

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

Hintergrundpapier zum Indikatorenset des Handlungsfelds „Menschliche Gesundheit“

Stand: 08.11.2023

Versionsverlauf:

28.11.2014	Bosch & Partner GmbH, Konstanze Schönthaler	geringfügigen Änderungen der Erstversion im Rahmen des UBA FKZ 3711 41 106
23.02.2016	Bosch & Partner GmbH, Konstanze Schönthaler	Änderungen im Rahmen des UBA FuE-Vorhabens „Beitrag der Satellitenfernerkundung zur Ermittlung von DAS-Indikatoren“ (FKZ 3714 48 103 0)
23.01.2019	Koordinierungsstelle im UBA I 1.6, Petra van Rùth	Aktualisierungen nach der Fortschreibung des DAS-Monitorings 2019
27.05.2022	Bosch & Partner GmbH, Konstanze Schönthaler	Aufnahme zusätzlicher Indikatoren, Überarbeitung bestehender Indikatoren (im Rahmen des UBA FKZ 3720 48 101 0)
10.01.2023	Bosch & Partner GmbH, Konstanze Schönthaler	Einarbeitung redaktioneller Anmerkungen aus der IMAA-Abstimmung der Indikatoren, Einordnung des Indikators „Bewusstsein der Bevölkerung für gesundheitliche Folgen von Hitzewellen“ als Response-Indikator
17.08.2023	Bosch & Partner GmbH, Konstanze Schönthaler	Anpassung nach IMAA-Abstimmung der Texte: Ergänzung eines Abschnitts zur psychischen Gesundheit
08.11.2023	Bosch & Partner GmbH, Konstanze Schönthaler	Finale Redaktion

1	Indikatoren	3
1.1	Versionsverlauf.....	3
1.2	Änderungen für den Monitoringbericht 2019.....	3
1.3	Beteiligungen an der Entwicklung der DAS-Monitoring Indikatoren	4
2	Thematische Einordnung der Indikatoren, diskutierte Indikationsmöglichkeiten	6
2.1	Themenfelder	6
2.2	Erläuterungen zu Indikationsideen und Indikatoren zum Handlungsfeld „Menschliche Gesundheit“	11
2.2.1	Impact-Indikatoren	12
2.2.1.1	Hitze.....	12
2.2.1.2	UV-Strahlung	14
2.2.1.3	Allergene und Luftschadstoffe	15
2.2.1.4	Vektorvermittelte Krankheiten	19
2.2.1.5	Verminderte Badegewässerqualität.....	21
2.2.2	Response-Indikatoren	23

2.2.3	Schnittstellen des Handlungsfelds „Menschliche Gesundheit“ 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 „Menschliche Gesundheit“ (GE) gab es bereits im Zuge der ersten Berichtsfortschreibung 2019 Änderungen des Indikatorensets. Für die zweite Fortschreibung sind nochmals Änderungen vollzogen worden. Die nachstehende Tabelle gibt einen Überblick über den Versionsverlauf.

Tabelle 1: Indikatorenset im „Handlungsfeld Menschliche Gesundheit“ (Änderungen)

Bericht 2015	Bericht 2019	Bericht 2023	Indikatortitel
Impact-Indikatoren: Auswirkungen des Klimawandels auf die Menschliche Gesundheit			
GE-I-1	GE-I-1	GE-I-1	Hitzebelastung
GE-I-2	GE-I-2	GE-I-2	Hitzetote (2015) Hitzebedingte Todesfälle (ab 2019)
		GE-I-3	Belastung mit Birkenpollen
GE-I-3	GE-I-3	GE-I-4	Belastung mit Ambrosiapollen
GE-I-4			Gefährdung durch Eichenprozessionsspinner (2015)
	GE-I-4	GE-I-5	Überträger von Krankheitserregern (Fallstudie)
	GE-I-5	GE-I-6	Blaulagenbelastung von Badegewässern (2015, 2019) Cyanobakterienbelastung von Badegewässern (2023)
		GE-I-7	Gesundheitsgefährdung durch Vibrionen (Fallstudie)
		GE-I-8	UV-Index (Fallstudie)
		GE-I-9	Ozonbelastung
Response-Indikatoren: Ergriffene Anpassungsmaßnahmen bzw. Maßnahmen oder Entwicklungen, die den Anpassungsprozess im Handlungsfeld „Menschliche Gesundheit“ unterstützen			
	GE-R-1	GE-R-1	Hitzewarndienst
	GE-I-1-Zusatz	GE-R-2	Bewusstsein der Bevölkerung für gesundheitliche Folgen von Hitzewellen
GE-R-2	GE-R-2		Erfolge des Hitzewarnsystems (2015, 2019)
GE-R-3	GE-R-3	GE-R-3	Informationen zu Pollen
		GE-R-4	Einsendungen zum Mückenatlas

1.2 Änderungen für den Monitoringbericht 2019

Die für den Bericht 2019 vollzogenen Änderungen des Indikatorensets betrafen die folgenden Indikatoren:

- GE-I-2 „Hitzetote“ wurde in das DAS Monitoring 2015 als Fallstudie und Proxy Indikator aufgenommen, um das Thema Übersterblichkeit während Hitzeperioden darstellen zu können. Die Fallstudie konnte durch einen vom Robert-Koch-Institut (RKI) erarbeiteten Indikator GE-I-2 Hitzebedingte Todesfälle ersetzt werden (s. auch Kap. 2.2.1).
- GE-I-4 „Gefährdung durch Eichenprozessionsspinner“ konnte nicht mehr fortgeschrieben werden, weil die notwendigen Daten für die Aktualisierung nicht mehr zur Verfügung standen (s. auch Kap. 2.2.1).

1.3 Beteiligungen an der Entwicklung der DAS-Monitoring Indikatoren

Da die DAS-Indikatoren primär auf vorhandenen Datenquellen und bereits existierenden bzw. in Diskussion befindlichen Indikatoren aufbauen, war bzw. ist der Austausch mit Fachleuten eine der wesentlichen Voraussetzungen für die Entwicklung fachlich akzeptierter Indikatorensets zu den DAS-Handlungsfeldern. Im Verlauf der Indikatorenentwicklung erfolgte die Einbindung einer großen Zahl behördlicher und nicht-behördlicher Expert*innen im Rahmen von bilateralen Gesprächen, Kleingruppensitzungen und Workshops.

Für das Handlungsfeld „Menschliche Gesundheit“ wurden bei der Entwicklung des DAS-Monitoring-Indikatorensystems in den Jahren 2010 bis 2014 im Rahmen mehrerer Kleingruppensitzungen unter Beteiligung von Vertreterinnen und Vertretern des damaligen Bundesministeriums für Umwelt Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU), des damaligen Bundesministeriums für Gesundheit (BMG), des damaligen Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV), des Umweltbundesamts (UBA), des Robert Koch-Instituts (RKI), des Deutschen Wetterdienstes (DWD), des Julius Kühn-Instituts (JKI), des Friedrich-Loeffler-Instituts (FLI), der Kommunalen Arbeitsgemeinschaft zur Bekämpfung der Schnakenplage (KABS e.V.), der Stiftung Deutscher Polleninformationsdienst e.V. (PID) und des Potsdam Instituts für Klimafolgenforschung (PIK) sowie von vier Ländervertretern eine Gewichtung und Priorisierung der Themenfelder vorgenommen. Aufbauend auf dieser Priorisierungsentscheidung (s. auch Tab. 2) wurden dann auf bilateraler Ebene zusammen mit Experten konkrete Indikatoren entwickelt und diskutiert. Im weiteren Prozess der Weiterentwicklung des Indikatorensets für den Monitoringbericht 2019 und zuletzt den Bericht 2023 wurden weitere Expert*innen in die Diskussionen einbezogen.

Die nachstehende Tabelle gibt Auskunft über Personen und Institutionen, die auf unterschiedliche Weise und in unterschiedlicher Intensität am bisherigen Diskussionsprozess um mögliche Indikatoren zum DAS-Handlungsfeld „Menschliche Gesundheit“ und an der konkreten Ausarbeitung beteiligt waren.

Tabelle 2: Beteiligte an der Diskussion von Indikatoren im Handlungsfeld „Menschliche Gesundheit“

Name	Institution
Beteiligungen an der Erstentwicklung bis 2015	
Augustin Dr., Jobst	Umweltbundesamt (UBA), Fachgebiet (FG) II 1.5
Behrendt Prof. Dr., Heidrun	Zentrum Allergie und Umwelt der Technischen Universität München (ZAUM)
Becker Dr., Norbert	Kommunale Arbeitsgemeinschaft zur Bekämpfung der Schnakenplage (KABS e.V.)
Berendes, Karl-Heinz	Julius Kühn-Institut (JKI), Institut für Pflanzenschutz in Gartenbau und Forst
Bergmann Prof. Dr., Karl-Christian	Charité – Universitätsmedizin Berlin, Allergie-Zentrum, Stiftung Deutscher Polleninformationsdienst e.V. (PID)
Blättner Prof. Dr., Beate	Hochschule Fulda, Fachbereich Pflege und Gesundheit
Bräsicke Dr., Nadine	JKI, Institut für Pflanzenschutz in Gartenbau und Forst
Chorus Dr., Ingrid	UBA, Abteilung II.3 Trinkwasser- und Badebeckenwasserhygiene
Dombrowski Dr., Saskia	Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (BVL)
Faber Dr., Mirko	RKI, Fachgebiet 35 Gastroenterologische Infektionen, Zoonosen und tropische Infektionen

Indikatoren und Berichterstattung zur DAS

Hintergrundpapier Handlungsfeld Menschliche Gesundheit

Name	Institution
Fastner Dr., Jutta	UBA, FG II 3.3 Trinkwasserressourcen und Wasseraufbereitung
Fingerle Dr., Volker	Bayerisches Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit, Nationales Referenzzentrum für Borrelien
Gehring Dr., Klaus	Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Pflanzenschutz
Gessner Prof. Dr., Mark	Leibniz-Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei (IGB), Abt 3, Experimentelle Limnologie
Göllner, Bernd	Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, Koordination Umwelt- und Klimaschutz
Grewe Prof. Dr., Henny A.	Hochschule Fulda, Fachbereich Pflege und Gesundheit
Grütte Dr., Karl-Heinz	Ministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz des Landes Brandenburg (MUGV), Abteilung Gesundheit, Referat 23
Gussmann, Volker	Nursing Consulting für Einrichtungen der stationären Altenhilfe (NCESA)
Höflich Dr., Conny	UBA, FG II 1.5
Ingendahl, Björn	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB), Referat IG II 7 Gesundheitliche Folgen des Klimawandels, umweltbezogene Lebensmittelsicherheit
Jäckel Dr., Barbara	Pflanzenschutzamt Berlin
Jörres Dr., Rudolf	Ludwig-Maximilians-Universität München (LMU), Institut und Poliklinik für Arbeits-, Sozial- und Umweltmedizin, Klinikum der Universität
Jöst, Artur	KABS e.V.
Kallweit Dr., Dagmar	UBA, FG II 1.6 Expositionsschätzung, gesundheitsbezogene Indikatoren
Kaminski, Uwe	Deutscher Wetterdienst (DWD), Zentrum für Medizin-Meteorologische Forschung
Kampen Dr., Helge	Friedrich-Loeffler-Institut (FLI), Institut für Infektionsmedizin
Klasen Dr., Jutta	Umweltbundesamt, FG IV 1.4
Klaus Dr., Christine	FLI, Institut für bakterielle Infektionen und Zoonosen
Köhler, Antje	Senatsverwaltung für Gesundheit, Umwelt und Verbraucherschutz Berlin (Sen-GUV)
Koppe-Schaller Dr., Christina	DWD, Zentrum für Medizin-Meteorologische Forschung
Krampen, Regine	Regierungspräsidium Gießen, Hessische Betreuungs- und Pflegeaufsicht
Kuhn Dr., Carola	UBA, FG IV 1.4 Gesundheitsschädlinge und ihre Bekämpfung
Laußmann, Detlef	RKI, FG 22 Epidemiologie nicht übertragbarer Krankheiten
Lissner, Tabea	Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (PIK), Forschungsfeld II, Klimawirkung & Vulnerabilität
Luck-Bertschaft Dr., Gudrun	SenGUV
Matzarakis, Prof. Dr., Andreas	DWD, Zentrum für Medizin-Meteorologische Forschung,
Mücke Dr., Hans-Guido	UBA, FG II 1.5 Umweltmedizin und gesundheitliche Bewertung
Nawrath Dr., Stefan	Projektgruppe Biodiversität und Landschaftsökologie
Nehring Dr., Ralf	Ministerium für Umwelt, Forsten und Verbraucherschutz, Rheinland-Pfalz (MUFV), Referat 10426
Oehms, Martina	Landesamt für Wasserwirtschaft des Landes Rheinland-Pfalz
Poggensee Dr., Gabriele	RKI, FG 32
Scheidt-Nave Dr., Christa	RKI, FG 22 Epidemiologie nicht übertragbarer Krankheiten
Schmolz Dr., Erik	UBA, FG IV 1.4 Gesundheitsschädlinge und ihre Bekämpfung
Schreiber Dr., Hedi	UBA, FG II 1.1
Schreiner, Clemens	Bundesministerium für Gesundheit, Referat G 22
Schwegler Dr., Ursula	Bayerisches Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit
Starfinger Dr., Uwe	JKI, Institut für nationale und internationale Angelegenheiten der Pflanzengesundheit
Stark Prof. Dr., Klaus	RKI, FG 35
Straff Dr., Wolfgang	UBA, FG II 1.5 Umweltmedizin und gesundheitliche Bewertung

Name	Institution
Ulrich, Martina	MUGV, Abteilung Gesundheit, Referat 23
Uphoff Dr., Helmut	Regierungspräsidium Gießen, Hessisches Landesprüfungs- und Untersuchungsamt im Gesundheitswesen
Vander Pan, Arlette	UBA, FG IV 1.4 Gesundheitsschädlinge und ihre Bekämpfung
Winkler Dr., Ute	Bundesministerium für Gesundheit (BMG), Referat G 22
Wintermeyer, Dirk	UBA, FG II 1.6
Witten Dr., Jutta	Hessisches Ministerium für Arbeit, Familie und Gesundheit (HMAFG), Abt. Gesundheit
Beteiligungen an der Weiterentwicklung bis 2019	
an der Heiden Dr., Matthias	RKI, Abteilung für Infektionsepidemiologie
Buchholz, Dr. med., Udo	RKI, Abteilung für Infektionsepidemiologie
Grabenhenrich PD Dr. med., Linus	RKI, Abteilung für Infektionsepidemiologie
Mücke Dr., Hans-Guido	UBA, FG II 1.5 Umweltmedizin und gesundheitliche Bewertung
Muthers Dr., Stefan	DWD, Zentrum für Medizin-Meteorologische Forschung
Niemann Dr, Hildegard	RKI, Geschäftsstelle der Kommission Umweltmedizin und Environmental Public Health
Beteiligungen an der Weiterentwicklung bis 2023	
an der Heiden Dr., Matthias	RKI, Abteilung für Infektionsepidemiologie
Baldermann Dr., Cornelia	Bundesamt für Strahlenschutz (BfS), Fachgebiet WR 4 Optische Strahlung
Bergmann Prof. Dr., Karl-Christian	Charité – Universitätsmedizin Berlin, Allergie-Zentrum, PID
Hauk Dr., Gerhard	Landesamt für Umwelt und Soziales Mecklenburg-Vorpommern, Abteilung Gesundheit, Dezernat Umwelthygiene, Umweltmedizin
Höflich Dr., Conny	UBA, FG II 1.5, Umweltmedizin und gesundheitliche Bewertung
Kampen PD Dr., Helge	FLI, Institut für Infektionsmedizin
Kuhwald Dr., Katja	Christian-Albrechts-Universität zu Kiel (CAU Kiel), Geographisches Institut (Earth Observation & Modelling)
Lorenz Dr., Sebastian	BfS, FG WR 4 Optische Strahlung
Minkos, Andrea	UBA, FG II 4.2 Beurteilung der Luftqualität
Mücke Dr., Hans-Guido	UBA, FG II 1.5 Umweltmedizin und gesundheitliche Bewertung
Straff Dr., Wolfgang	UBA, FG II 1.5 Umweltmedizin und gesundheitliche Bewertung
Weiskopf Dr., Daniela	BfS, FG WR 4 Optische Strahlung
Werchan Dr., Barbora	Charité – Universitätsmedizin Berlin, Allergie-Zentrum, PID
Werchan, Matthias	Charité – Universitätsmedizin Berlin, Allergie-Zentrum, PID
Werner Dr., Doreen	Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) e.V.
Winklmayr, Claudia	RKI, Abteilung für Infektionsepidemiologie

2 Thematische Einordnung der Indikatoren, diskutierte Indikationsmöglichkeiten

2.1 Themenfelder

Im Vorfeld der Diskussion konkreter Indikatoren wurden die thematischen Felder, die bei der Indikatorenentwicklung berücksichtigt werden sollten, beschrieben. Sie wurden aus Literaturrecherchen und Expert*inneninterviews abgeleitet. Tabelle 3 gibt einen Überblick über die Themenfelder und die Zuordnung der Indikatoren zu den Themenfeldern bzw. thematischen Teilaspekten. Die in einem Priorisierungsprozess für den ersten Monitoringbericht für die weitere

Bearbeitung ausgewählter Themenfelder auf der Impact-Ebene bestimmten bis zum Monitoringbericht 2019 die thematische Fokussierung der Indikatoren (s. in der Tabelle grau hinterlegte Felder). Mit neuen Erkenntnissen aus der Forschung und dem Monitoring haben sich zum einen die Einschätzungen zur Bedeutung der Themenfelder und die damit verbundenen Prioritätensetzungen aber inzwischen teilweise geändert. So werden die „Gesundheitlichen Auswirkungen von UV-Strahlung“ inzwischen in einem engen Zusammenhang mit dem Klimawandel diskutiert. Es wurde daher entschieden, zu diesem Themenfeld einen Indikator in das Indikatorenset aufzunehmen. Zum anderen sind auch neue Themenfelder in den Fokus gerückt. So wird zunehmend auch über die Auswirkungen des Klimawandels auf die psychische Gesundheit gesprochen. Daher wurde dieses Themenfeld nun neu in die Liste der Themenfelder aufgenommen und ersetzt das bisherige Themenfeld „Gesundheitliche Auswirkungen von Verschlechterungen der Umwelt- und Erholungsbedingungen“, da dies in der Bedeutung zurücktritt. Der darin enthaltene thematische Teilaspekt „Beeinträchtigung der Gesundheit infolge nachteiliger Veränderungen von Ökosystemen (wie Wälder), die der Mensch als Erholungsraum oder für ein ausgeglichenes lokales Stadtklima benötigt“ wird im neu formulierten Themenfeld weiter geführt.

Die in Tabelle 3 den Themenfeldern zugeordneten Indikatoren entsprechen in Nummerierung und Titel dem Stand des Monitoringberichts 2023.

Tabelle 3: Themenfelder zum Handlungsfeld „Menschliche Gesundheit“

Themenfeld	Thematischer Teilaspekt	Indikatoren
Impacts (Auswirkungen des Klimawandels auf die menschliche Gesundheit)		
Unfallfolgen	Unfallfolgen von Extremereignissen (Starkniederschlägen, Hochwasser, Stürmen, Brände, Lawinenabgängen oder Erdbeben, Blitzschlägen)	
	Geringere Zahl von Verkehrsunfällen in milden Wintern aufgrund seltenerer Schnee- und Glatteisbedingungen	Schnittstelle zum DAS-Handlungsfeld „Verkehr, Verkehrsinfrastruktur“: VE-I-4 (Witterungsbedingte Straßenverkehrsunfälle)
Hitze- und kälteabhängige Erkrankungen oder Mortalitäten	Veränderung der Inzidenz und Prävalenz kältebedingter Krankheiten und der Anzahl von Todesfällen	Thematischer Teilaspekt wurde im Priorisierungsworkshop am 26.2.2010 für Indikatorenentwicklung abgeschlossen.
	Veränderung der Inzidenz und Prävalenz hitzebedingter Krankheiten und der Anzahl von Todesfällen	GE-I-1: Hitzebelastung GE-I-2: Hitzebedingte Todesfälle Schnittstelle zum DAS-Handlungsfeld „Bauwesen“: BAU-I-1 (Wärmebelastung in Städten)
	Gesundheitsschäden durch veränderte Wirksamkeit von Medikamenten bei höheren Temperaturen	
Gesundheitliche Auswirkungen von UV-Strahlung	Vermehrtes Auftreten UV-bedingter Gesundheitsschäden (durch höhere Exposition infolge von Niedrigozonereignissen, vermehrt	GE-I-8: UV-Index (Fallstudie)

Themenfeld	Thematischer Teilaspekt	Indikatoren
	ten Sonnenscheinstunden und Klimaerhit- zung)	
Gesundheitliche Auswirkungen von aerogenen Stoffen	Zunahme allergischer Reaktionen durch zu- nehmende Belastung mit Bioaerosolen pflanzlicher Herkunft: Pollen	GE-I-3: Belastung mit Birkenpollen GE-I-4: Belastung mit Ambrosiapol- len
	Zunahme allergischer Reaktionen durch zu- nehmende Belastung mit biologisch aktiven Partikeln (Aeroallergenen) tierischer Her- kunft: z. B. Brennhaare	GE-I-4: Gefährdung durch Eichen- prozessionsspinner
	Vermehrtes Auftreten von Atemwegserkran- kungen und allergischen Reaktionen durch zunehmende Belastung mit biologisch akti- ven Partikeln (inkl. Innenraumhygiene): My- kotoxine	
	Gesundheitliche Beeinträchtigung durch Ver- schlechterung der Innenraumhygiene durch unzureichende Lüftung	
	Vermehrtes Auftreten von Atemwegserkran- kungen infolge veränderter Verteilungsmus- ter und atmosphärischer Mischung von Schadstoffen	GE-I-9 Ozonbelastung
	Vermehrtes Auftreten von Kontaktallergien und toxisch verursachten Hautreaktionen durch Zunahme von Kontaktallergenen in der Umgebung des Menschen	GE-I-4: Gefährdung durch Eichen- prozessionsspinner
Vektorvermit- telte Krankhei- ten	Verbreitung und Abundanzveränderung von möglichen Vektoren	GE-I-5: Überträger von Krankheitser- regern (Fallstudie)
	Verbreitung und Abundanzveränderung vek- torübertragene Krankheitserreger	
	Erhöhung der Prävalenz / Inzidenz von In- fektionskrankheiten	
	Keimverschleppung und Kontamination der Umgebung und Nahrung des Menschen durch Nagetiere und andere wilde Säuge- tiere; Ausbreitung heimischer (endemischer) vektorübertragene Krankheitserreger	
Gesundheitliche Auswirkungen verminderter Trinkwasser- qualität und Le- bensmittelsi- cherheit	Gesundheitliche Auswirkungen veränderter Trinkwasserqualität infolge von Starkregene- reignissen und Überschwemmungen	
	Gesundheitliche Auswirkungen veränderter Trinkwasserqualität durch Bodenfilterschwä- chung (Schwächung der Bodenbarriere) in- folge von Hitzeperioden	
	Nachteilige hygienische Effekte durch Tem- peraturerhöhung des Trinkwassers	
	Anstieg der Zahl von Magen-Darm-Erkran- kungen infolge bakterieller Verunreinigung von Lebensmitteln bei steigenden Luft- und Wassertemperaturen	

Indikatoren und Berichterstattung zur DAS

Hintergrundpapier Handlungsfeld Menschliche Gesundheit

Themenfeld	Thematischer Teilaspekt	Indikatoren
	Gesundheitliche Beeinträchtigungen infolge toxischer Verunreinigung von Lebensmitteln	
Gesundheitliche Auswirkungen von Einschränkungen der Sicherheit der Trinkwasserversorgung	Engpässe in der Trinkwasserbereitstellung während Trockenperioden	Schnittstelle zum DAS-Handlungsfeld „Wasserhaushalt und Wasserwirtschaft“: WW-I-2 (Grundwasserzustand und Quellschüttung)
Gesundheitliche Auswirkungen von Einschränkungen der Lebensmittelversorgung		
Gesundheitliche Auswirkungen von verminderter Badegewässerqualität	Gesundheitliche Beeinträchtigungen durch vermehrtes Auftreten potenziell toxischer Cyanobakterien (Blaualgen)	GE-I-6: Cyanobakterienbelastung von Badegewässern
	Gesundheitliche Beeinträchtigungen durch Vermehrung von Mikroorganismen und Einzellern durch höhere Wassertemperaturen und abnehmende bakterizide Wirkung des UV-Lichts bei Wassertrübung durch temperatur- und nährstoffbedingt vermehrtes Algenwachstum	GE-I-7: Gesundheitsgefährdung durch Vibrionen (Fallstudie)
Gesundheitsgefahren durch Freisetzung gesundheitsgefährdender Stoffe und Ausbreitung von Erregern	Intoxikation durch Freisetzung (Verdampfung) gesundheitsgefährdender Stoffe	
	Beeinträchtigung der Gesundheit durch die Freisetzung von Chemikalien aus dem Boden und aus nicht gesicherter Lagerhaltung als Folge von Überschwemmungen	
	Gesundheitliche Auswirkungen des Kontakts mit bakteriell oder viral kontaminiertem Wasser infolge von Starkregenereignissen und Überschwemmungen	
Auswirkungen auf die psychische Gesundheit	Posttraumatische Belastungsstörungen nach Naturkatastrophen	
	Psychische Belastungen durch erlebte Bedrohungen und Zukunftsängste	
	Erhöhte Aggressivität vor allem bei Hitze	
	Beeinträchtigung der Gesundheit infolge nachteiliger Veränderungen von Ökosystemen (wie Wälder), die der Mensch als Erholungsraum oder für ein ausgeglichenes lokales Stadtklima benötigt	
Ökonomische Folgen erhöhter Gesundheitsrisiken und höherer Krankenstände	Veränderungen auf dem Versicherungsmarkt	

Indikatoren und Berichterstattung zur DAS

Hintergrundpapier Handlungsfeld Menschliche Gesundheit

Themenfeld	Thematischer Teilaspekt	Indikatoren
Responses (Ergriffene Anpassungsmaßnahmen bzw. Maßnahmen oder Entwicklungen, die den Anpassungsprozess unterstützen)		
Gesundheitsberatung und Aufklärung über Gesundheitsgefahren	Verbesserung der Schulung und Ausbildung	
	Auf- und Ausbau von Informations- und Warndiensten	GE-R-1: Hitzewarndienst GE-I-2: Bewusstsein der Bevölkerung für gesundheitliche Folgen von Hitzewellen GE-R-3: Informationen zu Pollen GE-R-4: Einsendungen zum Mückenatlas
Medizinische Maßnahmen der Prävention	Verbesserung der Diagnostik	
	Verbesserung der Prophylaxe	GE-R-2: Erfolge des Hitzewarnsystems (Fallstudie)
Eindämmen von Krankheitsursachen	Verhinderung der Ausbreitung von Vektoren und Krankheitserregern	
	Verhinderung der Ausbreitung von allergenen und giftigen Pflanzen und Tieren	
	Sicherstellung der Wasserhygiene	
	Minderung der Luftbelastung	
Notfallversorgung und Behandlung aufgetretener Krankheiten	Sicherstellung der Trinkwasserversorgung	Schnittstelle zum DAS-Querschnittsthema „Raum-, Regional- und Bauleitplanung“: RO-R-2 (Vorang- und Vorbehaltsgebiete für Grundwasserschutz / Trinkwassergewinnung)
	Verbesserung der Therapie von Krankheiten	
	Verbesserung der Notfallversorgung	Schnittstellen zum DAS-Handlungsfeld „Bevölkerungsschutz“: BS-R-1 (Information zum Verhalten im Katastrophenfall), BS-R-2 (Vorsorge in der Bevölkerung)
Verbesserung des Umfelds zur Risikominimierung	Verbesserung des Lokal- und Bioklimas	Schnittstelle zum DAS-Handlungsfeld „Bauwesen“: BAU-R-1 (Erholungsflächen) Schnittstellen zum DAS-Querschnittsthema „Raum-, Regional- und Bauleitplanung“: RO-R-4 (Vorang- und Vorbehaltsgebiete für besondere Klimafunktionen)
	Bauliche Maßnahmen zur Reduzierung der Hitzebelastung	Schnittstelle zum DAS-Handlungsfeld „Bauwesen“: BAU-R-3 (Investitionen in die energetische Sanierung der Gebäudehülle)
	Maßnahmen zur Reduzierung der Hitzebelastung im Verkehrssektor	
Erweiterung des Gesundheitsmonitorings	Verbesserung der Erfassung (klimainduzierter) Krankheiten	
	Überwachung der Risikoentwicklung	GE-R-4: Einsendungen zum Mückenatlas
	Verbesserung der Risikobewertung und -einschätzung	

Themenfeld	Thematischer Teilaspekt	Indikatoren
Erweiterung der Gesundheitsforschung	Forschung zu Exposition und Gesundheitsrisiken	
	Epidemiologische Untersuchungen	
	Forschung zur Verbesserung der Prophylaxe	
	Forschung zu Folgekosten	

Diese Priorisierung wurden im Wesentlichen durch die Ergebnisse der bundesweiten Klimawirkungs- und Risikoanalyse 2021 (KWRA¹) bestätigt. Auch darin werden die größten Herausforderungen bis zur Mitte und zum Ende des Jahrhunderts bei der Klimawirkung „Hitzebelastung“ und „Allergische Reaktionen durch Aeroallergene pflanzlicher Herkunft“ gesehen. Diese hohe Priorisierung führte auch zur erneuten Diskussion eines Indikators zur Birkenpollenbelastung. Die ebenfalls hohe Priorisierung der Klimawirkung „UV-bedingte Gesundheitsschädigung“ führte zu einer veränderten Bewertung dieses Themenfelds und zur Neuentwicklung des Indikators UV-Index. Für das Ende des Jahrhunderts wurde in der KWRA 2021 auch die Klimawirkung „Atembeschwerden (aufgrund von Luftverunreinigungen)“ als hoch bedeutsam eingestuft. Aufgrund dessen wurde der Indikator Ozonbelastung in das DAS-Monitoring eingebunden. Zur Klimawirkung „Auswirkungen auf das Gesundheitssystem“ wurde schon im Zusammenhang mit dem ersten Monitoringbericht 2015 diskutiert. Es konnten hierzu aber keine konkreten Indikationsansätze gefunden werden.

2.2 Erläuterungen zu Indikationsideen und Indikatoren zum Handlungsfeld „Menschliche Gesundheit“

Die thematische Breite des Handlungsfelds „Menschliche Gesundheit“ ist außerordentlich groß. Dies zeigt allein die große Zahl von Themenfeldern in diesem Handlungsfeld. Mit der Priorisierung der Themenfelder wurde eine thematische Eingrenzung vorgenommen.

Als mögliche Datenquellen wurden – neben den letztendlich verwendeten Daten – auch weitere Daten unter anderem der Gesundheitsberichterstattung des Bundes und der Länder auf ihre Nutzbarkeit für DAS-Indikatoren geprüft. In allen Fällen erwiesen sich diese Daten jedoch im Hinblick auf die Fragestellungen im Zusammenhang mit Klimafolgewirkungen und Anpassung als zu wenig spezifisch. Da die menschliche Gesundheit ein außerordentlich komplex beeinflusstes Schutzgut ist, das neben äußeren Einflüssen auch stark von der individuellen Lebensgestaltung und Prädisposition bestimmt wird, ist es schwierig, direkte Folgewirkungen, die sich primär oder zumindest in erheblichem Umfang auf Klimaveränderungen zurückführen lassen, herauszuarbeiten. In vielen Fällen handelt es sich daher bei den Indikatoren im Impact-Bereich auch um Risikobetrachtungen, die nur sehr bedingt Rückschlüsse auf die tatsächliche Exposition oder gar eine konkrete gesundheitliche Beeinträchtigung erlauben.

¹ Kahlenborn W., Porst L., Voß M., Fritsch U., Renner K., Zebisch M., Wolf M., Schönthaler K., Schauer I. 2021: Klimawirkungs- und Risikoanalyse 2021 für Deutschland. Kurzfassung. Climate Change 26/2021. Dessau-Roßlau, 127 S. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/5750/publikationen/2021-06-10_cc_26-2021_kwra2021_kurzfassung.pdf

Um Bezüge zu Indikatorenentwicklungen auf internationaler Ebene zu berücksichtigen, wurden im Kontext der Vorbereitung des 1. Monitoringberichts 2015 auch die damals im Aufbau befindlichen CEHAPIS-Indikatoren der WHO („Climate, Environment and Health Action Plan and Information System“) und hier speziell die „Health-relevant Climate Change Indicators“ gesichtet, zumal von UBA-Seite ausdrücklich Interesse an einer möglichst weitgehenden Übereinstimmung der CEHAPIS- mit den DAS-Indikatoren bekundet wurde. Hierzu gibt es aber keine neuen Erkenntnisse.

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), das 2015 bis 2016 durchgeführt wurde, die Möglichkeiten einer Nutzung von Fernerkundungsdaten, speziell von Satellitendaten zur Weiterentwicklung bestehender DAS-Indikatoren und zur Entwicklung zusätzlicher Indikatoren geprüft. Auch die Ergebnisse dieser Prüfung sind in die folgenden Darstellungen eingeflossen. Diese Arbeiten haben mit dem UBA FuE-Vorhaben „Operationalisierung von Indikatoren der Deutschen Anpassungsstrategie Klimawandel mit Fernerkundungsdaten – DASIF“ (FKZ 3719 48 101 0) ihre Fortsetzung gefunden.

2.2.1 Impact-Indikatoren

2.2.1.1 Hitze

Die Arbeiten zum Themenfeld „Hitze- und kälteabhängige Erkrankungen oder Mortalitäten“ beschränkten sich auf die Auswirkungen von Hitze. Der thematische Teilaspekt „Veränderung der Inzidenz und Prävalenz kältebedingter Krankheiten und der Anzahl von Todesfällen“ wurde im Priorisierungsworkshop am 26.2.2010 für die Indikatorenentwicklung explizit ausgeschlossen. Die Thematik ist gegenüber den hitzebedingten gesundheitlichen Einschränkungen nach wie vor deutlich weniger intensiv in der Diskussion. Hinzu kommt die Schwierigkeit, dass die Diskussionen um die möglichen positiven Auswirkungen milderer Winter und die negativen Folgen extremerer Winter in unseren Breiten parallel geführt werden.

Zur Beschreibung der hitzebedingten Risiken wurde der Indikator GE-I-1 (Hitzebelastung) entwickelt. Er basiert primär auf Daten des DWD zu den Hitzewarnungen, da diese einen sehr unmittelbaren Bezug zu möglichen Beeinträchtigungen der menschlichen Gesundheit haben und Anlass für die Ergreifung präventiver Maßnahmen sind. Ergänzend werden DWD-Daten zu ausgewählten meteorologischen Kennzahlen („Heiße Tage“ und „Tropennächte“) dargestellt, da diese zum einen eine langjährige Datenreihe ermöglichen und zum anderen über das tatsächliche Auftreten überdurchschnittlich heißer Tage und Nächte informieren. Schnittstellen bestehen im Themenfeld „Hitze- und kälteabhängige Erkrankungen oder Mortalitäten“ mit Indikatoren im DAS-Handlungsfeld „Bauwesen“ (BAU-I-1 Wärmebelastung in Städten und BAU-I-2 Sommerlicher Wärmeinseleffekt).

Im Rahmen des FuE-Vorhabens „Beitrag der Satellitenfernerkundung zur Ermittlung von DAS-Indikatoren“ wurde 2016 geprüft, ob und inwieweit eine weitere Qualifizierung des Indikators mithilfe von Satellitendaten möglich ist. Der Copernicus-Dienst zur Landüberwachung bietet

mit dem Produkt Land Surface Temperature seiner globalen Komponente grundsätzlich nutzbare Daten mit hoher zeitlicher Auflösung an. Allerdings stellt sich dabei für die Auswertung eine ähnliche Herausforderung wie für die Nutzung von In-situ-Daten: Sollten die Beobachtungsdaten der Überprüfung dienen, ob die mit den Hitzewarnungen prognostizierten Hitzeereignisse tatsächlich eingetreten sind, müssten entsprechende Schwellenwerte u. a. für Temperatur und Luftfeuchte und die kritische Aufeinanderfolge heißer Tage und Nächte definiert werden. Hinzu kommt, dass die „Land Surface Temperature“ Aussagen zur Oberflächentemperatur trifft und Rückschlüsse auf die Lufttemperatur nur indirekt möglich sind. Copernicus-Produkte zur Lufttemperatur waren 2016 im Climate Change Service geplant. Eine weitere Untersuchung hierzu hat nicht stattgefunden.

Mit Blick auf die konkreten Auswirkungen von Hitzeereignissen wurde im DAS-Monitoring Bericht 2015 eine Fallstudie für Hessen und ein Proxy-Indikator genutzt. Die Fallstudie baute auf Vorarbeiten im Rahmen der Projekte KLIMZUG-Nordhessen und HEAT in Kooperation mit dem Hessischen Landesprüfungs- und Untersuchungsamt im Gesundheitswesen (HLPUG) auf. Dieser Indikator konnte im DAS-Monitoring 2019 durch einen vom RKI erarbeiteten Indikator GE-I-2 „Hitzebedingte Todesfälle“ ersetzt werden, für den die Anzahl der hitzebedingten Todesfälle mit Hilfe eines generalisierten additiven Modells bestimmt wurde. Innerhalb des Modells wird die Abhängigkeit der Mortalität von der Wochenmitteltemperatur durch eine nicht-lineare Expositions-Wirkungskurve dargestellt². Um dieses Verfahren anzuwenden, wird eine Zeitreihe über mindestens fünf Jahre benötigt, in die Erarbeitung des Indikators war die Zeitreihe von 2001–2015 eingeflossen.

Für den Monitoringbericht 2023 wird eine Weiterentwicklung dieses Modells angewendet, das durch Einbeziehung der mittleren Temperatur von bis zu drei Vorwochen den beobachteten Verlauf der Mortalität in Deutschland noch deutlich besser nachbilden kann. Die Berücksichtigung der Vorwochen erlaubt es, verzögerte Effekte von Hitze zu berücksichtigen, sodass eine heiße Woche beispielsweise auch die Mortalität in der folgenden Kalenderwoche beeinflussen kann. Darüber hinaus können auch kurzfristige Verschiebungen des Todeszeitpunktes („short time mortality displacement“) innerhalb von drei Wochen dargestellt werden. Der überarbeitete Indikator konnte dann auf Daten im Zeitraum 1992–2021 angewendet werden. Um Anpassungseffekte an wiederkehrende Hitzewellen über die Dekaden zu berücksichtigen, wurde die Expositions-Wirkungskurve in den Dekaden unabhängig bestimmt. Tatsächlich zeigt sich eine gewisse Anpassung an Hitze in Deutschland, sodass bei gleicher Hitzeexposition der Effekt auf die Sterblichkeit in den neueren Dekaden etwas geringer ausfällt.³ Im Vergleich zu den Ergebnissen des Monitoringberichts 2019 führte die Weiterentwicklung des Modells zu höheren Schätzungen hitzebedingter Todesfälle für die Jahre 2003, 2006 und 2010. Dagegen bestätigten sich die Schätzungen für die Jahre 2013 und 2015. In den Jahren 2018 bis 2020 kam es erstmals in drei aufeinander folgenden Jahren zu starken Hitzewellen, die jeweils zu einer

² an der Heiden M, Muthers S, Niemann H, Buchholz U, Grabenhenrich L, Matzarakis A: Schätzung hitzebedingter Todesfälle in Deutschland zwischen 2001 und 2015. Bundesgesundheitsblatt 2019, 62: 571-9.

³ an der Heiden M, Muthers S, Niemann H, Buchholz U, Grabenhenrich L, Matzarakis A: Heat-related mortality – an analysis of the impact of heatwaves in Germany between 1992 and 2017. Dtsch Arztebl Int 2020, 117: 603–9. doi: 10.3238/arztebl.2020.0603

signifikanten Erhöhung der Gesamtsterblichkeit in Deutschland geführt haben.⁴ Insgesamt sind Hitzewellen nach wie vor eine ernstzunehmende Bedrohung für die Gesundheit der Menschen in Deutschland.

2.2.1.2 UV-Strahlung

Das Themenfeld „Gesundheitliche Auswirkungen von UV-Strahlung“ wurde im Zuge der Priorisierungsdiskussion im Vorfeld der Erstellung des ersten Monitoringbericht nicht für eigene Indikatorentwicklungen vorgesehen, die Zusammenhänge mit dem Klimawandel nicht ausreichend geklärt schienen. Für die zweite Fortschreibung des Monitoringbericht hat jedoch das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) Interesse an der Einbindung eines Indikators zur UV-Belastung bzw. zum UV-Index angemeldet. Die dem Indikator zu Grunde gelegten Daten stammen aus dem deutschen solaren UV-Messnetz, an dem das Umweltbundesamt (UBA), der Deutsche Wetterdienst (DWD), die Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin in Dortmund (BAuA), die Christian-Albrechts-Universität zu Kiel (CAU), das Meteorologische Observatorium Lindenberg des Deutschen Wetterdienstes (DWD), das Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU Bayern), die Niedersächsische Gewerbeaufsicht (GAAHi) und das Leibniz-Institut für Troposphärenforschung e.V. (TROPOS) beteiligt sind. Die Messnetzzentrale ist im BfS angesiedelt.

Es werden inzwischen vielfältige Zusammenhänge zwischen dem Klimawandel und einer Zunahme der UV-Belastung diskutiert. Nicht zuletzt ist die Thematik auch sehr ausführlich in der Klimawirkungen und Risikoanalyse des Bundes (KWRA 2021⁵) diskutiert worden. Dies gab den Ausschlag, auch einen Indikator in das DAS-Monitoring aufzunehmen (GE-I-8).

Im Rahmen des oben erwähnten UBA-Vorhabens „Beitrag der Satellitenfernerkundung zur Ermittlung von DAS-Indikatoren“ (FKZ 3714 48 103 0) war auch zur Nutzung von Fernerkundungsdaten für das UV-Monitoring diskutiert worden. Ergebnis war, dass grundsätzlich auch die Nutzung von Satellitendaten denkbar ist, um das bundesweite solare UV-Messnetz mit weiteren Erhebungen zu ergänzen. Für den Copernicus-Dienst zur Überwachung der Atmosphäre wurde damals als Produkt der „Global Solar UV index forecast“ gelistet. Es handelte sich damals um ein Vorhersagemodell im präoperationellen Dienst, das täglich Vorhersagen für die kommenden fünf Tage (in 3-stündlicher Aktualisierung), allerdings in einer relativ groben räumlichen Auflösung anbietet. Aufgrund der damals noch intransparenten Dokumentation ließ sich noch nicht abschätzen, ob und inwieweit dieses Produkt tatsächlich nutzbar wäre. Mit der Entwicklung des neuen DAS-Monitoringindikators konnte gezeigt werden, dass das bundesweite solare UV-Messnetz ausreichend ist, um Aussagen zur Entwicklung der UV-Bestrahlungsstärke zu treffen. Aktuell stehen Daten ab 2016 zur Verfügung, das BfS bereitet

⁴ Winklmayr C, Muthers S, Niemann H, Mücke HG, an der Heiden M: Heat-related mortality in Germany from 1992 to 2021. *Dtsch Arztebl Int* 2022, 119: 451-7. doi: 10.3238/arztebl.m2022.0202

⁵ Wolf M, Ölmez C., Schönthaler K., Porst L., Voß M., Linsenmeier M, Kahlenborn W., Dorsch L., Dudda L. 2021: Klimawirkungs- und Risikoanalyse für Deutschland 2021 - Teilbericht 5: Klimarisiken in den Clustern Wirtschaft und Gesundheit. *Climate Change | 24/2021*, Dessau-Roßlau, 261 S. www.umweltbundesamt.de/publikationen/KWRA-Teil-5-Wirtschaft-Gesundheit

derzeit aber die seit 1995 erhobenen Messdaten der UV-Bestrahlungsstärke der spektral messenden Stationen unter Beachtung der anzusetzenden Qualitätsansprüche sukzessive auf, sodass die Zeitreihe für die Darstellung im nächsten Monitoringbericht 2027 deutlich verlängert werden kann.

Über die Risikobetrachtung durch die UV-Bestrahlungsstärke hinaus, gab es für den Monitoringbericht 2023 grundsätzliche Überlegungen, auch die Entwicklung von Hautkrebs Erkrankungen zum Indikationsgegenstand zu machen. Es werden zwei Arten von Hautkrebs unterschieden, das maligne Melanom (schwarzer Hautkrebs, Diagnoseschlüssel C43) und der nicht-melanotische Hautkrebs (heller/ weißer Hautkrebs, Diagnoseschlüssel C44). Das RKI führt für beide Erkrankungen die UV-Strahlung als größten Risikofaktor auf. Erste Recherchen zu möglichen Datenquellen ergaben folgende Möglichkeiten:

- Bundesweite Fallzahlen zum schwarzen Hautkrebs veröffentlicht das RKI seit 1999 jährlich im Jahresbericht des Zentrums für Krebsregisterdaten (ZfKD). Im Gemeinsamen Krebsregister (GKR) werden Daten zum schwarzen Hautkrebs auf Länder- und Kreisebene für Berlin, Brandenburg, Mecklenburg-Vorpommern, Sachsen-Anhalt, Sachsen und Thüringen geführt. Die Gesellschaft der epidemiologischen Krebsregister Deutschland (Gekid) veröffentlicht ebenfalls Daten zum schwarzen Hautkrebs auf Länderebene.
- Bundesweite Daten zum weißen Hautkrebs sind ab 2010 in den Jahresberichten des ZfKD im RKI veröffentlicht. Die Gekid veröffentlicht Daten auf Länderebene zum Diagnoseschlüssel C44 „Sonstige Tumore der Haut“ seit 1995. Hier müsste noch geklärt werden, ob der Schlüssel nur Arten des weißen Hautkrebses umfasst. Seit 2015 gelten Plattenepithelkarzinome und multiple aktinische Keratosen der Haut, die durch natürliche UV-Strahlung hervorgerufen wurden, als meldepflichtige Berufskrankheit 5103 nach Berufskrankheitenverordnung (BKV), Anlage 1, Nr. 5. Bei der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung e.V. (DGUV) können Daten zu Berufskrankheiten abgerufen werden. Zu diskutieren ist jedoch, inwieweit die Darstellung gemeldeter Berufskrankheiten die tatsächlichen Fallzahlen von weißem Hautkrebs in Deutschland abdecken. Eine Statistik über die tatsächlich gemeldeten Fälle aus einer Krebsregisterdatenbank würde ein vollständigeres Bild ermöglichen.

Eine weitere Vertiefung der Thematik konnte dann aber für den Monitoringbericht 2023 nicht mehr stattfinden.

2.2.1.3 Allergene und Luftschadstoffe

Zum Themenfeld „Gesundheitliche Auswirkungen von aerogenen Stoffen“ wird nunmehr zum dritten Mal ein Indikator zur Belastung mit Ambrosiapollen präsentiert (GE-I-4). Dieser steht dabei für die Ausbreitung neuer wärmeliebender und hoch allergener Pflanzen in Deutschland. Die Daten hierfür werden von der Stiftung Deutscher Polleninformationsdienst (PID) bereitgestellt. Für den Monitoringbericht 2023 wurde die Diskussion um einen weiteren Indikator zur Pollenbelastung von Baum- und Gräserpollen, die bereits im Zuge der Erstellung des ersten Monitoringberichts geführt wurde, wieder aufgenommen. Die alleinige Fokussierung auf die Ambrosia scheint in Anbetracht der zunehmenden Allergieproblematik zu spezifisch und nicht

ausreichend, zumal die Ambrosia-Ausdehnung in Deutschland noch vergleichsweise lokal begrenzt ist. In der „Hit-Liste“ allergischer Sensibilisierungen in der erwachsenen Bevölkerung stehen die Sensibilisierungen gegenüber Ambrosia mit 8,2 % an 20. Stelle und damit deutlich hinter den Pollen beispielsweise von Gräsern und Birke (Haftenberger et al. 2013 in Höflich 2018: 7⁶). Mit dem nun in das Indikatorenset eingefügten Birkenpollen-Indikator (GE-I-3) soll deutlich gemacht werden, dass es auch bei heimischen und deutschlandweit verbreiteten allergenen Arten Veränderungen geben kann, die Allergiker*innen in ganz Deutschland betreffen. Die Birke wird verwendet, weil sie sowohl von der Pollenmenge als auch der Verursachung von Allergien (40 % gehen auf Birkenpollen zurück) die bedeutendste Art ist.

Im Rahmen des FuE-Vorhabens „Beitrag der Satellitenfernerkundung zur Ermittlung von DAS-Indikatoren“ wurde ebenfalls nach möglichen Quellen für satellitengestützte Informationen zur Pollenbelastung recherchiert. Satellitendaten ermöglichen es generell, über die Bestimmung des Zeitpunkts der Blatentwicklung und der Blüte (z. B. über den Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)) Rückschlüsse auf die aktuelle Pollenverbreitung zu ziehen. Im Copernicus-Dienst zur Überwachung der Atmosphäre wurde 2016 (präoperationell) ein Produkt zur Pollenvorhersage (Birkenpollen) angeboten, das in sieben verschiedene Modellvarianten und einem Modellensemble verfügbar war. Es wurde jedoch ausdrücklich darauf hingewiesen, dass nur Aussagen zur Pollenbelastung auf groß-skaligem Maßstab möglich sind und keine Rückschlüsse auf die lokale Pollenbelastung gezogen werden können. Es war nicht ersichtlich, dass die Nutzung dieser Produkte eine bessere Alternative zu den direkten Pollenmessungen der PID darstellt.

Im Vergleich zur Beschreibung der Pollenbelastung⁷ gestaltet sich die Beschreibung des tatsächlichen Allergiegesehens als noch schwieriger. Neben den im Folgenden beschriebenen Problemen mit der Datenerfassung kommt hinzu, dass für die Entstehung von Allergien eine Vielzahl von Faktoren verantwortlich ist. Entscheidend sind genetische Vorbelastungen und nicht-spezifische Faktoren (wie Passivrauchen, Infektionen, schlechte Luftqualität und andere Umweltschadstoffe). Die Allergenexposition ist dabei nur einer der Einflussfaktoren. Übermäßige Hygiene wird ebenfalls für die Zunahme der Allergien verantwortlich gemacht. Die Datenerfassung zum Auftreten allergischer Erkrankungen muss sich mit einer Vielfalt von Krankheitsformen und -ausprägungen auseinandersetzen. Die Grenzen zwischen gesund und krank sind häufig fließend, die Beschwerden der Betroffenen kommen und gehen. Daher unterscheiden sich auch die Ergebnisse epidemiologischer Studien zum Auftreten von Allergien teilweise beträchtlich. Zuverlässige und übereinstimmende Aussagen zu Verbreitung und Trend von Allergien sind unter diesen Bedingungen nur schwer zu bekommen. Als möglicher Indikator zum Allergiegesehen wurde für den Monitoringbericht 2015 ein Indikator basierend auf den Daten des Pollentagebuchs der PID ausgearbeitet. Im Online-Pollentagebuch erfassen seit

⁶ Höflich C. 2018: Pollen-assoziierte allergische Erkrankungen in Zeiten des Klimawandels. Neue Daten zur Entwicklung in Deutschland. UMID: Umwelt und Mensch – Informationsdienst (01): 5-14.
www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/360/publikationen/allergische_erkrankungen_klimawandel.pdf

⁷ Zum aktuellen Stand in Deutschland: Fachübergreifender Arbeitskreis „Bundesweites Pollenmonitoring“ 2019: Perspektiven für ein bundesweites Pollenmonitoring in Deutschland. Bundesgesundheitsbl 62, 652-661.
doi: 10.1007/s00103-019-02940-y

dem Jahr 2009 Menschen mit Heuschnupfen ihre aktuellen Beschwerden an Augen, Nase und Lungen und verbinden diese mit den Werten der Pollenaktivität von Orten, an denen sie sich gerade aufhalten. Das Tagebuch ist damit ein Instrument zur Erfassung der Betroffenheit der Bevölkerung und zur Klärung der bisher noch ungelösten Frage von Schwellenwerten (Anzahl der Pollen pro Kubikmeter Luft, die nötig sind, um Symptome auszulösen). Der Indikator wurde aber aufgrund der hohen Subjektivität der Selbsteinschätzungen der Teilnehmenden letztendlich nicht in das Indikatorenset aufgenommen. Eine alternative Datenquelle gibt es derzeit nicht. Das Allergiemonitoring von BMG / RKI und BMELV wurde in Form von Querschnittsstudien durchgeführt, aber bereits Ende 2012 eingestellt. Die Auswahl der Probanden erfolgte im Rahmen eines zweistufigen Stichprobenverfahrens und führte zu einer repräsentativen Probandenauswahl (nur Erwachsene). Die Daten der Ersterhebung sind inzwischen ausgewertet⁸. Da es zu dieser Zeit keine klare Perspektive für ein künftiges Allergiemonitoring und die Nutzung der PID-Daten für die Zwecke der Berichterstattung zur DAS gab und die Daten des Pollentagebuchs auf freiwilligen Eintragungen beruhen und nicht repräsentativ sind, wurde der Indikator für den Monitoringbericht 2015 letztendlich verworfen. Für die Monitoringberichte 2019 und 2023 wurde die Thematik nicht weiter diskutiert.

Ergänzend wurde vor 2015 außerdem diskutiert, das Thema Sensibilisierung gegenüber Allergenen in einem Indikator aufzugreifen. In der Tat sind die Ursache-Wirkungszusammenhänge im Falle der allergischen Reaktionen außerordentlich kompliziert. Ausgehend von einer Belastung mit Allergenen kann es zu einer Sensibilisierung beim Menschen kommen. Diese kann, muss aber keineswegs mit dem Auftreten allergischer Symptome einhergehen. Für den DAS-Monitoringbericht 2015 lag die Information vor, dass es in Deutschland bisher kein systematisches Monitoring der Sensibilisierung gegen Allergene gibt und umfassende epidemiologische Studien für Deutschland nicht vorliegen. Allerdings wäre die Datenverfügbarkeit über die „Studie zur Gesundheit Erwachsener in Deutschland“ (DEGS) im Weiteren zu prüfen. Zum Thema Sensibilisierung wurde für die Monitoringberichte 2019 und 2023 allerdings nicht erneut gearbeitet. Dies könnte aber für künftige Monitoringberichte von Interesse sein.

Als Beispiel für eine zunehmende Belastung mit biologisch aktiven Partikeln tierischer Herkunft wurde 2014 der Eichenprozessionsspinner (EPS) für die Indikatorbildung ausgewählt, da dessen zunehmende Ausbreitung mit wärmeren Witterungsbedingungen in Zusammenhang gebracht wird. Im DAS Monitoringbericht 2015 wurde das Gefährdungspotenzial mit dem damaligen Indikator GE-I-4 (Gefährdung durch Eichenprozessionsspinner) beschrieben. Als Datenquelle wurde eine vom Julius Kühn-Institut veröffentlichte Verbreitungskarte zum Eichenprozessionsspinner verwendet, die die Anzahl von Landkreisen mit erheblichem Befall abgebildet hat. Das JKI teilte der Koordinationsstelle für das DAS Monitoring allerdings im Zuge der Datenfortschreibung für den Monitoringbericht 2019 mit, dass die Verbreitungskarte nicht mehr aktualisiert wird, da der Schaderreger bereits bundesweit vorkommt. Weil die Befallsstärke

⁸ Langen U., Schmitz R., Steppuhn H. (RKI) 2013: Häufigkeit allergischer Erkrankungen in Deutschland – Ergebnisse der Studie zur Gesundheit Erwachsener in Deutschland (DEGS1). Bundesgesundheitsbl 2013 56: 698-706. doi: 10.1007/s00103-012-1652-7

zwischen den Bundesländern stark variiert, seien kleinräumigere Verbreitungsanalysen besser geeignet, um Veränderungen sichtbar zu machen. Die landesspezifischen Daten lägen allerdings nur bei den einzelnen Ländern (Pflanzenschutzdienst) vor.

Bei der Entwicklung des Indikators GE-I-4 war zudem auch diskutiert worden, Fälle von EPS-Gesundheitsschäden zum Indikationsgegenstand zu machen. Es gibt aber Probleme, die tatsächliche Symptomatik von EPS-Kontakten zu erfassen. Die am häufigsten auftretende EPS-Raupendermatitis zeigt kein eindeutiges klinisches Bild, das eine Unterscheidung zu anderen (Raupen-) Dermatitiserkrankungen ermöglichen würde. Eine solche Differenzierung wäre jedoch die Voraussetzung für den Aufbau eines Meldesystems zu Erkrankungen, die von EPS verursacht worden sind. Erschwerend kommt hinzu, dass in Gebieten mit EPS häufig ein Mischbefall verschiedener Schadorganismen vorliegt, die zum Teil vergleichbare klinische Bilder hervorrufen können. Außerdem ist die Bevölkerung in Gebieten mit vermehrtem Befall von EPS in der Regel inzwischen verhältnismäßig gut informiert und führt auch ohne Konsultation von Ärzten Selbstmedikationen durch, sofern es sich nicht um eine schwerwiegende Symptomatik handelt⁹. Die Sensibilisierungsrate der Bevölkerung lässt sich – vergleichbar dem Pini-enprozessionsspinner – derzeit noch nicht ermitteln, da ein passender Pricktest (Allergietest) noch nicht zur Verfügung steht. Auf der Ebene klinischer Befunde lässt daher derzeit kein Indikator für die DAS vorschlagen.

Die Problematik gesundheitlicher Beeinträchtigungen durch Verschlechterung der Innenraumhygiene wurde bis 2015 auch im Zusammenhang mit dem DAS-Handlungsfeld „Bauwesen“ diskutiert. Experten des UBA (FG II 1.3) gingen damals jedoch davon aus, dass der Klimawandel (über höhere Luftfeuchte in Häusern oder die Folgen von Hochwasserereignissen) nicht mit relevanten Wirkungen auf das Wachstum von Schimmelpilzen verbunden ist, auch wenn sich möglicherweise das Artenspektrum verändern könnte. Dieser thematische Teilaspekt wurde daher in der weiteren Diskussion nicht mehr berücksichtigt. Auch gesundheitliche Beeinträchtigungen infolge vermehrter luftbürtiger Keimverbreitung bei einer häufigeren und intensiveren Verwendung von Klimaanlage und Luftbefeuchtern lassen sich mit Daten nach damaliger Erkenntnis nicht abbilden (außerdem sind die Verbindungen mit den Klimaveränderungen hier stark indirekter Natur). Zu diesem thematischen Teilaspekt wurde im Kontext der Erstellung der Monitoringberichte 2019 und 2023 nicht erneut diskutiert.

Zum thematischen Teilaspekt „Vermehrtes Auftreten von Atemwegserkrankungen infolge veränderter Verteilungsmuster und atmosphärischer Mischung von Schadstoffen“ gab es bis zur zweiten Berichtsfortschreibung keine vertiefende Diskussion, da die Luftschadstoffbelastung von einer Vielzahl anderer Faktoren bestimmt ist, die die Einflüsse des Klimawandels deutlich überlagern können. Für den Monitoringbericht 2023 wurde die Thematik aber wieder aufgeru-

⁹ Telefonat mit Dr. Ursula Schwegler im Jahr 2010, Bayerisches Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit

fen, und es wurde entschieden, einen Indikator zur Ozonbelastung in das Indikatorenset aufzunehmen. So haben Schlegel et al. (2021¹⁰) im Auftrag des UBA den Einfluss des Klimawandels auf die Morbidität und Mortalität von Atemwegserkrankungen und ischämischen Herzerkrankungen untersucht. Es wurden dabei gezielt auch die Wechselwirkungen meteorologischer und lufthygienischer Komponenten analysiert und modelliert. Die Modellergebnisse weisen darauf hin, dass es enge Verbindungen zwischen der Morbidität und Mortalität und den Faktoren Temperatur, Wasserdampfdruck, Luftdruck und Luftschadstoffe gibt. Der nun in das DAS-Monitoring aufgenommene Indikator (GE-I-9) fokussiert auf Ozon, da für die Ozonbildung in besonderem Maße witterungsbedingte Faktoren bedeutsam sind.

Unabhängig von dieser Feststellung wurde im Rahmen des FuE-Vorhabens „Beitrag der Satellitenfernerkundung zur Ermittlung von DAS-Indikatoren“ geprüft, welche Beiträge Fernerkundungsdaten zu dieser Problemstellung liefern können. Die damaligen Untersuchungen kamen zu dem folgenden Ergebnis: Der Copernicus-Dienst zur Überwachung der Atmosphäre bietet mehrere Produkte an, welche die Schadstoffkonzentration und Luftqualität in Europa analysieren (z. B. CO₂, CO SO₂, NO_x, PM_{2.5}, PM₁₀, HCHO, O₃, Staub), wobei bodennahe Schadstoffkonzentrationen i. d. R. modelliert werden. Prinzipiell stellt die grobe räumliche Auflösung vieler Produkte eine Einschränkung dar, da dadurch Rückschlüsse auf die Ursachen oder die möglichen Folgen erschwert sind. Interessant könnte es ggf. sein, das gleichzeitige Auftreten von Hitze und erhöhten Konzentrationen von Luftschadstoffen als besonders gesundheitlich belastende Situationen zu analysieren. Eine solche Analyse wäre aber nicht zwingend auf Fernerkundungsdaten angewiesen. Vielmehr würde sie große Herausforderungen an die Verknüpfung dieser Daten stellen (Prüfung der zeitlichen und räumlichen Korrelation, Festlegung gesundheitlich relevanter Schwellenwerte etc.). Grundsätzlich sollten die Entwicklungen zum Schadstoffmonitoring mithilfe von Satellitendaten jedoch weiter verfolgt werden, insbesondere weil mit den Sentinel-Daten in Zukunft höher aufgelöste Daten zur Verfügung stehen. Des Weiteren werden auf Satellitendaten basierende Produkte auch verstärkt von Behörden nachgefragt bzw. bereits eingesetzt, wie im Fall EURAD-IM. Aus Sicht des UBA wären beispielsweise operationelle, hochaufgelöste und hochfrequente Produkte zum Monitoring der Luftqualität wünschenswert, da dadurch auch auslösende Faktoren, wie Saharastaub, Vulkanasche oder Staub aus Waldbränden, besser erfasst werden könnten, die wiederum in den kommunalen Schadstoff-Jahresbilanzen herausgerechnet werden können.

2.2.1.4 Vektorvermittelte Krankheiten

Zum Themenfeld „Vektorvermittelte Krankheiten“ wurden sehr umfassende, auch kontroverse Diskussionen zu den Indikationsmöglichkeiten geführt. Unter vektorvermittelten Krankheiten werden in der Infektionsepidemiologie solche Krankheiten verstanden, deren Erreger durch blutsaugende Gliedertiere (= Vektoren) wie Stechmücken oder Zecken übertragen werden. Die Übertragung kann dabei über den Vektor von Mensch zu Mensch, von Tier zu Mensch oder von Tier zu Tier erfolgen. Dieses komplexe System aus Krankheitserregern, Überträgern

¹⁰ Schlegel I., Muthers S., Matzarakis A. 2021: Einfluss des Klimawandels auf die Morbidität und Mortalität von Atemwegserkrankungen. Umwelt und Gesundheit 04/2021, Dessau-Roßlau, 207 S.

und Wirten kann auf vielfältige Weise durch Klimaänderungen beeinflusst werden, wobei die Ursache-Wirkungsbeziehungen noch nicht vollständig aufgeklärt sind. Indikationsgegenstände können theoretisch die Verbreitung und Abundanzveränderung von möglichen Vektoren und von vektorübertragene Krankheitserregern sowie die Erhöhung der Prävalenz bzw. Inzidenz von Infektionskrankheiten sein.

Klare Beweise für den Einfluss des (bereits beobachteten) Klimawandels auf die Ausbreitung und Inzidenz vektorvermittelte Krankheiten wie Malaria, Dengue, Leishmaniose und Frühsommer-Meningoenzephalitis (FSME) fehlen. Im Falle der Hantavirus-Infektion, die zu den meldepflichtigen Infektionskrankheiten gehört, wurden die Zusammenhänge zwischen Klimawandel, Mastjahren und Hantavirus-Infektionen intensiver untersucht (Jacob et al. 2012¹¹). Daher wurde für den Monitoringbericht 2015 auf der Basis von bundesweiten Meldedaten beim RKI ein Indikator ausgearbeitet, der dann aber aufgrund der nach wie vor bestehenden Unsicherheiten der Zusammenhänge mit dem Klimawandel im damaligen Abstimmungsprozess wieder aus dem Indikatorenset entnommen wurde. Um jedoch zumindest die Risiko neuer Infektionskrankheiten wie Chikungunya-Fieber und Dengue-Fieber umreißen zu können, wurde in der Experten:innenabstimmung zwischen UBA, FLI und RKI entschieden, als Risikoindikator die Ausbreitung und Etablierung exotischer Mücken abzubilden (GE-I-5: Überträger von Krankheitserregern (Fallstudie)). Auch wenn von einem solchen Indikator nicht direkt auf eine mögliche Gesundheitsgefährdung rückgeschlossen werden kann, lässt sich anhand der Funde exotischer Mücken und ihrer Verbreitung deutlich machen, dass sich Veränderungen im Vektorenvorkommen vollziehen, aus denen in Zukunft bei Assoziierung entsprechender Krankheitserreger Infektionsrisiken für den Menschen resultieren können. Für die Mücken lassen sich wichtige Eintrittspforten exotischer Mücken nach Deutschland lokalisieren, an denen bereits Untersuchungen zum Vorkommen stattfinden. Eine solche Eintrittspforte für Arten aus Südeuropa ist das stark wärmebegünstigte Oberrheintal, wo die Kommunale Arbeitsgemeinschaft zur Bekämpfung der Schnakenplage (KABS e.V.) das deutschlandweit stabilste und langjährigste Beobachtungsnetz betreibt. Diese Daten werden dem Fallstudien-Indikator GE-I-6 zugrunde gelegt. Ein räumlich breiter angelegtes und stabiles Beobachtungsnetz für die Bundesrepublik gibt es allerdings bisher nicht. Die Erhebungen der KABS e.V. sind an Forschungsgelder gebunden und endeten im Jahr 2020. Seither werden weder auf Bundes- noch auf Landesebene Mittel für eine Fortführung des Monitorings bereitgestellt werden. Der Indikator wird sich unter diesen Bedingungen nur noch einmalig für den Monitoringbericht 2023 fortschreiben lassen, es sei denn, es kommt doch noch zu einer fortgesetzten Mittelbereitstellung. Als Alternative könnte künftig der Mückenatlas (<https://mueckenatlas.com>), der vom Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) e.V. und vom Friedrich-Loeffler-Institut (FLI) aufgebaut und betrieben wird, als Datenquelle für die Mückenverbreitung genutzt werden. Über die bundesweiten Einsendungen der Mückensammler*innen (s. auch Indikator GE-

¹¹ Jacob J., Reil D., Imholt C., Schmidt S., Ulrich R. 2012: Mögliche Auswirkungen des Klimawandels auf die Verbreitung Hantaviren-übertragender Nagetiere. Unveröffentlichter Schlussbericht des UBA FuE-Vorhabens 3709 41 401, Münster, 63 S.

R-4) lassen sich Verbreitungsmuster herausarbeiten. Der Betrieb des Mückenatlas wird derzeit verstetigt. Es handelt sich allerdings um Citizen-Science-Daten, die nicht systematisch erhoben werden, aber qualitätsgesichert werden.

2.2.1.5 Verminderte Badegewässerqualität

Zum Themenfeld „Gesundheitliche Auswirkungen von verminderter Badegewässerqualität“ wurde bereits für den Monitoringbericht 2015 ein Indikator zur Belastung von Badegewässern mit Cyanobakterien als Fallstudie erarbeitet. Mit Blick auf in-situ-Daten besteht das Problem, dass es bis heute keine bundesweite Quelle hochfrequent erhobener Daten zum Cyanobakterienvorkommen in Seen gibt. Art. 8 der EG-Badegewässerrichtlinie 2006/7/EG über die Qualität der Badegewässer und deren Bewirtschaftung schreibt zwar eine geeignete Überwachung vor, wenn das Profil des Badegewässers auf ein Potenzial für eine Massenvermehrung von Cyanobakterien hinweist. Von den Ländern durchgeführte Untersuchungen an ihren jeweiligen Badeseen dienen aber in der Regel primär der „ad-hoc-Entscheidung“, ob der Badebetrieb aufrecht erhalten werden kann. Im Rahmen der Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie wird für die Seen nach dem in Abstimmung mit der LAWA entwickelten Verfahrensvorschlag von Mischke & Nixdorf (2008¹²) der Phyto-See-Index (PSI) ermittelt. Die Erhebungen finden nach den Vorgaben der Oberflächengewässerverordnung nur an ausgewählten Messstellen mindestens alle drei Jahre mit mindestens sechs Proben pro Jahr statt und sind damit für die Generierung eines Monitoringindikators zu niederfrequent. Für das DAS-Monitoring wurde vor diesem Hintergrund für die Berichte 2015 und 2019 mit einer Fallstudie für den Großen Müggelsee in Berlin gearbeitet.

Möglichkeiten zur satellitengestützten Erfassung der Belastung von Gewässern mit Blaualgen wurden bereits im Rahmen des FuE-Vorhabens „Beitrag der Satellitenfernerkundung zur Ermittlung von DAS-Indikatoren“ diskutiert. Die dabei identifizierten Verfahren und Services (wie CyanoLakes, ein öffentlicher Informations- und Warndienst, der über mobile Anwendungen wöchentliche Updates, Vorhersagen und Echtzeit-Informationen zu Blaualgenblüten zur Verfügung stellt¹³, und eine EOMAP-Web-Application (eoApp), die zu Parametern wie Trübung, Chlorophyll-a und gefährliche Algenblüten Online-Daten in 30 m Auflösung Daten liefert), standen bisher noch nicht regelmäßig und auch nicht kostenfrei zur Verfügung. Im Rahmen des oben erwähnten DASIF-Vorhabens „Operationalisierung von Indikatoren der Deutschen Anpassungsstrategie Klimawandel mit Fernerkundungsdaten“ wurde nun die mögliche Nutzung von Satellitendaten für die Identifizierung von Cyanobakterien-Belastungen geprüft. Es wurden konkrete Erprobungen durchgeführt, die Ergebnisse für 15 Seen, die repräsentativ über die Deutschland verteilt sind, lieferten. Damit ließ sich nun die Fallstudie in einen bundesweiten

¹² Mischke U. & Nixdorf B. (Hg.) 2008: Gewässerreport (Nr. 10): Bewertung von Seen mittels Phytoplankton zur Umsetzung der EU-Wasserrahmenrichtlinie. BTUC-AR 2/2008, 263 S.

¹³ Matthews M.W. & Bernard S. 2015: Eutrophication and cyanobacteria in South Africa's standing water bodies: A view from space. South African Journal of Science, Volume 111, Number 5/6. doi: 10.17159/sajs.2015/20140193

Monitoringindikator überführen (GE-I-6), der nun ausschließlich auf die Auswertung von Satellitendaten gestützt ist.

Mit Blick auf verminderte Badegewässerqualitäten an den Küstengewässern wurde in der KWRA 2021 die Problematik der Belastung mit *Vibrio vulnificus* und weiteren Vibrionenarten analysiert. Die Thematik hat seit Längerem wissenschaftliches Interesse geweckt und ist auch Gegenstand wissenschaftlicher Kongresse bzw. deutschland- und weltweiter Forschungsprojekte. Vibrionen kommen natürlicherweise in Brack- und Meerwasser vor und können tödliche Infektionen hervorrufen. Das Vermehrungspotenzial der Vibrionen und entsprechend auch das Infektionspotenzial sind sowohl von der Salinität als auch von der Wassertemperatur abhängig. Erreicht das Wasser erstmalig einen gewissen Schwellenwert (meist rund 20 °C) werden die Vibrionen aktiv und ihre Vermehrung ermöglicht. Auch wenn die Wassertemperatur anschließend wieder unter diesen Wert sinkt, bleiben die Erreger noch aktiv. Mit der Erwärmung der Meere könnte die Zahl der Infektionen durch Vibrionen steigen, weil diese früher und länger im Jahr aktiv sind. Möglich ist zudem, dass das Thema auch deshalb an Relevanz gewinnt, weil die Bevölkerung insgesamt älter (und damit potenziell sensitiver) wird und die Ostsee als vergleichsweise salzarmes Meer als Urlaubsort attraktiver wird. Für die Entwicklung eines Monitoringindikators (GE-I-7: Gesundheitsgefährdung durch Vibrionen) wurden verschiedene Datenquellen geprüft und letztendlich Daten beim Landesamt für Gesundheit und Soziales (LAGuS) Mecklenburg-Vorpommern aus Messungen der Vibrionenkonzentration an ausgewählten Badestellen an der Ostsee angefragt und verarbeitet. Es werden dabei neben *Vibrio vulnificus* auch andere *Vibrio*-Arten berücksichtigt, von denen ein Gesundheitsrisiko ausgeht. Das LAGuS nutzt die Daten, um entsprechende Warnungen an die Bevölkerung bei erhöhtem Risiko für eine Infektion auszusprechen. Die für den Indikator ausgearbeitete Zeitreihe beginnt im Jahr 2008, als durch das LAGuS die Umstellung von einer rein qualitativen Datenerhebung auf eine quantitative Erhebung mit Bestimmung der Konzentration erfolgte. Im Laufe der Jahre wurde zudem die Zahl der regelmäßig beprobten Entnahmestellen ausgeweitet. Unterschiede in der entnommenen Probenzahl je Entnahmestelle und Jahr fanden in der Auswertungsmethodik Berücksichtigung.

2.2.1.6 Psychische Gesundheit

Der Klimawandel und die Katastrophen, die in seiner Folge vermehrt und / oder verstärkt auftreten, können zu psychischen Belastungen und Störungen führen. Fachleute der Notfallpsychologie gehen davon aus, dass bei bis zu 30 % aller Menschen, die eine Naturkatastrophe wie eine Flut erlebt haben, ein erhöhtes Risiko für eine Posttraumatische Belastungsstörung besteht. Auch die erlebte Bedrohung durch den Klimawandel und die Wahrnehmung von unaufhaltsamen Veränderungen oder Zerstörungen der heimischen Umwelt können erhebliche psychische Belastungen mit sich bringen. Die Symptome der inzwischen untersuchten Krankheitsbilder reichen von Gefühlen von Angst, Sorgen, Verlust und Trauer bis hin zu Vermeidungshaltung, Handlungslähmung, Appetitverlust, Schlaflosigkeit oder Panikattacken. Vermutet wird auch, dass Ereignisse wie Hitzewellen vermehrte Konflikte, verstärkte Gewalt und höhere Suizidraten mit verursachen können. All diese Krankheitsbilder, die im Zusammenhang

mit dem Klimawandel stehen, sind allerdings noch nicht ausreichend erforscht, um hierzu schon konkrete Zahlen und Fakten präsentieren und Indikatoren generieren zu können.

2.2.2 Response-Indikatoren

Die Entwicklung von Response Indikatoren im Handlungsfeld „Menschliche Gesundheit“ gestaltet sich nach wie vor schwierig. Die bisherigen Indikatoren beschränkten sich vor allem auf Informations- und Warndienste (Bereitstellung und Nutzung). Die beiden Indikatoren Hitze-warndienst (GE-R-1) und Informationen zu Pollen (GE-R-3) wurden auch für den Monitoring-bericht 2023 fortgeführt. Es wurde für den Monitoringbericht 2023 zudem ein weiterer Indikator zu den Einsendungen zum Mückenatlas ergänzt (GE-R-4). Außerdem wurde der im Indikato-rensystem bereits als Indikator-zusatz GE-I-1 geführte und im Monitoringbericht 2019 erstmals auch abgebildete Indikator „Bewusstsein der Bevölkerung für gesundheitliche Folgen von Hit-zewellen“ für den Monitoringbericht als eigenständiger Indikator etabliert. Er wurde nun aber konsequenter Weise auf die Response-Ebene verschoben (nun als GE-R-2), da die Entwick-lung der Zeitreihe bereits als Ergebnis einer erfolgreichen Öffentlichkeits- und Aufklärungsar-beit interpretiert werden kann.

Zur Abbildung des Themenfelds „Verbesserung der Prophylaxe“ gab es in den Monitoringbe-richten 2015 und 2019 eine hessische Fallstudie zu prophylaktischen Maßnahmen in den sta-tionären Einrichtungen der Alten- und Behindertenhilfe während Hitzewellen (GE-R-2: Erfolge des Hitzewarndienstes). Für diese Fallstudie zeichnet sich aber nach wie vor keine Möglich-keit ab, sie in einen bundesweiten Indikator umzuwandeln. Es kommt hinzu, dass die Daten in den letzten Jahren keine relevanten Entwicklungen mehr gezeigt haben, bzw. sich die Indikator-werte den Zielsetzungen stark angenähert haben. Vor diesem Hintergrund wurde entschieden, den Indikator nicht mehr weiterzuführen.

Mit dem Response-Indikator (GE-R-1) soll auch weiterhin die Anzahl der Abonnements des Hitzewarndienstes, mit dem Indikator GE-R-3 die Abonnements des Pollenfluggefahrenindex abgebildet werden. Die Zahlen für die Jahre 2018 und 2019 können allerdings vom DWD nicht bereitgestellt werden, da sich mit Einführung der DSGVO 2018 die Bedingungen für die Da-tenhaltung geändert haben und ein Abspeichern der Daten im alten System nicht mehr möglich war. Mit individuellen monatlichen Abrufen konnte in 2020 und 2021 die Systemumstellung überbrückt werden. Seit 2022 stehen wieder reguläre Daten aus dem System zur Verfügung, sodass der Indikator weitergeführt werden kann. Es stellt sich allerdings nach wie vor das Problem, dass das Newsletter-Angebot nur einen Ausschnitt aus dem gesamten Informations- und Warnangebot des DWD abbildet. Es besteht die Möglichkeit, dass Newsletter-Abonnenten zu den App-Angeboten des DWD „abwandern“. Dies führt dann im Indikator zu abnehmenden Zahlen, obwohl die Angebote des DWD möglicherweise insgesamt sogar intensiver genutzt werden. Die Hitze Warn-App des DWD wurde inzwischen abgeschaltet. Seit Ende Mai 2020 wird die thematisch deutlich breitere GesundheitsWetter-App angeboten. Sie versorgt das Ge-sundheitswesen, besonders betroffene Menschen und Risikogruppen sowie die allgemeine Öffentlichkeit zur aktuellen Warn- und Wettersituation in Bezug auf die aktuellen Gesund-heitseinflüsse. Konkret beinhaltet sie die amtlichen UV-Warnungen (mit UV-Index und UV-Warnung für Kinder), die amtlichen Hitzewarnungen und die Information über die Gefühle

Temperatur, die Pollenflugvorhersage zu Hasel, Erle, Esche, Birke, Süßgräser, Roggen, Beifuß und Ambrosia sowie Gefahrenindices zur Wetterfähigkeit zu allgemeinen Befindensbeeinträchtigungen. Der Bezug kostet 0,99 €, weshalb davon ausgegangen werden kann, dass bei den Abonnenten ein ernsthaftes Interesse an der Nutzung besteht. Für die Weiterentwicklung dieser Response-Indikatoren ist denkbar, künftig die Nutzung GesundheitsWetter-App zum Indikationsgegenstand zu machen und Teilindikatoren zu Hitze und Pollen aufzulösen.

Der neue Indikator zu den Einsendungen zum „Mückenatlas“ (GE-R-4), einem Citizen-Science Projekt von FLI und ZALF, drückt das öffentliche Interesse am Thema Verbreitung invasiver Mücken aus. Mit der Anzahl der postalischen Einsendung wird deutlich, wie präsent das Thema in den einzelnen Jahren in der öffentlichen Wahrnehmung ist. So war beispielsweise die Zahl der Einsendungen als Folge der Zika-Epidemie 2015 / 2016 in Südamerika, die in Verbindung mit den Olympischen Sommerspielen 2016 in Brasilien in der Presse sehr intensiv thematisiert wurde, im Jahr 2016 besonders hoch.

Schon im Kontext des Monitoringberichts 2015 wurden zum Themenfeld „Eindämmen von Krankheitsursachen“ mehrere Indikationsmöglichkeiten diskutiert, aber aus den folgenden Gründen verworfen:

- Ambrosia-Kontrolle: Im Falle der Ambrosia fehlt es bislang an bundesweiten rechtlichen Regelungen, um die Bestandskontrolle und konkrete Bekämpfungsmaßnahmen auf der operativen Ebene der Kommunen und Landkreise anordnen und durchführen zu können. Die Ambrosie wird u. a. nicht in der vom BMU veröffentlichten offiziellen Liste giftiger Pflanzen geführt. Die einzige Eingriffsmöglichkeit liegt bei den Kommunen, die aus Gründen des in ihrer Hoheit liegenden Gesundheitsschutzes im Rahmen der polizei- bzw. ordnungsbehördlichen Gefahrenabwehr Beseitigungsanordnungen aussprechen können. Allerdings besteht auch hier ein Problem mit protektiven Beseitigungsanordnungen. Bei strenger Auslegung des Pflanzenschutzgesetzes und der EU-Richtlinie zum Einsatz von Pflanzenschutzmitteln ist die Herbizid-gestützte Bekämpfung von Ambrosiabeständen eng begrenzt. Öffentliche Stellen, die mit der Pflege von öffentlichem Grün und Straßenbegleitgrün betraut sind, verfügen darüber hinaus i. d. R. nicht über die Voraussetzungen zum Einsatz von Herbiziden (Lagerung, Ausbringung etc.). Mit regelmäßiger Mahd alleine lässt sich die Ausbreitung aber nicht verhindern.

Auf europäischer Ebene ist auf der Grundlage eines Gutachtens der europäischen Lebensmittelsicherheitsbehörde (EFSA 2010¹⁴) eine EU-Verordnung zur Begrenzung der Kontamination von Futtermitteln mit Ambrosiasamen geschaffen worden (EU 2011¹⁵).

¹⁴ EFSA – Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM), EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies (NDA), EFSA Panel on Plant Health (PLH) 2010: Scientific Opinion on the effect on public or animal health or on the environment on the presence of seeds of *Ambrosia* spp. in animal feed. EFSA-Journal 2010; 8(6): 1566 (37 ff.). doi: 10.2903/j.efsa.2010.1566.

¹⁵ Verordnung (EU) Nr. 574/2011 der Kommission vom 16. Juni 2011 zur Änderung des Anhangs I der Richtlinie 2002/32/EG des Europäischen Parlaments und des Rates hinsichtlich der Höchstgehalte für Nitrit, Melamin, *Ambrosia* spp. und der Verschleppung bestimmter Kokzidiostatika und Histomonostatika sowie zur Konsolidierung der Anhänge I und II derselben. Amtsblatt der Europäischen Union L 159: 7-24.

In einigen Bundesländern ist der Befall mit Ambrosia noch punktuell. In diesem Stadium sind protektive Maßnahmen noch möglich und sinnvoll, um eine unkontrollierte flächen-deckende Ausbreitung zu verhindern. Hierzu bedarf es allerdings der Bekämpfung mit allen technischen Möglichkeiten. Ohne die Schaffung entsprechender rechtlicher Rahmenbedingungen ist dies aber nicht möglich. Das Fehlen bundesweiter Regelungen zur wirksamen Ambrosia-Kontrolle und die Tatsache, dass Bekämpfungsmaßnahmen sehr lokal und wenig systematisch umgesetzt werden, führen dazu, dass es auf Bundesebene keine Daten für die Entwicklung eines entsprechenden Indikators gibt.

- Kontrolle von EPS: Ähnlich wie bei der Ambrosie verhält es sich mit Maßnahmen zur Bekämpfung des EPS. Maßnahmen werden i. d. R. auf kommunaler Ebene koordiniert und durchgeführt. Erschwert ist die Bekämpfung auf der Grundlage des Pflanzenschutzgesetzes (zum Waldschutz) und des Biozidgesetzes (zum Gesundheitsschutz) durch den Tatbestand, dass es bislang nur wenige verfügbare Mittel speziell zur Bekämpfung des EPS gibt und diese nur zum Teil zugelassen sind. Ohne Genehmigung einsetzbar sind lediglich physikalische oder mechanische Maßnahmen (wie beispielsweise das Absaugen von Raupennestern und -haaren), durch deren Einwirkung die Schadorganismen zerstört, abgeschreckt oder unschädlich gemacht werden. Diese sind aber grundsätzlich kostenintensiv und bedürfen einer hohen Logistik. Örtlich behilft man sich auch mit der Absperrung ganzer Baumareale, um den Kontakt mit der Bevölkerung zu vermeiden. Daten zu konkreten Bekämpfungsmaßnahmen sind aber nicht verfügbar.
- Bekämpfung von Stechmücken: Maßnahmen zur Bekämpfung von Stechmücken werden in Deutschland nicht systematisch und großflächig durchgeführt, da dies differenzierte Informationen zu ihrem Vorkommen, insbesondere ihren Brutstätten sowie zu den ökologischen Rahmenbedingungen in den Habitaten voraussetzt. Am Oberrhein werden basierend auf dem Mücken-Monitoring der KABS gezielte Bekämpfungsmaßnahmen durchgeführt. Grund ist, dass in diesem Raum, insbesondere im Zusammenhang mit Hochwasserereignissen, ein gesteigertes öffentliches Interesse an einer Bekämpfung der Stechmücken besteht, da Mückenplagen die Nutzung von Freizeiteinrichtungen (z. B. von Parkanlagen, Schwimmbädern, Tennisplätzen) deutlich einschränken und auch ökonomische Einbußen (z. B. im Gaststättengewerbe) zur Folge haben können. Gezielte Bekämpfungsmaßnahmen (wie in vielen tropischen Ländern) sind für Deutschland in Zukunft grundsätzlich auch auf größeren Flächen denkbar. Hierfür bedürfte es aber systematisch und kontinuierlich erfasster Daten zur Vektorverbreitung und zur Erregerlast der Vektoren, um gezielt eingreifen zu können.

Im Falle der Themenfelder „Notfallversorgung und Behandlung aufgetretener Krankheiten“ und „Verbesserung des Umfelds zur Risikominimierung“ gibt es mehrere Schnittstellen mit Indikatoren, die im Zusammenhang mit anderen DAS-Handlungsfeldern und Querschnittsthemen diskutiert wurden. Bei Schnittstellen zum DAS-Querschnittsthema „Raum-, Regional- und Bauleitplanung“ und zum Handlungsfeld „Bauwesen“ handelt es sich um Indikatoren, die im Kontext menschliche Gesundheit eher indirekte Indikationsaufgaben erfüllen, da es sich um planerisch-steuernde Maßnahmen handelt (z. B. RO-R-2: Vorrang- und Vorbehaltsgebiete für

Grundwasserschutz / Trinkwassergewinnung, RO-R-4: Vorrang- und Vorbehaltsgebiete für besondere Klimafunktionen, BAU-R-1: Erholungsflächen). Die beiden als Schnittstellen-Indikatoren für den thematischen Teilaspekt „Verbesserung der Notfallversorgung“ ausgewiesenen Indikatoren BS-R-1 (Information zum Verhalten im Katastrophenfall) und BS-R-2 (Vorsorge in der Bevölkerung) beziehen sich primär auf das Interesse und die Informiertheit der Bevölkerung an bzw. über präventive Maßnahmen des Bevölkerungsschutzes. Konkretere Daten und Informationen stehen hier nicht zur Verfügung. Zum thematischen Teilaspekt „Bauliche Maßnahmen zur Reduzierung der Hitzebelastung“ wurden für das DAS-Handlungsfeld „Bauwesen“ Response-Indikatoren vorgeschlagen (BAU-R-3: Investitionen in die energetische Sanierung der Gebäudehülle), die sich indirekt auch mit dem Handlungsfeld „Menschliche Gesundheit“ in Verbindung bringen lassen. Zum thematischen Teilaspekt „Maßnahmen zur Reduzierung der Hitzebelastung im Verkehrssektor“ wurde im Kontext des DAS-Handlungsfelds bisher ergebnislos diskutiert (s. Hintergrundpapier zum DAS-Handlungsfeld „Verkehr, Verkehrsinfrastruktur“).

Zu den beiden Themenfeldern „Erweiterung des Gesundheitsmonitorings“ und „Erweiterung der Gesundheitsforschung“ konnten keine spezifischen Indikationsmöglichkeiten identifiziert werden.

2.2.3 Schnittstellen des Handlungsfelds „Menschliche Gesundheit“ mit anderen DAS-Handlungsfeldern

In den beiden vorangegangenen Kapiteln wurde bereits auf zahlreiche Schnittstellen mit Indikatoren anderer DAS-Handlungsfelder hingewiesen. Die vielen Schnittstellen liegen u. a. darin begründet, dass die Abwendung von Gefahren und die Sicherung einer hohen Lebensqualität im Zentrum vieler Anpassungsmaßnahmen stehen. Zusätzlich zu den bereits genannten Schnittstellen gibt es weitere Indikatoren, die im Kontext anderer DAS-Handlungsfelder entwickelt worden sind, die aber Zusatzinformationen für die Thematik Menschliche Gesundheit liefern.

Das Themenfeld „Unfallfolgen“ wurde von der Expertenrunde im Priorisierungsworkshop 2010 nicht priorisiert. Es wurde daher auch in der weiteren Diskussion von Indikatoren für das Handlungsfeld „Menschliche Gesundheit“ nicht berücksichtigt. In den Handlungsfeldern „Verkehr, Verkehrsinfrastruktur (VE) sowie „Raum-, Regional- und Bauleitplanung“ (RO) wurden jedoch Indikatoren entwickelt, die sich mit dem Thema Unfälle, Unfallrisiken und deren Vermeidung beschäftigen. Hierzu gehören VE-I-4 (Wetter- und witterungsbedingte Verkehrsunfälle) und RO-R-6 (Siedlungsnutzung in amtlich festgesetzten Überschwemmungsgebieten). Unmittelbare Informationen zu den gesundheitlichen Folgen von Extremereignissen (wie Todesfälle, Verletzungen oder sonstige Erkrankungen) lassen sich aus der deutschen Statistik bisher nicht entnehmen. Mit Blick auf die möglicherweise steigenden gesundheitlichen Risiken, die mit zunehmender Häufigkeit und Heftigkeit von Extremereignissen einhergehen, wäre die Verfügbarkeit differenzierter Daten zu diesen Sachverhalten aber durchaus wünschenswert.

Der Arbeitsschutz wurde im Zusammenhang mit dem Handlungsfeld Industrie und Gewerbe (IG) umfangreich diskutiert, und es wurden verschiedene Datenquellen auf ihre Nutzbarkeit

hin geprüft (s. auch Hintergrundpapier zum Handlungsfeld „Industrie und Gewerbe“). Letztendlich konnte aber nur ein Indikator auf der Grundlage der repräsentativen Bevölkerungsumfrage zu „Umweltbewusstsein und -verhalten in Deutschland“ entwickelt werden. In diese Befragung wurde im Jahr 2012 eine Frage integriert, die nach möglichen Beeinträchtigungen durch Hitze am Arbeitsplatz fragt. Die Ergebnisse zu dieser Fragestellung liegen dem Indikator IG-I-1 (Hitzebedingte Minderung der Leistungsfähigkeit) zugrunde.