

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

Hintergrundpapier zum Indikatorenset des Handlungsfelds „Biologische Vielfalt“

Stand: 09.11.2023

Versionsverlauf:

06.05.2014 / 08.12.2014	Arbeitsgruppe „Indikatoren-system Klimawandel Biologische Vielfalt“ Prof. Dr. Stefan Heiland, Rainer Schliep, Dr. Ulrich Sukopp, Dr. Elisa Braechevelt	Erstentwicklung der Indikatoren im Rahmen des FuE-Vorhaben FKZ 3511 82 0400 im Auftrag des Bundesamtes für Naturschutz (mit geringfügigen redaktionellen Änderungen durch Bosch & Partner GmbH zum Abschluss des DAS-Indikatorenprojekts FKZ 3711 41 106)
23.02.2016	Bosch & Partner GmbH, EURAC Europäische Akademie Bozen	Ergänzungen im Rahmen des UBA FuE-Vorhabens „Beitrag der Satellitenfernerkundung zur Ermittlung von DAS-Indikatoren“ (FKZ 3714 48 103 0)
07.10.2019	Arbeitsgruppe „Indikatoren-system Klimawandel Biologische Vielfalt“ Prof. Dr. Stefan Heiland, Rainer Schliep, Dr. Ulrich Sukopp, Dr. Elisa Braechevelt	Änderungen im Zuge der ersten Fortschreibung überwiegend auf Basis des FuE-Vorhabens „Weiterentwicklung von Indikatoren zu Auswirkungen des Klimawandels auf die biologische Vielfalt“ (FKZ 3517 81 1000) im Auftrag des Bundesamtes für Naturschutz
04.07.2022	Dr. Ulrich Sukopp, Dr. Melanie Mewes	Änderungen in Vorbereitung der zweiten Fortschreibung auf Basis des FuE-Vorhabens „Entwicklung und Digitalisierung eines Indikators zu den Auswirkungen des Klimawandels auf die biologische Vielfalt am Beispiel von Tagfaltern für das Indikatorenset zur Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel“ (FKZ 3520 81 0100) im Auftrag des Bundesamtes für Naturschutz
04.07.2022	Dr. Ulrich Sukopp, Dr. Melanie Mewes	Änderungen im Hinblick auf die Vorbereitungen zum FuE-Vorhaben „Fortschreibung von Indikatoren zu Auswirkungen des Klimawandels auf die biologische Vielfalt (FKZ 3522811300)“
13.07.2022	Bosch & Partner GmbH, Stefan von Andrian-Werburg	Redaktionelle Anpassungen und Ergänzung der Zusammenschau mit den Ergebnissen der Klimawirkungs- und Risikoanalyse (KWRA) durch Bosch & Partner GmbH (im Rahmen des UBA FKZ 3720 48 101 0)
11.05.2023	Bosch & Partner GmbH, Konstanze Schönthaler	Anpassungen nach Änderungen der Kategorisierung des Indikators BD-I-4 zu BD-R-2
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	3
2	Thematische Einordnung der Indikatoren, diskutierte Indikationsmöglichkeiten .	6
2.1	Themenfelder	6
2.2	Erläuterungen zu Themenfeldern und Indikatoren im Handlungsfeld „Biologische Vielfalt“	10
2.2.1	Impact-Indikatoren	12
2.2.1.1	Phänologische Veränderungen bei Arten und Lebensgemeinschaften	12
2.2.1.2	Veränderungen von Populationen, Arealen und Biozönosen	13
2.2.1.3	Veränderungen von Lebensräumen	16
2.2.1.4	Veränderungen biologischer Vielfalt infolge von Anpassungen an den Klimawandel im Bereich der Landwirtschaft	18
2.2.1.5	Veränderungen biologischer Vielfalt infolge von Anpassungen an den Klimawandel im Bereich der Forstwirtschaft	19
2.2.1.6	Veränderungen biologischer Vielfalt infolge von Anpassungen an den Klimawandel im Bereich der Wasserwirtschaft	20
2.2.2	Response-Indikatoren	20
2.2.2.1	Anpassung naturschutzfachlicher Strategien an den Klimawandel	20
2.2.2.2	Anpassung naturschutzfachlicher Maßnahmen an den Klimawandel	21
2.2.2.3	Erfolge klimawandelbedingter Anpassungen naturschutzfachlicher Strategien und Maßnahmen	24
2.3	Schnittstellen des Handlungsfeldes „Biologische Vielfalt“ mit anderen DAS-Handlungsfeldern	25

1 Indikatoren

1.1 Versionsverlauf

Die DAS-Monitoring-Indikatoren wurden im Frühjahr 2014 in einer Ressortabstimmung erstmalig festgelegt. Im Handlungsfeld „Biologische Vielfalt“ (BD) wurde für die zweite Fortschreibung 2023 dem Indikatorenset als Ergebnis des FuE-Vorhabens „Entwicklung und Digitalisierung eines Indikators zu den Auswirkungen des Klimawandels auf die biologische Vielfalt am Beispiel von Tagfaltern für das Indikatorenset zur Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel“ (FKZ 3520 81 0100, im Auftrag des Bundesamtes für Naturschutz) ein neuer Indikator hinzugefügt. Die nachstehende Tabelle 1 gibt einen Überblick über den Versionsverlauf.

Tabelle 1: Indikatorenset im Handlungsfeld „Biologische Vielfalt“ (Änderungen)

Bericht 2015	Bericht 2019	Bericht 2023	Indikatortitel
Impact-Indikatoren: Auswirkungen des Klimawandels auf das Handlungsfeld „Biologische Vielfalt“			
BD-I-1	BD-I-1	BD-I-1	Phänologische Veränderungen bei Wildpflanzenarten
BD-I-2	BD-I-2	BD-I-2	Temperaturindex der Vogelartengemeinschaft
		BD-I-3	Temperaturindex der Tagfalterartengemeinschaften
Response-Indikatoren: Ergriffene Anpassungsmaßnahmen bzw. Maßnahmen oder Entwicklungen, die den Anpassungsprozess im Handlungsfeld „Biologische Vielfalt“ unterstützen			
BD-R-1	BD-R-1	BD-R-1	Berücksichtigung des Klimawandels in Landschaftsprogrammen und Landschaftsrahmenplänen
BD-I-3	BD-I-3	BD-R-2	Rückgewinnung natürlicher Überflutungsflächen
BD-R-2	BD-R-2	BD-R-3	Gebietsschutz

1.2 Änderungen für den Monitoringbericht 2019

Für den Monitoringbericht 2019 wurde keine Änderungen am Indikatorenset vorgenommen.

1.3 Beteiligungen

An der Entwicklung der Indikatorenvorschläge waren Expertinnen*Experten aus Wissenschaft, Fachbehörden und Nicht-Regierungsorganisationen beteiligt, die im Rahmen verschiedener Forschungsvorhaben, Fachgespräche, Treffen projektbegleitender Arbeitsgruppen und bilateraler Gespräche ihre Expertise eingebracht haben.

Die folgende Tabelle 2 gibt Auskunft über Personen und Institutionen, die in unterschiedlicher Weise und Intensität und zu unterschiedlichen Zeitpunkten an der Entwicklung der Konzeption der Indikatoren, den Recherchen zu Datengrundlagen, der Zulieferung von Daten, der Berechnung der Indikatoren und an der Erarbeitung der Indikatoren- und Daten-Factsheets beteiligt waren.

Tabelle 2: Beteiligte Fachleute an der Entwicklung der Indikatorenvorschläge für das Handlungsfeld „Biologische Vielfalt“

Name	Institution
Beteiligungen an der Erstentwicklung bis 2015 und der Weiterentwicklung bis 2019	
Altmoos Dr., Michael	Landesamt für Umwelt, Wasserwirtschaft und Gewerbeaufsicht Rheinland-Pfalz
Denner Dr., Maik	Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Referat 61, Landschaftsökologie
Dibbern, Bettina	Bundesamt für Naturschutz (BfN), Fachgebiet I 1.4 „Naturschutzinformation, Geoinformation“
Dörpinghaus Dr., Annette	BfN, Fachgebiet II 1.3 „Monitoring“
Dosch Dr., Fabian	Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR), Referat I 5, Verkehr und Umwelt
Doyle Dr., Ulrike	Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU), Geschäftsstelle
Driesch, Marliese von den	Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE), Referat 321 Informations- und Koordinationszentrum für Biologische Vielfalt
Ehlert Dr., Thomas	BfN, Fachgebiet II 3.2 Binnengewässer, Auenökosysteme und Wasserhaushalt
Euler, Ursula	BfN, Fachgebiet Z 2.1 Naturschutzinformation, Geoinformation
Fina, Stefan	Universität Stuttgart, Fakultät Bau- und Umweltingenieurwissenschaften, Institut für Raumordnung und Entwicklungsplanung
Finck Dr., Peter	BfN, Fachgebiet II 2.1 Biotopschutz und Biotopmanagement
Füssel Dr., Hans-Martin	Europäische Umweltagentur (EEA) Kopenhagen
Gödeke, Ingeborg	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU), Referat N I 1 „Allgemeine und grundsätzliche Angelegenheiten des Naturschutzes, Abteilungs koordinierung“
Hassel Dr., Katrin	BMU, Referat N II 4 „Waldschutz und nachhaltige Waldbewirtschaftung, Biologische Vielfalt und Klimawandel“
Hausmann, Bernd	BfN, Fachgebiet II 3.2 Binnengewässer, Auenökosysteme und Wasserhaushalt
Heink Dr., Ulrich	Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung (UFZ)
Heyden, Janika	BfN, Fachgebiet II 3.2 Binnengewässer, Auenökosysteme und Wasserhaushalt
Knorre Dr., Dietrich von	Naturschutzbund Deutschland e.V. (NABU), Jena
Korn Dr., Horst	BfN, Fachgebiet II 5.1 „Biologische Vielfalt / CBD“
Kraus, Katrin	BfN, Fachgebiet II 5.1 „Biologische Vielfalt / CBD“
Luthardt, Prof. Dr. Vera	Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde (HNE)
Maas, Dr. Stephan	Büro für Ökologie und Planung
Marx, Dr. Jürgen	Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW)
Müller, Prof. Dr. Christoph	Justus-Liebig-Universität Gießen
Neukirchen, Bernd	BfN, Fachgebiet II 3.2 Binnengewässer, Auenökosysteme und Wasserhaushalt
Neukirchen, Cornelia	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB), Referat N II 4 Waldschutz und nachhaltige Waldbewirtschaftung, nachhaltige Fischerei, Biologische Vielfalt und Klimawandel
Ott, Dr. Jürgen	L.U.P.O. GmbH (Gesellschaft für Angewandte Landschaftsökologie und Umweltplanung Dr. Ott mbH)
Podlucky, Richard	Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN)
Polte-Rudolf, Christine	Deutscher Wetterdienst (DWD), Referat KU 21 Nationale Klimaüberwachung
Ptak, Dr. Dominika	Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV), Fachbereich 37: Klimaschutz, Klimawandel Koordinierungsstelle
Rüth, Dr. Petra van	Umweltbundesamt (UBA), Fachgebiet I 1.7 Klimafolgen und Anpassung in Deutschland
Schmidt, Dr. Thomas	Johann Heinrich von Thünen-Institut
Schönthaler, Konstanze	Bosch & Partner GmbH, Büro München

Name	Institution
Seidenstücker, Christina	LANUV, Fachbereich 34: Übergreifende Umweltthemen, Landwirtschaft und Umwelt, Umweltinformation
Spangenberg, Joachim	SERI Deutschland e.V.
Stribny, Prof. Dr. Bernhard	Biodiversität und Klima Forschungszentrum (BiKF)
Tiefenbach, Maria	Umweltbundesamt GmbH (Österreich)
Wering-Radtke, Jutta	LANUV, Fachbereich 25: Monitoring, Effizienzkontrolle in Naturschutz und Landschaftspflege
Wiemers, Dr. Martin	UFZ
Wiesinger, Jessica	BfN, Fachgebiet Z 2.1 Naturschutzinformation, Geoinformation
Zangger, Dr. Adrian	Hintermann & Weber AG (Schweiz)
Zimmermann, Kirsten	DWD, Referat KU 21 Nationale Klimaüberwachung
Zusätzliche Beteiligungen an der Weiterentwicklung bis 2023	
Harpke, Alexander	UFZ, Department Biozönoseforschung
Kühn, Elisabeth	UFZ, Department Naturschutzforschung
Musche, Dr. Martin	UFZ, Department Biozönoseforschung
Settele, Prof. Dr. Josef	UFZ, Department Naturschutzforschung
Arbeitsgruppe „Indikatorensystem Klimawandel Biologische Vielfalt“ der jeweiligen F+E-Vorhaben zur Erstentwicklung und zu den Weiterentwicklungen	
Ackermann, Werner	PAN Planungsbüro für angewandten Naturschutz GmbH München
Aljes, Vincent (ab 2017)	Universität Kassel, Fachgebiet Landschafts- und Vegetationsökologie
Bartz, Robert (bis 2014)	TU Berlin, Fachgebiet Ökosystemkunde / Pflanzenökologie
Baierl, Cindy (ab 2017)	Universität Kassel, Fachgebiet Landschafts- und Vegetationsökologie
Braeckevelt, Dr. Elisa (bis 2021)	BfN, Fachgebiet II 1.3 Monitoring
Dröschmeister, Rainer (bis 2014)	BfN, Fachgebiet II 1.3 Monitoring
Dziock, Prof. Dr. Frank (bis 2014)	HTW Dresden, Fakultät Landbau / Landespflege
Dziock, Silvia (bis 2014)	HTW Dresden, Fakultät Landbau / Landespflege
Fuchs, Daniel (ab 2017)	PAN Planungsbüro für angewandten Naturschutz GmbH München
Heiland, Prof. Dr. Stefan	TU Berlin, Fachgebiet Landschaftsplanung und Landschaftsentwicklung
Kowarik, Prof. Dr. Ingo (bis 2014)	TU Berlin, Fachgebiet Ökosystemkunde / Pflanzenökologie
Mewes, Dr. Melanie (ab 2022)	BfN, Fachgebiet II 1.3 Terrestrisches Monitoring
Miller, Annika (bis 2019)	TU Berlin, Fachgebiet Landschaftsplanung und Landschaftsentwicklung
Radtke, Laura	TU Berlin, Fachgebiet Landschaftsplanung und Landschaftsentwicklung
Rosenthal, Prof. Dr. Gert (ab 2017)	Universität Kassel, Fachgebiet Landschafts- und Vegetationsökologie
Schäffler, Dr. Livia (bis 2014)	Universität Stuttgart, Institut für Raumordnung und Entwicklungsplanung
Schliep, Rainer (bis 2019)	TU Berlin, Fachgebiet Landschaftsplanung und Landschaftsentwicklung
Siedentop, Prof. Dr. Stefan (bis 2014)	Universität Stuttgart, Institut für Raumordnung und Entwicklungsplanung
Sudfeldt, Dr. Christoph	Dachverband Deutscher Avifaunisten e.V.
Sukopp, Dr. Ulrich	BfN, Fachgebiet II 1.3 Monitoring
Trautmann, Sven	Dachverband Deutscher Avifaunisten e.V.
Walz, Prof. Dr. Ulrich (ab 2017)	HTW Dresden, Professur Landschaftsökologie

Eine breite Diskussion der Indikatorenvorschläge im Hinblick auf Relevanz, Interpretierbarkeit und Umsetzbarkeit fand im Rahmen von Treffen der jeweiligen projektbegleitenden Arbeitsgruppen zu den FuE-Vorhaben und während eines Fachgesprächs im Januar 2013 statt. Dabei wurden fachliche, konzeptionelle und organisatorische Fragen erörtert.

2 Thematische Einordnung der Indikatoren, diskutierte Indikationsmöglichkeiten

2.1 Themenfelder

Im Vorfeld der Diskussion konkreter Indikatoren wurden die thematischen Felder beschrieben, die bei der Indikatorentwicklung berücksichtigt werden sollten. Sie wurden aus Literaturrecherchen und Expert*innen-Interviews abgeleitet. Vorarbeiten dazu begannen bereits im Jahre 2009 und wurden in Bosch & Partner (2010)¹ zusammengefasst. Ausgehend von diesen Ergebnissen wurden in einem Forschungs- und Entwicklungsvorhaben (FuE-Vorhaben) des Bundesamtes für Naturschutz weitere Literaturlauswertungen zum aktuellen Stand der Entwicklung einschlägiger Indikatorensysteme durchgeführt. Die Themenfelder wurden teilweise ergänzt und konsistent strukturiert². Der Priorisierung der Themenfelder durch Bosch & Partner (2010)¹ folgend liegt der Fokus des Indikatorensets auf der Ebene von Arten und Lebensräumen.

Das Themenfeld zum Thema „Innerartliche genetische Vielfalt“ wurde zurückgestellt. Gründe sind unter anderem der Mangel an bundesweit repräsentativen Daten, aber auch die Langfristigkeit evolutionärer Anpassungsprozesse, die in der Regel einen Zeithorizont von mehreren Dekaden überschreiten, bevor Veränderungen von Arten auf genetischer Ebene detektierbar werden oder die Entstehung neuer Sippen nachgewiesen werden kann.

Tabelle 3 gibt einen Überblick über die Themenfelder und die Zuordnung der Indikatoren zu den Themenfeldern bzw. thematischen Teilaspekten. Zur inhaltlichen Strukturierung des Handlungsfeldes wurden insgesamt sechs Themenfelder mit dem Ziel festgelegt, eine möglichst große Bandbreite klimawandelbedingter Veränderungen der biologischen Vielfalt zu erfassen.

Tabelle 3: Themenfelder zum Handlungsfeld „Biologische Vielfalt“

Themenfeld	Thematische Teilaspekte	Indikatoren
Impacts (direkte und indirekte Auswirkungen des Klimawandels auf die biologische Vielfalt)		
	Phänologische Veränderungen bei Pflanzenarten	BD-I-1: Phänologische Veränderungen bei Wildpflanzenarten

¹ Bosch & Partner GmbH 2010: Erstellung eines Indikatorenkonzepts für die Deutsche Anpassungsstrategie (DAS). FKZ: 364 01 006. Schlussbericht. 25.05.2010. Im Auftrag des UBA. Unveröffentlicht.

² Schliep R., Bartz R., Dröschmeister R., Dziöck F., Dziöck S., Fina S., Kowarik I., Radtke L., Schäffler L., Siedentop S., Sudfeldt C., Trautmann S., Sukopp U., Heiland S. 2017: Indikatorensystem zur Darstellung direkter und indirekter Auswirkungen des Klimawandels auf die biologische Vielfalt. BfN Skripten 470, Bonn, 249 S. doi: 10.19217/skr470

Themenfeld	Thematische Teilaspekte	Indikatoren
Phänologische Veränderungen bei Arten und Lebensgemeinschaften		Schnittstelle zum DAS-Handlungsfeld „Landwirtschaft“: LW-I-1 (Verschiebung agrarphänologischer Phasen) Schnittstelle zum DAS-Handlungsfeld „Wasserhaushalt und Wasserwirtschaft“: WW-I-9 (Frühjahrsalgenblüte in Seen)
	Phänologische Veränderungen bei Tierarten	
	Phänologische Veränderungen bei Lebensgemeinschaften	
Veränderungen von Populationen, Arealen und Biozönosen	Arealveränderungen: Einwanderung, Ausbreitung, Rückgang und Aussterben von Arten	Schnittstelle zum DAS-Handlungsfeld „Fischerei“: FI-I-1 (Verbreitung warmadaptierter mariner Arten) FI-I-3 (Vorkommen wärmeliebender Arten in Binnengewässern) Schnittstelle zum DAS-Handlungsfeld „Menschliche Gesundheit“: GE-I-4 (Belastung mit Ambrosiapollen)
	Veränderungen der Größe von Populationen	Schnittstelle zum DAS-Handlungsfeld „Menschliche Gesundheit“: GE-I-6 (Cyanobakterienbelastung von Badegewässern) Schnittstelle zum DAS-Handlungsfeld „Wald und Forstwirtschaft“: FW-I-7 (Schadholzaufkommen durch Buchdrucker)
	Veränderungen der Zusammensetzung von Biozönosen, Verschiebungen im lokalen Artenspektrum	BD-I-2: Temperaturindex der Vogelartengemeinschaft BD-I-3: Temperaturindex der Tagfalterartengemeinschaft Schnittstelle zum DAS-Handlungsfeld „Wald und Forstwirtschaft“: FW-I-1 (Baumartenzusammensetzung in Naturwaldreservaten)
Veränderungen von Lebensräumen	Veränderungen der Ausdehnung, des Erhaltungszustands etc. von Lebensräumen mit besonderer Empfindlichkeit gegenüber dem Klimawandel (unter anderem Auen, Moore, montane, subalpine und alpine Lebensräume)	Schnittstelle zum DAS-Handlungsfeld „Wasserhaushalt und Wasserwirtschaft“: WW-I-8 (Wassertemperatur von Seen) Schnittstelle zum DAS-Handlungsfeld „Küsten und Meeresschutz“: KM-I-2 (Meeresspiegel) KM-I-3 (Höhe von Sturmfluten) KM-I-1 (Wassertemperatur des Meeres) Schnittstelle zum DAS-Handlungsfeld „Tourismuswirtschaft“: TOU-I-2 (Schneedecke für den Wintertourismus)
Veränderungen biologischer Vielfalt infolge von Anpassungen an den	Wirkungen infolge von zunehmender Flächenkonkurrenz, Veränderungen von Sorten / Fruchtfolgen, Aussaatterminen sowie infolge der Ausbringung von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln, der Zunahme von	Schnittstelle zum DAS-Handlungsfeld „Böden“: BO-R-1 (Humusgehalte von Acker- und Grünlandböden) BO-R-2 (Dauergrünlandfläche)

Themenfeld	Thematische Teilaspekte	Indikatoren
Klimawandel im Bereich der Landwirtschaft	Bewässerungsfeldbau und der Umstrukturierung der Agrarlandschaft	Schnittstelle zum DAS-Handlungsfeld „Landwirtschaft“: LW-R-4 (Anbau wärmeliebender Ackerkulturen) LW-R-6 (Landwirtschaftliche Bewässerung)
Veränderungen biologischer Vielfalt infolge von Anpassungen an den Klimawandel im Bereich der Forstwirtschaft	Wirkungen infolge von Veränderungen der Baumartenwahl, zunehmender Flächenkonkurrenz, der Verkürzung von Produktionszeiten und des Umbaus hin zu naturnahen und widerstandsfähigeren laubbaumbetonten Mischwäldern	Schnittstelle zum DAS-Handlungsfeld „Wald und Forstwirtschaft“: FW-R-1 (Förderung des Waldumbaus)
Veränderungen biologischer Vielfalt infolge von Anpassungen an den Klimawandel im Bereich der Wasserwirtschaft	Wirkungen infolge von Deichaus- und Deichrückbau, verändertem Wasserhaushalt, Gewässerverunreinigungen bei Extremniederschlägen / Hochwasser, Niedrigwasser	Schnittstelle zum DAS-Handlungsfeld „Landwirtschaft“: LW-R-6 (Landwirtschaftliche Bewässerung) Schnittstelle zum DAS-Handlungsfeld „Wasserhaushalt und Wasserwirtschaft“: WW-R-2 (GAK-Mittel für den Hochwasserschutz) WW-R-3 (Investitionen in den Hochwasserschutz) Schnittstelle zum DAS-Handlungsfeld „Küsten- und Meeresschutz“: KM-R-1 (Investitionen in den Küstenschutz) Schnittstelle zum DAS-Handlungsfeld „Raum-, Regional- und Bauleitplanung“: RO-R-2 (Vorrang- und Vorbehaltsgebiete für Grundwasserschutz / Trinkwassergewinnung) RO-R-3 (Vorrang- und Vorbehaltsgebiete für (vorbeugenden) Hochwasserschutz RO-R-6 (Siedlungsnutzung in amtlich festgesetzten Überschwemmungsgebieten)
Responses (Ergriffene Anpassungsmaßnahmen bzw. Maßnahmen oder Entwicklungen, die den Anpassungsprozess unterstützen)		
Anpassung naturschutzfachlicher Strategien an den Klimawandel	Behandlung bzw. Berücksichtigung des Klimawandels bzw. klimawandelrelevanter Flächen (mit Speicher- bzw. Senkenfunktion für Kohlenstoff) in Programmen und Plänen	BD-R-1: Berücksichtigung des Klimawandels in Landschaftsprogrammen und -rahmenplänen Schnittstelle zum DAS-Handlungsfeld „Raum-, Regional- und Bauleitplanung“: RO-R-1 (Vorrang- und Vorbehaltsgebiete für Natur und Landschaft)
Erfolge klimawandelbedingter Anpassungen naturschutzfachlicher	Rückgang der Gefährdung von Arten und Lebensräumen mit besonderer Empfindlichkeit gegenüber dem Klimawandel, Verbesserung des Erhaltungszustandes solcher Arten und Lebensräume	BD-R-2: Rückgewinnung natürlicher Überflutungsflächen

Themenfeld	Thematische Teilaspekte	Indikatoren
Strategien und Maßnahmen		
Anpassung naturschutzfachlicher Maßnahmen an den Klimawandel	Unterschützstellung relevanter Flächen (unter anderem in Auen, Mooren, Küstenlebensräumen), Umsetzung des Biotopverbunds, Verringerung bestehender Belastungen (Zersiedlung, Fragmentierung, Übernutzung, Schadstoffeinträge etc.), Steigerung der Resilienz	BD-R-3: Gebietsschutz Schnittstelle zum DAS-Handlungsfeld „Raum-, Regional- und Bauleitplanung“: RO-R-1 (Vorrang- und Vorbehaltsgebiete für Natur und Landschaft)

Gemäß den Ergebnissen der bundesweiten Klimawirkungs- und Risikoanalyse 2021 (KWRA³) bestehen für das Handlungsfeld „Biologische Vielfalt“ sehr dringende Handlungserfordernisse für die Klimawirkungen „Ausbreitung invasiver Arten“, „Schäden an wassergebundenen Habitaten und Feuchtgebieten“ sowie „Schäden an Wäldern“. Dies ist darin begründet, dass diese Klimawirkungen bereits zur Mitte des Jahrhunderts im pessimistischen Fall als hohe Klimarisiken eingestuft wurden und eine Anpassungsdauer von mehreren Jahrzehnten angenommen wurde. Zu zwei der genannten Klimawirkungen gibt es Indikatoren in anderen DAS-Handlungsfeldern: Dies ist zur „Ausbreitung invasiver Arten“ der Indikator GE-I-4 (Belastung mit Ambrosiapollen) und sind zu „Schäden in Wäldern“ die Indikatoren FW-I-4 (Absterberate) und FW-I-5 (Schadholz – Umfang nicht planmäßiger Nutzungen).

Für mehrere Klimawirkungen liegen nach den Ergebnissen der KWRA dringende Handlungsergebnisse vor. Von diesen kann die Klimawirkung „Verschiebung von Arealen und Rückgang der Bestände“ mit den Indikatoren BD-I-2 (Temperaturindex der Vogelartengemeinschaft) sowie BD-I-3 (Temperaturindex der Tagfalterartengemeinschaften, neu ab 2023) abgebildet werden.

Für die Klimawirkung „Schäden an Küstenökosystemen“ bestehen Schnittstellen zu Indikatoren aus dem Handlungsfeld „Küsten- und Meeresschutz“. Den Klimawirkungen „Ökosystemleistungen“ und „Verlust an genetischer Vielfalt“ steht bislang kein Indikator gegenüber.

In der KWRA wurden darüber hinaus vorgelagerte Klimawirkungen auf der Ebene physischer Veränderungen von natürlichen Systemen, für die grundsätzlich keine Anpassungsmöglichkeiten gesehen werden. Dies sind die Klimawirkungen „Schäden an Gebirgsökosystemen“ und „Veränderung der Länge der Vegetationsperiode und Phänologie“, für die jeweils ein hohes Risiko bereits bis zur Mitte des Jahrhunderts attestiert wurde, aber keine Handlungsmöglichkeiten bestehen. Letztgenannte Klimawirkung wird im Indikatorenset des Handlungsfelds mit dem Indikator BD-I-1 (Phänologische Veränderungen bei Wildpflanzenarten) beobachtet, des Weiteren bestehen Schnittstellen zu Indikatoren der Handlungsfelder „Landwirtschaft“ sowie „Wasserhaushalt und Wasserwirtschaft“.

³ 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

2.2 Erläuterungen zu Themenfeldern und Indikatoren im Handlungsfeld „Biologische Vielfalt“

Zunächst wurden für das Handlungsfeld „Biologische Vielfalt“ im Zuge des Aufbaus des Indikatorensystems zur DAS Indikatoren aus bestehenden Indikatorensystemen auf ihre Eignung für das Handlungsfeld „Biologische Vielfalt“ im Indikatorensystem der Deutschen Anpassungsstrategie untersucht. Berücksichtigt wurden Publikationen zu Indikatorensystemen sowie relevante Forschungsvorhaben und Monitoringprogramme, die sich mit den direkten und indirekten Auswirkungen des Klimawandels auf die biologische Vielfalt sowie der Anpassung natur-schutzfachlicher Strategien und Maßnahmen an den Klimawandel befassen. Konnten keine geeigneten implementierten Indikatoren identifiziert werden, wurden eigene Ansätze für Neuentwicklungen von Indikatoren gesucht und ausgearbeitet.

Die Übersicht über die Themenfelder und die Indikatorvorschläge in Tabelle 3 lässt erkennen, dass bei der Erstentwicklung der Indikatoren nicht für alle Themenfelder Indikatorvorschläge erarbeitet werden konnten. Dies war im Wesentlichen auf drei Ursachen zurückzuführen:

- Im Bereich der direkten Wirkungen des Klimawandels auf die biologische Vielfalt auf der Ebene von Lebensräumen sind der wissenschaftliche Erkenntnisstand und der Datenbestand aus Monitoringprogrammen in vielen Fällen noch unbefriedigend⁴.
Prinzipiell ist davon auszugehen, dass langfristig fast alle in Deutschland vorkommenden Lebensräume durch den Klimawandel beeinflusst werden, wobei Art und Intensität der Beeinflussung lebensraumspezifisch stark variieren können⁵. Besonders betroffen sind beispielsweise wassergebundene oder alpine Lebensräume, aber auch Küstenregionen. Klimawandelbedingte Veränderungen von Lebensräumen folgen häufig aus Veränderungen auf anderen Ebenen. So können über die Veränderung biotischer Wechselbeziehungen infolge des Wegfalls oder Hinzukommens von Arten auch abiotische Stoffkreisläufe verändert werden⁶. Die tiefgreifende Umwandlung des Aufbaus und der Zusammensetzung von Pflanzengesellschaften lässt zudem Veränderungen von Lebensräumen erwarten, z. B. den Ersatz von Buchenwaldgesellschaften durch Eichen-Hainbuchenwälder unter wärmeren und gleichzeitig trockeneren Bedingungen⁷.
Allerdings haben die Diskussionen unter den beteiligten Fachleuten im Zuge der Erstentwicklung ergeben, dass diese Zusammenhänge bislang nicht ausreichend untersucht sind. Daher konnte kein Ansatz gefunden werden, die hier dargestellten Wechselwirkungen in einen geeigneten Indikatorenvorschlag umzusetzen.
- Insgesamt ist zu berücksichtigen, dass klimawandelbedingte Veränderungen biologischer Vielfalt auch durch Wirkungen anderer Faktoren wie Landnutzungsänderungen oder die

⁴ Dröschmeister R., Sukopp U. 2009: Monitoring der Auswirkungen des Klimawandels auf die biologische Vielfalt in Deutschland. – *Natur und Landschaft* 84(1): 13-17.

⁵ Thuiller W. 2007: Climate Change and the ecologist. – *Nature* 448 (2): 550-552.

⁶ Feehan J., Harley M., Van Minnen J. 2009: Climate change in Europe. 1. Impact on terrestrial ecosystems and biodiversity. A review. – *Agronomy for Sustainable Development* 29: 409-421.

⁷ Kienast F., Wildi O., Brzeziecki B. 1998: Potential impacts of climate change on species richness in mountain forests – an ecological risk assessment. – *Biological Conservation* 83 (3): 291-305.

Ausbreitung gebietsfremder Arten überlagert werden können⁸. Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel im Bereich der Landnutzung ziehen also über direkte Wirkungen des Klimawandels hinaus weitere Veränderungen biologischer Vielfalt nach sich. Im Bereich dieser indirekten Wirkungen des Klimawandels auf die biologische Vielfalt durch Anpassungen in der Landnutzung sind die Auswirkungen des Klimawandels bislang in der Regel nicht so stark, als dass sie eindeutig von den seit Langem vorherrschenden Einflüssen dieser Landnutzungen auf die biologische Vielfalt getrennt werden könnten⁹. Keiner der diskutierten Indikatorenansätze wurde damals uneingeschränkt der Anforderung gerecht, Veränderungen der biologischen Vielfalt abzubilden, die vorwiegend und eindeutig auf Anpassungsmaßnahmen der Landnutzung an den Klimawandel zurückzuführen sind. Gleichwohl gab es einige Indikatorenansätze, die für das DAS-Indikatorenset als möglicherweise relevant eingestuft wurden. Diese erforderten zumeist noch eine weitere Ausarbeitung.

- Erfolge von Anpassungen naturschutzfachlicher Strategien und Maßnahmen an den Klimawandel waren zum Zeitpunkt der Erstentwicklung der Indikatoren nicht bilanzierbar, da diese damals kaum umgesetzt wurden bzw. eine entsprechende Erhebung im Sinne einer Erfolgskontrolle sehr schwierig ist. Daher lagen zu diesem Themenfeld damals keine implementierten Indikatoren vor. Allerdings boten Indikationsideen wie beispielsweise die Bilanzierung des Rückgangs der Gefährdung klimawandelsensibler Arten oder die Verbesserung des Erhaltungszustandes klimawandelsensibler Lebensräume durch gezielte und erfolgreiche Anpassungen naturschutzfachlicher Strategien und Maßnahmen lohnenswerte Ansätze, die allerdings ebenfalls noch eine weitere Bearbeitung erforderten und nicht unmittelbar implementiert werden konnten. Dabei ist auf die enge Beziehung zu anderen Einflussfaktoren wie zu Auswirkungen der Landnutzung zu achten.

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 48 103 0¹⁰) die Möglichkeiten einer Nutzung von Fernerkundungsdaten, speziell von Satelliten- daten zur Weiterentwicklung bestehender DAS-Indikatoren und zur Entwicklung zusätzlicher Indikatoren geprüft. Die Ergebnisse dieser Prüfung sind in die folgenden Darstellungen eingeflossen.

⁸ s. Fußnote 5

⁹ Foden W. B., Mace G. M., Butchart S. H. M. 2013: Indicators of Climate Change Impacts on Biodiversity. – In: Collen, B., Pettorelli, N., Baillie, J. E. M., Durant, S. M. (Hg.): Biodiversity Monitoring and Conservation: Bridging the Gap between Global Commitment and Local Action, Wiley-Blackwell, Oxford, UK. doi: 10.1002/9781118490747: 120–137.

¹⁰ 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

2.2.1 Impact-Indikatoren

Für den Impact-Bereich wurden Indikatoren zu den Themenfeldern „Phänologische Veränderungen bei Pflanzenarten“, „Veränderungen der Zusammensetzung von Biozöosen, Verschiebungen im lokalen Artenspektrum“ sowie „Wirkungen infolge von Deichaus- und Deichrückbau“ implementiert.

2.2.1.1 Phänologische Veränderungen bei Arten und Lebensgemeinschaften

Zur Abbildung phänologischer Veränderungen im Themenfeld „Phänologische Veränderungen bei Arten und Lebensgemeinschaften“ wurden bis zur ersten Fortschreibung des DAS-Indikatorensets einige Indikatoren ermittelt, die sowohl auf europäischer Ebene durch die Europäische Umweltagentur (CLIM-Indikatorenset der EEA) als auch auf Ebene der Nationalstaaten (Deutschland, Großbritannien und Nordirland, Österreich) bereits implementiert waren. Für Deutschland wurde in Anlehnung an diese Vorlagen der Indikatorvorschlag BD-I-1 entwickelt, der phänologische Auswirkungen auf Wildpflanzenarten darstellt.

Die Veränderung der Dauer der Vegetationsperiode wird im Rahmen der Länderinitiative Kernindikatoren¹¹ ausgewertet und aus Daten berechnet, die aus dem Netzwerk der Stationen des DWD stammen und kontinuierlich erhoben werden. Zugrunde gelegt werden der Blühbeginn der Salweide und das Einsetzen der Blattverfärbung bei der Stieleiche. Die Dauer der Vegetationsperiode ist eine wesentliche Größe, deren Veränderung zahlreiche weitere Veränderungen der biologischen Vielfalt nach sich ziehen kann. Dieser Ansatz wurde bei der Entwicklung des Indikators BD-I-1 berücksichtigt und ist hier in einen Indikatorzusatz eingeflossen. Der Indikator „Phenology of plant and animal species“ (CLIM 023¹²) des CLIM-Indikatorensets der EEA wurde erst nach Etablierung des DAS-Indikators BD-I-1 „Phänologische Veränderungen bei Wildpflanzenarten“ eingeführt, verfolgt aber einen vergleichbaren Ansatz.

Im Rahmen des FuE-Vorhabens „Beitrag der Satellitenfernerkundung zur Ermittlung von DAS-Indikatoren“ wurde geprüft, inwieweit eine Weiterentwicklung des Indikators über eine Nutzung von Fernerkundungsdaten möglich ist. Zur Erfassung der Phänologie mithilfe von Satellitendaten gab es zum Zeitpunkt des Vorhabens mehrere Forschungsansätze. Grundsätzlich bieten Copernicus-Produkte zu Vegetationsparametern, wie der „Normalized Difference Vegetation Index“ (NDVI) oder die „Fraction of photosynthetically active radiation absorbed by the vegetation“ (FAPAR) der globalen Komponente des Dienstes zur Landüberwachung, Ansatzpunkte für Auswertungen zur phänologischen Entwicklung. Allerdings wurden diese Möglichkeiten aufgrund deren vergleichsweise geringer räumlicher Auflösung von 1 km/Pixel als begrenzt bewertet. Die Analyse phänologischer Veränderungen von einzelnen Pflanzenbeständen oder gar einzelnen Arten ist auf dieser Grundlage nicht möglich. Eine höhere räumliche Auflösung liefern MODIS-Daten (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer). Diese

¹¹ LIKI – Länderinitiative Klimaindikatoren (Hg.) 2019: Indikator A1 2) – Klimawandel und Vegetationsentwicklung, Dauer der Vegetationsperiode.

¹² EEA – Europäische Umweltagentur 2016: Phenology of plant and animal species.
www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/plant-phenology-2/assessment

sollten auch in einem Copernicus-Projekt der damaligen Thüringer Klimaagentur in der TLUG („Operationelle Nutzung von Satellitendaten zur Entwicklung, Darstellung und routinemäßigen Aktualisierung von Klimafolgenindikatoren zur Pflanzenphänologie (Beginn, Ende und Länge von Vegetationsperioden) für Thüringen“) eingesetzt werden. Das Projekt startete allerdings erst Ende 2015, sodass noch keine weiterführenden Erkenntnisse aus diesen Arbeiten vorlagen. Außerdem wurde mit TIMESAT¹³, das von der schwedischen Lund Universität entwickelt wurde, ein Software-Paket zur Analyse von Zeitreihen von Satellitendaten zur Vegetationsentwicklung zur Verfügung gestellt, mit dem sich auch Analysen zur Phänologie durchführen lassen. Die Nutzbarmachung dieser Daten und Tools für einen DAS-Indikator erforderte aber gegenüber der Nutzung der DWD-Daten aus damaliger Sicht einen Zusatzaufwand, der nicht gerechtfertigt erschien. Die Weiterentwicklungen von Fernerkundungsmethoden zum Monitoring von phänologischen Veränderungen sollten jedoch verfolgt werden, insbesondere da seit damals mit Sentinel-Daten hochauflösende und hochfrequente Satellitendaten zur Verfügung stehen, die die Entwicklung hochaufgelöster NDVI- oder FAPAR-Datensätze und anderer vielversprechender Produkte zum Phänologiemonitoring ermöglichen.

Bis 2017 wurden von der EEA zwei Indikatoren zu phänologischen Veränderungen bei Tieren geführt, die seitdem allerdings nicht weiterverfolgt werden. Der Indikator „Animal phenology“ baute auf Daten zur Eiablage des Trauerschnäppers (*Ficedula hypoleuca*) und des Stars (*Sturnus vulgaris*) auf; der Indikator „Phenology of marine species“ bilanzierte Veränderungen beim Auftreten von Decapoden-Larven in der zentralen Nordsee, die besonders sensitiv auf Temperaturveränderungen an der Meeresoberfläche reagieren¹⁴. Diese beiden Indikatoren konnten aufgrund einer mangelhaften Datengrundlage nicht für das DAS-Indikatorenset herangezogen werden¹⁵. Die damalige Neuentwicklung eines Indikators zur Veränderung mariner Nahrungsnetze in der Nordsee bzw. der Deutschen Bucht sollte jedoch weiterverfolgt werden. Als Datengrundlage für den Indikator waren kontinuierlich durchgeführte Erhebungen des Alfred-Wegener-Instituts vorgesehen. Das Potenzial der Daten und methodische Herausforderungen für die Berechnung eines solchen Indikators müssen allerdings noch geklärt werden, weshalb der Indikator bisher nicht berücksichtigt werden konnte.

2.2.1.2 Veränderungen von Populationen, Arealen und Biozöosen

Für das Themenfeld „Veränderungen von Populationen, Arealen und Biozöosen“ lagen bis zur ersten Fortschreibung des DAS-Monitoringberichts auf europäischer Ebene bereits einige operationalisierte Indikatoren vor. Zwar wiesen alle Indikatoren einen Bezug zum Klimawandel auf. Problematisch war jedoch, dass Veränderungen von Populationen, Arealen und Biozöosen in der Regel nicht ausschließlich vom Klimawandel, sondern von zahlreichen weiteren Faktoren (insbesondere Einflüsse verschiedener Landnutzungen) abhängen. Alle betrach-

¹³ <http://web.nateko.lu.se/timesat/timesat.asp>
www.earth-observation-monitor.net/analysis.php

¹⁴ EEA – Europäische Umweltagentur (Hg.) 2012: Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2012. An indicator-based report. – European Environment Agency, Kopenhagen, 300 S.

¹⁵ Sanz J. 1997: Geographic variation in breeding parameters of the Pied Flycatcher *Ficedula hypoleuca*. Ibis 139: 107-114.

teten Indikatoren bezogen jeweils mehrere Arten / Artengruppen ein. Sowohl Datenverfügbarkeit als auch die Gewährleistung einer dauerhaften Datenerhebung wurden jeweils unterschiedlich beurteilt.

Der bis 2013 im Outlook-Indikatorenset der EEA geführte Indikator „Change in species diversity as a result of climate change“ bezifferte durch Modellierungen von Verbreitungsgebieten die Anzahl von Pflanzenarten pro Flächeneinheit, von denen man annimmt, dass sie im Wesentlichen aufgrund des Klimawandels verloren gehen oder hinzukommen werden. Da der Indikator ausschließlich modellierte Entwicklungen abbildete, wurde der Ansatz nicht für das zu entwickelnde Indikatorenset in Betracht gezogen. Auch die bis 2017 verwendeten Indikatoren „Distribution of animal species“ und „Distribution of plant species“ der EEA, die auf Basis einer Auswertung von Daten zu vielen verschiedenen Gruppen von Tier- bzw. Pflanzenarten die klimawandelbedingte Verschiebung von Arealgrenzen beschrieben, bildeten lediglich modellierte Entwicklungen ab und wurden deshalb zurückgestellt. Gleiches gilt für den aktuell verwendeten Indikator „Forest composition and distribution“ (CLIM 034¹⁶), der projizierte Veränderungen klimatisch geeigneter Lebensräume für Laub- und Nadelbäume in Europa darstellt.

Der bis 2017 im CLIM-Indikatorenset der EEA bilanzierte Indikator „Northward movement of marine species“ beschrieb die Arealveränderungen von Zooplanktonarten, zweier Warm- und Kaltwasser-Plattfischarten in der Nordsee und zweier tropischer Fischarten im Atlantik vor dem Hintergrund veränderter Temperaturen der Meeresoberfläche. Für eine Beschreibung der Verschiebungen der Areale dieser Arten in der deutschen Nordsee reichte die räumliche Auflösung der Daten aber nicht aus, sodass er nicht für das DAS-Indikatorenset in Betracht kam.

Der Indikator „Impact of climate change on bird populations (SEBI 011)“ der EEA beschreibt die Auswirkungen des Klimawandels auf Vogelarten und deren Bestände nach der Methodik von GREGORY et al. (2009)¹⁷. Der Indikator basiert unter anderem auf modellierten Veränderungen der Verbreitungsgebiete für die Jahre 2070 bis 2099 für Europa, jedoch nicht für Deutschland. Die Anpassung des zugrundeliegenden sogenannten Climate Impact Indicator (CII) an deutsche Verhältnisse wurde vom Dachverband Deutscher Avifaunisten (DDA) durchgeführt¹⁸. Da die Artengruppe der Vögel ein breites Spektrum an Ökosystemtypen repräsentiert und der Indikator bereits auf europäischer Ebene etabliert ist, käme er prinzipiell in Betracht, wurde aber zugunsten des Indikators BD-I-2 zurückgestellt.

Der Indikator BD-I-2 beruht auf dem Community Temperature Index (CTI) für Vögel, der die Temperaturpräferenzen der betrachteten Vogelarten abbildet¹⁹. Der Index berücksichtigt Veränderungen in der Häufigkeit der betrachteten Arten und dient als Maß für die Auswirkungen

¹⁶ EEA – Europäische Umweltagentur 2016: Forest composition and distribution.
<https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/forest-growth-2/assessment>

¹⁷ Gregory R. D., Willis S. G., Jiguet F. et al. 2009: An Indicator of the Impact of Climatic Change on European Bird Populations. – PLoS ONE 4(3): e4678. doi:10.1371/journal.pone.0004678

¹⁸ s. Fußnote 2

¹⁹ Devictor V., Juillard R., Couvet D., Jiguet F. 2008: Birds are tracking climate warming, but not fast enough. – Proceedings of the Royal Society 275: 2743-2748.

des Klimawandels auf Vögel und andere Arten. Die Datenlage für das Bundesgebiet ist als sehr gut einzustufen: Das Monitoring für Vogelarten ist institutionell beim Dachverband Deutscher Avifaunisten (DDA) verankert und für die Zukunft gesichert.

Der Indikator „Abundance and distribution of selected European species (SEBI 001)“ der EEA beschreibt die Entwicklung der Bestandsgrößen von Vogel- und Tagfalterarten in ihren europäischen Verbreitungsgebieten. Die Relevanz dieses Indikators im Hinblick auf Auswirkungen des Klimawandels ist aber gering.

Der bis 2017 im CLIM-Indikatorenset der EEA geführter Indikator „Species-ecosystem relationship“ beschrieb die räumliche Verteilung der ökologischen Nische für einen Tagfalter und seine Nahrungs- und Wirtspflanze im Vergleich derzeitiger Umweltbedingungen und modellierter Umweltbedingungen des Jahres 2080. Der Indikator deckte einen Aspekt des Klimawandels ab, der in der breiten Öffentlichkeit bisher nur unzureichend thematisiert wird. Aufgrund der eingeschränkten Verbreitung der einfließenden Arten konnte mit dem Indikator nicht das gesamte Bundesgebiet abgedeckt werden, sodass er für das hier zu entwickelnde Indikatorenset zurückgestellt wurde.

Auch der bis 2015 von der EEA verfolgte Indikator „Freshwater biodiversity and water quality“, der mithilfe mehrerer Teilindikatoren die Auswirkungen des Klimawandels auf die Biodiversität und Wasserqualität von Binnengewässern beschrieb, wurde als ungeeignet eingeschätzt, da die zugrunde liegenden Daten nicht kontinuierlich erhoben wurden.

Als Ansatzpunkt für eine Indikatorentwicklung kommt grundsätzlich auch die Beschreibung der klimawandelbedingten Zunahme invasiver Arten in Frage. Allerdings existierte hierfür zum Zeitpunkt der Erstentwicklung der Indikatoren keine Datenbasis mit ausreichender zeitlicher und räumlicher Auflösung für Deutschland. Geprüft wurde außerdem die Einbeziehung des Indikators „Veränderung der Flora auf Alpengipfeln“, der für das österreichische Biodiversitätsmonitoring entwickelt wurde. Hiermit ließen sich die klimatisch bedingten Veränderungen der Artenzusammensetzung in Pflanzengesellschaften der alpinen Regionen Deutschlands nachzeichnen. Deutschland erhebt mit Unterstützung der Technischen Universität München bereits seit 2004 im Nationalpark Berchtesgaden die notwendigen Daten. Da die Datenerhebung und -digitalisierung der zweiten Messkampagne bis zur ersten Fortschreibung nicht abgeschlossen waren und infolgedessen keine abschließende Bewertung vorgenommen werden konnte, kam der Indikator damals nicht als Ergänzung für das DAS-Indikatorenset in Betracht.

Als weiterverfolgenswert wurde die Operationalisierung eines zur ersten Fortschreibung neu entwickelten Indikators „Floristischer Temperaturindex kurzlebiger Gefäßpflanzenarten“ bewertet. Er beruht auf einem dem Indikator BD-I-2 vergleichbaren Konzept und bildet die Temperaturpräferenz ein- und zweijähriger Arten innerhalb Deutschlands ab, die unter anderem durch (klimawandelbedingtes) lokales Aussterben oder die (klimawandelbedingte) Zuwanderung von wärme-/kälteliebenden Arten beeinflusst wird. So kann die Reaktion der Flora auf den Klimawandel veranschaulicht werden. Die verwendete Datenbasis ist allerdings noch zu verbessern, bevor der Indikator für das DAS-Indikatorenset vorgeschlagen werden kann. Die Weiterentwicklung dieses Indikators ist Bestandteil des FuE-Vorhabens „Fortschreibung von Indikatoren zu Auswirkungen des Klimawandels auf die biologische Vielfalt (FKZ 3522811300)“ mit Start im Juli 2022.

Des Weiteren wurde von Anfang an angestrebt, einen Indikator zum Temperaturindex von Tagfalterartengemeinschaften zu entwickeln, der analog zum Indikator BD-I-2 aufgebaut sein soll. Als Datengrundlage werden die Daten des Tagfalter-Monitorings Deutschland, das vom Umweltforschungszentrum koordiniert wird, verwendet. Der Indikator wurde als BD-I-3 im Monitoringbericht 2023 eingeführt. Bei den Tagfaltern werden CTIs für jedes einfließende Transekt mit seiner individuellen Tagfalterartengemeinschaft berechnet und aus diesen verschiedenen Gemeinschaften dann deutschlandweit ein Mittelwert. Der Index gibt Änderungen der Häufigkeit zwischen kälteliebenden und wärmeliebenden Tagfalterarten wieder und dient als Maß für die Auswirkungen des Klimawandels auf Tagfalterarten.

2.2.1.3 Veränderungen von Lebensräumen

Indikatoren, die Veränderungen beispielsweise der Erhaltungszustände klimawandelsensitiver Biotope (unter anderem Auen, Moore, Wälder, montane Ökosysteme) bilanzieren, waren zum Zeitpunkt der Erstentwicklung der Indikatoren nur in Bezug auf die Lebensraumtypen gemäß der FFH-Richtlinie implementiert. Der Indikator „Habitats of European interest (SEBI 005)“ wird auf europäischer Ebene im SEBI 2010-Indikatorenset²⁰ und auf nationaler Ebene beispielsweise im Flämischen Biodiversitätsindikatorenset²¹ berichtet. Für Deutschland wurde der Indikator „Erhaltungszustand der FFH-Lebensräume und FFH-Arten“ entwickelt, der im Rahmen der Berichterstattung zur Nationalen Strategie zur biologischen Vielfalt verwendet wird²². Dieser Indikator beschreibt unter anderem Veränderungen des Erhaltungszustands der Bestände von FFH-Lebensraumtypen mit hoher Sensitivität gegenüber Temperatur- bzw. Niederschlagsveränderungen (z. B. Lebensraumtypen der Küsten, Mittel-/Hochgebirge und Moore). Auch wenn das Monitoring von Lebensraumtypen der FFH-Richtlinie belastbare Informationen zum Erhaltungszustand der Lebensräume zur Verfügung stellt, sind die Erhebungsparameter jedoch eng auf die Zwecke der FFH-Richtlinie zugeschnitten. Um das FFH-Monitoring stärker für die Untersuchung klimawandelbedingter Auswirkungen nutzbar zu machen, wäre die Aufnahme weiterer Habitat- und Strukturparameter erforderlich²³. Der Indikatorvorschlag wurde damals deshalb zurückgestellt.

Als Teil des europäischen SEBI 2010-Indikatorensets²⁴ beschrieb der Indikator „Ecosystem coverage (SEBI 004)“ prozentuale und absolute Veränderungen der Flächenanteile von 13

²⁰ EEA – European Environment Agency (Hg.) 2009: Progress towards the European 2010 biodiversity target – indicator fact sheets. – Compendium to EEA Report No 4/2009. EEA Technical Report No 5/2009. European Environment Agency, Copenhagen, 52 pp
<https://www.eea.europa.eu/publications/progress-towards-the-european-2010-biodiversity-target>

²¹ Dumortier M., De Bruyn L., Heens M., Peymen J., Schneiders A., Turkelboom F., Van Daele T., van Reeth W. 2008: Biodiversity indicators 2008. The State of Nature in Flanders (Belgium). Research Institute for Nature and Forest, Brussels. INBO.M.2008.6

²² Ackermann W., Schweiger M., Sukopp U., Fuchs D., Sachtleben J. 2013: Indikatoren zur biologischen Vielfalt. Entwicklung und Bilanzierung. Naturschutz und Biologische Vielfalt 132, Bundesamt für Naturschutz, Bonn-Bad Godesberg, 229 S.

²³ Dröschmeister R. & Sukopp U. 2009: Monitoring der Auswirkungen des Klimawandels auf die biologische Vielfalt in Deutschland. Natur und Landschaft 84(1): 13-17.

²⁴ s. Fußnote 20

Ökosystemtypen in Europa im Zeitraum von 1990 bis 2000. Allerdings wurde die zugrunde liegende CORINE-Klassifizierung als zu grob angesehen (positive und negative Entwicklungen gleichen sich aus). Weiterhin ließen sich Klimaeinflüsse und anthropogene Faktoren nach Einschätzung der beteiligten Expertinnen*Experten kaum voneinander trennen. Biotopkartierungen der Länder wurden als Alternative in Erwägung gezogen, diese liegen aber in der Regel nicht als längere Zeitreihe vor. Der Indikator war damals aus diesen Gründen nicht umsetzbar.

Es wurde eine Reihe von Vorschlägen diskutiert, die Indikatoren zu weiteren klimawandelsensitiven Lebensraum- bzw. Biotoptypen betreffen. Der Auenzustandsbericht über die Flussauen in Deutschland²⁵ wurde als Ausgangspunkt für die Entwicklung eines Indikators zur Veränderung von Flussauen im Zuge des Klimawandels erwogen. Die biologische Vielfalt der Flussauen ist vom Klimawandel betroffen, da sich zum einen das Niederschlagsregime verändert und zum anderen Extremereignisse wie Trockenperioden oder Starkregen auf den Wasserhaushalt der Auenbereiche wirken. Auen haben außerdem eine bedeutende Regulationsfunktion bei überdurchschnittlichen und bei fehlenden Niederschlägen. Bilanziert werden können beispielsweise der Zustand rezenter Auen und Altauen entsprechend dem Bewertungsschlüssel des Auenzustandsberichts als potenziell zur Verfügung stehende Retentionsräume. Eine Überprüfung und Weiterentwicklung dieses Ansatzes mündete in die Entwicklung des damaligen Indikators BD-I-3 (Rückgewinnung natürlicher Überflutungsflächen), der in den DAS-Monitoringberichten 2015 und 2019 als Impact-Indikator kategorisiert wurde (s. Kap. 2.2.1.6). Er wurde dann aber für den Monitoringbericht 2023 auf die Response-Ebene verschoben, da diese Einordnung besser mit der Systematik des DAS-Monitorings korrespondiert (s. Kap. 2.2.2.3).

Als ein möglicher Indikator für die Auswirkungen des Klimawandels auf montane Ökosysteme wurde zum Zeitpunkt der Erstentwicklung des Indiktorensets die klimainduzierte Veränderung der Waldgrenze diskutiert. Eine Bilanzierung war auf der Basis von Daten möglich, die im Nationalpark Berchtesgaden im Rahmen des GLORIA EUROPE-Projektes (europaweites Langzeit-Beobachtungsnetzwerk für Veränderungen von Hochgebirgsökosystemen) erhoben wurden. Dieser Ansatz wurde verworfen, da die Verschiebungen der Waldgrenze in den deutschen Alpen überwiegend durch Nutzungsänderungen (unter anderem Aufgabe der Almwirtschaft) bestimmt werden.

Bei den drei folgenden Themenfeldern zu indirekten Veränderungen der biologischen Vielfalt infolge von Anpassungen an den Klimawandel im Bereich der Land-, Forst- und Wasserwirtschaft bestehen jeweils vielfältige Querbezüge zu anderen einschlägigen Handlungsfeldern der DAS (s. Hinweise in Tabelle 3). Dies ist dadurch begründet, dass sehr viele Anpassungsmaßnahmen in diesen Bereichen mehr oder weniger ausgeprägte indirekte Wirkungen auch auf die biologische Vielfalt nach sich ziehen. Eine genaue Quantifizierung war jedoch zum Zeitpunkt der Erstentwicklung der Indikatoren bei keinem der Indikatoransätze möglich. Aus diesem Grund wurden damals bis auf den Indikator BD-I-3 (Rückgewinnung natürlicher Überflutungsflächen) für die genannten Themenfelder keine Indikatorvorschläge vorgelegt. Mit der

²⁵ BMU – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, & BfN – Bundesamt für Naturschutz (Hg.) 2009: Auenzustandsbericht. Flussauen in Deutschland. Berlin, Bonn, 34 S.

Verschiebung von BD-I-3 auf die Response-Ebene werden diese indirekten Auswirkungen nun im Monitoringbericht nur noch textlich beschrieben.

Die Indikatoren des Themenfeldes „Veränderungen von Lebensräumen“ (Veränderungen der Ausdehnung, des Erhaltungszustands etc. von Lebensräumen mit besonderer Empfindlichkeit gegenüber dem Klimawandel) wurden auch im Rahmen des FuE-Vorhabens „Beitrag der Satellitenfernerkundung zur Ermittlung von DAS-Indikatoren“ diskutiert. Grundsätzlich erschien es dabei schwierig, konkrete Hypothesen zu (primär) klimainduzierten Veränderungen von Ökosystemen und deren Qualitäten zu formulieren, aus denen sich geeignete Indikationsansätze ableiten ließen. Am ehesten wurde dies noch für wasserabhängige Ökosysteme (z. B. Beeinflussung von Feuchtgebieten durch Frühjahrs- und Sommertrockenheit) als denkbar erachtet. Zur Unterstützung des Monitorings von NATURA2000-Gebieten wurde die Nutzung von Satellitendaten verschiedentlich erprobt. So wurde beispielsweise finanziert durch das 7. Rahmenprogramm der Europäischen Kommission das GMES-Projekt MS.MONINA (Multi-scale Service for Monitoring Natura 2000 Habitats of European Community Interest) unter anderem mit dem Ziel durchgeführt, Beiträge zur Erhaltungszustandsbewertung von FFH-Lebensraumtypen zu liefern. In Nordrhein-Westfalen wurde ein Pilotdienst zum Natura 2000-Monitoring aufgebaut, der auch anderen Naturschutzverwaltungen der Bundesländer zur Verfügung gestellt werden sollte. Aus den Forschungsprojekten war unter anderem die Entwicklung eines Copernicus-Produkts hervorgegangen, das sich mit dem Monitoring von Natura2000-Gebieten befasst. In der lokalen Komponente des Dienstes zur Landüberwachung stellt der Natura2000-Datensatz hochauflösende Daten zur Nutzungskartierung und Veränderungen für ausgewählte Habitattypen zur Verfügung. Der Datensatz war zum Zeitpunkt des Vorhabens allerdings noch nicht validiert und damals wurden nur Grünland (grassland) Habitate genauer unterschieden und hinsichtlich der zwei Zustandsbewertungen semi-natural/species-rich klassifiziert. Zum damaligen Zeitpunkt war beabsichtigt, dem Natura2000-Datensatz weitere Habitattypen hinzuzufügen. Über den Zustand von Feuchtgebieten, der aus Anpassungssicht von besonderem Interesse wäre, gab es damals keine Informationen und kein spezifisches Copernicus-Produkt, obwohl die Analysemöglichkeiten der Fernerkundung theoretisch gegeben waren. Somit waren damals keine konkreten methodischen Ansätze nutzbar, um spezifische klimainduzierte Veränderungen zu erfassen und zu bewerten.

2.2.1.4 Veränderungen biologischer Vielfalt infolge von Anpassungen an den Klimawandel im Bereich der Landwirtschaft

Der Landwirtschaftssektor ist unmittelbar abhängig von klimatischen Bedingungen und somit direkt vom Klimawandel betroffen. Der Klimawandel wirkt sich regional unterschiedlich aus und kann die Ertragsleistung der Landwirtschaft über diverse Wirkfaktoren (z. B. erhöhte Evapotranspiration und zunehmende Wasserknappheit) maßgeblich beeinflussen. Die Projektionen zukünftiger Veränderungen des Klimas deuten zudem auf eine Intensivierung dieses Wandels hin. Hieraus resultieren bei der Landnutzung und den Landnutzungssystemen (konventionelle, ökologische, konservierende Landwirtschaft und deren Varianten) Anpassungsmaßnahmen in der landwirtschaftlichen Produktion (unter anderem Pflanzenbau, Gartenbau, Grünlandwirtschaft und Anbau von Feldfutterpflanzen, Nutztierhaltung), die wiederum indirekte Veränderungen der biologischen Vielfalt bewirken. Zum Zeitpunkt der Erstentwicklung der

Indikatoren wurde als Ziel für die Indikatoren dieses Themenfeldes formuliert, diejenigen Anpassungsmaßnahmen in der landwirtschaftlichen Produktion darzustellen, die Beeinträchtigungen für die biologische Vielfalt erwarten lassen. Zum anderen wurden mögliche Ansatzpunkte für Indikatoren in der direkten Abbildung von Veränderungen der biologischen Vielfalt landwirtschaftlich geprägter Lebensräume gesehen.

Aus verschiedenen Indikatorensets lagen damals eine Reihe von Indikatoren vor, die Veränderungsprozesse in der Landwirtschaft und daraus resultierende Veränderungen der biologischen Vielfalt darstellen, beispielsweise im Zusammenhang mit der Umstellung auf ökologischen Landbau oder in Bezug auf Landwirtschaftsflächen mit hohem Naturwert. Ein expliziter Bezug zum Klimawandel ließ sich allerdings durchgehend nicht erkennen. Daher wurden sowohl die untersuchten implementierten Indikatoren als auch die zur weiteren Ausarbeitung ausgewählten Indikatoransätze²⁶ aufgrund der schlechten / unklaren Datenlage sowie des in der Regel nur sehr eingeschränkt herstellbaren Bezuges zu Aspekten des Klimawandels verworfen.

2.2.1.5 Veränderungen biologischer Vielfalt infolge von Anpassungen an den Klimawandel im Bereich der Forstwirtschaft

Zur Abbildung von Veränderungen biologischer Vielfalt infolge von Anpassungen an den Klimawandel im Bereich der Forstwirtschaft lagen zum Zeitpunkt der Erstentwicklung der Indikatoren bereits eine Vielzahl von Indikatoren vor, die sowohl auf europäischer Ebene als auch auf Ebene der Nationalstaaten (Deutschland, Großbritannien und Nordirland, Österreich und Schweiz) bereits implementiert waren. Im Vordergrund standen dabei neben einer Bilanzierung von Totholzanteilen und nachhaltig bewirtschafteten Forstflächen eine Veränderung bzw. Anpassung der Baumartenzusammensetzung. Ein Bezug sowohl zu naturschutzfachlichen Zielen und als auch zur Anpassung an den Klimawandel war bei allen diesen Indikatoren allerdings nur sehr bedingt herstellbar.

Konzeptionell weitgehend ausgereift war der Indikatorneuvorschlag „Waldumbau im Klimawandel“, der auf dem Entwurf eines Indikators für die Nationale Strategie zur biologischen Vielfalt²⁷ basiert. Dieser Indikatorvorschlag umfasste die beiden Teilindikatoren „Totholzvorrat“ und „Anteil der Waldfläche mit sehr naturnaher Baumartenzusammensetzung“. Als Reaktion auf den Klimawandel wurden damals in der Forstwirtschaft Ansätze der Anpassung forstwirtschaftlichen Managements diskutiert, die sich direkt auf den Totholzanteil und die Naturnähe der Baumartenzusammensetzung auswirken. Der Indikatorentwurf beleuchtete naturschutzfachlich besonders bedeutsame Aspekte der Forstwirtschaft. Bezüge zum Klimawandel ließen sich aber nur bedingt herstellen, weswegen der Vorschlag nicht in das DAS-Indikatorenset aufgenommen wurde.

²⁶ s. Fußnote 2

²⁷ s. Fußnote 22

2.2.1.6 Veränderungen biologischer Vielfalt infolge von Anpassungen an den Klimawandel im Bereich der Wasserwirtschaft

Die im Rahmen der Erstentwicklung der DAS-Indikatoren analysierten bestehenden Indikatorensets enthielten keine Indikatoren, die explizit Wirkungen auf die biologische Vielfalt infolge von Anpassungsmaßnahmen im Bereich des Hochwasserschutzes abbilden. Zwar wurden im DAS-Handlungsfeld „Wasserhaushalt, Wasserwirtschaft, Küsten- und Meeresschutz“ zahlreiche Ansatzpunkte zur Indikatorenentwicklung aufgezeigt. Vorschläge wie beispielsweise „Hochwasser“, „Niedrigwasser“ oder „Mittlerer Abfluss“ sind zwar geeignet, Auswirkungen des Klimawandels auf das Abflussregime der Flüsse abzubilden. Wirkungen auf die biologische Vielfalt infolge veränderter Anpassungsmaßnahmen im Bereich des Hochwasserschutzes lassen sich hiermit aber nicht aufzeigen. Ansatzpunkte zur Indikatorenentwicklung für das Handlungsfeld „Biologische Vielfalt“ wurden einerseits in Bezug auf technische (z. B. Deichbau), andererseits in Bezug auf ökologische Hochwasserschutzmaßnahmen (z. B. Deichrückverlegung) gesehen. Dabei sind von technischen Maßnahmen vorwiegend negative Auswirkungen auf die biologische Vielfalt zu erwarten. Maßnahmen, die naturschutzfachliche Zielsetzungen berücksichtigen, können sich dagegen positiv auf die biologische Vielfalt auswirken.

Mit dem Indikator BD-I-3 „Rückgewinnung natürlicher Überflutungsflächen“ wurde dieser Ansatz in den Monitoringberichten 2015 und 2019 aufgegriffen. Er galt als Maß für die positiven Wirkungen des naturverträglichen Hochwasserschutzes auf die biologische Vielfalt in Flussauen. Der Indikator bilanziert auf Basis einer bundesweiten Erfassung von Projekten zur Auenrenaturierung²⁸ einen naturschutzfachlich bedeutsamen Aspekt des vorbeugenden Hochwasserschutzes, der ansonsten stark durch technische Maßnahmen wie den Bau von Deichen, Rückhaltebecken oder Hochwasserschutzpoldern geprägt ist. Die Einrichtung gesteuerter Hochwasserschutzpolder oder sonstige gesteuerte Flutungen der Aue werden daher bei der Bilanzierung des Indikators nicht berücksichtigt. Für den Monitoringbericht 2023 wurde der Indikator BD-I-3 auf die Response-Ebene verschoben (s. Kap. 2.2.2.3, zu BD-R-2), da die Impact-Einordnung eines Indikators, der Maßnahmen beschreibt, nur sehr schwer vermittelbar ist. Textlich wird im Monitoringbericht darauf Bezug genommen, dass es Schnittstellen zwischen Hochwasserschutz, Schutz bzw. Entwicklung der biologischen Vielfalt und der Klimawandelanpassung gibt.

2.2.2 Response-Indikatoren

2.2.2.1 Anpassung naturschutzfachlicher Strategien an den Klimawandel

Die Anpassung von Strategien des Naturschutzes an den Klimawandel erfolgte in den letzten Jahren vor allem auf nationaler Ebene (DAS, Aktionsplan Anpassung) und aktuell zunehmend auch auf Länder- und kommunaler Ebene. Hiervon betroffen sind Instrumente des Natur-

²⁸ Eigenrecherchen des BfN,

Möhring U., Peters A., Schackers B., Kurth A., Gebauer S., Weißhaupt R. 2012: Erfassung überregional bedeutender Projekte zur Auenrenaturierung und zur Wiederherstellung von Überschwemmungsflächen – bundesweite Übersicht. Unveröff. Abschlussbericht. Höxter, 70 S.

schutzes wie das Management von Schutzgebieten, die Etablierung von Biotopverbundachsen, aber auch die naturschutzfachlichen Planungen als Beitrag zur Raumplanung. Für dieses Themenfeld wurde bei der Erstentwicklung des Indikatorensets für das Handlungsfeld „Biologische Vielfalt“ der Indikator BD-R-1 „Berücksichtigung des Klimawandels in Landschaftsprogrammen und -rahmenplänen“ entwickelt. Der Indikator bilanziert, inwieweit Auswirkungen des Klimawandels auf die biologische Vielfalt durch die Landschaftsplanung als Fachplanung des Naturschutzes beachtet werden. Dargestellt wird, ob in Landschaftsprogrammen (Indikator-Teil A) sowie in ausgewählten Landschaftsrahmenplänen (Indikator-Teil B) Auswirkungen des Klimawandels auf die biologische Vielfalt beschrieben, ob entsprechende Ziele und Maßnahmen benannt und ob solche Ziele und Maßnahmen mit dem Klimawandel begründet werden. Dabei bleibt allerdings offen, inwieweit derartige Maßnahmen tatsächlich umgesetzt und ob damit auch Erfolge beim Schutz der biologischen Vielfalt erzielt werden.

2.2.2.2 Anpassung naturschutzfachlicher Maßnahmen an den Klimawandel

Auf Grundlage strategischer Vorgaben müssen konkrete naturschutzfachliche Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel festgelegt werden. In Betracht kommen dabei beispielsweise Maßnahmen, die die Nutzung organischer Böden, den Ausbau des Gebietsschutzes, die Vernetzung naturschutzfachlich wertvoller Lebensräume im Biotopverbund, die Förderung des landschaftlichen Strukturreichtums oder die Renaturierung degradierter Niederungslandschaften (Auen, Moore) betreffen.

Der Gebietsschutz ist aus naturschutzfachlicher Sicht ein sehr wichtiges Instrument zur Erhaltung der biologischen Vielfalt auch und gerade unter den Bedingungen des Klimawandels. Die formale Ausweisung eines Schutzgebietes ist jedoch nur ein erster Schritt. In der Folge muss eine effektive Betreuung, Pflege und Entwicklung der Gebiete im Sinne zuvor festgelegter einschlägiger Ziele des Naturschutzes sichergestellt werden. Unter dem Einfluss des Klimawandels können in Schutzgebieten dynamische Entwicklungen ablaufen, die eine Anpassung der festgelegten Ziele und des Managements erforderlich machen. Die naturschutzfachlichen Anpassungsmaßnahmen können unter anderem aus der Beobachtung natürlicher Anpassungsprozesse abgeleitet werden und spezifische Maßnahmen zur Erhaltung und Förderung von Arten und Lebensräumen sowie Beiträge zur Vernetzung der Lebensräume umfassen. Managementpläne beispielsweise für Natura 2000-Gebiete, Nationalparke oder Biosphärenreservate unterscheiden sich bezüglich der Berücksichtigung von Aspekten des Klimawandels. Ein geeignetes Monitoring, das für ausgewählte Schutzgebiete bundesweit vergleichbare Daten in diesem Bereich abfragt, würde allerdings Neuland darstellen und wäre sehr aufwändig. Eine erste Evaluierung der Managementqualität der Nationalparke in Deutschland wurde 2009 begonnen und 2012 abgeschlossen; in einem FuE-Vorhaben von 2011 bis 2013 wurde die Anwendbarkeit eines integrativen Monitorings in Großschutzgebieten untersucht, wobei die

Berücksichtigung des Klimawandels in den Managementplänen nicht Gegenstand der Betrachtung war²⁹.

Zum Thema „Schutzgebiete“ wurden zum Zeitpunkt der Erstentwicklung der Indikatoren auf europäischer und nationalstaatlicher Ebene mehrere Indikatoren ermittelt. Bei diesen stand vor allem eine Bilanzierung der Gesamtflächengröße ausgewählter Schutzgebietskategorien im Fokus. Aussagen zur Effizienz des Schutzgebietsmanagements oder zur Einbeziehung von Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel wurden mit den Indikatoren jedoch nicht getroffen. Somit ließen die damals bestehenden Indikatoren in der Regel keine Rückschlüsse auf den tatsächlichen Schutz und die Qualität der Schutzgebiete zu. Vor diesem Hintergrund wurde die Aussagefähigkeit solcher Indikatoren im Hinblick auf die Erhaltung der biologischen Vielfalt unter den Bedingungen des Klimawandels als gering bewertet.

Der im Rahmen der Berichterstattung zur Nationalen Strategie zur biologischen Vielfalt verwendete Indikator „Gebietsschutz“ bilanziert den Flächenanteil streng geschützter Gebiete (Naturschutzgebiete und Nationalparke) an der Landesfläche Deutschlands. Obwohl weder Aussagen zur Ausrichtung des Managements im Hinblick auf den Klimawandel noch zur Qualität der Schutzgebiete getroffen werden, wurde dieser Indikator als Proxy-Indikator BD-R-2 ins Set aufgenommen (und für den DAS-Monitoringbericht 2023 in BD-R-3 unnummeriert). Er stellt eine erste Annäherung an das Themenfeld dar und sollte künftig durch einen Indikator ersetzt oder ergänzt werden, der das wichtige Thema des Gebietsschutzes mit einem deutlichen Fokus auf Fragen des Klimawandels adressiert. Möglich wäre dabei auch eine Einbeziehung des Biotopverbundes in die Indikатораussage.

Der Biotopverbund gilt als ein bedeutendes Instrument, um Wanderungsbewegungen von Organismen zu ermöglichen, die nicht nur den genetischen Austausch zwischen Populationen fördern, sondern es Tier- und Pflanzenarten auch erlauben, ihre Verbreitungsgebiete unter den Bedingungen des Klimawandels zu verschieben. Dabei kommt der Sicherung des Biotopverbunds unter anderem durch Ausweisung neuer streng geschützter Gebiete ein hoher Stellenwert zu. Für die erste Fortschreibung des Monitoringberichts war ein Indikator „Sicherung des länderübergreifenden Biotopverbunds“ neu entwickelt worden, den prozentualen Anteil jährlich neu ausgewiesener strenger Schutzgebiete auf dem terrestrischen Bundesgebiet innerhalb der Flächen für den länderübergreifenden Biotopverbund abbildet. Er war als Ersatz für den Indikator BD-R-2 vorgesehen, wurde allerdings nicht übernommen. In dem FuE-Vorhaben „Fortschreibung von Indikatoren zu Auswirkungen des Klimawandels auf die biologische Vielfalt (FKZ 3522811300)“ mit Start zu Juli 2022 wird eine inhaltliche Neuausrichtung des Indikators geprüft. Vorschläge hierfür beinhalten unter anderem eine Fokussierung auf die Wirksamkeit des länderübergreifenden Biotopverbunds in der Gesamtlandschaft, die

²⁹ EUROPARC Deutschland (Hg.) 2013: Managementqualität deutscher Nationalparks. Ergebnisse der ersten Evaluierung der deutschen Nationalparks. Berlin, 87 S.
<https://nationale-naturlandschaften.de/quellen/managementqualitaet-deutscher-nationalparks-ergebnisse-der-ersten-evaluierung-der-deutschen-nationalparks>

Gehrlein U., Süß P., Baranek E., Schubert S. (2014): Anwendbarkeit des integrativen Monitoringprogramms für Großschutzgebiete. BfN-Skripten 374, Bonn, 180 S.
www.bfn.de/sites/default/files/BfN/service/Dokumente/skripten/skript_374.pdf

Einbeziehung raumplanerischer Vorrang- und Vorbehaltsgebiete für Natur und Landschaft und die Einbeziehung der Konzepte der unzerschnittenen verkehrsarmen Räume (UZVR), der unzerschnittenen Funktionsräume (UFR) und der Wiedervernetzung.

Weiterhin wurde in Vorbereitung der ersten Fortschreibung ein Indikator „Lebensraumvielfalt und Landschaftsqualität“ entwickelt, der die Lebensraumvielfalt und Landschaftsqualität als Voraussetzung für den Artenschutz im Klimawandel und als Ausdruck klimawandelresilienter Landschaften bilanziert. Er wird mithilfe von Teilindikatoren zur Nutzungs- bzw. Bodenbedeckungsvielfalt, zum Anteil naturnaher Elemente, zur Randliniendichte von gewässerbetonten und gehölzdominierten Lebensräumen und zur Konnektivität gebildet. Die bisher verwendete Datenbasis soll allerdings noch weiter aufbereitet werden, bevor der Indikator für das DAS-Indikatorenset vorgeschlagen werden kann. Bestandteil des FuE-Vorhabens FKZ 3522811300 mit Start im Juli 2022 ist auch diese Weiterentwicklung.

Als weiterer Ansatzpunkt für einen Indikator wurde bei der Erstentwicklung der Indikatoren die Abbildung des Anteils geschützter und gleichzeitig für den Klimaschutz relevanter Flächen an der Gesamtfläche der jeweiligen Lebensräume (vor allem Moore, Auen und Küstenlebensräume) in Deutschland erachtet. Ziel wäre die Darstellung der Leistungen des Naturschutzes für den Klimaschutz. Dabei wären all jene Flächen relevant, deren Erhaltung (bzw. Förderung im Sinne von Neuanlage oder Revitalisierung) zur Speicherung von Kohlenstoff bzw. zur Vermeidung zusätzlicher CO₂-Emissionen beiträgt; dies sind insbesondere Wälder, (wachsende) Moore und Grünländer (vgl. LANA 2011)³⁰. Die Frage, welche Biotoptypen im Einzelnen relevant sind, ließ sich damals noch nicht abschließend klären. So können den meisten Biotoptypen bisher nur mit großer Unsicherheit CO₂-Bilanzen zugeordnet werden (vgl. DRÖSLER et al. 2012)³¹. Als Schutzgebietskategorien kommen all diejenigen in Frage, die entweder die Erhaltung relevanter Lebensräume oder deren Wiederherstellung bzw. die Wiederherstellung deren relevanter Funktionen gewährleisten.

Als ein Ergebnis des UBA FuE-Vorhabens „Beitrag der Satellitenfernerkundung zur Ermittlung von DAS-Indikatoren“ (FKZ 3714 48 103 010³²) wurde festgehalten, dass es grundsätzlich über die Erfassung von Landschaftsstrukturen mehrere Ansatzpunkte zum Monitoring des Biotopverbunds mithilfe von Satellitendaten gäbe (z. B. Erfassung linearer Strukturelemente und deren Durchgängigkeit). Schwierig erschien damals allerdings deren Qualifizierung, d. h. was wird wie verbunden. Ggf. ließen sich in einer einfachen Annäherung an den Indikationsgegenstand Auswertungen zur Landschaftsheterogenität vornehmen (z. B. in Anlehnung an die effektive Maschenweite oder anderer Landschaftsindizes), allerdings wäre hierzu die Ent-

³⁰ LANA – Bund-Länder-Arbeitsgemeinschaft Naturschutz, Landschaftspflege und Erholung (Hg.) 2011: Thesenpapier „Klimawandel und Naturschutz“. www.la-na.de/documents/thesenpapierprozent20klimawandelprozent20undprozent20naturschutz_1509646571.pdf

³¹ Drösler M., Augustin J., Bergmann L., Förster C., Fuchs D., Hermann J.-M., Kantelhardt J., Kapfer A., Krüger G., Schaller L., Sommer M., Schweiger M., Steffenhagen P., Tiemeyer B., Wehrhan M. 2012: Beitrag ausgewählter Schutzgebiete zum Klimaschutz und dessen monetäre Bewertung. Naturschutz und Biologische Vielfalt 328, Bundesamt für Naturschutz, Bonn-Bad Godesberg, 152 S.

³² s. Fußnote 10

wicklung spezifischer Auswertungsmethoden erforderlich. Für stärker fokussierte Indikationen müssten zunächst die zugrundeliegenden Hypothesen formuliert werden.

2.2.2.3 Erfolge klimawandelbedingter Anpassungen naturschutzfachlicher Strategien und Maßnahmen

Als Ziel der Entwicklung von Indikatoren für dieses Themenfeld wurde bei der Erstentwicklung des Indikatorensets formuliert, Erfolge naturschutzfachlicher Strategien und Maßnahmen zur Erhaltung und Förderung von Arten und Lebensräumen abzubilden, die insbesondere durch den Klimawandel bedroht sind. Zum damaligen Zeitpunkt wurde eine Reihe von Studien ermittelt, die Ansätze zur Auswahl von Arten und teilweise auch Lebensräumen bieten, welche durch den Klimawandel gefährdet werden³³). Eine Bezugnahme auf diese Ansätze setzt allerdings die Klärung grundlegender Fragen voraus. So ist z. B. zu klären, ob für den Zweck der hier angestrebten Indikatorentwicklung die begründete Darlegung der Klimasensitivität ausgewählter Arten und Lebensräume ausreichend ist, um vom Klimawandel als hauptsächlicher Gefährdungsursache sprechen zu können. Auch ist zu entscheiden, ob der Klimawandel lediglich als direkte oder auch als indirekte Gefährdungsursache berücksichtigt werden soll. Je nach zugrunde gelegter Studie sind zudem weitere Operationalisierungsschritte erforderlich, die bisher noch nicht abgeschlossen wurden. Hinzu kommt, dass naturschutzfachliche Strategien und Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel – wenn überhaupt – erst seit Kurzem umgesetzt werden und eine entsprechende bundesweite Erhebung und Auswertung einschlägiger Daten sehr schwierig ist. Aus den genannten Gründen wurde zu diesem Themenfeld in den Monitoringberichten 2015 und 2019 kein Indikatorvorschlag vorgelegt. Mit der Verschiebung des Indikators BD-I-3 (Rückgewinnung natürlicher Überflutungsflächen, s. Kap. 2.2.1.6) auf die Response-Ebene steht für den Monitoringbericht nun ein Indikator zu diesem Themenfeld zur Verfügung. Er geht davon aus, dass die Umsetzung von Maßnahmen des ökologischen Hochwasserschutzes inzwischen auch von der Klimawandelanpassung motiviert ist (s. auch Indikator WW-R-2) und diese Maßnahmen zugleich relevante positive Effekte auf die Biodiversität entfalten, auch wenn diese bisher nicht quantifiziert werden können.

³³ Günther A., Nigmann U., Achtziger R., Gruttko H. 2005: Analyse der Gefährdungsursachen planungsrelevanter Tiergruppen in Deutschland. Naturschutz und Biologische Vielfalt 21, Bundesamt für Naturschutz, Bonn-Bad Godesberg, 605 S.

Schlumprecht H., Bittner T., Jaeschke A., Jentsch A., Reineking B., Beierkuhnlein C. 2010: Gefährdungsdisposition von FFH-Tierarten Deutschlands angesichts des Klimawandels. Eine vergleichende Sensitivitätsanalyse. Naturschutz und Landschaftsplanung 42 (10): 293-303.

Möllenbeck V., Behrens M., Fartmann T., Hölzel N., Hübner T., Kiel E.-F. 2011: Auswirkungen des Klimawandels auf die Biologische Vielfalt. Empfindlichkeitsanalysen für ausgewählte Tier- und Pflanzenarten und Lebensräume in Nordrhein-Westfalen. Natur in NRW 4/11: 15-19.

Pompe S., Berger S., Bergmann J., Badeck F., Lübbert J., Klotz S., Rehse A.-K., Söhlke G., Sattler S., Walther G.-R., Kühn I. 2011: Modellierung der Auswirkungen des Klimawandels auf die Flora und Vegetation in Deutschland. BfN-Skripten 304, Bonn-Bad Godesberg, 98 S.

2.3 Schnittstellen des Handlungsfeldes „Biologische Vielfalt“ mit anderen DAS-Handlungsfeldern

Die Themenfelder zum Handlungsfeld „Biologische Vielfalt“ weisen vielfältige Querbezüge zu anderen Handlungsfeldern der DAS und den für diese Handlungsfelder vorgesehenen Indikatoren auf (vgl. Auflistung in der Spalte „Indikatoren“ Tabelle 3). Hervorzuheben sind dabei insbesondere die Bezüge zu den Handlungsfeldern „Landwirtschaft“, „Wald und Forstwirtschaft“, „Fischerei“, „Boden“, „Wasserhaushalt und Wasserwirtschaft“, „Küsten- und Meeresschutz“ sowie „Raum-, Regional- und Bauleitplanung“. In deutlich geringerem Umfang ergeben sich Bezüge zu den Handlungsfeldern „Tourismuswirtschaft“, „Verkehr, Verkehrsinfrastruktur“ und „Menschliche Gesundheit“. In den meisten Fällen sind diese Querbezüge darin begründet, dass Indikatoren anderer DAS-Handlungsfelder Wirkungen behandeln, die sich direkt oder indirekt auch auf Populationen wildlebender Tier- und Pflanzenarten oder deren Lebensräume erstrecken können. Hinzu kommen zahlreiche Parallelen im Bereich der wichtigsten Formen der wirtschaftlichen Nutzungen der Landschaft: Land-, Forst- und Wasserwirtschaft sind sowohl eigene Handlungsfelder der DAS als auch Themenfelder zu den indirekten klimawandelbedingten Wirkungen auf die biologische Vielfalt infolge von Anpassungen in den genannten Bereichen wirtschaftlicher Nutzung der Landschaft. Gleiches gilt für das Handlungsfeld „Raum-, Regional- und Bauleitplanung“, das zahlreiche Bezüge zur biologischen Vielfalt aufweist, sofern sich die Anwendung von Planungsinstrumenten auch auf die Vorkommen wildlebender Tier- und Pflanzenarten oder deren Lebensräume auswirken können.

Für die vorgeschlagenen Indikatoren zum Handlungsfeld „Biologische Vielfalt“ gilt im Einzelnen: Die Indikatoren BD-I-1 „Phänologische Veränderungen bei Wildpflanzenarten“ und BD-R-3 „Gebietsschutz“ weisen Schnittstellen mit den DAS-Handlungsfeldern „Wald und Forstwirtschaft“ sowie „Landwirtschaft“ auf. Beim Indikator BD-R-2 „Rückgewinnung natürlicher Überflutungsflächen“ bestehen Bezüge zu den DAS-Handlungsfeldern „Wasserhaushalt und Wasserwirtschaft“, „Raum-, Regional- und Bauleitplanung“ sowie „Bevölkerungsschutz“. Die Indikatoren BD-R-1 „Berücksichtigung des Klimawandels in Landschaftsprogrammen und -rahmenplänen“ und BD-R-3 „Gebietsschutz“ weisen außerdem Schnittstellen mit dem DAS-Handlungsfeld „Raum-, Regional- und Bauleitplanung“ auf.