



LAWA Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser

Wasserwirtschaftliche Klima-Indikatoren in vorhandenen Monitoring-Programmen

Bundesweite Zusammenstellung und Handlungsempfehlungen für eine Vereinheitlichung und Anpassung

Die LAWA-VV hat dem vorliegenden Arbeitspapier in ihrer Sondersitzung am 07.12.2017 in Berlin zugestimmt.

Ständiger Ausschuss „Oberirdische Gewässer und Küstengewässer“ der LAWA (AO)

Bund/Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA)

Impressum

Wasserwirtschaftliche Klima-Indikatoren in vorhandenen Monitoring-Programmen – Überprüfung und Handlungsempfehlungen

Herausgeber:

Bund/Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA)

Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg

© Stuttgart, 2017

Bearbeitung:

Dr. Petra van Rühl, Umweltbundesamt (Federführung)

Dr. Jochen Fischer, Landesamt für Umwelt Rheinland-Pfalz

Dr. Jacobus Hofstede, Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt, Natur und Digitalisierung Schleswig-Holstein

Dr. Peter Krause, Thüringer Landesanstalt für Umwelt und Geologie

Dr. Thomas Maurer, Bundesanstalt für Gewässerkunde

Christiana Mühlner, Landesbetrieb für Hochwasserschutz und Wasserwirtschaft Sachsen-Anhalt

Marion Rosenbaum, Ministerium für Landwirtschaft und Umwelt Mecklenburg-Vorpommern

Dieter Schuster, Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg

Susan Zimmermann, Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft und Energie des Landes Sachsen-Anhalt, LAWA-AO Geschäftsstelle

Redaktion:

Christiana Mühlner, Landesbetrieb für Hochwasserschutz und Wasserwirtschaft Sachsen-Anhalt

Steffi Godon, Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft und Energie des Landes Sachsen-Anhalt, LAWA-AO Geschäftsstelle

Stand:

27.10.2017

Inhaltsverzeichnis

1	Auftrag und Veranlassung	6
1.1	Hintergrund	6
1.2	Auftrag	6
1.3	Vorgehen	7
2	Handlungsempfehlungen	7
2.1	Empfehlungen zum weiteren Vorgehen der LAWA	7
2.2	Grundsätze für die (Weiter-)Entwicklung von Indikatorenkonzepten	10
3	Begrifflichkeiten und Definitionen	13
3.1	Indikatoren	13
3.2	Klimaindikatoren und Klimafolgenindikatoren	14
3.3	Impact-Indikatoren und Response-Indikatoren	14
3.4	Machbarkeitsbetrachtung der Indikatoren und Priorisierung der weiteren Bearbeitung	16
4	Vorhandene Klima-Monitoring-Programme mit Bezug zur Wasserwirtschaft	17
4.1	Datenlage	17
4.2	Monitoring-Programm der Deutsche Anpassungsstrategie (DAS)	17
4.3	Monitoring-Programm des Kooperationsvorhabens KLIWA	21
4.4	Berichtssysteme einzelner Bundesländer	23
5	Wasserwirtschaftliche Klima-Impact-Indikatoren	28
5.1	Oberflächengewässer	28
5.1.1	Oberirdischer Abfluss	28
5.1.1.1	Mittlerer Abfluss und Abflussregime	28
5.1.1.2	Niedrigwasser	29
5.1.1.3	Hochwasser	30
5.1.2	Qualität der Oberflächengewässer	31
5.1.2.1	Ökologie der Binnen- und Küstengewässer	31
5.1.2.2	Ökologie der Meere	42
5.2	Grundwasser	43
5.2.1	Grundwassermenge	44
5.2.2	Grundwasserqualität	45

5.2.3	Bodenwasserhaushalt/Bodenwasservorrat	46
5.3	Küstengewässer	47
5.3.1	Meeresspiegel	48
5.3.2	Sturmfluten	49
5.3.3	Seegang	49
6	Wasserwirtschaftliche Handlungsfelder (Response-Indikatoren)	50
6.1	Binnenhochwasserschutz	50
6.2	Küstenschutz	53
6.3	Niedrigwassermanagement	53
6.4	Talsperren und Speicher	53
6.5	Grundwasserschutz und Grundwassernutzung	54
6.6	Wasserversorgung, Wassernutzung	54
6.7	Siedlungsentwässerung und Abwasserreinigung	57
6.8	Kühlwasser	59
6.9	Erneuerbare Energien/Wasserkraft	60
6.10	Schiffbarkeit	60
6.11	Gewässerökosystemschutz	60
6.12	Meeresschutz	62
6.13	Sturzfluten/Starkregen/Überflutungsschutz	62
6.14	Bewässerung	63
6.15	Niederungsentwässerung an der Küste	64
7	Übersicht über die Priorisierung der weiteren fachlichen Bearbeitung	65
7.1	Wasserwirtschaftliche Klima-Impact-Indikatoren	65
7.1	Wasserwirtschaftliche Handlungsfelder (Response-Indikatoren)	67
8	Abkürzungsverzeichnis	69
9	Literaturverzeichnis	71
10	Zusammenstellung der Hinweise der Länderabfrage auf weiterführenden Informationen und Links	76
10.1	Bundesebene	76
10.2	Länderebene	78
	Anhang	82

1 Auftrag und Veranlassung

1.1 Hintergrund

Es wird erwartet, dass der globale Temperaturanstieg infolge erhöhter Treibhausgasemissionen zu einer veränderten Dynamik des hydrologischen Kreislaufs und in der Folge zu Konsequenzen für die Wasserwirtschaft in Deutschland führt (BRASSEUR et al. 2017, IPCC 2014). Für eine nachhaltige Klima-Anpassung in der Wasserwirtschaft sind hydrologische Informationen in hoher Qualität und aussagekräftiger Dichte (in Raum und Zeit) unabdingbar. Nur wenn hydrologische Daten und davon abgeleitete Indikatoren über ausreichend lange Zeiträume zur Verfügung stehen, können Trends und, für die Klima-Anpassung von besonderer Bedeutung, Trendänderungen festgestellt werden (Detektion). Eine große Herausforderung stellt dabei nach wie vor die ursächliche Deutung der beobachteten Trends und Trendänderungen als Auswirkung des menschengemachten Klimawandels dar (Attributierung).

Ein sinnvolles Management erfordert Monitoring, denn:

"If you can't measure it, you can't manage it" (Kaplan & Norton¹ 1996)

Die Beobachtung von Folgen des Klimawandels und ergriffener Anpassungen unterstützt durch Bereitstellung von systematischen Informationen die Entwicklung von Anpassungsstrategien. Im Rahmen der „Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel“ (DAS) wurde ein Monitoringsystem entwickelt, das auf Bundesebene einen Überblick über die Betroffenheiten durch Auswirkungen des Klimawandels und über die in den jeweiligen Bereichen bereits initiierten Anpassungsprozesse gibt. Das System wird im Prozess der Fortschreibung überprüft und weiterentwickelt, um neue Erkenntnisse und Daten zu integrieren. Aktuell wird an der Weiterentwicklung der DAS-Monitoring-Indikatoren insbesondere zum Handlungsfeld Wasserhaushalt, Wasserwirtschaft, Küsten- und Meeresschutz gearbeitet. Auch die Bundesländer entwickeln zunehmend Monitoringsysteme zu Klimafolgen und Anpassung. Dies bietet die Möglichkeit, die verwendeten Methoden und Indikatoren aufeinander abzustimmen und eröffnet so die Chance zu einem konsistenten Indikatorensystem zu kommen, das die Folgen des Klimawandels auf den verschiedenen Ebenen mit abgestimmten Methoden erfasst und beschreibt. Monitoring- und Berichtssysteme zu Klimafolgen und Anpassung sollen systematisch Informationen bereitstellen, die ein Management unterstützen, das Vorsorge für im Zuge des Klimawandels projizierte Veränderungen zum Ziel hat.

1.2 Auftrag

Auf der LAWA-Sondersitzung am 31.05.2016 in Kressbronn-Gohren wurden LAWA-AO, LAWA-AG und LAWA-AH unter Federführung des LAWA-AO darum gebeten, die ***vorhandenen Monitoring- und Indikatorenkonzepte hinsichtlich der Auswirkungen klimabedingter Veränderungen zu überprüfen und Empfehlungen für eine Vereinheitlichung und***

¹ Robert S. Kaplan & David P. Norton: amerikanische Wirtschaftswissenschaftler (* 1940 & 1941)

Anpassung zu erarbeiten. Hierzu hat der LAWA-AO die Kleingruppe (KG): „Klimaindikatoren“ eingerichtet, in der Experten der Bundesländer und des Bundes gemeinsam Empfehlungen erarbeiten.

1.3 Vorgehen

Die LAWA KG Klimaindikatoren hat in einem ersten Schritt auf der Basis einer Länderabfrage über den LAWA-AO einen Überblick über vorhandene (und geplante) Klima-Monitoring-Programme (Kap. 3) und Klima-Indikatoren mit wasserwirtschaftlichem Bezug erstellt. Dabei wurde zwischen Impact-Indikatoren (Kap. 5) und Response-Indikatoren (Kap. 6) unterschieden (Definitionen s. Kap. 3).

Im zweiten Schritt wurden Handlungsempfehlungen für weitere Aktivitäten zur bundesweiten Vereinheitlichung von Indikatorenkonzepten und Anpassung von wasserwirtschaftlichen Monitoring-Programmen erarbeitet (Kap. 2).

Die Bearbeitung dieser Aufgabe erfolgte unter hohem Zeitdruck zwischen November 2016 und September 2017. Der vorliegende Bericht liefert eine Übersicht über den Status Quo, es wurden keine neuen Indikatoren entwickelt. Er formuliert Empfehlungen und Priorisierungen für weitere Arbeiten zur bundesweiten Vereinheitlichung und enthält übergreifende Feststellungen für die Entwicklung eines Indikatorensystems zum Thema Klimawandel und Wasserwirtschaft. Eine detaillierte Analyse und Diskussion wird empfohlen. Im Kapitel 2 dieses Arbeitsberichts werden entsprechende Vorschläge für die weitere Arbeit gemacht.

2 Handlungsempfehlungen

Diesem Bericht liegt eine Bestandaufnahme der in Deutschland in Bund und Bundesländern verwendeten bzw. in der Entwicklung befindlichen Klima-Indikatoren für den Wassersektor zugrunde. Hierzu wurde auf der Grundlage des DAS-Indikatoren-Systems eine aktuelle Bund/Länderabfrage erstellt und ausgewertet. Die Handlungsempfehlungen resultieren aus der Zusammenschau der Erkenntnisse der Aktivitäten auf Bundesebene (DAS-Indikatoren-Entwicklung) und der Indikatoren-Entwicklung in den Ländern [Länderabfrage]), die in den Kapiteln 5 und 6 im Einzelnen erläutert und soweit möglich priorisiert sind.

2.1 Empfehlungen zum weiteren Vorgehen der LAWA

Die Ergebnisse der Zusammenschau zeigen, dass eine Reihe von Indikatoren bereits in mehreren Klimafolge-Monitoringsystemen berücksichtigt wird. Zum Teil haben Bundesländer bei ihren Arbeiten auf den im Rahmen der Entwicklung des DAS-Monitoring-Systems erarbeiteten Grundlagen aufgebaut und bestehende Ansätze weiter entwickelt.

Unter Berücksichtigung dieser Ergebnisse wurde eine Empfehlung für eine Priorisierung von Klimafolgen-Indikatoren (Impact) und Anpassungs-Indikatoren (Response) abgeleitet, für die eine vertiefte fachinhaltliche Befassung der LAWA-Ausschüsse empfohlen wird. Ziel ist dabei eine sinnvolle Vereinheitlichung von Klimafolgen-Monitoring Systemen in Bund und Ländern, bei ausreichender Berücksichtigung von Landesspezifika.

Die Überprüfung der Indikatoren hat gezeigt, dass eine Reihe von Indikatoren regional von sehr hoher Bedeutung ist. Andere Indikatoren sind jedoch geeignet, überregional weiter entwickelt zu werden. **Die LAWA KG Klimaindikatoren empfiehlt insbesondere jene Indikatoren weiterzuentwickeln, die aufgrund ihrer bundesweiten Bedeutung, fachlichen bzw. fachpolitischen Aussagekraft, Machbarkeit und Umsetzbarkeit eine hohe Priorität für die weitere Bearbeitung bekommen haben. Sie gruppieren sich zu folgenden Themenfeldern:**

- **Hydrologie:** Mittlerer Abfluss, Niedrigwasserabfluss, Hochwasserabfluss
- **Grundwasser:** Grundwasserstand
- **Standgewässer:** Wassertemperatur stehender Gewässer, Dauer der Stagnationsperiode, Eintreten der Frühjahrsalgenblüte in stehenden Gewässern, Blaualgenbelastung von Badegewässern
- **Fließgewässer:** Wassertemperatur in Fließgewässern, Ökologischer Zustand oberirdischer Binnengewässer (mit geringer anthropogener Beeinflussung), KLIWA-Index_{MZB} als biozönotischer Indikator,
- **Wasserversorgung und Wassernutzung:** Entwicklung von Entnahmemengen, Wassernutzungsindex, Wasserintensität des Verarbeitenden Gewerbes
- **Maßnahmenmonitoring:** Rückgewinnung natürlicher Überflutungsflächen

Darüber hinaus gibt es Indikatoren von hoher fachlicher Bedeutung, deren Anwendbarkeit aber noch nicht gegeben ist bzw. deren Datengewinnung geprüft oder eingerichtet werden muss. Dies betrifft insbesondere die Response-Indikatoren auf der Grundlage von **Gewässerstruktur-, Kühlwassernutzungsdaten und die landwirtschaftliche Beregnung.**

Zudem gibt es Indikatoren wie z.B. die Eisbedeckung von Standgewässern, deren Erfassung derzeit sehr aufwendig ist, die aber durch methodische Weiterentwicklungen, etwa in der Fernerkundung, zukünftig ein großes Auswertungspotenzial besitzen könnten. Es wird zudem deutlich, dass in manchen Themenfeldern robuste Indikatoren fehlen bzw. nur erste Ideen vorhanden sind. Hierzu gehören die Ansätze aus dem Response-Bereich im Allgemeinen, aber auch speziell zu wichtigen Themen wie dem „Niedrigwassermanagement“. Außerdem zeigen sich hier enge Verzahnungen mit anderen Ressorts, die einen hohen Abstimmungsbedarf erfordern. Eine weitere fachliche Diskussion der bisherigen Indikatoren in den Facharbeitskreisen erscheint ebenso wichtig, wie eine übergeordnete strategische Diskussion, bei der prioritäre Themenfelder identifiziert werden.

Zu den vorgenannten Themenfeldern wird empfohlen, dass Bund und Länder ein LAWA-Konzept für ein Klimafolgen-Monitoring im Wassersektor entwickeln, Indikatoren abstimmen und Faktenblätter entwickeln. Hierzu enthält das Kapitel 2.2 Grundsätze für die (Weiter-)Entwicklung von Indikatorensystemen.

Mittelfristiges Ziel ist ein optimiertes und konsistentes Vorgehen zwischen Bund und Ländern sowie zwischen den Bundesländern. Dabei sollten die den Indikatoren zugrunde liegenden Wirkungszusammenhänge erläutert, Anwendungsbedingungen und Auswertungsvorgaben

definiert sowie Auswahlkriterien für ein Messnetz oder Pegel formuliert werden. Bei der Weiterentwicklung der bestehenden Indikatoren sollten auch europäische und internationale Aktivitäten berücksichtigt werden.

Zur Ausarbeitung abgestimmter Indikatoren entsprechend der Handlungsempfehlungen ist eine intensive Befassung der Fachausschüsse erforderlich, um Indikatoren-Konzepte und methodische Ansätze zu den einzelnen Indikatoren-Gruppen und den wasserwirtschaftlichen Handlungsfeldern abzuleiten. Dies ist insbesondere vor dem Hintergrund der Einbeziehung einer breiteren Expertise zu den einzelnen wasserwirtschaftlichen Themenbereichen sinnvoll. Diese Arbeiten können auf der Zusammenstellung der LAWA KG Klimaindikatoren aufbauen. Diese Aktivitäten sollten übergeordnet koordiniert werden. Für die übergreifende Organisation hat sich die Arbeit in einer Kleingruppe bewährt.

Da auf der Ebene des Bundes das DAS-Monitoring-System unter Berücksichtigung der Entwicklungen in Bundesländern weiterentwickelt wird, eröffnet sich aktuell die Möglichkeit, die Arbeiten auf Bundesebene mit der Arbeit der LAWA zu koordinieren. **Die LAWA KG Klimaindikatoren empfiehlt daher eine enge Zusammenarbeit mit den Arbeiten auf Bundesebene.**

Sowohl im DAS-Monitoring-System, als auch aus den Meldungen der Länder wurden bislang nur wenige Response-Indikatoren genannt, die die Anpassungen der Wasserwirtschaft an den Klimawandel abbilden. Hier wird empfohlen, bei der Umsetzung der Empfehlungen für wasserwirtschaftliche Anpassung an die Folgen des Klimawandels, auch über das Monitoring der Maßnahmenumsetzung nachzudenken. Hieraus können sich bei der Weiterentwicklung der Monitoring-Programme Ansätze für die Entwicklung von Response-Indikatoren ergeben, die es möglich machen, den Anpassungsprozess der Wasserwirtschaft an die Folgen des Klimawandels nachzuzeichnen und zu einem späteren Zeitpunkt im Hinblick auf die erfolgreiche Umsetzung zu evaluieren. Bei der Entwicklung und späteren Bewertung von Response-Indikatoren sind in besonderer Weise die Abhängigkeiten des Indikators von den jeweiligen Rahmenbedingungen sowie die nichtklimatischen Einflüsse zu beachten.

Für Indikatoren von hoher fachlicher Bedeutung, die noch nicht anwendungsreif sind, weil u.a. die erforderliche Datengewinnung geprüft oder eingerichtet werden muss, sollten perspektivisch zweckorientierte Messnetze definiert und dauerhaft betrieben werden.

Neben den vorgenannten Empfehlungen ist, ungeachtet einer gemeinsamen Entwicklung bundesweiter Indikatoransätze, fallweise eine landesspezifische Differenzierung zur Darstellung regionaler Schwerpunkte sinnvoll. Das trifft zum Beispiel auf Indikatoren zu, die ausschließlich Meeresgewässer betreffen oder Indikatoren, die nur in einigen Bundesländern sinnvoll zu erheben sind.

2.2 Grundsätze für die (Weiter-)Entwicklung von Indikatorenkonzepten

Es ist grundsätzlich sinnvoll, in der Wasserwirtschaft ein Klimafolgen-Monitoring zu etablieren und belastbare Indikatoren einheitlich zu erheben sowie problemadäquat und einheitlich auszuwerten.

Bei der Aufstellung eines Konzeptes für die LAWA und die Ableitung von Faktenblättern wird empfohlen, folgende Grundsätze zu berücksichtigen:

Überwachungsprogramme auf Synergien prüfen

- Zunächst können bestehende Überwachungsprogramme auf ihre „Klimafolgenrelevanz“ analysiert und ggf. adaptiert werden. Die dort gesammelten und für die verschiedenen EU- Berichtspflichten oder für die Deutschen Gewässerkundlichen Jahrbücher aufbereiteten Daten sollten auf ihre Verwendbarkeit für die Ableitung von Klima-Indikatoren geprüft werden.
- Perspektivisch sollten zweckorientierte Messnetze definiert und dauerhaft betrieben werden (siehe auch Mindestlänge von Zeitreihen).

Eindeutigkeit des Klimasignals anstreben und diskutieren

- Aus den Indikatoren sollte ein Klimasignal möglichst eindeutig ableitbar und quantifizierbar sein. D. h., mögliche andere Ursachen für Trendänderungen sollten ausgeschlossen bzw. quantifiziert werden können. Dazu müssen die Wirkungszusammenhänge zwischen Klimasignal und Indikator bekannt sein. Es ist von hoher Bedeutung, bekannte nicht klimatische Einflüsse zu beschreiben, darzustellen und bei der Interpretation offen zu kommunizieren.

Methoden vergleichbarer machen (Indikatoren-Definition)

- Bei der Weiterentwicklung von Indikatoren sollte darauf geachtet werden, ihre länderübergreifende Vergleichbarkeit zu erhöhen. Dies bedeutet insbesondere die Vergleichbarkeit der Definitionen für gleiche Kenngrößen innerhalb von Indikatoren-Systemen. Seine Spezifität erhält ein Indikator erst, wenn er unter bestimmten Rahmenbedingungen angewandt wird. Diese sind in einem Indikatorenkonzept zu erläutern (vgl. Umweltbundesamt (UBA) Indikatoren Factsheets), das die Wirkungszusammenhänge erklärt, Anwendungsbedingungen ausleuchtet, Auswertungsvorgaben definiert und Auswahlkriterien für ein Messnetz oder eine Messstation enthält.
- Als Basis der weiteren Abstimmungen wird die Notwendigkeit gesehen, Indikatoren auf einer einheitlichen zeitlichen Grundlage auszuwerten. Die zeitliche Entwicklung eines Indikatorwertes kann sowohl durch Veränderungsraten (Trends) oder durch Bezug auf einen Indikatorwert zu einem Vergleichszeitpunkt ausgedrückt werden (dimensionslose Signale).
- Als eine grundlegende Schwierigkeit wurde die eindeutige **Abgrenzung von Impact-Indikatoren und Response-Indikatoren** erkannt. Die Klassifizierung der gemeldeten Indikatoren in reine Impact-Indikatoren, die nur die Auswirkungen des Klimawandels anzeigen, und reine Response-Indikatoren, die nur die Anpassungsreaktionen messen, ist wünschenswert und theoretisch richtig, in der Praxis aber oft nicht eindeutig möglich.

Dies gilt umso mehr, wenn zu ihrer Entwicklung Daten vorhandener Messsysteme verwendet werden, bei denen gewisse Kompromisse gemacht werden mussten. Denn was gemessen wird, unterliegt oft vielen Einflüssen, die sich nicht ohne weiteres trennen lassen. Z.B. beinhaltet ein Impact-Indikator „Niedrigwasser“ neben Effekten des Klimawandels auch die der Wasserbewirtschaftung (die wiederum nichts anderes sind als frühere Anpassungsmaßnahmen an mangelnde räumliche oder zeitliche Wasserverfügbarkeit). Umgekehrt misst z.B. der Response-Indikator „Einschränkung der Schifffahrt aufgrund von Niedrigwasser“ einerseits die Effekte von betrieblichen, wasserbaulichen oder wasserwirtschaftlichen Anpassungsmaßnahmen, aber ebenso den Effekt des Klimawandels auf die Abflüsse. Zur Abgrenzung zwischen Impact- und Response-Indikatoren sollte berücksichtigt werden, dass in der Impact-Kategorie die Auswirkungen des Klimawandels (direkte und indirekte Folgewirkungen) zusammengefasst werden und dass in der Response-Kategorie Aktivitäten aufgeführt werden, die den Anpassungsprozess unterstützen. Dies sollte bei der Definition der Indikatoren beachtet werden.

Repräsentativität von Messstellen sicherstellen

- Die den Indikatoren zugrundeliegenden Messstationen sollen ein repräsentatives Bild für Deutschland, für das jeweilige Bundesland und/oder für die jeweilige (meteorologisch homogene) Region ermöglichen.
- Indikatoren werden im Allgemeinen für verschiedene Einsatzzwecke gebildet und weisen abhängig von ihrer Definition einen Skalenbereich auf, für den sie gültig sind. Es sollte bei der Fortentwicklung daher versucht werden, Indikatoren anhand der Eigenschaften der Gebiete, die sie repräsentieren (Fläche, Naturraum, Region etc.), und der Handlungsfelder, für die sie konstruiert wurden, zu charakterisieren und zu typisieren bzw. zu clustern. Zumindest sollte der Anwendungs- bzw. Gültigkeitsbereich klar benannt werden.
- Die Auswahl anthropogen möglichst wenig gestörter Messstellen (quantitativ wie qualitativ) kann maßgeblich dazu beitragen, ansonsten oft durch anthropogene Effekte überlagerte, subtile Klimasignale in Messreihen deutlicher sichtbar zu machen.

Mindestlänge von Zeitreihen sicherstellen

- Für Indikatoren, die Klimafolgen abbilden, sollten die zugrundeliegenden Beobachtungsdaten nach Möglichkeit mindestens für die letzten 30 Jahre ununterbrochen und homogen vorliegen, damit Trends und (klimabedingte) Trendänderungen feststellbar sind. Dazu ist die Fortführung von Messungen an bestehenden repräsentativen Messstellen unabdingbar. Bei der Beobachtung von Anpassungsmaßnahmen wird es nur ausnahmsweise möglich sein, auf lange Zeitreihen aufzusetzen, daher wird es hier notwendig sein, neue Erfassungssysteme zu entwickeln und zu nutzen und damit die Grundlage für zukünftig verbesserte Analysemöglichkeiten zu legen.
- Bei Indikator-Neuentwicklungen (z. B. bei gewässerökologischen Indikatoren), bei denen noch nicht auf lange Messreihen zurückgegriffen werden kann, sind entsprechend lange Messhorizonte einzuplanen.

Passende Messfrequenz wählen

Die Messfrequenz der den Indikatoren zugrunde liegenden Beobachtungsdaten soll dem jeweiligen Klima-Indikator angepasste (ausreichende) zeitliche Intervalle aufweisen. **Zeitliche Konstanz der Messmethoden sicherstellen**

- Die Messmethodik der den Indikatoren zugrunde liegenden Beobachtungsdaten sollte über den gesamten Zeitraum einheitlich sein bzw. Änderungen im Messverfahren sollten bei der Aufbereitung zu Klima-Indikatoren entsprechend berücksichtigt werden können.

Saisonalität beachten

- Soweit für einzelne Handlungsfelder von Bedeutung, sollten auch Indikatoren entwickelt werden, die die Veränderung der Saisonalität beschreiben, z.B. durch getrennte Auswertung von hydrologischen Sommer- und Winterhalbjahren oder der Verschiebung der innerjährlichen Maxima und Minima der jeweiligen Kenngröße auf Monatsbasis. Veränderte hydrologische Saisonalitäten sind auch in der Biologie von großer Relevanz, da über sie wichtige Lebensprozesse synchronisiert werden.

Mittel- und Extremwerte getrennt betrachten

- Weiterhin wird empfohlen, strikt zwischen Indikatoren für mittlere Jahreshöchstwerte oder Jahresniedrigstwerte sowie Indikatoren für extrem selten eintretende Ereignisse zu unterscheiden. Letztere verändern sich im Allgemeinen nicht ohne weiteres in gleicher Weise wie Erstere, da sich die zugrundeliegenden Entstehungsmechanismen häufig unterscheiden (z.B. Klimasignale für das MHQ und das HQ100). Insbesondere bei der Ableitung von Indikatoren für extrem seltene Ereignisse muss deren Aussagefähigkeit hinterfragt werden. Dazu ist die ermittelte Veränderung ins Verhältnis zur Ungewissheit der Ermittlungsmethode der Bezugsgröße zu setzen (z.B. aufgrund zu kurzer und daher nicht repräsentativer Zeitreihen zur Ermittlung eines HQ100 in Verbindung mit Effekten aus der Abgrenzung von Bezugsperioden oder Instationarität, z.B. auch aufgrund von Hochwasserschutzmaßnahmen).

Vergleichbarkeit modellgestützter Aussagen prüfen

- Zur Identifikation unterschiedlicher Einflüsse (a), der Schärfung der Indikatoren (b) und Verbesserung der Attribuierung (c) empfehlen sich Modellierungen.
- Modellierungen sind aber nicht in allen Fällen geeignet: Solange keine einheitlichen, standardisierten Modellierungen vorliegen, wird eine Auswertung von Beobachtungsdaten empfohlen, um die Vergleichbarkeit zu gewährleisten.

Fernerkundungsdaten nutzen

- Indikatoren, die eine hohe Messfrequenz (zumindest temporär) erforderlich machen (z. B. Anzahl eisfreier Tage oder das Einsetzen der Frühlingsalgenblüte in stehenden Gewässern) gelten bislang als schwierig umsetzbar. Durch die Fortentwicklung von Fernerkundungsmethoden könnte dies zukünftig einfacher werden.

3 Begrifflichkeiten und Definitionen

Wenn das Ziel Vereinheitlichung lautet, ist es wichtig, übereinstimmende Vorstellungen der zu betrachtenden Prozesse und Prozessgrößen zu haben. Dazu dienen Definitionen und Abgrenzungen.

3.1 Indikatoren

Indikatoren (wörtlich: Anzeiger, vom latein *indicare*: anzeigen) sind Maßzahlen, die der Quantifizierung charakteristischer Eigenschaften dienen und denen eine Vorschrift zur quantitativen reproduzierbaren Ermittlung einer Größe oder eines Zustandes oder Vorgangs zugrunde liegt (Wikipedia 2017, LESER 1997). Sie werden auch Kennzahlen genannt.

Die Definition eines Indikators liefert eine Berechnungsvorschrift, mit deren Hilfe eine Zeitreihe von Indikatoren-Werten erstellt wird. Das Interesse gilt dann der Analyse der zeitlichen Entwicklung dieser Zeitreihe. Indikatoren-Werte können sowohl Momentanwerte als auch Aggregationen über mehr oder weniger lange Zeiträume sein (z.B. Jahresmittel oder gleitende Mittelwerte über mehrere Jahre).

Im Zusammenhang mit der Frage nach den Folgen des Klimawandels interessieren nicht die Schwankungen von Tag zu Tag oder Jahr zu Jahr, sondern entsprechend der Definition des Klimabegriffs langfristige durchschnittliche Veränderungen der statistischen Eigenschaften der beobachteten Zustände. Das typische Mittelungsintervall zur Analyse klimatischer Entwicklungen ist 30 Jahre. Entsprechend lange Zeitreihen sind erforderlich.

Neben dem Verlauf der absoluten Indikatoren-Werte interessiert i.d.R. besonders deren Veränderung, im vorliegenden Fall die durch den Klimawandel induzierte. Hierfür werden verschiedene Methoden angewandt.

Eine Möglichkeit ist die statistische Ermittlung von Trends über einen längeren Zeitraum. Man erhält eine mittlere Veränderung pro Zeit bzw. eine Veränderungsrate (z.B. Zunahme des mittleren Abflusses oder des Meeresspiegelanstiegs pro Jahr oder Jahrhundert).

Eine andere Möglichkeit ist es, zwei Zeithorizonte durch Division (oder seltener: durch Subtraktion) in Beziehung zueinander zu setzen. Das Verhältnis der Zeitreihe von zeitlich gemittelten Indikatoren-Werten zum selben Indikatoren-Wert, gemittelt über einen gleichlangen Bezugszeitraum, liefert eine Zeitreihe von sogenannten Änderungssignalen. Wenn die Änderung eindeutig dem Klimawandel zugeschrieben werden können, wird von Klimasignalen gesprochen. (Zum Beispiel bedeutet ein Klimasignalwert für den NMQ von 0,9, etwa für den Zukunftszeitraum 2021-2050, dass das über 30 Jahre gemittelte NMQ zukünftig nur noch 90% des entsprechenden Durchschnitts des Bezugszeitraums (bspw. 1961-1990) beträgt).

Die zeitliche Entwicklung eines Indikatorwertes kann also durch Veränderungsraten (Trends) oder durch Bezug auf den Indikatorwert im Bezugszeitraum ausgedrückt werden (sogenannte Signale, dimensionslos).

Die genannten Methoden können natürlich auch direkt Bestandteil der Definition eines Indikators sein.

3.2 Klimaindikatoren und Klimafolgenindikatoren

Wesentlich ist es **Klimaindikatoren** und **Klimafolgenindikatoren** zu unterscheiden:

1. **Klimaindikatoren** beschreiben das Klima eines definierten Zeitraums über Indikatoren, die in der Regel als Auswertungen meteorologischer Parameter zur Verfügung stehen. Mit ihnen lassen sich langfristige Veränderungen des Klimas über den Vergleich von Auswertungen meteorologischer Parameter für unterschiedliche definierte Zeiträume beschreiben.
2. **Klimafolgenindikatoren** beschreiben die Folgen des Klimawandels für Mensch, Umwelt und Natur. Hier geht es also nicht um die Beschreibung von Klima und seinen Veränderungen, sondern um die Beschreibung von Folgen der klimatischen Veränderungen auf unterschiedliche Mensch-Umwelt-Natur Systeme. Im DAS-Monitoring-System werden Klimafolgenindikatoren als Impact-Indikatoren bezeichnet denen sogenannte Response-Indikatoren gegenüber gestellt werden. Diese stellen Anpassungen dar, von denen angenommen wird, dass sie die Widerstandsfähigkeit der betrachteten Systeme gegenüber Klimafolgen stärken können. Ein wasserwirtschaftlich relevantes Beispiel ist die Schaffung von Retentionsflächen um Folgen von Starkregen und Überschwemmungen zu mindern.

3.3 Impact-Indikatoren und Response-Indikatoren

Vielfach wird zur Strukturierung von Monitoring-Systemen auf den DPSIR-Ansatz (Driving Forces, Pressure, State, Impact, Response) der Europäischen Umweltagentur zurückgegriffen (EEA 1999) (vgl. Abbildung 1).

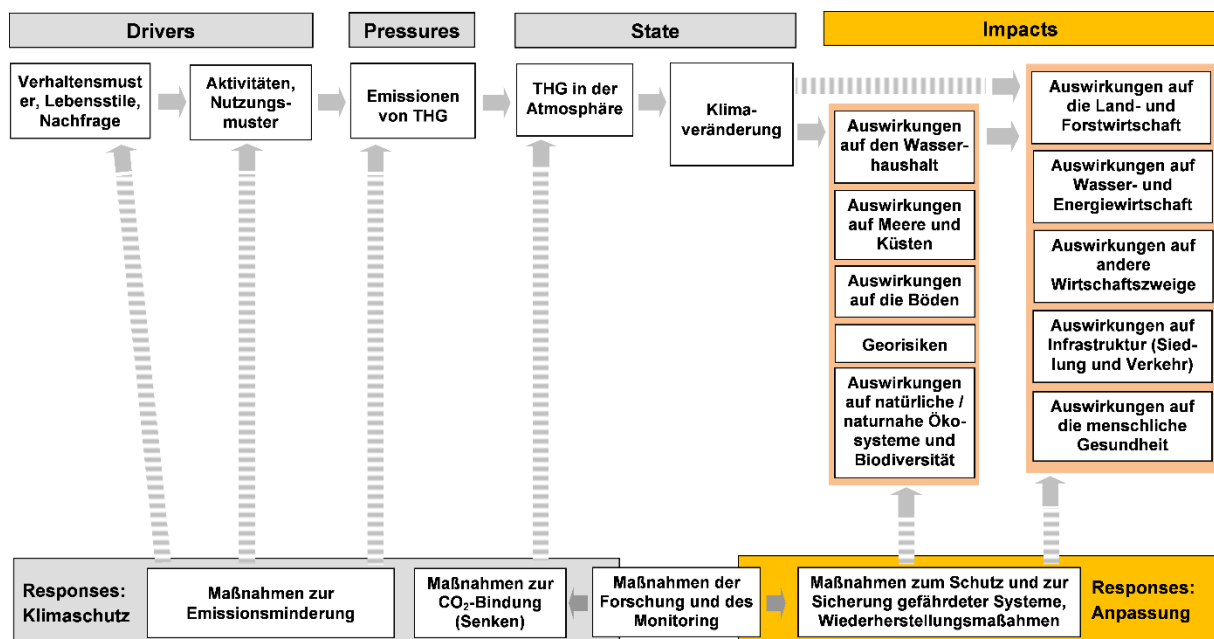


Abb. 1: Impact- und Response-Kategorie im DAS-Monitoring-System (Schönthaler, von Andrian-Werburg 2015)

Die Abgrenzung zwischen den Kategorien wird – je nach Ausgangspunkt der Betrachtung – oftmals unterschiedlich interpretiert, denn je nach Standpunkt in einer im Allgemeinen mehrstufigen Ursache-Wirkungs-Kette kann eine Größe als Wirkung oder Ursache angesehen werden.

Auch im DAS-Monitoring-System wurde zur Strukturierung des Themenfelds Klimawandel das in Abbildung 1 dargestellte Ursache-Wirkungsschema zugrunde gelegt. Die Beschreibung von Klimaveränderungen erfolgt im DAS-Monitoring-Bericht in einem eigenen Kapitel, das die Klimaveränderungen in Deutschland für mittlere Klimaänderungen sowie für Änderungen von Extremen darstellt. Diese Darstellung ist nicht Teil der DAS-Monitoring-Indikatoren. Mit Impact-Indikatoren werden die Folgen des Klimawandels (direkte und indirekte Folgewirkungen) zusammengefasst. Sie werden in Zeitreihen beobachtet, wobei idealerweise auf klimabedingte Veränderungen fokussiert wird. Diese sind aber zum Teil schwer von Folgen veränderter Nutzungen abzugrenzen. Die Darstellung in der Wasserwirtschaft bezieht sich auf relevante (hydrologische, physikalisch-chemische und biologische) Zustandsvariablen des Wasserkreislaufs, der aquatischen Ökosysteme und der Wasserwirtschaft. Dargestellt werden die Indikatoren – wo möglich – auf Ebene des Bundes.

In der Response-Kategorie werden Aktivitäten aufgeführt, die den Anpassungsprozess unterstützen. Viele Maßnahmen, die mit Klimawandelanpassung in Zusammenhang gebracht werden, dienen nicht allein diesem Zweck oder wurden aus anderen Motivationen heraus ergriffen. Dennoch können sie einen wirkungsvollen Anpassungsprozess unterstützen, wenn sie die Widerstandsfähigkeit (Resilienz) der Systeme gegen Belastungen stärken. Response-Indikatoren quantifizieren derartige Aktivitäten und Maßnahmen entweder direkt (Anzahl, Kosten, Flächen, Längen,...) oder erfassen indirekt deren Auswirkung in den betrachteten Handlungsfeldern. Besonders aussagekräftig sind letztere dort, wo beobachtete Veränderungen vor den Aktivitäten und Maßnahmen nur bzw. zumindest überwiegend dem Klimawandel zugeschrieben werden können und möglichst keinen anderen sich zeitlich ändernden Einflüssen unterlagen.

Entsprechend kann ein auf bestimmte Weise definierter Indikator auch je nach den genauen Umständen seines Einsatzes entweder Impact- oder Response-Indikator sein. Misst er Verhältnisse, die von nichts anderem als dem Klimawandel beeinflusst sind, so handelt es sich um einen Impact-Indikator. Misst der gleich definierte Indikator hingegen überwiegend die Veränderung aufgrund ergriffener Aktivitäten und Maßnahmen, so ist er als Response-Indikator aufzufassen.

3.4 Machbarkeitsbetrachtung der Indikatoren und Priorisierung der weiteren Bearbeitung

Nicht alle untersuchten Indikatoren können leicht erstellt werden oder zeigen direkt und überwiegend den Einfluss des Klimawandels auf. Sie wurden daher hinsichtlich ihrer Machbarkeit und Priorität in der weiteren Befassung beurteilt und klassifiziert. Priorität ist dabei nicht mit Bedeutung oder Relevanz gleichzusetzen, sondern drückt aus, ob ein Indikator im Hinblick auf den baldigen Einsatz in einem operationellen Klimafolgen-Monitoring zur prioritären Bearbeitung in der Fachausschüssen der LAWA empfohlen wird.

Machbarkeitsstufen

Entsprechend des Vorgehens bei der Machbarkeitsbetrachtung umweltbezogener Nachhaltigkeitsindikatoren (BLAG KLINA 2014) wurde bereits bei der von der KG Klimaindikatoren durchgeführten Länderabfrage eine Einschätzung der Machbarkeit in den folgenden drei Stufen mit abgefragt:

Stufe 1:	Indikator ist machbar und wird berichtet.
Stufe 2:	Indikator ist machbar; fachliche, methodische oder datenbezogene Aspekte müssen noch geklärt werden.
Stufe 3:	Indikator ist fachlich bedeutsam, aber nicht anwendungsreif; bedürfte erheblicher Anstrengungen zur fachlichen, methodischen oder datenbezogenen Klärung.

Priorisierung

Die Kleingruppe hat für die Empfehlung zur Bearbeitung durch die LAWA Ausschüsse den einzelnen Indikatoren eine hohe, mittlere oder geringe Priorität zugewiesen, wobei folgende drei Kriterien bewertet wurden:

- Indikator hat eine bundesweite Bedeutung
- Machbarkeit und Umsetzbarkeit ist vorhanden (Machbarkeitsstufen 1 und 2)
- Hohe Aussagekraft für den Klimawandel ist erkennbar

Hoch:	Eine weitere Bearbeitung in den LAWA Ausschüssen wird mit hoher Priorität empfohlen. Die Datengrundlage für die Auswertung ist vorhanden und der Indikator hat eine hohe Aussagekraft für den Klimawandel.
Mittel:	Eine weitere Bearbeitung in den LAWA Ausschüssen wird derzeit mit mittlerer Priorität empfohlen.
Gering:	Eine weitere Bearbeitung in den LAWA Ausschüssen wird derzeit mit geringer Priorität empfohlen. Der Indikator ist eher von regionaler Bedeutung bzw. die Datengrundlage oder Aussagekraft ist nicht ausreichend.

4 Vorhandene Klima-Monitoring-Programme mit Bezug zur Wasserwirtschaft

4.1 Datenlage

Idealerweise sollte ein auf das Klimafolgen-Monitoring direkt zugeschnittenes Messnetz eingerichtet und betrieben werden. Jedoch werden in Deutschland bereits aus verschiedensten Gründen eine Vielzahl von Messnetzen zur Erfassung von physikalischen, chemischen und biologischen Zustandsvariablen des Bodens, des Wassers und der Luft sowie von Flora und Fauna von Bundesländern, Bund und Forschungseinrichtungen betrieben. Neben Messnetzen zur Erfassung des quantitativen und qualitativen Zustandes von Oberflächengewässern und des Grundwassers sowie meteorologischen Messnetzen sind dies z.B. Waldklimastationen und Phänologische Gärten, Monitoring-Systeme zu Lebensraumtypen und Arten der Flora-Fauna-Habitat-Richtlinie², Brutvogelkartierungen. Es stehen also Beobachtungsdaten aus Messnetzen zur Verfügung, die schon seit langer Zeit betrieben werden. Die Messnetze wurden nicht zur Beobachtung von durch Klimawandel verursachten Veränderungen eingerichtet und erfüllen daher zum Teil nicht in optimaler Weise Anforderungen, die theoretisch an ein Klimafolgen-Monitoring zu stellen sind. Der Vorteil der Nutzung von Beobachtungsdaten bestehender Messnetze ist aber, dass auf Zeitreihen zurückgegriffen werden kann, die viele Jahre und zum Teil Jahrzehnte zurück reichen. Daher bietet es sich an - auch in Hinblick auf Kosteneffizienz - vorhandene Datenbestände zu nutzen, um Folgen des Klimawandels auf natürliche und gesellschaftliche Systeme zu beobachten und darzustellen. Nicht alle Daten eignen sich jedoch gleichermaßen, daher kann es erforderlich sein, Messnetze für Zwecke des Klimafolgen-Monitorings weiterzuentwickeln oder im Einzelfall neu aufzubauen.

Für die Information zu Folgen des Klimawandels ist es erforderlich, aus der Fülle der Daten charakteristische Zeitreihen auszuwählen, die eine Reihe von Anforderungen erfüllen müssen. So ist es wichtig, dass Veränderungssignale eindeutig auf klimatische Veränderungen bezogen werden können und andere Ursachen für Veränderungen möglichst ausgeschlossen oder aber in der Darstellung der Indikatoren deutlich gemacht werden können. Dies wird am Beispiel der DAS-Monitoring-Indikatoren im folgenden Kapitel 4.2 ausführlich dargestellt und konkretisiert.

4.2 Monitoring-Programm der Deutsche Anpassungsstrategie (DAS)

Die Bundesregierung hat im Dezember 2008 die Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel beschlossen. Die DAS beschreibt, in welchen Bereichen Veränderungen durch den Klimawandel zu erwarten sind oder bereits beobachtet werden und welche grundsätzlichen Handlungsmöglichkeiten und Handlungserfordernisse in verschiedenen Sektoren bestehen.

² Richtlinie 92/43/EWG des Rates vom 21. Mai 1992 zur Erhaltung der natürlichen Lebensräume sowie der wildlebenden Tiere und Pflanzen

In der DAS werden 13 Handlungsfelder und zwei Querschnittsthemen³ angesprochen. Mit der DAS wurde der Auftrag für die Entwicklung eines dauerhaft angelegten Klimafolgen-Monitorings gegeben. Dieses Instrument ist ein wichtiger Beitrag, um Veränderungen infolge des Klimawandels systematisch mit konkreten Daten zu dokumentieren (DAS 2008).

Der erste Monitoringbericht zur DAS wurde im Mai 2015 von der Interministeriellen Arbeitsgruppe Anpassungsstrategie der Bundesregierung als Teil des vom Bundeskabinett beauftragten Fortschrittsberichts zur Deutschen Anpassungsstrategie vorgelegt (UBA 2015). Auf der Grundlage der **DAS-Monitoring-Indikatoren** wird ein Überblick über die Betroffenheiten durch Folgen des Klimawandels auf Bundesebene gegeben. Darüber hinaus werden mit Response-Indikatoren die in den jeweiligen Bereichen bereits initiierten Anpassungsprozesse dargestellt. Die DAS-Monitoring-Indikatoren wurden in einem mehrjährigen Entwicklungs- und Abstimmungsprozess mit behördlichen Vertretern unterschiedlicher Ressorts auf Bundes- und teilweise auch Landesebene sowie nicht-behördlichen Fachexperten erarbeitet (Schönthaler, von Andrian Werburg 2015).

Da Veränderungsprozesse vielfältig beeinflusst werden lässt sich bei vielen Indikatoren im DAS-Monitoring-System der spezifische Beitrag des Klimawandels zu beobachtbaren Veränderungen in der Umwelt, Gesellschaft oder Wirtschaft nicht oder nur schwer bestimmen. Einfache Ursache-Wirkungsbeziehungen sind kaum mehr zu beschreiben. Für das DAS-Monitoring-System wurden in Abstimmung mit allen Bundesressorts und unter Beteiligung der Bundesländer Indikatoren für Themen ausgewählt, für die wissenschaftliche Erkenntnisse darauf hin deuten, dass mit Veränderungen im Zuge des Klimawandels zu rechnen ist.

Die Indikatoren basieren auf Daten und Zeitreihen aus bestehenden Messnetzen, die nicht zum Zweck des Klimafolgen-Monitorings, sondern als Messnetze zur Beobachtung von unterschiedlichen fachspezifischen Fragestellungen eingerichtet wurden. Daher war es in der Entwicklung der Indikatoren für das DAS-Monitoring von großer Bedeutung, die Nutzbarkeit konkreter Datensätze zum Zweck des Klimafolgen-Monitorings mit Fachexperten ausführlich zu diskutieren und insbesondere die Möglichkeit der Attributierung von Veränderungen auf Folgen des Klimawandels zu reflektieren. Aufgrund begrenzter Datenverfügbarkeiten war es nicht möglich, alle relevanten in der Diskussion befindlichen Prozesse und Handlungsansätze mit Indikatoren abzubilden. Vieles entzieht sich der quantitativen Analyse und Darstellung. Viele Datenerhebungen stehen außerdem erst am Anfang, und es bedarf längerer Zeitreihen zur Interpretation der Entwicklungen. Bei vielen DAS-Monitoring-Indikatoren lässt sich der spezifische Beitrag des Klimawandels zu beobachtbaren Veränderungen in der Umwelt, Gesellschaft oder Wirtschaft nicht oder nur schwer bestimmen, da Veränderungsprozesse vielfältig beeinflusst werden. Bei der Entwicklung des DAS-Monitoring-Indikatoren-Systems wurden Ursache-Wirkungsbeziehungen intensiv diskutiert. Unschärfen der Interpretation ergeben sich auch mit Blick auf den Anpassungsprozess, da Anpassungsmaßnahmen das System und damit auch die Zustände verändern.

³ Menschliche Gesundheit, Bauwesen, Wasserhaushalt, Wasserwirtschaft, Küsten- und Meeresschutz; Boden; Biologische Vielfalt; Landwirtschaft; Wald und Forstwirtschaft; Fischerei; Energiewirtschaft; Finanzwirtschaft; Verkehr, Verkehrsinfrastruktur; Industrie und Gewerbe sowie Tourismuswirtschaft, Raum-, Regional- und Bauleitplanung sowie Bevölkerungsschutz

Viele Maßnahmen, die mit Klimawandelanpassung in Zusammenhang gebracht werden, dienen nicht allein diesem Zweck oder wurden sogar aus ganz anderen Motiven heraus ergriffen. Dennoch können sie einen wirkungsvollen Anpassungsprozess unterstützen.

Im Sinne des DAS-Monitoring-Systems sind die Monitoring-Indikatoren Größen, die sich im indikatorengestützten Monitoring-Bericht in einer Zeitreihe in einem einzigen, gut darstellbaren und leicht erfassbaren Diagramm darstellen lassen. Bei den Indikatoren kann es sich handeln um:

- einfache Datensätze, die unmittelbar vom Datenlieferanten übernommen werden können. Diesen Datensätzen können mitunter komplexere Verfahren der Stichprobenerhebung, der Fehlwertergänzung oder andere statistische Verfahren zugrunde liegen,
- eine Zusammenschau mehrerer Datensätze, die ggf. auch aus unterschiedlichen Datenquellen stammen, die sich aber auf einen gleichen oder einen sehr ähnlichen Tatbestand richten, der in seiner Entwicklung mit Indikatoren abgebildet werden soll. Das bedeutet, sie können im engen inhaltlichen Zusammenhang miteinander diskutiert und interpretiert werden. In einigen Fällen ist es erforderlich, die Datenreihen im Diagramm auf zwei unterschiedlichen Vertikalachsen abzutragen,
- komplex berechnete Indikatoren, in denen mehrere Datensätze miteinander verrechnet werden.

Das Monitoringsystem zur DAS besteht aus „Impact-Indikatoren“ und „Response-Indikatoren“ sowie „handlungsfeldübergreifenden Indikatoren“. Neben den bundesweit valide darstellbaren Indikatoren wurden zwei weitere Kategorien von Indikatoren eingeführt, die sogenannten Fallstudien und Proxy-Indikatoren. Sowohl Fallstudien als auch Proxy-Indikatoren dienen wesentlich dem Ziel, die für wichtig erachteten Themen mit quantitativen Daten im Monitoringbericht verankern zu können.

- **Fallstudien** stehen für Themenfelder, die sich derzeit aufgrund der Datenverfügbarkeit noch nicht für ganz Deutschland oder noch nicht in der gewünschten Qualität berechnen lassen. Im Handlungsfeld Wasserwirtschaft, Wasserhaushalt wurden Fallstudien für die Darstellung von klimatisch bedingten Vorgängen in Oberflächengewässern verwendet, da hier die Aggregation von Zeitreihen aus verschiedenen Gewässern methodisch eine Herausforderung darstellt.
- **Proxy-Indikatoren** sind für bundesweite Darstellungen angelegt, erfordern aber konzeptionelle und/oder methodische Weiterentwicklungen. Sie sind eine Annäherung an den thematischen Gegenstand, da direktere Messungen oder Informationen nicht verfügbar sind (vgl. auch EEA GLOSSARY 1998). Im Monitoring-Bericht wird im Falle der Proxy-Indikatoren ein größeres Gewicht auf die Erläuterungen zum durch den Indikator repräsentierten Themenfeld und weniger auf die inhaltliche Interpretation der Indikatoren-Werte und ihrer Entwicklung gelegt.

Insgesamt umfasst das DAS-Monitoring-System 102 Indikatoren, 55 davon beschreiben Folgen des Klimawandels (Impact-Indikatoren), 42 Anpassungsmaßnahmen oder Aktivitäten und Bedingungen, die den Anpassungsprozess beeinflussen (Response-Indikatoren).

Fünf Indikatoren sind handlungsfeldübergreifende Indikatoren, die übergreifende Aktivitäten der Bundesregierung darstellen, mit denen der Anpassungsprozess an den Klimawandel unterstützt wird. Für die Aufnahme der Indikatoren in das DAS-Monitoring-System war letztendlich entscheidend, dass

- für den Indikator ein enger inhaltlicher Zusammenhang mit der Thematik Klimawandel und Anpassung beschrieben ist: Im Fall der sogenannten „Impact-Indikatoren“ wird die Entwicklung des Indikators zumindest in Teilen durch Folgen des Klimawandels beeinflusst, bzw. dies wird für die Zukunft erwartet (Klimawandelfolgen); die „Response-Indikatoren“ bilden Aktivitäten ab, die den Anpassungsprozess unterstützen, oder sie beschreiben ggf. auch Entwicklungen, die diesem Prozess zuwiderlaufen;
- Daten zur Generierung des Indikators zur Verfügung stehen: Dabei muss gesichert sein, dass die Daten auch in Zukunft für einen absehbaren Zeitraum bereit gestellt werden können, sich mit einem vertretbaren Aufwand und vertretbaren Kosten beschaffen lassen und bundesweite Auswertungen zulassen.

Für das DAS-Handlungsfeld „Wasserhaushalt, Wasserwirtschaft, Küsten- und Meeresschutz“ wurden folgende 13 Indikatoren entwickelt. Das Hintergrundpapier (UBA 2014) zum Handlungsfeld gibt Informationen über die an der Entwicklung beteiligten Experten und erläutert die untersuchten Ansätze zur Entwicklung des Indikatoren-Sets.

Tabelle 1: DAS-Monitoring-Indikatoren im Handlungsfeld „Wasserhaushalt, Wasserwirtschaft, Küsten- und Meeresschutz“ (Schönthaler, von Andrian Werburg 2015)

Indikator Code	Indikator – Titel		Fallstudie	Proxy
Handlungsfeld „Wasserhaushalt, Wasserwirtschaft, Küsten- und Meeresschutz“				
WW-I-1	Mengenmäßiger Grundwasserzustand			
WW-I-2	Mittlerer Abfluss			
WW-I-3	Hochwasser			
WW-I-4	Niedrigwasser			
WW-I-5	Wassertemperatur stehender Gewässer		X	
WW-I-6	Dauer der Stagnationsperiode in stehenden Gewässern		X	
WW-I-7	Eintreten der Frühjahrsalgenblüte in stehenden Gewässern		X	
WW-I-8	Wassertemperatur des Meeres			
WW-I-9	Meeresspiegel			
WW-I-10	Intensität von Sturmfluten			
WW-R-1	Wassernutzungsindex			
WW-R-2	Gewässerstruktur			
WW-R-3	Investitionen in den Küstenschutz			

Bei der Entwicklung des DAS-Indikatoren-Systems erwies es sich im **Handlungsfeld „Wasserhaushalt, Wasserwirtschaft, Küsten- und Meeresschutz“** aus unterschiedlichen Gründen als Herausforderung, für die Bundesebene Indikatoren zu entwickeln. So unterscheiden sich lokal erfasste Situationen an Einzelpegeln an Fließ- und Küstengewässern oder auch an einzelnen Seen oft deutlich voneinander. Diese hohe Diversität steht einer Datenaggregation entgegen oder setzt eine komplexe methodische Aufbereitung voraus. Im DAS-Monitoringbericht 2015 wurden daher Fallstudien genutzt, um Klimawirkungen limnologischer Systeme zu adressieren. Hier besteht Weiterentwicklungsbedarf, an dem derzeit gearbeitet wird. Von Relevanz sind auch unterschiedliche menschliche Eingriffe durch die Nutzung der Wasserressourcen, welche die jeweiligen naturgegebenen Bedingungen an den Gewässern sehr stark überprägen können. Hinzu kommt eine hohe Diversität datenhaltender Institutionen. Viele Daten liegen bei verschiedenen Institutionen des Bundes und der Länder vor, teilweise betreiben Forschungseinrichtungen Messungen und werten diese gesondert aus. Zugriffsmöglichkeiten auf bundesweite Datenquellen sind nicht immer gegeben.

4.3 Monitoring-Programm des Kooperationsvorhabens KLIWA

Das Kooperationsvorhaben KLIWA steht für "Klimaveränderung und Konsequenzen für die Wasserwirtschaft". Es wurde 1999 von den Bundesländern Bayern und Baden-Württemberg sowie dem Deutschen Wetterdienst initiiert; seit 2007 ist auch Rheinland-Pfalz Partner des Zusammenschlusses. Die Bundesländer Hessen, Nordrhein-Westfalen, Niedersachsen, Thüringen, Saarland sowie die Staaten Luxemburg und Schweiz haben einen Gaststatus.

Das Konzept umfasst fünf Arbeitsbereiche mit folgenden Zielsetzungen:

- Ermittlung bisheriger Veränderungen der Klima- und Wasserhaushaltsgrößen durch Untersuchung langer Beobachtungsreihen als Referenz für Vergleiche
- Durchführung eines Klima-Monitorings durch regelmäßige Aktualisierung der Messreihenauswertung zur zeitnahen Erfassung der regionalen Entwicklung
- Abschätzung der regionalen Auswirkungen auf den Wasserhaushalt mittels Wasserhaushaltssimulationen auf der Basis von Klimaprojektionen für die Zukunft
- Ableitung von Handlungsempfehlungen und Vorsorgekonzepten zur Anpassung
- Bereitstellung von Informationen für Entscheidungsträger und interessierte Öffentlichkeit.

In der Anfangsphase wurden insbesondere Fragestellungen zu den möglichen klimawandelbedingten Auswirkungen auf den Hochwasserabfluss und das Hochwasserrisikomanagement untersucht. In den letzten Jahren sind verstärkt die Themenfelder Boden, Grundwasser, Niedrigwasser, Starkregenrisiko und Gewässerökologie in den Fokus getreten.

KLIWA Monitoring-Berichte: Die Auswertungen des KLIWA-Vorhabens sollen zeitnah zeigen, wie sich die Trends in den Messzeitreihen als mögliche Klimaänderungssignale entwickelt haben. Erste Untersuchungen zu den Messgrößen Lufttemperatur, Niederschlag und Abfluss (v. a. Hochwasserabflüsse) wurden mit Daten bis zum Jahr 2000 in der Reihe

„KLIWA-Berichte“ veröffentlicht (<http://www.kliwa.de/>). In der Fortführung dieser Arbeiten entstanden die ersten Monitoring-Berichte (KLIWA 2008, KLIWA 2011).

Aktuell liegen mit dem Monitoring-Bericht 2016 die Ergebnisse der Messreihen bis 2015 vor (KLIWA 2016a). Dieser Bericht umfasst erstmals auch eine Darstellung der außergewöhnlichen und extremen Ereignisse des Zeitraums 2011–2015 sowie das Langzeitverhalten der mittleren Abflüsse. In weiteren Kapiteln werden Trends bei Niedrigwasserabflüssen untersucht (Zeitreihenanalysen), Fallstudien zur Entwicklung von Grundwasserständen und Quellschüttungen vorgestellt und Langzeitsimulationen zum Bodenwasserhaushalt und zur Grundwasserneubildung ausgewertet. Ferner ist ein Kapitel zu Trends bei den Wasserständen, der Wassertemperatur und des Mischungsverhaltens des Bodensees enthalten.

Messnetz und Daten: Das KLIWA-Messprogramm besteht in der Fortschreibung von Zeitreihenanalysen von Kenngrößen mit hoher Datenqualität (lange Zeitreihen, ausgewählte Messstationen und Pegel usw.) in aktuell 11 KLIWA-Flussgebietsregionen bzw. 44 KLIWA-Untersuchungsgebieten der drei Bundesländer (s. Abb. 2).

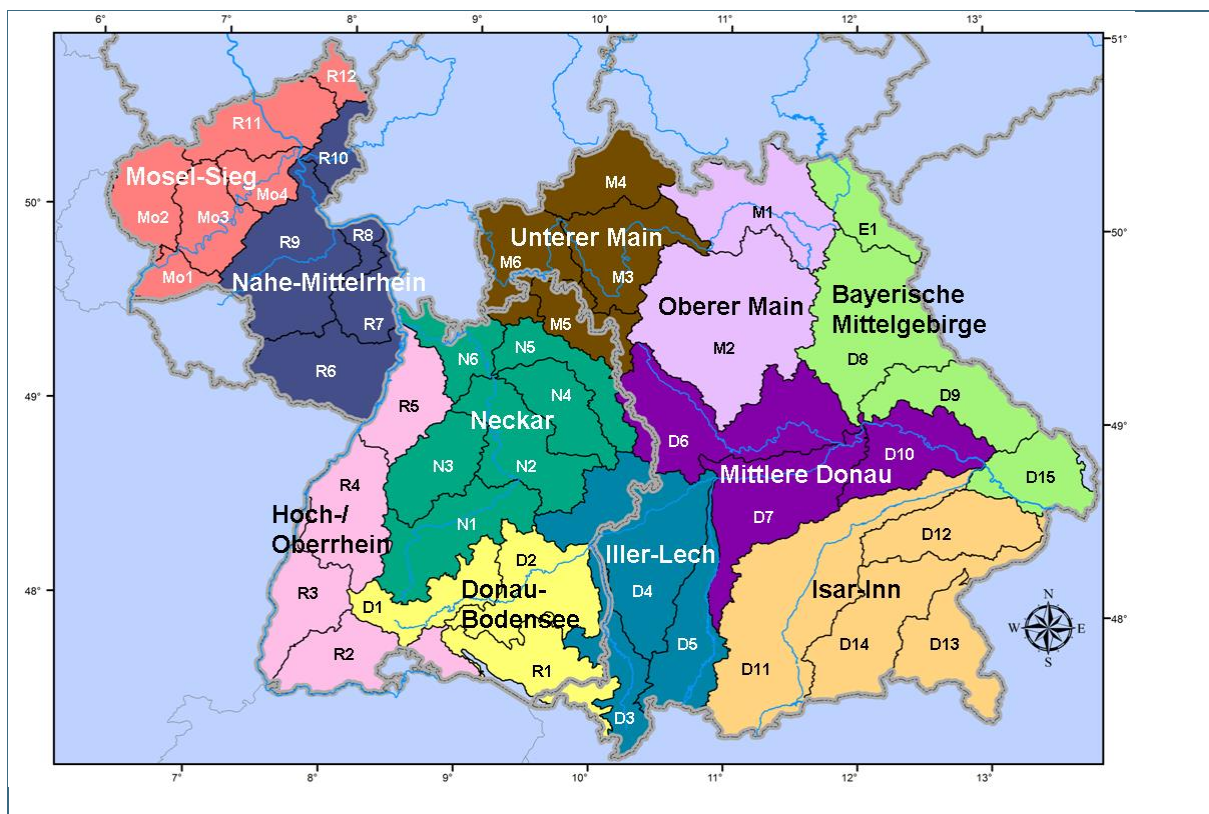


Abb. 2: Übersicht über die 11 KLIWA-Flussgebietsregionen (Quelle: KLIWA 2016a)

Das Messnetz ist parameterabhängig ausgewählt. Bisher liegen umfangreiche Untersuchungsergebnisse zum Langzeitverhalten für die nachstehenden, den Wasserhaushalt beeinflussenden Kenngrößen vor:

- Meteorologie: Gebietsniederschlag – Starkniederschlag – Lufttemperatur – Verdunstung – Globalstrahlung – Schneedecke.

- Hydrologie: Mittlere Abflüsse – Hochwasserabflüsse – Grundwasserstände/ Quellschüttungen – chemische/physikalische Langzeitdaten des Bodensees.

Den Auswertungen für die Hoch- und Mittelwasserabflüsse liegen dabei Messreihen von 1931 (1932) – 2015 an insgesamt 114 Pegeln zugrunde. Für die Analyse der Niedrigwasserabflüsse sind es dagegen nur 30 ausgewählte Pegel mit Zeitreihen von 1951 – 2015. Andere Aussagen basieren bisher auf Fallstudien (z. B. Grundwasserstände).

Eine Fortführung des Klima-Monitorings ist ein erklärtes Ziel im Rahmen des KLIWA-Untersuchungsprogramms. Hierzu sollen zukünftig auch qualitative Veränderungen wie etwa die komplexen Folgen auf die Gewässerökologie stärker berücksichtigt werden.

4.4 Berichtssysteme einzelner Bundesländer

Seit der Verabschiedung der DAS auf Bundesebene im Jahr 2008 haben auch die Bundesländer begonnen das Thema Anpassung an die Folgen des Klimawandels zu bearbeiten. Im Rahmen der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Klima, Energie, Mobilität - Nachhaltigkeit (BLAG KliNa) wurde im Juni 2009 die Arbeit im Ständigen Ausschuss „Anpassung an die Folgen des Klimawandels (StA AFK)“ aufgenommen.

Einige Bundesländer haben Berichtssysteme zu Klimafolgen und Anpassung entwickelt, die meist Daten aus bestehenden Mess- und Monitoring-Systemen verwenden. Bei der Entwicklung der Klimafolgen Berichtssysteme wurde zum Teil auf die Vorarbeiten des Bundes aus dem DAS-Monitoring-System aufgebaut.

Baden-Württemberg (BW) Im 2013 beschlossenen Gesetz zur Förderung des Klimaschutzes in Baden-Württemberg (KSG BW) wird ein Monitoring verpflichtend vorgegeben. Nach § 9 Nr. 2 KSG BW ist, beginnend ab dem Jahr 2016, alle drei Jahre ein Bericht zu erstellen, der u.a. über die wesentlichen Folgen des Klimawandels sowie über die Umsetzung und Wirkung wichtiger Anpassungsmaßnahmen in Baden-Württemberg informiert. Hierzu wurden über einhundert Indikatoren auf ihre Verwendbarkeit für das Monitoring geprüft und vor dem Hintergrund der Datenverfügbarkeit und Aussagekraft 43 Indikatoren ausgewählt. Der Indikatorensatz beinhaltet 32 Impact-Indikatoren zu den Auswirkungen des Klimawandels und 11 Response-Indikatoren zur Umsetzung und Wirkung von Anpassungsmaßnahmen. Der erste Monitoringbericht ist im Juli 2017 erschienen (MUKE & LUBW BW 2017)⁴. Für den Folgebericht 2019 sind zusätzliche Indikatoren geplant, für die im aktuellen Bericht noch keine ausreichende Datenauswertung zur Verfügung stand. Die Koordination des Berichtes erfolgt über das Umweltministerium, über die weitere Informationen erhältlich sind.⁵

In **Bayern (BY)** wurde im Rahmen des Projektes „Klimaanpassung in Bayern – Umsetzung und Weiterentwicklung der Bayerischen Klima-Anpassungsstrategie (BayKLAS)“ vom Bayeri-

⁴ https://um.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-um/intern/Dateien/Dokumente/2_Presse_und_Service/Publicationen/Klima/20170705_Monitoringbericht_zum_Klimaschutzgesetz_Teil1_Klimafolgen_und_Anpassung.pdf

⁵ Quelle: Berichte und Informationen: <https://um.baden-wuerttemberg.de/de/klima>.

schen Landesamt für Umwelt 2016 eine Machbarkeitsstudie „Klimaanpassungsindikatoren-system Bayern“ beauftragt. In Anlehnung an das DAS-Monitoring-Konzept des Bundes sollten Indikatoren zur Beschreibung von Klimafolgen und zur Bewertung umgesetzter Klimaanpassungsmaßnahmen in Bayern entwickelt werden. Im Ergebnis der Studie wurden 67 Indikationsmöglichkeiten gemeinsam mit den beteiligten Fachexperten herausgearbeitet. Davon wurden 27 Indikatoren (19 Impact-Indikatoren und 8 Response-Indikatoren) pilothaft umgesetzt und dargestellt. Die Ergebnisse der Studie werden Ende 2017 veröffentlicht.

Auch **Brandenburg (BB)** berichtet, dass auf der Basis der in der LAWA KG Klima-Indikatoren durchgeführten Abfrage genannten Indikatoren (und weiterer außerhalb der Wasserwirtschaft) für das laufende Jahr die Erstellung eines ersten ressortübergreifenden Berichtes zur Information des Landtages geplant ist.

In **Berlin (BE)** wurde ein auf Indikatoren basierendes Klimafolgen-Monitoring⁶ entwickelt, um Anpassungsmaßnahmen zielgerichtet durchzuführen zu können und Fehlentwicklungen zu vermeiden. Dabei dienen sogenannte State-Indikatoren der Zustandsbeschreibung klimatischer Parameter (Temperatur, Niederschlag, Temperaturkenntage) in der Vergangenheit und Gegenwart und sind so Grundlage für abzuleitende Entwicklungstrends. Mit Hilfe von Impact-Indikatoren sollen eingetretene Klimafolgen frühzeitig erkannt werden. Bislang umfasst das Monitoring 14 Impact-Indikatoren aus den Handlungsfeldern Boden, Luft, Gesundheit, Naturschutz/Biodiversität, Forstwirtschaft, Stadt-/Landschaftsplanung. Die Auswahl der Indikatoren erfolgte ohne Gewichtung und ist auf die jeweilige Datenverfügbarkeit zurückzuführen. Der Erste Sachstandsbericht zum Klimafolgen-Monitoring des Landes Berlin ist im Oktober 2016 auf der Internetseite der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt veröffentlicht worden⁷. Das Monitoring soll zukünftig fortgeführt und erweitert werden.

Auch **Hamburg (HH)** hat begonnen ein Klimafolgen-Monitoring aufzubauen. Für die folgenden zentralen Handlungsfelder der Hamburger Klimawandel-Anpassungsstrategie: Binnenhochwasser, Gesundheit, Küstenhochwasserschutz, Landwirtschaft sowie Stadt- und Landschaftsplanung wurden zunächst Impact-Indikatoren entwickelt, die die Folgen des Klimawandels für Hamburg abbilden⁸. Diese Indikatoren sollen durch Response-Indikatoren ergänzt werden und langfristig bei der Steuerung von Anpassungsmaßnahmen helfen und Aussagen möglich machen, ob Hamburg ausreichend Vorsorge gegenüber den Folgen des Klimawandels getroffen hat. Aufgrund der geographischen Lage Hamburgs und den möglichen klimawandelbedingten Folgen durch Meeresspiegelanstieg, Sturmfluten und Starkregenereignisse bilden zunächst die Indikatoren für den Wasserbereich den Schwerpunkt. Die Liste der Impact-Indikatoren wird fortwährend erweitert. Indikatoren für den Verlauf des Klimawandels liegen ebenfalls vor. Die Entwicklungen des Klimas der vergangenen Jahrzehnte für die norddeutschen Länder sind im Norddeutschen Klimamonitor dargestellt⁹.

⁶ <http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/klimaschutz/klimawandel/de/klimafolgenmonitoring.shtml>

⁷ <http://www.berlin.de/senuvk/klimaschutz/klimawandel/de/klimafolgenmonitoring.shtml>

⁸ <http://www.hamburg.de/klimafolgen-monitoring/6639404/klimafolgen-monitoring/>

⁹ <http://www.norddeutscher-klimamonitor.de/>

In **Hessen (HE)** existiert ein Klimafolgen-Monitoring mit 20 Indikatoren. Die Weiterentwicklung erfolgt im Rahmen des Integrierten Klimaschutzprogramms.

Nordrhein-Westfalen (NW) hat 2011 als erstes deutsches Bundesland ein Klimafolgen-Monitoring¹⁰ eingerichtet. Seitdem dokumentiert das LANUV die Folgen des Klimawandels mit Hilfe von Indikatoren. Das LANUV erfasst mittels verschiedener sektorspezifischer Mess- und Beobachtungsprogramme bereits eingetretene Wirkungen des Klimawandels auf Umwelt und Natur in NW und wertet diese aus. Ziel ist es, Effekte in Natur und Umwelt, auf die der Klimawandel einen Einfluss hat, frühzeitig zu erkennen. Damit soll rechtzeitig und angemessen auf Veränderungen und Risiken reagiert werden können. Das Klimafolgen-Monitoring wird jährlich aktualisiert und ggf. um neue Indikatoren erweitert. Mit der Aktualisierung im November 2016 sind nun alle fortlaufenden Indikatoren auf das Erhebungsjahr 2015 aktualisiert worden. Der LANUV-Fachbericht 74 aus dem Jahr 2016 dokumentiert viele Erkenntnisse aus dem Klimafolgen-Monitoring und anderen Fachinformationssystemen des LANUV. Für den Bereich Wasserwirtschaft sind folgende Indikatoren vorhanden: 1 Klimatische Wasserbilanz, 2 Gewässertemperatur, 3 mittlerer Abfluss, 4 Grundwasserstand, 5 Grundwasserneubildung). Response-Indikatoren sind im Sinne einer formalen Indikation in der Landesumweltverwaltung NW nicht vorhanden.

Das Klimafolgen-Monitoring¹¹ in **Sachsen (SN)** ist eine Aktivität im Maßnahmenplan zum aktuellen Energie- und Klimaprogramm. 2012 wurde eine erste Stufe zum Monitoring etabliert, die jährlich aktualisiert und ergänzt wird. Diese beinhalten Indikatoren zu Klimafolgen (Impacts) für die Themen Biodiversität, Land- und Forstwirtschaft, Wasserhaushalt/Wasserwirtschaft und Boden. Der Aufbau des Klimafolgen-Monitorings begann 2010 mit der Einbindung der Fachbereiche aus dem Umweltressort (Stufe 1). In Abstimmung mit den Fachexperten wurden zunächst relevante Kriterien für geeignete Indikatoren definiert. Hierzu gehören

- die langfristige Relevanz des Einflussfaktors Klima,
- die räumliche und zeitliche Verfügbarkeit von Daten,
- die fachliche Verfügbarkeit von Datengrundlagen sowie
- der Erhebungsaufwand für den Indikator.

In Stufe 1 des Klimafolgen-Monitorings wurden allein Impact-Indikatoren erstellt. Für den Bereich Wasserhaushalt und Wasserwirtschaft gibt es Indikatoren zu „Jahreszeitliche Auflösung der Abflüsse“, „Schichtungsverhalten von Talsperren und Speichern im Frühjahr“ und „Entwicklung des Grundwasserstands“. Es bestehen Schnittmengen zum Monitoring im Rahmen der Deutschen Anpassungsstrategie. Ergänzt wurden 2015 drei Status-Indikatoren zur Klimaentwicklung. Indikatoren aus dem Nicht-Umweltbereich und zu Anpassungsmaßnahmen sollen ergänzt werden.

Weiterhin wurden im Rahmen des Projektes KLiWES - Klimawandel und Wasserwirtschaft in den Einzugsgebieten von Sachsen) die folgenden Bearbeitungsschritte durchgeführt.

¹⁰ <http://www.lanuv.nrw.de/kfm-indikatoren/>

¹¹ <https://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/klima/28944.htm>

Um die Komplexität der Wasserhaushaltsprozesse zu erfassen, wurde im Rahmen des Projektes „KliWES“ ein Konzept entwickelt, das auf einem Ensemble sich gegenseitig stützender und unabhängiger Verfahren beruht.

Das Konzept kombiniert verschiedene Ansätze zur Berechnung des Wasserhaushalts und umfasst folgende drei Basisbausteine:

- Recheresystem Säule A (vorab-Analyse aus Beobachtungsdaten)
- Recheresystem Säule B (vorab-Modellberechnung IST-Zustand und Klima-szenarien)
- Expertensystem Säule C (online-Berechnung nutzerspezifische Szenarien)

Eine wichtige Ergänzung bildet die Webanwendung „MNQ, MQ und Querbauwerke“, die weitergehende hydrologische Daten aus einer modellgestützten Regionalisierung von Niedrigwasserkennwerten und mittleren Durchflüssen flächendeckend für Fließgewässer in SN bereitstellt. Alle Informationen (Daten und Berichte) stehen unter www.wasserhaushaltsportal.sachsen.de für Behörden, Büros, Institute und sonstige Interessierte frei zur Verfügung.

Die Abschätzung aktueller und künftiger Nährstoffeinträge in die Gewässer ist sowohl für die Umsetzung der EU-Wasserrahmenrichtlinie (EU-WRRL) und die damit verbundene Ableitung von Bewirtschaftungszielen und Maßnahmen als auch für die Erarbeitung und Anpassung fachlicher Anpassungsstrategien von Landwirtschaft und Kommunen an die zu erwartenden Auswirkungen des Klimawandels notwendig. Deshalb wird das Modell „STOFFBILANZ“, dass der Ableitung von Nährstoffbilanzen dient, im Rahmen des Projektes mit dem Wasserhaushalt aus „KLiWES“ gekoppelt.

Damit ist es unter anderem möglich hydrotopbasiert z.B. die Entwicklung des Bodenwasserhaushaltes, der Grundwasserneubildung und Abflussfaktoren wie laterale Abflüsse oder Grundwasserabflüsse sowohl für den gemessenen Zeitraum als auch für 13 verschiedene Klimaprojekten herunterzuladen und auszuwerten.

In der Studie „Wassertemperaturen und Klimawandel“ (LFULG 2011) wurden alle verfügbaren Messungen zu Wassertemperaturen (Grund- und Oberflächenwasser) aufbereitet und einer Prüfung hinsichtlich eines Klimasignals unterzogen. Die Studie enthält auch Aussagen zur Tauglichkeit der Temperatur als Klimaindikator.

Zwei weitere Studien (bisher unveröffentlicht) befassen sich mit der Diagnose von anthropogen weitgehend unbeeinflussten Messstellen im Oberflächenwasser und Grundwasser hinsichtlich der Ermittlung von Klimasignalen in den letzten 40 Jahren.

Rheinland-Pfalz (RP) verfügt seit 2008 über ein erstes Klimafolgen-Monitoring für den Wasserbereich. Dieser wird durch KLIWA (siehe oben) abgedeckt. Bezüglich des übrigen Indikatoren-Systems heißt es im Klimawandelbericht RP¹²: „Dazu wird auf nationaler Ebene derzeit ein Indikatorenkatalog erarbeitet. Auf dieser Grundlage soll für Rheinland-Pfalz ein landesspezifischer Indikatorensatz definiert werden, der auf vorhandenen Daten sowie Monitoring- und Umweltbeobachtungssystemen des Landes basiert.“ (S. 101-102). Dieser landesspezifische Indikatoren-Satz ist noch in Arbeit¹³.

Aktuell wird in **Sachsen-Anhalt (ST)** ein Indikatoren-Set im Rahmen der Strategie zur Anpassung an den Klimawandel erarbeitet. Grundlage ist das DAS-Indikatoren-System. Vorrangig dient es dem Klimawandel-Monitoring. Nach ersten Abstimmungen in der interministeriellen Arbeitsgruppe „Klimawandel“ ist die Erstellung von 36 Indikatoren-Kennblättern geplant. Sie werden die Themenfelder Klima, Wasser, Boden, Land- und Forstwirtschaft, Biodiversität sowie Infrastruktur betreffen.

Schleswig-Holstein (SH) hat im Jahre 2011 erstmals einen Fahrplan zur Erstellung einer Anpassungsstrategie an den Klimawandel veröffentlicht, der 2017 in erweiterter Fassung vorgelegt werden soll¹⁴. Die Strategie für Schleswig-Holstein ist eingebettet in die Deutsche Anpassungsstrategie. Das Umweltbundesamt wurde gemäß Fahrplan beauftragt, in einem Gutachten ein Klimafolgen-Monitoring für das Land darzustellen. Darauf aufbauend sind in einem Folgegutachten Indikatoren zur Abbildung des Klimawandels in Schleswig-Holstein vorgeschlagen worden.

In **Thüringen (TH)** wurde ein Klimafolgen-Monitoring-System in Anlehnung an die Methodik des DAS-Monitoring-Indikatoren-Systems entwickelt. Der darauf basierende erste Monitoringbericht „Klimawandelfolgen in Thüringen“ wurde im Mai 2017 vom Thüringer Ministerium für Umwelt, Energie und Naturschutz veröffentlicht. Er nutzt Daten aus bereits existierenden und laufenden Erhebungen behördlicher und nicht-behördlicher Einrichtungen. Neben der Beschreibung der beobachtbaren Klimaveränderungen in Thüringen (State-Indikatoren) werden auch die Klimawandelfolgen auf verschiedene Lebensbereiche erfasst (Impact-Indikatoren). Es ist geplant, das System nach Überarbeitung des „Integrierten Maßnahmenprogramms zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels in Thüringen (IMPAKT)“ um Response-Indikatoren zu ergänzen. Mit dem geplanten Thüringer Klimagesetz soll eine regelmäßige Fortschreibung des Klimafolgen-Monitorings im 5-Jahres-Rhythmus verankert werden.

Zu den übrigen Bundesländern liegen keine näheren Informationen über Planungen oder zu Arbeitsständen vor.

¹² <https://mueef.rlp.de/de/themen/klima-und-ressourcenschutz/klimawandel/klimaberichte/>

¹³ <http://www.kwis-rlp.de/index.php?id=6712>

¹⁴ <http://www.schleswig-holstein.de/DE/Fachinhalte/K/klimaschutz/klimawandel.html>

5 Wasserwirtschaftliche Klima-Impact-Indikatoren^{15, 16}

In Kapitel 5 und 6 wird dargestellt, welche wasserwirtschaftlichen Klimafolgen-Indikatoren in Deutschland verwendet werden. Zusammengestellt und thematisch gruppiert werden die Indikatoren, die im DAS-Monitoringsystem, bei KLIWA und in den Bundesländern verwendet werden. Die Angaben für die Bundesländer basieren auf der Abfrage, die die LAWA KG Klimaindikatoren im Januar/Februar 2017 durchgeführt hat. Eine weitere inhaltliche Prüfung in den Fachausschüssen wird empfohlen (vgl. Kapitel 2).

5.1 Oberflächengewässer

5.1.1 Oberirdischer Abfluss

Im DAS- Monitoring-System wurden für den Bereich der Abflussverhältnisse folgende Indikatoren erarbeitet:

- **WW-I-2 „Mittlerer Abfluss“**
- **WW-I-3 „Hochwasser“ und**
- **WW-I-4 „Niedrigwasser“.**

Sie liefern ein integrales Maß für die Abflussverhältnisse im gesamten Bundesgebiet.

5.1.1.1 Mittlerer Abfluss und Abflussregime

Mittlerer Abfluss (ID 1):

Der mittlere Abfluss, gemessen an Fließgewässerpegeln, ist eine grundlegende Größe, denn er entspricht langfristig betrachtet, d.h. unter der Annahme langfristig unveränderter Speicher (Grund- und Bodenwasser, Seen und Talsperren sowie im Hochgebirge Gletscher und Schnee) der erneuerbaren Wasserressource. Er ist damit zusammen mit den Volumen der vorgenannten Speicher eine der grundlegenden Größen der Wasserwirtschaft. Indikatoren für den mittleren Abfluss sind daher von hoher Bedeutung.

Der weiteren Bearbeitung des Indikators „Mittlerer Abfluss“ wird daher eine hohe Priorität beigemessen.

Der mittlere Abfluss stellt in der langjährigen Betrachtung die Resultierende aus Niederschlag und realer Verdunstung dar. Hierdurch reagiert er sensitiv auf Temperaturänderungen (die zu einer Zunahme der potenziellen Verdunstung führen) sowie auf Änderungen im Niederschlagsangebot. Bei der Auswahl von repräsentativen Pegeln sind der räumliche Bezug sowie mögliche anthropogene Beeinflussungen zu berücksichtigen.

¹⁵ Um die Querbezüge zur Länderabfrage (Anlage) darzustellen, wurden ID-Nummern zugeordnet.

¹⁶ Für alle im Folgenden aufgeführten Hinweise gelten die in Kap. 2 gegebenen allgemeinen Empfehlungen.

Letztere spielen aufgrund der Mittelung über den gesamten Abflussbereich und das ganze Jahr keine so große Rolle wie u. U. bei anderen Indikatoren, solange das Wasser nur im Einzugsgebiet und innerhalb des Jahres umverteilt wird. Deutlichere Einflüsse können sich aber durch z.B. Überleitungen größeren Umfangs in andere Einzugsgebiete oder überjährige Bewirtschaftung von Talsperren ergeben.

Abflussregime (innerjährliche Verteilung des Abflusses)

Regimeänderungen können ihre Ursache in Verschiebungen von räumlichen und zeitlichen Niederschlagsmustern und aufgrund von Temperaturerhöhungen selteneren Schneefällen sowie einer veränderten Dynamik der Schneeschmelze haben (Pluvialisierung nivaler Regime).

Bei Trendanalysen von Jahreswerten ist zu beachten, dass sich die genannten Auswirkungen von Klimaänderungen auf das Abflussregime teilweise gegenseitig ausmitteln können. So wird z.B. die für weite Teile Deutschlands projizierte Abflussbildungszunahme in den Wintermonaten durch Abflussabnahmen in den Sommermonaten im Jahresmittel kompensiert. Je nach Nutzungsintensität können aber innerjährliche Verschiebungen von erheblicher Bedeutung sein. Daher ist die Beobachtung der innerjährlichen Verteilung des Abflusses ebenfalls eine sehr grundlegende Information. Hierzu können neben Monatsmitteln auch der mittlere Abfluss von Quartalen (DJF, MAM, JJA, SON) oder Sommer- und Winterhalbjahren herangezogen werden. Mögliche zusammenfassende Indikatoren sind z.B. die (langjährig gemittelte) Änderung des Verhältnisses der Sommer- zu den Winterabflüssen oder der maximalen zu den minimalen Monatsabflüssen oder die Verschiebung des Schwerpunktes des Jahresgangs der mittleren Monatsabflüsse.

5.1.1.2 Niedrigwasser

Niedrigwasserabflüsse, Niedrigwassertage (ID 2, ID 3):

Je nach Klimaregion wird der projizierte Klimawandel unterschiedlichen Einfluss auf die Niedrigwasserführung in den Fließgewässern haben. Die Abnahme der Sommerniederschläge bei zunehmender Temperatur wird in pluvialen Regimen zur Abnahme der sommerlichen Abflüsse führen. In vom Hochgebirge und damit von Schneespeicherung beeinflussten Gebieten könnten Frühjahrsniedrigwasser durch die Verschiebung der Schneeschmelze zukünftig weniger ausgeprägt ausfallen.

Derzeit eingesetzte Indikatoren betrachten entweder die Veränderung eines Niedrigwasserabflusses bestimmter Häufigkeit (z. B. Q30, NM7Q) oder die Veränderung der Anzahl von Niedrigwassertagen unterhalb von Abflussschwellenwerten.

Die Darstellung möglicher Veränderungen der Niedrigwasserverhältnisse im Rahmen von Klimafolgen-Monitoringsystemen wird als wichtig eingeschätzt. Die Eignung der Darstellung verschiedener Ansätze wie Niedrigwasserabflüsse, Niedrigwassertage sollte unter Betrachtung der Managementziele der betroffenen Handlungsfelder vertieft diskutiert werden.

Der weiteren Bearbeitung von Indikatoren zu Niedrigwasserverhältnissen wird daher eine hohe Priorität beigemessen.

5.1.1.3 Hochwasser

Hochwasserabflüsse, Hochwassertage (ID 4, ID 5):

Beim Thema Hochwasser ist es besonders wichtig, zwischen Indikatoren für mittlere Jahreshöchstwerte sowie Indikatoren für die für den Hochwasserschutz relevanten, extrem selten eintretenden Hochwasserereignisse im Sinne der HWRM-RL zu unterscheiden. Es kann nicht davon ausgegangen werden, dass sich beide Größen unter Klimawandel gleichartig verändern, da ihre jeweilige Entstehung im Allgemeinen auf unterschiedlichen Mechanismen beruht.

Insbesondere die Entstehung extremer Hochwasserabflüsse ist in Abhängigkeit der räumlichen und zeitlichen Ausprägung insgesamt sehr vielschichtig und hängt von einer Vielzahl von Faktoren ab, die teilweise selbst wieder dem Einfluss des projizierten Klimawandels unterliegen können (z.B. Schneeschmelze, Gewitterhäufigkeit, Änderung von Wetterlagen bzw. deren Häufigkeit sowie der Zugbahnen von Tief- und Hochdruckgebieten). Starkregenereignisse können z. B. Hochwasserereignisse mit sehr hohen Scheitelabflüssen verursachen, die aber räumlich begrenzt und zeitlich nur kurz anhaltend auftreten. Flächenhafte Hochwasserereignisse treten dagegen aufgrund spezifischer Wetterlagen (z. B. Vb-Wetterlage-Wetterlage) auf und führen dann zu großflächigen und länger anhaltenden Hochwässern.

Schon ohne die Berücksichtigung eines Klimawandels ist es schwierig, extremen Hochwassern eine Häufigkeit zuzuordnen. In Abhängigkeit der unterschiedlichen Entstehungsmechanismen in unterschiedlichen Räumen und Jahreszeiten sowie auf unterschiedlichen Raum- und Zeitskalen kann die Wirkung des Klimawandels bei verschiedenen Teilprozessen relevant werden. Dabei ist nicht notwendigerweise von vorneherein klar, wo sich Wirkungen verstärken oder kompensieren.

Bei der Auswahl von Indikatoren ist es daher notwendig, dass diese komplexen Wirkungszusammenhänge durch Auswahl geeigneter Pegel oder Regionebildung berücksichtigt werden.

Analog zum Niedrigwasser hat auch die Darstellung von Hochwasser in Klimafolgen-Monitoring-Systemen hohe Bedeutung. Auch hier kann ein Indikator entweder die Veränderung eines Hochwasserabflusses gewählter Häufigkeit oder der Veränderung einer Anzahl von Hochwassertagen bzw. einer Jährlichkeit oberhalb eines festzulegenden Abflussschwellenwertes anzeigen. Dies sollte vertieft betrachtet werden.

Der weiteren Bearbeitung von Indikatoren zu Hochwasserverhältnissen wird daher eine hohe Priorität beigemessen.

5.1.2 Qualität der Oberflächengewässer

Der Beschreibung qualitativer Gewässerzustände liegen neben der Quantität und räumlich-zeitlichen Verteilung des Wassers (Hydrologie) auch chemisch-physikalische sowie biologische Wechselwirkungen zugrunde. Dem entsprechend ist die Ableitung robuster Indikatoren für biologische Systeme, wie sie insbesondere im Themenfeld „Ökologie der Binnengewässer“ behandelt werden, wegen der komplexen Wechselwirkungen mit anderen, nicht klimatisch bedingten Einflüssen eine Herausforderung. Sowohl gerichtete wasserwirtschaftliche Trends im Gewässerschutz als auch neue anthropogene Belastungen induzieren ökologische Reaktionen, die das subtile „Klimasignal“ in den aquatischen Lebensgemeinschaften überlagern. Ebenso können die Folgen des Klimawandels auf die Gewässer auch durch andere Effekte imitiert werden. So kann eine neue Siedlungsaktivität mit zusätzlichen Abwasser- und Regenwassereinleitungen im Einzugsgebiet eines Gewässers den gleichen Effekt haben wie eine klimatisch bedingte Temperaturerhöhung: Im ersten Fall sinkt die durchschnittliche Sauerstoffkonzentration aufgrund der Zunahme der O₂-Zehrung (erhöhter Abbau von Kohlenstoff), im zweiten Fall durch eine verminderte Sauerstofflöslichkeit bei höheren Temperaturen.

Die gewässerökologischen Indikatoren müssen daher durch die Auswahl geeigneter Messstellen mit möglichst geringer anthropogener Belastung und stabilen Umfeldbedingungen aus dem „Hintergrundrauschen“ hervorgehoben werden. Dies gelingt z. B. durch die Auswahl von Messstellen in EU-WRRL-Referenzgewässern oder in großen Waldgebieten.

Daneben werden in diesem Kapitel auch rein physikalische Indikatoren, wie die Wassertemperatur betrachtet, die eine direkte Beziehung zum Klimasignal aufweisen.

5.1.2.1 Ökologie der Binnen- und Küstengewässer

Im DAS-Indikatoren-System wurden zum Themenfeld „Physikalisch-chemischer Gewässerzustand von Binnengewässern“ drei Indikatoren erarbeitet, die den Gewässerzustand von Seen beschreiben:

- **WW-I-5 „Wassertemperatur stehender Gewässer“**
- **WW-I-6 „Dauer der Stagnationsperiode in stehenden Gewässern“ und**
- **WW-I-7 „Eintreten der Frühjahrsalgenblüte in stehenden Gewässern“.**

Im **DAS-Handlungsfeld „Menschliche Gesundheit“** wurde darüber hinaus der Indikator **GE-I-6 „Blualgenbelastung von Badegewässern“** entwickelt, das Querbezüge zur Wasserwirtschaft aufweist.

Im Rahmen der Entwicklung der DAS-Indikatoren ergaben Expertendiskussionen, dass eine Aggregation über verschiedene Seen keine sinnvolle Aussage ermöglicht. Daher beruhen die Indikatoren im ersten Monitoring-Bericht von 2015 als Fallstudien nur auf Datenreihen mehrerer ausgewählter Seen. Hier wird auf Bundesebene Weiterentwicklungsbedarf gesehen. Derzeit werden in einem Forschungsvorhaben Möglichkeiten untersucht die Fallstudien weiter zu entwickeln und zu einer bundesweiten Darstellung zu kommen.

Ein Indikator zur Eisbedeckung wurde 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 Klimafolgen ableitbar ist. Die Bundesländer greifen diese Ideen jedoch wieder auf und melden in der Länderabfrage Indikatoren dazu. Im LAWA EK Seen wird geprüft, inwieweit moderne Datenfernerkundung die Indikatoren Eisbedeckung und Frühjahrsalgenblüte großflächig abbilden kann.

Wassertemperatur stehender Gewässer (ID 6):

Für geschichtete Seen besteht für diesen Indikator ein direkter und gut begründeter Wirkungszusammenhang zum klimawandelbedingten Temperaturanstieg. Für Flusseen, angebundene Auegewässer und Talsperren ist er dagegen aufgrund wechselnder Mischungseffekte bzw. durch Trinkwasserentnahmen weniger spezifisch.

Der DAS-Indikator bezieht sich auf die Oberflächentemperatur der beiden wärmsten Monate in 20 cm Tiefe. Verschiedene Bundesländer präferieren die mittlere Wassertemperatur im Epilimnion¹⁷ bzw. Hypolimnion¹⁸. Für vergleichende Analysen sind Definitionen über Art, Ort und Umfang der Messungen (Messzeitraum und Messfrequenz, Mindestanzahl an Stichproben für Mittelwertbildung) enger zu fassen. Technisch ist eine hochfrequente Wassertemperaturregistrierung über Datenlogger an Bojen möglich und wird auch in der behördlichen Gewässerüberwachung eingesetzt.

Weiterentwicklungen in Bezug auf die Definition des Messprotokolls bzw. Anforderungen an unterschiedliche Seentypen / Standortauswahl sind erforderlich. Die Erfassung der Oberflächenwassertemperatur ist grundsätzlich auch über Fernerkundungsdaten möglich (HEEGE et al. 2017). Die vertiefte Diskussion und methodische Verständigung über einheitliche Anforderungen an Standortauswahl, Messungen und Analysen wird empfohlen.

Der weiteren Bearbeitung des Indikators „Wassertemperatur stehender Gewässer“ wird daher eine hohe Priorität beigemessen.

Anzahl eisfreier Tage stehender Gewässer (ID 7):

Auch für diesen Indikator besteht ein direkter und gut begründeter Wirkungszusammenhang zum Temperaturanstieg für geschichtete Seen ohne anthropogene Wärmeeinleitung.

Aus den Anmerkungen der Länder wird ersichtlich, dass auch hier noch definitorische Fragen offen sind (Bestimmung von Beginn und Ende der Eisfreiheit, Deckungsgrad). Schwerwiegender ist das Argument der Praktikabilität, da hier temporär eine tägliche Beobachtung

¹⁷ Thermisch homogene Oberflächenwasserzone oberhalb der Sprungschicht eines geschichteten Sees.

¹⁸ Thermisch homogene Tiefenwasserzone unterhalb der Sprungschicht eines geschichteten Sees.

erfolgen muss. Das Problem kann ggf. durch die Auswertung von Fernerkundungsdaten gelöst werden.

Die Weiterentwicklung dieses Indikators ist in Bezug auf die Auswertemöglichkeiten von Fernerkundungsdaten zu prüfen. Nach (HEEGE et al. 2017) sind bei Wolkenfreiheit bis zu drei Werte pro Woche registrierbar. Für die Eisbedeckung können ggf. Auswertungen bis zu 30 Jahre rückwirkend generiert werden.

Wenn die Nutzung von Fernerkundungsdaten abgesichert werden kann, stellt die Entwicklung der Eisbedeckung eine gute Ergänzung für die Beobachtung von Klimafolgen für Oberflächengewässer dar. Da die Umsetzung mit in situ Messungen wenig praktikabel ist, wird empfohlen die Entwicklung zurück zu stellen, bis entsprechende Dienste des im Aufbau befindlichen Copernicus Programms zur Verfügung stehen.

Daher wird die weitere Bearbeitung des Indikators „Anzahl eisfreier Tage“ gegenwärtig in der Priorität als niedrig eingestuft.

Dauer der Stagnationsperiode in stehenden Gewässern (ID 8):

Das Stagnationsverhalten eines Sees ist ein Schlüsselparameter in der Seenökologie mit vielen Implikationen auch für die Nutzung und Unterhaltung. Aufgrund des starken Einflusses der Seenmorphologie und der Umgebung (Wind) ist das Schichtungsverhalten der Seen sehr individuell. Gleichzeitig besteht ein direkter und gut begründeter Wirkungszusammenhang zum klimawandelbedingten Temperaturanstieg für geschichtete Seen, wie Forschungsergebnisse am Bodensee zeigen. Für Flusseen, angebundene Auegewässer und Talsperren ist der Indikator aufgrund wechselnder Mischungseffekte bzw. wegen der Trinkwasserentnahmen nicht geeignet.

Das Stagnationsverhalten vieler Seen wird im Rahmen verschiedener Überwachungsprogramme der Länder seit langem untersucht. Eine taggenaue zeitliche Feststellung der beginnenden Durchmischung erfordert in der Praxis den Einsatz von tiefendifferenzierten Temperaturmessketten (Datenlogger in verschiedenen Tiefen an Boje fixiert).

Die Dauer der Stagnationsperiode in stehenden Gewässern ist ein wichtiger und sehr guter Indikator, für den es sich lohnt, die Datenbasis zu erweitern. Eine Weiterentwicklung wäre in Bezug auf ein abgestimmtes Messprotokoll und bezüglich der typbezogenen Standortauswahlfaktoren sinnvoll.

Hinsichtlich der weiteren Bearbeitung wird diesem Indikator daher eine hohe Priorität beigemessen.

Temperaturschichtung in Talsperren (ID 9):

Die Temperaturschichtung ist grundsätzlich ein guter Indikator; bei Talsperren ist das Klimasignal allerdings durch Entnahmen beeinflusst. Dafür ist die Datenlage meist sehr gut. Es wird daher eine Einzelfallprüfung empfohlen.

Für die bundesweite Bearbeitung wird die Priorität jedoch als gering eingeschätzt.

Eintreten der Frühjahrsalgenblüte in stehenden Gewässern (ID 10):

Das Eintreten der Frühjahrsalgenblüte in stehenden Gewässern ist ein sinnvoller und wichtiger ökologischer Indikator. Die Wirkungszusammenhänge sind aufgrund der biologischen Reaktion, die neben der Temperatur (Eisbedeckung, thermische Schichtung) auch von der seenspezifischen Nährstoffverfügbarkeit abhängt, aber nur indirekt vom Klimawandel beeinflusst. In der Praxis zeigt sich aber, dass die Frühjahrsalgenblüte heute vielfach früher auftritt als in der Vergangenheit. Die Messung erfolgt über die Bestimmung der Sichttiefe (Secchi-Scheibe nach ISO/CD 7027-2), den Chlorophyll-a-Gehalt oder über die Bestimmung des Biovolumens des Phytoplanktons (aufwendig aber sicher). Der Zeitpunkt der Frühjahrsalgenblüte ist der 1. Zeitpunkt mit der geringsten Sichttiefe bzw. des höchsten Chlorophyll-a-Gehalts bzw. des höchsten Phytoplankton-Biovolumens vor Beginn der sommerlichen Vegetationsperiode.

Da das Maximum der Blüte mitunter nur wenige Tage anhalten kann, setzt auch dieser Indikator eine saisonal hohe Messfrequenz voraus. Einige Bundesländer halten den Indikator daher nicht für geeignet. Das Indikatorenkonzept des DAS bezieht sich auf Fallstudien in Forschungseinrichtungen und empfiehlt eine 14-tägige Beprobung in der Saison (Februar/März-Juli). Möglicherweise bieten auch hier Fernerkundungsdaten neue Auswertungsmöglichkeiten und Arbeitserleichterungen. Sichttiefe und Chlorophyll-a-Gehalt sind auf der Grundlage von Fernerkundungsdaten auswertbar, wenn Huminstoffe oder mineralisch begründete Trübungen keine Rolle spielen. Dabei ist eine Auflösung von 10-30 m erreichbar. Die Überflugfrequenzen liegen je nach Satellit bei wenigen Tagen bis Wochen. Verwertbare Luftbilder werden von der häufigen Bewölkung in unseren Breiten begrenzt.

Aufgrund der ökologischen Bedeutung wird der weiteren Bearbeitung dieses Indikators eine hohe Priorität beigemessen.

Blualgenbelastung von Badegewässern (ID 18):

Bei der Badegewässerüberwachung ist die „Dominanz toxinbildender Cyanobakterien“ im Zusammenhang mit Phytoplankton-Massenentwicklung ein zu bestimmender Parameter. Der angenommene Wirkungszusammenhang besteht darin, dass Cyanobakterien generell höhere Temperaturoptima aufweisen als andere Phytoplankter¹⁹ und damit ihr Anteil mit stei-

¹⁹ Generalisierter Begriff für Schwebealgen

gender Wassertemperatur zunehmen könnte. Einige Bundesländer halten den Indikator daher auch für Seen, die keine Badegewässer sind, für geeignet. Darüber hinaus sind auch Neo-Cyanobakterien wie z. B. *Cylindrospermopsis raciborskii* mit Ursprungsarealen in tropisch bis gemäßigten Klimaten in Deutschland bekannt geworden (WIEDNER et al. 2007).

Da es sich um einen berichtspflichtigen Parameter gemäß EU-Badegewässerrichtlinie handelt, besitzt er eine hohe Praxisrelevanz. Eine Weiterentwicklung sollte in Bezug auf die genauere Beschreibung der Wirkungszusammenhänge gelegt werden. Insbesondere wäre der Einfluss anderer Faktoren neben der Wassertemperatur, wie z. B. der Gesamt-P-Gehalt der Gewässer, genauer zu beleuchten.

Der Bearbeitung des Indikators wird aufgrund der fachlichen Relevanz und der über die Berichterstattung zur Badegewässerrichtlinie zur Verfügung stehenden Daten eine hohe Priorität beigemessen.

Sauerstoffgehalt im Hypolimnion von Seen (ID 11):

Der Entwicklung des Sauerstoffgehaltes in der Tiefenwasserzone von Seen (Hypolimnion) liegen komplexe Wirkungszusammenhänge zugrunde. Der Klimawandel setzt über die zu erwartende Temperaturerhöhung dabei folgende Wirkungskette in Gang: Höhere Temperaturen erzeugen eine stabilere Schichtung und verlängern die Stagnationsphase des Sees. Der Sauerstoff der Tiefenwasserzone ist dadurch längere Zeit den Zehrungsprozessen am Grund des Sees ausgesetzt und sinkt somit stärker ab. Der resultierende Sauerstoffgehalt hängt dabei aber auch maßgeblich vom Trophiegrad des Sees ab (P-Gehalt). Der Indikator ist stark anthropogen beeinflusst und kann von den Auswirkungen des Klimawandels nur schlecht abgegrenzt werden.

Als Indikator für den Klimawandel ist das Monitoring des Durchmischungsverhaltens der direktere Nachweis.

Aufgrund der Bedeutung des Sauerstoffs für Ökologie und Nutzung eines Sees werden hierzu dennoch Daten in der Wasserwirtschaftsverwaltung gesammelt. Diese liegen aber i. d. R. nicht in der erforderlichen Messfrequenz vor. Dauerbeobachtungen mittels kontinuierlich messender Sauerstoffsonden, die fest im See verankert sind, bieten hierfür Lösungsmöglichkeiten. Die Länderabfrage zeigt, dass dieser Indikator eher bei Seen mit Forschungseinrichtungen (z. B. am Bodensee) im Fokus steht. Es wird empfohlen, dass sich die Länder, in denen solche Messungen durchgeführt werden, bezüglich ihrer methodischen Vorgehensweise abstimmen.

Für die weitere bundesweite Bearbeitung wird die Priorität als gering eingeschätzt.

Niedrigwasserstände in Seen (ID 12):

Für ungesteuerte, natürliche Seen besteht ein unmittelbarer und gut begründeter Wirkungszusammenhang zum klimawandelbedingten Temperaturanstieg (Zunahme Verdunstung).

Für angebundene Auegewässer und Talsperren ist er dagegen wenig geeignet, da andere Faktoren das Klimasignal überlagern.

Der Indikator ist insbesondere praxistauglich für Seen mit Pegeleinrichtungen, die über eine Datenfernübertragung verfügen. Zu berücksichtigen ist allerdings der physikalische Effekt der „Seiche“ – ein leichtes Schiefstellen des gesamten Seenwasserkörpers als Folge des Windangriffs auf die Oberfläche. Um diesen Effekt auszuschließen, ist der Wasserstand an mehreren Stellen zu erfassen, je nach vorherrschender Richtung des Windeinfalls. Ebenfalls zu beachten ist, ob der See eine Grundwasseranbindung hat. Wenn ja, könnte leichter der Grundwasserstand im Nahbereich des Sees eine Auskunft über Klimasignale geben.

Der Indikator erscheint geeignet und ist praxistauglich. Weitere Abstimmungen und Spezifizierung von Methode und Auswertung sind erforderlich. Äquivalent zu diesem Parameter kann auch eine Auswertung von Wasserbilanzen bzw. die Entwicklung von Wassererneuerungszeiten unter bestimmten messtechnischen Voraussetzungen sinnvoll sein.

Wegen der starken Überprägungen durch andere Einflüsse wird der weiteren Bearbeitung des Indikators eine geringere Priorität beigemessen.

Wassertemperatur in Fließgewässern (ID 15):

Die Wassertemperatur steuert und synchronisiert viele Lebensvorgänge im Gewässer und ist daher von besonderer Bedeutung für dessen ökologische Funktionen. Der Indikator wird durch den klimawandelbedingten Temperaturanstieg direkt beeinflusst und ist somit sehr gut geeignet. Einige Untersuchungen an Fließgewässern zeigen bereits Veränderungen des Temperaturhaushaltes, die nur durch klimatische Effekte erklärt werden können (IKSR 2013).

Probleme in der Praxis: Wassertemperaturdaten werden als Standardparameter in der Gewässerüberwachung an vielen Stellen erhoben. Durch anthropogene Wärmeeinleitungen (Kühlwasser, Prozesswasser, Abwasser) werden klimatisch bedingte Temperaturerhöhungen jedoch imitiert, sodass an die Auswahl der Messstandorte hohe Anforderungen zu stellen sind. Dies gilt auch für die Art der Datenerhebung. I. d. R. liegen nur Stichprobenmessungen vor, die tageszeitlichen Schwankungen unterliegen. Auch werden die absoluten Höchst- oder Niedrigwerte damit nur selten erfasst. Hierzu bedarf es kontinuierlicher Temperatureaufzeichnungen, die meist nur für größere, anthropogen aufgewärmte Gewässer vorhanden sind. Wassertemperaturdaten aus Pegelaufzeichnungen sind nur bedingt geeignet, da die Temperatursensoren i. d. R. nicht kalibriert werden und die meist ufernahen Messpunkte nicht immer repräsentativ für das Gewässer sind.

Bei der Entwicklung eines Indikators auf der Grundlage der Wassertemperatur sind ferner verschiedene Bezugsgrößen möglich, die sich am jeweiligen Indikator-konzept orientieren müssen. Für den wasserwirtschaftlichen Vollzug sind z. B. zeitliche Veränderung in der Häufigkeitsverteilung oder den Zeitdauern von über- oder unterschrittenen Temperaturschwellen-

werten von Bedeutung (z. B. sommerliche Höchstwerte, Wirkschwellen für winterliche Kältestimuli). Ein Indikator kann aber auch ein einfacher zeitlicher Trend in der Jahresmitteltemperatur eines Gewässers sein.

Die Wassertemperatur ist ein Schlüsselindikator mit direktem Wirkungsbezug zum Klimawandel.

Die Weiterentwicklung ist unter Berücksichtigung der methodischen Restriktionen sinnvoll (abgestimmtes Messkonzept). Im Rahmen eines gewässerökologischen Klimafolgen-Monitorings von KLIWA wurde damit begonnen Wassertemperaturen in anthropogen weitgehend unbeeinflussten Fließgewässern zu messen.

Ferner müssen die Indikator-Zielgrößen spezifiziert und das Indikatorkonzept für die Wassertemperatur als Ganzes fortgeschrieben werden. An einem DAS-Indikator zur Wassertemperatur in Fließgewässern wird gegenwärtig gearbeitet. Zur Weiterentwicklung des DAS-Indikatoren-Systems erfolgt die Bearbeitung mit dem Ziel, den Monitoring-Bericht zur DAS 2019 um diesen Indikator zu ergänzen.

Der weiteren Bearbeitung des Indikators wird eine hohe Priorität beigemessen.

Der KLIWA-Index_{MZB} (ID 20):

Im Rahmen der KLIWA-Kooperation (siehe Kapitel 4.3) werden aktuell auch Fragen zum gewässerökologischen Klimafolgen-Monitoring bearbeitet²⁰. Dabei steht der Datenpool der biologischen Qualitätskomponenten, die im Zuge der Ermittlung des ökologischen Gewässerzustandes nach WRRL erhoben werden im Fokus.

Der KLIWA-Index_{MZB} ist ein indexbasiertes Bewertungsinstrument zur Abschätzung klimatischer Veränderungen auf der Grundlage des Makrozoobenthos von Fließgewässern. Das Verfahren ist in KLIWA-Heft 20 veröffentlicht worden (KLIWA 2016b) und befindet sich derzeit in einem Praxistest.

Grundlage des Index ist die statistische Ableitung Taxa-spezifischer Temperaturpräferenzspektren (Bezugspunkt: Monatsmittelwerte Juni-August). Dabei wurde ein bundesweiter Datensatz zum operativen EU-WRRL-Monitoring ausgewertet. Im Ergebnis erhält man eine biozönotisch abgeleitete Äquivalenttemperatur, die letztlich die kritischen sommerlichen Milieubedingungen charakterisiert (physiologisch betrachtet, die Sauerstoffverfügbarkeit), die sich mit dem Klimawandel verschärfen können.

Der Wirkungszusammenhang besteht darin, dass eine Erhöhung des Indexwertes über die Zeit, eine Zunahme wärmetoleranterer bzw. weniger sauerstoffsensibler Arten in der Biozönose anzeigt. Durch den klimawandelbedingten Temperaturanstieg der Gewässer sinkt in ihnen die Löslichkeit für Sauerstoff. Zusätzlich nimmt durch die höhere Verdunstung der sommerliche Abfluss ab. Beide Faktoren nehmen Einfluss auf die Atmungsbedingungen in

²⁰ <http://www.kliwa.de/gewaesseroekologie-gewaessermonitoring.htm>

Fließgewässern. In anthropogen weitgehend unbeeinflussten Gewässern sollte daher ein statistisch nachweisbarer, direkter Zusammenhang zwischen Klimasignal und Reaktion der Lebensgemeinschaft bestehen. Durch die integrative Betrachtung einer ganzen Lebensgemeinschaft, die aus vielen „Sensoren“ besteht, erhält der Index seine Robustheit gegenüber Störeffekten. Untersuchungen mit einem ähnlichen Ansatz zeigen, dass signifikante Trends aber längerer Zeitreihen bedürfen (MARTEN 2011).

Da der Index auf der standardisierten Erhebung des Makrozoobenthos im Rahmen des WRRL-Monitoring basiert, ist die Datenverfügbarkeit in den Ländern grundsätzlich gegeben. Er sollte daher als Auswertungsinstrument im Rahmen eines gewässerökologischen Indikatorenkonzeptes (Klimafolgen-Monitoring) weiterentwickelt werden.

Der bundesweiten Bearbeitung des Indikators wird auch auf Grund der guten Datenverfügbarkeit eine hohe Priorität beigemessen.

Ökologischer Zustand oberirdischer Binnengewässer (ID 16):

Der ökologische Zustand ist eine hoch komplexe Bewertungsgröße, die von vielfältigen anthropogenen Einflüssen und biologischen Wechselwirkungen geprägt ist. Über die Veränderungen des Gewässertemperaturhaushaltes und des Abflussregimes wird der Klimawandel aber auch auf diese Bewertungsgröße einen subtilen Einfluss haben. Dieser wird umso deutlicher nachweisbar sein, je geringer ein Gewässer anthropogen überformt ist. Damit bietet sich dieser Indikator v. a. für Langzeitauswertungen an ausgewählten LAWA-Referenzmessstellen (im Sinne der EU-WRRL) an, an denen weder Maßnahmen erfolgen noch Landnutzungsänderungen anstehen (z. B. Waldstandorte).

Einige Bundesländer haben in der Abfrage betont, dass es neben dem hochaggregierten ökologischen Zustand sinnvoll sein könnte, bestimmte Einzelmetrics der biologischen Qualitätskomponenten auszuwerten, die einen direkteren Bezug zu den klimagetriebenen Gewässerveränderungen haben, ohne dies näher auszuführen. Hier könnte der im KLIWA-Projekt entwickelte KLIWA-Index_{MZB} (ID 20) eine sinnvolle Auswertegröße darstellen, da er speziell die Temperaturpräferenzen der für die ökologische Zustandsbestimmung gebräuchlichen Makrozoobenthos-Organismen berücksichtigt.

Verwiesen wird in diesem Zusammenhang auf den Indikator zum Ökologischen Zustand (ID 57) unter dem Handlungsfeld Gewässerökosystemschutz, der ursprünglich als Response-Indikator eingeordnet war, aus fachlicher Sicht modifiziert und als Impact-Indikator umformuliert wurde.

Der weiteren Bearbeitung des Indikators wird unter der o. g. Prämisse eine hohe Priorität beigemessen.

Gewässerstruktur (ID 19): Siehe Kapitel 6.11, Gewässerstruktur (ID 63, ID 19) S. 55/56

Vorkommen wärmeliebender Arten in Binnengewässer (ID 17):

Generell nimmt die Ausbreitung und Etablierung wärmeliebender Arten aus mediterranen oder subtropischen Klimazonen in heimischen Süßwasserökosystemen zu. Dabei kann es sich aufgrund zunehmend milderer Temperaturen um natürliche Arealausweitungen nach Norden handeln, wie es für einige wärmeliebende Libellenarten mit mediterranem Verbreitungsschwerpunkt belegt ist (OTT 2010). Andererseits etablieren sich zunehmend aber auch mehr gebietsfremde Arten. Dies setzt i. d. R. eine hohe ökologische Plastizität (z. B. Temperaturtoleranz, Konkurrenzfähigkeit) voraus. Einige Arten werden sogar als Profiteure des Klimawandels bezeichnet.

Vorkommen und Ausbreitung von Arten ist heute in hohem Maße Abbild eines globalisierten Transportgeschehens. So ist z. B. der hohe Neozoen-Anteil in den Bundeswasserstraßen hierauf zurückzuführen. Durch die neuzeitliche Verbindung großer Flusssysteme, die über geologische Zeiträume hinweg getrennt waren, ist ein passiver (Verschleppung durch Schiffe) und aktiver Faunenaustausch im Gange. Andere Ausbreitungsvektoren sind die Fischzucht und der Handel mit exotischen Arten in der Aquaristik und die damit verbundene bewusste oder unbewusste Freisetzung (s. Neobiota-Verordnung der EU²¹). Als zweite wichtige, anthropogene Einflussgröße spielen Wärmeeinleitungen eine Rolle, die das Temperaturregime der Gewässer insbesondere in den Wintermonaten für wärmeliebende gebietsfremde Arten günstig beeinflussen können (SCHÖLL 2013).

Der Indikator ist grundsätzlich geeignet, bedarf aber einer präziseren Definition: Ist das Vorkommen bzw. die Ausbreitung wärmeliebender Neobiota gemeint oder das „Arten-Shifting“ innerhalb von Gewässerzonen in heimischen Lebensgemeinschaften (z. B. Verschiebung von Fischregionen)? Ferner muss ein Indikatoren-Konzept ausgearbeitet werden: Welche Indikatorarten sind unter Berücksichtigung der oben genannten anthropogenen Einflüsse geeignet (Profiteure mit Ausbreitungstendenz und hoher Wärmetoleranz)? Sollen Arealverschiebungen dokumentiert werden oder Veränderungen der Anteile wärmebedürftiger Arten innerhalb einer Biozönose? Letzteres ist für die Gruppe der aquatischen Wirbellosen (Makrozoobenthos) im KLIWA-Index_{MZB} für den praktischen Vollzug weiter ausgearbeitet worden.

Für die weitere Bearbeitung wird dem Indikator aufgrund seiner komplexen Wirkungszusammenhänge zunächst eine mittlere Priorität beigemessen.

Vorkommen warmwasser- und kaltwasser-adaptierter Arten in Ästuaren (ID 24):

Der Wirkungszusammenhang ist auch hier der klimawandelbedingte Temperaturanstieg der Gewässer und sein Einfluss auf die Biozönosen (siehe auch ID 17). Der Indikator wurde von einem Bundesland eingebracht und zielt speziell auf die Bedingungen in Übergangsgewässern ab. Diese sind gegenüber den meisten Binnengewässern im stärkeren Maße durch Plankton-Organismen geprägt. Dennoch gelten die dort skizzierten, temperaturkorrelierten

²¹ VERORDNUNG (EU) Nr. 1143/2014 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 22. Oktober 2014 über die Prävention und das Management der Einbringung und Ausbreitung invasiver gebietsfremder Arten.

Wirkungsmechanismen im Grundsatz auch hier. Als überlagernder Effekt kommt bei den tidebeeinflussten Übergangsgewässern noch die sich räumlich und zeitlich ändernde Salinität hinzu. Ein sich durch die Meeresausdehnung verstärkender Tidenhub würde das Salzwasser weiter landeinwärts drücken und die Salinität dort ansteigen lassen. Der Salzgehalt ist ein strenger ökologischer Faktor, der die Artenzusammensetzung der Biozöosen neben der Temperatur ebenfalls beeinflusst. Neben den natürlichen, extrem starken Schwankungen spielen auch Effekte aus Ausbauvorhaben und Retentionsraumgewinnung sowie Retentionsraumverlust eine Rolle, sodass die notwendige Trennschärfe bzgl. des Einflusses des Klimawandels vermutlich nicht erreichbar sein wird.

Der Indikator ist durch viele Überlagerungseffekte wenig trennscharf. Für eine bundesweite Bearbeitung wird die Priorität als gering eingeschätzt.

Sauerstoffkonzentrationen in Übergangsgewässern (in Länderabfrage genannt für Elbe, Bille, Alster) (ID 14):

Im Sommer werden im Hamburger Hafen (15 m tief) zunehmend kritische Sauerstoffkonzentrationen um 4 mg/l beobachtet. Man vermutet, dass dabei Phytoplankton der Elbe in tiefere Wasserschichten des Hafenbeckens gelangt und dort aufgrund des Lichtmangels (aphotische Zone) verstärkt respiriert (Dunkelatmung) oder abstirbt und damit die Zehrung ankurbelt. Dieser Prozess ist neben der Wassertemperatur (O_2 -Löslichkeit) auch stark vom Abfluss, dem Tidenhub und der Trophie abhängig.

Der Wirkungszusammenhang zum Klimawandel wird darin gesehen, dass einerseits die Wassertemperatur ansteigt (und damit die O_2 -Löslichkeit sinkt), andererseits sich durch den verstärkt auflaufenden Tidenhub die aphotische Zone in der (vertieften) Elbe vergrößert und weiter landeinwärts bzw. auch in den Hafen gedrückt wird.

Der Indikator beschränkt sich auf ein Phänomen der Übergangsgewässer mit starkem Tidenhub. **Im Zusammenhang mit dem Monitoring von Sedimentmanagement-Maßnahmen an Bundeswasserstraßen kann er regional bedeutsam sein.** Im Kontext dieses Berichtes ist der Indikator aufgrund der komplexen Wirkungsüberlagerungen des Klimawandelsignals aber nur wenig geeignet.

Für eine bundesweite Bearbeitung wird die Priorität als gering eingeschätzt.

Zeitliche Entwicklung des Tidenhubs in Ästuaren (ID 23):

Der Tidenhub in den Ästuaren hat sich durch bauliche Eingriffe (Eindeichungen, Sperrwerke, Aufspülungen, Fahrrinnenausbauten) in den letzten 100 Jahren erhöht. Die Entwicklung wird durch einen Anstieg des Meeresspiegels zukünftig verstärkt. Der Indikator beruht auf der Auswertung vorhandener Zeitreihen aus Pegelaufzeichnungen. Die Langzeitentwicklung des Tidenhubs in Ästuaren ist ein Standardparameter, der auch bezüglich der ökologischen Qualität des Gewässers höchst bedeutsam ist.

Bei einer Weiterentwicklung dieses Indikators müsste zunächst die Trennschärfe der jeweiligen Effekte der hier genannten Einflussfaktoren „Klimasignal“ und „baulichen Veränderungen“ näher untersucht werden.

Vor dem Hintergrund von Baumaßnahmen an der Elbe bzw. für den Hochwasserschutz in den Küstenländern ist der Indikator regional von Bedeutung.

Für eine bundesweite Bearbeitung wird die Priorität jedoch als gering eingeschätzt.

5.1.2.2 Ökologie der Meere

Bei der Länderabfrage wurden die Indikatoren „Verbreitung wärmeadaptierender mariner Arten“ (ID 25) und „Entwicklung erosionsgefährdeter Biotope im Küstengebiet“ (ID 26) gemeldet. Eine sachkompetente inhaltliche Betrachtung konnte aufgrund der Zusammensetzung der LAWA KG Klimaindikatoren nicht erfolgen.

5.2 Grundwasser

Grundsätzlich wird eingeschätzt, dass sich Indikatoren, die direkt auf Messdaten beruhen, besser für eine bundesweite Vereinheitlichung eignen als Indikatoren, deren Werte durch Modellierungen berechnet werden. Es fällt bei den modellierten Werten (z.B. Grundwasserneubildungsraten) auf, dass die Länder auf unterschiedliche Modelle zur Berechnung zurückgreifen und die ermittelten Werte daher nicht vergleichbar sind.

Bei Indikatoren, die auf Messungen beruhen, werden zwar auch unterschiedliche Betrachtungsweisen gewählt (Bezugszeiträume, Anzahl der einbezogenen Messstellen, Messintervalle, Mittelwerte), diese lassen sich jedoch vermutlich einfacher an eine einheitliche Betrachtungsweise anpassen. Weiterhin werden Grundwasserstände, Grundwassertemperatur und Grundwassergüte/Grundwasserbeschaffenheit aufgrund der Vorgaben der EU-WRRL in allen Bundesländern gemessen, so dass sich hierzu ohne zusätzlichen Messaufwand Aussagen für ganz Deutschland relativ einfach generieren lassen sollten.

Es kann daher empfohlen werden, bei der Neuentwicklung von Indikatoren-Systemen die Grundwasserstände/Quellschüttungen als Eingangsgröße für einen Indikator zugrunde zu legen, sofern Informationen über nichtklimatische Einflussfaktoren vorliegen und einbezogen werden können.

Wenn Bundesländer ihre Klima-Indikatoren-Systeme überarbeiten oder neu aufstellen, sollte bei der Auswahl von Grundwassermessstellen für das Indikatoren-System darauf geachtet werden, dass anthropogene Einflussfaktoren auf die verwendeten Messdaten möglichst klein sind. Insbesondere bei der Verwendung von EU-WRRL-Messstellen bzw. deren Ergebnissen sollte dieser Aspekt geprüft werden, da diese ja gerade der Erfassung von anthropogenen Einflüssen dienen. Vor diesem Hintergrund wird für die Messstellenauswahl empfohlen, einerseits wegen des Wirkungszusammenhangs zum Klimawandel eine oberflächennahe Verfilterung anzustreben und andererseits darauf zu achten, dass im Einzugsgebiet möglichst

- keine Grundwasserentnahmen,
- keine Beregnungen,
- wenig Versiegelung und
- wenige Änderungen in der Flächenbewirtschaftung

erfolgen/zu erwarten sind. Weiterhin sollten möglichst keine anthropogenen Einflüsse bei in Verbindung stehenden Oberflächengewässern bestehen. Gut geeignet sind Lysimeterdaten und ausgewählte Wasserstandsmessstellen, an denen Grundwasserstände und Grundwassertemperaturen mit definiertem und gleichbleibendem Messturnus beobachtet werden. Wichtig sind in jedem Fall die Dokumentation und Berücksichtigung von Messmethodik und Filtertiefe sowie Grundwasserflurabstand bei der Auswertung der Daten.

Ist dies nicht möglich, sollte darauf geachtet werden, dass die nichtklimatischen Einflussfaktoren quantifizierbar sind (z.B. Entnahmen), sodass der Indikator tatsächlich ein um andere Einflüsse bereinigtes Klimasignal angeben kann. Anderenfalls sollte die Messstelle nicht aufgenommen bzw. aus dem Klima-Indikatoren-System entfernt werden.

5.2.1 Grundwassermenge

DAS-Monitoring-Indikatoren:

Veränderungen der Grundwasserstände können mit dem Indikator **WW-I-1 „Mengenmäßiger Grundwasserzustand“** abgebildet werden. Der Indikator basiert auf der Berichterstattung der EU-WRRL und wurde auch von einem Bundesland als Indikator angeführt (ID 33).

Hierbei wird die Entwicklung der Grundwasserstände an Grundwassermessstellen über die die Zeit betrachtet. Die Beurteilung des mengenmäßigen Zustands erfolgt in der Regel auf Grundlage der Parameter a) *Trendanalyse der Grundwasserstände/Quellschüttungen (Ganglinienauswertungen)* und b) *Wasserbilanzbetrachtungen der Grundwasserkörper (überschlägige und ggf. detaillierte Wasserbilanz)*. Darüber hinaus können unter bestimmten Gegebenheiten noch weitere Parameter zur Beurteilung des mengenmäßigen Zustands zur Anwendung kommen. Für die Überschlägige Wasserbilanz werden die langfristigen mittleren Entnahmemengen im Bilanzzeitraum der langfristigen mittleren Grundwasserneubildung für den gesamten Grundwasserkörper gegenübergestellt. Zur Bewertung herangezogen wird der Anteil der wasserrechtlich gestatteten Entnahmemenge an der Grundwasserneubildung (in %) (LAWA 2011).

Der so ermittelte mengenmäßige Zustand (gut oder schlecht) ist maßgeblich von der Qualität der wasserrechtlichen Nutzungsdaten und dem zur Bilanzierung verwendeten Wasserhaushaltsmodell abhängig. Wasserrechtliche Nutzungsdaten geben nur bedingt Auskunft über die realen Nutzungsverhältnisse, welche durchaus von den gestatteten Nutzungen abweichen können. Zudem kommen in den Bundesländern unterschiedliche Wasserhaushaltsmodelle zum Einsatz. In der Zusammenschau mit den oben genannten allgemeinen Kriterien zur Auswahl von Grundwasser-Messstellen für Klima-Indikatoren-Systeme erscheint die Nutzung der Daten zum mengenmäßigen Zustand nach WRRL daher nur bedingt sinnvoll.

Der weiteren Bearbeitung auf Bundesebene wird daher eine geringe Priorität beigemessen.

Grundwasserstand (ID 30, 37):

Der in den Ländern am häufigsten verwendete Indikator bezieht sich auf Aussagen zum Grundwasserstand inklusive Trendbetrachtungen, teilweise in Kombination mit Quellschüttung. Dieser Indikator basiert auf Messdaten. Allerdings wird nicht bei allen Länderangaben deutlich, ob und welche Zeitreihen oder Bezugszeitpunkte betrachtet werden (siehe Definition Indikatoren in Kap. 3). Um deutschlandweite Aussagen zu ermöglichen, wird eine einheitliche Betrachtungsweise empfohlen.

Grundsätzlich erscheint dieser Indikator geeignet, um klimainduzierte Veränderungen (verändertes Niederschlagsregime, ggf. höhere Verdunstungsraten) im Wasserhaushalt abzubilden. Nichtklimatische Einflussfaktoren sind jedoch zu berücksichtigen, wenn der Indikator aussagekräftig sein soll. Dabei sind in erster Linie Grundwasserentnahmen zu nennen. Auch

eine potenzielle Grundwasseranreicherung, beispielsweise durch flächenhafte landwirtschaftliche Beregnung, im Einzugsgebiet von Grundwassermessstellen sollte ebenso wie Bewirtschaftungsänderungen in Ansatz gebracht werden.

Die Priorität der weiteren Bearbeitung wird als hoch eingeschätzt. Der Indikator ist fachlich relevant und wird ohnehin erhoben.

Grundwasserneubildung (ID 28), Quellschüttungen (ID 31):

Die von einigen Ländern angeführte Grundwasserneubildung ist - sofern aus modellierten Werten generiert – aus den oben genannten Gründen als Indikator nur bedingt geeignet, um zu deutschlandweit vergleichbaren Aussagen zu kommen.

Einzelne Bundesländer ermitteln die Grundwasserneubildung anhand von Messreihen. Die Daten werden mit Hilfe von Lysimetern gewonnen, welche die einzige Möglichkeit darstellen, die Sickerwasserrate messtechnisch direkt zu bestimmen. Jedoch sind Lysimeteruntersuchungen und Wassergehaltsmessungen in der Praxis nur begrenzt und mit großem Aufwand einsetzbar (LAWA 2005), sodass sie sich als Grundlage für einen bundeseinheitlichen Indikator ebenso nur eingeschränkt eignen.

Die Bearbeitung des Indikators hat aktuell eine mittlere Priorität, weil überwiegend noch auf regional unterschiedlich modellierte Werte zurückgegriffen wird. Er könnte perspektivisch weiterentwickelt werden, da die fachliche Relevanz und bundesweite Bedeutung generell gegeben ist.

5.2.2 Grundwasserqualität

DAS-Monitoring-Indikatoren:

Die Grundwasserbeschaffenheit konnte aufgrund der unsicheren Datenlage sowie der mangelnden Eignung im DAS-Monitoring-System nicht berücksichtigt werden. Diskutiert wurden hier der „Salzgehalt des Grundwassers“, dessen Entwicklung regional stark variiert. Weiterhin 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 Grenzwertes²² für Nitrat (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 weiter verfolgt (UBA 2014).

²² Verordnung über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch (Trinkwasserverordnung - TrinkwV 2001) vom 20.05.2001

Grundwassergüte/Grundwasserbeschaffenheit²³ (ID 32):

Die Grundwassergüte/Grundwasserbeschaffenheit wird von zahlreichen anthropogenen und ggf. auch natürlichen Faktoren beeinflusst, sodass die Ableitung eines aussagekräftigen Klimasignals aus den Ergebnissen chemischer Analysen und Auswertungen schwierig erscheint. Es empfiehlt sich, die Eignung als Indikator insbesondere im Hinblick auf den ursächlichen Zusammenhang festgestellter Veränderungen mit dem Klimawandel zu prüfen.

Die Bearbeitung des Indikators hat eine geringe fachliche Priorität, da viele Faktoren die Aussagen zum Klimasignal überlagern.

Grundwassertemperatur (ID 34):

Die Eignung als Indikator erscheint grundsätzlich gegeben. Bei der Messstellenauswahl ist aber auf jeden Fall zu beachten, dass die Messstelle oberflächennah verfiltert und der Grundwasserflurabstand begrenzt ist. Es wird angenommen, dass sich die langfristige Veränderung von Temperatur (und Niederschlag) schneller/eher und darüber hinaus intensiver in den Messreihen oberflächennah verfilterter Grundwassermessstellen widerspiegelt.

Eingeschränkt ist anzumerken, dass bei solchen scheinbar geeigneten Messstellen die Grundwassertemperatur anthropogen jedoch durchaus beeinflusst sein kann. Daher sollten nur Messstellen in Frage kommen, die nicht im Einflussbereich von

- oberflächennaher geothermischer Nutzung,
- großflächiger Versiegelung,
- Einleitung/Versickerung von Niederschlags-/Bewässerungs-/Abwasser oder Uferfiltrat,
- starker Verstädterung oder
- großen Verkehrswegen etc.

liegen.

Die Priorität zur Weiterentwicklung des Indikators wird als mittel eingeschätzt, da Temperaturänderungen zwar gut mit dem Klimasignal korrespondieren, aber noch zu prüfen ist, ob unter Beachtung der oben genannten Prämissen eine repräsentative Messstellendichte zu erreichen wäre.

5.2.3 Bodenwasserhaushalt/Bodenwasservorrat

Neben rein wasserwirtschaftlichen Klima-Impact-Indikatoren wurden auch Indikatoren angeführt, welche sich mit den Auswirkungen eines verminderten Wasserdargebots für Pflanzen beschäftigen (ID 29, ID 36).

²³ Einige Länder verwenden den Begriff Grundwassergüte, einige Länder verwenden den Begriff Grundwasserbeschaffenheit

Der DAS-Monitoring-Indikator **BO-I-1 „Bodenwasservorrat in landwirtschaftlich genutzten Böden“** untersucht hierbei das langjährige Flächenmittel des Versorgungsgrades des Bodens mit Wasser in Prozent der nutzbaren Feldkapazität (nFK) für zwei Fruchtfolgen (Wintergetreide und Zuckerrübe). Baden-Württemberg betrachtet den Bodenwasservorrat mit den gleichen Parametern.

Bayern und Rheinland-Pfalz simulieren mit Hilfe eines Bodenwasserhaushaltsmodells das Langzeitverhalten des mittleren Trockenheitsindex Tage (<30% nFK) (BY) bzw. der mittleren jährlichen Sickerwasserrate (RP) im Sommerhalbjahr.

In Brandenburg werden Frühjahrstrockenheiten in Zeitreihen als Indikator genutzt.

Sachsen untersucht im Klimafolgen-Monitoring für den Bereich Boden den Impact-Indikator „Langfristige Entwicklung des Bodenwasservorrats“. Als Indikator für die langfristige Entwicklung des Bodenwasservorrats wird die Häufigkeit (n) des Erreichens des Permanenten Welkepunkts (PWP) des Bodenwassergehaltes für das jeweilige Jahr im Oberboden genutzt. Dabei werden, sofern möglich, die Daten der Boden-Dauerbeobachtungsflächen (BDF II), der Agrarmeteorologischen Stationen mit Bodenfeuchtemessungen sowie Daten der Lysimeterstation Brandis berücksichtigt (LfULG 2016). Bei einer Neu- oder Weiterentwicklung von wasserwirtschaftlichen Klimaindikatorensystemen in den Ländern wäre zu prüfen, ob diese Indikatorengruppe berücksichtigt werden soll. Sofern eine Berücksichtigung befürwortet wird, empfiehlt sich eine fruchtartunabhängige Betrachtungsweise, um zu allgemeingültigeren Aussagen zu gelangen.

Der Weiterentwicklung des Indikators wird eine geringe Priorität zugemessen, da regional gegenwärtig noch sehr unterschiedliche Ansätze für die Bewertung vorliegen.

5.3 Küstengewässer

An den deutschen Küsten sind durch den Klimawandel verursachte mögliche Veränderungen der Temperatur und der hydrologischen Parameter Meeresspiegel, Sturmfluten und Seegang relevant. Sie beeinflussen nicht nur den Küstenschutz (Kap. 6.2), sondern auch die Schiffbarkeit (Kap. 6.10) und die Entwässerung der Küstenniederungen (Kap. 6.15).

Deutschland als Wirtschaftsstandort ist auf Bundesebene abhängig von funktionierenden Seehafenzufahrten als Bestandteil von funktionierenden Logistikketten (Schiffbarkeit, Zuverlässigkeit und Leistungsfähigkeit der Infrastruktur). Daher haben die in diesem Kapitel behandelten Aspekte bzw. Indikatoren nicht nur für die Küstenländer, sondern für ganz Deutschland eine hohe Relevanz.

Das Themenfeld „Physikalisch-chemische Gewässerzustand des Meeres“ und „Meeresspiegel und Meeresströmungen“ wird im DAS-Monitoring-System anhand der Indikatoren:

- **WW-I-8 „Wassertemperatur des Meeres“**
- **WW-I-9 „Meeresspiegel“ und**
- **WW-I-10 „Intensität von Sturmfluten“**

abgebildet.

Für die Sturmfluten-Indikatoren wurden einzelne Pegel an Nord- und Ostsee ausgewertet, die zusammen mit Experten ausgewählt wurden. Diskutiert wurde auch die Gesamtdauer von Sturmfluten, die auf Basis von zeitlich hochauflösenden Daten zu berechnen ist. Der Indikator „Wassertemperatur des Meeres“ wird auf Basis von Daten des Bundesamtes für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH) über eine aggregierte Datenreihe zur Nordsee dargestellt. Vergleichbare Daten zur Ostsee liegen vor und können zu einem Gebietsmittel aggregiert werden. Eine aggregierte Darstellung der Nordsee- und Ostseedaten wurde gegenüber der Darstellung von ortsfesten Zeitreihen bevorzugt. Neben den Jahresmitteln können auch saisonale Mittel berechnet werden. Näher betrachtet wurden mögliche Indikatoren „Änderung des pH-Werts“ und „Änderung des Salzgehalts“. Die Experten haben die Umsetzbarkeit und Aussagekraft dieser Größen jedoch bezweifelt, weil sie durch verschiedenste Faktoren stark beeinflusst sind und das derzeit vorhandene Messnetz mit Blick auf die stark schwankenden Werte für nicht ausreichend eng eingeschätzt wurde. Als Indikator für Seegangänderung kann die signifikante Wellenhöhe genutzt werden, für die basierend auf dem BSH Messnetz 20-25jährige Zeitreihen vorhanden sind.

Zusätzlich zum o.g. Indikatorenset im Rahmen des DAS-Monitorings (Fachbetreuung für Küstenindikatoren: BSH) melden die Bundesländer Indikatoren zum Meeresspiegel (ID 38), Sturmfluten (ID 39), Windintensität (ID 40) und Wassertemperatur des Meeres (ID 41),

5.3.1 Meeresspiegel

An einer Vielzahl von deutschen Küstenpegeln werden seit Jahrzehnten bis (vereinzelt) Jahrhunderten Meereswasserstände aufgezeigt und in den Deutschen Gewässerkundlichen Jahrbüchern in parametrisierter Form dargestellt (www.dgj.de). Auf dieser Basis dieser haben Bund (DAS) und einige Küstenländer Klima-Impact-Indikatoren entwickelt. Für die Nordseeküste zeigen diese Indikatoren langfristige Änderungen im mittleren Tidehochwasser und mittleren Tideniedrigwasser auf, für die (tidefreie) Ostseeküste Änderungen im Mittelwasser bzw. mittleren Meeresspiegel. Da es sich um mehrjährige Mittelwerte handelt, können trendmäßige Änderungen, zum Beispiel infolge von Klimaänderungen, detektiert werden.

Der regionalen Bearbeitung des Indikators wird eine hohe Priorität beigemessen.

5.3.2 Sturmfluten

Auf der Basis der o.g. Datensätze leiten Bund (DAS) und einige Küstenländer ebenfalls Klima-Impact-Indikatoren zur Höhe von Sturmflut- bzw. Extremwasserständen ab. Dabei werden Jahreshöchstwasserstände oder mehrjährige Höchstwasserstände auf klimabedingte langfristige (trendmäßige) Änderungen hin ausgewertet.

Darüber hinaus werden in einem Küstenland Indikatoren zur Langzeitentwicklung der Zahl von aufeinanderfolgenden Sturmtiden ausgewertet. Klimabedingte Änderungen in der Zahl von aufeinanderfolgenden Sturmtiden können dazu führen, dass die Hafenwirtschaft über längere Zeit beeinträchtigt ist (Kap. 6.10) oder dass Sperrwerke über längere Zeit geschlossen bleiben müssen, wodurch die Niederungsentwässerung erschwert wird (Kap. 6.15).

Der regionalen Bearbeitung des Indikators wird eine hohe Priorität beigemessen.

5.3.3 Seegang

Zum Seegang in Küsten- und Meeresgewässern werden derzeit noch keine Klima-Impact-Indikatoren aufbereitet. Die vorliegenden Zeitreihen umfassen 20 bis 25 Jahre, wodurch trendmäßige Änderungen (noch) nicht detektiert werden können. (Klimabedingte) Änderungen im Seegang können Auswirkungen auf die See- und Küstenschifffahrt sowie auf die Stabilität der sandigen Küsten und Küstenschutzbauwerke haben.

In einem Küstenland werden (wohl auch als Proxy für den Seegang) langfristig vorliegende Windmessdaten (ID 40) ausgewertet und entsprechend als Klima-Impact-Indikator aufbereitet.

Der regionalen Bearbeitung des Indikators wird eine hohe Priorität beigemessen.

6 Wasserwirtschaftliche Handlungsfelder (Response-Indikatoren)

Response-Indikatoren messen die Umsetzung von Maßnahmen. Dazu gehören insbesondere Resilienz-Maßnahmen, die dazu dienen, die Widerstandsfähigkeit der Gewässer und der von ihnen betroffenen Systeme zu erhöhen. Diese werden unter den Response-Indikator erfasst. Zum Beispiel tragen Gehölzanpflanzungen an Gewässern im Rahmen von Renaturierungen dazu bei, die Temperatur von Gewässern zu senken und damit die Widerstandsfähigkeit der Gewässer gegenüber den Folgen des Klimawandels zu erhöhen. Dazu gehören zum Beispiel auch alle Maßnahmen im Rahmen des Hochwasserrisikomanagements, wie Deichrückverlegungen an Flüssen.

Im Folgenden wird für die wasserwirtschaftlichen Handlungsfelder dargestellt, welche Indikatoren in Bund und Ländern hierzu bereits vorhanden sind. Es wird festgestellt, dass insgesamt weniger Response-Indikatoren als Impact-Indikatoren gemeldet wurden. Auch das DAS-Monitoring-Indikatoren-System enthält im Handlungsfeld Wasserwirtschaft für Response-Indikatoren eher allgemeine Darstellungen, wie die Entwicklung des Wassernutzungsindex, die Entwicklung der Gewässerstruktur und die Darstellung der Investitionen in den Küstenschutz.

Im LAWA Klimawandel-Bericht 2017(LAWA 2017) werden u.a. gute Praxisbeispiele für wasserwirtschaftliche Anpassung an die Folgen des Klimawandels dargestellt und Empfehlungen für die Maßnahmenentwicklung abgegeben. Dabei wird - auch bezogen auf die Response-Indikatoren - die Bedeutung des Monitorings unterstrichen. Von hoher Bedeutung ist, dass im Kontext der Maßnahmenentwicklung ein Monitoring der Maßnahmenumsetzung festgeschrieben wird. Hieraus können sich bei der Weiterentwicklung der Monitoring-Programme Ansätze für die Entwicklung von Response-Indikatoren ergeben, die es möglich machen, den Anpassungsprozess der Wasserwirtschaft an die Folgen des Klimawandels nachzuzeichnen und zu einem späteren Zeitpunkt in Hinblick auf die erfolgreiche Umsetzung zu evaluieren. Bei der Entwicklung und späteren Bewertung von Response-Indikatoren sind allerdings in besonderer Weise die Abhängigkeiten und Einflüsse von nicht klimatisch bedingten Faktoren zu beachten. Entscheidend ist dabei vor allem, dass die als Response-Indikator verwendeten Anpassungsmaßnahmen zwar Reaktionen auf den Klimawandel sein können, aber in vielen Fällen durch gesetzliche Vorgaben, Markterfordernisse, Haushaltszwänge, technischen Fortschritt etc. derart beeinflusst werden, dass bei der Interpretation von Aussagen von Response-Indikatoren sehr sorgsam die nicht klimatischen Einflüsse geprüft und erläutert werden müssen.

6.1 Binnenhochwasserschutz

Der verbesserte Hochwasserschutz an Binnengewässern, vor allem an Flüssen, wurde bei der Entwicklung der DAS-Monitoring-Indikatoren diskutiert. Allerdings konnten dazu keine umsetzbaren Indikatoren erstellt werden. Daten der „Gemeinschaftsaufgabe zur Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes (GAK)“ umfassen Hochwasserschutzmaßnahmen an Binnengewässern, stellen aber nur einen geringen Teil der Investitionen dar. Teilweise erfolgt der Aufbau von technischen Hochwasserschutzanlagen durch gesonderte

Förderung der Länder, viele Maßnahmen zum Hochwasserschutz werden durch die Bundesländer, aber auch verschiedene EU-Förderungen, wie LIFE-Projekte oder der Gemeinsamen Agrarpolitik (GAP), finanziert.

Eine Schnittstelle hat das Handlungsfeld „Wasserhaushalt, Wasserwirtschaft, Küsten- und Meeresschutz“ mit dem DAS-Querschnittsthema „**Raum-, Regional- und Bauleitplanung**“. Bei der Schaffung von Retentionsflächen wird auf die Indikatoren: **RO-R-6 „Siedlungsnutzung in Hochwassergefahrenbereichen“**, **RO-R-2 „Vorrang- und Vorbehaltsgebiete für Grundwasserschutz und Trinkwassergewinnung“** und **RO-R-3 „Vorrang- und Vorbehaltsgebiete für [vorbeugenden] Hochwasserschutz“** verwiesen. Im Handlungsfeld „Biologische Vielfalt“ wurde der Indikator **BD-I-3 „Rückgewinnung natürlicher Überflutungsflächen“** entwickelt, der in Bezug auf die Biodiversität Aussagen über die Wiedergewinnung naturnaher Feuchtgebiete ermöglicht und in diesem Kontext als Klimawirkungs-Indikator interpretiert wird. Aus wasserwirtschaftlicher Sicht gibt er jedoch auch Informationen über die Rückgewinnung von Retentionsflächen.

Investitionen in den Hochwasserschutz (ID 49):

In Baden-Württemberg werden die Investitionen in den Hochwasserschutz als Response-Indikator für die Anpassung an den Klimawandel für den Monitoring-Bericht ausgewertet (R-WH-2). Dieser Indikator zeigt, in welchem Umfang Ausgaben im Bereich Hochwasserschutz jährlich vorgesehen sind. Diese Zahlen schließen u.a. Kosten für die Berücksichtigung des Klimawandels, z.B. durch die Berücksichtigung eines Klimafaktors bei der Dimensionierung von Bauwerken, sowie Maßnahmen zur Stärkung der Resilienz der Gewässer mit ein. Positive Effekte der durchgeführten Maßnahmen werden bereits festgestellt. Da hier die Gesamtausgaben für den Bereich Hochwasserschutz herangezogen werden, muss bei der Anwendung dieser Auswertung als Klima-Indikator berücksichtigt werden, dass die Ausgaben auch abhängig sind von den finanziellen Möglichkeiten, den Rechtsverfahren, den personellen Ressourcen, den ohnehin erforderlichen Sanierungskosten der Hochwasserschutzeinrichtungen und den zusätzlichen Kosten durch Berücksichtigung eines höheren Schutzniveaus infolge geänderter gesellschaftlicher Ansprüche. Dies ist insbesondere für eine länderübergreifende Anwendung dieses Response-Indikators zu beachten.

Die Priorität für die weitere Bearbeitung wird wegen der starken Abhängigkeit der Investitionen von anderen Faktoren als gering eingeschätzt.

Rückgewinnung natürlicher Überflutungsflächen (DAS-Indikator Biodiversität BD-I-3) (ID 50):

Dieser Indikator²⁴ zeigt den jährlichen Flächenzuwachs der rückgewonnenen Aue durch Deichrückverlegungen in den Haupteinzugsgebieten von Maas, Rhein, Ems, Weser, Elbe, Oder, Donau sowie der direkten Zuflüsse zu Nord- und Ostsee und betrifft bundesweit

²⁴ Quelle factsheet: http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/656/dokumente/bd-i-3_indikator_rueckgewinnung_ueberflutungsflaechen.pdf

79 Flüsse, jeweils beginnend an der Stelle des Flusses, an der das Einzugsgebiet 1.000 km² überschreitet. Die Zusammenstellung erfolgt vom Bundesamt für Naturschutz.

Je größer die wiederangeschlossene Retentionsfläche durch Deichrückverlegung ist, desto größer sind die positiven Effekte für den Hochwasserschutz und der biologischen Vielfalt. Durch den Klimawandel verursacht können saisonal höhere Niederschläge auftreten. Eine Vergrößerung der vorhandenen Überflutungsflächen ist somit grundsätzlich auch als Response-Indikator zu bewerten.

Die Priorität für die weitere Bearbeitung wird wegen der Verbesserung der Widerstandsfähigkeit gegenüber den Folgen des Klimawandels als hoch eingeschätzt. Es sollte hierbei auch geprüft werden, kleinere Einzugsgebiete zu berücksichtigen.

Siedlungsnutzung in Hochwassergefahrenbereichen (DAS-RO-R-6) (ID 48, ID 51):

In einer Fallstudie²⁵ werden die Anteile der für Siedlungszwecke genutzten Flächen im Bereich der Überschwemmungsfläche eines HQ₁₀₀ bzw. eines HQ_{extrem} ermittelt. Grundlage sind die ermittelten Daten der Hochwasserrisikokarten zur Art der Flächennutzung in den Hochwassergefahrenbereichen. Die Auswertung erfolgt getrennt für diese Überschwemmungsszenarien und differenziert nach der Art der Siedlungsnutzung als Wohnbau-, Industrie-, Gewerbe- und Verkehrsfläche. Ergänzend zu den betroffenen Überschwemmungsflächen können durch einen Abgleich mit dem Einwohnermelderegister auch die Anzahl der durch Hochwasser betroffenen Personen innerhalb der Wohnbauflächen ermittelt werden.

Eine bundesweite Anwendung dieses Indikators als Klima-Indikator ist derzeit schwierig, da Daten der Hochwassergefahrenkarten und Hochwasserrisikokarten in den Bundesländern auf Grundlage unterschiedlicher methodischer Grundsätze sowie länderspezifischer Bedürfnisse und Gegebenheiten erarbeitet wurden, u.a. ist das HQ_{extrem} deutschlandweit nicht einheitlich definiert und schwankt zwischen HQ₂₀₀ und HQ₁₀₀₀. Für die Fortschreibung der Hochwassergefahrenkarten im 2. und 3. Zyklus sind die Bundesländer bestrebt, ein einheitliches Vorgehen abzustimmen. Auch für die Hochwasserrisikokarten wird eine deutschlandweite Harmonisierung angestrebt. Zusammen mit den regelmäßigen Berichtspflichten gegenüber der EU und einer zukünftig harmonisierten Datengrundlage wäre es denkbar, basierend auf den länderspezifischen Daten, künftig neue Indikatoren zu entwickeln, die die Auswirkungen und Anpassung an den Klimawandel zeigen.

Die Priorität für die weitere Bearbeitung wird wegen der aktuell noch sehr unterschiedlichen Methodik als gering eingeschätzt.

²⁵ Quelle factsheet: http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/656/dokumente/ro-r-6_indikator_hochwasserrisikogebiete.pdf

6.2 Küstenschutz

Zur Anpassung der wasserwirtschaftlichen Infrastruktur und des Küstenschutzes wurde der DAS-Monitoring-Indikator **WW-R-3 „Investitionen in den Küstenschutz“** erstellt. Er umfasst den technischen Küstenschutz auf Basis der Förderung der „Gemeinschaftsaufgabe zur Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes (GAK)“ und den Sonderrahmenplan für „Maßnahmen des Küstenschutzes in Folge des Klimawandels“, die für den Küstenschutz einen wesentlichen Anteil der Investitionen darstellt. Eine Indikationsidee zur Größe des von Überflutungen betroffenen Hinterlands wurde verworfen, da dabei Impact und Response sehr stark vermischt werden. Von den Experten wurde 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 wird dabei als nicht so relevant eingestuft. Darüber hinaus sind die Auswirkungen bereits durch die Indikatoren zu Sturmfluten abgedeckt.

Investitionen in den Küstenschutz (ID 52, ID 43):

Auch in der aktuellen Länderabfrage merken einige Küstenländer an, dass gerade der DAS-Response-Indikator „Investitionen in den Küstenschutz“ von einer Vielzahl von weiteren Einflussfaktoren abhängig ist, weshalb das mögliche Klimasignal kaum herauszuarbeiten erscheint.

Für eine bundesweite Bearbeitung wird auch wegen der starken Abhängigkeit der Investitionen von anderen Faktoren die Priorität als gering eingeschätzt.

6.3 Niedrigwassermanagement

Für dieses Handlungsfeld wurden keine Response-Indikatoren gemeldet. Meldungen beziehen sich ausschließlich auf Impact-Indikatoren.

Da die Niedrigwasserproblematik ein fachlicher Schwerpunkt ist, der in Folge des Klimawandels noch an Bedeutung gewinnen wird, sollte die Entwicklung eines Response-Indikators geprüft werden. Dabei sollten die unter ID 42 genannten Indikatoren zur Schiffbarkeit (vgl. Kapitel 6.10) mit betrachtet werden.

Da hierzu bislang keine Ansätze vorliegen wird die Priorisierung für die weitere Bearbeitung aktuell noch nicht als hoch eingeschätzt.

6.4 Talsperren und Speicher

Für dieses Handlungsfeld wurden keine Response-Indikatoren gemeldet. Auch im Rahmen der DAS-Monitoring-Indikatoren-Entwicklung wurde für die Talsperrenbewirtschaftung kein Indikator entwickelt. Die Experten führten eine Diskussion zur „Entwicklung des Epilimnion- 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 als weniger relevant und sehr einzelfallspezifisch eingeschätzt.

Daher wird die Priorität für die weitere Bearbeitung als gering eingeschätzt.

6.5 Grundwasserschutz und Grundwassernutzung

Für dieses Handlungsfeld wurden keine Response-Indikatoren gemeldet. Ebenso ließ sich für das DAS-Indikatoren-System für das Themenfeld „Wassergewinnung und Wasserverteilung“ kein überzeugender Indikator finden. Die Möglichkeiten und Gründe für die Wahl der regional genutzten Rohwasserressourcen für die Wassergewinnung sind sehr unterschiedlich, sodass 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 aufwendig erarbeiteter spezifischer Indikator notwendig ist. Ein Indikator zur Anzahl von Grenzwertüberschreitungen aufgrund von Keimen im Trinkwasser wird 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.

Die Priorität für die weitere Bearbeitung wird als gering eingeschätzt.

6.6 Wasserversorgung, Wassernutzung

DAS-Monitoring-Indikatoren:

Da die Gefährdungslage für Grundwassermenge und -beschaffenheit in den unterschiedlichen Regionen in Deutschland sehr variiert und Gefährdungen voraussichtlich nur sehr punktuell auftreten werden, konnte hier kein Indikator formuliert werden. Für das Themenfeld „Angepasster Umgang mit Trink- und Betriebswasser“ wurde der Response-Indikator **WW-R-1 „Wassernutzungsindex“** genutzt. 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.

Wassernutzungsindex (ID 44, ID 64):

Dieser DAS-Response-Indikator beschreibt den Anteil der Wasserentnahme am Wasserdargebot. In die Berechnung gehen dabei der Umfang der Wassergewinnung durch öffentliche Wasserversorgungsunternehmen und der Umfang der Eigengewinnung von Wasser in den Wirtschaftszweigen:

- Bergbau und Gewinnung von Steinen und Erden,
- Verarbeitendes Gewerbe und
- Energieversorgung ein.

Dem Indikator wird das Wasserdargebot als dreißigjähriges Mittel zugrunde gelegt. Grundlage für die Berechnung ist die Wasser- und Abflussbilanz für Deutschland. Sie ergibt sich aus den Zuflüssen aus den Nachbarländern abzüglich der Abflüsse zu den Nachbarländern und in die Nord- und Ostsee sowie aus der Differenz von Niederschlägen und Evapotranspiration.

Je höher der Indikatorwert, umso mehr Wasser wird vom natürlichen Wasserdargebot entnommen. Ein Zeichen für Wasserstress tritt ein, wenn die Wasserentnahmen einen Wert von 20 % übersteigen. Die 20 % Schwelle ist dabei ein international gültiger Orientierungswert (RASKIN et al. 2007, UN-ESC 1997). Eine Überschreitung dieser Schwelle kann sowohl Konsequenz einer verstärkten Wasserentnahme als auch die einer Verknappung des natürlichen Dargebots sein.

Der Indikator ist mit einigen Schwächen behaftet. Insbesondere in den Tagebauregionen hängt die entnommene (ausgesprochen große) Wasserentnahme von der Tagebauführung ab und würde jegliche Klimasignale überprägen. Zudem differenziert er nicht zwischen unterschiedlichen Wassernutzungen und berücksichtigt damit nicht, dass Maßnahmen der an Nachhaltigkeitskriterien orientierten Wasserentnahme in den einzelnen Sektoren (Landwirtschaft, Energiewirtschaft ...) verschieden sind. Darüber hinaus adressiert der Indikator lediglich quantitative Aspekte der Wasserverfügbarkeit und Wassernutzung.

Von einer Arbeitsgruppe der Europäischen Kommission wurde 2013 ein Vorschlag zur methodischen Weiterentwicklung des „Water Exploitation Index“ zu einem „Water Exploitation Index Plus“ (WEI+) vorgelegt (EEA 2016). Dieser Vorschlag befindet sich aktuell auf europäischer Ebene in der Abstimmung. Sobald ein Operationalisierungsvorschlag für Deutschland erarbeitet ist, muss dieser DAS-Indikator entsprechend angepasst werden.

Die Priorität für die weitere Bearbeitung wird unter der Berücksichtigung der vorgeannten Defizite und einer entsprechenden Weiterentwicklung als hoch eingeschätzt.

Entwicklung von Entnahmemengen (ID 54)

Die Entwicklung von Entnahmemengen in der öffentlichen Wasserversorgung kann eine Anpassungsreaktion der Bevölkerung an den Klimawandel darstellen, wenn z.B. vermehrte Hitzeperioden den Wasserbedarf der Bevölkerung ansteigen lassen.

Nicht klimatisch bedingte Einflüsse sollten allerdings ausgeschlossen bzw. entsprechend berücksichtigt werden. Dazu sind in erster Linie z.B. veränderte touristische Entwicklungen in Urlaubsregionen zu nennen, die insbesondere in den Sommermonaten zu einem erheblichen Anstieg der Entnahmemengen führen können. Die anderweitige wirtschaftliche Entwicklung einer Region (z.B. Ansiedlung oder Abwanderung von Großbetrieben mit entsprechenden Auswirkungen auf die Bevölkerungszahlen im Einzugsbereich) oder Bevölkerungszuwachs in Städten kann ebenso Auswirkungen entfalten. Weiterhin könnte die demografische Entwicklung insbesondere in ländlichen Regionen wegen unterschiedlicher Lebensstile von jungen und alten Menschen Verschiebungen in der Wassernutzung verursachen. Ein Indikator mit Bezug zu überdurchschnittlichen Entnahmemengen an einzelnen Tagen schließt mittel- bis langfristig wirkende nicht klimatische Einflussfaktoren zwar überwiegend aus, jedoch sollte der zugrunde gelegte Durchschnittswert regelmäßig an oben skizzierte Entwicklungen angepasst werden. Ein Indikator mit Bezug zu Entnahmemengen erscheint daher nur bedingt geeignet, um Anpassungsreaktionen an den Klimawandel abzubilden.

Der ursächliche Zusammenhang zwischen der Entwicklung der Entnahmemengen für die Brauchwasserversorgung und dem Klimawandel hängt maßgeblich vom Verwendungszweck des Brauchwassers ab (Bewässerung, Lebensmittelproduktion etc.). Dies sollte bei der Verwendung eines solchen Indikators geprüft und dargelegt werden, um die Aussagekraft des Indikatorwerts entsprechend bewerten zu können. Da die Gefährdungslage für Grundwassermenge und -beschaffenheit in den unterschiedlichen Regionen in Deutschland sehr variiert und Gefährdungen voraussichtlich nur sehr punktuell auftreten werden, konnte hier kein Indikator formuliert werden. Für das Themenfeld „Angepasster Umgang mit Trink- und Betriebswasser“ wurde der Response-Indikator **WW-R-1 „Wassernutzungsindex“** genutzt. 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.

Die Priorität für die weitere Bearbeitung wird als hoch eingeschätzt. Die entsprechenden Daten stellen eine wasserwirtschaftliche Bewirtschaftungsgrundlage dar und werden bereits erhoben. Zudem stellt der Indikator eine Eingangsgröße für den Wassernutzungsindex dar.

Wasserintensität des verarbeitenden Gewerbes (ID 65, ID 46):

Im Handlungsfeld Industrie und Gewerbe wurde der DAS-Monitoring-Indikator **IG-R-1 „Wasserintensität des Verarbeitenden Gewerbes“** entwickelt.

Der DAS-Response-Indikator²⁶ gibt die Wasserintensität bzw. den Wassereinsatz jeweils als Indexwert bezogen auf das Basisjahr 2000 an. Die Daten können unmittelbar vom Statistischen Bundesamt bezogen werden.

Im Zusammenhang mit dem Klimawandel ist zu erwarten, dass Trocken- und Hitzephasen, sowie Niedrigwasserabflüsse häufiger auftreten können. In der Konsequenz kann dies verstärkt dazu führen, dass die betriebliche Nutzung von Wasser in diesen Phasen eingeschränkt werden muss und dadurch Produktionsausfälle entstehen können. Ein abnehmender Wassereinsatz kann daher ein Indikator für eine Anpassung an Klimafolgen sein und die Widerstandsfähigkeit des Unternehmens erhöhen, wenn Wassermangel vorhanden ist. Als weitere Ursachen für einen verringerten Wassereinsatz kommen gesetzliche Vorgaben oder der technische Fortschritt in Betracht.

Der Indikator R-WE-1 „Wasserintensität des verarbeitenden Gewerbes“ aus BW (ID 65, ID 46) zeigt die Menge des in der Wirtschaft eingesetzten Wassers, differenziert nach Verwendungszweck Kühlung, Produktion und Sonstiges. Zusätzlich wird die Produktivität des Wassereinsatzes als Index bezogen auf das 1995 dargestellt, der die Bruttowertschöpfung je Wassereinsatz angibt, wobei dieser Indexwert nicht direkt mit dem UBA-Indexwert vergleichbar ist.

Es wird empfohlen, bei der Weiternutzung dieses Response-Indikators die Ursächlichkeit eines veränderten Wassereinsatzes zum Klimawandel zu prüfen bzw. andere mögliche Ursachen mit zu betrachten. Die Auswertung und Darstellung sollte so gestaltet werden, dass eine direkte Vergleichbarkeit möglich wird. Eine Weiterentwicklung und entsprechende Abstimmung zwischen den Ländern und dem UBA wird empfohlen.

Mittelfristig sollten alle aufeinander aufbauenden Wassernutzungsdaten als wichtige wasserwirtschaftliche Bewirtschaftungsdaten zusammengefasst und als überregionaler Indikator weiterentwickelt werden.

Die Priorität für die Bearbeitung wird insbesondere wegen der Bedeutung des Indikators Kühlwasser (Kapitel 6.8), der bei den hier genannten Summenindikatoren am zweckmäßigsten erfasst werden kann, als hoch eingeschätzt.

6.7 Siedlungsentwässerung und Abwasserreinigung

Für dieses Handlungsfeld wurden keine Response-Indikatoren gemeldet.

DAS-Indikatoren-System:

Auch im DAS-Indikatoren-System wurde für das Themenfeld „Abwasserbewirtschaftung und Entwässerung“ von Siedlungsgebieten kein Indikator entwickelt. Die diskutierte Mischwasserüberlaufmenge eignet sich nur bedingt, um Effekte des Klimawandels aufzuzeigen. Die Veränderung der Mischwasserüberlaufmengen kann von sehr vielen Faktoren abhängen, so-

²⁶ Quelle: http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/656/dokumente/ig-r-1_indikator_wasserintensitaet_verarbeitendes_gewerbe.pdf

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 hier 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.

Für die Anpassung der siedlungswasserwirtschaftlichen Infrastruktur wurde der Indikator „Kapazität der Regenentlastungsanlagen“ erarbeitet. Der Indikator zum Ausbau von Regenentlastungsanlagen bezog sich auf stärkere Niederschlagsereignisse. Ein erhöhtes Speichervolumen für Regenwasser bewirkt direkt eine geringere Überschwemmungsgefahr von Flächen und Gebäuden. Allerdings liegen auch andere Maßnahmen für dieses Anpassungsziel vor, z. B. Renaturierung von Gewässern, Ausbau von naturnahen Retentionsflächen. Der Indikator bildet also nur ein Teil der möglichen Maßnahmen für dieses Anpassungsziel ab und wurde deshalb in der Ressort- und Länderabstimmung abgelehnt, sodass er verworfen wurde.

Ein Indikator zum Anteil von Gemeinden mit gemeinsamem und gesplittetem Maßstab in der kommunalen Gebührenordnung für die Abwasserentsorgung wurde ausgearbeitet; 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 Maßnahmen zur Sicherstellung der Wasserversorgung weniger durch Klimaveränderungen, sondern mehr durch wirtschaftliche oder andere Faktoren bestimmt werden. Darüber hinaus wurde der Zusammenhang zwischen längeren Zubringerleitungen und einer höheren Resilienz der Wasserversorgung in Frage gestellt. Im Gegensatz bieten längere Zubringerleitungen auch Risiken z.B. für höhere Wassertemperaturen bei Hitzeereignissen.

Da hierzu bislang keine Ansätze vorliegen wird die Priorisierung für die weitere Bearbeitung als niedrig eingeschätzt.

6.8 Kühlwasser

Im DAS-Indikator **EW-I-3 „Umgebungstemperaturbedingte Stromminderproduktion thermischer Kraftwerke“**²⁷ werden Ereignisse je Jahr bewertet, die infolge erhöhter Umgebungstemperatur aufgetreten sind, wobei folgende Parameter berücksichtigt und dargestellt werden:

- Stromminderproduktion in Gigawattstunden (GWh)
- Anteil an der Gesamtnennarbeit der gemeldeten Kraftwerksblöcke
- Anzahl bzw. Anteil der Kraftwerksblöcke, bei denen eine Nichtverfügbarkeit wegen erhöhter Umgebungstemperatur aufgetreten ist.

Der Indikator **EW-R-4 „Wassereffizienz thermischer Kraftwerke“** zeigt die Wassereffizienz von Wärmekraftwerken der öffentlichen Versorgung als Verhältnis der erzeugten elektrischen Arbeit zur dort eingesetzten Wassermenge. Je höher der Indikatorwert ist, desto effizienter ist die Wassernutzung.

Kühlwasserbedingte Minderproduktion thermischer Kraftwerke (ID 55) und eingeleitete Wärmemenge durch thermische Kraftwerke (ID 47, ID 56):

Für die in Berlin und in Baden-Württemberg in Zukunft geplanten Indikatoren zur eingeleiteten Wärmemenge durch thermische Kraftwerke liegen noch keine Angaben über die genauen methodischen Ansätze vor.

Die Auswertung könnte ergänzend zu dem DAS-Indikator erfolgen und auch die Frage beantworten, ob zunehmend weniger Wärme abgeleitet wird. Von besonderer Bedeutung wäre eine Antwort auf die Frage, ob an Tagen mit hohen Temperaturen zunehmend auf alternative Kühlungssysteme umgestiegen werden kann.

In heißen und trockenen Sommern kann die Versorgung mit Frischwasser für Kühlzwecke für Wärmekraftwerke und auch für das verarbeitende Gewerbe (Kapitel 6.6) knapp werden. Entsprechend sind Unternehmen weniger verwundbar, wenn sie weniger auf Kühlwasser angewiesen sind.

Dem Indikator „Kühlwasser“ wird eine hohe Priorität zugeordnet. Dies wird dem Kapitel 6.6, Wasserintensität des verarbeitenden Gewerbes, zugeordnet, der als Summenparameter dies abbildet.

Für die anderen Indikatoren wird aufgrund der fachlichen Relevanz empfohlen, dass sich die Bundesländer, die diesen Indikator in Zukunft berücksichtigen, bei der Festlegung der Methodik abstimmen und auch eine länderspezifische Auswertung auf der

²⁷ Quelle: http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/656/dokumente/ew-i-3_indikator_ausseneinflussarbeit.pdf

Grundlage des DAS-Indikators durchführen. Diesen Indikatoren wird in eine mittlere Priorität eingestuft.

6.9 Erneuerbare Energien/Wasserkraft

Für dieses Handlungsfeld wurden keine Response-Indikatoren gemeldet.

Da hierzu bislang keine Ansätze vorliegen wird die Priorisierung für die weitere Bearbeitung aktuell noch nicht als hoch eingeschätzt.

6.10 Schiffbarkeit

Im DAS-Handlungsfeld „Verkehr, Verkehrsinfrastruktur“ wurde bezüglich der Schiffbarkeit von Flüssen der DAS-Monitoring-Indikator **VE-I-1 „Schiffbarkeit der Binnenschiffahrtsstraßen“** entwickelt.

Schiffbarkeit der Binnenschiffahrtsstraßen (ID 42):

Teil A: Tage mit Schiffahrtssperrungen differenziert nach den Ursachen Eissperrungen und Überschreitung des Höchsten Schiffahrtswasserstands (HSW) sowie Teil B: Tage mit Einschränkungen der Schiffahrt infolge Niedrigwassers (Unterschreitung des Gleichwertigen Wasserstandes).

Die Indikatoren messen die Verfügbarkeit der Bundeswasserstraßen für die Schiffahrt integral. Sie beinhalten dabei die Summe aller Einflüsse auf den Wasserstand, d.h. neben dem Effekt des Klimawandels insbesondere auch die Effekte aller Maßnahmen der Wasserwirtschaft, des Hochwasserschutzes sowie wasserbaulicher Unterhaltungs- und Ausbaumaßnahmen zur Verbesserung der Schiffbarkeit. Es ist nicht ohne weiteres möglich, den Anteil der jeweiligen Einflüsse zu separieren. Hierzu müssen Simulationsmodellen herangezogen werden, mit denen die Einflüsse auf Niedrig- und Hochwasser einzeln untersucht werden können. Dies erfolgte z.B. im Forschungsprogramm KLIWAS (2009-2013) des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) und wird gegenwärtig im Expertennetzwerk des BMVI, Themenfeld 1 (2016-2019) weiterentwickelt.

Der Indikator wird für den Rhein bereits heute durch die Generaldirektion Wasserstraßen und Schiffahrt (GDWS) regelmäßig erstellt. Die Priorität für die weitere Bearbeitung wird auf Grund der wirtschaftlichen Bedeutung als hoch eingeschätzt.

6.11 Gewässerökosystemschutz

DAS-Monitoring-Indikatoren:

Als einziger Response-Indikator für Maßnahmen an Binnengewässern wird in der DAS die „**Gewässerstruktur**“ (**WW-R-2**) betrachtet. Er wurde im Rahmen der Länderinitiative Kernindikatoren (LIKI) erarbeitet (wobei Bayern diesen nicht nutzt) und beschreibt den „Grad der Abweichung der Gewässerstruktur vom natürlichen Zustand für erheblich veränderte und nicht erhebliche veränderte Fließgewässer“. Damit werden Maßnahmen u.a. zur verbesserten Durchgängigkeit und zur Renaturierung von Gewässern abgebildet.

Weiterhin 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.

Gewässerstruktur (ID 63, ID 19):

Die Gewässerstrukturdaten, die in vielen Bundesländern erhoben und ausgewertet werden, bieten eine vielfältige Datengrundlage für die Indikatoren-Entwicklungen für das gesamte Spektrum der Hydromorphologie. Der im Rahmen des DAS vorgeschlagene Response-Indikator ist in diesem Zusammenhang aber nur schwer verständlich, da er von vielen andern Handlungserfordernissen bzw. -einschränkungen überprägt ist (Flächenverfügbarkeit, bestehende Wasserrechte, unterschiedliche Förderrichtlinien etc.).

Es wird darauf hingewiesen, dass auf dem Gebiet der Gewässerentwicklungsplanung in den letzten Jahren neue Ansätze erarbeitet wurden, die für die Ableitung neuer Indikatoren auf der Grundlage von Gewässerstrukturdaten besser geeignet sind. Für eine Indikatorentwicklung wird eine Rücksprache mit dem LAWA EK Hydromorphologie empfohlen. Ein Beispiel könnte die Ableitung der „typspezifischen Gewässerbreite“ sein, die einen unmittelbaren Bezug zum natürlichen Abfluss und damit zu einem klimagetriebenen hydrologischen Faktor hat.

Der Indikator kann grundsätzlich Potenzial für die Bewertung von Klimafolgen haben und sollte perspektivisch weiter betrachtet werden, sobald die fachlichen Grundlagen oder alternative Auswertungsmöglichkeiten vorliegen. Aus diesem Grund wird derzeit eine mittlere Priorität für die weitere Bearbeitung gesehen.

Ökologischer Zustand (ID 57, [ID 16]):

Der Indikator ist als Response-Indikator weniger geeignet. Der Indikator „ökologischer Zustand (oberirdischer Binnengewässer)“ wurde daher in einen Impact-Kontext gestellt (siehe Seite 37, ID 16).

Rückgewinnung natürlicher Überflutungsflächen in Ästuaren (ID 58):

Der Indikator besteht im Zuwachs an ökologisch wertvollen Flächen pro Zeiteinheit, die in den Ästuaren wieder dem Tideeinfluss unterliegen können. Dies setzt voraus, dass der Handlungsdruck durch den Klimawandel zu entsprechenden Maßnahmen anwächst. Erforderlich ist die Einrichtung von Tidepoldern oder Deichrückverlegungen als Anpassungsmaßnahme zur Pufferung der Effekte des Klimawandels (Meerestransgression) auf die entsprechenden Biotope. Eine Auswertung ist auf der Grundlage von allgemein verfügbaren Flächennutzungsdaten möglich (z. B. ATKIS).

Der Indikator erscheint aus Sicht des Küstenschutzes nicht plausibel, da hier das Volumen zwischen Tideniedrigwasser und Tidehochwasser sowie die Lage dieser Flächen viel entscheidender ist als die Flächengröße. In der Länderabfrage wurde vermutlich auf den naturschutzfachlichen Aspekt abgezielt, wonach der Flächenbezug plausibel ist. Auch die Daten stünden hierfür zur Verfügung. Doch ähnlich wie unter 6.2 (Küstenschutz) beschrieben, wäre zu prüfen, welche anderen Faktoren eine Rolle spielen (z. B. Restriktionen bei der Flächenverfügbarkeit und der Finanzierung).

Die Priorität für die weitere Bearbeitung wird wegen der regionalen Bedeutung für die Bearbeitung auf Bundesebene als gering eingeschätzt.

Aufwand zur Reduzierung des Tidenhubs in Ästuaren (ID 59, siehe auch ID 23):

Ein Bundesland hat hier einen Eintrag vorgenommen (ID 59), sich dabei aber nicht auf den dafür erforderlichen Aufwand bezogen, sondern auf Auswertung von Pegelmessreihen verwiesen, um die zeitliche Entwicklung des Tidenhubs in den Ästuaren zu beurteilen. D. h., man meint hier eigentlich einen Impact-Indikator (vgl. Kapitel 5.3.1 Meeresspiegel). Somit liegen bezüglich des Response-Indikators keine Einträge vor.

Die Priorität für die weitere Bearbeitung wird wegen der regionalen Bedeutung für die Bearbeitung auf Bundesebene als gering eingeschätzt.

6.12 Meeresschutz

Rückgewinnung natürlicher Überflutungsflächen Küstengebieten (ID 60):

Der Indikator bezieht sich auf den Zuwachs an Flächen pro Zeiteinheit, die in den Küstengebieten wieder dem Tideeinfluss unterliegen können. Sachzusammenhang und Empfehlungen entsprechen denen unter „Rückgewinnung natürlicher Überflutungsflächen in Ästuaren“ genannten Aspekten (s. o.).

Die Priorität für die weitere Bearbeitung wird wegen der regionalen Bedeutung für die Bearbeitung auf Bundesebene als gering eingeschätzt.

6.13 Sturzfluten/Starkregen/Überflutungsschutz

Für dieses Handlungsfeld wurden keine Response-Indikatoren gemeldet.

Die Umweltministerkonferenz hält es für erforderlich, gezielte Maßnahmen für ein effektives Starkregenmanagement zu entwickeln und hat die LAWA gebeten, in Anlehnung an die HWRM-RL eine Strategie zu erarbeiten (UMK 2016). Dabei sollen unter anderem Fragen der Verbesserung der Vorhersage- und Frühwarnsysteme, der Risikobewertung und -kommunikation, der Aufklärung der Bevölkerung und Verhaltensweise im Krisenfall sowie Aspekte der vorsorgenden Raum- und Flächennutzung und der Stadtplanung zu berücksichtigen. Innerhalb der LAWA bearbeitet die Kleingruppe „Starkregen“ des LAWA AH dieses Thema.

Eine Priorisierung für die weitere Bearbeitung ist erst nach Vorlage der Ergebnisse der LAWA Kleingruppe „Starkregen“ sinnvoll.

6.14 Bewässerung

Landwirtschaftliche Beregnung (ID 45, ID 61):

Im Rahmen des Klimawandels ist bereits zu beobachten, dass die Summe der Sommerniederschläge abnimmt. Zudem treten im Sommer häufiger Starkregenereignisse auf, die nur reduziert für das Pflanzenwachstum zur Verfügung stehen. Durch die klimabedingt erhöhten Lufttemperaturen ist zusätzlich mit einem erhöhten Wasserbedarf der Pflanzen zu rechnen. Die Landwirtschaft kann darauf mit dem verstärkten Anbau von trockenstressresistenten Sorten reagieren. Ergänzend oder verstärkt wird eine Beregnung bzw. Bewässerung zu erwarten sein, wenn Ertragsausfälle vermieden werden sollen. Eine Auswertung des Indikators „landwirtschaftliche Beregnung“ erfolgt bisher in Deutschland als DAS-Indikator und in Hamburg.

Der DAS-Indikator²⁸ gibt die Größe der mit Beregnungstechnik ausgestatteten und mit Wasserrechten belegten Fläche in ha an. Je höher dieser Indikatorwert ist, desto größer ist die mit Beregnungstechnik ausgestattete und mit Wasserrechten belegte Fläche. Der Indikator wird nur unregelmäßig im Abstand von ca. 7 Jahren durch Umfragen über die Länder erhoben. Dies erfolgte bisher über den Bundesfachverband Feldberegnung und soll in Zukunft von der Koordinierungsstelle für Bewässerung in Deutschland übernommen werden.

Als Zusatz wird der Umfang der von EU, Bund und Ländern im Rahmen der GAK aufgebrauchten Fördermittel für Beregnungsanlagen bzw. Wasser sparende Einrichtungen für Beregnungszwecke ausgewertet. Über GAK, Gemeinschaftsaufgabe „Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes“, werden nur überbetriebliche Beregnungsanlagen, zumeist in Beregnungsverbänden organisiert, gefördert. Einzelbetriebliche Anlagen werden mit diesem Zusatz nicht erfasst. Je höher dieser Indikatorwert ist, desto mehr Fördermittel fließen in überbetriebliche Anlagen für Beregnungszwecke. Da die Förderung von vielen Randbedingungen abhängig ist und sehr große Unterschiede aufweist, ist die Interpretation für diesen Zusatzparameter nur eingeschränkt möglich und als Klimaindikator ist dieser Zusatz nur eingeschränkt als sinnvoll einzustufen.

In Hamburg wird die Anzahl der Betriebe mit Bewässerungsmöglichkeit und deren Bewässerungsfläche erfasst. In Niedersachsen ist geplant die tatsächliche Entnahmemenge pro Wasserrecht im elektronischen Wasserbuch zu erfassen. Baden-Württemberg plant diesen Indikator für den Monitoring-Bericht im Berichtsjahr 2019, wobei die konkreten Bewertungsparameter noch nicht festgelegt sind. Ggf. ist eine Erfassung der Entnahmemengen über die digitalen Fachanwendungen geplant.

²⁸ Quelle:http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/656/dokumente/lw-r-6_indikator_beregnung.pdf

Für die Ermittlung der tatsächlichen jährlichen Beregnungsmenge liegen bisher keine flächendeckenden belastbaren Angaben vor. Dies ist bedauerlich, da damit eine Aussage über die Entwicklung der Beregnungsmenge im Laufe der Jahre nur eingeschränkt möglich ist. Für eine fachgerechte Beregnung ist die Messung der Beregnungsmenge ohnehin erforderlich, um die Beregnungsmenge optimal einzustellen und zu geringe oder zu große Beregnungsmengen zu vermeiden. Somit sollten Wasserzähler vorhanden sein, sofern sie nicht auch im Wasserrechtsbescheid bereits vorgeschrieben sind (wie z.B. an Bundeswasserstraßen seit 2001 der Fall). Die Option, die tatsächliche jährliche Entnahmemenge über das elektronische Wasserbuch oder ähnliche digitale Systeme zu erfassen, sollte geprüft werden. Der Indikator sollte modifiziert werden. Wir schlagen eine Abstimmung bzw. Beteiligung zwischen den zuständigen Stellen von Bund und Länder vor, ggf. über die Koordinierungsstelle für Bewässerung in Deutschland, um vergleichbare und aussagekräftige Daten zu erfassen.

Gegenwärtig ist die Anwendbarkeit des Indikators noch nicht gegeben. Es wird aufgrund der hohen fachlichen Relevanz empfohlen, dass sich die Bundesländer, die diesen Indikator in Zukunft berücksichtigen, bei der Festlegung der Methodik abstimmen und auch eine länderspezifische Auswertung auf der Grundlage des DAS-Indikators durchführen. Ferner wird empfohlen, dass bei einer Weiterentwicklung des Indikators auch Angaben zur Größe der Beregnungsfläche und vor allem auch zur tatsächlichen jährlichen Beregnungsmenge erfolgen sollten. Diesem Indikator wird, da er noch nicht anwendbar ist, eine mittlere Priorität zugeordnet.

6.15 Niederungsentwässerung an der Küste

Für dieses Handlungsfeld wurden keine Response-Indikatoren (ID 62) gemeldet. Mit dem Anstieg des Meeresspiegels wird eine passive Entwässerung der Küstenniederungen über Siele jedoch immer schwieriger, weshalb künftig vermehrt Schöpfwerke als Anpassungsmaßnahme zum Einsatz kommen werden.

Der regionalen Bearbeitung des Indikators wird eine hohe Priorität beigemessen.

7 Übersicht über die Priorisierung der weiteren fachlichen Bearbeitung

7.1 Wasserwirtschaftliche Klima-Impact-Indikatoren

Indikatortitel	ID	Priorität		
		1 hoch	2 mittel	3 gering
5 Wasserwirtschaftliche Klima-Impact-Indikatoren				
5.1 Oberflächengewässer				
5.1.1 Oberirdischer Abfluss				
5.1.1.1 Mittlerer Abfluss und Abflussregime				
Mittlerer Abfluss und Abflussregime	1	x		
5.1.1.2 Niedrigwasser (reine hydrologische Betrachtung)				
Niedrigwasserabfluss, Niedrigwassertage	2, 3	x		
5.1.1.3 Hochwasser (reine hydrologische Betrachtung)				
Hochwasserabfluss, Hochwassertage	4, 5	x		
5.1.2 Qualität der Oberflächengewässer				
5.1.2.1 Ökologie der Binnen- und Küstengewässer				
Wassertemperatur stehender Gewässer	6	x		
Anzahl eisfreier Tage stehender Gewässer	7			x
Dauer der Stagnationsperiode in stehenden Gewässern	8	x		
Temperaturschichtung in Talsperren	9			x
Eintreten der Frühjahrsalgenblüte in stehenden Gewässern	10	x		
Sauerstoffgehalt im Hypolimnion von Seen	11			x
Niedrigwasserstände in Seen	12			x
Seen -Zufluss Trinkwassertalsperren	13			
Sauerstoffkonzentration in Übergangsgewässern	14			x
Wassertemperatur in Fließgewässern	15	x		
Ökologischer Zustand oberirdischer Binnengewässer (mit geringer anthropogener Beeinflussung)	16	x		
Vorkommen wärmeliebender Arten in Binnengewässern	17		x	
Blualgenbelastung von Badegewässern	18	x		
KLIWA-IndexMZB	20	x		
Zeitliche Entwicklung des Tidenhubs in Ästuaren	23			x
Warmwasser- und kaltwasseradaptierter Arten in Ästuaren	24			x
5.1.2.2 Ökologie der Meere				
Verbreitung warmadaptierter mariner Arten	25	nicht kommentiert		
Entwicklung erosionsgefährdeter Biotope im Küstengebiet	26	nicht kommentiert		

Indikatortitel	ID	Priorität		
		1 hoch	2 mittel	3 gering
5.2. Grundwasser				
5.2.1 Grundwassermenge				
Grundwasserneubildung	28		x	
Grundwasserstand	30, 37	x		
Quellschüttung	31		x	
Mengenmäßiger Grundwasserstand (nach EU-WRRL)	33			x
5.2.2 Grundwasserqualität				
Grundwassergüte/Grundwasserbeschaffenheit	32			x
Grundwassertemperatur	34		x	
5.2.3 Bodenwasserhaushalt/Bodenwasservorrat				
Bodenwasserhaushalt	29			x
Bodenwasservorrat in landwirtschaftlich genutzten Böden	36			x
5.3. Küstengewässer				
5.3.1 Meeresspiegel				
Meeresspiegel	38	x		
5.3.2 Sturmfluten				
Intensität von Sturmfluten	39	x		
5.3.3 Seegang				
Windintensität	40	x		
Sonstiges				
Klimatische Wasserbilanz	27	nicht kommentiert		
Wassertemperatur des Meeres	41	nicht kommentiert		

(Stand: 23.10.2017)

Nicht verbal beschrieben sind:

- ID 13 - Seen -Zufluss Trinkwassertalsperren
- ID 25 - Verbreitung warmadaptierter mariner Arten
- ID 26 - Entwicklung erosionsgefährdeter Biotope im Küstengebiet
- ID 27 - Klimatische Wasserbilanz
- ID 41 - Wassertemperatur des Meeres

7.1 Wasserwirtschaftliche Handlungsfelder (Response-Indikatoren)

Indikatortitel	ID	Priorität		
		1 hoch	2 mittel	3 gering
6. Wasserwirtschaftliche Handlungsfelder (Response-Indikatoren)				
6.1 Binnenhochwasserschutz				
Investitionen in den Hochwasserschutz	49			x
Rückgewinnung natürlicher Überflutungsflächen	50	x		
Vorrang- und Vorbehaltsgebiete für (vorbeugenden) Hochwasserschutz	22	nicht kommentiert		
Siedlungsnutzung in Hochwassergefahrenbereichen	48, 51			x
6.2 Küstenschutz				
Investitionen in den Küstenschutz	52, 43			x
6.3 Niedrigwassermanagement				
<i>kein Response-Indikator gemeldet</i>	keine	nicht konkret priorisiert		
6.4 Talsperren und Speicher				
<i>kein Response-Indikator gemeldet</i>	keine			x
6.5 Grundwasserschutz und Grundwassernutzung				
Vorrang- und Vorbehaltsgebiete Grundwasserschutz	35, 53			x
6.6 Wasserversorgung und Wassernutzung				
Entwicklung von Entnahmemengen	54	x		
Wassernutzungsindex	44, 64	x		
Wasserintensität des Verarbeitenden Gewerbes	46, 65	x		
6.7 Siedlungsentwässerung und Abwasserreinigung				
<i>kein Response-Indikator gemeldet</i>	keine			x
6.8 Kühlwasser				
Kühlwasserbedingte Minderproduktion thermischer Kraftwerke	55		x	
Eingeleitete Wärmemenge durch thermische Kraftwerke	47, 56		x	
6.9 Erneuerbare Energien/Wasserkraft				
<i>kein Response-Indikator gemeldet</i>	keine	nicht konkret priorisiert		
6.10 Schiffbarkeit				
Schiffbarkeit der Binnenschiffahrtsstraßen	42	x		
6.11 Gewässerökosystemschutz				
Rückgewinnung natürlicher Überflutungsflächen in Ästuaren	58			x
(Aufwand zur) Reduzierung des Tidenhubs in Ästuaren (siehe auch ID 23)	59			x
Gewässerstruktur	19, 63		x	
6.12 Meeresschutz				
Rückgewinnung natürlicher Überflutungsflächen im Küstengebiet	60			x
6.13 Sturzfluten/Starkregen/Überflutungsschutz				
<i>kein Response-Indikator gemeldet</i>	keine	nicht priorisiert		

Indikatortitel	ID	Priorität		
		1 hoch	2 mittel	3 gering
6.14 Bewässerung				
Landwirtschaftliche Beregnung	45, 61		x	
6.15 Niederungsentwässerung an der Küste				
Investitionen in den Küstenschutz	62	x		

(Stand: 23.10.2017)

Nicht verbal beschrieben sind:

ID 22 - Vorrang- und Vorbehaltsgebiete für (vorbeugenden) Hochwasserschutz

ID 35, ID 53 - Vorrang- und Vorbehaltsgebiete Grundwasserschutz

8 Abkürzungsverzeichnis

BB	Brandenburg
BE	Berlin
BLAG KliNa	Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Klima, Energie, Mobilität - Nachhaltigkeit
BMVI	Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur
BW	Baden-Württemberg
BY	Bayern
BSH	Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie
DAS	Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel
DWA	Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V.
EU-HWRM-RL	Europäische Hochwasserrisikomanagement-Richtlinie (2007/60/EG)
EU-MS-RL	Europäische Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie (2008/56/EG)
EU-WRRL	Europäische Wasserrahmenrichtlinie (2000/60/EG)
GAK	Gemeinschaftsaufgabe "Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes"
GWh	Gigawattstunde
HE	Hessen
HH	Hamburg
HSW	Höchster Schifffahrtswasserstand
KLIWA	Klimaveränderung und Konsequenzen für die Wasserwirtschaft
KLiWES	Forschungsvorhaben mit folgendem Thema: Abschätzung der Auswirkungen der für Sachsen prognostizierten Klimaänderungen auf den Wasser- und Stoffhaushalt in den Einzugsgebieten sächsischer Gewässer
LANUV	Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen
LAWA	Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser
LAWA AG	Ausschuss Grundwasser und Wasserversorgung
LAWA AH	Ausschuss Oberirdische Hochwasserschutz und Hydrologie
LAWA AO	Ausschuss Oberirdische Gewässer und Küstengewässer
LAWA EK	Expertenkreis
LAWA KG	Kleingruppe
LAWA VV	Vollversammlung

LfULG	Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie Sachsen
LIFE	L'Instrument Financier pour l'Environnement
MV	Mecklenburg-Vorpommern
nFK	nutzbare Feldkapazität
NI	Niedersachsen
NW/NRW	Nordrhein-Westfalen
RP	Rheinland-Pfalz
SH	Schleswig-Holstein
SN	Sachsen
StA AFK	Ständiger Ausschuss "Anpassung an die Folgen des Klimawandels"
ST	Sachsen-Anhalt
TH	Thüringen
UBA	Umweltbundesamt
UMK	Umweltministerkonferenz

9 Literaturverzeichnis

BLAG KliNa Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Klima, Energie, Mobilität – Nachhaltigkeit [Hrsg.] (2014): 5. Erfahrungsbericht 2014 zu umweltbezogenen Nachhaltigkeitsindikatoren der BLAG KliNa.

BRASSEUR, G. P., JACOB, D. UND SCHUCK-ZÖLLER, S. [Hrsg.] (2017): Klimawandel in Deutschland. Entwicklung, Folgen, Risiken und Perspektiven.

DAS (2008): Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel. Vom Bundeskabinett am 17. Dezember 2008 beschlossen.

EEA - EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY GLOSSARY (1998): Proxy data: data used to study a situation, phenomenon or condition for which no direct information - such as instrumental measurements - is available. [definition source: Kemp, David D. 1998. The environment dictionary. Routledge. London.]

http://glossary.eea.europa.eu/terminology/concept_html?term=proxy%20indicator
(25.09.2017)

EEA (1999): Environmental indicators - Typology and overview. Technical report No 25. Copenhagen.

EEA (2016): Water Exploitation Index plus (WEI+) for summer and Urban Morphological Zones (UMZ).

<https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/figures/water-exploitation-index-plus-wei>
(25.09.2017)

HEEGE et al. (2017): Entwicklungskonzept zur Implementierung eines länderübergreifenden satellitengestützten Gewässermess-Systems im Aufgabengebiet der Bundes- und Landesbehörden. UBA-Bericht: UBA Projektnummer: 73912, Aktenzeichen: Z6 – 20 520 /2.

IKSR INTERNATIONALE KOMMISSION ZUM SCHUTZ DES RHEINS (2013): Darstellung der Entwicklung der Rheinwassertemperaturen auf der Basis validierter Temperaturmessungen von 1978 bis 2011. – IKSR-Fachbericht 209.

IPCC INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (2014): Klimaänderung 2013: Naturwissenschaftliche Grundlagen. Häufig gestellte Fragen und Antworten – Teil des Beitrags der Arbeitsgruppe I zum Fünften Sachstandsbericht des Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderungen (IPCC). [T. F. Stocker, D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S. K. Allen, J. Boschung, A. Naules, Y. Xia, V. Bex und P. M. Mifley (Hrsg.) Dt. Übersetzung durch die dt. IPCC-Koordinierungsstelle und Klimabüro für Polargebiete und Meeresspiegelanstieg, Bonn, 2017.

Kaplan, Robert S., and David P. Norton. The Balanced Scorecard: Translating Strategy into Action. Harvard Business Press, 1996.

KEMP, DAVID D. (1998): The environment dictionary. Routledge. London.

KLIWA KLIMAVÄNDERUNG UND KONSEQUENZEN FÜR DIE WASSERWIRTSCHAFT (2008): Monitoringbericht 2008: Klimawandel in Süddeutschland, Veränderung der Kenngrößen Lufttemperatur, Niederschlag und Hochwasserabfluss – Klimamonitoring im Rahmen des Kooperationsvorhabens KLIWA, 24 S., veröffentlicht auf der Internetseite www.kliwa.de 2008.

KLIWA (2011): Monitoringbericht 2011: Klimawandel in Süddeutschland, Veränderungen von meteorologischen und hydrologischen Kenngrößen – Klimamonitoring im Rahmen des Kooperationsvorhabens KLIWA, 40 S., veröffentlicht auf der Internetseite www.kliwa.de 2011.

KLIWA (2016a): Monitoringbericht 2016: Klimawandel in Süddeutschland, Veränderungen von meteorologischen und hydrologischen Kenngrößen – Klimamonitoring im Rahmen des Kooperationsvorhabens KLIWA, 60 S., veröffentlicht auf der Internetseite www.kliwa.de 2016

ARBEITSKREIS KLIWA [Hrsg.] (2016b): Ableitung von Temperaturpräferenzen des Makrozoobenthos für die Entwicklung eines Verfahrens zur Indikation biozönotischer Wirkungen des Klimawandels in Fließgewässern. KLIWA-Berichte. Heft 20. Bayerisches Landesamt für Umwelt (Federführung), Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg, Landesamt für Umwelt Rheinland-Pfalz, Deutscher Wetterdienst

<http://www.kliwa.de/download/KLIWAHeft20.pdf> (15.09.2017)

LANUV LANDESAMT FÜR NATUR, UMWELT UND VERBRAUCHERSCHUTZ NORDRHEIN-WESTFALEN [Hrsg.] (2016): Klimawandel und Klimafolgen in Nordrhein-Westfalen. Ergebnisse aus den Monitoringprogrammen 2016. – LANUV-Fachbericht 74, 103 S., Recklinghausen.

LAWA LÄNDERARBEITSGEMEINSCHAFT WASSER [Hrsg.] (2005): Sickerwasser. Richtlinie für Beobachtung und Auswertung.

LAWA [Hrsg.] (2011): Sachstandsbericht - Fachliche Umsetzung der EG-WRRL. Teil 5 Bundesweit einheitliche Methode zur Beurteilung des mengenmäßigen Zustands.

LAWA (2017, in Vorbereitung): Auswirkungen des Klimawandels auf die Wasserwirtschaft – Bestandsaufnahme, Handlungsoptionen und strategische Handlungsfelder (LAWA Klimawandel-Bericht 2017). Zu beschließen auf der LAWA-Sonder-VV am 06./07. Dezember 2017.

LESER, H. [Hrsg.] (1997): DIERCKE-Wörterbuch Allgemeine Geographie.

LFULG LANDESAMT FÜR UMWELT, LANDWIRTSCHAFT UND GEOLOGIE SACHSEN (2016): Klimafolgen-Monitoring Sachsen. Langfristige Entwicklung des Bodenwassergehalts. Stand: Juli 2016.

<https://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/download/IB2Bodenwasservorrat.pdf> (15.09.2017)

LfULG [Hrsg.] (2011): Wassertemperaturen und Klimawandel. Fallstudie: Schriftenreihe des LfULG, Heft 39/2011

http://www.qucosa.de/fileadmin/data/qucosa/documents/7879/LfULG_Schriftenreihe_Heft_39_2011_Wassertemperaturen_und_Klimawandel.pdf

LUBW BW LANDESANSTALT FÜR UMWELT, MESSUNGEN UND NATURSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG UND MINISTERIUM FÜR UMWELT, KLIMA UND ENERGIEWIRTSCHAFT BADEN-WÜRTTEMBERG [Hrsg.] (2017): Monitoring-Bericht zum Klimaschutzgesetz Baden-Württemberg. Teil I Klimafolgen und Anpassung.

http://www4.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/269448/monitoring-bericht_zum_klimaschutzgesetz_baden-wuerttemberg.pdf?command=downloadContent&filename=monitoring-bericht_zum_klimaschutzgesetz_baden-wuerttemberg.pdf (18.09.2017)

MARTEN, M. (2011): Makrozoobenthos und Klimawandel – reichen unsere Monitoringsysteme aus? – Deutsche Gesellschaft für Limnologie, Erweiterte Zusammenfassung der Jahrestagung 2010 (Bayreuth): 375-381

OTT, J. (2010): Dragonflies and climatic change -recent trends in Germany and Europe. - Bio-Risk 5: 253–286.

RASKIN P., GLEICK P. H., KIRSHEN P., PONTIUS R. G. JR., STRZEPEK K. (1997): Comprehensive assessment of the freshwater resources of the world. Stockholm Environmental Institute, Sweden. Document prepared for UN Commission for Sustainable Development 5th Session 1997 – Water stress categories are described on page 27-29.

SENATSWERKSTÄTTE FÜR STADTENTWICKLUNG UND UMWELT BERLIN (2016): Klimafolgenmonitoring des Landes Berlin - Sachstandsbericht 2016. Berlin, 31 S.

SCHÖLL, F. (2013): Verbreitung der Körbchenmuschel *Corbicula fluminea* (O. F. Müller 1774) in Abhängigkeit von der Wassertemperatur in deutschen Bundeswasserstraßen. – *Lauterbornia* 76: 85-90.

SCHÖNTHALER, K.; VON ANDRIAN-WERBURG, S. (2015): Evaluierung der DAS – Berichterstattung und Schließung von Indikatorenlücken; UBA Climate Change 13/2015.

UBA UMWELTBUNDESAMT (2014): Indikatoren und Berichterstattung zur Dt. Anpassungsstrategie an den Klimawandel (DAS). Hintergrundpapier Handlungsfeld Wasser. Stand: 08.07.2014.

https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/656/dokumente/hintergrundpapier_03_wasserwirtschaft.pdf (15.09.2017)

UBA (2015): Monitoringbericht 2015 zur Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel, Bericht der Interministeriellen Arbeitsgruppe Anpassungsstrategie der Bundesregierung

<https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/monitoringbericht-2015> (18.09.2017)

UMK Umweltministerkonferenz (2016): Ergebnisprotokoll der 86. Umweltministerkonferenz am 17. Juni 2016 in Berlin. Top40.

https://www.umweltministerkonferenz.de/documents/UMK-Protokoll_Juni_2016.pdf
(18.09.2017)

UN-ESC – UNITED NATIONS ECONOMIC AND SOCIAL COUNCIL (1997): Comprehensive assessment of the freshwater resources of the world. Report of the Secretary General of the Commission on Sustainable Development, Document E/CN.17/1997/9, 4 February 1997.

<http://www.un.org/esa/documents/ecosoc/cn17/1997/ecn171997-9.htm> (18.09.2017).

WIEDNER, C., RÜCKER J., STÜKEN A., PREUßEL K., FASTNER J., CHORUS I., NIXDORF B. (2007): *Cylindrospermopsis raciborskii* und *Cylindrospermopsis* in Gewässern der Berliner Region - Vorkommen, Ursachen, Auswirkungen. Schriftenreihe Kompetenzzentrum Wasser Berlin, Band 6.

WIKIPEDIA - Die freie Enzyklopädie (2017): Definition Indikator und Umweltindikator.

<https://de.wikipedia.org/wiki/Umweltindikator> (23.10.2017)

10 Zusammenstellung der Hinweise der Länderabfrage auf weiterführenden Informationen und Links

Die Ergebnisse der Länderabfrage wurden in einer Exceltabelle zusammengeführt. Um eine Übersicht über die gemeldeten Indikatoren im Bericht zu gewährleisten, wurden diese Informationen in eine lesbare Fassung im ANHANG überführt.

Bund und Länder hatten mit der Länderabfrage die Möglichkeit, weiterführende Informationen wie Literaturhinweise oder Links anzugeben. Diese weiterführenden Informationen sind hier zusammengestellt.

10.1 Bundesebene

UBA Umweltbundesamt [Hrsg.] (2015): Monitoringbericht 2015 zur Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel. Bericht der Interministeriellen Arbeitsgruppe Anpassungsstrategie der Bundesregierung. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/376/publikationen/monitoringbericht_2015_zur_deutschen_anpassungsstrategie_an_den_klimawandel.pdf

Indikatoren-Factsheets zum Handlungsfeld Wasser (Impact und Response)

https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/656/dokumente/ww-i-1_indikator_grundwasserzustand.pdf

https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/656/dokumente/ww-i-2_indikator_mittlerer_abfluss.pdf

https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/656/dokumente/ww-i-3_indikator_hochwasser.pdf

https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/656/dokumente/ww-i-4_indikator_niedrigwasserabfluss.pdf

https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/656/dokumente/ww-i-5_indikator_wassertemperatur_seen.pdf

https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/656/dokumente/ww-i-6_indikator_dauer_stagnationsperiode.pdf

https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/656/dokumente/ww-i-7_indikator_fruehjehrsalgenbluete.pdf

https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/656/dokumente/ww-i-8_indikator_wassertemperatur_meer.pdf

https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/656/dokumente/ww-i-9_indikator_meeresspiegel.pdf

https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/656/dokumente/ww-i-10_indikator_intensitaet_sturmfluten.pdf

https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/656/dokumente/ww-r-1_indikator_wassernutzungsindex.pdf

https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/656/dokumente/ww-r-2_indikator_gewaesserstruktur.pdf

https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/380/dokumente/ww-r-3_indikator_investitionen-kuestenschutz.pdf

Indikatoren-Factsheets zum Handlungsfeld Fischerei (Impact)

https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/656/dokumente/fi-i-1_indikator_lusitanische_arten.pdf

https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/656/dokumente/fi-i-2_indikator_seen_waermeliebende_arten.pdf

Indikatoren-Factsheets zum Handlungsfeld Menschliche Gesundheit (Impact)

https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/656/dokumente/ge-i-6_indikator_blualgen.pdf

Indikatoren-Factsheets zum Handlungsfeld Biologische Vielfalt (Impact)

https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/656/dokumente/bd-i-3_indikator_rueckgewinnung_ueberflutungsflaechen.pdf

Indikatoren-Factsheets zum Handlungsfeld Boden (Impact)

https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/656/dokumente/bo-i-1_indikator_bodenwasservorrat.pdf

Indikatoren-Factsheets zum Handlungsfeld Tourismuswirtschaft (Impact)

https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/656/dokumente/tou-i-1_indikator_badetage_kueste.pdf

Indikatoren-Factsheets zum Handlungsfeld Verkehr, Verkehrsinfrastruktur (Impact)

https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/656/dokumente/ve-i-1_indikator_schiffbarkeit.pdf

Indikatoren-Factsheets zum Handlungsfeld Landwirtschaft (Response)

https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/656/dokumente/lw-r-6_indikator_beregnung.pdf

Indikatoren-Factsheets zum Handlungsfeld Energiewirtschaft (Impact)

https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/656/dokumente/ew-i-3_indikator_ausseneinflussarbeit.pdf

Indikatoren-Factsheets zum Handlungsfeld Industrie und Gewerbe (Response)

https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/656/dokumente/ig-r-1_indikator_wasserintensitaet_verarbeitendes_gewerbe.pdf

10.2 Länderebene

Baden-Württemberg

LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg und Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg [Hrsg.] (2017): Monitoring-Bericht zum Klimaschutzgesetz Baden-Württemberg. Teil I Klimafolgen und Anpassung. Indikatorbasiertes Klimafolgenmonitoring für Baden-Württemberg.

https://um.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-um/intern/Dateien/Dokumente/2_Presse_und_Service/Publikationen/Klima/20170705_Monitoringbericht_zum_Klimaschutzgesetz_Teil1_Klimafolgen_und_Anpassung.pdf

KLIWA Klimaveränderung und Wasserwirtschaft (2016): Klimawandel in Süddeutschland. Veränderungen von meteorologischen und hydrologischen Kenngrößen. Klimamonitoring im Rahmen der Kooperation KLIWA. Bayerisches Landesamt für Umwelt (Federführung), Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg, Landesamt für Umwelt Rheinland-Pfalz, Deutscher Wetterdienst

http://www.kliwa.de/download/KLIWA_Monitoringbericht_2016.pdf

Indikatorbasiertes Klimafolgenmonitoring für Baden-Württemberg

Indikator-Factsheets Handlungsfeld Wasserhaushalt (Impact und Response)

Factsheet I-WH-1 Grundwasserstand und Quellschüttung

Factsheet I-WH-2 Hochwasserabfluss

Factsheet I-WH-3 Niedrigwasserabfluss

Factsheet I-WH-4 Sauerstoffgehalt im Tiefenwasser des Bodensees

Factsheet R-WH-1 Gewässerstruktur

Factsheet R-WH-2 Investitionen in den Hochwasserschutz

Indikator-Factsheets Handlungsfeld Boden (Impact)

Factsheet I-BO-1 Bodenwasservorrat in landwirtschaftlich genutzten Böden

Indikator-Factsheets Handlungsfeld Wirtschaft und Energiewirtschaft (Impact und Response)

Factsheet I-WE-1 Schiffbarkeit der Binnenschiffahrtsstraßen

Factsheet R-WE-1 Wasserverwendung der Wirtschaft

Factsheets zum gegenwärtigen Zeitpunkt (10/2017) unveröffentlicht

Bayern

KLIWA Klimaveränderung und Wasserwirtschaft (2016): Klimawandel in Süddeutschland. Veränderungen von meteorologischen und hydrologischen Kenngrößen. Klimamonitoring im Rahmen der Kooperation KLIWA. Bayerisches Landesamt für Umwelt (Federführung), Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg, Landesamt für Umwelt Rheinland-Pfalz, Deutscher Wetterdienst

http://www.kliwa.de/download/KLIWA_Monitoringbericht_2016.pdf

Berlin

LIKI Länderinitiative Kernindikatoren <https://www.lanuv.nrw.de/liki/index.php?mode=liste&aufzu=0>

B9 – Gewässerstruktur 1) Grad der Veränderung der Gewässerstruktur
mit Verweis auf den DAS-Indikator WW-R-2 Gewässerstruktur

Hamburg

Klimafolgen-Monitoring Hamburg <http://www.hamburg.de/klimafolgen-monitoring/>

Kennblatt zum IMPACT-Indikator "Abflussverhältnisse der Elbe" (BH-I-1)

<http://www.hamburg.de/content-blob/8111182/4e21c5a046f0dd1c8a5330a1719d5ffe/data/d-kfm-hf-b-abflussverhaelt-nisse-elbe.pdf>

Kennblatt zum IMPACT-Indikator "Sturmfluten" (KH-I-2)

<http://www.hamburg.de/content-blob/8138074/9f143cac73522f54f4c5250aa6d9c885/data/d-kfm-hf-k-sturmfluten.pdf>

Kennblatt zum IMPACT-Indikator „Sperrtiden und Kettentiden“ (KH-I-3)

<http://www.hamburg.de/content-blob/8137880/55a60b3a4b638808d57ca22786f04002/data/d-kfm-hf-k-sperrtiden-kettentiden.pdf>

Gewässergütemessnetz Hamburg <http://www.hamburg.de/wasserguetemessnetz/>

Hessen

Klimafolgenindikatoren Hessen <http://www.hlnug.de/?id=10797>

Niedersachsen

Projekt KliBiW - Wasserwirtschaftliche Folgenabschätzung des globalen Klimawandels für Niedersachsen

NLWKN Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz [Hrsg.] (2012): Globaler Klimawandel. Wasserwirtschaftliche Folgenabschätzung für das Binnenland. Abschlussbericht – Phase 1 + 2. Oberirdische Gewässer Band 33.

NLWKN Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz [Hrsg.] (2015): Globaler Klimawandel. Wasserwirtschaftliche Folgenabschätzung für das Binnenland. Abschlussbericht – Phase 3. Oberirdische Gewässer Band 36.

https://www.nlwkn.niedersachsen.de/startseite/wasserwirtschaft/sonderthemen_projekte/klimawandel/projekt_klibiw/das-projekt-klibiw-104191.html

Nordrhein-Westfalen

Klimafolgen-Monitoring in Nordrhein-Westfalen <http://www.lanuv.nrw.de/kfm-indikatoren/>

Rheinland-Pfalz

KLIWA Klimaveränderung und Wasserwirtschaft (2016): Klimawandel in Süddeutschland. Veränderungen von meteorologischen und hydrologischen Kenngrößen. Klimamonitoring im Rahmen der Kooperation KLIWA. Bayerisches Landesamt für Umwelt (Federführung), Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg, Landesamt für Umwelt Rheinland-Pfalz, Deutscher Wetterdienst

http://www.kliwa.de/download/KLIWA_Monitoringbericht_2016.pdf

KLIWA Klimaveränderung und Wasserwirtschaft (2015): Einfluss des Klimawandels auf Seen. Literatursstudie im Rahmen des Kooperationsvorhabens KLIWA. Bayerisches Landesamt für Umwelt, Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg, Landesamt für Umwelt Rheinland-Pfalz

<http://www.kliwa.de/download/Literaturstudie-Seen-2015.pdf>

Arbeitskreis KLIWA Klimaveränderung und Wasserwirtschaft [Hrsg.] (2016): Ableitung von Temperaturpräferenzen des Makrozoobenthos für die Entwicklung eines Verfahrens zur Indikation biozönotischer Wirkungen des Klimawandels in Fließgewässern. KLIWA-Berichte. Heft 20. Bayerisches Landesamt für Umwelt (Federführung), Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg, Landesamt für Umwelt Rheinland-Pfalz, Deutscher Wetterdienst

<http://www.kliwa.de/download/KLIWAHeft20.pdf>

Publikationen KLIWA-Hefte <http://www.kliwa.de/publikationen-hefte.htm>

Sachsen

Webseiten des Sächsischen Staatsministeriums für Umwelt und Landwirtschaft (SMUL)

Aktuelle Wasserstände und Durchflüsse <https://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/infosysteme/hwims/portal/web/wasserstand-uebersicht>

Wasserhaushaltsportal www.wasserhaushaltsportal.sachsen.de

Klimafolgenmonitoring <https://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/klima/28944.htm>

Impaktindikatoren Wasserhaushalt und Wasserwirtschaft <https://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/klima/40748.htm>

I-W1 Jahreszeitliche Auflösung der Abflüsse

<https://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/download/IW1Abfluesse.pdf>

I-W2 Schichtungsverhalten von Talsperren und Speichern im Frühjahr

<https://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/download/IW2Schichtung.pdf>

I-W3 Entwicklung des Grundwasserstandes

<https://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/download/IW3Grundwasser.pdf>

LfULG Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie Sachsen [Hrsg.] (2011): Wassertemperaturen und Klimawandel. Fallstudie: Schriftenreihe des LfULG, Heft 39/2011

http://www.qucosa.de/fileadmin/data/qucosa/documents/7879/LfULG_Schriftenreihe_Heft_39_2011_Wassertemperaturen_und_Klimawandel.pdf

BMBF-Projekt CYAQUATA - Untersuchung der Wechselbeziehungen von toxinbildenden Cyanobakterien und Wasserqualität in Talsperren unter Berücksichtigung sich verändernder Umweltbedingungen und Ableitung einer nachhaltigen Bewirtschaftungsstrategie; Laufzeit: 06/2015 - 05/2018

https://tu-dresden.de/bu/umwelt/hydro/ifw/forschung/cyaquata_webseite

Forschungsprojekt KliWES - Das Forschungsprojekt KliWES untersucht die Auswirkungen der prognostizierten Klimaänderungen auf den Wasser- und Stoffhaushalt in den Einzugsgebieten der sächsischen Gewässer. Mit komplexen Modellen wird für den Ist-Zustand sowie für ausgewählte Landnutzungs- und Klimaszenarien sachsenweit der Wasserhaushalt bzw. der Stoffhaushalt berechnet.

<https://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/wasser/8214.htm>

Anhang

Länderabfrage der LAWA-AO KG Klimaindikatoren

5.1 Oberflächengewässer				
5.1.1 Oberirdischer Abfluss				
5.1.1.1 Mittlerer Abfluss und Abflussregime				
ID- 1 - Mittlerer Abfluss				
Land/ Bund	Indikatoren- titel	Kurzbeschreibung	Datenquelle	Umsetz- barkeit
DAS/ Bund	WW-I-2: Mittlerer Abfluss	Teil A: Jahresmittel des auf dem Bundesgebiet Deutschland im hydrologischen Jahr (1. November – 31. Oktober) gebildeten Abflusses (MQ DE HyJahr); Teil B: Innerjährliche Verteilung des auf dem Bundesgebiet gebildeten Abflusses als Verhältnis der Abflüsse des hydrologischen Winterhalbjahres (1. November – 30. April, MQ DE HyWinter) zu den Abflüssen des hydrologischen Sommerhalbjahres (1. Mai – 31. Oktober, MQ DE HySommer)	Auswertung der BfG, Referat M2	Stufe 1
BB	Durchfluss / Abfluss	Jahresmittel des Abflusses; Verhältnis des Abflusses der hydrologischen Halbjahre zueinander	Landesamt für Umwelt BB, Pegelmessnetz (z.T. von WSV betrieben)	Stufe 1
BY	Mittlere Abflüsse (Impact)	Lineare Trends der mittleren Abflüsse getrennt nach Gesamtjahr, hydrolog. Winter- u. Sommerhalbjahr. Ferner Trends des mittleren Jahresgangs der mittleren Monatswerte MQ(m)	Hydrologische Dienste: Zeitreihenanalyse 1932 -2015 an 114 ausgewählte Pegeln in BW, BY, RP	Stufe 1
BW	Mittlere Abflüsse (Impact)	Lineare Trends der mittleren Abflüsse getrennt nach Gesamtjahr, hydrolog. Winter- u. Sommerhalbjahr. Ferner Trends des mittleren Jahresgangs der mittleren Monatswerte MQ(m)	Hydrologische Dienste: Zeitreihenanalyse 1932 -2015 an 114 ausgewählte Pegeln in BW, BY, RP	Stufe 1

HE	Gesamtabfluss Mittelwasser (Halbjahres-Abflussregime)	Auf Grundlage der Tagesmittelwerte wird pro Pegel zuerst jeweils der prozentuale Anteil des Winterabflusses und des Sommerabflusses an dem mittleren Gesamtabfluss pro Jahr berechnet. Die Ergebnisse der 5 Pegel werden dann entsprechend der Gewichtung der EZG jeweils für den Sommer- und Winterabfluss zusammengefasst. Man erhält so eine auf 100% bezogene Verhältniszahl für den mittleren Sommer- und mittleren Winterabfluss pro Jahr, repräsentativ für ganz Hessen. Datenreihe seit 1956.	HLNUG 5 Pegel mit vergleichbaren EZG	Stufe 1
HH	BH-I-1: Abfluss- verhältnisse der Elbe BH-I-1.1: Mittlerer jährlicher Abfluss der Elbe, Pegel Neu Darchau (MQ)	Für den IMPACT-Indikator BH-I-1 „Abflussverhältnisse der Elbe“ werden langjährige Zeitreihen des Abflusses (Q) am WSV-Pegel Neu Darchau (Mittelbe, Elbe-km 536,44 km) betrachtet. Konkret wird der Teilindikator "MQ" (BH-I-1.1, in m ³ /s, Daten ab 1903) ausgewertet und dargestellt.	Deutsches Gewässerkundliches Jahrbuch (DGJ) sowie diverse Datenportale, z.B. www.portal-tideelbe.de , www.elbe-datenportal.de .	Stufe 1
HH	BH-I-2.1	Mittlerer Abfluss der Alster	Die Werte des MQ, HQ und NQ werden am Pegel Bäckerbrücke routinemäßig von der BUE ermittelt und die Veröffentlichung der Daten erfolgt im Deutschen Gewässerkundlichen Jahrbuch (DGJ).	Stufe 1
NW	Mittlerer Abfluss	Das natürliche Abflussgeschehen in Fließgewässern wird vor allem von der Menge und der jahreszeitlichen Verteilung der Niederschläge in den jeweiligen Einzugsgebieten bestimmt. Als Folge der Klimaveränderung können sich regionale Niederschlagsmuster ändern. Die Temperaturänderung wirkt sich unter anderem auf den Wasserdampfgehalt der Luft und auf die Zirkulationssysteme der Erde aus. Dies kann sich wiederum in veränderten Abflüssen in Fließgewässern zeigen. Bei ausgewählten Pegelstationen (v.a. langjährige Zeitreihen	Als Indikator wurde der mittlere jährliche Abfluss (Wasserwirtschaftsjahr = 01. November - 31. Oktober) am Pegel Feudingen/Lahn im Kreis Siegen-Wittgenstein ausgewählt. Das LANUV und die Wasserverbände NRW betreiben entlang vieler Fließgewässer in NRW Pegelanlagen, an denen Wasserstände und Abflüsse erfasst und automatisch an	Stufe 1

		des Abflusses, möglichst keine anthropogene Beeinflussung und Nutzungsänderungen in der Umgebung) können Änderungen im Abflussverhalten des Fließgewässers auf rein natürliche Ursachen zurückgeführt werden, wie beispielsweise ein sich änderndes Niederschlagsgeschehen und eine durch steigende Temperaturen bedingte höhere Verdunstung.	die Betreiber übermittelt werden. Der Abfluss wird an circa 300 Messstellen entlang von etwa 160 Fließgewässern in NRW erhoben. Insgesamt wurden 14 Pegel, für die langjährige Zeitreihen vorlagen und ein geringer anthropogener Einfluss angenommen wurde, ausgewertet....s. Excel-Tab.	
RP	Mittlere Abflüsse	Lineare Trends der mittleren Abflüsse getrennt nach Gesamtjahr, hydrolog. Winter- u. Sommerhalbjahr. Ferner Trends des mittleren Jahresgangs der mittleren Monatswerte MQ(m)	Hydrologische Dienste: Zeitreihenanalyse 1932 -2015 an 114 ausgewählten Pegeln in BW, BY, RP	Stufe 1
SN	Mittlerer Abfluss MW/MQ	für alle Pegel von Sachsen werden statistische Hauptwerte im Internet veröffentlicht. Für beliebig auswählbare Gewässerabschnitte stehen ab April 2017 die regionalisierten Mittelwasser kennwerte im Internet zur Verfügung	Pegelmessnetz	Stufe 1
ST	Mittlerer Abfluss (MQ) (Impact)	Mittlerer Abfluss (MQ) von drei ausgewählten Pegeln, deren Einzugsgebiete ganz oder größtenteils in Sachsen-Anhalt liegen; Pegel Großschieferstedt (ab 1961), Pegel Nutha (ab 1972), Pegel Mertendorf (ab 1963). Der mittlere jährliche Abfluss MQ ist das arithmetische Mittel aller 365 bzw. 366 in einem Jahr aufgetretenen Tagesmittelwerte des Abflusses an einem Pegel. Der Abfluss ist dabei gemäß DIN-4049 1994 definiert als Wasservolumen, das einen bestimmten Querschnitt in der Zeiteinheit durchfließt und einem Einzugsgebiet zugeordnet ist.	reguläres hydrologisches Monitoring des Gewässerkundlichen Landesdienstes des LHW	Stufe 1
BW	I-WH-X: Jahreszeitliche Verteilung des mittleren Abflusses	Auswertung geplant für zweiten Monitoringbericht 2019 nach Klimaschutzgesetz Baden-Württemberg (KSG-BW) §9	LUBW: Pegeldatenbank Baden-Württemberg	Stufe 2
BE	Jahreszeitliche Verteilung des	Auswertung noch nicht erfolgt	Hydrologische Datenbank wiski Berlin	Stufe 2

	mittleren Abflusses			
HH	BH-I-4.1	Mittlerer Abfluss der Mühlenau	Die Werte des Wasserstandes werden am Pegel Olloweg routinemäßig von der BUE ermittelt.	Stufe 2
NI	Mittlerer Abfluss (Impact)	Lineare Trends der mittleren Abflüsse getrennt nach Saisons (Gesamtjahr, Frühling, Sommer, Herbst, Winter) für 110 Pegel (Zeitraum 1966-2005) bzw. 34 Pegel (Zeitraum 1951-2005) in NI; eine regelmäßige Aktualisierung der Analysen erscheint möglich	Projekt KliBiW (Globaler Klimawandel – Wasserwirtschaftliche Folgenabschätzung für das Binnenland, NLWKN 2012); Pegelmessnetz Gewässerkundlicher Landesdienst NLWKN	Stufe 2
TH	Mittlere Abflüsse	Lineare Trends der mittleren Abflüsse getrennt nach Gesamtjahr, hydrolog. Winter- u. Sommerhalbjahr. Ferner Trends des mittleren Jahresgangs der mittleren Monatswerte MQ(m)	Pegelmessnetz Thüringen, Gewässerkundlicher Landesdienst	Stufe 2
ID 13 - Seen -Zufluss Trinkwassertalsperren				
TH	-WW-4: Zufluss der Trinkwassertalsperren	Mittelwasserabflussspende für fünf Trinkwassertalsperren (Jahreswerte)	Quantitative und qualitative Beobachtungszeitreihen der Trink- und Brauchwassertalsperren (Datenquelle: Messnetz der Thüringer Fernwasserversorgung); Pegelmessnetz Thüringen, Gewässerkundlicher Landesdienst	Stufe 1
ID 27 - Klimatische Wasserbilanz				
NW	Klimatische Wasserbilanz NRW	Die klimatische Wasserbilanz berechnet sich aus der Differenz von Niederschlag und Verdunstung. Die Temperaturzunahme als Folge der Klimaerwärmung wirkt sich unter anderem auf den Wasserdampfgehalt der Luft und auf die Zirkulationssysteme der Erde aus, so dass sich Niederschlagsmuster regional ändern können. Die	Die klimatische Wasserbilanz ist eine abgeleitete Größe, die sich aus der Differenz der Niederschlagshöhe und der potenziellen Verdunstung ergibt. Die Gebietsmittel werden aus Flächenkarten der klimatischen Wasserbilanz	Stufe 1.

		Verdunstung ist direkt abhängig von der Temperatur. Die Temperatur ist die Leitgröße zur Beschreibung der anthropogenen Klimaveränderung. Sie wird direkt durch den anthropogen bedingten Anstieg der Treibhausgasgehalte in unserer Atmosphäre beeinflusst.	berechnet. Die Flächenkarten basieren auf Messungen und Modellsimulationen des Deutschen Wetterdienstes... siehe Tabelle	
BB	Klimatische Wasserbilanz	Differenz zwischen Niederschlagsmenge und Verdunstung	Landesumweltamt BB	Stufe 2
5.1.1.2 Niedrigwasser (reine hydrologische Betrachtung) Abflussregime				
ID 2 - Niedrigwasserabflüsse				
DAS/ Bund	WW-I-4 Niedrigwasser	Anteil der Zeigerpegel mit markantem Niedrigwasser (Niedrigwasserindex	Auswertung der BfG, Referat M2	Stufe 1
BE	I Niedrigwasser- abfluss	Anzahl der Niedrigwassertage (Summe über 10 repräsentative Pegel) im jeweiligen hydrologischen Jahr, Auswertung mit Darstellung Niedrigwassertage	Hydrologische Datenbank wiski Berlin	Stufe 1
BY	Niedrigwassera bflüsse (Impact)	Lineare Trends der Niedrigstwasserabflüsse (NQ(J), niedrigstes Mittel des Abflusses an 7 aufeinanderfolgenden Tagen NM7Q(J) sowie die max. Dauer der Niedrigwasserperiode.	Hydrologische Dienste: Zeitreihenanalyse 1951 -2015 an 30 ausgewählte Pegeln in BW, BY, RP	Stufe 1
BW	Niedrigwasser- abflüsse (Impact)	Lineare Trends der Niedrigstwasserabflüsse (NQ(J), niedrigstes Mittel des Abflusses an 7 aufeinanderfolgenden Tagen NM7Q(J) sowie die max. Dauer der Niedrigwasserperiode.	Hydrologische Dienste: Zeitreihenanalyse 1951 -2015 an 30 ausgewählte Pegeln in BW, BY, RP	Stufe 1
HH	BH-I-1: Abflussver- hältnisse der Elbe BH-I-1.3: Niedrigster jährlicher Abfluss der Elbe, Pegel Neu Darchau (NQ)	Für den IMPACT-Indikator BH-I-1 „Abflussverhältnisse der Elbe“ werden langjährige Zeitreihen des Abflusses (Q) am WSV-Pegel Neu Darchau (Mittelelbe, Elbe-km 536,44 km) betrachtet. Konkret werden die Teilindikatoren "NQ" (BH-I-1.3, in m ³ /s, Daten ab 1903) sowie "Jährliche Anzahl von Tagen mit niedrigen Abflüssen"	Deutsches Gewässerkundliches Jahrbuch (DGJ) sowie diverse Datenportale, z.B. www.portal-tideelbe.de , www.elbe-datenportal.de .	Stufe 1

HH	BH-I-2.3	Niedrigwasserabfluss der Alster		Stufe 1
RP	Niedrigwasser-abflüsse	Lineare Trends der Niedrigstwasserabflüsse (NQ(J), niedrigstes Mittel des Abflusses an 7 aufeinanderfolgenden Tagen NM7Q(J) sowie die max. Dauer der Niedrigwasserperiode.	Hydrologische Dienste: Zeitreihenanalyse 1951 -2015 an 30 ausgew. Pegeln in BW, BY, RP	Stufe 1
SN	MNQ (Jahr, Sommer, Winter)	für alle Pegel von Sachsen werden statistische Hauptwerte im Internet veröffentlicht. Für beliebig auswählbare Gewässerabschnitte stehen seit 2014 die regionalisierten Niedrigwasserkennwerte im Internet zur Verfügung	Pegelmessnetz	Stufe 1
ST	Mittlerer Niedrigwasser-abfluss (MNQ) (Impact)	Mittlerer Niedrigwasserabfluss (MNQ) von drei Pegeln, deren Einzugsgebiete ganz oder größtenteils in Sachsen-Anhalt liegen; Pegel Großschieerstedt (ab 1961), Pegel Nutha (ab 1972), Pegel Mertendorf (ab 1963). Ein Niedrigwasser tritt laut DIN 4049 auf, wenn der gemessene Abfluss in einem Fließgewässer einen Schwellenwert unterschreitet, der in Abhängigkeit vom Abflussregime dieses Fließgewässers definiert wird. Der mittlere Niedrigwasserabfluss MNQ ist das arithmetische Mittel der jeweils kleinsten gemessenen Abflüsse jedes Monats des Jahres an einem Pegel.	reguläres hydrologisches Monitoring des Gewässerkundlichen Landesdienstes des LHW	Stufe 1
HH	BH-I-4.3	Niedrigwasserabfluss der Mühlenau		Stufe 2
NI	Niedrigwasser-abfluss (Impact)	Lineare Trends der Niedrigwasserabflüsse (NM7Q) sowie der max. Dauer von Niedrigwasserperioden getrennt nach Saisons (Gesamtjahr, Frühling, Sommer, Herbst, Winter) für 110 Pegel (Zeitraum 1966-2005) bzw. 34 Pegel (Zeitraum 1951-2005) in NI; eine regelmäßige Aktualisierung der Analysen erscheint möglich	Projekt KliBiW (Globaler KW - Wasserwirtschaftliche Folgenabschätzung für das Binnenland, NLWKN 2015); Pegelmessnetz Gewässerkundlicher Landesdienst NLWKN	Stufe 2
ID 3 - Niedrigwassertage				
BW	I-WH-3: Niedrigwasser	Indikator für ersten Monitoringbericht 2016 (Veröffentlichung Mitte 2017) nach KSG-BW, §9 Anzahl der Niedrigwassertage (Summe über 10 repräsentative Pegel) im jeweiligen hydrologischen Jahr Auswertung mit Darstellung Niedrigwassertage	LUBW: Pegeldatenbank Baden-Württemberg	Stufe 1

HH	BH-I-1.4: Jährliche Anzahl von Tagen mit niedrigen Abflüssen	"Jährliche Anzahl von Tagen mit niedrigen Abflüssen" (BH-I-1.4, Daten ab 1903) ausgewertet und dargestellt.		Stufe 1
HE	Niedrigwassertage	Anzahl der Tage, an denen der Tagesmittelwert des Abflusses eine pegelspezifischen Schwellenwert unterschreitet. Hessische Datenreihe seit 1956.	HLNUG 5 Pegel mit vergleichbaren EZG	Stufe 1
RP	Niedrigwassertage oder maximale Dauer der Niedrigwasserperiode	max. Dauer der Niedrigwasserperiode.	Hydrologische Dienste: Zeitreihenanalyse 1951 -2015 an 30 ausgew. Pegeln in BW, BY, RP	Stufe 1
SN	MNQ (Jahr, Sommer, Winter)	für alle Pegel von Sachsen werden statistische Hauptwerte im Internet veröffentlicht. Für beliebig auswählbare Gewässerabschnitte stehen seit 2014 die regionalisierten Niedrigwasserkennwerte im Internet zur Verfügung	Pegelmessnetz	Stufe 1
5.1.1.3 Hochwasser (reine hydrologische Betrachtung)				
ID 4- Hochwasserabflüsse				
DAS/ Bund	WW-I-3: Hochwasser	Anteil der Zeigerpegel mit markanten Hochwasserereignissen (Hochwasserindex)	Auswertung der BfG, Referat M2	Stufe 1
BW	I-WH-2: Hochwasser Hochwasserabflüsse	Indikator für Monitoringbericht 2016 nach KSG-BW; Anzahl der Hochwassertage (Summe über 30 repräsentative Pegel) im jeweiligen hydrologischen Jahr, Auswertung mit Darstellung Hochwassertage Lineare Trends der monatlichen Höchstwerte des Abflusses für das hydrologische Jahr, das Sommer- und das Winterhalbjahr. Zusätzlich: Mittlerer Jahresgang der Monatshöchstwerte der Abflüsse.	LUBW: Pegeldatenbank Baden-Württemberg Hydrologische Dienste: Zeitreihenanalyse 1932 -2015 an 114 ausgewählte Pegeln in BW, BY, RP	Stufe 1

BY	Hochwasserabflüsse (Impact)	Lineare Trends der monatlichen Höchstwerte des Abflusses für das hydrologische Jahr, das Sommer- und das Winterhalbjahr. Zusätzlich: Mittlerer Jahresgang der Monatshöchstwerte der Abflüsse.	Hydrologische Dienste: Zeitreihenanalyse 1932 -2015 an 114 ausgewählte Pegeln in BW, BY, RP	Stufe 1
HE	Hochwasserdauer	Anzahl der Tage, an denen der Tagesmittelwert des Abflusses eine pegelspezifischen Schwellenwert überschreitet. Hessische Datenreihe seit 1956.	HLNUG 5 Pegel mit vergleichbaren EZG	Stufe 1
HH	BH-I-1: Abflussverhältnisse der Elbe BH-I-1.2: Höchster jährlicher Abfluss der Elbe, Pegel Neu Darchau (HQ)	Für den IMPACT-Indikator BH-I-1 „Abflussverhältnisse der Elbe“ werden langjährige Zeitreihen des Abflusses (Q) am WSV-Pegel Neu Darchau (Mittelelbe, Elbe-km 536,44 km) betrachtet. Konkret wird der Teilindikator „HQ“ (BH-I-1.2, in m ³ /s, Daten ab 1903) ausgewertet und dargestellt.		Stufe 1
HH	BH-I-3.1	Anzahl der Hochwasserereignisse der Alster		Stufe 1
HH	BH-I-3.2	Intensität der Hochwasserereignisse der Alster		Stufe 1
HH	BH-I-2.2	Hochwasserabfluss der Alster		Stufe 1
HH	BH-I-5.1	Anzahl der Hochwasserereignisse der Mühlenau		Stufe 1
HH	BH-I-5.2	Intensität der Hochwasserereignisse der Mühlenau		Stufe 1
RP	Hochwasserabflüsse	Lineare Trends der monatlichen Höchstwerte des Abflusses für das hydrologische Jahr, das Sommer- und das Winterhalbjahr. Zusätzlich: Mittlerer Jahresgang der Monatshöchstwerte der Abflüsse.	Hydrologische Dienste: Zeitreihenanalyse 1932 -2015 an 114 ausgewählte Pegeln in BW, BY, RP	Stufe 1
SN	Hochwasser	Für alle Pegel von Sachsen werden statistische Hauptwerte im Internet veröffentlicht. Für beliebig auswählbare Gewässerabschnitte stehen voraussichtlich ab Mitte 2017 die regionalisierten Hochwasserkennwerte im Internet zur Verfügung	Pegelmessnetz	Stufe 1
ST	Mittlerer Hochwasser-	Mittlerer Hochwasserabfluss (MHQ) von drei Pegeln, deren Einzugsgebiete ganz oder größtenteils in Sachsen-Anhalt liegen; Pegel Großschießstedt (ab 1961), Pegel Nutha (ab	Reguläres hydrologisches Monitoring des Gewässerkundlichen Landesdienstes des LHW	Stufe 1

	abfluss (MHQ) (Impact)	1972), Pegel Mertendorf (ab 1963). Nach (Dyck 1983) ist ein Hochwasser die zeitlich begrenzte Anschwellung des Durchflusses über den Basisdurchfluss, die eine für jeden Durchflussquerschnitt aus der Statistik oder den örtlichen Gegebenheiten zu bestimmende Grenze überschreitet, als Folgeerscheinung meteorologischer oder durch Katastrophen hervorgerufener Ereignisse. Der mittlere Hochwasserabfluss MHQ ist das arithmetische Mittel der jeweils größten gemessenen Abflüsse jedes Monats des Jahres an einem Pegel.		
ID 5- Hochwassertage				
TH	I-WW-2: Hochwasser	Hochwassertage an 22 ausgesuchten, repräsentativen Pegeln	Pegelmessnetz Thüringen, Gewässerkundlicher Landesdienst	Stufe 1
BY	Hochwasser- tage (Impact)	Anzahl der Pegel mit einer klassifizierten Anzahl an Hochwassertagen (Tage mit Überschreitung des MHQ 1961-1990) [Anzahl] im hydrologischen Jahr	61 Pegel aus dem Pegelmessnetz des LfU	Stufe 2
HH	BH-I-4.	Hochwasserabfluss der Mühlenau		Stufe 2
NI	Hochwasser- abflüsse (Impact)	Lineare Trends der monatlichen Höchstwerte des Abflusses (MHQ) sowie der Dauer und Häufigkeit von großen Abflussereignissen getrennt nach Saisons (Gesamtjahr, Frühling, Sommer, Herbst, Winter) für 110 Pegel (Zeitraum 1966-2005) bzw. 34 Pegel (Zeitraum 1951-2005) in NI; eine regelmäßige Aktualisierung der Analysen erscheint möglich	Projekt KliBiW (Globaler Klimawandel – Wasserwirtschaftliche Folgenabschätzung für das Binnenland, NLWKN 2012); Pegelmessnetz GLD NLWKN	Stufe 2
BE	I: Hochwasser- abfluss	in BE nicht relevant (Stauhaltung)	Hydrologische Datenbank wiski Berlin	

5.1.2 Qualität der Oberflächengewässer (auch Übergangsgewässer und Seen)				
Gewässerstruktur (folglich auch Kapitel 6.11)				
ID 19 - Gewässerstruktur				
Land/ Bund	Indikatoren- titel	Kurzbeschreibung	Datenquelle	Umsetz- barkeit
leer	s. Response			
5.1.2.1 Ökologie der Binnen- und Küstengewässer				
ID- 6 - Seen –Wassertemperatur				
Land/ Bund	Indikatoren- titel	Kurzbeschreibung	Datenquelle	Umsetz- barkeit
DAS/ - Bund	WW-I-5 Wasser- temperatur stehender Gewässer – Fallstudie	Mittelwert der Oberflächentemperatur für die zwei wärmsten Monate des Sommerhalbjahres für den Waginger See, Bodensee und Stechlinsee; Zusatz: Mittelwert der Oberflächentemperatur für die zwei wärmsten Monate des Sommerhalbjahres für den Starnberger See, Ammersee und Müggelsee	Oberflächentemperaturen (Mehrfachmessungen pro Jahr) in 20 cm Tiefe für den Bodensee und den Müggelsee, Daten des LUBW und des IGB	Stufe 1
BB	Gewässer- temperatur	Entwicklung der mittleren und maximalen Wassertemperatur in Elbe, Oder und Havel (ggf. auch angeschlossene stehende Gewässer)	Landesamt für Umwelt BB, automatisches Wassergütemessnetz	Stufe 1
BY	WTS	versch. Temperaturkenngrößen: mittl. Epilimniontemp.; mittl. Hypolimniontemp. ; Wasserschichten noch festzulegen; Sommer- und Winterhalbjahr	LfU: DB-Limno	Stufe 1
TH	I-WW-5: Wasser- temperatur stehender Gewässer		Quantitative und qualitative Beobachtungszeitreihen der Trink- und Brauchwassersperrungen (Datenquelle: Messnetz der Thüringer Fernwasserversorgung)	Stufe 1
BE	I-	gilt in BE nur für geschichtete Seentypen (10, 13), nicht für Flusseen	Monitoringdaten Senat BE	Stufe 2

	Mittelwert der Epilimnion-Temperatur			
BE	I- Maximalwert der Epilimnion-Temperatur von Mai-Sep	In eutrophen Seen steigt die Wahrscheinlichkeit von potenziell toxischen Arten / Stämmen	Monitoringdaten Senat BE, LAGeSo Berlin	Stufe 2
BW	I-WH-X: Mittelwert der Epilimnion-Temperatur des Bodensees (Jahr, Sommer-HJ, Winter-HJ)	Verschiedene Temperaturkenngrößen, zukünftig auch Auswertung geplant für Monitoringbericht 2019 nach KSG-BW	angepasstes WRRL-Seen-Monitoring, LUBW ⁱ	Stufe 1
RP	In Bearbeitung	KLIWA: Indikatoren für Seen werden derzeit erarbeitet: Wassertemperaturentwicklung wird dabei eine Rolle spielen		Stufe 2
ST	Wasser-temperatur stehender Gewässer (Impact-Indikator)			Stufe 3
NI				Indikator nicht geeignet...
SN	Wasser-temperatur stehender Gewässer	Datenbank Landestalsperrenverwaltung (LTV)	Messnetz LTV (Fallstudie: Schriftenreihe des LfULG, Heft 39/2011; Wassertemperaturen und Klimawandel)	Kein Indikator
ID 7 - Seen - Anzahl eisfreier Tage stehender Gewässer				

BY	Kommentar zu: Anzahl eisfreier Tage stehender Gewässer	Verschiedene Kenngrößen der Seenvereisung sinnvoll; aber schwer ermittelbar wegen täglicher Beobachtungsnotwendigkeit; zusätzlich rel. Eisanteil an Seeoberfläche, Beginn/Ende der winterlichen Vereisung	LfU: DB-Limno	Stufe 2
ST	Anzahl eisfreier Tage stehender Gewässer (Impact)			Stufe 3:
NI	Anzahl eisfreier Tage stehender Gewässer			Indikator nicht geeignet... siehe Tabelle
SN	Anzahl eisfreier Tage stehender Gewässer	Datenbank Landestalsperrenverwaltung (LTV)	Messnetz LTV	kein Indikator
BE	siehe Eisbedeckung, Reaktion im Ökosystem unterschiedlich und nicht immer negativ!	Langjähriges Monitoring in ausgewählten geschichteten Seen	Monitoringdaten Senat BE	kein eindeutiger Indikator für eine Verschlechterung
ID 8 – Seen- Dauer der Stagnationsperiode in stehenden Gewässern				
DAS/ Bund	WW-I-6: Dauer der Stagnationsperiode in stehenden	Länge der Dauer von stabilen Schichtungsverhältnissen (Stagnation) in stehenden Gewässern im Sommer	Daten des LUBW und des IGB	Stufe 1

	Gewässern – Fallstudie			
BY	Kommentar zu: Dauer der Stagnationsperiode in stehenden Gewässern	sinnvoll, tägliche Erfassung von Kenngrößen erforderlich,	LfU: DB-Limno	Stufe 2
BW	Länge der Dauer von stabilen Schichtungsverhältnissen (Stagnation) in stehenden Gewässern im Sommer (Impact)	Zukünftig auch Auswertung geplant für Monitoringbericht 2019 nach KSG-BW	angepasstes WRRL-Seen-Monitoring	Stufe 2
RP	In Bearbeitung	KLIWA: Indikatoren für Seen werden derzeit erarbeitet: Schichtungsverhalten wird dabei eine Rolle spielen	angepasstes WRRL-Seen-Monitoring	Stufe 2
BE	Länge der Dauer von stabilen Schichtungsverhältnissen (Stagnation) in stehenden Gewässern (Impact)	langjähriges Monitoring in ausgewählten geschichteten Seen	Monitoringdaten Senat BE	Indikator ist machbar; langjährige Daten fehlen, nicht für alle WK.
NI				Indikator nicht geeignet-siehe Tabelle

SN	Dauer der Stagnationsperiode in stehenden Gewässern	Datenbank Landestalsperrenverwaltung (LTV)	Messnetz LTV	kein Indikator
ID 9 - Talsperren (Temperaturschichtung)				
SN	I-W2 Schichtungsverhalten von Talsperren und Speichern im Frühjahr (Verweis auf Wassergüte)	Datenbank Landestalsperrenverwaltung (LTV)	Messnetz LTV	Stufe 1
TH	I-WW-6: Stagnationsperiode in Talsperren	Beginn und Ende der Stagnation an fünf Trinkwassertalsperren	Quantitative und qualitative Beobachtungszeitreihen der Trink- und Brauchwassertalsperren (Datenquelle: Messnetz der Thüringer Fernwasserversorgung)	Stufe 1
BY	Kommentar zu "Dauer der Stagnationsperiode in stehenden Gewässern"	sinnvoll, aber siehe voriger Punkt, tägliche Erfassung erforderlich	LfU: DB-Limno	Stufe 2
ST	Schichtungsverhalten Talsperren (Impact-Indikator)	Es werden regelmäßig die oberflächennahen Wassertemperaturen des Stausees "Rappbodetalsperre" erfasst. Diese und die Erfassung des Eisaufbruches sind ein Indikator des Beginn des Zirkulation. Die Veränderung der Schichtung des Stausees wird durch die regelmäßige Messung der Wassertemperatur über mehrere Tiefenpunkte in dokumentiert. Dabei werden die Dauer und der Beginn der Vollzirkulation im Frühjahr dokumentiert. Die Messung des	Reguläres Messprogramm des Talsperrenbetriebs (TSB) Sachsen-Anhalt	Stufe 3:

		Tiefenprofils erfolgt wöchentlich an Staumauer von der Mauerkrone aus. Die wöchentlichen Messungen erfolgen seit 2008.		
NI			Harzwasserwerke (HWW)	
ID 10 - Seen – Eintreten der Frühjahrsalgenblüte				
DAS/ Bund	WW-I-7: Eintreten der Frühjahrsalgenblüte in stehenden Gewässern – Fallstudie	Zeitpunkt (Kalenderwoche des Jahres) des Eintretens der Algenblüte (Phytoplankton; meist Diatomeen (Kieselalgen)) im Frühjahr bzw. Frühsommer	Phytoplankton Zell- und Biovolumen bei durchgeführten Proben (ca. aller 14 Tage), tiefste Stelle; Seenmonitoring Bayerisches Landesamt für Umwelt und IGB	Stufe 1
BE	Eintreten der Frühjahrsalgenblüte in stehenden Gewässern	gilt in BE nur für Seen, die nicht als Bundeswasserstraße vom Eisbrecher freigehalten werden	Datenbank wird aufgebaut	Stufe 2
BY	Eintreten der Frühjahrsalgenblüte in stehenden Gewässern	sinnvoll; aber Messfrequenz in BY max. monatlich, d.h. Zeitpunkt nur sehr ungenau erfassbar, für Klimawandelmonitoring dichtere Messung erforderlich	LfU: DB-Limno	Stufe 2
NI				Indikator nicht geeignet... siehe Tabelle
SN	Eintreten der Frühjahrsalgenblüte in stehenden Gewässern	Datenbank Landestalsperrenverwaltung (LTV)	Messnetz LTV	kein Indikator
ID 11 - Seen- Sauerstoffgehalt Hypolimnion Bodensee				

BE	I-Sauerstoffgehalt im Tiefenwasser	Minimaler Sauerstoffgehalt im Tiefenwasser geschichteter Seen	Monitoringdaten Senat BE	Stufe 1
BY	Kommentar zu: Sauerstoffgehalt Hypolimnion	sinnvoll	LfU: DB-Limno	Stufe 1
BW	I-WH-4: Sauerstoffgehalt im Tiefenwasser des Bodensees	Indikator für Monitoringbericht 2016 nach KSG-BW; Minimaler Sauerstoffgehalt im Tiefenwasser des Bodensees innerhalb des Durchmischungszyklus Jahresmittelwert des Phosphorgehalts des Bodensee-Obersees	Institut für Seenforschung (ISF) der LUBW: Monitoring der Internationalen Gewässerschutzkommission für den Bodensee (IGKB)	Stufe 1
ID 12 - Seen – Niedrigwasserstände				
BY	Kommentar zu: Niedrigwasserstände	sinnvoll	LfU: DB-Limno	Stufe 1
BE	I Niedrigwasserstände in Seen mit kleinem EZG (Typ 13)	Auswertung geplant	Hydrologische Datenbank WISKI Monitoringdaten Senat BE	Stufe 2
BW	I-WH-X: Niedrigwasserstände am Bodensee	Auswertung geplant für Monitoringbericht 2019 nach KSG-BW		Stufe 2
ID 14 Fließgewässer Sauerstoffkonzentration				

HH	WW.I.2.1 Sauerstoff- konzentration Elbe	Der Indikator „Sauerstoffkonzentration“ zeigt die Veränderung der Sauerstoffkonzentration in den Hamburger Fließgewässern Elbe, Bille und Alster an.		Stufe 2
	WW.I.2.2 Sauerstoff- konzentration Alster	Der Indikator „Sauerstoffkonzentration“ zeigt die Veränderung der Sauerstoffkonzentration in den Hamburger Fließgewässern Elbe, Bille und Alster an.		Stufe 2
	WW.I.2.3 Sauerstoff- konzentration Bille	Der Indikator „Sauerstoffkonzentration“ zeigt die Veränderung der Sauerstoffkonzentration in den Hamburger Fließgewässern Elbe, Bille und Alster an.		Stufe 2
ID 15 - Fließgewässer – Gewässertemperatur				
NW	Gewässer- temperatur	Die Wassertemperatur von Fließgewässern wird beeinflusst von der Lufttemperatur und unterliegt wie diese natürlichen Schwankungen im Laufe eines Tages und Jahres. In den großen Flüssen Nordrhein-Westfalens beeinflussen Abwärmeeinleitungen von Kraftwerken zusätzlich die Gewässertemperatur. Als Indikator wird die mittlere und maximale jährliche Gewässertemperatur verwendet	Für das Klimafolgenmonitoring wurde eine Messstation am Rhein ausgewählt, die internationale Station Kleve-Bimmen (Rhein-km-865). Die Station wurde 1970 eröffnet und wird heute in Kooperation deutscher und niederländischer Gewässerüberwachung betrieben. Seit 1974 werden dort Temperaturmessungen durchgeführt. Die Daten wurden aufgrund von zwischenzeitlich auftretenden Ausfällen des Messfühlers wie folgt errechnet: Die Werte von 1974 bis 1989, von 2004 bis 2010 sowie ab 2015 sind errechnet aus kontinuierlichen Messungen, die Werte von 1995 bis 2003 sind errechnet aus den täglichen 8 Uhr Stichproben. Für die durch die obigen Messwerte nicht abgedeckten Zeiträume 1990 bis 1994 und 2011 bis 2014 wurden die Werte anhand der benachbarten Messstation Lobith aus kontinuierlichen	Stufe 1

			Messungen ergänzt Vergleiche beider Messreihen haben einen nahezu parallelen Temperatur-Verlauf ergeben.	
HH	WW-I-1-1 Gewässer- temperatur der Elbe	Der Indikator „Gewässertemperatur“ zeigt die Veränderung der Wassertemperatur in den Hamburger Fließgewässern Elbe, Bille und Alster an.	Gewässergütemessnetz Hamburg	Stufe 2
	WW-I-1-2 Gewässer- temperatur der Alster	Der Indikator „Gewässertemperatur“ zeigt die Veränderung der Wassertemperatur in den Hamburger Fließgewässern Elbe, Bille und Alster an.	Gewässergütemessnetz Hamburg	Stufe 2
	WW-I-1-3 Gewässer- temperatur der Bille	Der Indikator „Gewässertemperatur“ zeigt die Veränderung der Wassertemperatur in den Hamburger Fließgewässern Elbe, Bille und Alster an.	Gewässergütemessnetz Hamburg	Stufe 2
BW	I-WH-X: Jahreshöchst- und - mittelwerte der Wasser- temperatur an der Donau	Auswertung geplant für Monitoringbericht 2019 nach KSG-BW	LUBW: Datenbank Fließgewässerbeschaffenheit BW	Stufe 2
NI	Wasser- temperatur (Höchst- und Mittelwerte)	Messung der Temperatur (kontinuierlich oder monatlich), Auswertung von Trends	Landesweite Datenbank (LDB)	?
SN	Wasser- temperatur (Höchst- und Mittelwerte)		Fallstudie: Schriftenreihe des LfULG, Heft 39/2011; Wassertemperaturen und Klimawandel	Kein Indikator
ID 16 - Ökologischer Zustand oberirdischer Binnengewässer – nach WRRL				
BY	Kommentar zu: Ökologischer	sinnvoll, aber Auswertung aller Unterindices der Zustandsbewertung	LfU: DB-Limno	Stufe 2

	Zustand oberirdischer Binnengewässer			
BW	R-WH-X: Ökologischer Zustand oberirdischer Binnengewässer	Auswertung geplant für Monitoringbericht 2019 nach KSG-BW		Stufe 2
NI				nicht geeignet
ID 17 - Vorkommen wärmeliebender Arten in Binnengewässern				
DAS/ Bund	FI-I-2 Vorkommen wärmeliebender Arten in Binnengewässern – Fallstudie	Teil A: Karpfenertrag der Berufsfischerei Bodensee-Obersee; Teil B: Phosphorgehalt des Bodensee-Obersees	Fangstatistik der Berufsfischerei Bodensee - Obersee; Seenüberwachung (Feststellung von Belastungsursachen) der Internationale Gewässerschutzkommission für den Bodensee	Stufe 1
BY	Kommentar zu: Vorkommen wärmeliebender Arten in Binnengewässern	sinnvoll, aber Auswertung aller Unterindices der Zustandsbewertung	LfU: DB-Limno	Stufe 2
ID 18 - Blaualgenbelastung von Badegewässern				
DAS/ Bund	GE-I-6 Blaualgenbelastung von Badegewässern – Fallstudie	Teil A: Saisonmittel (Juli bis September) des Biovolumens von Cyanobakterien für den Müggelsee; Teil B: Saisonmittel (Juli bis September) des Gesamtphosphorgehalts für den Müggelsee	Seenmonitoring Müggelsee, Gesamtbiovolumen des Phytoplanktons sowie Biovolumina der relevanten Cyanobakterien-Taxa im Epilimnion und Gesamtphosphorgehalt	Stufe 1

BY	Kommentar zu: Blaualgenbelastung von Badegewässern	sinnvoll, aber nicht nur Badegewässer auch sonstige Seen	LfU: DB-Limno, Seen > 50 ha	Stufe 2
NI		Auswertung von Daten aus der Überwachung der Badegewässer	Landesgesundheitsamt	keine Angabe
ID 20 - KLIWA-IndexMZB				
RP	KLIWA-IndexMZB	Bioindikation thermischer und hydrologischer Veränderungen in Fließgewässern infolge von Klimawandeleinflüssen auf die aquatische Wirbellosen-Biozönose: Der Index beruht auf der statistischen Analyse von Temperaturpräferenzen des Makrozoobenthos. Ein Auswertungs-Tool zur Integration der Ergebnisse in PERLODES liegt vor.	Angepasstes WRRL-Fließgewässer-Monitoring (Qualitätskomponente Makrozoobenthos). Messnetz überwiegend aus WRRL-Referenzmessstellen, an denen zusätzlich der Abfluss (Modellierung) und die Wassertemperatur (kontinuierlich) erfasst werden sollen (noch nicht operativ).	Stufe 2
BY	KLIWA-IndexMZB	Siehe Meldung RP zum KLIWA-Index MZB Der Index ist eine Einzelkenngröße zu einer MZB-Probenahme und stellt keinen aggregierenden, repräsentativen Umweltindikator dar. Für die Aggregationsebene Land bzw. Einzugsgebiete und auch für Auswertungen als Zeitreihe müsste ein fachliches Aggregationsverfahren entwickelt werden. Atmungsbedingungen Makrozoobenthos (Komplex Wassertemperatur, Strömung/Abfluss, Sauerstoff) (Impact)	WRRL-Fließgewässer-Monitoring (Qualitätskomponente Makrozoobenthos)	Stufe 2
BW	KLIWA-Index _{MZB}	Bioindikation thermischer und hydrologischer Veränderungen in Fließgewässern infolge von Klimawandeleinflüssen auf die aquatische Wirbellosen-Biozönose: Der Index beruht auf der statistischen Analyse von Temperaturpräferenzen des Makrozoobenthos. Ein Auswertungs-Tool zur Integration der Ergebnisse in PERLODES liegt vor. Derzeit läuft ein Praxistest entwickelt im Rahmen von KLIWA von Bayern, BW, Rheinland-Pfalz und Hessen	LUBW Angepasstes WRRL-Fließgewässer-Monitoring (Qualitätskomponente Makrozoobenthos). Messnetz überwiegend aus WRRL-Referenzmessstellen, an denen zusätzlich der Abfluss (Modellierung) und die Wassertemperatur (kontinuierlich) erfasst werden sollen (noch nicht operativ).	Stufe 2

			http://www.kliwa.de/download/KLIWAHeft20.pdf	
BY	Atmungsbedingungen Makrozoobenthos (Komplex Wassertemperatur, Strömung/-Abfluss, Sauerstoff) (Impact)	Siehe Meldung RP zum KLIWA-Index MZB Der Index ist eine Einzelkenngröße zu einer MZB-Probenahme und stellt keinen aggregierenden, repräsentativen Umweltindikator dar. Für die Aggregationsebene Land bzw. Einzugsgebiete und auch für Auswertungen als Zeitreihe müsste ein fachliches Aggregationsverfahren entwickelt werden.	WRRL-Fließgewässer-Monitoring (Qualitätskomponente Makrozoobenthos)	Stufe 3
ID 23, (ID 59 Aufwand zur) Reduzierung des Tidenhubs in Ästuaren				
NI	(Aufwand zur) Reduzierung des Tidenhubs in Ästuaren	Die Langzeitentwicklung des Tidenhubs in Ästuaren ist ein Standardparameter, der auch bezüglich der ökologischen Qualität des Gewässers höchst bedeutsam ist. Der Tidenhub in den Ästuaren hat sich durch bauliche Eingriffe in den letzten 100 Jahren erheblich erhöht. Die Entwicklung wird durch einen Anstieg des Meeresspiegels zukünftig verstärkt. Die Reduzierung des Tidenhubs oder zumindest die Verhinderung eines weiteren Anstiegs begrenzt die Auswirkungen des Klimawandels in den Ästuaren.	Vorhandene Zeitreihen aus Pegelaufzeichnungen.	Stufe 2
ID 24 – Übergangsgewässer: Vorkommen warmwasser- und kaltwasser-adaptierter Arten in Ästuaren				
NI	Vorkommen warmwasser- und kaltwasser-adaptierter Arten in Ästuaren	Auftreten, Verbreitung und Bestandsgröße von Arten des Plankton, Benthos und Nekton, die aufgrund ihrer Autökologie und Herkunft Veränderungen im Wärmehaushalt des Systems anzeigen.	Daten der Länder und des Bundes aus lfd. Monitoringprogrammen zur Umsetzung insbesondere der WRRL	Stufe 3

5.1.2.2 Ökologie der Meere				
ID 25 - Verbreitung warmadaptierter mariner Arten				
DAS/ Bund	FI-I-1 Verbreitung warm- adaptierter mariner Arten	Auftretenshäufigkeit von sechs ausgewählten lusitanischen Arten in den Fischereihols von fünf definierten standardisierten Untersuchungsgebieten des GSBTS („Boxen“) als gleitender 3-Jahresmittelwert, Zusatz: Anzahl lusitanischer Arten in fünf definierten standardisierten Untersuchungsgebieten des GSBTS als gleitender 3-Jahresmittelwert	Langzeituntersuchungen im Rahmen des GSBTS (German Small-scale Bottom Trawl Survey), Thünen-Institut für Seefischerei, Hamburg	Stufe 1.
NI	Vorkommen warmwasser- und kaltwasser- adaptierter Arten in Küsten- gewässern	Auftreten, Verbreitung und Bestandsgröße von Arten des Plankton, Benthos und Nekton, die aufgrund ihrer Autökologie und Herkunft Veränderungen im Wärmehaushalt des Systems anzeigen.	Daten der Länder und des Bundes aus lfd. Monitoringprogrammen zur Umsetzung insbesondere der WRRL und der MSRL	Stufe 3
ID 26 - Entwicklung erosionsgefährdeter Biotope im Küstengebiet				
NI	Entwicklung erosionsge- fährdeter Biotope im Küstengebiet	Ausdehnung und ggf. Qualität jener Biotope, die zukünftig voraussichtlich erhöhtem hydromorphologischen Stress unterliegen werden.	Daten v.a. der Länder aus lfd. Monitoringprogrammen zur Umsetzung insbesondere der WRRL und der MSRL einschl. FFH	Stufe 3:

5.2 Grundwasser (auch Bodenwasser)				
5.2.1 Grundwassermenge				
ID 28 – Grundwasserneubildung				
Land/ Bund	Indikatoren- titel	Kurzbeschreibung	Datenquelle	Umsetz- barkeit
BB	Grundwasser- neubildung	Entwicklung der Grundwasserneubildung (kartographisch)	Landesamt für Umwelt BB	Stufe 1
BY	Grundwasser- neubildung	Langzeitverhalten der jährlichen Grundwasserneubildungsrate	Langzeitsimulation über den Zeitraum 1951 - 2015 als Ergebnis des Bodenwasserhaushaltsmodells GWN-BW	Stufe 1
NW	Grundwasser- neubildung	Die Grundwasserneubildung in einem Gebiet wird vor allem durch den Niederschlag sowie den oberirdischen Abfluss und das Verdunstungsgeschehen bestimmt. Ändern sich die klimatischen Rahmenbedingungen, sind damit auch Auswirkungen auf diese Faktoren verbunden. Bedingt durch den Klimawandel ist mit einer Zunahme der mittleren Jahrestemperatur und einem Anstieg der Niederschlagsvariabilität zu rechnen. Die steigenden Temperaturen wirken sich zudem auf die Verdunstung aus. Die Grundwasserneubildung wird als "Zugang von infiltriertem Wasser zum Grundwasser" (Sickerwasser; DIN 4049-3) definiert und mit Hilfe eines Lysimeters gemessen.	Als Indikator wird die mittlere Grundwasserneubildung im hydrologischen Jahr (01. November - 31. Oktober) verwendet. Die Monate November und Dezember werden jeweils aus dem vorigen Kalenderjahr in die Berechnung mit einbezogen. Für langfristig angelegte Untersuchungen des Wasserhaushalts bei verschiedenen Bewuchsformen betreibt das LANUV seit 1965 im Ortsteil St. Arnold der Gemeinde Neuenkirchen eine Großlysimeteranlage. Die Grundwasserneubildung wird hier in Abhängigkeit vom Bewuchs untersucht. Die Lysimeteranlage St. Arnold misst das Sickerwasser frei von anthropogenen Einflüssen und ist somit für eine Analyse der natürlichen Änderungen der	Stufe 1

			Grundwasserneubildung besonders geeignet. Für das Klimafolgenmonitoring wurde das Lysimeter unter Grünland ausgewählt, da es hier im Laufe der Messungen auch keine Schwankungen durch Änderungen des Bewuchses (beispielsweise durch natürliches Baumwachstum und Sturmwurf) gab.	
RP	Grundwasserneubildung	Langzeitverhalten der jährlichen Grundwasserneubildungsrate	Langzeitsimulation über den Zeitraum 1951 - 2010 als Ergebnis des Bodenwasserhaushaltsmodells GWN-BW	Stufe 1
BW	I-WH-X: Grundwasserneubildung	Auswertung geplant für Monitoringbericht 2019 nach KSG-BW; Langzeitverhalten der jährlichen Grundwasserneubildungsrate	Langzeitsimulation über den Zeitraum 1951 - 2015 mit Bodenwasserhaushaltsmodell GWN-BW	Stufe 2
SN	Grundwasserneubildung		Verweis auf Projekt KLIWES	
ST	Grundwasserneubildung	Auswertungen langjähriger Messungen auf der Lysimeteranlage Colbitz	reguläres hydrologisches Monitoring des Gewässerkundlichen Landesdienstes des LHW	Stufe 2
ID 33 - Mengenmäßiger Grundwasserzustand				
DAS/ Bund	WW-I-1 Mengenmäßiger Grundwasserzustand	Häufigkeitsverteilung der Grundwasserkörper mit mengenmäßig gutem / schlechtem / unbekanntem Zustand des Grundwassers	Häufigkeitsverteilung der Grundwasserkörper mit mengenmäßig gutem / schlechtem / unbekanntem Zustand des Grundwassers (Daten der BfG aus www.wasserblick.de)	Stufe 1
BB	Mengenmäßiger Grundwasserzustand	Mengenmäßiger Zustand der Grundwasserkörper; ggf. Verhältnis aus Grundwasserneubildung und Grundwasserentnahme	Landesamt für Umwelt BB	Stufe 1
BW		siehe 2.1 , GW-Neubildung		

SN			Focus liegt auf Grad der Nutzung	nicht geeignet
ID 30 – Grundwasserstand				
BB	Grundwasserstand	Entwicklung der Grundwasserstände	Landesamt für Umwelt BB	Stufe 1
BW	I-WH-1: Grundwasserstand und Quellschüttung	Indikator für Monitoringbericht 2016 nach KSG-BW, Monate mit einer Überschreitung und Unterschreitung des mittleren höchsten Grundwasserstands / der mittleren höchsten Quellschüttung der Referenzperiode 1961-1990	LUBW: Grundwasserdatenbank BW Berücksichtigt werden die 10 Messstellen der Grundauswahl KLIWA	Stufe 1
NW	Grundwasserstand	Wie viel Grundwasser sich in einem Gebiet neu bilden kann und welche Grundwasserstände sich dort einstellen, hängt von einer Vielzahl unterschiedlicher Einflussgrößen ab. Ändern sich die klimatischen Rahmenbedingungen und damit Niederschlagsmengen und ihre regionale Verteilung, kann sich die Grundwasserneubildung und in der Konsequenz auch der Grundwasserstand ändern. Dabei reagieren Grundwässer insgesamt im Vergleich zu Oberflächengewässern eher träge. In den Grundwasserständen spiegeln sich demnach langfristige Änderungen der klimatischen Bedingungen wider. Dabei kann der Einfluss des Menschen das Signal sich verändernder Klimaparameter auf die Grundwasserstände überdecken.	Der Grundwasserstand wird anhand des Grundwasserspiegels als Höhe über dem Meeresspiegel angegeben. Er wird an Grundwassermessstellen erfasst. Als Indikator wird der mittlere Grundwasserstand des Wasserwirtschaftsjahres (01. November - 31. Oktober) verwendet. Insgesamt wurden 29 langjährige Grundwassermessstellen des LANUV ausgewertet. Die Messstation Hamminkeln wurde exemplarisch für Nordrhein-Westfalen ausgewählt, da der anthropogene Einfluss hier besonders gering ist und die Messwerte somit für eine Analyse der natürlichen Änderungen des Grundwasserstandes geeignet sind. Dargestellt ist der mittlere Grundwasserstand an der Grundwassermessstelle Hamminkeln in Meter über Normalhöhennull (m ü. NHN) ab 1951. Die Mittelwerte der Klimanormalperioden im Messzeitraum werden tabellarisch aufgelistet. Für alle	Stufe 1

			Zeitreihen erfolgt eine Trendberechnung nach dem Mann-Kendall-Test. Ein signifikanter Trend wird als lineare Trendgerade in der Grafik dargestellt. Zusätzlich wird die Veränderung in Metern über die Zeitreihe berechnet.	
RP	Grundwasserstand	Lineare Trends der Grundwasserstands- und Quellschüttungsganglinien auf Basis von Monatsmittelwerten.	Fallstudien: Vier Messstellen mit Standorten in unterschiedlichen hydrogeologischen Einheiten in KLIWA-Gebietskulisse; Zeitraum 1951 - 2015	Stufe 1
TH	I-WW-1: Schwankung des Grundwasserst.	Jährlicher Mittelwert der Schwankungsbreiten Grundwasserstand von 20 ausgesuchten Messstellen	Grundwassermessnetz Thüringen	Stufe 1
ST	Grundwasserstand	Die Veränderung des Grundwasserstandes wird durch regelmäßige Messungen dokumentiert. Die langjährige Entwicklung des Grundwasserstandes zeigt die Reaktion (teilweise zeitlich verzögert) des Grundwassers auf klimatische Ereignisse an. Es wurden für Sachsen-Anhalt drei Grundwassermessstellen gewählt, die eine lange Beobachtungsreihe besitzen, anthropogen unbeeinflusst sind und die großräumigen geologischen Regionen (Tiefeland, Mittelgebirgsvorländer, Mittelgebirge) abbilden. Messungen seit 1950 bzw. 1969.	Reguläres hydrologisches Monitoring des Gewässerkundlichen Landesdienstes des LHW	Stufe 1
BY	Grundwasserstand	Monate mit einer Überschreitung und Unterschreitung des mittleren höchsten Grundwasserstands / der mittleren höchsten Quellschüttung bzw. mit einer Unterschreitung des mittleren niedrigsten Grundwasserstands / der mittleren niedrigsten Quellschüttung der Referenzperiode 1961-1990	LfU.: Monitoring Grundnetz	Stufe 2
NI	Grundwasserstands-entwicklung	Auswertungen langjähriger GW-Standsmessungen	Die Daten werden im Rahmen des regulären hydrologischen Monitorings des Gewässerkundlichen Landesdienstes des NLWKN erfasst.	Stufe 2

SN	I-W3 Entwicklung des Grundwasser- standes	Überjährige Trendaussagen des Grundwasserstandes/der Quellschüttung an weitgehend anthropogen unbeeinflussten Grundwassermessstellen bzw. natürlichen Quellaustritten des Landesmessnetzes Grundwasser, Auswertungszeitraum 1961 - 2015	120 Referenzstationen (Grundwasserstands-messstellen und Quellschüttungen) mit langjährigen, weitgehend anthropogen unbeeinflussten Grundwasserstandsganglinien (Beobachtung seit mind. 1925) Siehe https://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/download/IW3Grundwasser.pdf	Stufe 1
ID 37 – Trendverhalten				
NI	Entwicklung der GW- Stände (Impact)	Entwicklung der GW-Stände bezogen auf langjährige Trends, Auswertung nach s.g. Grimm-Strele Verfahren	Die Daten werden im Rahmen des regulären hydrologischen Monitorings des Gewässerkundlichen Landesdienstes des NLWKN erfasst und ausgewertet	Stufe 2
MV	Trendverhalten von Grundwasser messstellen (I)	Anzahl der Grundwassermessstellen mit steigendem und fallendem Trend bezogen auf eine noch zu definierende Anzahl von Messstellen mit langjährigen Reihen.	1	Stufe 3
ID 31 – Quellschüttung				
BW	I-WH-1: Grundwasserst and und Quellschüttung	Indikator für Monitoringbericht 2016 nach KSG-BW; Monate mit einer Überschreitung und Unterschreitung des mittleren höchsten Grundwasserstands / der mittleren höchsten Quellschüttung der Referenzperiode 1961-1990	LUBW: Grundwasserdatenbank BW Berücksichtigt werden die 22 Messstellen der Grundauswahl KLIWA	Stufe 1
SN	Trendaussage n der Quell- schüttung	Überjährige Trendaussagen der Quellschüttung an natürlichen Quellaustritten des Landesmessnetzes Grundwasser, Auswertungszeitraum 1961 - 2015	120 Referenzstationen (Grundwasserstands-mess-stellen und Quellschüttungen) mit langjährigen, weitgehend anthropogen unbeeinflussten Grundwasserstandsganglinien (Beobachtung seit mind. 1925) Siehe https://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/download/IW3Grundwasser.pdf	Stufe 1

RP	Quellschüttung	Lineare Trends der Grundwasserstands- und Quellschüttungsganglinien auf Basis von Monatsmittelwerten.	Fallstudien: Vier Messstellen mit Standorten in unterschiedlichen hydrogeologischen Einheiten in KLIWA-Gebietskulisse; Zeitraum 1951 - 2015	Stufe 1
NI	Veränderung der Schüttungsverhaltens (Impact)	Auswertungen langjähriger Quellschüttungsmessungen	Die Daten werden im Rahmen des regulären hydrologischen Monitorings des Gewässerkundlichen Landesdienstes des NLWKN erfasst.	Stufe 2
5.2.2 Grundwasserqualität				
ID 32 - Grundwassergüte/Grundwasserbeschaffenheit				
NI	Entwicklung der Grundwassergüte	Auswertungen langjähriger GW-Gütemessungen	Die Daten werden im Rahmen des regulären hydrologischen Monitorings des Gewässerkundlichen Landesdienstes des NLWKN erfasst.	Stufe 2
SN	Entwicklung der Grundwassergüte (Impact)			
ID 34 – Grundwassertemperatur				
BW	I-WH-X: Grundwassertemperatur	Auswertung geplant für Monitoringbericht 2019 nach KSG-BW	LUBW: Grundwasserdatenbank BW	Stufe 2
NI	Entwicklung der Grundwassertemperatur	Auswertungen langjähriger GW-Temperaturmessungen	Die Daten werden im Rahmen des regulären hydrologischen Monitorings des Gewässerkundlichen Landesdienstes des NLWKN erfasst.	Stufe 2
SN	Grundwassertemperatur		Fallstudie: Schriftenreihe des LfULG, Heft 39/2011; Wassertemperaturen und Klimawandel	

5.2.3 Bodenwasserhaushalt/Bodenwasservorrat				
ID 29 – Bodenwasserhaushalt				
BY	Trockenheitsindex	Langzeitverhalten des mittleren Trockenheitsindex im Sommerhalbjahr (Mai - November)	Langzeitsimulation über den Zeitraum 1951 - 2015 als Ergebnis des Bodenwasserhaushaltsmodells GWN-BW	Stufe 1
RP	Bodenwasserhaushalt	Langzeitverhalten der mittleren jährlichen Sickerwasserrate	Langzeitsimulation über den Zeitraum 1951 – 2010 als Ergebnis des Bodenwasserhaushaltsmodells GWN-BW	Stufe 1
BB	Bodenwassergehalt	Frühjahrstrockenheiten werden in Zeitreihen als Indikatoren genutzt	Landesamt für Umwelt BB; DWD; Landesamt für ländliche Entwicklung, Landwirtschaft und Flurneuordnung BB (InVeKoS-Daten)	Stufe 2
SN	Bodenwasserhaushalt		Verweis auf Projekt KLIWES	
ID 36 - Bodenwasservorrat in landwirtschaftlich genutzten Böden				
DAS/ Bund	BO-I-1 Bodenwasservorrat in landwirtschaftlich genutzten Böden	Teil A: Langjähriges Flächenmittel des Versorgungsgrades des Bodens mit Wasser in Prozent der nutzbaren Feldkapazität (nFK) für Wintergetreide auf leichten Böden in den Monaten Mai und Juli; Teil B: Langjähriges Flächenmittel des Versorgungsgrades des Bodens mit Wasser in Prozent der nutzbaren Feldkapazität (nFK) für Zuckerrübe auf schweren Böden in den Monaten Juli und September; Zusatz: Flächenmittel des Versorgungsgrades des Bodens mit Wasser in Prozent der nutzbaren Feldkapazität (nFK) für Wintergetreide auf leichten Böden in den Monaten Mai und Juli und für Zuckerrübe auf schweren Böden in den Monaten Juli und September differenziert in die Regionen Süd, Ost, Mitte und Nord	Agrarmeteorologisches Messnetz, Deutscher Klimaatlas des DWD; DWD, Zentrum für Agrarmeteorologische Forschung (ZAMF)	Stufe 1
BW	I-BO-1: Bodenwasservorrat	Indikator für Monitoringbericht 2016 nach KSG-BW; Bodenwasservorrat in Prozent der nutzbaren Feldkapazität (nFK) unter Winterweizen auf leichten (nFK = 84 mm) Böden (Mittelwert)	DWD	Stufe 1

		der Monatsmittel Mai und Juli) sowie unter Zuckerrübe auf schweren Böden (Mittelwert der Monatsmittel Juli und September). Über 31 Jahre (-15/+15 Jahre) gleitendes, nach Gauß gewichtetes Mittel des Bodenwasservorrats in Prozent der nutzbaren Feldkapazität (nFK) unter Winterweizen auf leichten Böden (Mittelwert der Monatsmittel Mai und Juli) sowie unter Zuckerrübe auf schweren Böden (Mittelwert der Monatsmittel Juli und September). Ggf. zu 2.1, Bodenwasserhaushalt		
SN	I-B2 Langfristige Entwicklung des Bodenwasservorrats	Die langfristige Entwicklung des Bodenwassergehalts wird mit Hilfe des Indikators „Permanenter Welke-punkt (PWP) im Oberboden“ dargestellt.	KLIMAFOLGENMONITORING SACHSEN Langfristige Entwicklung des Bodenwassergehalts Daten der Boden-Dauerbeobachtungsflächen (BDF II), der Agrarmeteorologischen Stationen mit Bodenfeuchtemessungen sowie Daten der Lysimeterstation Brandis	Stufe 1

5.3. Küstengewässer

53.1 Meeresspiegel

ID 38 – Meeresspiegel

Land/ Bund	Indikatoren- titel	Kurzbeschreibung	Datenquelle	Umsetz- barkeit
DAS/ Bund	WW-I-9 Meeres- spiegel	Teil A: Jährliche mittlere Tidehochwasser an ausgewählten Einzelpegeln der Nordsee als gleitendes Mittel über Zehnjahreszeiträume; Teil B: Jährliche mittlere Tideniedrigwasser an ausgewählten Einzelpegeln der Nordsee als gleitendes Mittel über Zehnjahreszeiträume; Teil C: Jährliche mittlere Wasserstände an ausgewählten Einzelpegeln der Ostsee als gleitendes Mittel über Zehnjahreszeiträume	BSH-Stationen in der Nordsee, Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH) Ref. M2 Physik des Meeres	Stufe 1

HH	<p>KH-I-1: Tideverhältnisse</p> <p>KH-I-1.1: Mittleres jährliches Tidehochwasser (MThw), Pegel St. Pauli</p> <p>KH-I-1.2: Mittleres jährliches Tideniedrigwasser (MTnw), Pegel St. Pauli</p> <p>KH-I-1.3: Mittlerer jährlicher Tidehub (MThb), Pegel St. Pauli</p>	<p>Für den IMPACT-Indikator KH-I-1 „Tideverhältnisse“ werden langjährige Zeitreihen des Wasserstands am Pegel Hamburg-St. Pauli (Elbe-km 623,1) betrachtet.</p> <p>Konkret werden die Teilindikatoren "MThw" (KH-I-1.1, in cm PN, Daten ab 1843), "MTnw" (KH-I-1.2, in cm PN, Daten ab 1843) und "MThb" (KH-I-1.3, in cm, Daten ab 1843), herangezogen.</p> <p>Aufbereitet und dargestellt werden jeweils 5-jährig gleitende Mittelwerte, bezogen auf das Abflussjahr.</p>	<p>Gewässerkundliche Datenbank der HPA, Deutsches Gewässerkundliches Jahrbuch (DGJ) sowie diverse Datenportale, z.B. www.portal-tideelbe.de.</p>	Stufe 1
NI	MThw Entwicklung	Beobachtung des der MThw Entwicklung an den Hauptpegeln Niedersachsen - Trendauswertung	Wasserstandsmessungen der WSV	Stufe 1
5.3.2 Sturmfluten				
ID 39 – Intensität von Sturmfluten				
DAS/ Bund	WW-I-10 Intensität von Sturmfluten	Jährlich Höchste (Tide)Hochwasser an ausgewählten Einzelpegeln der Ost- und Nordsee als gleitendes Mittel über Zehnjahreszeiträume	BSH-Stationen in der Nordsee, Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH) Ref. M2 Physik des Meeres	Stufe 1

HH	<p>KH-I-2: Sturmfluten</p> <p>KH-I-2.1: Anzahl von Sturmfluten, Pegel St. Pauli</p> <p>KH-I-2.2: Höhe von Sturmfluten, Pegel St. Pauli</p>	<p>Für den IMPACT-Indikator KH-I-2-1 „Anzahl Sturmfluten“ wird die zeitliche Entwicklung der Sturmfluthäufigkeit am Pegel Hamburg-St. Pauli seit 1900 betrachtet. Ausgewertet werden alle Ereignisse, die in jeweils 5 Jahren eine Scheitelhöhe von $\geq 2,00$ m über dem jeweiligen MThw erreichten, wobei die Hochwasser unterteilt werden in Ereignisse $\geq 2,00$ m, $\geq 2,50$ m und $\geq 3,50$ m über MThw.</p> <p>Für den IMPACT-Indikator KH-I-2-2 „Höhe Sturmfluten“ wird die zeitliche Entwicklung der Höhe von Sturmflutscheiteln am Pegel St. Pauli seit 1900 betrachtet. Dargestellt wird das höchste aufgetretene Tidehochwasser (HThw) in einem Zeitraum von jeweils 5 Jahren.</p>	<p>Gewässerkundliche Datenbank der HPA, Deutsches Gewässerkundliches Jahrbuch (DGJ) sowie diverse Datenportale, z.B. www.portal-tideelbe.de.</p>	Stufe 1
HH	<p>KH-I-3: Sperrtiden und Kettentiden</p> <p>KH-I-3.1: Anzahl von Sperrtiden, Pegel UF Blankenese</p> <p>KH-I-3.2: Anzahl von Kettentiden, Pegel UF Blankenese</p>	<p>Für den IMPACT-Indikator KH-I-3.1 „Sperrtiden“ wird - mit Blick auf die Schließhäufigkeit des Sperrwerks am Nebenfluss Este - die zeitliche Entwicklung der mittleren jährlichen Anzahl von Überschreitungen des Wasserstands 2,80 m NN am Pegel UF Blankenese (Elbe-km 634,8) seit 1960 betrachtet.</p> <p>Für den IMPACT-Indikator KH-I-3.2 „Kettentiden“ wird die zeitliche Entwicklung der jährlichen Anzahl direkt aufeinanderfolgender Tidehochwasser mit mindestens 2,80 m NN am Pegel UF Blankenese (Elbe-km 634,8) seit 1960 betrachtet. Dabei wird eine Aufteilung in 1-fache bis n-fache Kettentiden vorgenommen, um die Entwicklung der Dauer der Schließungen des Este-Sperrwerks zu veranschaulichen.</p>	<p>Gewässerkundliche Datenbank der HPA, Deutsches Gewässerkundliches Jahrbuch (DGJ) sowie diverse Datenportale, z.B. www.portal-tideelbe.de.</p>	Stufe 1
NI	Sturmfluten	<p>Häufigkeitsanalyse nach DIN 4049. Ermittlung der Schwellenwerte für leichte, schwere und sehr schwere Sturmflut am Pegel Norderney</p>	<p>Wasserstandsmessungen der WSV</p>	Stufe 1

5.3.3 Seegang				
ID 40 – Windintensität				
HH	KH-I-4: Windintensität KH-I-4.1: Entwicklung der Dauer von hohen Windstärken aus sturmflutrelevanten Richtungen, Messstation Scharhörn	Für den IMPACT-Indikator KH-I-4 „Windintensität“ wird kontinuierlich erfasst wird auf Basis der auf Scharhörn (Elbmündung) kontinuierlich gemessenen Parameter Windgeschwindigkeit (in m/s) und Windrichtung (in Grad) die zeitliche Entwicklung der Dauer bestimmter Windstärken (≥ 8 , ≥ 9 und ≥ 10 Beaufort, jeweils in Stunden pro Jahr) für sturmflutgenerierende Windrichtungssektoren (Westnordwest, West, Westsüdwest) seit 1976 bestimmt und dargestellt.	Gewässerkundliche Datenbank der HPA, Datenportal www.portal-tideelbe.de .	Stufe 1
Sonstiges				
ID 41 - Wassertemperatur des Meeres				
DAS/ Bund	WW-I-8 Wassertemperatur des Meeres	Mittlere jährliche Oberflächentemperatur der Nordsee	BSH-Stationen in der Nordsee, Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH) Ref. M2 Physik des Meeres	Stufe 1
NI	Maximale jährliche Oberflächentemperatur der Küste (Impact)/ evtl. andere abgeleitete Temperaturkenngößen wie Anzahl/Dauer von Wassertemperaturen unter/über ökologisch bedeutsamen Grenzwerten	NLWKN Stationen Norderney Hafen, Norddeich, Wilhelmshaven	NLWKN Brake-Oldenburg AB34 (wegen hoher Variabilität der Temperatur in den flachen Küstengewässern ist der Jahresmittelwert weniger geeignet)	Stufe 2

6. Response- Indikatoren				
6.1 Binnenhochwasserschutz				
ID – 49 Investitionen Hochwasserschutz				
Land/ Bund	Indikatoren- titel	Kurzbeschreibung	Datenquelle	Umsetz- barkeit
BW	R-WH-2: Investitionen in den Hochwassers chutz	Indikator für ersten Monitoringbericht 2016 nach (KSG-BW) §9; Investitionen für einen verbesserten Hochwasserschutz anhand von Landesmitteln für Hochwasserschutzmaßnahmen an Gewässern I. Ordnung und Zuwendungen für Kommunen für Hochwasserschutzmaßnahmen an Gewässern II. Ordnung	UM, Landeshaushalt Baden- Württemberg	Stufe 1
SN		Hochwasserschutzinvestitionsprogramm in Sachsen	Statistik Amt Nord	Wird nicht als Klimaindikator empfohlen. Der Grad der Umsetzung hat nichts mit Klimaveränder- ungen zu tun. Der Prozess wird durch. genehmigungs- techn. Gegeben- heiten sowie personellen. und finanz. Kap. dominiert.

ID 21, 50, 58 - Rückgewinnung natürlicher Überflutungsflächen				
DAS/ Bund	BD-I-3: Rückge- winnung natürlicher Überflutungs- fläche	jährlicher Flächenzuwachs der rückgewonnenen Aue durch Deichrückverlegungen in den Haupteinzugsgebieten von Maas, Rhein, Ems, Weser, Elbe, Oder, Donau sowie der direkten Zuflüsse zu Nord- und Ostsee (Response)	Rückgewinnung natürlicher Überflutungsflächen durch Deichrückverlegungen in den Auen von bundesweit 79 Flüssen, Zusammenstellung des BfN	Stufe 1
BB	Retentions- räume	Entwicklung der Retentionsräume für einzelne Flussgebiete, als Fläche oder kalkuliertes Volumen (in ha und/oder m3)	Landesamt für Umwelt BB (auch Daten aus Meldungen zum Nationalen Hochwasserschutzprogramm NHWSP, weiteren HWRM-Planungen)	Stufe 2
NI		Auswertungen erfolgen bislang nicht.	Möglich wäre die Auswertung von ATKIS-Daten	Eignung als Indikator wird von hier nicht gesehen.
ID 22 - Vorrang- und Vorbehaltsgebiete für (vorbeugenden) Hochwasserschutz				
NI		Unter Vorrang- und Vorbehaltsgebiete werden ÜSG sowie die anderen beiden Lastfälle der HWRM-RL verstanden. Diese Flächen sind ungeeignet als Indikator eines Klimawandels.		Eignung als Indikator wird von hier nicht gesehen.

ID 48, 51 - Siedlungsnutzung in Hochwassergefahrenbereichen				
DAS/ Bund	RO-R-6: Siedlungsnutzung in Hochwassergefahrenbereichen – Fallstudie	Teil A: Anteil der für Siedlungszwecke genutzten Flächen (Wohnbauflächen, Flächen mit gemischter Nutzung, Flächen mit besonderer funktionaler Prägung, Industrie- und Gewerbeflächen, Verkehrsflächen) im Bereich der Überschwemmungsflächen eines hundertjährigen Hochwassers HQ100 (gemäß Hochwasserrisikomanagementrichtlinie – HWRM-RL); Teil B: Für Siedlungszwecke genutzte Flächen (Wohnbauflächen, Flächen mit gemischter Nutzung, Flächen mit besonderer funktionaler Prägung, Industrie- und Gewerbeflächen, Verkehrsflächen) im Bereich der Überschwemmungsflächen eines hundertjährigen Hochwassers HQ100 (gemäß Hochwasserrisikomanagementrichtlinie – HWRM-RL); Zusatz zu Teil A: Anteil der für Siedlungszwecke genutzten Flächen (Wohnbauflächen, Flächen mit gemischter Nutzung, Flächen mit besonderer funktionaler Prägung, Industrie- und Gewerbeflächen, Verkehrsflächen) im Bereich der Überschwemmungsflächen eines extremen Hochwassers HQextrem (gemäß Hochwasserrisikomanagementrichtlinie – HWRM-RL); Zusatz zu Teil B: Für Siedlungszwecke genutzte Flächen (Wohnbauflächen, Flächen mit gemischter Nutzung, Flächen mit besonderer funktionaler Prägung, Industrie- und Gewerbeflächen, Verkehrsflächen) im Bereich der Überschwemmungsflächen eines extremen Hochwassers HQextrem (gemäß Hochwasserrisikomanagementrichtlinie – HWRM-RL) (Response)	Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR), Raumordnungsplan-Monitor (ROPLAMO)	Stufe 1
NI		Auswertungen erfolgen bislang nicht. Siedlungsnutzung in Hochwassergefahrenbereichen wird als nicht geeigneter Indikator für den Klimawandel angesehen. Hier dürften andere Faktoren wie z.B. rechtliche Regelungen, Bestandsschutz, oder verfügbare Finanzierungsmittel einen deutlich höheren Einfluss haben.	Möglich wäre die Auswertung von ATKIS-Daten	Eignung als Indikator wird von hier nicht gesehen. Die Art der Nutzung lässt nicht zwangsweise Rückschlüsse auf zu

				erwartende Schäden zu. Hochwasserangepasste Bauweisen würden hier ein abweichendes Bild der reinen Flächenauswertung bewirken.
6.2 Küstenschutz				
ID 52,43 - Investitionen in den Küstenschutz				
DAS/ Bund	WW-R-3: Investitionen in den Küstenschutz	Umfang der Förderung von Maßnahmen zum Küstenschutz, differenziert in Bundesmittel, Landesmittel und zusätzliche öffentliche Mittel (Länder, Kommunen) sowie EU-Mittel (Response)	GAK-Berichterstattung des Bundes; http://www.bmelv-statistik.de/de/laendentwicklung-und-direktzahlung/Tabelle 15 a : "Küstenschutz - Ausgaben insgesamt"	Stufe 1
NI		Eine Änderung in diesen Daten wäre nicht auf den Klimawandel zurückzuführen.		Eignung als Indikator wird von hier nicht gesehen

6.3 Niedrigwassermanagement				
leer				
6.4 Talsperren und Speicher				
leer				
6.5 Grundwasserschutz und Grundwassernutzung				
ID 35, 53 - Vorrang- und Vorbehaltsgebiete Grundwasserschutz				
DAS/ Bund	RO-R-2 Vorrang- und Vorbehalts- gebiete Grund- wasserschutz	Teil A: Flächengröße von Vorrang- und Vorbehaltsgebieten Grundwasserschutz / Trinkwassergewinnung als Indexwert bezogen auf das Basisjahr 2009; Teil B: Anteil der Planungsregionen, in denen Vorrang- und Vorbehaltsgebiete Grundwasserschutz / Trinkwassergewinnung ausgewiesen sind; Zusatz zu Teil A: Flächengröße von Vorrang- und Vorbehaltsgebieten Grundwasserschutz / Trinkwassergewinnung (Response)	Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR), Raumordnungsplan-Monitor (ROPLAMO)	Stufe 1
6.6 Wasserversorgung, Wassernutzung				
ID 44 – Wassernutzungsindex				
DAS/ Bund	WW-R-1 Wasser- nutzungs- index	Anteil der Wasserentnahme am Wasserdargebot (Response)	Statistisches Bundesamt: Öffentliche Wasserversorgung und öffentliche Abwasserentsorgung - Öffentliche Wasserversorgung - Fachserie 19 Reihe 2.1.1 Wassergewinnung durch öffentliche Wasserversorgungsunternehmen Nichtöffentliche Wasserversorgung und nichtöffentliche Wasserentsorgung - Fachserie 19 Reihe 2.2: Eigengewinnung	Stufe 1

			Frau Simone Richter Tel.: 0340 / 2103-2725 simone.richter@uba.de	
ID 54 - Entwicklung von Entnahmemengen				
NI	GW-Entnahmen für öffentliche Wasserversorgung (Impact)	Erfassung / Auswertung der tatsächlichen GW-Entnahmen für die öffentlichen Wasserversorgung	Erfassung der tatsächlichen Entnahmemengen pro WR im elektronischen Wasserbuch (WBE)	Stufe 2
NI	GW-Entnahmen für Brauchwasserversorgung (Impact)	Erfassung / Auswertung der tatsächlichen GW-Entnahmen für die Brauchwasserversorgung	Erfassung der tatsächlichen Entnahmemengen pro WR im elektronischen Wasserbuch (WBE)	Stufe 2
BY	Anzahl an Tagen mit hohen Bedarfsmengen	Langzeitverhalten: Ermittlung der Anzahl an Tagen im Jahr, an denen die Bedarfsmenge einen Schwellenwert überschreitet (Verbrauch pro Einwohner)	Wasserversorger	Stufe 2

ID 65, 46 - Wasserintensität des verarbeitenden Gewerbes				
DAS/ Bund	IG-R-1 Wasser- intensität des Verarbeiten- den Gewerbes	Teil A: Wasserintensität des Verarbeitenden Gewerbes (CPA C) als Index-Wert bezogen auf das Basisjahr 2000; Teil B: Wassereinsatz des Verarbeitenden Gewerbes (CPA C) als Index-Wert bezogen auf das Basisjahr 2000 (Response)	Statistiken der Wasserwirtschaft: Erhebung der öffentlichen Wasserversorgung Erhebung der nichtöffentlichen Wasserversorgung und nichtöffentlichen Abwasserentsorgung	Stufe 1
BW	R-WE-1 vorhanden Wasser- verwendung in der Wirtschaft	Indikator für den Monitoringbericht 2016 nach KSG-BW; Menge des in der Wirtschaft eingesetzten Wassers, differenziert nach Verwendungszweck: Kühlung, Produktion, Sonstiges Produktivität des Wassereinsatzes berechnet als Bruttowertschöpfung (preisbereinigt, verkettet) je Wassereinsatz, dargestellt als Index bezogen auf das Jahr 1995.	Statistisches Landesamt Baden- Württemberg: Erhebung der öffentlichen Wasserversorgung und Abwasserentsorgung und Erhebung der nichtöffentlichen Wasserversorgung und Abwasserentsorgung	Stufe 1
BY	Wasser- intensität des Verarbeiten- den Gewerbes	Wasseraufkommen und Wasserintensität des Papiergewerbes und bei der Herstellung von chemischen und pharmazeutischen Erzeugnissen	Bayerisches Landesamt für Statistik	Stufe 2
6.7 Siedlungsentwässerung und Abwasserreinigung				
leer				

6.8 Kühlwasser				
ID 55 - Kühlwasserbedingte Minderproduktion thermischer Kraftwerke				
DAS/ Bund	EW-I-3 Umgebungs- bedingte Strom- minder- produktion thermischer Kraftwerke	Daten zur verfügbaren, hitzebedingt nicht erzeugbaren Arbeit in thermischen Kraftwerken (Außeneinflussarbeit): Berücksichtigt wurden in der Auswertung für den Zeitraum April-Oktober die Freitexteinträge "Kühlwassertemperatur zu hoch" sowie Angaben, die auf hitzebedingte Außeneinflüsse schließen lassen ("Außentemperatur zu hoch", "Umgebungseinfluss"); Daten zur Nennarbeit aller thermischen Kraftwerke mit NV-Ereignissen; Daten zur Anzahl der NV-Ereignisse mit Kriterium Klima sowie insgesamt; Daten zur Anzahl der betroffenen Kraftwerksblöcke (Impact Energiewirtschaft)	VGB Kraftwerksinformationssystem (KISSY) - Nichtverfügbarkeits-Modul (NV-Modul) (KISSY verfügt über 2 Module: Modul A enthält jahresbezogene produktionsbeschreibende Informationen zu etwa 600 Kraftwerksblöcken aus Meldungen der Kraftwerksbetreiber; Modul B (NV-Modul) enthält Informationen aus Meldungen zu einzelnen Nichtverfügbarkeits-Ereignissen (NV-Ereignisse) zu jährlich ca. 150 bis 200 Kraftwerksblöcken.)	Stufe 1

DAS/ Bund	EW-R-4 Wasser- effizienz thermischer Kraftwerke	Teil A: Wassereffizienz von Wärmekraftwerken der öffentlichen Versorgung als Verhältnis der dort jährlich erzeugten elektrischen Arbeit zur dort eingesetzten Wassermenge für die einmalige Nutzung, dargestellt als Indexwert bezogen auf das Basisjahr 1991. Teil B: Erzeugte elektrische Arbeit in Wärmekraftwerken der öffentlichen Versorgung als Indexwert bezogen auf das Basisjahr 1991. Teil C: In Wärmekraftwerken der öffentlichen Versorgung eingesetzte Wassermenge für die einmalige Nutzung als Indexwert bezogen auf das Basisjahr 1991. Zusatz: Wasserabhängigkeit der Wärmekraftwerke der öffentlichen Versorgung in Deutschland.	Statistisches Bundesamt: Umweltstatistik- Erhebung der nichtöffentlichen Wasserversorgung und der nichtöffentlichen Abwasserbeseitigung; Erhebung über die Elektrizitäts- und Wärmeerzeugung der Stromerzeugungsanlagen für die allgemeine Versorgung	Stufe 1
ID 56, 47 - Eingeleitete Wärmemenge durch thermische Kraftwerke				
BE			Ursächlich erfasst wird die Entnahmetemperatur vor dem Kraftwerk, die Aufwärmspanne ist wasserbehördlich vorgegeben, ebenso die max. Einleittemperatur und die Menge	Stufe 2
BW	R-WE-X: Eingeleitete Wärme- menge durch thermische Kraftwerke	Auswertung geplant für Monitoringbericht 2019 nach KSG-BW		Stufe 2

6.9 Erneuerbare Energien/Wasserkraft				
leer				
6.10 Schiffbarkeit				
ID 42 - Schiffbarkeit Binnengewässer				
DAS/ Bund	VE-I-1 Schiffbarkeit der Binnenschiff- fahrtsstraßen	Teil A: Tage mit Schifffahrtssperrungen auf dem Rhein (Ober-, Mittel-, Niederrhein), differenziert nach den Ursachen Eissperrungen sowie Hochwasser (Überschreitungen des Höchsten Schifffahrtswasserstands); Teil B: Tage mit Einschränkungen der Schifffahrt auf dem Rhein (Ober-, Mittel-, Niederrhein) durch Niedrigwasser (Erreichung bzw. Unterschreitung des Gleichwertigen Wasserstands) an den Richtpegeln Maxau, Kaub und Ruhrort; Zusatz zu Teil A: Tage mit Schifffahrtssperrungen auf den Rheinzufüssen Neckar, Main, Mosel, Saar, differenziert nach den Ursachen Eissperrungen sowie Hochwasser (Überschreitungen des Höchsten Schifffahrtswasserstands); Einschränkungen der Schifffahrt wegen Niedrigwasser sind für die Rheinzuflüsse Neckar, Main, Mosel, Saar aufgrund der durchgängigen Stauregelung nicht relevant und werden nicht dargestellt.	Statistik der Generaldirektion Wasserstraßen und Schifffahrt (GDWS)	Stufe 1
BW	I-WE-1: Schiffbarkeit der Binnenschiff- fahrtsstraßen	Indikator für Monitoringbericht 2016 nach KSG-BW; Tage mit Schifffahrtssperrungen auf dem Rhein, differenziert nach den Ursachen Eissperrungen sowie Hochwasser (Überschreitungen des Höchsten Schifffahrtswasserstands) Tage mit Einschränkungen der Schifffahrt auf dem Rhein durch Niedrigwasser (Erreichung bzw. Unterschreitung des Gleichwertigen Wasserstands) an den Richtpegeln Maxau und Kaub	Statistik der Generaldirektion Wasserstraßen und Schifffahrt (GDWS)	Stufe 1

BY	Schiffbarkeit der Binnenschiffahrtsstraßen (Impact)	Anzahl der Tage mit Schifffahrtssperrungen auf Donau und Main infolge von Hochwasser oder Eisgang, Anzahl der Tage mit Einschränkungen der Schifffahrt auf der Donau aufgrund von Niedrigwasser	Statistik der Generaldirektion Wasserstraßen und Schifffahrt (GDWS)	Stufe 2
6.11 Gewässerökosystemschutz				
ID 19, 63 – Gewässerstruktur				
DAS/ Bund	WW-R-2 Gewässerstruktur	Grad der Abweichung der Gewässerstruktur vom natürlichen Zustand für „erheblich veränderte“ und „nicht erheblich veränderte“ Fließgewässer (Response)	LIKI Länderinitiative Kernindikatoren	Stufe 1
BE	Gewässerstruktur (Impact)	Grad der Abweichung der Gewässerstruktur vom natürlichen Zustand für „erheblich veränderte“ und „nicht erheblich veränderte“ Fließgewässer.	LIKI Länderinitiative Kernindikatoren	Stufe 1
BW	R-WH-1: Gewässerstruktur	Indikator für Monitoringbericht 2016 nach KSG-BW; Grad der Abweichung der Gewässerstruktur vom natürlichen Zustand für „erheblich veränderte“ und „nicht erheblich veränderte“ Fließgewässer.	Länderinitiative Kernindikatoren (LIKI)	Stufe 1
NI	Hydromorphologische Strukturen der Gewässer mit Angabe zur Gestalt der Sohle, der Ufer und der angrenzenden (Auen) Bereiche	Ausprägung der Gewässerstruktur eines Fließgewässers in einer 5 stufigen Klassifikation von unverändert bis vollständig verändert. Erfasst werden sechs Hauptparameter wie Laufentwicklung, Längsprofil, Sohlenstruktur, Querprofil, Uferstruktur, Gewässerumfeld.		Indikator nicht geeignet... siehe Tabelle

SN		Grad der Abweichung der Gewässerstruktur vom natürlichen Zustand für „erheblich veränderte“ und „nicht erheblich veränderte“ Fließgewässer.	Die Abweichung der Gewässerstruktur vom natürlichen Zustand ist nicht mit der Frage der Klimaentwicklung verbunden. Vielmehr müsste bei Klimaveränderung der bisher gültige "natürliche Zustand" u.U. neu definiert werden.	wird nicht als Klima-indikator empfohlen.
ID 57 – Ökologischer Zustand oberirdischer Binnengewässer				
ID 58 - Rückgewinnung natürlicher Überflutungsflächen in Ästuaren				
NI	Rückgewinnung natürlicher Überflutungsflächen in Ästuaren	Zuwachs an Fläche/Zeiteinheit, die wieder dem Tideeinfluss unterliegt (infolge der Einrichtung von Tidepoldern oder Deichrückverlegungen)	Möglich wäre die Auswertung von ATKIS-Daten	Stufe 2
ID 59 – Aufwand zur Reduzierung des Tidenhubs in Ästuaren				
NI	Aufwand zur Reduzierung des Tidenhubs in Ästuaren	Die Langzeitentwicklung des Tidenhubs in Ästuaren ist ein Standardparameter, der auch bezüglich der ökologischen Qualität des Gewässers höchst bedeutsam ist.	Vorhandene Zeitreihen aus Pegelaufzeichnungen.	Stufe 2
6.12 Meeresschutz				
ID 60 - Flächen im Küstengebiet				
NI	Rückgewinnung natürlicher Überflutungsflächen im Küstengebiet	Zuwachs an Fläche/Zeiteinheit, die wieder dem Tideeinfluss unterliegt (infolge der Einrichtung von Tidepoldern oder Deichrückverlegung)	Möglich wäre die Auswertung von ATKIS-Daten	Stufe 2
6.13 Sturzfluten/Starkregen/Überflutungsschutz				

Leer				
6.14 Bewässerung				
ID 45, 61 - Landwirtschaftliche Beregnung				
DAS/ Bund	LW-R-6 Landwirt- schaftliche Beregnung	Größe der mit Beregnungstechnik ausgestatteten und mit Wasserrechten belegten Fläche; Zusatz: Umfang der von EU, Bund und Ländern im Rahmen der GAK aufgebrauchten Fördermittel für Beregnungsanlagen bzw. Wasser sparende Einrichtungen für Beregnungszwecke	Umfragen des Bundesfachverbands Feldberegnung; Landwirtschaftskammer Niedersachsen Geschäftsbereich Landwirtschaft Sachgebiet Beregnung	Stufe 1
HH	LW-I-1.1	Anzahl der landwirtschaftlichen Betriebe mit Bewässerungsmöglichkeit und tatsächlicher Bewässerung	Statistik Amt Nord	Stufe 1
HH	LW-I-1.2	Fläche möglicher und tatsächlicher Bewässerung		Stufe 1
NI	GW- Entnahmen für Feld- beregnung (Impact)	Erfassung / Auswertung der tatsächlichen GW-Entnahmen für die Feldberegnung	Erfassung der tatsächlichen Entnahmemengen pro WR im elektronischen Wasserbuch (WBE)	Stufe 2
BW	R-LW-X	Landwirtschaftliche Beregnung (Auswertung geplant für Monitoringbericht 2019 nach KSG-BW)		Stufe 2
6.15 Niederungsentwässerung an der Küste				
ID 62 - Investitionen in den Küstenschutz				
HH		wird voraussichtlich demnächst erarbeitet		