

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

### Hintergrundpapier zum Indikatorenset des Handlungsfelds „Verkehr, Verkehrsinfrastruktur“

Stand: 09.11.2023

#### Versionsverlauf:

11.12.2014	Bosch & Partner GmbH, Stefan von Andrian-Werburg	Version zum Abschluss des DAS-Indikatorenprojekts FKZ 3711 41 106
29.02.2016	Bosch & Partner GmbH, Stefan von Andrian-Werburg	Änderungen im Rahmen des UBA FuE-Vorhabens „Beitrag der Satellitenfernerkundung zur Ermittlung von DAS-Indikatoren“ (FKZ 3714 48 103 0)
07.08.2019	Bosch & Partner GmbH, Stefan von Andrian-Werburg	Aufnahme zusätzlicher Indikatoren, Überarbeitung bestehender Indikatoren (im Rahmen des UBA FKZ 3716 12 100 0)
29.07.2022	Bosch & Partner GmbH, Stefan von Andrian-Werburg	Aufnahme eines Indikators als Ersatz für zwei bisherige Indikatoren, Überarbeitung bestehender Indikatoren (im Rahmen des UBA FKZ 3720 48 101 0)
08.11.2023	Bosch & Partner GmbH, Konstanze Schönthaler	Finale Redaktion

<b>1</b>	<b>Indikatoren</b> .....	<b>3</b>
1.1	Versionsverlauf .....	3
1.2	Änderungen für den Monitoringbericht 2019 .....	3
1.3	Beteiligungen .....	4
<b>2</b>	<b>Thematische Einordnung der Indikatoren, diskutierte Indikationsmöglichkeiten</b> .	<b>6</b>
2.1	Themenfelder .....	6
2.2	Erläuterungen zu Indikationsideen und DAS-Monitoring-Indikatoren zum Handlungsfeld „Verkehr, Verkehrsinfrastruktur“ .....	9
2.2.1	Überblick .....	9
2.2.1.1	Binnenschifffahrt .....	9
2.2.1.2	Straßenverkehr .....	10
2.2.1.3	Schienenverkehr .....	11
2.2.1.4	Luftverkehr .....	12
2.2.1.5	Verkehrsträgerübergreifend .....	12
2.2.2	Impact-Indikatoren .....	13
2.2.2.1	Verkehrsnachfrage .....	13
2.2.2.2	Verkehrsablauf .....	13
2.2.2.3	Verkehrssicherheit .....	18
2.2.2.4	Verkehrsinfrastruktur .....	18
2.2.3	Response-Indikatoren .....	20
2.2.3.1	Verkehrssteuerung und -management .....	22

## Indikatoren und Berichterstattung zur DAS

Hintergrundpapier Handlungsfeld Verkehr, Verkehrsinfrastruktur

---

2.2.3.2	Anpassung der Verkehrsinfrastruktur .....	23
2.2.3.3	Technische Optimierung der Fahrzeuge .....	25
2.2.3.4	Erweiterung des Monitorings im Verkehrswesen; Erweiterung der Forschung im Verkehrswesen .....	26
2.3	Schnittstellen des Handlungsfelds „Verkehr, Verkehrsinfrastruktur“ mit anderen DAS- Handlungsfeldern.....	26

## 1 Indikatoren

### 1.1 Versionsverlauf

Die DAS-Monitoring-Indikatoren wurden im Frühjahr 2014 in einer Ressortabstimmung erstmalig festgelegt. Im Handlungsfeld „Verkehr, Verkehrsinfrastruktur“ (VE) wurden im Zuge der ersten Berichtsfortschreibung 2019 ausgehend von den Ergebnissen des FuE-Vorhabens „Weiterentwicklung von Indikatoren zur Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel für die Handlungsfelder Bauwesen, Verkehr und Verkehrsinfrastruktur sowie Wasserhaushalt, Wasserwirtschaft, Küsten- und Meeresschutz“ (FKZ 3716 12 100 0) vier Impact-Indikatoren neu entwickelt. Für die Fortschreibung des Monitoringberichts 2023 wurden zwei bestehende Indikatoren weiterentwickelt. Eine Erweiterung des Indikatorensets war mit diesen Arbeiten nicht verbunden. Die nachstehende Tabelle 1 gibt einen Überblick über den Versionsverlauf.

**Tabelle 1: Indikatorenset im Handlungsfeld „Verkehr, Verkehrsinfrastruktur“ (Änderungen)**

Bericht 2015	Bericht 2019	Bericht 2023	Indikatortitel
<b>Impact-Indikatoren:</b> Auswirkungen des Klimawandels auf Verkehr, Verkehrsinfrastruktur			
VE-I-1			Schifffahrtseinschränkungen am Rhein
	VE-I-1	VE-I-1	Hochwassersperrungen am Rhein
	VE-I-2	VE-I-2	Niedrigwassereinschränkungen am Rhein
	VE-I-3	VE-I-3	Starkregen und Straße
VE-I-2	VE-I-4	VE-I-4	Wetter- und witterungsbedingte Straßenverkehrsunfälle
	VE-I-5	VE-I-5	Beeinträchtigung von Straßen durch außergewöhnliche Wetter- und Witterungsereignisse (2019) Wetter- und witterungsbedingte Beeinträchtigungen von Straßen (2023)
	VE-I-6*	VE-I-6	Wetter- und witterungsbedingte Störungen der Schieneninfrastruktur

\*in 2019 ausgearbeitet, aber nicht veröffentlicht

Für die Response-Seite ließen sich bislang weder im Rahmen der Indikatorenentwicklung für den ersten DAS-Monitoringbericht noch in den anschließenden Projekten zur Weiterentwicklung des Indikatorensets zustimmungsfähige quantitative Indikatoransätze entwickeln. Aus diesem Grund umfasst das Indikatorenset für das DAS-Handlungsfeld „Verkehr, Verkehrsinfrastruktur“ ausschließlich Indikatoren für die Impact-Seite.

### 1.2 Änderungen für den Monitoringbericht 2019

Im Rahmen mehrerer Forschungs- und Entwicklungsvorhaben in den Jahren 2009 bis 2014 wurden bei der Erstentwicklung der DAS-Monitoring-Indikatoren für das Handlungsfeld „Verkehr, Verkehrsinfrastruktur“ mehrere Indikatorenvorschläge ausgearbeitet. Letztlich wurden damals aber lediglich die Impact-Indikatoren VE-I-1 (Schiffbarkeit der Binnenschiffahrtsstraßen) sowie VE-I-2 (Witterungsbedingte Verkehrsunfälle; mittlerweile VE-I-4: Wetter- und witterungsbedingte Straßenverkehrsunfälle) in das Monitoring-Indikatorensystem aufgenommen, das die Grundlage für den ersten DAS-Monitoringbericht 2015 war.

Aufgrund der geringen Anzahl an Monitoring-Indikatoren im Handlungsfeld „Verkehr, Verkehrsinfrastruktur“ und einer in der Folge nur eingeschränkten thematischen Abdeckung von

relevanten Themenfeldern und Verkehrsträgern wurde in einem neuen Vorhaben in den Jahren 2017 und 2018 an der Weiterentwicklung des Monitoring-Indikatorensystems unter anderem für das Handlungsfeld „Verkehr, Verkehrsinfrastruktur“ gearbeitet. Ziel war die Entwicklung neuer Indikatoren für Themenfelder oder thematische Teilaspekte, zu denen bisher noch keine Indikatoren zu Verfügung stehen. Ausgehend von den Ergebnissen der Vulnerabilitätsanalyse und dem APA II wurde damals für die Impact-Seite ein vorrangiger Entwicklungsbedarf für die Themenfelder „Verkehrsinfrastruktur“ und „Verkehrsablauf“ gesehen (zu den Themenfeldern vgl. Tabelle 2). Für die weiteren Themenfelder der Impact-Seite ergab sich aus diesen Grundlagen kein Entwicklungsbedarf für neue Monitoring-Indikatoren. Für die Response-Ebene wurde unter anderem geprüft, ob die im APA II beschriebenen Maßnahmen Ausgangspunkt für eine Indikatorentwicklung sein können. Außerdem wurde geprüft, ob sich aus den Aktivitäten des BMVI-Expertennetzwerks bereits Ansatzpunkte für Monitoring-Indikatoren ergeben.

Für die Neu- oder Weiterentwicklung von konkreten Monitoring-Indikatoren wurde bei den damaligen Arbeiten an Aktivitäten angeknüpft, die nach der Veröffentlichung des ersten DAS-Monitoringberichts in den Bundesländern erfolgten, sowie an Indikatoren-Arbeiten, die in Österreich, der Schweiz oder auf EU-Ebene stattgefunden hatten. Ergebnis dieses Prozesses war die in der obigen Tabelle 1 für den Bericht 2019 angegebene Indikatorenauswahl.

### 1.3 Beteiligungen

Die DAS-Monitoring-Indikatoren sollen primär auf vorhandenen Datenquellen und bereits existierenden beziehungsweise in Diskussion befindlichen Indikatoren aufbauen. Aus diesem Grund war sowohl bei der Erstentwicklung des Monitoring-Indikatorensystems als auch bei dessen Weiterentwicklung in den Jahren 2016 bis 2018 die Beteiligung von Fachleuten zu den DAS-Handlungsfeldern eine der wesentlichen Voraussetzungen für die Entwicklung fachlich akzeptierter Indikatorensets zu den DAS-Handlungsfeldern. Im Verlauf der Indikatorentwicklung wurde eine große Zahl behördlicher und nicht-behördlicher Fachleuten vor allem im Rahmen von bilateralen Gesprächen eingebunden. Bei der Erstentwicklung waren zudem auf DAS-Handlungsfelder fokussierte Kleingruppensitzungen und Workshops sowie Sitzungen einer Projektbegleitenden Arbeitsgruppe durchgeführt worden.

Für die zweite Fortschreibung des Monitoringberichts 2023 waren für die Weiterentwicklung der Indikatoren im Handlungsfeld „Verkehr, Verkehrsinfrastruktur“ vor allem die Weiterbearbeitung von zwei bereits bestehenden Indikatoren von Relevanz, von denen der eine (VE-I-5: Wetter- und witterungsbedingte Beeinträchtigungen von Straßen) bislang als Fallstudie für ein einzelnes Bundesland präsentiert wurde, und der andere (VE-I-6: Wetter- und witterungsbedingte Störungen der Schieneninfrastruktur) aufgrund von Datenproblemen noch nicht veröffentlicht werden konnte. Im Zuge der Bearbeitungen waren verschiedene Personen vor allem in den Landesstraßenbauverwaltungen und bei der Autobahn GmbH des Bundes sowie bei der Deutschen Bahn AG und der DB Netz AG in die Indikatorentwicklung eingebunden.

Die nachstehende Tabelle gibt Auskunft über Personen und Institutionen, die zum Handlungsfeld „Verkehr, Verkehrsinfrastruktur“ bei der Erstentwicklung der DAS-Monitoring-Indikatoren bis 2014 und / oder bei der Weiterentwicklung der Monitoring-Indikatoren in den Jahren 2016

## Indikatoren und Berichterstattung zur DAS

Hintergrundpapier Handlungsfeld Verkehr, Verkehrsinfrastruktur

bis 2018 sowie im Prozess der Weiterentwicklung des Indikatorensets für die zweite Berichtsfortschreibung 2023 auf unterschiedliche Weise und in unterschiedlicher Intensität am Entwicklungsprozess der Indikatoren beteiligt waren.

**Tabelle 2: Beteiligte an der Diskussion von Indikatoren im Handlungsfeld „Verkehr, Verkehrsinfrastruktur“**

Name	Institution
<b>Beteiligungen an der Erstentwicklung bis 2015</b>	
Auerbach Dr., Markus	Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt), Referat S1 Intelligenter Straßenaufbau, Regenerative Energie, Klimawandel
Brunsch, Michael	Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes (WSV)
Dogs, Josefine	Deutsche Bahn AG, Ressort Technik & Qualität, DB Umwelt (TU), Naturschutz, Artenvielfalt, Klimawandel und Gewässerschutz (TUN)
Hartz Prof. Dr.-Ing., Birgit	FH Münster, FB Bauingenieurwesen (ehem. BASt - Bundesanstalt für Straßenwesen)
Herrmann, Carina	Eisenbahnbundesamt (EBA), Referat 52 – Umwelt/Forschung
Hofmann, Petra	Wasser- und Schifffahrtsdirektion Süd, Dezernat Regionales Management
Holbeck, Helga	BASt
Holtmann, Berthold	DST-Entwicklungszentrum für Schiffstechnik u. Transportsysteme e.V.
Hölzinger Dr., Michael	DB Netz AG, Referent für Naturschutz, Artenschutz und Energiemanagement Klimaschutz und Anpassung an den Klimawandel (I.NVS 4)
Kempkens, Eckhard	BASt
Köthe, Harald	Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) Ref WS 14: Klima, Umweltschutz für Wasserstraßen, Gewässerkunde
Kraski, Gerhard	Statistisches Bundesamt (StBA), Ref. E 306, Verkehrsunfälle
Krieger, Beata	BASt
Kunert Dr.-Ing., Uwe	DIW Berlin, Abteilung Energie, Verkehr, Umwelt
Lehmann, Rainer	BASt
Ress, Bernhard	BMVBS
Roll, Eckhard	EBA
Schepers Dr., Andreas	BASt, Referat U2 Unfallstatistik, Unfallanalyse
Schmellenkamp, Cyrus	BASt
Scholten Dr., Anja	Universität Würzburg, Lehrstuhl Physische Geographie
Strietzel-Friese, Alexander	Wasser- und Schifffahrtsdirektion West
Tegethof Dr., Udo	BASt
Teichner, Tobias	BASt
Weber Dr., Roland	BASt
Weitz, Melanie	Wasser- und Schifffahrtsverwaltung (WSV), Zentralstelle SUK/SEA
Willmann, Olaf	Wasser- und Schifffahrtsdirektion Ost - Dezernat Schifffahrt
Zimmermann, Hans-Georg	Deutsche Bahn AG, Kommunikation
<b>Beteiligungen an der Weiterentwicklung bis 2019</b>	
Below Dr., Michael	Deutsche Bahn AG, Strategie Nachhaltigkeit und Umwelt (GUU)
Bungert, Michael	Verkehrsmeldestelle Bayern im Polizeipräsidium Oberbayern Süd
Dogs, Josefine	Deutsche Bahn AG, Ressort Technik & Qualität, DB Umwelt (TU), Naturschutz, Artenvielfalt, Klimawandel und Gewässerschutz (TUN)
Eichler, Dörthe	Generaldirektion Wasserstraßen und Schifffahrt (GDWS), Dezernat U 10 – Ökologische Entwicklung der Bundeswasserstraßen
Fensterseifer, Mike	Landesbetrieb Mobilität Rheinland-Pfalz (LBM-RP), Geschäftsbereich Betrieb, Fachgruppe Straßenunterhaltung, -betrieb
Fiebig, Lena	Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI), Referat G20 Energie und Klimaschutz

<b>Name</b>	<b>Institution</b>
Imbery Dr., Florian	Deutscher Wetterdienst (DWD), Abteilung Klimaüberwachung, Sachgebiet Klimanalyse
Kirsten, Jens	BAST, Referat S1 – Anpassung an den Klimawandel
Nilson Dr., Enno	Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG)
Winterrath Dr., Tanja	DWD, Abt. Hydrometeorologie, Regionale Niederschlagsüberwachung (KU42a)
<b>Beteiligungen an der Weiterentwicklung bis 2023</b>	
Apfelstädt, Andy	Autobahn GmbH des Bundes (AdB)
Backs, Martin	Landesbetrieb Straßenwesen Brandenburg, Betrieb und Verkehr, Betrieb 65 Grundsatz und Steuerung Betriebsdienst
Below Dr., Michael	Deutsche Bahn AG, Strategie Nachhaltigkeit und Umwelt (GUU)
Derbort, Marcus	Landesbetrieb Straßenbau Nordrhein-Westfalen   Straßen.NRW Bereich Technik und Umwelt 4 (TU4)
Feist, Andreas	Niedersächsische Landesbehörde für Straßenbau und Verkehr
Fensterseifer, Mike	LBM-RP, Geschäftsbereich Betrieb, Fachgruppe Straßenunterhaltung, -betrieb
Grunert, Peter	Ministerium für Verkehr Baden-Württemberg, Abteilung 2 Straßenverkehr, Straßeninfrastruktur
Hamann, Jörg	Landesamt für Straßenbau und Verkehr Mecklenburg-Vorpommern
Jerems, Birgit	Landesstraßenbaubehörde Sachsen-Anhalt (LSVV-SA), Zentrale Fachgruppe Betriebsdienst, -steuerung, Hochbau
Mattheß Dr. Volker	Hessen Mobil Straßen- und Verkehrsmanagement, Dezernat Steuerung Betrieb und Verkehr
Peuker, Kerstin	Landesamt für Straßenbau und Verkehr (LASUV), Referat 33 Erhaltungs-, Betriebsdienstmanagement und Verkehrstechnik
Pfeil, Katrin	AdB, Geschäftsbereichsleiterin Betrieb, Außenstelle Dresden
Rössner, Frank	Landesbetrieb Straßenbau und Verkehr Schleswig-Holstein (LBV-SH) Geschäftsbereich 4 Betrieb Straßennetz
Schmitz, Benjamin	DB Netz AG, Naturgefahrenmanagement, I.NAI 417
Süße, Karsten	LASUV, Referat 33 Erhaltungs-, Betriebsdienstmanagement und Verkehrstechnik
Völksch, Sabine	Bayerisches Staatsministerium für Wohnen, Bau und Verkehr

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

### **2.1 Themenfelder**

Im Rahmen der Entwicklung des Indikatorensystem für den ersten DAS-Monitoringbericht wurden im Vorfeld der Diskussion konkreter Indikatoren die thematischen Felder herausgearbeitet und beschrieben, die bei der Indikatorentwicklung berücksichtigt werden sollten. Sie wurden aus Literaturrecherchen und im Rahmen von Gesprächen mit Fachleuten abgeleitet. Für die Themenfelder der Impact-Ebene wurden im Rahmen von Gesprächen mit Fachleuten eine Priorisierung vorgenommen. Die nachstehende Tabelle 3 liefert einen Überblick über die Themenfelder und die Zuordnung der vorgeschlagenen Indikatoren zu den Themenfeldern beziehungsweise thematischen Teilaspekten. Die für die Indikatorenarbeit priorisierten Themenfelder sind grau hinterlegt,

**Tabelle 3: Themenfelder zum Handlungsfeld „Verkehr, Verkehrsinfrastruktur“**

Themenfeld	Thematischer Teilaspekt	DAS-Monitoring-Indikatoren
<b>Impacts (Auswirkungen des Klimawandels auf Verkehr und Verkehrsinfrastruktur)</b>		
Verkehrsnachfrage	Änderung der Verkehrsströme	
	Veränderung der Verkehrsmittelwahl	
Verkehrsablauf	Behinderung und Unterbrechung des Personen- und Wirtschaftsverkehrs auf Straße, Schiene, Wasser und in der Luft	
	Eingeschränkte Erreichbarkeit / Versorgungsengpässe im Ereignisfall	
	Abnahme winterlicher Verkehrseinschränkungen	
	Beeinflussung von Öffentlichen Transportmitteln	
	Beeinflussung der Seeschifffahrt und Seeschifffahrtsstraßen	
	Beeinflussung der Binnenschifffahrt	<b>VE-I-1:</b> Hochwassersperrungen am Rhein <b>VE-I-2:</b> Niedrigwassereinschränkungen am Rhein
	Beeinflussung des Schienenverkehrs	<b>VE-I-6:</b> Wetter- und witterungsbedingte Störungen der Schieneninfrastruktur
	Beeinflussung des Straßenverkehrs	<b>VE-I-3:</b> Starkregen und Straße
Verkehrssicherheit	Beeinflussung des Flugverkehrs	
	Veränderung des Unfallrisikos	
	Veränderung des Unfallrisikos – Schifffahrt	
	Veränderung des Unfallrisikos – Straßenverkehr	<b>VE-I-4:</b> Wetter- und witterungsbedingte Straßenverkehrsunfälle
Verkehrsinfrastruktur	Veränderung des Unfallrisikos – Flugverkehr	
	Beeinflussung durch extreme Wetter- / Witterungsereignisse und ihre Folgen – alle Verkehrsträger	
	Beeinflussung durch extreme Wetter- / Witterungsereignisse und ihre Folgen – Schienenverkehr	<b>VE-I-6:</b> Wetter- und witterungsbedingte Störungen der Schieneninfrastruktur
	Beeinflussung durch extreme Wetter- / Witterungsereignisse und ihre Folgen – Straßenverkehr	<b>VE-I-5:</b> Wetter- und witterungsbedingte Beeinträchtigungen von Straßen
	Beeinflussung durch extreme Wetter- / Witterungsereignisse und ihre Folgen – Flugverkehr	
	Beeinflussung durch extreme Wetter- / Witterungsereignisse und ihre Folgen – Schifffahrt	
	Beeinflussung durch extreme Wetter- / Witterungsereignisse und ihre Folgen – Rohrleitung	
Verkehrswirtschaft	Beeinflussung der Wettbewerbsfähigkeit	
	Beeinflussung der Logistik	

## Indikatoren und Berichterstattung zur DAS

Hintergrundpapier Handlungsfeld Verkehr, Verkehrsinfrastruktur

Themenfeld	Thematischer Teilaspekt	DAS-Monitoring-Indikatoren
<b>Responses (Ergriffene Anpassungsmaßnahmen beziehungsweise Maßnahmen oder Entwicklungen, die den Anpassungsprozess unterstützen)</b>		
Verkehrssteuerung und -management	Beeinflussung der Verkehrsentstehung	
	Mobilitätsmanagement	
	Optimierung des Verkehrsmanagements	
	Verbesserung des Risikomanagements	
Anpassung der Verkehrsinfrastruktur	Finanzierung und Versicherung	
	Bewirtschaftung und Pflege	
	Wartung und Instandhaltung	
	Planerische Optimierung der Verkehrsinfrastrukturen	
	Technische Optimierung der Verkehrsinfrastrukturen	
Technische Optimierung der Fahrzeuge	Optimierung von Kfz	
	Optimierung von Schienenfahrzeugen	
	Optimierung von Schiffen	
Erweiterung des Monitorings im Verkehrswesen	Monitoring vulnerabler Infrastrukturen	
	Monitoring von Risikofaktoren	
Erweiterung der Forschung im Verkehrswesen	Untersuchung von Rahmenbedingungen	
	Untersuchung physischer Auswirkungen und Risiken	
	Untersuchung wirtschaftlicher Auswirkungen und Risiken	
	Entwicklung und Verbesserung zukunftsgerichteter Analysen	
	Untersuchung des Anpassungsbedarfs	
	Bewertung von Anpassungsoptionen	
	Entwicklung von Anpassungsoptionen	

Die in Tabelle 3 durch die graue Markierung dargestellte Priorisierung der Themenfelder für die Impact-Seite des Handlungsfelds „Verkehr, Verkehrsinfrastruktur“ wurde durch die Ergebnisse der bundesweiten Klimawirkungs- und Risikoanalyse 2021 (KWRA<sup>1</sup>) teilweise bestätigt. Die KWRA stellt nur für die Klimawirkung „Schiffbarkeit der Binnenschiffahrtsstraßen (Niedrigwasser)“ ein sehr dringendes Handlungserfordernis fest, da die Klimawirkung bereits bis Mitte des Jahrhunderts ohne Anpassungsmaßnahmen im pessimistischen Fall als hohes Klimarisiko eingestuft wurde und viele Maßnahmen einen deutlichen zeitlichen Vorlauf benötigen könnten (bis zu 50 Jahre). Dieses Handlungserfordernis spiegelt sich im Indikator VE-I-2 (Niedrigwassereinschränkungen am Rhein) für den thematischen Teilaspekt „Beeinflussung der Binnenschiffahrt“ im Themenfeld „Verkehrsablauf“ wider.

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

Für weitere Klimawirkungen wurde bis zur Mitte des Jahrhunderts im pessimistischen Fall ein mittleres Klimarisiko festgestellt. Die entsprechenden Klimawirkungen „Schäden/Hindernisse bei Straßen und Schienenwegen (Hochwasser)“, „Schäden/Hindernisse bei Straßen und Schienenwegen (gravitative Massenbewegungen)“ und „Schäden an Verkehrsleitsystemen, Oberleitungen und Stromversorgungsanlagen“ lassen sich in der Systematik des DAS-Indikatoren-Sets für das Handlungsfeld „Verkehr, Verkehrsinfrastruktur“ dem Themenfeld „Verkehrsinfrastruktur“ bezüglich der thematischen Teilaspekte „Beeinflussung durch extreme Wetter- / Witterungsereignisse und ihre Folgen“ der verschiedenen Verkehrsträger zuordnen. Im DAS-Indikatorenset stehen ihnen die Indikatoren VE-I-5 (Wetter- und witterungsbedingte Beeinträchtigungen von Straßen) sowie VE-I-6 (Wetter- und witterungsbedingte Störungen der Schieneninfrastruktur) gegenüber. Der Klimawirkung „Schiffbarkeit der Binnenschiffahrtsstraßen (Hochwasser)“ lässt sich das Themenfeld „Verkehrsablauf“ – Beeinflussung der Binnenschiffahrt mit dem Indikator VE-I-1 (Hochwassersperrungen am Rhein) zuordnen. Die thematischen Teilaspekte „Beeinflussung des Straßenverkehrs“ (Themenfeld „Verkehrsablauf“) und „Veränderung des Unfallrisikos – Straßenverkehr“ (Themenfeld „Verkehrssicherheit“) stehen keine Klimawirkungen der KWRA gegenüber.

## **2.2 Erläuterungen zu Indikationsideen und DAS-Monitoring-Indikatoren zum Handlungsfeld „Verkehr, Verkehrsinfrastruktur“**

### **2.2.1 Überblick**

#### **2.2.1.1 Binnenschiffahrt**

Zum Zeitpunkt der Erstentwicklung der DAS-Monitoring-Indikatoren waren in Deutschland im Zusammenhang mit Wirkungen des Klimawandels auf den Verkehrsbereich vor allem Auswirkungen auf die Schifffahrt diskutiert worden, auch mit Blick auf die Probleme der Niedrigwasserperioden in den Jahren 2003 und 2006. Im Projekt „KLIWA“ der Bundesländer Bayern und Baden-Württemberg in Zusammenarbeit mit dem DWD wurden seit 1999 die künftigen Entwicklungen des Wasserhaushaltes untersucht und bewertet, um daraus möglicherweise resultierende Gefahren und Risiken erkennen zu können und Handlungsstrategien und -konzepte zu erarbeiten. Im Ressortforschungsprojekt „KLIWAS“ des BMVBS untersuchten vier Fachbehörden des Ministeriums (DWD, BSH, BfG, BAW) von März 2009 bis Dezember 2013 die Folgen des Klimawandels für Wasserstraßen und für die Schifffahrt und entwickelten entsprechende Anpassungsstrategien. An verschiedenen Stellen der F+E-Vorhaben zur Entwicklung des DAS-Monitoring-Indikatorensystems wurde im Rahmen der Indikatorentwicklung der Kontakt zum Projekt „KLIWAS“ hergestellt. Im Zusammenhang mit dem Handlungsfeld „Verkehr, Verkehrsinfrastruktur“ ging es dabei z. B. in Gesprächen mit der Universität Würzburg / Institut für Geographie um Anregungen für die Entwicklung von Indikationsideen zum Themenbereich Auswirkungen von Niedrigwasser auf die Binnenschifffahrt und mögliche Anpassungsmaßnahmen. Im Rahmen des Projekts „KLIWAS“ wurde unter anderem auch an der Entwicklung von Indikatoren zum Thema Klimawandel gearbeitet. Diese dienen als Eingangsgrößen für die Modellierung möglicher Klimawandelfolgen sowie zur Beschreibung von zukünftigen Management- und Steuerungsbedarfen. Bei der Überprüfung der diskutierten Indikatoren ergab sich,

dass sie sich aufgrund der anders gelagerten Funktion und der damit verbunden methodisch anderen Herangehensweise nicht in die Berichterstattung zur DAS integrieren lassen. Hingegen konnten für den Bereich der Binnenschifffahrt Daten der Generaldirektion Wasserstraßen und Schifffahrt (GDWS) als Grundlage für einen Indikator genutzt werden.

### Weiterentwicklung 2017 / 18

Bei der Fortschreibung des Monitoring-Indikatorensets wurde bestätigt, dass die Beschränkung auf den Rhein aufgrund der Bedeutung für die Binnenschifffahrt beibehalten werden soll. Der Indikator wurde in Zusammenarbeit mit der GDWS weiter ausdifferenziert und in zwei Monitoring-Indikatoren unterteilt, die sich separat den Hochwassersperrungen beziehungsweise den Einschränkungen der Schifffahrt durch Niedrigwasser jeweils auf dem Rhein widmen.

#### **2.2.1.2 Straßenverkehr**

Für den Verkehrsträger Straße führte die Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) seit Beginn der 2010er Jahre im Rahmen des Programms „Adaptation der Straßenverkehrsinfrastruktur an den Klimawandel“ (AdSVIS) Forschungsaktivitäten zum Thema Klimawandel und Anpassung durch. Zum Zeitpunkt der Erstentwicklung der Monitoring-Indikatoren standen dabei unter anderem das Verhalten von Materialien des Straßen- und Ingenieurbaus bei häufigeren und intensiveren Hitzeperioden und Trockenheit, die Auswirkungen von Starkregen auf die Befahrbarkeit von Bundesstraßen und -autobahnen, die Standfestigkeit von Böschungen sowie Auswirkungen auf den Straßenbetriebsdienst im Fokus. Ein wesentliches Projekt innerhalb von AdSVIS war RIVA (Risikoanalyse wichtiger Verkehrsachsen des Bundesfernstraßennetzes im Kontext des Klimawandels). Hier wurde eine Methodik für die Identifikation, Analyse und Bewertung der Risiken des Klimawandels entwickelt und an ausgewählten Streckenabschnitten des TEN-T (Transeuropäisches Netz – Transport) validiert. Die Forschungsaktivitäten erfolgten z. T. auch eingebettet in die internationalen Forschungsaktivitäten im Rahmen des EU-Programms ERA-NET ROAD.

Die Indikatorentwicklung für den Verkehrsträger Straße erfolgte bei der Erstentwicklung in Zusammenarbeit mit verschiedenen Fachabteilungen der BASt. Aufgrund der überwiegend noch nicht abgeschlossenen Forschungsaktivitäten erlaubte der damalige Kenntnisstand noch keine abschließende Einschätzung, welche Auswirkungen des Klimawandels für das Straßenwesen als relevant behandelt werden müssen und welche zielgerichteten Anpassungsmaßnahmen zu ergreifen sind. Aus diesem Grund konnte lediglich ein Monitoring-Indikator vorgeschlagen werden, der sich auf bundesweite Daten aus der Unfallstatistik des StBA stützt. Für andere Indikationsideen, z. B. im Zusammenhang mit Streckenwartung beziehungsweise Schadensbehebung und Instandhaltung an Bundesfernstraßen, konnten keine bundesweiten Datenquellen ermittelt werden. Eine Schwierigkeit bestand und besteht darin, dass Informationen zu konkret durchgeführten Maßnahmen bei den Straßenbauverwaltungen der Länder liegen.

### Weiterentwicklung 2017 / 18

Für die Weiterentwicklung der Monitoring-Indikatoren war es ein Ziel, durch zusätzliche Indikatoren ein differenzierteres Monitoring für die Themenfelder Verkehrsinfrastruktur und Verkehrsablauf zu ermöglichen. Für den Verkehrsträger Straße wurde das Monitoring-Indikatorensystem um zwei Indikatoren ergänzt. Ein Indikator beobachtet, derzeit noch als Fallstudie für Rheinland-Pfalz, die Auswirkungen von wetter- und witterungsbedingten Ereignissen auf den Straßenbetriebsdienst. Der andere Indikator stellt den Anteil der jährlich von Starkregen betroffenen Bundesfernstraßen dar, unterteilt nach Anzahl der Stunden beziehungsweise nach Anzahl der Ereignisse.

### Weiterentwicklung 2021 / 22

Die für den DAS-Monitoringbericht 2019 entwickelte Fallstudie für Rheinland-Pfalz wurde räumlich erweitert und auf weitere Bundesländer ausgedehnt. Um eine Vergleichbarkeit der Daten aus den verschiedenen Bundesländern zu erreichen, wurde der Indikator dabei methodisch überarbeitet.

#### **2.2.1.3 Schienenverkehr**

Für den Verkehrsträger Schiene stand zum Zeitpunkt der Erstentwicklung der Indikatoren die Auseinandersetzung mit dem Themenfeld Klimawandel und Anpassung noch am Anfang. Im Zusammenhang mit den Anforderungen für die Genehmigung von Aus- und Neubauvorhaben durch das Eisenbahnbundesamt (EBA) wurden zwei unterschiedliche Wege zur Einbeziehung möglicher Anpassungsmaßnahmen besprochen. Zum einen werden im Rahmen der Umweltverträglichkeitsprüfung Aussagen zur „Klimafestigkeit“ von Projekten gefordert, d. h. es muss nachgewiesen werden, dass ein Projekt sowie die zu leistenden Kompensationsmaßnahmen auch unter Berücksichtigung des Klimawandels ihre Funktion erfüllen können (z. B. Überschwemmungsbereiche, Freiborden an Dämmen oder Brücken u. ä.). Des Weiteren wurde und wird durch das EBA beziehungsweise durch die Deutsche Bahn AG (DB) geprüft, welche Regelwerke oder technischen Leitlinien, die für Investitionen in Infrastrukturen oder Fahrzeuge zu berücksichtigen sind, klimabezogene Vorgaben enthalten, und welche Möglichkeiten bestehen, diese an sich ändernde klimatische Rahmenbedingungen anzupassen.

Zum Zeitpunkt der Erstentwicklung der Indikatoren reichte die Datenlage sowohl auf behördlicher Seite als auch auf Seite der Verkehrsunternehmen nicht für die Bildung von Indikatoren mit Anpassungsbezug für den Schienenverkehr aus. Direkte Anfragen bei EBA, DB Netz AG und Deutsche Bahn AG hatten ergeben, dass für diverse Indikationsideen zu möglichen Klimawandelfolgen (Wetter- und witterungsbedingte Störungen der Schieneninfrastruktur, Wetter- und witterungsbedingte Störungen von Oberleitungen beziehungsweise des Stromnetzes) sowie zu möglichen Anpassungsmaßnahmen (Bahnstrecken mit optimierungsbedürftigem Unterbau, funkenflugminimierte Bremstechnik von Güterwägen, klimatisierte Personenwägen im Regionalverkehr) keine Daten in der erforderlichen Form oder Detailtiefe vorlagen.

### Weiterentwicklung 2017 / 18

Für die Weiterentwicklung des DAS-Monitoring-Indikatorensets für das Handlungsfeld „Verkehr, Verkehrsinfrastruktur“ galt es insbesondere auch, die bestehende Lücke für den Verkehrsträger Schiene zu schließen. Dies war in Zusammenarbeit mit der Deutschen Bahn AG möglich, da sich gegenüber der Erstentwicklung der Indikatoren Änderungen in der Datensituation ergeben haben. So ist mittlerweile eine Auswertung der Störungsstatistik der Deutschen Bahn mit Blick auf den Einfluss von extremen Wetter- und Witterungssituationen möglich. Der Indikator wird auf dieser Grundlage den Anteil der Störungen differenziert darstellen, der durch extreme Wetter- und Witterungssituationen mitverursacht wurde.

### Weiterentwicklung 2021 / 22

Der Indikator zu den wetter- und witterungsbedingte Störungen des Schienenverkehrs, der im DAS-Monitoringbericht aufgrund von Datenproblemen noch nicht veröffentlicht werden konnte, wurde weiter konkretisiert und zur Veröffentlichungsreife gebracht.

#### **2.2.1.4 Luftverkehr**

Für den Luftverkehr kamen verschiedene Analysen zu dem Ergebnis, dass dieser nur bedingt von möglichen Klimaänderungen betroffen sein wird (s. DAS 2008, S. 38). Für diesen Verkehrsträger wurden aus diesem Grund keine Indikatoren zu möglichen Klimawandelfolgen und Anpassungsmaßnahmen entwickelt.

### Weiterentwicklung 2017 / 18

Auch im Rahmen der Weiterentwicklung des Monitoring-Indikatorensystems wurde hierfür kein Bedarf gesehen. Es hat sich kein neuer Sachstand ergeben.

#### **2.2.1.5 Verkehrsträgerübergreifend**

Nach Veröffentlichung des ersten indikatorengestützten „Monitoringberichts 2015 zur Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel“ wurden im Rahmen des UBA FuE-Vorhabens „Beitrag der Satellitenfernerkundung zur Ermittlung von DAS-Indikatoren“ (FKZ 3714 48 103 0<sup>2</sup>) die Möglichkeiten einer Nutzung von Fernerkundungsdaten, speziell von Satellitendaten zur Weiterentwicklung bestehender DAS-Indikatoren und zur Entwicklung zusätzlicher Indikatoren geprüft. Die Ergebnisse dieser Prüfung sind in die folgenden Darstellungen eingeflossen.

---

<sup>2</sup> Schönthaler K., von Andrian-Werburg S., Zebisch M., Becker D. 2017: Welchen Beitrag können Satellitenfernerkundung und insbesondere Copernicus-Daten und -Dienste für die Ermittlung ausgewählter Indikatoren des Indikatoren-Sets der Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel (DAS) leisten. Climate Change 7/2017, Dessau-Roßlau, 157 S.

[www.umweltbundesamt.de/publikationen/welchen-beitrag-konnen-satellitenfernerkundung](http://www.umweltbundesamt.de/publikationen/welchen-beitrag-konnen-satellitenfernerkundung)

## **2.2.2 Impact-Indikatoren**

Auf der Impact-Ebene ergibt sich für die Weiterentwicklung aus der Sichtung der Ergebnisse der Vulnerabilitätsanalyse und dem APA II für die Themenfelder „Verkehrsnachfrage“, „Verkehrssicherheit“ und „Verkehrswirtschaft“ kein Entwicklungsbedarf für neue Monitoring-Indikatoren. Vorrangig angesprochen sind das Themenfeld „Verkehrsinfrastruktur“ und das eng damit verbundene Themenfeld „Verkehrsablauf“. Aufgrund ihrer Bedeutung für das Funktionieren von Wirtschaft und Gesellschaft zählen die Verkehrsinfrastrukturen zu den Kritischen Infrastrukturen in Deutschland. Ihre Funktionsfähigkeit unter sich ändernden klimatischen Verhältnissen und ihre Widerstandsfähigkeit gegen extreme Witterungsereignisse und Wetterlagen spielen daher auch in der Diskussion um Klimafolgen und Anpassung eine wichtige Rolle. Ein Schwerpunkt der Diskussionen und auch der aktuellen Forschungen liegt auf möglichen Schädigungen der Verkehrsinfrastrukturen durch extreme Ereignisse wie Überschwemmungen, Unterspülungen und Sturzfluten aber auch durch Hitze, Frost und Trockenheit sowie den Auswirkungen solcher Ereignisse. Bei der Indikatorentwicklung wurde auf diese Sachverhalte daher der Fokus gelegt, insbesondere mit Blick auf den Straßen- und Schienenverkehr.

### **2.2.2.1 Verkehrsnachfrage**

Für das Themenfeld „Verkehrsnachfrage“ gelten Veränderungen bei der Verkehrsmittelwahl oder eine geänderte Richtung von Verkehrsströmen als mögliche Auswirkungen. Grundsätzlich können beide Aspekte datenbasiert dargestellt werden, z. B. ausgehend von den Mobilitätserhebungen (Mobilität in Deutschland, KONTIV) oder von Beförderungstatistiken des StBA, beziehungsweise auf der Basis von Verkehrszählungen wie der Straßenverkehrszählung. Beide Sachverhalte werden aber durch komplexe Zusammenhänge beeinflusst und lassen sich nicht mit Bezug zum Klimawandel interpretieren. Die Indikatorendiskussion blieb diesbezüglich ohne Ergebnis.

#### Weiterentwicklung 2017 / 18

Es wurde die Idee diskutiert, einen Response-Indikator zum Modal Split für das Indikatorensystem zu entwickeln (s. Kap. 4.2.3). Eigene Indikatorenvorschläge für das Impact-Themenfeld „Verkehrsnachfrage“ wurden aufgrund der getroffenen Schwerpunktsetzung nicht entwickelt.

### **2.2.2.2 Verkehrsablauf**

#### **Verkehrsablauf Binnenschifffahrt**

Das Themenfeld „Verkehrsablauf“ und die darin enthaltenen Sachverhalte lassen sich vorrangig anhand von Daten zu Verkehrsbeeinträchtigungen und Störungen darstellen. Für den Bereich der Binnenschifffahrt liegen hierfür geeignete Daten zu Sperrungen beziehungsweise Einschränkungen des Schiffsverkehrs auf Binnenwasserstraßen bei der Generaldirektion Wasserstraßen und Schifffahrt vor, die für den ersten DAS-Monitoringbericht aggregiert für die gesamte Wasserstraße Rhein ausgewertet worden waren.

Als Ergänzung zu dem Indikator zu den Sperrungen beziehungsweise Einschränkungen der Schifffahrtswasserstraßen wurde im Rahmen des FuE-Vorhabens „Beitrag der Satellitenfernerkundung zur Ermittlung von DAS-Indikatoren“ diskutiert, eine Auswertung zum Eisgang auf Binnenschifffahrtsstraßen zu entwickeln. Ein Produkt zur Eisbedeckung wird aktuell durch den Value-Added-Service CryoLand erstellt, allerdings nur auf Anfrage. Ein Copernicus-Dienst, der Produkte zur Eisbedeckung von Binnengewässern (Flüssen und Seen) anbietet, besteht bislang nicht, jedoch ist die Entwicklung entsprechender Produkte durch den Dienst zur Landüberwachung geplant. Bezogen auf den Indikationsgegenstand, d. h. die Störung des Verkehrsablaufs auf Binnenschifffahrtsstraßen, ist allerdings festzuhalten, dass der derzeitige Indikator die Themenstellung konkreter erfasst und die tatsächlichen Auswirkungen auf die Binnenschifffahrt beschreibt. Eine Ergänzung auf der Grundlage von Satellitendaten könnte zusätzlich die Ursachen der Sperrungen mit einer deutschlandweiten Perspektive in den Blick nehmen. Eine weitere Beobachtung der Entwicklungen passender Copernicus-Produkte wurde empfohlen, eigene Entwicklungen waren für diesen Teilaspekt aber nicht anzustoßen.

Des Weiteren wurde für das Themenfeld ein Indikator zum Güterumschlag der Binnenschifffahrt ausgearbeitet, der die Auswirkungen von Schifffahrtssperrungen und Einschränkungen auf den von der Binnenschifffahrt geleisteten Gütertransport anhand der Menge der transportierten Güter darstellte. Für diesen Indikator wurde vorgeschlagen, mithilfe der statistisch festgestellten Korrelation zwischen der langjährigen Zeitreihe der konjunkturellen Entwicklung (ermittelt als Vergleich eines Quartals mit dem jeweiligen Vorjahresquartal) und dem Güterumschlag pro Quartal einen Erwartungswert für den Güterumschlag zu berechnen und diesen „bereinigten Güterumschlag“ mit dem tatsächlichen Güterumschlag zu vergleichen. Dargestellt wurden letztlich die Quartale, in denen diese beiden Größe deutlich voneinander abweichen. Anhand einer Einzelfallprüfung konnten deutliche Abweichungen zwischen diesen Werten wetter- und witterungsbedingten Ursachen zugeordnet werden. Der Indikatorvorschlag bezog sich auf mögliche Auswirkungen des Klimawandels, die in der DAS für die Handlungsfelder „Verkehr, Verkehrsinfrastruktur“ sowie „Industrie und Gewerbe“ direkt angesprochen sind. Der Indikatorvorschlag wurde letztlich nicht ins Indikatorenset zum Handlungsfeld Verkehr, Verkehrsinfrastruktur aufgenommen, da andere maßgebliche Einflussgrößen neben dem Klimawandel nicht eindeutig ausgeschlossen werden konnten.

### Weiterentwicklung 2017 / 18

Im Rahmen der Gespräche zur Weiterentwicklung des Indikators mit Vertretern von GDWS und BfG wurde diese Schwerpunktsetzung auf den Rhein aufgrund seiner dominierenden Bedeutung für den Schiffsgüterverkehr in Deutschland bestätigt. Eine Weiterentwicklung war erforderlich, um die Entwicklung differenziert nach den Abschnitten Ober-, Mittel- und Niederrhein die Auswirkungen von Hoch- und Niedrigwasserständen für die Binnenschifffahrt darstellen zu können (VE-I-1: Hochwassersperrungen am Rhein, VE-I-2: Niedrigwassereinschränkungen am Rhein). Eine Darstellung von Sperrungen wegen winterlichen Eisgangs ist nicht erforderlich. Dieser Sachverhalt wird aufgrund des festzustellenden Rückgangs sowohl an Kanälen, Stauhaltungen und frei fließenden Flüssen als nicht relevant für eine eigene Beobachtung eingestuft.

Über die Darstellung der Anzahl von Sperrungen beziehungsweise Einschränkungen hinaus wurde diskutiert, zusätzlich die Länge der von den Sperrungen beziehungsweise Einschränkungen betroffenen Flussabschnitte zu integrieren. Dies wäre über die Berücksichtigung der den Richtpegeln zugewiesenen Fließgewässerstrecke für den Rhein grundsätzlich möglich. Ein entsprechendes Vorgehen wurde für das Gebiet des Mittelrheins erfolgreich getestet<sup>3</sup>. Für eine Indikatorbildung ergibt sich daraus allerdings keine weitergehend interpretierbare Grundlage. Um die Auswirkungen der Sperrungen beziehungsweise Einschränkungen auf die Frachtschifffahrt weitergehend darzustellen, müssten die Verkehrsströme der gesamten Transportrelationen (Quelle-Ziel) einschließlich der Flottenstruktur an relevanten Querschnitten einbezogen werden. Eine entsprechende Auswertung wäre nur mit einem nicht verhältnismäßigen Aufwand zu erreichen. Die Idee wurde daher nicht weiterverfolgt. Hinzu kommt, dass auch eine Übertragbarkeit auf andere Binnenwasserstraßen nicht gewährleistet ist, da nicht in allen Fällen Schwellenwerte festgelegt sind.

In einer weiteren Überlegung wurde die Verwendung von Transportkosteneffekten von Hochbeziehungsweise Niedrigwasserständen als Indikator für die Auswirkungen auf die Binnenschifffahrt diskutiert. Als Grundlage hierfür könnte grundsätzlich der Ansatz zur Ermittlung der schiffsseitig entstehenden Kosten des Binnenschifftransports verwendet werden<sup>4</sup>. Die entstehenden Kosten sind unter anderem abhängig vom jeweiligen Schiffstyp, der befahrenen Relation oder der Art und Menge der transportierten Güter und unterscheiden sich zwischen unterschiedlichen Wasserstraßen deutlich, wodurch eine Vergleichbarkeit stark eingeschränkt ist. Insbesondere in Niedrigwasserperioden können höhere Stückkosten entstehen. Da diese aufgrund der höheren Nachfrage in Form höherer Frachtraten an die Kunden weitergegeben oder auch überkompensiert werden können<sup>5</sup>, sind die Transportkosteneffekte nicht notwendigerweise eine im DAS-Monitoringbericht darzustellende Auswirkung für die Binnenschifffahrt. Die Frachtraten selbst sind neben Wasserstandschwankungen auch in starkem Maß von der gesamtwirtschaftlichen Lage, Treibstoffpreisen etc. abhängig. Sie sind daher als Indikator für die Auswirkungen des Klimawandels auf Branchen, die stark auf den Binnenschifftransport angewiesen sind, nicht geeignet.

Als weitere Möglichkeit wurde von Seiten der BfG im Rahmen der Ressortabstimmung zu den für den DAS-Monitoringbericht 2019 neu- beziehungsweise weiterentwickelten Indikatoren die Idee eines Indikators „Mittlerer Ladungsgrad“ der verkehrenden Flotte als Verhältnis der realisierbaren zur maximalen Abladung ins Spiel gebracht. Zum Zeitpunkt der Ressortabstimmung im ersten Halbjahr 2019 wurden entsprechende Auswertungen durch die BfG im Rahmen von

---

<sup>3</sup> Kirsten J., Lohrengel A.-F., Nilson E., Helms M., Brendel C., Rauthe M., Forbriger M. 2018: Auswirkungen von Hochwasser auf das Bundesverkehrswegenetz. Beitrag zur Posterausstellung im Rahmen der Tagung „Verkehr und Infrastruktur 2018“ des BMVI-Expertennetzwerks. [www.bmvi-expertennetzwerk.de/DE/Termine/2018/Daten-VIT/Poster-4-4.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=2](http://www.bmvi-expertennetzwerk.de/DE/Termine/2018/Daten-VIT/Poster-4-4.pdf?__blob=publicationFile&v=2)

<sup>4</sup> Nilson E., Krahe P., Lingemann I., Horsten, T., Klein B., Carambia M., Larina M. 2014: Auswirkungen des Klimawandels auf das Abflussgeschehen und die Binnenschifffahrt in Deutschland. Schlussbericht KLIWAS-Projekt 4.01. KLIWAS-43/2014. BfG, Koblenz: 60 ff. doi: 10.5675/Kliwas\_43/2014\_4.01

<sup>5</sup> Zentralkommission für die Rheinschifffahrt (Hg.) 2018: Market Insight Europäische Binnenschifffahrt – Frühjahr 2018: 36. [www.ccr-zkr.org/13020800-de.html](http://www.ccr-zkr.org/13020800-de.html)

Forschungsprogrammen erstellt. Für die Indikatorenentwicklung zum DAS-Monitoringbericht 2019 konnten diese Arbeiten daher nicht mehr berücksichtigt werden.<sup>6</sup>

Perspektivisch kann die Auswertung von Daten von AIS-Transpondern eine Option für einen Monitoring-Indikator zum Verkehrsablauf auf Wasserstraßen eröffnen. Die Transponder können grundsätzlich Informationen zur Nutzung von Binnenwasserstraßen beziehungsweise Teilabschnitten durch unterschiedliche Schiffstypen (Länge, Größe...) und deren Ladungszustand im Zeitverlauf übermitteln. Daraus können sich möglicherweise genauere Aussagen über die Auswirkungen von Niedrigwasser oder Hochwasser auf die Binnenschifffahrt gewinnen lassen. Derzeit erfolgt eine Erschließung dieser Datenquelle allerdings nur teilweise im Rahmen von Forschungsaktivitäten.

### **Verkehrsablauf Seeschifffahrt**

Nachdem dieser thematische Aspekt bei der Erstentwicklung der DAS-Indikatoren noch nicht berücksichtigt worden war, wurde im Rahmen des FuE-Vorhabens „Beitrag der Satellitenfernerkundung zur Ermittlung von DAS-Indikatoren“ geprüft, inwieweit ein Indikator zum Teilaspekt „Beeinflussung der Seeschifffahrt und Seeschifffahrtsstraßen“ auf der Grundlage von Fernerkundungsdaten möglich ist, um etwa die Problematik verstärkter Sedimentfrachten in den Ästuarbereichen zu thematisieren. Ein fertiges Produkt für ein langfristiges Monitoring der Sedimentumlagerungen, mit dessen Hilfe Veränderungen im Zuge des Klimawandels beobachtet werden könnten, existierte damals nicht. Grundsätzlich ermöglichen es Satellitendaten aber, über die Wassertrübung Aussagen zu Gewässersedimenten („suspended sediments“) zu treffen. Im Value-Added-Service FRESHMON etwa werden auf Anfrage für Binnengewässer die Parameter „suspended matter“ und „turbidity“ berechnet. Bereits entwickelte Produkte beziehungsweise durchgeführte Studien nutzen im Wesentlichen Daten der MODIS oder AVHRR Instrumente. Zukünftig könnte darüber hinaus das Ocean and Land Colour Instrument (OLCI) auf Sentinel 3 (Auflösung 300 m) als Datengrundlage in Frage kommen. Aus inhaltlicher Sicht war zum Zeitpunkt der Projektdurchführung unklar, ob und inwieweit sich aus Satellitendaten tatsächlich relevante Schwellenwerte für die Beeinflussung der Schifffahrt ableiten lassen.

### **Verkehrsablauf Straßenverkehr**

Auch für den Bereich Straße wäre eine Indikation auf der Basis von Informationen zu Straßensperrungen sinnvoll. Da Sperrungen durch die Polizei vorgenommen werden, wären als Datenquelle Einsatzstatistiken der Polizeibehörden heranzuziehen. Diese liegen allerdings im Verantwortungsbereich der Länder, eine bundesweite Datenquelle ist nicht bekannt.

### Weiterentwicklung 2017 / 18

Als Alternative war im Zuge der Weiterentwicklung der DAS-Monitoring-Indikatoren die Idee entwickelt worden, die deutschlandweit über den Traffic-Message-Channel (TMC) verbreiteten Verkehrsmeldungen hinsichtlich wetter- und witterungsbedingter Ursachen auszuwerten. Die

---

<sup>6</sup> Hinweis von Dr. E. Nilson (BfG) im Rahmen der Ressortabstimmung im April 2019.

Daten hierfür hätten von der Landesmeldestelle Bayern bereitgestellt werden können. Der vorgesehene Indikator sollte die Dauer wetter- und witterungsbedingter Verkehrsstörungen für Bundesfernstraßen zu ermitteln. Eine Auswertung der Datenquelle hinsichtlich der Dauer der Ereignisse stellte sich allerdings als aktuell nicht durchführbar heraus. Eine einfache Zählung der entsprechenden Ereignisse wurde als dem Sachverhalt nicht angemessen erachtet. Um das Themenfeld für den Verkehrsträger Straße abdecken zu können, wurde ein Indikator zur Betroffenheit von Bundesfernstraßen durch Starkregenfälle ausgearbeitet (s. Indikator VE-I-3 Starkregen und Straße). Es wird erwartet, dass mit zunehmenden Starkregenfällen die Gefahr von Beeinträchtigungen des Verkehrsablaufs auf der Straße und von Schäden an Straßenverkehrsinfrastrukturen steigt. In Deutschland wurde in den vergangenen Jahren schon eine Zunahme solcher Wetterereignisse und der mit ihnen zusammenhängenden Schäden registriert, wobei diese Wetterereignisse in ganz Deutschland auftreten und die entstehenden Schäden beträchtlich sein können. Der Indikator stellt nun als Ergebnis einer GIS-Auswertung dar, welcher Anteil des Bundesfernstraßennetzes in Deutschland in welchem Umfang, das heißt in wie vielen Stunden beziehungsweise von wie vielen Ereignissen, von Starkregen betroffen ist.

### **Verkehrsablauf Schienenverkehr**

Informationen zu Störungen des Schienenverkehrs seitens der Deutschen Bahn AG konnten im Rahmen der Erstentwicklung des DAS-Monitoringsystems nicht in der erforderlichen Detailtiefe ermittelt werden. Daher ließ sich bei der Ursachenbeschreibung der Witterungseinfluss nicht eindeutig von anderen Störungsursachen abgrenzen. Dem EBA liegen keine eigenen Angaben zu Störungen des Schienenverkehrs vor.

#### Weiterentwicklung 2017 / 18

Für den Schienenverkehr konnte im Rahmen der Weiterentwicklung des DAS-Monitoring-Indikatorensystems ein Indikator erarbeitet werden, der den Wetter- und Witterungseinfluss auf das Störungsgeschehen des Bahnverkehrs am Beispiel der DB in den Blick nimmt (s. Indikator VE-I-6 Wetter- und witterungsbedingte Störungen der Schieneninfrastruktur). Damit lassen sich nun die Auswirkungen des Klimawandels auf den Verkehrsablauf auf der Schiene beobachten. Der Indikator stellt den Anteil der wetter- und witterungsbedingten Störfälle, differenziert nach den Ursachen, Sturm, Niederschlag / Überschwemmung, Schnee / Eis, Hitze, Blitz und Sonstige, an den Gesamtstörfällen dar.

#### Weiterentwicklung 2021 / 22

Die für den DAS-Monitoringbericht 2019 noch festgestellten Datenprobleme konnten zwischenzeitlich beseitigt werden, sodass der oben beschriebene Indikator VE-I-6 (Wetter- und witterungsbedingte Störungen der Schieneninfrastruktur) im DAS-Monitoringbericht 2023 präsentiert werden kann.

### 2.2.2.3 Verkehrssicherheit

Für das Themenfeld „Verkehrssicherheit“ werden Daten aus der Straßenverkehrsunfallstatistik des Statistischen Bundesamts herangezogen (VE-I-4: Wetter- und witterungsbedingte Straßenverkehrsunfälle). Diese schließt die Ursachen beziehungsweise Begleitumstände der Unfälle ein und erlaubt damit wetter- beziehungsweise witterungsbezogene Auswertungen. Eine Indikation auch zu anderen Verkehrsträgern ist im Grundsatz möglich, wurde aber aufgrund der geringen Fallzahlen von Unfällen für die Verkehrsträger Schiene und Binnenschiffahrtsstraßen und der damit verbundenen mangelnden Interpretierbarkeit im Zusammenhang mit klimatischen Faktoren nicht weiterverfolgt.

#### Weiterentwicklung 2017 / 18

Weitergehende Indikatorvorschläge für das Impact-Themenfeld „Verkehrssicherheit“ wurden aufgrund der getroffenen Schwerpunktsetzung nicht entwickelt.

### 2.2.2.4 Verkehrsinfrastruktur

Stellvertretend für das Themenfeld „Verkehrsinfrastruktur“ wurde ein Indikator zur Entwicklung des Straßenzustands auf der Basis von Datenbeständen der BASt zu der für Bundesautobahnen und -straßen durchgeführten Zustandserfassung und -bewertung ausgearbeitet. Der Indikatorvorschlag stellte die Streckenanteile der Bundesstraßen sowie der besonders durch den LKW-Verkehr beanspruchten ersten Fahrstreifen von Bundesautobahnen dar, für die hinsichtlich der Querebenheit der Warn- beziehungsweise Schwellenwert überschritten ist und deswegen der Straßenzustand zu beobachten beziehungsweise die Einleitung von Maßnahmen zu prüfen ist. Für eine allgemeine Einschätzung der Querebenheit wurde zusätzlich zur den Streckenanteilen des Warn- beziehungsweise Schwellenwerts die mittlere Spurrinnentiefe angegeben. Der Indikatorvorschlag bezog sich direkt auf eine in der DAS beschriebene, wenngleich als beherrschbar eingeschätzte mögliche Klimawandelfolgewirkung, wonach langanhaltende Hitze der Straßeninfrastruktur schadet, indem hohe Oberflächentemperaturen den Straßenbelag aufweichen, bei Benutzung durch Fahrzeuge Spurrillen entstehen und die Straßen langfristig Schäden nehmen. Der Indikatorvorschlag sollte dazu dienen zu prüfen, ob sich eine Verschlechterung des Straßenzustands abzeichnet und somit weitere Untersuchungen oder Maßnahmen hinsichtlich Materialverwendung, Instandhaltung etc. notwendig werden, die als möglichen Einflussfaktor auch den Klimawandel berücksichtigen. Aufgrund der gegenüber den Auswirkungen des Klimawandels deutlich gewichtigeren sonstigen Einflussfaktoren für die Spurrinnenentwicklung wurde der Indikatorvorschlag nicht in das DAS-Monitoring-Indikatorensystem aufgenommen.

Alternativ waren im Rahmen der Erstentwicklung Indikationsideen zu möglichen Auswirkungen auf Verkehrsinfrastrukturen durch Hangrutschungen an Böschungen vorgeschlagen worden. Diese Auswirkungen können sich zukünftig infolge einer zunehmenden Wassersättigung von Böden aufgrund von niederschlagsreichen Wintern häufen und zu Störungen im (Straßen-)verkehr führen. Allerdings war die Einrichtung einer dauerhaften Datenquelle nicht zu erwarten, weshalb der der Ansatz nicht weiterverfolgt wurde.

Außerdem waren Ansätze geprüft worden, die sich auf konkrete Kosten im Zusammenhang mit der Streckenwartung beziehungsweise Schadensbehebung beziehungsweise für die Instandhaltung der Verkehrswege beziehen. Die Höhe dieser Kosten ist nach Aussage von Experten aber durch eine sehr komplexe Gemengelage bestimmt und z. B. von Faktoren wie der Materialverwendung, der Verkehrsleistung oder dem Schwerverkehrsanteil abhängig. Aus diesem Grund lassen sich entsprechende Informationen nicht im Zusammenhang mit dem Klimawandel interpretieren. Von der Verwendung der Daten für einen Indikator wurde daher abgeraten.

Im Rahmen des FuE-Vorhabens „Beitrag der Satellitenfernerkundung zur Ermittlung von DAS-Indikatoren“ wurde geprüft, inwieweit eine Indikation zu Schäden an Verkehrsinfrastrukturen mithilfe von Fernerkundungsdaten möglich ist. Im Ergebnis wurden hierfür aber keine unmittelbaren Ansatzpunkte gesehen. Es wurde als grundsätzlich möglich erachtet, dass Daten aus der Satellitenfernerkundung einen Input zu modellgestützten Analysen zu Schadenspotenzialen leisten könnten.

### Weiterentwicklung 2017 / 2018

Im Rahmen der Weiterentwicklung des Indikatorensets wurde geprüft, ob ein Monitoring-Indikator zu den durch Wetter- und Witterungsereignisse an der Straßenverkehrsinfrastruktur angerichteten Schäden ausgearbeitet werden kann. Als mögliche Datenquelle für die Darstellung physischer Schäden an Straßen wurde wiederum die für Bundesautobahnen und -straßen vierjährlich durchgeführte Zustandserfassung und -bewertung genannt. Diese lässt allerdings keine Rückschlüsse auf die Ursache des jeweiligen Schadens zu. Aus diesem Grund wurden die Daten als nicht aussagekräftig im Kontext der Anpassung an den Klimawandel eingeschätzt.

Um das Themenfeld dennoch abdecken zu können, wurde bei der Weiterentwicklung der Indikatoren in den Jahren 2017/2018 eine Fallstudie für Rheinland-Pfalz erarbeitet, die zukünftig nach Einführung des aktuellen Leistungshefts Straßenbetriebsdienst durch das BMVI auch auf ganz Deutschland ausgedehnt werden kann (s. Indikator VE-I-5 Wetter- und witterungsbedingte Beeinträchtigungen von Straßen). Ausgangspunkt des Indikators ist, dass die Zeiterfassung des Straßenbetriebsdienstes nach den Positionen des Leistungshefts erfolgt. Danach werden Leistungen wie Aufräum- und Reinigungsarbeiten, Bankettsanierungen oder Grabenräumungen sowie verkehrsregelnde Maßnahmen, die im Zusammenhang mit außergewöhnlichen Witterungsereignissen stehen, separat erfasst werden. Aus der zeitlichen Entwicklung dieses Zeitaufwands kann auf die Auswirkungen der außergewöhnlichen Wetter- und Witterungsereignisse auf den Straßenbetriebsdienst und damit indirekt auf die Betroffenheit der Verkehrsinfrastruktur geschlossen werden.

### Weiterentwicklung 2021 / 22

Die für den DAS-Monitoringbericht 2019 entwickelte Fallstudie für Rheinland-Pfalz des Indikators VE-I-5 (Wetter- und witterungsbedingte Beeinträchtigungen von Straßen) wurde räumlich erweitert und auf weitere Bundesländer ausgedehnt. Um die Informationen zwischen den ver-

schiedenen Bundesländern vergleichen zu können, wurde der Indikator methodisch weiterentwickelt. Konkret wird die Anzahl der geleisteten Arbeitsstunden des Straßenbetriebsdienst im Kontext von extremen Wetter- und Witterungsereignissen mithilfe der Straßenlänge der jeweiligen Straßenkategorien im jeweiligen Bundesland normiert. Für den DAS-Monitoringbericht 2023 konnten neben Rheinland-Pfalz auch Hessen und für das Jahr 2021 zusätzlich Baden-Württemberg berücksichtigt werden. In diesen Ländern wurden Arbeitsstunden des Straßenbetriebsdienst, die durch extreme Wetter- und Witterungsereignisse veranlasst wurden, bereits differenziert erfasst. Zum einen wurden diesbezüglich Stunden für die Position "Verkehrsregelnde Maßnahmen bei besonderen Witterungsereignissen" (Leistungsheft v2004, Leistung 6.03), zum anderen wurde der Zusammenhang mit Wetter und Witterung auch für Stunden der Position "Verkehrsbehindernde und -gefährdende Verschmutzungen auf Verkehrsflächen beseitigen" (Leistungsheft v2004, Leistung 4.06 beziehungsweise eigene landesbezogene Position) dokumentiert und so eine entsprechende Auswertung ermöglicht. Für weitere Länder, in denen die letztgenannte Differenzierung nicht vorlag, wurde der Arbeitszeitaufwand für die Position "Verkehrsregelnde Maßnahmen bei besonderen Witterungsereignissen" (Leistungsheft v2004, Leistung 6.03) im Indikator separat dargestellt.

Für den nächsten DAS-Monitoringbericht ist eine erneute Weiterentwicklung erforderlich. Grund hierfür ist zum einen der Übergang der Verantwortung für die Bundesautobahnen von den Bundesländern an Die Autobahn-GmbH des Bundes (AdB). Zum anderen wurde das Leistungsheft in der Version 2021, das in Position 6.1.3 die Arbeitsstunden für "Maßnahmen bei außergewöhnlichen Witterungsereignissen und Katastrophenfällen" zusammenfasst, 2021 sowohl für die Bundesländer als auch die AdB eingeführt, sodass zukünftig eine weitere räumliche Erweiterung und Konkretisierung möglich ist. Zusätzlich kann im Rahmen der Weiterentwicklung für die nächste Fortschreibung geprüft werden, ob eine der Indikator um den für Winterdienst (Leistungsbereich 5 des Leistungshefts v2021) geleisteten Arbeitszeitaufwand erweitert werden kann. Grund ist, dass der Arbeitszeitaufwand für den Winterdienst auch den Aufwand zum Umgang mit extremen winterlichen Wetter- und Witterungsereignissen und ihren Folgen umfasst, diese also nicht in der aktuellen Position 6.1.3 beziehungsweise ihren Vorläufern enthalten sind. Durch eine entsprechende Erweiterung ließen sich die Auswirkungen von außergewöhnlichen Wetter- und Witterungsereignissen vollständiger abbilden.

### 2.2.3 Response-Indikatoren

Ausgehend von verschiedenen Forschungsarbeiten wurden im Rahmen der Erstentwicklung für die Verkehrsträger Straße sowie Binnenschifffahrt Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel als Ausgangspunkt für Indikatoren diskutiert. Nur in wenigen Fällen lagen aber quantitative Informationen zu spezifischen Maßnumenutzungen vor, sodass konkrete Indikatorvorschläge ausgearbeitet werden konnten. Die Indikatorideen wurden im Rahmen der Abstimmungsprozesse dann aber aus fachlicher Sicht als zu wenig spezifisch im Hinblick auf Klimaanpassung beurteilt und letztlich nicht in das DAS-Monitoringsystem aufgenommen.

### Weiterentwicklung 2017 / 18

Im Rahmen der Weiterentwicklung der Indikatoren in den Jahren 2017/2018 wurde diskutiert, ob neue Indikatoren für das Handlungsfeld Verkehr, Verkehrsinfrastruktur unter Bezugnahme auf die im APA II beschriebenen Maßnahmen möglich ist. Bei diesen handelt es sich im Wesentlichen um Maßnahmen zur Erweiterung des Wissenstands beziehungsweise um die darauf aufbauende Entwicklung von Instrumenten. Operative Maßnahmen, die sich besonders als Ausgangspunkt für Indikatoren eignen würden, sind im APA II nicht enthalten. Es wurde daher die Einschätzung getroffen, dass für die Entwicklung von Response-Indikatoren zum Handlungsfeld Verkehr, Verkehrsinfrastruktur nicht an den APA II angeknüpft werden kann. Im Einvernehmen mit der zuständigen Kontaktperson im BMVI, Frau Fiebig, wurde entschieden, keine Indikatorvorschläge mit Bezug zum APA II auszuarbeiten.

Des Weiteren wurde geprüft, ob sich aus den Aktivitäten des Expertennetzwerks des BMVI Ansatzpunkte für quantitative Monitoring-Indikatoren ergeben. Das BMVI Expertennetzwerk ist ein Netzwerk von sieben Ressortforschungseinrichtungen und Fachbehörden des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI), das im Jahr 2016 mit Blick auf die zukunftsfähige Sicherung und Weiterentwicklung von Verkehr und Verkehrsinfrastruktur in Deutschland gebildet wurde. An dem Netzwerk sind beteiligt:

- die Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt),
- die Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG),
- die Bundesanstalt für Wasserbau (BAW),
- der Deutscher Wetterdienst (DWD),
- das Bundesamt für Güterverkehr (BAG),
- das Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH) und
- das Eisenbahn-Bundesamt (EBA).

Die Anpassung von Verkehr und Verkehrsinfrastruktur an die Folgen des Klimawandels wird im Expertennetzwerk als Themenfeld 1 bearbeitet. Ausgehend von den in verschiedenen Verkehrsträger-spezifischen Forschungsvorhaben (z. B. KLIWA, KLIWAS, RIVA etc.) und anderen Projekten erarbeiteten Ergebnissen ist es das Ziel dieses Themenfelds, die entwickelten Konzepte und Methoden möglichst auf alle Verkehrsträger anzuwenden und weiterzuentwickeln. Durch die einheitliche Herangehensweise soll eine solide und kohärente Informationsbasis als Grundlage für die weitere Gestaltung der Verkehrsinfrastruktur geschaffen werden, sodass diese die auch unter extremen und zukünftig möglicherweise veränderten klimatischen Rahmenbedingungen verlässlich ist.<sup>7</sup> Die dabei entstehenden Erkenntnisse können zukünftig auch die Entwicklung neuer oder die Weiterentwicklung bestehender Monitoring-Indikatoren für das DAS-Monitoringsystem unterstützen. Für die Response-Seite können sich aus der Entwicklung konkreter Maßnahmen für die Weiterentwicklung der Infrastruktur Ansatzpunkte für Monitoring-Indikatoren ergeben. Zum Zeitpunkt der Weiterentwicklung der DAS-Monitoring-

---

<sup>7</sup> Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (Hrsg.) 2016: Verkehr und Infrastruktur an Klimawandel und extreme Wetterereignisse anpassen – Feinkonzept des Themenfeldes 1 im BMVI-Expertennetzwerk Wissen – Können – Handeln. 44 S.  
[www.bmvi-expertennetzwerk.de/DE/Themen/Themenfeld1/themenfeld1\\_node.html](http://www.bmvi-expertennetzwerk.de/DE/Themen/Themenfeld1/themenfeld1_node.html)

Indikatoren 2017 / 18 waren die Maßnahmen allerdings noch in der Erprobung und boten noch keinen Ausgangspunkt für eine Indikatorentwicklung (vgl. Beiträge zur Tagung „Verkehr und Infrastruktur 2018“ des BMVI-Expertennetzwerks im Juni 2018<sup>8</sup>).

Im Ergebnis der Prüfungen zeigten sich damals keine (neuen) Ansatzpunkte für Indikatoren, sodass für die Response-Seite keine Indikatoren für das DAS-Monitoring-Indikatorensystem vorgeschlagen werden können.

### Weiterentwicklung 2021 / 22

Im Zuge der Fortschreibung des DAS-Monitoringberichts 2023 wurde darauf hingewiesen, dass auch von Seiten der BfG Indikatoren, z. B. zur Wassertiefe oder zur potenziellen Abladetiefe verwendet werden. Für die nächste Fortschreibung ist zu prüfen, ob auf Basis dieser Indikatoren Möglichkeiten für die Entwicklung von Response-Indikatoren bestehen.

### **2.2.3.1 Verkehrssteuerung und -management**

Für das Themenfeld erscheint grundsätzlich eine Beschränkung auf den Verkehrsträger Straße sinnvoll, da aufgrund der beinahe ausschließlichen Nutzung des Verkehrsträgers für den Individualverkehr ein besonders hoher Bedarf an Steuerung und Management besteht. Zudem fehlen für die Darstellung von verkehrssteuernden Maßnahmen bei anderen Verkehrsträgern, z. B. Engpassmanagement an Bundeswasserstraßen, bislang die Grundlagen. Für die Verkehrssteuerung an Bundesfernstraßen werden unter anderem Verkehrsbeeinflussungsanlagen<sup>9</sup> genutzt, z. B. Wechselverkehrszeichen, mit denen kurzfristig – präventiv oder reaktiv – steuernd in das Verkehrsgeschehen eingegriffen werden kann. Im Zusammenhang mit der Anpassung an mögliche Klimawandelfolgen wurde eine Indikationsidee zum Bestand von Verkehrsbeeinflussungsanlagen in Gebieten mit zunehmenden Starkregenereignissen geprüft, die sehr kurzfristig zu Verkehrsgefährdungen führen können. Die Indikationsidee konnte aber nicht umgesetzt werden, da zum Zeitpunkt der Erstentwicklung der Indikatoren weder eine flächendeckende Ermittlung von Starkniederschlagsbereichen durchgeführt wurde, noch detaillierte Informationen über die mit Verkehrsbeeinflussungsanlagen geregelten Strecken vorliegen.

### Weiterentwicklung 2017 / 18

Um das Themenfeld auf einer grundsätzlichen Ebene ansprechen zu können wurde erwogen, wie im Fortschrittsbericht zur Klimaanpassung in Österreich einen Indikator zum Modal Split zu entwickeln. Die hierfür erforderlichen Daten liegen grundsätzlich beim Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur vor. Allerdings wurden die Möglichkeiten zur Bewertung eines solchen Indikators als schwierig beurteilt, da keine Erkenntnisse vorliegen, ob höhere Anteile von z. B. Bahn und Wasserstraße, ungeachtet der positiven Wirkungen für Umwelt-

---

<sup>8</sup> Bundesanstalt für Straßenwesen 2016 (Hg.): Verkehr und Infrastruktur 2018 – 1. Tagung des BMVI-Expertennetzwerks. [www.bmvi-expertennetzwerk.de/DE/Termine/2018/VIT.html](http://www.bmvi-expertennetzwerk.de/DE/Termine/2018/VIT.html)

<sup>9</sup> Verkehrsbeeinflussungsanlagen sind verkehrstechnische Anlagen für Zwecke des Verkehrsmanagements. Sie umfassen z. B. Verkehrslichtsignalanlagen, Wechselverkehrszeichen etc.

und Klimaschutz, tatsächlich auch die Klimaresilienz erhöhen. Im Gegenteil wird sogar die Möglichkeit gesehen, dass sich mit einem höheren Anteil von Bahn und Wasserstraße die Anfälligkeit des Verkehrssystems erhöht<sup>10</sup>.

### 2.2.3.2 Anpassung der Verkehrsinfrastruktur

Wesentliche und z. T. gravierende Auswirkungen des Klimawandels werden für die Verkehrsinfrastruktur der verschiedenen Verkehrsträger erwartet. Aus diesem Grund wurden abhängig vom Forschungsstand zu den Verkehrsträgern zahlreiche Maßnahmen diskutiert, die auch Ausgangspunkt für das Themenfeld „Anpassung der Verkehrsinfrastruktur“ sein könnten.

Für die Binnenschifffahrt sind unter anderem auch flussbauliche Maßnahmen zur Anpassung der Binnenschifffahrtsstraßen in der Diskussion, z. B. Fahrrinnenvertiefungen oder Querbauwerke. Diese Maßnahmen sind allerdings unter anderem mit erheblichen Nachteilen für Natur und Landschaft verbunden und führen in jedem Fall zu ausgeprägten Zielkonflikten. Zudem zeichnete sich als Ergebnis des Forschungsverbunds KLIWAS ab, dass sich die Niedrigwassersituation bis ca. 2050 z. B. am Rhein nicht in relevantem Umfang verändern wird und im Rahmen des Wasserstraßenmanagements bewirtschaftet werden kann. Es wurde im Zuge der Erstentwicklung der Indikatoren festgestellt, dass solche Maßnahmen sich daher nicht als Ansatzpunkt für Indikatoren eignen.

Für den Verkehrsträger Straße können sich zunehmende Hitzeperioden und Sonneneinstrahlung in Verbindung mit der gestiegenen Verkehrsbelastung negativ auf einen nach dem Standard der 1960er Jahre errichteten Brückentyp auswirken. Ein Vorschlag zur Indikation richtete sich auf die Darstellung der bereits ausgetauschten beziehungsweise erneuerten Brücken dieses Typs. Da es sich bei diesen Brücken aber nur um einen geringen Teil des Brückenbestands handelt und die konstruktiven und Bemessungsdefizite einen Sonderfall darstellen, wurde die Indikationsidee nicht weiter ausgearbeitet. Aus dem von der BASt beauftragten Forschungsprojekt „Auswirkungen des Klimawandels auf bestehende Spannbetonbrückenbauwerke“ haben sich keine neuen Ansatzpunkte für einen diesbezüglichen Indikator ergeben.

Des Weiteren wurden möglich Indikationsideen unter Bezugnahme auf aktuell gültige Baustandards diskutiert (z. B. Streckenabschnitte mit bestimmten Baustandards). Dabei ist zu berücksichtigen, dass Straßen abhängig von der tatsächlichen Belastung nach einem Zeitraum von etwa 30 bis 40 Jahren ohnehin in der Regel grundhaft, d. h. einschließlich des gesamten Unterbaus erneuert und den jeweils geltenden Standards angepasst werden. Ein Indikator basierend auf den verwendeten Baustandards würde daher, den Experten der BASt zufolge, vor allem Auskunft über das Alter der jeweiligen Straßenabschnitte geben und keine Rückschlüsse auf eine Klimaanpassung erlauben. Auch die Anpassung von Regelwerken und Richtlinien im Straßenbau wurde als Ausgangspunkt für eine Indikation in Betracht gezogen. Dabei werden regelmäßig wetter- und witterungsbezogene Faktoren berücksichtigt und die Vorgaben an den aktuellen Kenntnisstand angepasst, z. B. aktuell mit Blick auf die Entwässerung (Festlegung von Rohrdurchmessern). Ein weiteres Beispiel ist die Anpassung der Frostzonenkarte im Jahr

---

<sup>10</sup> Stellungnahme des BMVI, Ref. G 34, zur entsprechenden Indikatoridee vom 29. September 2017

2014. Durch die Anpassung stieg der Flächenanteil an Gebieten, die eine geringere Frosthärte der Straßeninfrastruktur erforderlich machen. Allerdings finden Änderungen der Regelwerke nur in größeren Zeitabständen statt. Eine Indikatordarstellung erscheint daher wenig zielführend.

Grundsätzlich möglich wären Indikatoren zur Ausbildung des Straßenbelags auf der Grundlage von Daten der Zustandserfassung und -bewertung. Allerdings bestehen derzeit noch Wissensdefizite darüber, welche Belagsart (Beton-Fahrbahn beziehungsweise Asphalt-Fahrbahn) unter den sich ändernden klimatischen Rahmenbedingungen die Anforderungen dauerhaft besser erfüllt. Eine Bewertung des Sachverhalts ist zum jetzigen Zeitpunkt nicht möglich, weshalb die Indikationsidee nicht weiterverfolgt wurde.

Im Zusammenhang mit Starkregenereignissen kann die bauliche Ausführung von Streckenabschnitten mit offenporigem Asphalt (OPA) zu einer besseren Straßenentwässerung und zur Vermeidung von Aquaplaninggefahren beitragen. Aufgrund des größeren Aufwands für den Einbau von OPA fallen bei der Herstellung höhere Kosten an. Der Einbau von OPA wird aufgrund der Kosten-Nutzen-Relation nicht als eine Maßnahme gesehen, die generell für die Anwendung im gesamten Netz der Bundesautobahnen empfohlen werden kann. Daher wurde auch diese Indikationsidee mit einem alleinigen Bezug zu OPA nicht weiterverfolgt.<sup>11</sup>

Eine weitere Indikationsidee, die neben Veränderungen des Straßenbelags auch andere Maßnahmen zur Entschärfung von wasserabflussschwachen Bereichen berücksichtigt hätte, z. B. die Verlagerung von Querneigungswechseln in Straßenabschnitte mit Längsgefälle, wurde umfänglich diskutiert, konnte dann aber aufgrund methodischer und datentechnischer Schwierigkeiten nicht umgesetzt werden.

Mit Blick auf Bewirtschaftung und Pflege von Straßenverkehrsinfrastrukturen wurde ein Indikator unter Bezug auf den Winterdienst entwickelt. Der Indikator sollte bezogen auf Deutschland insgesamt eine Maßnahme zum Umgang mit Wetter- beziehungsweise Witterungsercheinungen im Straßenverkehr darstellen, die durch den Klimawandel zukünftig beeinflusst werden kann. Daran können die möglichen positiven Effekte des Klimawandels für den Winterdienst beziehungsweise das Ausbleiben dieser Effekte diskutiert werden. Eine Beobachtung des Sachverhalts als Grundlage für die weitere Behandlung des Themas erscheint auch deswegen wichtig, da sich die kurz- und mittelfristige Entwicklung (Zunahme des Winterdienstaufwands) von der langfristigen Entwicklung (ggf. Rückgang des Aufwands) im Zusammenhang mit den Einflüssen der klimatischen Veränderung unterscheiden wird. Für den Indikator war vorgesehen, die ausgebrachte Salzmenge je Streckenkilometer Bundesstraße beziehungsweise je Bauwerkskilometer Bundesautobahn darzustellen, um den Einfluss unterschiedlicher Straßenbreiten und einer Ausweitung des Bundesfernstraßennetzes auszuschließen. Der Indikator wurde aufgrund der vermuteten multifaktoriellen Beeinflussung dann aber als nicht geeignet das DAS-Monitoringsystem erachtete und daher nicht aufgenommen.

---

<sup>11</sup> mdl. Auskunft von Herrn Udo Tegethof (BASt) vom 04.11.2010

Alternativ wurde geprüft, ob eine Indikation anhand des Verbrauchs von Salzlösung an Taumittelsprühanlagen die Anforderungen an den Winterdienst besser darstellen kann, da sie unter festen Parametern zum Einsatz kommen und die Daten somit über die Jahre eine bessere Vergleichbarkeit aufweisen können. Dieser Ansatz wurde aber nicht weiter verfolgt, da Taumittelsprühanlagen anders als der Winterdienst nicht zur Entfernung von Schnee- und Eis aufgrund von Niederschlägen eingesetzt werden, sondern vielmehr an gefährdeten Straßenbereichen, vor allem an Brücken, verhindern sollen, dass bei hoher Luftfeuchtigkeit durch windbedingte Verdunstungskälte Eisglätte unter Wetterbedingungen entsteht, die Autofahrer als ungefährlich einschätzen. Hinzu kommen Einschränkungen der Dateninterpretation, u. a. da aus Wartungsgründen die Taumittelsprühanlagen auch in den Sommermonaten betrieben werden.

Für den Verkehrsträger Schiene wird vor allem im Zusammenhang mit Starkregenereignissen und Hochwassern damit gerechnet, dass Bahnböschungen, Schienenunterbau, Entwässerungssystemen, Brücken und Signaleinrichtungen stark betroffen sind. Eine mögliche Indikation könnte z. B. auf die Qualität des Unterbaus von Bahnstrecken abzielen, d. h. ob diesbezüglicher Optimierungsbedarf besteht. Nach Angaben des Eisenbundesamts im Zuge der Vorbereitung des ersten DAS-Monitoringberichts war die diesbezügliche Datenlage allerdings als ungünstig einzustufen. Die Indikationsidee wurde daher zurückgestellt.

### Weiterentwicklung 2017 / 18

Aufgrund entsprechender Indikatorentwicklungen in einzelnen Bundesländern wurde der oben genannte Indikatorvorschlag zum Winterdienst nochmals zur Diskussion gestellt. Die im Jahr 2014 getroffene Einschätzung besteht auch zum Zeitpunkt der Weiterentwicklung des Indikatorensystems fort. Der Indikatorvorschlag wurde daher nach wie vor nicht in das DAS-Monitoring-Indikatorensystem aufgenommen.

### **2.2.3.3 Technische Optimierung der Fahrzeuge**

Das Themenfeld „Technische Optimierung der Fahrzeuge“ umfasst für die Verkehrsträger Straße und Schiene vor allem die Ausrüstung der Fahrzeuge mit Klimaanlage. Da diese für Kfz bereits seit einigen Jahren Standard sind, wurde ein diesbezüglicher Indikator bereits im Rahmen des Expertenworkshops des Beratungsprojekts zur Erstentwicklung der Indikatoren ausgeschlossen. Eine Indikation für Schienenfahrzeuge könnte sich vor allem auf Fahrzeuge des Regionalverkehrs beziehen, denn der Fuhrpark des Fernverkehrs ist standardmäßig mit Klimaanlage ausgestattet. Informationen hierzu konnten damals von der Deutschen Bahn AG aber nicht zur Verfügung gestellt werden.

Für den Bereich Binnenschifffahrt wurden unter anderem auch ein geändertes Schiffsdesign oder eine langfristige Umstrukturierung der Flotte als Maßnahmen diskutiert. Aufgrund der günstigen Datenlage wurde für das Themenfeld ein Indikatorvorschlag für den Bereich Binnenschifffahrt unter Verwendung von Daten zur Flottentonnage entwickelt. Der vorgeschlagene Indikator sollte die gesamte Tonnage der vorhanden sowie der neu in Dienst gestellten Binnenfrachtschiffe darstellen und damit der Frage nachgehen, ob sich die Struktur der Binnenschifffahrtsflotte in Deutschland in eine Richtung entwickelt, die tendenziell besser mit den

Folgen des Klimawandels zurechtkommt, vor allem mit niedrigeren Wasserständen in freifließenden Gewässern. Hintergrund war die These, dass eine zunehmende Zahl an größeren Schiffen mit höherer Tragfähigkeit eine Entwicklung zu Schiffstypen bedeutet, die bei ggf. häufigeren Niedrigwasserständen ihre Kapazität zunehmend nicht voll ausschöpfen können. Mit Blick auf diese Entwicklung hat z. B. die Zentralkommission für die Rheinschifffahrt von einer zunehmenden Vulnerabilität der Binnenschifffahrtflotte bei Niedrigwasser gesprochen<sup>12</sup>. Der Indikatorvorschlag wurde aufgrund eines schwachen Zusammenhangs mit dem Klimawandel letztlich nicht ins DAS-Monitoring-Indikatorensystem aufgenommen.

### **2.2.3.4 Erweiterung des Monitorings im Verkehrswesen; Erweiterung der Forschung im Verkehrswesen**

Die Themenfelder mit Bezug zu Monitoring beziehungsweise Forschung sind grundsätzlich nur schwierig auf der Basis leicht interpretierbarer und regelmäßig verfügbarer quantitativer Daten darzustellen. Für den Bereich Straßenverkehr wurde diskutiert, einen Indikator unter Bezugnahme auf die Verbreitung so genannter Achslastmessgeräte zu entwickeln. Diese können zur Überwachung der Zuladung des Schwerlastverkehrs dienen, der in besonderem Maß bei hohen sommerlichen Temperaturen für die Bildung von Spurrillen verantwortlich ist. Hintergrund der Diskussion bildet das Ergebnis einer Untersuchung des BMVBS, wonach etwa 30 % der kontrollierten Lkw die max. zulässige Achslast von 40 Tonnen überschreiten. Damit überschreiten diese Lkw den Auslegungsfall der Straßenplanung und führen, insbesondere mit Blick auf Brücken, zu einer Überbeanspruchung und einer verringerten Haltbarkeit der Straßeninfrastruktur. Bislang sind allerdings erst etwa 13 Waagen bundesweit im Einsatz. Aufgrund der hohen Investitionskosten ist nicht mit einem verbreiteten Einsatz zu rechnen, zudem kann die Maßnahme nicht allgemein zur Anwendung empfohlen werden<sup>13</sup>. Die Indikationsidee wurde daher nicht weiterverfolgt.

#### Weiterentwicklung 2017 / 18

Hierzu wurde auf die Aussagen bezüglich APA II beziehungsweise Expertennetzwerk BMVI (s. Kap. 2.2.3) verwiesen.

## **2.3 Schnittstellen des Handlungsfelds „Verkehr, Verkehrsinfrastruktur“ mit anderen DAS-Handlungsfeldern**

Eine wichtige Schnittstelle hat das Handlungsfeld „Verkehr, Verkehrsinfrastruktur“ mit dem DAS-Handlungsfeld „Wasserhaushalt und Wasserwirtschaft“ (WW). Hinsichtlich Hochwassersperrungen beziehungsweise Niedrigwassereinschränkungen am Rhein können die Indikatoren zu „Hochwasser“ (WW-I-4) und „Niedrigwasser“ (WW-I-6) wichtige Hintergrundinformationen liefern. Eine Schnittstelle zum DAS-Handlungsfeld „Gesundheit“ besteht hinsichtlich der

---

<sup>12</sup> ZKR – Zentralkommission für die Rheinschifffahrt 2009: Europäische Binnenschifffahrt – Marktbeobachtung 2/2008. Straßburg: 44.

<sup>13</sup> mdl. Auskunft von Herrn Udo Tegethof (BAST) vom 04.11.2010

Auswirkungen von „Hitzebelastungen“ (GE-I-1) auf die Konzentrationsfähigkeit der Verkehrsteilnehmer und damit das Unfallgeschehen in den Sommermonaten. Der Indikator zur „Siedlungsnutzung in amtlich festgesetzten Überschwemmungsgebieten“ (RO-R-6) kann einen Hinweis darauf geben, ob solche Überschwemmungsgebiete bei der Projektierung von neuen Verkehrsinfrastrukturen Berücksichtigung finden.