

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

### Politische Abstimmung der Indikatoren zum Handlungsfeld „Wasserhaushalt, Wasserwirtschaft, Küsten- und Meeresschutz“ – Hintergrundpapier

Autor: Ecologic Institut, Jenny Tröltzsch, Marlene Lange, Ulf Stein, Evelyn Lukat  
im Auftrag des Umweltbundesamtes / KomPass, FKZ 3711 41 106

Stand: 08.07.2014

mit redaktionellen Änderungen durch Bosch & Partner GmbH am 08.12.2014

## 1 Indikatorenauswahl

Für das Handlungsfeld „Wasserhaushalt, Wasserwirtschaft, Küsten- und Meeresschutz“ (WW) werden folgende Indikatoren vorgeschlagen:

– **10 Impact-Indikatoren:**

WW-I-1: Mengenmäßiger Grundwasserzustand

WW-I-2: Mittlerer Abfluss

WW-I-3: Hochwasserabfluss

WW-I-4: Niedrigwasserabfluss

WW-I-5: Wassertemperatur stehender Gewässer (Fallstudie)

WW-I-6: Dauer der Stagnationsperiode in stehenden Gewässern (Fallstudie)

WW-I-7: Eintreten der Frühjahrsalgenblüte in stehenden Gewässern (Fallstudie)

WW-I-8: Wassertemperatur des Meeres

WW-I-9: Meeresspiegel

WW-I-10: Intensität von Sturmfluten

– **3 Response-Indikatoren:**

WW-R-1: Wassernutzungsindex

WW-R-2: Gewässerstruktur

WW-R-3: Investitionen in den Küstenschutz

## 2 Beteiligungen

Da die DAS-Indikatoren primär auf vorhandenen Datenquellen und bereits existierenden bzw. in Diskussion befindlichen Indikatoren aufbauen sollen, war die Beteiligung von Fachexperten zu den DAS-Handlungsfeldern eine der wesentlichen Voraussetzungen für den Projekterfolg. Im Verlauf der Indikatorenentwicklung erfolgte die Einbindung einer großen Zahl behördlicher und nicht-behördlicher Experten im Rahmen von bilateralen Gesprächen, von auf die DAS-Handlungsfelder fokussierten Kleingruppen, von Workshops und der projektbegleitenden Arbeitsgruppe.

Die nachstehende Tabelle gibt Auskunft über Personen und Institutionen, die auf unterschiedliche Weise und in unterschiedlicher Intensität am Diskussionsprozess um mögliche Indikatoren zum DAS-Handlungsfeld Wasserhaushalt, Wasserwirtschaft, Küsten- und Meeresschutz beteiligt waren.

**Tab. 1: Beteiligte an der Diskussion von Indikatoren im Handlungsfeld „Wasserhaushalt, Wasserwirtschaft, Küsten- und Meeresschutz“**

<b>Name</b>	<b>Institution</b>
Adrian, Dr. Rita	Leibniz-Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei (IGB) im Forschungsverbund Berlin e.V.
Bergold, Mirjam	N-ERGIE Aktiengesellschaft
Danowski, Andrea	Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V. (BDEW), Fachgebiet Trink- und Abwasserpolitik
Feldhaus, Dr. sc. Dieter	Landesamt für Geologie und Bergwesen Sachsen-Anhalt, Dezernat Hydro- und Umweltgeologie
Fischer, Dr. Helmut	Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG), Referat U2 Ökologische Wirkungszusammenhänge
Flachmann, Christine	Statistisches Bundesamt (StBA), Referat G 204 Materialfluss-, Energie- und Wasserrechnungen
Gaedke, Prof. Dr. Ursula	Universität Potsdam, Institut für Biochemie und Biologie
Haase, Prof. Dr. Peter	Senckenberg Gesellschaft für Naturforschung, Abteilung Fließgewässerökologie und Naturschutzforschung
Heinrich, Dr. Hartmut	Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH), Referat M2 Physik des Meeres
Hoffmann, Dr. Andreas	Umweltbundesamt (UBA), Fachgebiet II 2.4, Binnengewässer
Hofstede, Dr. Jacobus	Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein, Referat Küstenschutz, Hochwasserschutz und Häfen
Joswig, Kay	Berliner Wasserbetriebe, Grundlagenplanung Abwasser
Katzenberger, Bernd	Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW), Referat 43 Hydrologie, Hochwasservorhersage
Kofalk, Dr. Sebastian	Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG), Referat U2 Ökologische Wirkungszusammenhänge
Krahe, Peter	Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG), Referat M2 Wasserhaushalt, Vorhersagen und Prognosen
Krüger, Eva	Bayerisches Landesamt für Umwelt, Dienststelle Wielenbach, Referat 84: Qualität der Seen
Linnenweber, Christoph	Landesamt für Umwelt, Wasserwirtschaft und Gewerbeaufsicht Rheinland-Pfalz, Referat 51 Flussgebietsentwicklung
Mathes, Dr. Jürgen	Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Verbraucherschutz Mecklenburg-Vorpommern, Abteilung 4 - Wasser und Boden
Maurer, Dr.-Ing. Thomas	Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG), Referat M2 Wasserhaushalt, Vorhersagen und Prognosen
Nohme, Frank	Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt, Hamburg
Petersen, Volker	Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume Schleswig-Holstein
Prellberg, Dr.-Ing. Dieter	Landesamt für Umwelt, Wasserwirtschaft und Gewerbeaufsicht Rheinland-Pfalz
Prüß, Andrea	Landesbetrieb für Hochwasserschutz und Wasserwirtschaft Sachsen-Anhalt (LHW)

<b>Name</b>	<b>Institution</b>
Rausch, Andreas	Stadtwerke Hannover AG, Fachgebiet Wasserwirtschaft & Techn. Büro, Abt. Wassergewinnung
Rother, Dr.-Ing. Karl-Heinz	Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft (DWA)
Simon, Olaf	Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt, Hamburg
Stosius, Annette	Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG)
Thieken, Dr. rer. nat. habil. Annegret	Climate Service Center (CSC)
Thorenz, Frank	Niedersächsische Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz, Betriebsstelle Norden-Norderney
Vogt, Reinhard	Stadtentwässerungsbetriebe Köln, Hochwasserschutzzentrale Köln
Wagner, Christoph	Stadtwerke Düsseldorf
Wahl, Bernd	Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz, Baden-Württemberg (LUBW), Institut für Seenforschung (ISF)
Wanner, Dr. Susanne	Landesamt für Umwelt, Wasserwirtschaft und Gewerbeaufsicht Rheinland-Pfalz
Wiechmann, Wilfried	Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG)
Wunsch, Jens	Senator für Umwelt, Bau und Verkehr, Bremen
Zarncke, Dr. Thomas	Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Verbraucherschutz Mecklenburg-Vorpommern
Zimmermann, Dr. Rosemarie	Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz, Baden-Württemberg; LiKi - Länderinitiative Kernindikatoren,
Zühlke, Karsten	Energie und Wasser Potsdam GmbH

Die Indikationsfelder des Handlungsfelds „Wasserhaushalt, Wasserwirtschaft, Küsten- und Meeresschutz“ wurden erstmals auf dem Experten-Workshop „Indikatoren für die Deutsche Anpassungsstrategie“ am 22./23. Juni 2009 diskutiert. Für das sehr umfangreiche und diverse Handlungsfeld wurden darauf aufbauend zwischen 2009-2012 fünf Kleingruppensitzungen zu einzelnen Indikationsfeldern durchgeführt; auf denen mit Experten des jeweiligen Themas detailliert über Indikationsideen und die jeweilige Datengrundlage diskutiert wurde. Die Kleingruppensitzung „Hoch- und Niedrigwasser in Binnengewässern“ fand mit Unterstützung der Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG) und unter Beteiligung verschiedener Landesämter statt, u.a. Landesamt für Geologie und Bauwesen Sachsen-Anhalt, Landesamt für Umwelt, Wasserwirtschaft und Gewerbeaufsicht Rheinland-Pfalz, Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg. Im folgenden Prozess wurden bilaterale Gespräche mit Vertretern der BfG durchgeführt; die BfG hat darüber hinaus bei der Ausarbeitung einiger Indikatoren wesentlich mitgewirkt. Eine weitere Kleingruppensitzung fand zum Thema „Gewässerökologie“ mit Forschungsvertretern statt. Auch auf diese folgten bilaterale Gespräche u. a. mit dem Leibniz-Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei (IGB) Berlin. Die Kleingruppensitzung zum Themenbereich „Meer und Küste“ wurde vom Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH) unterstützt. In die Diskussion eingebunden waren Vertreter der norddeutschen Bundesländer (Landesministerien oder zuständige Landesanstalten): Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume Schleswig-Holstein, Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt, Hamburg, Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz. Ein weiterer Austausch zu den Indikatoren fand vor allem mit der BSH, aber auch mit Vertretern der Länder statt.

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

### **3 Thematische Einordnung der Indikatoren, diskutierte Indikationsmöglichkeiten**

#### **3.1 Indikationsfelder**

Im Vorfeld der Diskussion konkreter Indikatoren wurden die thematischen Felder, die bei der Indikatorenentwicklung berücksichtigt werden sollten, beschrieben. Sie wurden aus Literaturrecherchen und Experteninterviews abgeleitet. Die Indikationsfelder auf der Impact-Ebene wurden im Rahmen von Expertengesprächen priorisiert. Tab. 2 gibt einen Überblick über die Indikationsfelder und die Zuordnung der vorgeschlagenen Indikatoren zu den Indikationsfeldern bzw. thematischen Teilaspekten. Für dieses Handlungsfeld wurden alle Indikationsfelder unter Impact priorisiert und damit in der folgenden Tabelle grau hinterlegt.

**Tab. 2: Indikationsfelder zum Handlungsfeld „Wasserhaushalt, Wasserwirtschaft, Küsten- und Meeresschutz“**

<b>Indikationsfeld</b>	<b>Thematischer Teilaspekt</b>	<b>Indikatoren</b>
<b>Impacts (Auswirkungen des Klimawandels auf den Wasserhaushalt, die Wasserwirtschaft, die Küste und die Meere)</b>		
Grundwasserneubildung / Grundwasserstand	Veränderung von Grundwasserständen	<b>WW-I-1:</b> Mengenmäßiger Grundwasserzustand
Grundwasserbeschaffenheit	Veränderung des chemischen Grundwasserzustands	
Abflussverhältnisse	Veränderung der (mittleren) Wasserabflüsse sowie der jahreszeitlichen Verteilung des Abflusses	<b>WW-I-2:</b> Mittlerer Abfluss
	Häufung und Verstärkung von Abfluss-extremen	<b>WW-I-3:</b> Hochwasser <b>WW-I-4:</b> Niedrigwasser
	Beschleunigter Rückgang der Gletscher mit wasserwirtschaftlichen Effekten für gletschergespeiste Flüsse und Seen	
Meeresspiegel und Meeresströmungen	Anstieg des Meeresspiegels	<b>WW-I-9:</b> Meeresspiegel
	Veränderung der Strömungsverhältnisse und der Gezeitendynamik	<b>WW-I-10:</b> Intensität von Sturmfluten
Physikalisch-chemischer Gewässerzu-	Erwärmung von Gewässern, Veränderung der Eisbedeckung	<b>WW-I-5:</b> Wassertemperatur stehender Gewässer (Fallstudie)

<b>Indikationsfeld</b>	<b>Thematischer Teilaspekt</b>	<b>Indikatoren</b>
stand von Binnengewässern	Veränderung der Meromixis	<b>WW-I-6:</b> Dauer der Stagnationsperiode in stehenden Gewässern (Fallstudie)
	Eutrophierung von Gewässern	
	Veränderung des Sauerstoffgehalts	
	Bakterielle Verunreinigung von Gewässern	
	Belastung der Gewässer mit toxischen Substanzen	
	Beeinträchtigung der Badewasserqualität	Schnittstelle zum Handlungsfeld „Menschliche Gesundheit“: GE-I-6 (Blaualgenbelastung von Badegewässern)
	Auswirkungen auf Sedimenthaushalt und Strukturgüte	
Gewässerbiologie		<b>WW-I-7:</b> Eintreten der Frühjahrsalgenblüte in stehenden Gewässern (Fallstudie)
Physikalisch-chemischer Gewässerzustand der Meere	Erwärmung von Gewässern, Veränderung der Eisbedeckung	<b>WW-I-8:</b> Wassertemperatur des Meeres
	Veränderung der Schichtungsverhältnisse des Meerwasserkörpers	
	Eutrophierung von Meerwasser	
	Veränderung des Sauerstoffgehalts	
	Änderung des Karbonathaushalts des Meerwassers	
	Veränderung des Salzgehalts	
	Belastung der Gewässer mit toxischen Substanzen	
	Beeinträchtigung der Badewasserqualität	
Küste, Wattenmeere, Ästuare	Veränderung der Topographie, Morphodynamik und des Sedimenthaushalts an der Küste und in Ästuaren	
Wassergewinnung und -verteilung	Veränderung der Sicherheit der Wasserversorgung (Trinkwasser, Betriebswasser) - Menge	
	Veränderung der Sicherheit der Wasserversorgung (Trinkwasser, Betriebswasser) - Qualität	
Abwasserbewirtschaftung und Entwässerung	Einschränkungen der Funktionsfähigkeit der abwassertechnischen Infrastruktur (Kläranlagen)	
	Einschränkungen der Funktionsfähigkeit der Entwässerungssysteme ((städtische) Kanalnetze)	
Talsperrenbewirtschaftung	Stärkere Wassermengenschwankungen	
	Sinkende Betriebssicherheit von Talsperrensystemen - Trockenfallen von Stauseen	
Hochwasserschutzsysteme und Infrastruktur	Überlastung der Entwässerungseinrichtungen in niedrig gelegenen Marschgebieten	

Indikationsfeld	Thematischer Teilaspekt	Indikatoren
tur an der Küste	Höhere Belastung oder Versagen von Küstenschutzsystemen	
	Beschädigung oder Zerstörung von Siedlung und Infrastruktur an der Küste	
Hochwasserschutzsysteme und Infrastruktur an Binnengewässern	Höhere Belastung oder Versagen von Hochwasserschutzsystemen	
<b>Responses (Ergriffene Anpassungsmaßnahmen bzw. Maßnahmen oder Entwicklungen, die den Anpassungsprozess unterstützen)</b>		
Kommunikation mit / Aufklärung der Bevölkerung über Risiken und Gefahren von Binnengewässern	Aufklärung der Bevölkerung	
	Entwicklung bzw. Ausbau von Frühwarnsystemen und Informationsdiensten	
Kommunikation mit / Aufklärung der Bevölkerung über Risiken und Gefahren der Meere	Aufklärung der Bevölkerung, Erhöhung der Partizipation	
	Entwicklung bzw. Ausbau von Frühwarnsystemen und Informationsdiensten	
Gefahrenabwehr und Notfallversorgung an Binnengewässern	<i>Schnittstelle mit Handlungsfeld Bevölkerungsschutz</i>	
Gefahrenabwehr und Notfallversorgung an Küstengewässern	<i>Schnittstelle mit Handlungsfeld Bevölkerungsschutz</i>	
Anpassung der wasserwirtschaftlichen Infrastruktur von Binnengewässern	Sicherung und Ausweitung der Infrastruktur zur Wasserversorgung (inkl. Trinkwasseraufbereitung und der Trinkwasserverteilung)	
	Verbesserung der Funktionsfähigkeit von Talsperren(-systemen)	
	Sicherung und Optimierung der Infrastruktur zur Entwässerung	
	Sicherung und Weiterentwicklung der Infrastruktur zur Abwasserentsorgung	
	Verbesserung des technischen Hochwasserschutzes	
	Technische Wasserrückhaltung und Niederschlagswasserbehandlung	

<b>Indikationsfeld</b>	<b>Thematischer Teilaspekt</b>	<b>Indikatoren</b>
Anpassung der wasserwirtschaftlichen Infrastruktur / Küstenschutz der Meere	Verbesserung des technischen Küstenschutzes	<b>WW-R-3:</b> Investitionen in den Küstenschutz
Anpassung des Gewässereinzugsgebietsmanagements: Landnutzung, Flächenmanagement von Binnengewässern	Ausweisung von Schutz- und Vorranggebieten	Schnittstelle zum DAS-Querschnittsthema „Raum-, Regional- und Bauleitplanung“: RO-R-2 (Vorrang- und Vorbehaltsgebiete für Grundwasserschutz und Trinkwassergewinnung)
	Erhaltung und Schaffung von Retentionsräumen, (Gebiets-)wasserrückhalt	Schnittstelle zum DAS-Querschnittsthema „Raum-, Regional- und Bauleitplanung“: RO-R-3 (Vorrang- und Vorbehaltsgebiete für (vorbeugenden) Hochwasserschutz)
	Gewässerschonende land- und forstwirtschaftliche Bewirtschaftung (insbesondere in Trinkwassereinzugsgebieten)	
Anpassung des Gewässereinzugsgebietsmanagements: Landnutzung, Flächenmanagement der Meere	Erhaltung und Schaffung von Retentionsräumen, (Gebiets-)wasserrückhalt	
Maßnahmen im und am Gewässer von Binnengewässern	Renaturierung der Gewässer einschließlich der Gewässerränder und Auwälder	
	Herstellung des Gewässerverbunds	
	Verbesserung der physikalisch-chemischen und biologischen Gewässergüte	<b>WW-R-2:</b> Gewässerstruktur
Maßnahmen im und am Gewässer der Meere	Verbesserung der physikalisch-chemischen und biologischen Gewässergüte	
Grundwasserbewirtschaftung		
Angepasster Umgang mit Trink- und Betriebswasser	Steuerung der Wasserentnahme aus Gewässern	<b>WW-R-1:</b> Wassernutzungsindex
	Rationelle Trinkwassernutzung und effiziente gewerbliche Wassernutzung	Schnittstelle zum Handlungsfeld „Industrie und Gewerbe“: IG-R-1 (Wasserintensität des Verarbeitenden Gewerbes) Schnittstelle zum Handlungsfeld „Energiewirtschaft“: EW-R-4 (Wassereffizienz thermischer Kraftwerke)
Objektschutz an Binnengewässern	Sicherung von Infrastruktur (in Berggebieten)	
	Sicherung von Gebäuden und Infrastruktur vor Wasserschäden	Schnittstelle zum DAS-Querschnittsthema „Raum-, Regional- und Bauleitplanung“: RO-R-6 (Siedlungsnutzung in Hochwassergefahrenbereichen)

Indikationsfeld	Thematischer Teilaspekt	Indikatoren
Anpassung des wasserwirtschaftlichen Monitorings der Binnengewässer	Anpassung des Monitorings von Grund- und Oberflächenwasser	
Anpassung des wasserwirtschaftlichen Monitorings der Meere	Ausweitung des Monitorings im Küstenschutz	
Erweiterung der wasserwirtschaftlichen Forschung und Entwicklung von Binnengewässern	Vertiefung grundlegender Erkenntnisse zu funktionalen Zusammenhängen im Wasserhaushalt	
	Weiterentwicklung von Wasserhaushaltsmodellen	
	Weiterentwicklung von Planungs- und Vorsorgeinstrumenten	
	Vertiefung der Gletscherforschung	
Erweiterung der wasserwirtschaftlichen Forschung und Entwicklung der Meere	Weiterentwicklung wasserwirtschaftlicher Technologien	
	Reduzierung der Unsicherheiten über den künftigen Meeresspiegelanstieg	
	Reduzierung der Unsicherheiten über künftige biogeochemische Veränderungen der Meere	
	Weiterentwicklung wasserwirtschaftlicher Technologien	
Marktentwicklung	Weiterentwicklung von Strategien, Techniken und Konzepten des Küstenschutzes	
	Steuerung der Wassernachfrage	
	Entwicklung des Versicherungsmarkts zur Absicherung von Schäden	

### **3.2 Erläuterungen zu Indikationsideen und Indikatoren zum Handlungsfeld „Wasserhaushalt, Wasserwirtschaft, Küsten- und Meeresschutz“**

Die zentrale wasserpolitische Regulierung ist die EU-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL). Im Rahmen der Umsetzung dieser Richtlinie werden alle sechs Jahre Berichte zum qualitativen und quantitativen Zustand der Gewässer veröffentlicht. Dieser Berichterstattung liegt eine einheitlich erarbeitete Erfassungsmethodik zugrunde. Bei der Erarbeitung der Indikatoren für die DAS wurde grundsätzlich versucht, auf diese in ganz Deutschland erfassten und aufbereiteten Daten zurückzugreifen.

Als große Herausforderung erwies sich, auf Bundesebene aggregierte Daten für Indikatoren zu identifizieren, da die Daten punktuell erhoben werden und sich die jeweils lokal erfassten Situationen an Einzelpegeln an Fließ- und Küstengewässern oder auch an einzelnen Seen



deutlich voneinander unterscheiden können. Diese hohe Diversität steht einer Datenaggregation entgegen oder setzt eine komplexe methodische Aufbereitung voraus. Von Relevanz sind insbesondere auch unterschiedliche menschliche Eingriffe durch die Nutzung der Wasserressourcen, welche die jeweiligen naturgegebenen Bedingungen an den Gewässern sehr stark überprägen können. Zum Teil sind methodische Arbeiten zur räumlichen Datenaggregation noch im Gange (wie z. B. im Rahmen des Projekts KLIWAS zur Berechnung der Häufigkeit von Sturmflutereignissen), auf die für das Vorhaben noch nicht zurückgegriffen werden konnte.

Hinzu kommt eine hohe Diversität datenhaltender Institutionen. Viele Daten liegen für die Bundesländer bei verschiedenen Institutionen vor, teilweise betreiben Forschungseinrichtungen Messungen und werten diese gesondert aus. Zugriffsmöglichkeiten auf bundesweite Datenquellen sind nicht immer gegeben.

### **3.2.1 Impact-Indikatoren**

Im Rahmen der Indikatorenkategorie der „Impacts“ wurden in den DAS-Kleingruppen und den darauf folgenden Gesprächen alle Indikationsfelder priorisiert (s. Tab. 2). Es konnten jedoch nur für eine Auswahl der priorisierten Indikationsfelder Indikatoren entwickelt werden.

Veränderungen der Grundwasserstände können mit dem Indikator WW-I-1 „Mengenmäßiger Grundwasserzustand“ abgebildet werden. Der Indikator basiert auf der Berichterstattung der WRRL. Die Grundwasserbeschaffenheit konnte aufgrund der unsicheren Datenlage sowie der mangelnden Eignung nicht berücksichtigt werden. Diskutiert wurden hier der „Salzgehalt des Grundwassers“, dessen Entwicklung regional stark variiert. Eine gute Datenlage für den „Salzgehalt des Grundwassers“ und ein spezifisches Modell für dessen Auswertung sind z. B. in Brandenburg vorhanden. Allerdings ist kurz- bis mittelfristig nicht zu erwarten, dass die komplexe Methodik auch auf Grundwasserkörper in anderen Bundesländern angewandt wird. Damit erfüllt der Indikator auch nicht die Bedingungen für eine Fallstudie. 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 Nitratgrenzwertes. Allerdings wird der „Nitratgehalt“ stark durch die landwirtschaftliche Nutzungen beeinflusst und kann somit den Einfluss des Klimawandels nur schwer abbilden. Er wurde daher als Einzelindikator nicht weiter verfolgt.

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

Das Indikationsfeld „Meeresspiegel und Meeresströmungen“ wird anhand der Indikatoren WW-I-9 „Meeresspiegel“ und WW-I-10 „Intensität von Sturmfluten“ abgebildet. Für die Sturmfluten-Indikatoren war es allerdings nur möglich, einzelne Pegel an Nord- und Ostsee auszuwerten. Die Pegel wurden zusammen mit den TeilnehmerInnen der Kleingruppensitzung ausgewählt. Diskutiert wurde auch die Gesamtdauer von Sturmfluten, die aber methodisch schwierig zu berechnen ist.

Zum Indikationsfeld „Physikalisch-chemischer Gewässerzustand von Binnengewässern“ wurden drei Indikatoren erarbeitet, die den physikalischen-chemischen 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“. Die Kleingruppensitzungen ergaben eindeutig, dass eine Aggregation über verschiedene Seen für die Indikatoren keine sinnvolle Aussage ermöglicht. Daher können die Indikatoren als Fallstudien nur auf Datenreihen mehrerer ausgewählter Seen beruhen. Ein Indikator zur Eisbedeckung wurde zwar diskutiert, aber nicht weiterentwickelt, da die Eisbedeckung indirekt bereits über die Wassertemperatur abgedeckt wird. Weitere Diskussionen gab es zum Indikator „Sauerstoffgehalt“, der allerdings verworfen wurde, da zu viele andere Einflüsse auf den Indikator einwirken und somit keine eindeutige Aussage hinsichtlich der Klimaauswirkungen ableitbar ist.

Der „Physikalisch-chemische Gewässerzustand des Meeres“ wird über den Indikator WW-I-8 „Wassertemperatur des Meeres“ abgebildet. Der Indikator wird auf Basis von Daten des BSH über eine aggregierte Datenreihe zur Nordsee dargestellt. Vergleichbare Daten zur Ostsee liegen nicht vor; hierfür hätten einzelne Pegeldata mit hohem Aufwand aggregiert werden müssen. Eine aggregierte Darstellung der Nordseedaten wurde gegenüber der Darstellung von Einzelpegeln bevorzugt. Näher betrachtet wurden hier auch die Indikatoren „Änderung des pH-Werts“ und „Änderung des Salzgehalts“. Die Experten haben die Umsetzbarkeit und Aussagekraft dieser Größen jedoch bezweifelt, weil sie zum einen durch verschiedenste Faktoren stark beeinflusst sind und zum anderen das derzeit vorhandene Messnetz mit Blick auf die stark schwankenden Werte für nicht ausreichend eng eingeschätzt wird.

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

Für das Indikationsfeld „Wassergewinnung und -verteilung“ ließ sich in den Diskussionen kein überzeugender Indikator finden. Die Möglichkeiten und Gründe für die Wahl der regional genutzten Rohwasserressourcen für die Wassergewinnung sind sehr unterschiedlich, so dass laut der Experten aus einer Veränderung der genutzten Wasserarten keine Aussage zu Klimawandelauswirkungen gezogen werden kann. Die Temperaturveränderungen in Hochbehältern werden als parallel zur Entwicklung der Lufttemperatur angesehen, so dass 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.

Für das Indikationsfeld „Abwasserbewirtschaftung und Entwässerung“ von Siedlungsgebieten wird kein Impact-Indikator empfohlen. Die diskutierte Mischwasserüberlaufmenge eignet

sich nur bedingt, um Effekte des Klimawandels aufzuzeigen. Die Veränderung der Mischwasserüberlaufmengen kann von sehr vielen Faktoren abhängen, so dass die Ursache-Wirkungszusammenhänge nicht eindeutig sind. Für verschiedene Bundesländer bestehen unterschiedliche Anforderungen, bzw. werden die Mischwasserentlastungen teilweise nur abgeschätzt, so dass 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 Talsperrenbewirtschaftung wurde kein Indikator entwickelt. Die Experten führten eine Diskussion zur „Entwicklung des Epi- und Hypolimnion-Verhältnisses in Talsperren“. Bei einer Talsperre mit Trinkwassernutzung wird das Wasser aus dem Hypolimnion entnommen. Bei Trockenheit verringert sich das Volumen des Hypolimnions, und es könnte zu einer eingeschränkten Wasserentnahme kommen. Die Klimafolgewirkungen auf Talsperren wurden von den Experten als weniger relevant und sehr einzelfallspezifisch eingeschätzt.

Für das Indikationsfeld „Hochwasserschutzsysteme und Infrastruktur an der Küste“ konnten keine Indikatoren formuliert werden. Eine Indikationsidee zur Größe des von Überflutungen betroffenen Hinterlands wurde verworfen, da dabei Impact und Response sehr stark vermischt werden. Von den 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 Klimawandelbedingte Komponente wird dabei als nicht so relevant eingestuft. Darüber hinaus sind die Auswirkungen bereits durch die Indikatoren zu Sturmfluten abgedeckt.

Das Indikationsfeld „Hochwasserschutzsysteme und Infrastruktur an Binnengewässern“ wurde von den Experten eher auf der Response-Seite gesehen. Für die Hochwassergefährdung an Binnengewässern wird auf die Indikatoren zu den Abflussverhältnissen hingewiesen.

### **3.2.2 Response-Indikatoren**

Auch auf der Response-Ebene konnten nicht für alle Indikationsfelder sinnvolle und umsetzbare Indikatoren entwickelt werden.

Kein Indikator wurde für die Kommunikation mit und Aufklärung der Bevölkerung über Risiken und Gefahren im Zusammenhang mit Binnengewässern und dem Meer dargestellt. Die bestehenden Sturmflutwarnsysteme und Hochwasserwarnsysteme werden in der Diskussion als ausreichend eingeschätzt, ebenfalls findet eine Anpassung/Verbesserung der Sturmflutwarnsysteme und Hochwasserwarnsysteme auch ohne den Klimawandel kontinuierlich statt. Andere Kommunikationsmöglichkeiten (z. B. Veröffentlichungen) werden als schwer messbar eingestuft.

Für die „Gefahrenabwehr und Notfallversorgung an Binnengewässern und an der Küste“ an der Schnittstelle zum Handlungsfeld Bevölkerungsschutz wurden im Handlungsfeld: Wasser keine Indikatoren formuliert.

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. In der politischen Abstimmung bei der die Indikatoren von den Ländern und den verschiedenen Bundesressorts kommentiert wurden, wurde der Indikator deshalb abgelehnt, so dass dieser 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 DWA aber eingestellt, sodass sich der Indikator künftig nicht weiterführen lässt. Das Verhältnis von Misch- und Trennsystemen in der Abwasserentsorgung wurde kritisch diskutiert, da sanierte Mischwasserkanalisationen geringere Schadstoffkonzentrationen aufweisen als ältere Trennsysteme und sehr stark verschmutztes Regenwasser auch in Trennsystemen gesäubert werden muss. Für die Sicherung der Trinkwasserversorgung wurden verschiedene Indikatoren zu Quellen der Gesamtwasserentnahme bzw. -abgabe oder der Länge der Zubringerleitungen, die auf eine höhere Redundanz schließen lassen, diskutiert. Allerdings bestand Übereinstimmung bei den Experten, dass die gewählten Wasserressourcen weniger durch Klimaveränderungen, sondern 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.

Der verbesserte technische und naturnahe Hochwasserschutz an Binnengewässern, vor allem an Flüssen, wurde verschiedentlich diskutiert. Allerdings konnten dazu keine umsetzbaren Indikatoren erstellt werden. Daten der „Gemeinschaftsaufgabe zur Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes“ 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 naturnahe Maßnahmen zum Hochwasserschutz werden durch die Bundesländer, aber auch verschiedene EU-Förderungen, wie LIFE-Projekte oder der Gemeinsamen Agrarpolitik (GAP), finanziert.

Ein weiterer Indikationsansatz wäre eine Bewertung der Anpassungsaktivitäten anhand des Umsetzungsstands der Hochwasserrisikomanagementrichtlinie. Die Experten haben aber angemerkt, dass der Indikator dann nur Verfahrensschritte der Hochwasserrisikoricthlinien abdeckt, z. B. wie viele Hochwasserrisikokarten sind erstellt. Diese Indikatoren haben zwar

nach Umsetzung der Richtlinie eine gute Datenlage, sind aber zeitlich bis zu dem Zeitpunkt begrenzt, an dem z. B. alle notwendigen Karten erstellt sind.

Zur Anpassung der wasserwirtschaftlichen Infrastruktur und des Küstenschutzes wurde der Indikator WW-R-3 „Investitionen in den Küstenschutz“ erstellt. Er umfasst den technischen Küstenschutz auf Basis der Förderung der „Gemeinschaftsaufgabe zur Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes (GAK)“ und den Sonderrahmenplan für „Maßnahmen des Küstenschutzes in Folge des Klimawandels“, die für den Küstenschutz einen wesentlichen Anteil der Investitionen darstellt.

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

Für Maßnahmen im und am Binnengewässer wurde der Indikator WW-R-2 „Gewässerstruktur“ entwickelt. Dieser bildet den naturnahen Zustand von Gewässern ab und umfasst damit die Ergebnisse von Maßnahmen u.a. zur verbesserten Durchgängigkeit und der Renaturierung von Gewässern. Der Indikator wurde im Rahmen der Länderinitiative Kernindikatoren (LIKI) erarbeitet, wobei Bayern diesen ablehnt. 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.

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 Indikationsfeld „Angepasster Umgang mit Trink- und Betriebswasser“ wurde der 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.

Für die Indikationsfelder Objektschutz, Monitoring, Forschung und Entwicklung und Marktentwicklung konnten keine sinnvollen Indikatoren formuliert werden.

### **3.3 Schnittstellen des Handlungsfelds „Wasserhaushalt, Wasserwirtschaft, Küsten- und Meeresschutz“ mit anderen DAS-Handlungsfeldern**

Eine Schnittstelle hat das Handlungsfeld „Wasserhaushalt, Wasserwirtschaft, Küsten- und Meeresschutz“ mit dem DAS-Querschnittsthema „Raum-, Regional- und Bauleitplanung“. Bei der Ausweisung von Vorranggebieten für die Trinkwasservorsorge und der Schaffung von Retentionsflächen wird auf die Indikatoren: RO-R-6 (Siedlungsnutzung in Hochwassergefahrenbereichen), RO-R-2 (Vorrang- und Vorbehaltsgebiete für Grundwasserschutz und Trinkwassergewinnung) und RO-R-3 (Vorrang- und Vorbehaltsgebiete für (vorbeugenden) Hoch-

wasserschutz) verwiesen. Weitere Überlappungen mit diesem Handlungsfeld treten beim Objektschutz, z. B. bei der Sicherung von Infrastrukturen und Gebäuden gegenüber Wasserschäden, auf.

Weitere Schnittstellen ergeben sich mit dem DAS-Handlungsfeld „Verkehr, Verkehrsinfrastruktur“ bezüglich der Schiffbarkeit von Flüssen (VE-I-1 „Schiffbarkeit der Binnenschiffahrtsstraßen“), mit dem Handlungsfeld Menschliche Gesundheit (GE-I-6 „Blaualgenbelastung von Badegewässern“), dem Handlungsfeld Industrie und Gewerbe (IG-R-1 „Wasserintensität des Verarbeitenden Gewerbes“) und dem Handlungsfeld Energiewirtschaft (EW-R-4 „Wassereffizienz thermischer Kraftwerke“).