eine Fallstudie. Des Weiteren wurde der „Nitratgehalt“ des Grundwassers diskutiert. Diese Daten wären grundsätzlich verfügbar; der Hauptgrund für die Verfehlung des guten chemischen Zustands des Grundwassers ist die Überschreitung des Nitratgrenzwertes von 50 mg/l. Allerdings wird der „Nitratgehalt“ stark durch landwirtschaftliche Nutzungen beeinflusst und kann somit den Einfluss des Klimawandels nur schwer abbilden. Er wurde daher als Einzelindikator nicht weiterverfolgt.

##### Sachstand 2017 / 2018

Auch die Diskussionen in der LAWA KG kamen zu dem Ergebnis, dass für chemische und biologische Parameter der Grundwasserbeschaffenheit ein unmittelbarer Zusammenhang mit dem Klimawandel nicht hergestellt werden kann. Die weiteren Überlegungen fokussierten daher auf den Grundwasserstand und die Grundwassertemperatur.

Der bestehende DAS-Indikator WW-I-1 zum mengenmäßigen Zustand des Grundwassers wurde in der LAWA KG übereinstimmend als ungeeignet, weil zu wenig spezifisch, erachtet.

Es wurde daher entschieden, aus den Ländern Daten zum Grundwasserstand zu erbitten und auf deren Grundlage Auswertungen zu Veränderungen des Grundwasserstands vorzunehmen. Da die Entwicklung der Grundwasserstände in starkem Maße multifaktoriell beeinflusst ist, wurden von den Ländervertreterinnen und -vertretern zunächst nach einheitlichen Kriterien anthropogen möglichst unbeeinflusste Messstellen in den Ländern ausgewählt. Das Messstellennetz wurde basierend auf der hydrogeologischen Raumgliederung der BGR<sup>5</sup> auf 136 Messstellen bundesweit ausgedünnt.

Erprobungen zu möglichen Datenauswertungen (vor allem mit der Herausforderung einer fachlich adäquaten Aggregation der Daten mehrerer Messstellen) stützten sich auf die Erfahrungen und Ausarbeitungen zum Aufbau des Klimafolgenmonitorings für Thüringen (TMUEN 2017<sup>6</sup>) und Baden-Württemberg (UM & LUBW 2017<sup>7</sup>). Die Auswertungsergebnisse wurden im Dezember in der LAWA KG diskutiert und abgestimmt.

In der LAWA KG wurde außerdem ein möglicher Indikator zur Grundwassertemperatur diskutiert. Studien u. a. für Sachsen geben aber Hinweise darauf, dass die Grundwassertemperaturen neben dem Klima auch sehr deutlich von anderen Faktoren wie der Bodenbewirtschaftung und dem Kontakt mit oberirdischen Gewässern abhängig sind. Dies würde eine sehr sorgfältige Einzelbetrachtung der Messstellen und Datenreihen erfordern, und der daraus resultierende Erkenntnisgewinn wäre vermutlich überschaubar. Hinzu kommt, dass die Grundwassertemperatur i. d. R. an den Gütemessstellen erhoben wird, die Messungen damit seltener stattfinden als die an den Grundwassergütemessstellen und damit auch nur eingeschränkt repräsentativ sind. Vor diesem Hintergrund wurde auf die Ausarbeitung eines Indikators zur Grundwassertemperatur verzichtet.

### Weiterentwicklung 2022 / 2023

Mit Blick auf die weitere Verbesserung des Indikators WW-I-2 „Grundwasserstand“ stellten sich für die zweite Fortschreibung des Monitoringbericht 2023 die folgenden drei Fragen:

- Sind Änderungen bei den ausgewählten Messstellen erforderlich?
- Sollten Grundwassermessstellen und Quellschüttungen getrennt ausgewertet werden, da bei den Quellschüttungen schnellere Reaktionen auf klimatische Veränderungen erwartet werden könnten?
- Ist eine Regionalisierung des Indikators erforderlich, um die unterschiedlichen Bedingungen im Norden und Süden Deutschlands für die Entwicklung von Grundwasserständen und Quellschüttungen abzubilden?

---

<sup>5</sup> Hydrogeologische Raumgliederung:

[www.bgr.bund.de/DE/Themen/Wasser/Projekte/abgeschlossen/Beratung/Hyraum/hyraum\\_projektbeschr.html?n=1546102](http://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Wasser/Projekte/abgeschlossen/Beratung/Hyraum/hyraum_projektbeschr.html?n=1546102)

<sup>6</sup> TMUEN - Thüringer Ministerin für Umwelt, Energie und Naturschutz 2017: Klimawandelfolgen in Thüringen – Monitoringbericht 2017. Erfurt, 145 S.

<sup>7</sup> UM – Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg & LUBW – Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg 2017: Monitoring-Bericht zum Klimaschutzgesetz Baden-Württemberg – Teil I Klimafolgen und Anpassung. Stuttgart, 158 S.



und Süd entlang von Bundeslandgrenzen vorzunehmen. Diese Differenzierung ergab deutlich unterschiedliche Ergebnisdarstellungen, die geeignet sind, die unterschiedlichen Verhältnisse abzubilden.

Weitere Indikatoren zum Grundwasser wurden im Rahmen der zweiten Berichtsfortschreibung 2023 nicht diskutiert.

### **2.2.2.3 Abfluss, Hoch- und Niedrigwasser**

#### Sachstand 2014

Für den Monitoringbericht 2015 wurden die folgenden Indikatoren für den Bereich der Abflussverhältnisse erarbeitet: WW-I-2 „Mittlerer Abfluss“, WW-I-3 „Hochwasser“ und WW-I-4 „Niedrigwasser“.

Der Indikator WW-I-2 „Mittlerer Abfluss“ stellte das Jahresmittel des auf dem Bundesgebiet Deutschland im hydrologischen Jahr (1. November – 31. Oktober) gebildeten Abflusses (MQ DE HyJahr) dar. Ergänzend wurde das Verhältnis der Abflüsse des hydrologischen Winterhalbjahres (1. November – 30. April) zu den Abflüssen des hydrologischen Sommerhalbjahres (1. Mai – 31. Oktober) abgebildet. Diese für den Indikator zur Anwendung gelangte Methodik der Abflussbilanzierung für das Bundesgebiet wird auch im Rahmen der Berichterstattung an die OECD (OECD Atlas Europe: Indikator „Internal water resources“) angewendet. Methoden und Daten für den Indikator wurden von der BfG zugeliefert. Da es sich bei dem Indikator „Mittlerer Abfluss“ um eine Bilanz zwischen Abflüssen vom Bundesgebiet Deutschland ins Ausland und in die Meere und ausländischen Zuflüssen in das Bundesgebiet handelt, wurden grenznahe Pegel (Achleiten, Österreich und Basel, Schweiz) in die Berechnung des Indikators aufgenommen.

Außerdem wurden bereits für den ersten Monitoringbericht 2015 zur Abbildung außergewöhnlicher Abflussereignisse ebenfalls mit Unterstützung der BfG ein Hoch- und Niedrigwasser-Indikator entwickelt. Beiden Indikatoren lag das gleiche methodische Konzept zugrunde: Der ermittelte Hoch- bzw. Niedrigwasserindex entspricht dem prozentualen Anteil der Pegel, an denen im jeweiligen Jahr mindestens ein Hoch- bzw. Niedrigwasserereignis ermittelt wurde. Die Ermittlung der Hochwasserereignisse basiert auf dem HQ, d. h. dem höchsten Tagesabflusswert eines hydrologischen Jahres. Ein Hochwasserereignis tritt definitionsgemäß dann ein, wenn der HQ das 90 % Quantil der HQ-Werte der Zeitreihe 1961 bis 1990 überschreitet. Analog liegt der Ermittlung der Niedrigwasserereignisse der NM31Q zugrunde. Dabei handelt es sich um das aus Tagesabflusswerten eines Wasserhaushaltsjahres berechnete niedrigste arithmetische Mittel an 31 aufeinander folgenden Tagen. Als Niedrigwasserereignis gilt ein Ereignis, bei dem das 10 % Quantil der NM31Q-Werte der Zeitreihe 1961 bis 1990 unterschritten wird. Es wurden für die Berechnung der beiden Indikatoren durch die BfG 21 Pegel ausgewählt.

#### Sachstand 2017 / 2018

Im Zuge der Weiterentwicklung des Indikatorensets wurden die drei Indikatoren zum Abfluss grundlegend überarbeitet und die kompletten Zeitreihen neu berechnet. An den bisherigen

Indikatoren wurde vor allem kritisiert, dass die stark aggregierte Darstellungsweise keine regionale Differenzierung zulässt. Speziell für den Hoch- und Niedrigwasserindikator wurde für die Weiterentwicklung zudem angestrebt, mit dem Indikator alle Ereignisse innerhalb eines Jahres zu erfassen, um auch veränderte Häufigkeiten des Auftretens angemessen abbilden zu können. Zudem sollten auch jahreszeitliche Verschiebungen im Auftreten von Hoch- und Niedrigwasser indiziert werden.

Angestoßen durch die LAWA KG wurde von den Ländern – vergleichbar dem Vorgehen bei der Überarbeitung des Grundwasserindikators – anhand eines vereinbarten Kriterienkatalogs eine bundesweite Auswahl von anthropogen möglichst unbeeinflussten Abflusspegeln vorgenommen. Mit der Auswahl rücken nun Pegel in den Fokus, deren Einzugsgebiete zwischen 250 und 2.500 km<sup>2</sup> groß sind. Damit werden auch Hochwasserereignisse kleinerer Fließgewässer erfasst, die ebenfalls signifikante Schäden verursachen können.

Vor allem für die Auswertung des Hoch- und Niedrigwasserindikators wurden ebenfalls Anregungen aus den Klimafolgenmonitorings für Thüringen (TMUEN 2017) und Baden-Württemberg (UM & LUBW 2017) nutzbar gemacht. Die Auswertungsergebnisse zu den drei Indikatoren wurden im Dezember in der LAWA KG diskutiert, und es wurde entschieden, welche Darstellungsform für den Monitoringbericht 2019 zu bevorzugen ist.

Für die weitere Diskussion zum Thema Abfluss im Kontext des Klimafolgenmonitorings wurde – unter anderem unter dem Eindruck der langanhaltenden Dürreperiode im Jahr 2018 – angeregt, die Abflussbedingungen nach lang anhaltenden Trockenwetterperioden z. B. mit Blick auf die (Nicht-)Einhaltung von Mindestwasserabflüssen in Ausleitungsstrecken bei Wasserkraftanlagen und Mindestwasserabgaben aus Talsperren) zu betrachten.

### Weiterentwicklung 2022 / 2023

Die drei Abfluss-Indikatoren WW-I-3 (Mittlerer Abfluss), WW-I-4 (Hochwasser) und WW-I-6 (Niedrigwasser) (die sämtlich auf Landespegeln basieren) werden für den Monitoringbericht 2023 beibehalten und aktualisiert. Zusätzlich wurde angeregt, auch unter dem Eindruck der Flutkatastrophe im Juli 2021 in Teilen von Nordrhein-Westfalen und Rheinland-Pfalz, einen Indikator zu Spitzenabflüssen zu entwickeln. Der bestehende Hochwasser-Indikator bildet nur die Anzahl der Hochwassertage ab, trifft aber keine Aussage zum Ausmaß der Hochwasserereignisse.

Zur Berechnung des zusätzlichen Indikators zu den Spitzenabflüssen wurden für jeden Pegel und jedes hydrologische Jahr der tägliche Spitzenabflusswert ermittelt und für diesen Wert die Überschreitung des jeweiligen MHQ differenziert für das hydrologische Winterhalbjahr und Sommerhalbjahr berechnet. Die so ermittelten Spitzenabflüsse wurden in drei Kategorien eingeteilt (1,5 bis <2-fache Überschreitung des MHQ, 2 bis <2,5-fache Überschreitung des MHQ und  $\geq 2,5$ -fache Überschreitung des MHQ). Für jedes Jahr wurde dann der prozentuale Anteil der Pegel in den einzelnen Kategorien ermittelt. So lassen sich Jahre herausstellen, in denen an vielen Pegeln extreme Abflüsse ermittelt wurden. Der Indikator WW-I-5 (Spitzenabflüsse in Fließgewässern) wurde in Abstimmung mit der BfG entwickelt und von der LAWA KG Klimaindikatoren angenommen.

### 2.2.2.4 Seen

#### Sachstand 2014

Zum Themenfeld „Physikalisch-chemischer Gewässerzustand von Binnengewässern“ wurden für den Monitoringbericht 2015 drei Indikatoren erarbeitet, die den physikalisch-chemischen Gewässerzustand von Seen beschreiben: WW-I-5 „Wassertemperatur stehender Gewässer“, WW-I-6x „Dauer der Stagnationsperiode in stehenden Gewässern“ und WW-I-6 „Eintreten der Frühjahrsalgenblüte in stehenden Gewässern“. Die Kleingruppensitzungen ergaben, dass eine Aggregation über verschiedene Seen für die Indikatoren keine sinnvolle Aussage ermöglicht. Daher wurden die Indikatoren als Fallstudien angelegt und beruhen auf Datenreihen zu wenigen ausgewählten Seen. Ein Indikator zur Eisbedeckung wurde zwar diskutiert, aber nicht weiterentwickelt, da die Eisbedeckung indirekt bereits über die Wassertemperatur abgedeckt wird. Weitere Diskussionen gab es zum Indikator „Sauerstoffgehalt“, der allerdings verworfen wurde, da zu viele andere Einflüsse auf den Indikator einwirken und somit keine eindeutige Aussage hinsichtlich der Klimaauswirkungen ableitbar ist.

#### Sachstand 2017 / 2018

Die Weiterentwicklung der DAS-Indikatoren zu den Seen fokussierte auf die mögliche Ausweitung der Fallstudien, d. h. eine Ergänzung um weitere Seen. Im Falle des Indikators zur Wassertemperatur wurde zusätzlich entschieden, die Berechnungsvorschrift zu ändern, da die Mittelung der beiden wärmsten Sommermonate keine eindeutigen Trendverläufe erkennen lässt und ungeeignet ist, die Problematik steigender Seentemperaturen (auch im zeitigen Frühjahr und Winter) abzubilden.

Für die Erweiterung der Datenbasis für die Seen wurde zunächst die Datenverfügbarkeit in der UBA-Seendatenbank geprüft. Die Seendatenbank ist derzeit die Datenquelle mit der bundesweit umfangreichsten Datensammlung zu Seen. Die Daten werden von den Überwachungsbehörden der Bundesländer zugeliefert. Wissenschaftliche Einrichtungen, die teilweise über deutlich längerfristige und teilweise auch höherfrequente Messungen verfügen, führen hingegen separate Datenbanken. Das bedeutet, dass viele existierende Langzeitbeobachtungen von Seen in den Bundesländern nicht in einheitlichen Datenbanken abgelegt werden. Die Daten der Seendatenbank beinhalten teilweise auch nur kurze und unvollständige Zeitreihen.

Der LAWA Expertenkreis (EK) Seen hat festgestellt, dass das bisherige an den Anforderungen der WRRL-Berichterstattung orientierte Monitoring der Seen für die Erfordernisse eines Klimafolgenmonitorings nicht ausreichend ist. Vor allem, um Aussagen zu veränderten Schichtungsverhältnissen und zum Verlauf von Algenblüten zu erhalten, sind deutlich höherfrequente und kontinuierliche Messungen erforderlich. Solche Messungen erfordern den Einsatz von Datenloggern. Der EK Seen hat eine bundesweite Liste von Seen erstellt, die künftig Bestandteil eines Klimafolgenmonitorings sein könnten. In Zukunft sollte an diesen Seen eine entsprechende Messinfrastruktur auf- oder ausgebaut werden. Daten aus diesen Messungen sollten perspektivisch auch die Datengrundlage für das DAS-Monitoring liefern. Es

wird allerdings noch einige Jahre dauern, bis ausreichend lange und damit auswertbare Zeitreihen aus diesen Messungen zur Verfügung stehen werden.

Es wurde vor diesem Hintergrund in der LAWA KG entschieden, zunächst nur den DAS-Indikator zur Oberflächenwassertemperatur (WW-I-5 „Wassertemperatur stehender Gewässer“) weiterzuentwickeln, da in diesem Falle auch mit monatlichen Messungen gearbeitet werden kann. Die beiden Indikatoren zur „Dauer der Stagnationsperiode in stehenden Gewässern“ und zum „Eintreten der Frühjahrsalgenblüte in stehenden Gewässern“ wurden in ihrer ökologischen Bedeutung zunächst grundsätzlich bestätigt. Es wurde dann aber für den Monitoringbericht 2019 nur der Indikator zum „Eintreten der Frühjahrsalgenblüte“ aktualisiert.

Für die Weiterentwicklung des Indikators zur Oberflächenwassertemperatur wurden über den EK Seen aus den Bundesländern weitere langjährige Datenreihen erbeten und auf ihre Verwendbarkeit geprüft. Es konnten aber nach wie vor nur für eine solch begrenzte Anzahl von Seen Daten bereitgestellt werden, dass eine Mittelung z. B. für die LAWA-Seentypen oder Ökoregionen (Alpen und Alpenvorland, Zentrale Mittelgebirgsregion, Norddeutsche Tiefland) nicht möglich ist. Daher musste der Indikator auch für den Monitoringbericht 2019 zunächst eine Fallstudie bleiben, wobei die Auswahl der im Indikator darzustellenden Seen gegenüber dem Monitoringbericht 2015 überarbeitet wurde. Es erfolgte eine Neuberechnung des Indikators als Mittel für die Saison von 1.3. bis 31.10. Zusätzlich wurden Indikator-Zusätze für die Saison von 1.4. bis 31.10. und das gesamte hydrologische Jahr erarbeitet. Alle zugelieferten Datensätze von 15 Seen wurden in diesen drei Varianten ausgewertet und im Daten-Factsheet dokumentiert. Diese Auswertungen können für die künftigen Überlegungen zu Weiterentwicklung des Indikators genutzt werden.

In Absprache mit Herrn Kasprzak (IGB, Neiglobsow, Stechlinsee) wurde entschieden, dass der DAS-Monitoring-Indikator „Dauer der Stagnationsperiode in stehenden Gewässern“ vor einer Weiterführung methodisch überarbeitet werden muss. Die Darstellung nach Kalenderwochen (KW) ist zu unscharf, um Änderungen herauszuarbeiten. Beim Stechlinsee ist es so, dass die Stagnation, wenn denn mal eingetreten, sehr stabil ist und über den Winter hinweg bis ins darauffolgende Jahr andauern kann. Bisher wurde für den DAS-Indikator nach den Recherchen von Herrn Kasprzak vereinfacht von einem Stagnationsende spätestens zum letzten Messtermin im Dezember ausgegangen (sprich, wenn nicht bereits zu einem früheren Termin das Ende der Stagnation festgestellt wurde, dann wurde es für den letzten Dezembervesstermin angenommen). Dadurch entsteht eine Unschärfe, die für einen Klimafolgenindikator in der Zeitreihe nicht hinnehmbar ist; und dies umso mehr, wenn dann vom Messtermin auch noch auf die KW transponiert wird.

Eine wissenschaftliche solide Methode wäre, nur Seen zu berücksichtigen, in denen Messketten installiert sind, die tagesgenaue Werte liefern. Eine Zwischenlösung wurde für den Stechlinsee für den Zeitraum 1958 bis 2014 von Tom Shatwell (damals noch IGB, jetzt Department Seenforschung im UFZ<sup>8</sup>) ausgearbeitet. Er hat sowohl den Startzeitpunkt als auch

---

<sup>8</sup> <https://www.ufz.de/index.php?de=45705>

den Endpunkt der Stagnation mit der „1 Kelvin-Differenzregel“ (zwischen 0 und 65 m Tiefe) linear interpoliert und damit tagesgenaue Werte erzeugt. Auf diese Weise kam er für den Stechlinsee in diesem Zeitraum auf einen Anstieg der Stagnationsdauer um 18 Tage. Die Annahme einer linearen Abnahme oder Zunahme von Temperaturwerten ist dabei eine Vereinfachung. Ein weiterer Diskussionspunkt wäre, anstelle der physikalischen Schichtung (1 Kelvin-Differenz) mit der ökologisch relevanten Schichtung zu arbeiten. Hier gilt die Frage, ab wann tatsächlich so stabile Schichtungsverhältnisse eingetreten sind, dass Mikroorganismen dauerhaft in einer Schicht „gefangen“ sind.

Die Schichtungsdauerdaten zum Müggelsee sind aus Sicht von Herrn Kasprzak noch fragwürdiger, da der Müggelsee ein polymiktischer See ist, der mehrere Schichtungen im Jahr ausbilden kann. Die Frage ist dann, welche Schichtung man dem Indikator zugrunde legt. Vor diesem Hintergrund wurde entschieden, den Indikator „Dauer der Stagnationsperiode in stehenden Gewässern“ vorerst aus dem Indikatorset zu streichen, da er unzulänglich ist, aber dringend an einer Neuauflage zu arbeiten. Dies kann im Rahmen der LAWA KG Klimaindikatoren erfolgen.

### Weiterentwicklung 2022 / 2023

Für den Monitoringbericht 2023 wurde zu allen die Seen betreffenden Indikatoren weitergearbeitet. Ziel war es vor allem, die Fallstudien in diesen Themenfeldern aufzulösen und die Indikatoren zu bundesweiten Indikatoren fortzuentwickeln. Die Arbeiten erfolgten im engen Austausch mit dem Fachteam Seen der LAWA KG. Es bestand zudem Kontakt mit den Fachleuten im IGB, die im Auftrag des LAWA EK Seen das LFP-Projekt „Langzeitentwicklung von Seen infolge des Klimawandels“ durchführen. Dabei werden ausgewählte Seen mit Messtechnik ausgestattet (Thermistorketten), die künftig tiefengestufte und hochfrequente Daten bereitstellen wird. Vor allem ein Indikator zur Stagnation ist zwingend auf solche Daten angewiesen.

Zur Unterstützung der Weiterentwicklung der Seen-Indikatoren hat das Umweltbundesamt ein FuE-Vorhaben beauftragt (Operationalisierung von Indikatoren der Deutschen Anpassungsstrategie Klimawandel mit Fernerkundungsdaten – DASIF, FKZ 3719 481010, Laufzeit 12/2019 bis 02/2023), im Rahmen dessen an Monitoring-Indikatoren gearbeitet wurde, die auf Satellitendaten beruhen. Dabei ging es konkret um die Weiterentwicklung der Indikatoren zu Wassertemperatur, Frühjahrsalgenblüte und Cyanobakterienbelastung (s. GE-I-7 im Handlungsfeld „Menschliche Gesundheit“) sowie um die Neuentwicklung eines Indikators zur Eisbedeckung bzw. zum Eisauflauf. Mit Blick auf die genannten Indikatoren hatte sich bei der bisherigen Entwicklung der DAS-Monitoring-Indikatoren abgezeichnet, dass die Verfügbarkeit von in situ-Daten begrenzt ist bzw. die Datenauswertungen mit einem erheblichen Aufwand verbunden sind. Mit den Forschungsnehmenden des DASIF-Projekts bestand während der gesamten Zeit der Weiterentwicklung der Indikatoren bis zum Monitoringbericht 2023 ein enger Austausch, sodass die Indikatorentwicklungen passgenau auf die Bedürfnisse des DAS-Monitorings zugeschnitten werden konnten. Parallel zu den Bemühungen um die Nutzbarmachung von Fernerkundungsdaten wurden aber auch zusätzliche in situ-Daten beschafft, um vor allem die Indikatoren zur Wassertemperatur der Seen und Fließgewässer

(s. Kap. 2.2.2.5) auf eine breitere Datenbasis stellen zu können und damit auch Aggregationen über mehrere Seen und Fließgewässer zu ermöglichen.

Der DAS-Monitoring-Indikator zur Wassertemperatur von Seen beruhte bisher auf eine Auswahl von fünf Seen, die repräsentativ für unterschiedliche LAWA-Seentypen in den Ökoregionen Alpen und Alpenvorland, zentrale Mittelgebirgsregion und Norddeutsches Tiefland sind. Um die Datenbasis zu erweitern, wurden weitere Temperaturdaten zu Seen bei den Bundesländern angefragt. Im Ergebnis konnten Daten für 11 Seen in der Region Alpen und Alpenvorland, 10 Seen und Talsperren in der Zentralen Mittelgebirgsregion und 18 Seen in der Region Norddeutsches Tiefland akquiriert werden (WW-I-8). Für die Talsperren galt die Bedingungen, dass bei Wasserentnahmen diese nur aus dem Tiefenwasser stattfinden und die Oberflächentemperatur damit als weitgehend anthropogen unbeeinflusst gelten kann. Aufgrund der größeren Anzahl der zur Verfügung stehenden Datensätze konnte eine Mittelung für die Seen der jeweiligen Ökoregion durchgeführt werden. Die durchweg signifikant ansteigenden Werte erscheinen valide.

Parallel zur Auswertung der in situ-Daten wurden im DASIF-Projekt Fernerkundungsdaten zur Wassertemperatur in 7 Seen in der Region Alpen und Alpenvorland, 6 Seen und Talsperren in der Zentralen Mittelgebirgsregion und 10 Seen in der Region Norddeutsches Tiefland ausgewertet. Zehn Seen decken sich mit den Seen, zu denen auch in situ-Daten ausgewertet wurden. Die Ergebnisse wurden ebenfalls für die drei Ökoregionen aggregiert. Die Ergebnisse sind vergleichbar und wurden im Indikator-Factsheet dokumentiert. Die Auswertung der Fernerkundungsdaten ermöglicht perspektivisch eine Erweiterung der Datengrundlage. Es wurde aber in der LAWA KG Klimaindikatoren entschieden, für den Monitoringbericht 2023 in situ-Daten zu nutzen, zumal die Zeitreihe mit Fernerkundungsdaten erst 1983 starten kann.

Zur Frühjahrsalgenblüte gab es bisher nur eine Fallstudie für den Monitoringbericht 2015, die das Eintreten der Frühjahrsalgenblüte für den Stechlinsee und für den Müggelsee abgebildet hat. Auch hier bestand der Wunsch, den Indikator auf eine breitere Datenbasis zu stellen. Da es schwierig ist, an hochwertige und langjährige in situ-Daten zukommen, wurde dieser Indikator im Rahmen des DASIF-Projekts mit Fernerkundungsdaten weiterentwickelt. Es konnten hierfür Daten von 24 Seen genutzt werden, die über Deutschland verteilt sind und die drei Ökoregionen Alpen und Alpenvorland (8 Seen), Mittelgebirgsregion (6 Seen) und Norddeutsches Tiefland (10 Seen) repräsentieren. Datenreihen stehen ab 2003 zur Verfügung, allerdings gibt es eine Datenlücke zwischen 2013 und 2015 (s. WW-I-9).

Zur Sommerstagnation gab es zuletzt im Monitoringbericht 2015 einen Fallstudien-Indikator basierend auf Daten zum Stechlinsee und Müggelsee. Nachdem dieser für den Monitoringbericht 2019 nicht fortgeschrieben werden konnte, mussten für den Monitoringbericht 2023 neue Überlegungen angestellt werden. Die Arbeiten für einen neuen Indikatorwurf wurden IGB im Rahmen des LFP-Projekts „Langzeitentwicklung von Seen infolge des Klimawandels“ ausgeführt und beziehen sich auf zwei Seen, den Arendsee und den Breiten Luzin. Für den Stechlinsee verfügt das IGB erst seit wenigen Jahren über kontinuierliche Sommerdaten. Die dem ehemaligen Fallstudien-Indikator von 2015 zugrunde gelegten Daten stammen aus der Interpolation aus monatlichen Terminmessungen und werden für eine solide Auswertung

nicht für ausreichend erachtet. Für den Müggelsee wurde nochmals bestätigt, dass der See als polymiktisches Gewässer mehrmals pro Sommer schichtet. Im Indikatorentwurf wurde der Beginn der Stagnation als Zeitpunkt festgesetzt, zu dem zwischen Oberflächentemperatur und Tiefenwassertemperatur eine Temperaturdifferenz von 2°C erreicht bzw. überschritten wird. Dieser Wert erweist sich für numerische Modelle als relativ robust, während kleinere Differenzen häufig von der exakten Tiefenwassertemperatur abhängen, die nicht immer gut reproduziert werden können. Diese Temperaturdifferenz wird üblicherweise für den Müggelsee im Sommer kaum oder nicht erreicht. Das bedeutet, dass für den Müggelsee eine andere Methodik zur Bestimmung der Sommerstagnation zur Anwendung kommen müsste (z. B. Zeitdauer, in der die Oberflächentemperatur größer ist als die Tiefenwassertemperatur).

Da auch die Indikator-Neuentwicklung nur eine Fallstudie zulässt und die Zeitreihen darüber hinaus lückig bzw. kurz und nur schwer interpretierbar sind, wurde in der LAWA KG entschieden, auch im Monitoringbericht 2023 auf eine Darstellung des Indikators zu verzichten. Die fachliche Bedeutung des Parameters wurde jedoch abermals bestätigt. Es sollte weiter an einem geeigneten Indikator gearbeitet werden. Mit der technischen Ausstattung von Seen mit Thermistorketten sollte sich die Datengrundlage perspektivisch verbessern.

Im Rahmen des DASIF-Projekts wurde erprobt, wie sich mittels Fernerkundungsdaten die Eisbedeckung von Seen erfassen lässt. Es wurden Auswertungen für sechs Seen des Alpenvorlands vorgenommen. Bei den Seen in Norddeutschland und im Mittelgebirge hat sich die Datenabdeckung als zu schlecht erwiesen. Radardaten sind insofern keine geeignete Alternative, als die Signale für Eisdecke und für eine durch Wind bewegte Wasseroberfläche nicht auseinandergelassen werden können. Bei den sechs Seen im Alpenvorland handelt es sich um Seen, die ausreichend groß sind, um von den Satelliten erfasst zu werden, aber auch klein genug, um noch zuzufrieren. Es gibt seit 2013 eine Tendenz zu abnehmender Eisbedeckung. Aufgrund der großen Indikatorenzahl im Handlungsfeld „Wasserhaushalt und Wasserwirtschaft“ und der noch kurzen Zeitreihe wurde von der LAWA KG entschieden, den Indikator zur Eisbedeckung vorerst nicht in das DAS-Indikatorenset aufzunehmen. Der Indikator wird aber vollständig dokumentiert und kann in Zukunft fortgeschrieben werden.

Zusätzlich zu den bisher im Indikatorenset zu den Seen enthaltenen Indikatoren wurde für den Monitoringbericht 2023 zusätzlich ein Indikator zum Wasserstand von Seen entwickelt (WW-I-7). Vor allem in Norddeutschland sind sinkende Wasserstände von Seen zunehmend Gegenstand von Presseberichten, sodass die Notwendigkeit gesehen wurde, diese Problematik im Monitoringbericht zu thematisieren. Für den Indikator wurden Pegelmessungen an Seen im Norddeutschen Tiefland und in der Region Alpen und Alpenvorland angefragt und verarbeitet. Die Wasserstände der berücksichtigten Seen dürfen dabei nicht durch Anstau anthropogen beeinflusst sein. Für die Mittelgebirgsregion konnten keine geeigneten Seen identifiziert werden, da es sich bei der Mehrzahl der Seen um staugeregelte Seen handelt und zu den wenigen natürlichen Seen keine ausreichenden Daten zur Verfügung stehen.

In Sachen Wasserstand von Seen hat der Obmann der LAWA KG zudem Kontakt mit dem Deutschen Geodätischen Forschungsinstitut der Technischen Universität München (DGFI-TUM) aufgenommen. Im Rahmen des DAHITI-Projekts<sup>9</sup> werden weltweit satellitengestützte Altimeterdaten ausgewertet. Es wurden auch Auswertungsversuche für die Seen Mecklenburg-Vorpommerns unternommen. Perspektivisch ließe sich möglicherweise auch hier mit Fernerkundungsdaten die Datenbasis für den Indikator erweitern.

Ferner wurde in der LAWA KG diskutiert, die Entwicklung des Röhrichts für Rückschlüsse auf die Verlandung von Seen als Folge des Klimawandels zu betrachten. So wäre grundsätzlich denkbar, die Entwicklung des Röhrichts oder der Wasseroberfläche mithilfe von Fernerkundungsdaten zu erfassen. Von den Fachleuten des DASIF-Projekts wurden jedoch darauf hingewiesen, dass es hierfür noch kein fertiges Produkt gibt. Aufgrund der räumlichen Auflösung bestehender Produkte zur Erfassung der Landnutzung (häufig 60-100 m) könnten damit vermutlich aber nur sehr drastische Verlandungsprozesse über einen größeren Zeitraum abgebildet werden.

### 2.2.2.5 Fließgewässer

#### Sachstand 2014

Zu den Fließgewässern wurde für den Monitoringbericht 2015 kein Indikator ausgearbeitet. Es hat hierzu auch keine vertiefende Diskussion stattgefunden.

#### Sachstand 2017 / 2018

Seitens der LAWA KG wurde der Entwicklung eines Indikators zu Wassertemperaturen von Fließgewässern eine hohe Priorität beigemessen. Die Wassertemperatur ist ein Schlüsselindikator mit direktem Wirkungsbezug zum Klimawandel. Sie steuert und synchronisiert viele Lebensvorgänge im Gewässer und ist daher von besonderer Bedeutung für dessen ökologische Funktionen (LAWA 2017: 36). Auf Probleme in der Messpraxis wurde hingewiesen, da es kaum Messstellen gibt, die von anthropogenen Wärmeeinleitungen (Kühlwasser, Prozesswasser, Abwasser) unbeeinflusst sind. Hinzu kommt, dass es sich bei der deutlich überwiegenden Zahl der Messungen nur um Stichprobenerhebungen handelt, die tageszeitliche Schwankungen nicht abbilden können und bei denen beispielsweise Höchst- oder Niedrigstwerte nur selten erfasst werden. Im Rahmen von KLIWA gibt es Überlegungen, auf eine Verbesserung der Datengrundlage für das Klimafolgenmonitoring hinzuwirken und die Messstellenauswahl und -ausstattung entsprechend anzupassen. Ein DAS-Indikator konnte aufgrund der begrenzten Datenverfügbarkeit zunächst nur als Fallstudie am Beispiel von zwei Messstellen an der Oder und der Müggelspree erprobt werden. Diese Fallstudie wurde zur Aufnahme in das Indikatorenset für den Monitoringbericht 2019 vom UBA allerdings für noch nicht ausreichend ausgereift bewertet. Es müssen hierzu weitere fachliche Diskussionen stattfinden und eine breitere Datenbasis geschaffen werden.

---

<sup>9</sup> <https://dahiti.dgfi.tum.de>

Eine Fallstudie zu den Überschreitungen fischverträglicher Wassertemperaturen wurde mit Daten der beiden o. g. Messstellen erprobt (anhand konzeptioneller Entwicklungen vom bayrischen Landesamt für Umwelt) und diskutiert. Diese Fallstudienerprobung beruht auf einer Gegenüberstellung gemessener Tageshöchsttemperaturen mit Schwellenwerten der Fischverträglichkeit von Wassertemperaturen, die für den sehr guten ökologischen Zustand / das höchste ökologische Potenzial bzw. den guten ökologischen Zustand / das gute ökologische Potenzial nach der OGewV (Verordnung zum Schutz der Oberflächengewässer 2011) festgelegt sind. Dabei wird eine Differenzierung in die Fischregionen nach Huet<sup>10</sup> (1949) vorgenommen. Im Ergebnis würde die Anzahl der Tage mit Überschreitungen differenziert für den Winter (Dezember bis März) und den Zeitraum Frühjahr / Sommer / Herbst (April bis November) abgebildet. Die Datenbasis für diese Erprobung war allerdings zu dünn, um die Aussagekraft des Indikators tatsächlich bewerten und einen Indikator aufbauen zu können. Hinzu kommt, dass die Schwellenwerte der OGewV für die Beurteilung der Fischverträglichkeit neu diskutiert werden. Die LAWA beabsichtigt, sich in den nächsten Jahren mit der Weiterentwicklung der Schwellenwerte zu befassen und einen methodischen Ansatz zur Beurteilung der Fischverträglichkeit von gemessenen Wassertemperaturen zu entwickeln. Impulse hierfür liefern unter anderem die im Auftrag der LUBW durchgeführten und inzwischen abgeschlossenen Arbeiten der Fischereiforschungsstelle des Landwirtschaftlichen Zentrums Baden-Württemberg. Bei diesen Arbeiten wurden den nach WRRL kartierten Gewässerabschnitten nach spezifischer Analyse lebensraumtypische Fischgemeinschaften zugeordnet. Diesen können dann wiederum – differenziert für die Fischentwicklungsstadien (Eientwicklung, Reproduktion, Juvenilstadium, Adultstadium) und die vier Jahreszeiten – Temperaturschwellen zugeordnet werden. Die künftige Entwicklung eines DAS-Indikators zu fischverträglichen Wassertemperaturen sollte an die Überlegungen in der LAWA anknüpfen.

Im Rahmen von KLIWA wurde der KLIWA-Index<sub>MZB</sub> für die Charakterisierung der sich infolge von Temperaturerhöhungen verändernden Habitatbedingungen von Fließgewässern entwickelt (Halle et al. 2018<sup>11</sup>). Der Index entspricht einem um (für rheotypische Fließgewässertaxa des Makrozoobenthos ermittelte) Atmungs habitatfaktoren korrigierten Sommertemperaturwert. Die Korrektur der gemessenen Sommertemperaturen erfolgt nach Fließgewässertypen. Der KLIWA-Index<sub>MZB</sub> beruht auf der Hypothese, dass die sommerliche Wassertemperatur in erster Linie durch ihren Einfluss auf die Atmung das Vorkommen und die Abundanz der Makrozoobenthos-Gruppen (Taxa) beeinflusst. Der Klimawandel wirkt sich insofern verschlechternd auf die Atmungs habitatbedingungen aus, als sowohl die Sommertemperaturen steigen als auch die Gewässer durch höhere Sommertrockenheit weniger Wasser führen

---

<sup>10</sup> „Dieses klassische Modell nach HUET (1949) nimmt eine längszonale Einteilung der Fließgewässer auf Basis des Gefälles und der Gewässerbreite vor. Es ist schematisch und generalisiert, biologische Komponenten werden nicht berücksichtigt. Die Bezeichnung der einzelnen Regionen erfolgt nach der typischer Weise dort vorkommenden Hauptfischart.“ (<https://www.govdata.de/daten/-/details/fischregionen-nach-huet>)

<sup>11</sup> Halle M., Stengert M., Müller A., Sundermann A. 2018: Praxistest und Verifizierungen des KLIWA-Index<sub>MZB</sub> – Abschlussbericht im Rahmen des Kooperationsvorhaben KLIWA "Klimaveränderung und Konsequenzen für die Wasserwirtschaft". Essen/Velbert/Frankfurt, 112 S.  
[www.kliwa.de/\\_download/KLIWA\\_IndexMZB\\_Praxistest\\_BerichtAnlagen.zip](http://www.kliwa.de/_download/KLIWA_IndexMZB_Praxistest_BerichtAnlagen.zip)

und die Fließgeschwindigkeiten zurückgehen. Der Indexwert wird in Grad Celsius angegeben und steigt mit sich verschlechternden Habitatbedingungen. Der Index ist vom methodischen Ansatz grundsätzlich mit der „Gefühlten Temperatur“ (GT) vergleichbar, die neben der Lufttemperatur weitere Faktoren wie unter anderem die Luftfeuchte berücksichtigt, um die Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit beurteilen zu können. Bisher gibt es aber noch für kein Bundesland präsentierbare Daten und Auswertungen, sodass ein Indikator für den Monitoringbericht 2019 noch nicht möglich ist.

Indikatoren, die auf chemischen und / oder biologischen Parametern der Gewässerqualität beruhen, wurden auch für die Weiterentwicklung des DAS-Indikatorensets im Bereich Fließgewässer nicht diskutiert, da diese Parameter zu stark von anderen Einflussfaktoren (wie der Bewirtschaftung der Einzugsgebiete und den Gewässern selbst) bestimmt sind. Auch ein Indikator zum ökologischen Zustand von Fließgewässern (nach WRRL-Berichterstattung) wurde von der LAWA KG übereinstimmend als nicht sinnvoll erachtet, da sich aus der komplexen Größe heraus keine Wirkzusammenhänge mit dem Klimawandel herstellen lassen.

### Weiterentwicklung 2022 / 2023

Die Arbeiten zur Entwicklung eines Indikators zu Fließgewässertemperaturen wurden für den Monitoringbericht 2023 wieder aufgenommen (WW-I-10). Es erfolgte eine umfangreiche Datenakquise in den Bundesländern zur Identifizierung geeigneter Messstellen. Wassertemperaturdaten werden als Standardparameter in der Gewässerüberwachung zwar an vielen Stellen erfasst, anthropogene Wärmeeinleitungen (Kühlwässer, Prozesswässer, Abwässer) überlagern jedoch häufig die klimatisch bedingten Temperaturerhöhungen, sodass an die Auswahl der Messstandorte hohe Anforderungen zu stellen sind. Zudem ist es schwierig, an zeitlich hochaufgelöste (mindestens tägliche) Messungen zu gelangen. Zusätzlich zu den Gewässergütemessstellen wurden daher auch Pegelmessstellen angefragt, an denen teilweise begleitend zu den Abflussmessungen auch Temperaturmessungen durchgeführt werden. Diese Temperaturmessungen werden allerdings nicht immer regelmäßig kalibriert. Mit Ausnahme von Bremen, dem Saarland und Thüringen konnten aus allen Bundesländern Daten von Gewässergütemessstellen und oder Pegelmessstellen bereitgestellt werden. Insgesamt besteht der Datensatz aus den Daten von 43 Gütemessstellen und 34 Pegelmessstellen. In Nordrhein-Westfalen hat zudem die Emschergenossenschaft / Lippeverband Daten einer Kontrollstation an der Lippe zur Verfügung gestellt. Aus Rheinland-Pfalz wurden zusätzlich Daten aus einem Sondermessprogramm zur Säurebelastung von 9 Messstellen an den Hunsrück-Bächen geliefert. Der Datensatz für den Indikator umfasst damit relativ heterogene Datenquellen. Die Messstellen wurden den Fischregionen zugeordnet und die Daten zu sechs Fischregionen aggregiert.

Weitere Indikationsideen zu den fischverträglichen Wassertemperaturen bzw. zu Temperaturen, die für die Gewässerökosysteme als kritisch zu bewerten sind, oder zum KLIWA-Index<sub>MZB</sub> konnten aufgrund begrenzter Kapazitäten nicht weiterverfolgt werden.

### 2.2.2.6 Wassergewinnung und -versorgung

#### Sachstand 2014

Für das Themenfeld „Wassergewinnung und -verteilung“ ließ sich in den Diskussionen kein überzeugender Indikator finden. Die Möglichkeiten und Gründe für die Wahl der regional genutzten Rohwasserressourcen für die Wassergewinnung sind sehr unterschiedlich, sodass laut der Experten aus einer Veränderung der genutzten Wasserarten keine Aussage zu Klimawandelauswirkungen gezogen werden kann. Die Temperaturveränderungen in Hochbehältern werden als parallel zur Entwicklung der Lufttemperatur angesehen, sodass kein aufwändig erarbeiteter spezifischer Indikator notwendig ist. Ein Indikator zur Anzahl von Grenzwertüberschreitungen aufgrund von Keimen im Trinkwasser wurde nicht empfohlen, da auf überschrittene Grenzwerte sehr kurzfristig reagiert wird, um sicherzustellen, dass das abgegebene Wasser einwandfrei ist. Darüber hinaus wird in diesem Bereich eine vom Klimawandel unabhängige Anpassung relativ kurzfristig erfolgen, sodass damit eine langfristige Klimaänderung nicht messbar ist.

Die Anzahl der Spitzenlasttage des Wasserverbrauchs pro Jahr wurde mit den Experten besprochen, aber dann ebenfalls verworfen, da dieser Indikator nur anhand von einzelnen beispielhaft ausgewählten Wasserversorgern darstellbar wäre. Eine repräsentative Abbildung der Situation wäre nicht möglich.

#### Sachstand 2017 / 2018

Unter anderem von Mitgliedern der LAWA-KG Klimaindikatoren wurde der in den Monitoringbericht eingeführte Response-Indikator WW-R-1 „Wassernutzungsindex“ als nur bedingt aussagekräftig erachtet. Die Wasserentnahmen sind über entsprechende wasserrechtliche Genehmigungsverfahren geregelt, was die ökologische Nachhaltigkeit der Wasserentnahme sicherstellt. Für die öffentliche Wasserversorgung werden weniger als 3 % des langjährigen Mittels der zur Verfügung stehenden erneuerbaren Wasserressourcen genutzt. Diese Ressourcen sind aber regional nicht gleich verteilt, so dass dieses Ungleichgewicht u. a. durch Fernwasserversorgerverbände aufgefangen wird.

Der DAS-Monitoringbericht verlangt aber in jedem Falle einen Indikator zu diesem Themenfeld. Vor allem mit Blick auf die außergewöhnliche Dürre im Jahr 2018 und die damit verbundenen Herausforderungen für die Wasserversorger ist die Frage der Wasserversorgung von hoher Relevanz. Eine Situation wie in 2018 lässt sich nach Einschätzung des Deutschen Vereins des Gas- und Wasserfaches e.V. (DVGW) maximal zwei bis drei Jahre in Folge ohne Konsequenzen bewältigen.

Als Alternative wurde erneut die Entwicklung des Spitzenwasserverbrauchs als Impact-Indikator zur Diskussion gestellt. Die Wasserentnahme per se ist sehr stark von der demographischen Entwicklung und dem Wasserbedarf von Industrie und Gewerbe abhängig. Der Klimawandel ist dabei ein Faktor unter mehreren. Der Spitzenverbrauch böte demgegenüber grundsätzlich bessere Ansatzpunkte, die Effekte des Klimawandels zu analysieren. Der Spitzenverbrauchswert wird stets im Verhältnis zum durchschnittlichen Tagesmittelwert des Verbrauchs (=1) für das jeweilige Jahr ermittelt. Der Tagesmittelwert verändert sich mit dem

demographischen Wandel und der Entwicklung von Industrie und Gewerbe im Einzugsbereich des jeweiligen Unternehmens. Für den Spitzenverbrauchswert (Spitzenfaktor) könnte hingegen erwartet werden, dass sich aus langjährigen Messreihen zu dessen Entwicklung insbesondere klimainduzierte Veränderungen erkennen lassen.

Ein vom DVGW beauftragtes Forschungsvorhaben widmete sich der Analyse von Wasserverbrauchsganglinien für Haushalte, Kleingewerbe und öffentliche Gebäude sowie der Simulation des Wasserbedarfs (Martin et al. 2017<sup>12</sup>). Außerdem wurde vom DVGW 2017 die DVGW-Information Wasser Nr. 82 „Veränderungen des Wasserbedarfs: Empfehlungen für die systematische Identifizierung des Anpassungsbedarfs und der Anpassungsmöglichkeiten bestehender Wasserversorgungssysteme“ herausgegeben (DVGW 2017<sup>13</sup>). Die Untersuchungen und Empfehlungen kommen zusammenfassend zu den folgenden Aussagen:

- Der Effekt des Klimawandels auf den Wasserbedarf von Haushalten wird nach aktuellen Abschätzungen als wenig relevant angesehen. Maßgeblich ist hingegen der Einfluss der folgenden Faktoren: Verwendung wassersparender Technik im Haushalt, Siedlungsstruktur, Haushaltsgröße und Altersstruktur. (DVGW 2017: 35)
- Der Wasserverbrauch in den Innenräumen von Wohngebäuden ist weitgehend unabhängig von der Temperatur. Es vollziehen sich eher Umverteilungen der Wassernutzungen (z. B. vom Baden zum Duschen). (ÖVGW 2012 zit. in MARTIN et al. 2017: 35)
- Das Auftreten von Spitzenverbräuchen ist stark von der Siedlungsstruktur abhängig. Vor allem in Einfamilienhaussiedlungen entstehen hohe Verbrauchsspitzen. (MARTIN et al. 2017: 15)
- Im Siedlungsbereich kann der Einfluss der Gartenbewässerung relevant sein, wenn hierfür Trinkwasser genutzt wird. Vor allem für Siedlungsbereiche mit hohem Einfamilienhausanteil und Reihenhaussiedlungen, die über Außenlagen verfügen, ist bei anhaltenden Hitzeperioden ohne Niederschlag von hohen Verbrauchsspitzen auszugehen. (DVGW 2017: 35)
- Die Bewohnerdichte hat einen signifikanten Einfluss auf die Ausprägung der Spitzendurchflusswerte. Höhere Temperaturen führen bei geringer Bevölkerungsdichte vereinzelt zu einem höheren Spitzendurchfluss. (MARTIN et al. 2017: 35)
- Für Kleingewerbe wurden keine wesentlichen Unterschiede zu den sonstigen Gebäuden festgestellt. (MARTIN et al. 2017: 38)
- Wassergroßverbraucher wie Kraftwerke könnten mit zunehmender dezentraler und regenerativer Energieerzeugung mittelfristig an Bedeutung verlieren. Hier spielen vor allem technologische, politische und weltwirtschaftliche Entwicklungen eine Rolle. (DVGW 2017: 35).

---

<sup>12</sup> Martin T., Korth .A., Schubert K. 2017: Aktualisierung der Verbrauchsganglinien für Haushalte, Kleingewerbe und öffentliche Gebäude sowie Entwicklung eines mathematischen Modells zur Simulation des Wasserbedarfs. Abschlussbericht des DVGW-Forschungsprojekts W 201510. Bonn, 133 S.

<sup>13</sup> DVGW – Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V. 2017: Veränderungen des Wasserbedarfs: Empfehlungen für die systematische Identifizierung des Anpassungsbedarfs und der Anpassungsmöglichkeiten bestehender Wasserversorgungssysteme. DVGW-Information Wasser Nr. 82, Bonn, 43 S.

Die Wasserversorger müssen ihre Netz- und Infrastrukturentwicklung an den Spitzenverbrauchswerten orientieren. Der Spitzenverbrauch gehört daher zu den relevanten Kenngrößen, die regelmäßig von den Wasserversorgern ermittelt werden. Dennoch ist davon auszugehen, dass es vor allem größere Unternehmen sind, die langjährige Datenreihen bereitstellen können. Eine bundesweite Statistik zur Entwicklung der Spitzenwasserverbräuche gibt es bisher nicht. Derzeit ist es nur möglich, einzelne größere Wasserversorgungsunternehmen für Daten anzufragen.

Gespräche des DVGW mit Vertretern des Zweckverbands Landeswasserversorgung (LW) Baden-Württemberg / Stuttgart und den Berliner Wasserbetrieben (BWB) im Oktober und November 2018 kamen zu den folgenden Einschätzungen:

- Zeitreihen zu Spitzenwasserverbräuchen und Spitzenfaktoren können von den großen Wasserversorgungsunternehmen zur Verfügung gestellt werden. Für die Auswertung von Tagesspitzenwerten wären aber enge Zeittaktungen (z. B. Viertelstundenwerte) erforderlich. Diese werden aber i. d. R. nicht erfasst und könnten daher aller Voraussicht nach nur von sehr wenigen Unternehmen in Deutschland überhaupt zur Verfügung gestellt werden. Insgesamt ist das verfügbare Datenmaterial derzeit nicht ausreichend valide, um systematische Auswertungen im Klimawandelzusammenhang zu ermöglichen.
- In Jahren wie 2018 mit langen ausgeprägten Dürreperioden kommt es auch über längere Phasen zu andauernd höheren Tagesabgaben. Dadurch erhöht sich aber auch die jährliche Abgabemenge. Da der Spitzenfaktor stets ein Verhältniswert zur Jahresabgabe ist, kommt es in einem Jahr wie 2018 trotzdem nicht zu einer signifikanten Erhöhung des Faktorwerts.
- Jedes Versorgungsgebiet hat seine sehr individuellen Charakteristika und die Daten zur Wasserabgabe müssen in diesem individuellen Kontext interpretiert werden. Wasserabgaben können witterungsbedingt zunehmen, aber diese Entwicklungen können durch andere regional relevante Faktoren (demographische und ökonomische bzw. unternehmerische Entwicklungen) stark überlagert werden. Ein bundesweit einheitlicher Umgang mit den Daten der Wasserversorgungsunternehmen scheint vor diesem Hintergrund nicht zielführend.

Mit Blick auf diese Schwierigkeiten und Einschränkungen wurde entschieden, den bestehenden Indikator WW-R-1 „Wassernutzungsindex“ trotz der o. g. Einschränkungen weiterzuführen. Er wird jedoch als Proxy-Indikator geführt, um deutlich zu machen, dass weitere Bemühungen zur Differenzierung der Aussagen erforderlich sind.

Generell wurden in der LAWA KG diskutiert, dass sich mit der Einführung des digitalen Wasserbuchs generell eine breitere Datenbasis eröffnet. Hinsichtlich der Vollständigkeit und Aktualität der im Wasserbuch hinterlegten Daten besteht aber in den Ländern i. d. R. noch weiterer Optimierungsbedarf. Noch sind ländervergleichende oder -übergreifende Auswertung stark erschwert bzw. nicht möglich.

### Weiterentwicklung 2022 / 2023

Für den Monitoringbericht 2023 wurde die Diskussion um die oben genannten Indikationsideen nicht wieder aufgenommen.

#### **2.2.2.7 Abwasserbewirtschaftung und Entwässerung**

##### Sachstand 2014

Für das Themenfeld „Abwasserbewirtschaftung und Entwässerung“ von Siedlungsgebieten wurde für den Monitoringbericht 2015 kein Impact-Indikator empfohlen. Die diskutierte Mischwasserüberlaufmenge eignet sich nur bedingt, um Effekte des Klimawandels aufzuzeigen. Die Veränderung der Mischwasserüberlaufmengen kann von sehr vielen Faktoren abhängen, so dass die Ursache-Wirkungszusammenhänge nicht eindeutig sind. Für verschiedene Bundesländer bestehen unterschiedliche Anforderungen, bzw. werden die Mischwasserentlastungen teilweise nur abgeschätzt, sodass die Datenbasis maximal die Fallstudie für ein Bundesland ermöglicht hätte. Ein Eintrag von Schadstoffen in die Gewässer durch Mischwasserüberläufe ist bisher nicht bestimmbar, da die Datenlage hierfür nicht ausreichend ist. Ferner wurde diskutiert, ob die momentan in Berlin im Aufbau befindliche Beschwerdedatenbank, welche die Anzahl der Überflutungen bzw. Geruchsbelästigungen erfasst, geeignet ist. Allerdings ist nicht absehbar, dass diese Art von Datenbank in Deutschland flächendeckend eingeführt wird.

##### Sachstand 2017 /°2018

Mit Blick auf das Themenfeld „Abwasserbewirtschaftung und Entwässerung“ hat sich auch für den Monitoringbericht 2019 kein neuer Sachstand ergeben.

### Weiterentwicklung 2022 / 2023

Für den Monitoringbericht 2023 wurde die Diskussion um die oben genannten Indikationsideen nicht wieder aufgenommen.

#### **2.2.2.8 Weitere diskutierte Themenfelder**

##### Sachstand 2014

Für die Talsperrenbewirtschaftung wurde kein Indikator entwickelt. Die Experten führten eine Diskussion zur „Entwicklung des Epi- und Hypolimnion-Verhältnisses in Talsperren“. Bei einer Talsperre mit Trinkwassernutzung wird das Wasser aus dem Hypolimnion entnommen. Bei Trockenheit verringert sich das Volumen des Hypolimnions, und es könnte zu einer eingeschränkten Wasserentnahme kommen. Die Klimafolgewirkungen auf Talsperren wurden von den Experten bereits für den Monitoringbericht 2015 als weniger relevant und sehr einzelfallspezifisch eingeschätzt. Sie wurden auch für den Monitoringbericht 2019 nicht erneut diskutiert.

Für das Themenfeld „Hochwasserschutzsysteme und Infrastruktur an der Küste“ konnten keine Indikatoren formuliert werden. Eine Indikationsidee zur Größe des von Überflutungen

betroffenen Hinterlands wurde verworfen, da dabei Impact und Response sehr stark vermischt werden. Von den Expertinnen und Experten wurde bereits im Jahr 2014 empfohlen, den ganzen Bereich Hochwasserschutzsysteme nur auf der Response-Seite zu betrachten. Bei Schäden an Deichen wurde argumentiert, dass diese schwierig von regelmäßigen Instandhaltungskosten zu trennen sind. Die Nichterreichbarkeit von Häfen (Schnittstelle zum DAS-Handlungsfeld „Verkehr, Verkehrsinfrastruktur“) wird von verschiedenen Faktoren beeinflusst. Die Klimawandel-bedingte Komponente wurde dabei als nicht so relevant eingestuft. Darüber hinaus sind die Auswirkungen bereits durch den Indikator zu Sturmfluten abgedeckt.

### 2.2.3 Response-Indikatoren

Die Response-Ebene ist bei den Indikatoren im Wasserbereich auch im Monitoringbericht 2023 noch immer deutlich unterrepräsentiert. Es wurden vor allem mit Blick auf die Gewässerstruktur weitere Bemühungen unternommen, das bestehende Indikatorenset zu verbessern und zu erweitern, allerdings ohne positives Ergebnis.

#### 2.2.3.1 Siedlungswasserwirtschaft, Wassernutzung und Abwasserentsorgung

##### Sachstand 2014

Da die Gefährdungslage für Grundwassermenge und -beschaffenheit in den unterschiedlichen Regionen in Deutschland sehr variiert und Gefährdungen voraussichtlich nur punktuell auftreten werden, wurde zur Grundwasserbewirtschaftung für den Monitoringbericht 2015 kein Indikator formuliert. Für das Themenfeld „Angepasster Umgang mit Trink- und Betriebswasser“ wurde der Indikator WW-R-1 „Wassernutzungsindex“ aufgenommen. Ebenfalls wurde ein Indikator „Wasserintensität“ diskutiert, der die Wassernutzung verschiedener Sektoren darstellt. Es wurde aber beschlossen, diesen in das Handlungsfeld „Industrie und Gewerbe“ zu verschieben und dafür mit dem „Wassernutzungsindex“ einen allgemeineren Indikator einzuführen, der die deutschlandweite Wassernutzung aller Nutzer dem Wasserdargebot gegenüberstellt.

Für die Anpassung der siedlungswasserwirtschaftlichen Infrastruktur wurde für den Monitoringbericht 2015 der Indikator „Kapazität der Regentlastungsanlagen“ testweise erarbeitet. Der Indikator zum Ausbau von Regentlastungsanlagen basierte auf der Indikationsidee, dass infolge stärkerer Niederschlagsereignisse ein erhöhtes Speichervolumen für Regenwasser erforderlich ist, um die Überschwemmungsgefahr von Flächen und Gebäuden zu reduzieren. Der Ausbau von Regentlastungsanlagen bildet aber nur einen kleinen (eher technisch ausgerichteten) Ausschnitt aus dem Maßnahmenpektrum ab. In der politischen Abstimmung, bei der die Indikatoren von den Ländern und den verschiedenen Bundesressorts kommentiert wurden, wurde der Indikator abgelehnt, da er den Fokus auf eine Maßnahme richtet, die im gesamten Maßnahmenkontext nicht so stark betont werden sollte.

Ein Indikator zum Anteil von Gemeinden mit gemeinsamem und gesplittetem Maßstab in der kommunalen Gebührenordnung für die Abwasserentsorgung wurde ausgearbeitet. Im Jahr 2011 wurde die Datenerfassung seitens der Deutschen Vereinigung für Wasserwirtschaft,

Abwasser und Abfall e.V (DWA) aber eingestellt, sodass sich der Indikator künftig nicht weiterführen lässt. Das Verhältnis von Misch- und Trennsystemen in der Abwasserentsorgung wurde kritisch diskutiert, da sanierte Mischwasserkanalisationen geringere Schadstoffkonzentrationen aufweisen als ältere Trennsysteme und sehr stark verschmutztes Regenwasser auch in Trennsystemen gesäubert werden muss. Für die Sicherung der Trinkwasserversorgung wurden verschiedene Indikatoren zu Quellen der Gesamtwasserentnahme bzw. -abgabe oder der Länge der Zubringerleitungen, die auf eine höhere Redundanz schließen lassen, diskutiert. Allerdings bestand Übereinstimmung bei den Experten, dass die gewählten Wasserressourcen weniger durch Klimaveränderungen, sondern vielmehr durch wirtschaftliche oder andere Faktoren bestimmt werden. Darüber hinaus wurde der Zusammenhang zwischen längeren Zubringerleitungen und einer höheren Resilienz der Wasserversorgung in Frage gestellt. Allerdings bergen längere Zubringerleitungen auch zusätzliche Risiken wie höhere Wassertemperaturen bei Hitzeereignissen und sind daher für die Anpassung auch nur bedingt geeignet.

### Sachstand 2017 /°2018

Zum Indikator „Wassernutzungsindex“ wurden auch in der LAWA KG diskutiert (s. hierzu Ausführungen in Kap. 4.2.2. zum Unterpunkt Wassergewinnung und -versorgung). Im Ergebnis bleibt es aber für den Monitoringbericht 2019 zunächst beim bisherigen Indikator.

Zu weiteren Indikatoren für die Anpassungen in der Siedlungswasserwirtschaft ergaben sich keine weiteren Ansatzpunkte.

### Weiterentwicklung 2022 / 2023

Für den Monitoringbericht 2023 wurde die Diskussion um die oben genannten Indikationsideen nicht wieder aufgenommen. Möglicherweise resultieren aus Aktivitäten der Länder im Rahmen von deren Klimafolgenmonitoring in Zukunft neue Impulse zu den genannten thematischen Teilaspekten.

## **2.2.3.2 Hochwasserschutz**

### Sachstand 2014

Der verbesserte technische und naturnahe Hochwasserschutz an Binnengewässern, vor allem an Flüssen, wurde bereits beim Aufbau des DAS-Indikatorensystems diskutiert. Allerdings konnten dazu damals keine umsetzbaren Indikatoren erstellt werden. Eine länderspezifische Datenanfrage, welche die Daten des Bundes aus „Gemeinschaftsaufgabe zur Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes“ (GAK) ergänzen könnte, wurde nicht in Erwägung gezogen. Als Indikationsansatz wurde auch eine Bewertung der Anpassungsaktivitäten anhand des Umsetzungsstands der Europäischen Hochwasserrisikomanagementrichtlinie (HWMR-RL) diskutiert. Die Experten hatten aber angemerkt, dass der Indikator dann nur Verfahrensschritte abbilden würde (z. B. erreichter Stand der Erstellung von Hochwasserrisikokarten). Zu diesen Indikatoren gibt es zwar nach Umsetzung der Richtlinie eine gute Datenlage, die Fortschreibung des Indikators wäre aber bis zu dem Zeitpunkt begrenzt, an dem z. B. alle notwendigen Karten erstellt sind.

### Sachstand 2017 /°2018

Die Teilnehmenden der LAWA KG waren sich einig, dass es in Anbetracht der politischen Bedeutung in jedem Falle einen Indikator zum Thema Hochwasserschutz im DAS-Monitoring geben muss. Die Fördermaßnahmen in der GAK sind zwar seit 2007 so zugeschnitten, dass sie im Hochwasserschutz eine Differenzierung in technische Maßnahmen und Maßnahmen der naturnahen Gewässerentwicklung ermöglichen, und dies bildet sich entsprechend auch in der GAK-Berichterstattung des Bundes ab. Außerdem beinhaltet die GAK-Berichterstattung inzwischen auch die aus dem Sonderrahmenplan „Präventiver Hochwasserschutz“ (SRP) zur Umsetzung des 2014 von Bund und Ländern beschlossenen Nationalen Hochwasserschutzprogramms (NHWSP) abgeflossenen Mittel. Dennoch umfassen die Angaben der GAK-Berichterstattung nur einen Teil der gesamten Aktivitäten im Hochwasserschutz. Über die GAK hinaus gibt es umfangreiche Maßnahmen sowohl von den Ländern als auch den Kommunen, die diese im Rahmen ihrer Zuständigkeiten für die Gewässer I. bzw. im Falle der Kommunen II. und III. Ordnung umsetzen. Die Länder können neben Haushaltsmitteln und landesspezifischen Sonderprogrammen hierfür u. a. auch Förderungen im Rahmen des europäischen LIFE-Programms oder Mittel aus dem europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) in Anspruch nehmen. Es gibt zudem mehrere Bundesländer, die weder Mittel aus der GAK noch aus dem Sonderrahmenplan in Anspruch nehmen.

Individuelle Ansprachen der Länder sind daher zwingend erforderlich, um einen umfassenden Überblick über die Aktivitäten und Investitionen für den Hochwasserschutz zu erhalten. Der Indikator zum Hochwasserschutz konnte bisher allerdings nur als Fallstudie am Beispiel von Hessen angelegt werden (WW-R-2 „Investitionen in den Hochwasserschutz“). Es gibt auch nach wie vor kontroverse Meinungen in den Ländern, welche Maßnahmen vor allem der naturnahen Gewässerentwicklung auf den Hochwasserschutz anrechenbar sind. Außerdem soll für die Weiterentwicklung des Indikators diskutiert werden, ob und wie auch die unterschiedlichen Finanzierungsebenen (EU, Bund, Land) abgebildet werden können. Hierzu sind jedoch in der LAWA KG bzw. im LAWA AH weitere Analysen und Abstimmungen erforderlich. Auch dieser Indikator ist daher im Sinne eines Proxy-Indikators vorerst als Platzhalter zu betrachten, um das Themenfeld im Monitoringbericht 2019 auch im Handlungsfeld „Wasser“ verankern zu können; im Handlungsfeld „Biologische Vielfalt“ gibt es hierzu bereits den vom BfN eingebrachten Indikator BD-I-3 „Rückgewinnung natürlicher Überflutungsflächen“.

Die Schwächen des nun eingeführten Indikators WW-R-2 sind im Indikator-Factsheets ausführlich beschrieben. Hierzu gehört auch das von der LAWA KG in ihrer Studie von 2017 (LAWA 2017<sup>14</sup>) geltend gemachte Argument, dass der Umfang der Investitionen neben den Klimawandelfolgen von zahlreichen weiteren Faktoren abhängig ist. Dies führte die LAWA KG damals zu der Einschätzung, ein solcher Indikator wäre nur von geringer Priorität.

---

<sup>14</sup> s. Fußnote 3

### Weiterentwicklung 2022 / 2023

Für den Monitoringbericht 2023 konnte die Diskussion um mögliche Indikatoren zum Hochwasserschutz nicht weiter vertieft werden. Die Kritik, dass sich die mit dem bisherigen Indikator (WW-R-2 „Investitionen in den Hochwasserschutz“ als Fallstudie für Hessen) dargestellte Entwicklung der Mittelverausgabung nicht direkt mit Anpassungsbemühungen in Verbindung bringen lässt und die Indikation daher vergleichsweise diffus ist, bleibt bestehen. Da es aber an einer besseren Alternative fehlt, um die Thematik des Hochwasserschutzes im DAS-Monitoring zu thematisieren, empfahl die LAWA KG Klimaindikatoren vorerst an dem Indikator als Proxy-Indikator festzuhalten. Zusätzlich unterstützte die LAWA KG aber einen Indikator, der basierend auf der GAK-Berichterstattung die Förderung Hochwasserschutzmaßnahmen der EU, des Bundes und der Länder abbildet. Dieser wurde Ende 2022 als WW-R-2 „GAK-Mittel für den Hochwasserschutz“ in das Indikatorenset integriert. Die Fallstudie für Hessen wird als WW-R-3 ebenfalls weitergeführt.

### **2.2.3.3 Gewässerstruktur**

#### Sachstand 2014

Für Maßnahmen in und an Binnengewässern wurde für den Monitoringbericht 2015 der Indikator WW-R-2 „Gewässerstruktur“ entwickelt. Dieser bildet den strukturellen Zustand von Gewässern ab und umfasst damit die Ergebnisse von Maßnahmen u. a. zur verbesserten Durchgängigkeit und zur Renaturierung von Gewässern. Der Indikator wurde im Rahmen der Länderinitiative Kernindikatoren (LIKI) erarbeitet und wurde in der bundesweiten Aggregation für das DAS-Indikatorensystem übernommen.

Des Weiteren wurden Indikatoren für eutrophierungsreduzierende Maßnahmen diskutiert, wobei aber die Einflussfaktoren oft sehr divers sind. So kann trotz vieler Maßnahmen die Gefährdungslage erhalten bleiben, wenn weiter Nährstoffeinträge über die Landwirtschaft stattfinden.

#### Sachstand 2017 /°2018

Die Aussagekraft des bisherigen Indikators WW-R-2 „Gewässerstruktur“ wurden von der LAWA KG mit Blick auf die Klimawandelanpassung für wenig aussagekräftig bewertet, da er eine Vielzahl unterschiedlicher Faktoren und die Einflüsse zahlreicher Maßnahmen stark aggregiert abbildet. Als Anpassungsmaßnahme im engeren Sinn sind dabei keinesfalls alle Maßnahmen zu betrachten, die mit ihren Effekten in die Bewertung der „Gewässerstruktur“ eingehen. Bei einer Betrachtung von Einzelparametern der Strukturkartierung lassen sich hingegen engere Bezüge zur Klimawandelanpassung herstellen. Dies betrifft insbesondere den Einzelparameter zum Uferbewuchs, der Hinweise darauf gibt, in welchem Maße ein Gewässer beschattet ist und dadurch während der Vegetationsperiode eine Kühlung erfahren kann. Der bisherige Indikator wird nicht fortgeführt, sondern nun im Monitoringbericht 2019 durch einen Fallstudien-Indikator zum Uferbewuchs ersetzt (WW-R-3 „Uferbewuchs von kleinen und mittelgroßen Gewässern“). Hierfür wurden Daten aus Brandenburg, Rheinland-Pfalz und Sachsen ausgewertet.

Des Weiteren wurde zu diesem Themenfeld (auch in Verbindung mit dem Hochwasserschutz) ein Indikationsansatz basierend auf dem Konzept der sogenannten Gewässerentwicklungsfläche oder Gewässerentwicklungskorridore diskutiert. Um allgemein anerkannte und für den Einzelfall anwendbare Regeln und Methoden für die Bestimmung der natürlichen Gewässerentwicklungskorridore und die Ausweisung von potenziellen natürlichen Gewässerentwicklungsflächen verfügbar zu haben und darauf aufbauend gemäß EG-WRRL ökologisch funktionsfähige Gewässer in die Kulturlandschaft integrieren zu können, wurde im Auftrag der LAWA Vollversammlung und im Rahmen der LAWA AO ein Berechnungsverfahren entwickelt (LAWA 2016a, 2016b<sup>15</sup>). Der Entwicklungskorridor ist der Bereich rechts und links eines Fließgewässers, der für eigendynamische Prozesse zur Verfügung stehen muss, um eine nachhaltige und naturnahe Gewässerentwicklung und die Erreichung des guten ökologischen Zustands und des guten ökologischen Potenzials zu ermöglichen. Er wird primär abhängig vom Gewässertyp und seinem potenziell natürlichen Formenschatz, von den topographischen Verhältnissen und den hydrologischen Randbedingungen ermittelt. Die für Rheinland-Pfalz entwickelte Methodik zur Ermittlung des Gewässerentwicklungskorridors wurde für die vereinfachte Anwendbarkeit in anderen Bundesländern angepasst und ist nun grundsätzlich ohne weiteren Entwicklungsaufwand auch durch andere Länder direkt nutzbar. Die LAWA hat Finanzmittel zur Durchführung eines Praxistests zur Verfügung gestellt, im Rahmen dessen unter der Leitung des Landesamts für Umwelt, Wasserwirtschaft und Gewerbeaufsicht Rheinland-Pfalz eine Anwendung der Methodik auf andere Länder getestet werden soll. Dieser Test soll bis Mitte 2019 abgeschlossen sein.

Wenn Daten zur Landnutzung innerhalb des Gewässerentwicklungskorridors vorliegen, lässt sich der Anteil von Restriktionen (insbesondere Siedlungsbebauung, Verkehrswege und Leitungstrassen) bzw. der Anteil geeigneter Nutzungen innerhalb des Gewässerentwicklungskorridors ermitteln. Als Response-Indikator wäre der Indikationswert insofern dynamisch, als sich zum einen mit einer veränderten Abflusssituation die Bemessung des Gewässerentwicklungskorridors und zum anderen auch die Landnutzung verändern würden. Als Diskussionsgrundlage wurde ein Indikator-Factsheet konzeptionell angelegt. Nach Ablauf des Praxistests kann weiter diskutiert werden, ob auf Grundlage der Gewässerentwicklungskorridore ein Response-Indikator etabliert werden kann.

### Weiterentwicklung 2022 / 2023

Ziel des für den Monitoringbericht 2019 entwickelten Indikators „Uferbewuchs von kleinen und mittelgroßen Gewässern“ war es, die Beschattung schmalere Fließgewässer durch gewässerbegleitende Gehölzvegetation abzubilden. Eine solche Beschattung kann dazu beitragen, dass sich die Gewässer nicht so stark aufgrund intensiver Sonneneinstrahlung erwärmen. Als Datengrundlage wurde die Gewässerstrukturkartierung genutzt und zwar der

---

<sup>15</sup> LAWA 2016a: LAWA Verfahrensempfehlung „Typspezifischer Flächenbedarf für die Entwicklung von Fließgewässern“ LFP Projekt O 4.13 – Ergebnisbericht, unveröffentlicht.

LAWA 2016b: LAWA Verfahrensempfehlung „Typspezifischer Flächenbedarf für die Entwicklung von Fließgewässern“ LFP Projekt O 4.13 – Anwenderhandbuch, unveröffentlicht.

Einzelparameter EP 5.1 „Uferbewuchs“. Es war angestrebt, die Fallstudie für den Monitoringbericht 2023 um zusätzliche Bundesländer zu erweitern und auch fachlich weiter zu verbessern. Schon 2019 wurde deutlich, dass das unterschiedliche Vorgehen der Bundesländer bei der Gewässerstrukturkartierung eine Schwäche des Indikators ist. Um zu prüfen, ob die Gewässerstrukturkartierungen der Länder tatsächlich eine valide Grundlage zur Erfassung der Beschattung sind, wurden zusätzliche Daten der Gewässerstrukturkartierung von Bayern, Hessen und Sachsen-Anhalt akquiriert. Außerdem wurden die bei der Erhebung dieser Daten sowie der Daten der ursprünglichen Fallstudie verwendeten Kartieranleitungen auf Konsistenz hin geprüft. Die Analyse ergab, dass der Bereich des Ufers, dessen Vegetation kartiert wird, in den einzelnen Verfahrensanleitungen unterschiedlich definiert ist. Neben der Frage, wo kartiert wird, sind auch die Kategorien, in denen die Vegetation kartiert wird, verschieden. Zudem variieren die Klassen, in denen die Gewässerbreiten angegeben werden, zwischen den einzelnen Verfahrensanleitungen. Hinzu kommt, dass die Daten der Gewässerstrukturkartierung zum Teil lückenhaft sind. Auch bei der Sichtung der Daten aus weiteren Bundesländern sind Lücken im Datenbestand sowohl hinsichtlich des Uferbewuchses als auch der Gewässerbreiten aufgefallen. Der Datenstand – also die Aktualität der Daten – ist sowohl innerhalb der einzelnen Bundesländer als auch im Vergleich der Länder sehr unterschiedlich. Datenaktualisierungen erfolgen zu unterschiedlichen Zeiten und teilweise erst nach vielen Jahren. Grundsätzlich gibt es zwei verschiedene Herangehensweisen an die Gewässerstrukturkartierung: Manche Länder kartieren kontinuierlich (vor allem Änderungen bei Maßnahmen an Gewässern), in anderen Ländern wird in regelmäßigen oder unregelmäßigen Abständen das gesamte Gewässernetz kartiert. Der zeitliche Abstand zwischen den Kartierungen ist nicht selten davon abhängig, ob und wann Gelder für die Gewässerstrukturkartierung bereitgestellt werden.

Neben den geschilderten Schwierigkeiten aufgrund der ungenügenden Vergleichbarkeit der Länderdaten sollten bei der Weiterentwicklung eines Indikators zur Beschattung die folgenden Aspekte berücksichtigt werden, um den Indikator fachlich zu verbessern:

- Ausschluss bestimmter Fließgewässerabschnitte: Gehölze sind nicht bei allen Fließgewässern bzw. Fließgewässerabschnitten der natürliche Uferbewuchs. In Mooren beispielsweise ist Gehölzbestand ein Zeichen von Degradierung, häufig gezielter Entwässerung und Aufforstung. Es ist daher in der Kommunikation ungünstig, Gehölzbestand an Fließgewässerabschnitten in Mooren als Klimafolgenanpassung (und damit ökologisch positiv konnotiert) zu interpretieren. Eine Beschattung durch Gehölze ist hier aus ökologischer Sicht nicht gewünscht. Gleichzeitig gibt es Fließgewässerabschnitte, die von Natur zwar nicht Gehölzbeständen, aber natürlicher Weise beschattet sind (z. B. Fließgewässer in Schluchten und Engtälern vor allem im Süden Deutschlands). Es ist daher sinnvoll, Kriterien für die Auswahl der in den Indikator einfließenden Fließgewässerabschnitte (bzw. für jene Abschnitte, die nicht eingehen sollen) zu entwickeln.
- Berücksichtigung der beschattenden Wirkung von Röhricht und Hochstauden auf kleine und mittelgroße Fließgewässer: Bei kleinen und mittelgroßen Fließgewässern kann nicht nur Gehölzbestand eine beschattende Wirkung entfalten. Auch Röhricht

und Hochstauden können diese Gewässer (insbesondere im Uferbereich) effektiv beschatten. Die Erfassung der Beschattungsleistung von Röhricht und Hochstauden lässt sich aber anhand der aktuellen Daten methodisch nicht sauber umsetzen, da diese Vegetationsformen häufig zusammen mit anderen Vegetationsformen wie Krautflur, Wiese oder Rasen kartiert werden, die für die Gewässer keine beschattende Wirkung haben.

- Berücksichtigung der Gehölzbestände des angrenzenden Auenbereichs bzw. des Gewässersaums: Der im Rahmen der Gewässerstrukturkartierung kartierte Uferbereich ist häufig recht schmal. Es können aber auch Gehölzbestände des bisher nicht berücksichtigten angrenzenden Auenbereichs oder Gewässersaums eine beschattende Wirkung auf die Fließgewässer haben. Insbesondere die bayerische Kartieranleitung empfiehlt, in die Bewertung der Beschattung auch die Angaben zum Gewässersaum einzubeziehen<sup>16</sup>. Mit Blick auf die Angaben zu Gewässersaum und Gewässerrandstreifen sowie der anschließenden Landnutzung sind die Kartieranleitungen aber zu unterschiedlich, um ein einheitliches Verfahren für den Indikator zu entwickeln. Verschiedene Kartieranleitungen geben beispielsweise nur an, ob es überhaupt einen Gewässerrandstreifen gibt, aber nicht wie die Vegetation dieses Gewässerrandstreifens aussieht.

Im Ergebnis ergab die Analyse, dass die derzeitigen Voraussetzungen für die Weiterentwicklung des Indikators ungünstig sind, da die aktuelle Praxis der Gewässerstrukturkartierung länderübergreifende Auswertungen kaum zulässt. Die detaillierte Analyse (die in einem separaten Ergebnispapier für die LAWA KG dokumentiert wurde) führte dazu, dass der LAWA AO zur besseren Nutzung der Gewässerstrukturkartierung für die Generierung von Klimaindikatoren im Jahr 2022 das LFP-Projekt Nr. K 4.22 „Hydromorphologische Indikatoren für den Klimawandel“ auf den Weg gebracht hat. Es soll über zwei Jahre hinweg darauf hinwirken, die Kartieranleitungen der Länder weiter zu harmonisieren und die Auswertbarkeit der Kartiererergebnisse für das Klimafolgenmonitoring zu verbessern. Vor diesem Hintergrund entschied die LAWA KG Klimaindikatoren, zunächst keine weiteren Arbeiten zum bestehenden Fallstudien-Indikator Beschattung von Fließgewässern vorzunehmen und diesbezüglich auch keine weiteren Datenanfragen an die Länder zu richten. Der Indikator kann daher auch für den Monitoringbericht 2023 weder weiterentwickelt noch aktualisiert werden.

In der LAWA KG Klimaindikatoren wurde auch diskutiert, ob auch für Seen ein beschattender Uferbewuchs als Anpassungsreaktion verstanden und mit einem Indikator dargestellt werden könnte. Vor allem Flachwasserbereiche könnten über randlichen Bewuchs (inklusive Röhricht) vor zu starker Erwärmung geschützt werden. Es wurde daher im Auftrag der LAWA KG Klimaindikatoren geprüft, inwieweit die uferstrukturelle Gesamtseeklassifizierung, die für über 50 ha große Seen vorgenommen wird und zum dritten Bewirtschaftungszyklus der WRRL

---

<sup>16</sup> LfU – Bayerisches Landesamt für Umwelt (Hg.) 2019: Gewässerstrukturkartierung von Fließgewässern in Bayern. Erläuterungen zur Erfassung und Bewertung. [www.bestellen.bayern.de/shoplink/lfu\\_was\\_00152.htm](http://www.bestellen.bayern.de/shoplink/lfu_was_00152.htm)

(2022 bis 2027) bundeseinheitliche Daten erwarten lässt, als Datengrundlage geeignet wäre. Schlussendlich erschien dies aber nicht möglich: Zum einen kann nicht davon ausgegangen werden, dass die uferstrukturelle Gesamtseeklassifizierung tatsächlich regelmäßig für jeden Bewirtschaftungszyklus der WRRL wiederholt wird. Zum anderen gibt es verschiedene Verfahren, die parallel existieren. Neben dem LAWA-Verfahren wird beispielsweise noch das HMS-Verfahren (HMS: HydroMorphologische Erfassung, Klassifikation und Bewertung von Seen) angewendet, unter anderem in Brandenburg. Die Beschattung von Seen ist bei diesen Verfahren nicht immer im Fokus, sodass mit einer homogenen Datengrundlage nicht zu rechnen ist.

### 2.2.3.4 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 Binnengewässern und an der Küste“ an der Schnittstelle zum Handlungsfeld Bevölkerungsschutz wurden im Handlungsfeld Wasser keine Indikatoren formuliert. Gleiches gilt für die Themenfelder Objektschutz, Monitoring, Forschung und Entwicklung und Marktentwicklung. Diesbezüglich hat sich auch für die Monitoringberichte 2019 und 2023 kein neuer Sachstand ergeben.

## 2.3 Schnittstellen des Handlungsfelds „Wasserhaushalt und Wasserwirtschaft“ mit anderen DAS-Handlungsfeldern

Wichtige Schnittstellen hat 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 amtliche festgesetzten Überschwemmungsgebieten), RO-R-2 (Vorrang- und Vorbehaltsgebiete für Grundwasserschutz und 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 „Verkehr, Verkehrsinfrastruktur“ bezüglich der Schiffbarkeit von Flüssen (VE-I-1 „Hochwassersperrungen am Rhein“, VE-I-2 „Niedrigwassereinschränkungen am Rhein“),
- dem DAS-Handlungsfeld „Menschliche Gesundheit“ bezüglich der Qualität von Badegewässern (GE-I-6 „Cyanobakterienbelastung von Badegewässern“),
- dem DAS-Handlungsfeld „Biologische Vielfalt“ bezüglich der „Rückgewinnung natürlicher Überflutungsflächen“ (BD-R-2),
- dem Handlungsfeld „Industrie und Gewerbe“ bezüglich des Wasserverbrauchs und der Wassereffizienz (IG-R-3 „Wasserintensität des Verarbeitenden Gewerbes“).