

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

Hintergrundpapier zum Indikatorenset des Handlungsfelds „Wald und Forstwirtschaft“

Stand: 09.11.2023

Versionsverlauf:

08.12.2014	Bosch & Partner GmbH, Konstanze Schönthaler	Version zum Abschluss des DAS-Indikatorenprojekts FKZ 3711 41 106
05.02.2016	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)
07.08.2019	Koordinierungsstelle im UBA I 1.6, Petra van R�uth	Geringfügige Aktualisierungen nach der Fortschreibung des DAS-Monitorings 2019
31.05.2022	Bosch & Partner GmbH, Konstanze Schönthaler	Aufnahme zusätzlicher Indikatoren, Überarbeitung bestehender Indikatoren (im Rahmen des UBA FKZ 3720 48 101 0)
10.06.2022	Bosch & Partner GmbH, Konstanze Schönthaler	Einarbeitung der Anmerkungen vom TI Waldökosysteme
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 Indikationsm�glichkeiten .	7
2.1	Themenfelder.....	7
2.2	Erläuterungen zu Indikationsideen und Indikatoren zum Handlungsfeld „Wald und Forstwirtschaft“	9
2.2.1	Impact-Indikatoren	10
2.2.1.1	Baumartenzusammensetzung und gefährdete Fichtenflächen.....	10
2.2.1.2	Holzzuwachs.....	12
2.2.1.3	Abiotische und biotische Schäden.....	13
2.2.1.4	Waldzustand	14
2.2.2	Response-Indikatoren.....	15
2.2.2.1	Waldumbau.....	15
2.2.2.2	Waldschutz	16
2.2.2.3	Verbesserung der Standortbedingungen	17
2.2.2.4	Beratung, Information, Forschung	18
2.2.2.5	Marktentwicklung.....	18

2.3	Schnittstellen des Handlungsfelds „Wald und Forstwirtschaft“ mit anderen DAS- Handlungsfeldern.....	19
-----	--	----

1 Indikatoren

1.1 Versionsverlauf

Die DAS-Monitoring-Indikatoren wurden im Frühjahr 2014 in einer Ressortabstimmung erstmalig festgelegt. Im Handlungsfeld „Wald- und Forstwirtschaft“ (FW) wurden im Zuge der ersten Berichtsfortschreibung 2019 keine Änderungen im Indikatorenset vorgenommen. Die vier Indikatoren, die auf Daten der Bundeswaldinventur (BWI) beruhen, konnten allerdings für den Bericht 2019 nicht aktualisiert werden, da die BWI nur alle 10 Jahre durchgeführt wird. Auch für den Monitoringbericht 2023 ist eine Aktualisierung nicht möglich. Die beiden Indikatoren Mischwald und „Umbau gefährdeter Fichtenbestände“ werden daher für den Monitoringbericht 2023 ruhend gestellt und nicht berichtet. Sie sind aber weiterhin relevant und werden nicht aus dem Indikatorenset gestrichen. An den Indikatoren „Gefährdete Fichtenbestände“ und „Holzzuwachs“ wurden hingegen Änderungen vorgenommen, sodass eine Fortschreibung möglich ist. Darüber hinaus wurden an weiteren Indikatoren Änderungen vorgenommen. Ein Impact-Indikator und zwei Response-Indikatoren wurde zudem neu in das Set aufgenommen. Die Reihenfolge der Indikatoren und damit deren Nummerierung wurden geändert. Die nachstehende Tabelle gibt einen Überblick über den Versionsverlauf.

Tabelle 1: Indikatorenset im „Wald und Forstwirtschaft“ (Änderungen)

Bericht 2015	Bericht 2019	Bericht 2023	Indikatortitel
Impact-Indikatoren: Auswirkungen des Klimawandels auf den Wald und die Forstwirtschaft			
FW-I-1	FW-I-1	FW-I-1	Baumartenzusammensetzung in Naturwaldreservaten (Fallstudie)
FW-I-3	FW-I-3	FW-I-2	Holzzuwachs
FW-I-4	FW-I-4	FW-I-3	Schadholz – Umfang zufälliger Nutzungen
FW-I-2	FW-I-2	FW-I-6	Gefährdete Fichtenbestände
FW-I-5	FW-I-5	FW-I-5	Schadholzaufkommen durch Buchdrucker (Fallstudie)
FW-I-6	FW-I-6	FW-I-8	Waldbrandgefährdung und Waldbrand
FW-I-7	FW-I-7	FW-I-3	Waldzustand
		FW-I-4	Absterberate
Response-Indikatoren: Ergriffene Anpassungsmaßnahmen bzw. Maßnahmen oder Entwicklungen, die den Anpassungsprozess im Handlungsfeld „Wald und Forstwirtschaft“ unterstützen			
FW-R-1	FW-R-1	ruhend	Mischbestände
FW-R-2	FW-R-2	FW-R-1	Förderung des Waldumbaus
FW-R-3	FW-R-3	ruhend	Umbau gefährdeter Fichtenbestände
FW-R-4	FW-R-4	FW-R-2	Erhaltung forstgenetischer Ressourcen
FW-R-5	FW-R-5	FW-R-3	Humusvorrat in forstlichen Böden (2015, 2019) Humusvorrat in Waldböden (2023)
FW-R-6	FW-R-6	FW-R-6	Forstliche Information zum Thema Anpassung
		FW-R-4	Rohholzverwendung
		FW-R-5	Holzbauquote

1.2 Änderungen für den Monitoringbericht 2019

An den Indikatoren im Handlungsfeld „Wald und Landwirtschaft“ wurden für den Monitoringbericht 2019 keine Änderungen vorgenommen.

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 sollen, war bzw. ist der Austausch mit Fachleuten eine der wesentlichen Voraussetzungen für die Entwicklung fachlich akzeptierter Indikatorensets zu den DAS-Handlungsfeldern. Im Verlauf der Indikatorentwicklung erfolgte die Einbindung einer großen Zahl behördlicher und nicht-behördlicher Expert*innen im Rahmen von bilateralen Gesprächen, Kleingruppensitzungen und Workshops.

Die Indikatorentwicklung im Handlungsfeld „Wald und Forstwirtschaft“ für den Monitoringbericht 2015 wurde intensiv von einer Kleingruppe Forstwirtschaft unter der Leitung des Thünen-Instituts für Waldökosysteme unterstützt. In der Gruppe waren neben dem TI auch Vertreter*innen von Universitäten, Landes-, Forschungs- und Versuchsanstalten sowie Länderministerien vertreten, die über die waldbaulichen Belange auf Landesebene vertiefende Kenntnisse einbringen konnten. Die Gruppe tagte im Projektverlauf insgesamt drei Mal. Darüber hinaus wurden mehrere Telefonkonferenzen in unterschiedlichen personellen Besetzungen geführt. Die Gruppe bildete außerdem die Brücke zum Gremium der Waldbaureferenten des Bundes und der Länder, da der für Mecklenburg-Vorpommern eingesetzte Waldbaureferent zugleich Mitglied der DAS-Kleingruppe Forstwirtschaft war.

Die Runde der Waldbaureferenten befasste sich erstmalig im Oktober 2009 mit der DAS-Indikatorenarbeit und wurde dann über das BMELV, das die Leitung der Gruppe innehat, regelmäßig über den Stand der Arbeiten in Kenntnis gesetzt. In den Herbstsitzungen 2010 und 2011 wurde der damals bereits im Entwurf vorliegende Indikatorenset diskutiert, und es wurden Rückmeldungen an das Bearbeitungsteam übermittelt.

Für spezifischere Fragestellungen befasste sich außerdem die länderübergreifende Projektgruppe Naturwälder mit der Entwicklung eines DAS-Indikators zur Veränderung der Baumartenzusammensetzung in Naturwaldreservaten sowie die Bund-Länder-Arbeitsgruppe „Forstliche Genressourcen und Forstsaatgutrecht“ (BLAG-FGR) mit einem Indikator zur Erhaltung forstgenetischer Ressourcen.

Die nachstehende Tabelle gibt Auskunft über Personen und Institutionen, die auf unterschiedliche Weise und in unterschiedlicher Intensität am Diskussionsprozess um mögliche Indikatoren zum DAS-Handlungsfeld Wald und Forstwirtschaft beteiligt waren. Im Prozess der Weiterentwicklung des Indikatorensets für die zweite Berichtsfortschreibung 2023 wurden weitere Expert*innen in die Diskussionen einbezogen.

Tabelle 2: Beteiligte an der Diskussion von Indikatoren im Handlungsfeld „Wald und Forstwirtschaft“

Name	Institution
Beteiligungen an der Erstentwicklung bis 2015	
Ammer Prof. Dr., Christian	Georg-August-Universität Göttingen, Fakultät für Forstwissenschaften und Waldökologie, Abt. Waldbau und Waldökologie der gemäßigten Zonen
Bauhus Prof. Dr., Jürgen	Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, Fakultät für Forst- und Umweltwissenschaften, Waldbau-Institut
Berendes, Karl-Heinz	Julius Kühn-Institut (JKI), Institut für Pflanzenschutz in Gartenbau und Forst

Indikatoren und Berichterstattung zur DAS
Hintergrundpapier Handlungsfeld Wald und Forstwirtschaft

Name	Institution
Blankenburg, Bianca	Ministerium für Infrastruktur und Landwirtschaft des Landes Brandenburg, Referat 11, Sachgebiet Förderpolitik und Förderstrategie, Verwaltungsbehörde ELER, GAK
Böhling, Johann	Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume, Referat V54 (Oberste Forst- und Jagdbehörde)
Bolte Prof. Dr., Andreas	Johann Heinrich von Thünen-Institut (TI), Institut für Waldökosysteme
Bormann, Kristin	TI, Institut für Forstökonomie
Bräsicke Dr., Nicole	JKI, Institut für Pflanzenschutz in Gartenbau und Forst
Brinkmann, Gunther	Bundesanstalt für Immobilienaufgaben (BlmA), Zentrale Bundesforst
Brosinger, Franz	Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, Referat F 3
Buhlmann, Michael	Hessisches Ministerium für Umwelt, Energie, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, Abt. VI - Forsten und Naturschutz
Dölle, Ralf	Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Verbraucherschutz des Landes Mecklenburg Vorpommern, Referat 260 Finanzielle Förderung der Forstwirtschaft und des Naturschutzes, Vorkaufsrecht des Landes, Liegenschaftsangelegenheiten (Naturschutz und Forst)
Egidi Dr., Harald	Ministerium für Umwelt, Forsten und Verbraucherschutz Rheinland-Pfalz, Referent Forstliche Nachhaltigkeit und Umweltvorsorge
Eisenhauer Dr., Dirk-Roger	Staatsbetrieb Sachsenforst, Abteilung 4 - Ressourcenmanagement
Engels, Friedrich	Landesforsten Rheinland-Pfalz, Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz
Fritz, Erich	SaarForst Landesbetrieb
Funk, Christoph	Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt, Referat Naturschutz, Landschaftsplanung und Forstwesen
Grell, Sigrid	Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Verbraucherschutz Mecklenburg-Vorpommern, VI-211a
Guericke Prof. Dr., Martin	Hochschule für nachhaltige Entwicklung (HNE) Eberswalde, Lehrgebiet: Waldwachstumskunde
Hauck, Jürgen	Regierungspräsidium Freiburg
Haverkamp, Michaela	Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE), Referat 321 Informations- und Koordinationszentrum für Biologische Vielfalt; Geschäftsführung der BLAG (Bund-Länder-Arbeitsgruppe „Forstliche Genressourcen und Forstsaatgutrecht“)
Heinitz, Martina	Ministerium für Infrastruktur und Landwirtschaft des Landes Brandenburg, Ländliche Entwicklung, Landwirtschaft und Forsten
Hinrichsen, Rolf Peter	Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein, Referent für Angelegenheiten des Privat- und Kommunalwaldes
Joosten Dr., Rainer	Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes NRW
Kätzel Dr., Ralf	Landeskompetenzzentrum Forst Eberswalde, Fachbereich 2 Waldentwicklung / Monitoring
Kölling Dr., Christian	Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, Sachgebiet 2.1 Standort und Bodenschutz
Kriebel, Margitta	Ministerium für Landwirtschaft und Umwelt Sachsen-Anhalt, Referentin für den Nichtstaatswald und Forstliche Förderung
Kroiher, Franz	TI, Institut für Waldökosysteme
Lachmann, Michaela	BLE, Referat 324 Wald und Holz
Lampe Dr., Uwe	Freie Hansestadt Bremen, Der Senator für Umwelt, Bau und Verkehr, Oberste Forstbehörde, Waldbaureferent
Lehnhausen Dr., Hubertus	Ministerium für Umwelt und Verbraucherschutz des Saarlandes, Referat D/5, Waldbaureferent
Mann, Peter	BlmA, Bundesforst, Abteilung Produktion und Absatz
Martin, Holger	Niedersächsisches Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft, Verbraucherschutz und Landesentwicklung, Referat 406 Forstpolitik, Jagd und Holzwirtschaft

Indikatoren und Berichterstattung zur DAS
Hintergrundpapier Handlungsfeld Wald und Forstwirtschaft

Name	Institution
Matthes, Ulrich	Landesforsten Rheinland-Pfalz, Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz
Menden, Nicole	Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen, Referat III-2
Meyer Dr., Peter	Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt, Sachgebiet Waldnaturschutz / Naturwaldforschung, Koordinator AG Naturwaldreservate
Möller Dr., Katrin	Landeskompetenzzentrum Forst Eberswalde, Referat FB 2 Waldentwicklung/Monitoring
Nagel Prof. Dr., Jürgen	Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt
Oltrogge, Uwe	Niedersächsisches Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft, Verbraucherschutz und Landesentwicklung, Referat 405 Öffentliche Forstwirtschaft, Ausbildung
Polley Dr., Heino	TI, Institut für Waldökosysteme
Profft, Ingolf	ThüringenForst, Service- und Kompetenzzentrum, Stabsstelle Forschungs- und Projektkoordination: Projektgruppe Klimaschutz und Klimafolgen
Ramm, Achim	Thüringer Ministerium für Landwirtschaft, Forsten, Umwelt und Naturschutz (TMLFUN), Referat 26 Waldbau/Waldarbeit
Rath, Christof	Ministerium für Umwelt und Verbraucherschutz des Saarland, Referat D/6A Privat- und Kommunalwald, Forstbetriebsaufsicht
Reckleben, Eberhard	Ministerium für Landwirtschaft und Umwelt des Landes Sachsen-Anhalt, Landesforstbetrieb Sachsen-Anhalt, Waldbaureferent
Robisch, Frank	TMLFUN, Referat 26.2 Ländlicher Raum, Forsten
Röhe Dr., Peter	Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Verbraucherschutz Mecklenburg-Vorpommern, Referat 240 Waldökologie und nachhaltige Waldbewirtschaftung, Angelegenheiten der obersten Jagdbehörde
Rother, Thomas	Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft, Referat 36 (Wald und Forstwirtschaft, Forst- und Jagdbehörde), Waldbaureferent
Schlit, Ingrid	Hessisches Ministerium für Umwelt, Energie, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, Referat VI 1 A (Forstpolitik / Oberste Forstbehörde)
Schmitz, Friedrich	BMEL, Referat 535 Nachhaltige Waldbewirtschaftung, Holzmarkt
Schnitzler-Geis, Dagmar	Ministerium für Umwelt, Ernährung, Weinbau und Forsten, Oberste Forst- und Jagdbehörde des Landes Rheinland-Pfalz, Oberste Forst- und Jagdbehörde
Seidling Dr., Walter	Thünen-Institute (TI), Institut für Waldökosysteme
Schmidtke, Henning	Niedersächsisches Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft, Verbraucherschutz und Landesentwicklung, Waldbaureferent
Spangenberg, Folkhard	Freie und Hansestadt Hamburg, Behörde für Wirtschaft, Verkehr und Innovation (BWVI), Waldbaureferent
Spathelf Prof. Dr., Peter	Hochschule für nachhaltige Entwicklung (HNE) Eberswalde, Fachbereich Wald und Umwelt, Angewandter Waldbau
Steuernagel, Andrea	Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV), Referat 533 Nationale Waldpolitik, Jagd
Streletzki Dr., Heinz-Werner	Niedersächsisches Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft, Verbraucherschutz und Landesentwicklung, Referat 405
Trageser, Rainer	BMELV, Referat 533 Nationale Waldpolitik, Jagd
Tretter, Stefan	Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, Referat Waldbau, Waldschutz, Bergwald
Uerpmann Dr., Björn	Ministerium für Ländlichen Raum und Verbraucherschutz Baden-Württemberg
Wellbrock Dr., Nicole	TI, Institut für Waldökosysteme
Wienholt, Bernward	Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen, Referat III-3 (Forstpolitik, Forsthoheit, Naturschutz im Wald)
Wittich Dr., Klaus-Peter	Deutscher Wetterdienst (DWD), Zentrum für Agrarmeteorologische Forschung
Wittich, Lutz	Landesforstamt Berlin, Berliner Forsten, Waldbaureferent
Wollborn, Peter	Niedersächsische Landesforsten, Waldbaureferent
Wulff Prof. Dr. Alfred	JKI, Institut für Pflanzenschutz in Gartenbau und Forst

Name	Institution
Beteiligungen an der Weiterentwicklung bis 2019	
	keine Weiterentwicklung von Indikatoren
Beteiligungen an der Weiterentwicklung bis 2023	
Bolte Prof. Dr., Andreas	TI, Institut für Waldökosysteme
Jochem Dr., Dominik	TI, Institut für Waldwirtschaft
Knapp Dr., Nikolai	TI, Institut für Waldökosysteme
Nathkin Dr., Marco	TI, Institut für Waldökosysteme
Ohnesorge Dr., Denny	Deutscher Holzwirtschaftsrat (DHWR)
Riedel Dr., Thomas	TI, Institut für Waldökosysteme
Sanders Dr., Tanja	TI, Institut für Waldökosysteme
Schad, Dr. Tobias	TI, Institut für Waldökosysteme
Wellbrock Dr., Nicole	TI, Institut für Waldökosysteme

2 Thematische Einordnung der Indikatoren, diskutierte Indikatormöglichkeiten

2.1 Themenfelder

Im Vorfeld der Diskussion konkreter Indikatoren wurden die thematischen Felder, die bei der Indikatorentwicklung 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 im Priorisierungsprozess für die weitere Bearbeitung ausgewählten Themenfelder auf der Impact-Ebene sind grau hinterlegt.

Tabelle 3: Themenfelder zum Handlungsfeld „Wald und Forstwirtschaft“

Themenfeld	Thematischer Teilaspekt	Indikatoren
Impacts (Auswirkungen des Klimawandels auf die Forstwirtschaft)		
Ausdehnung der Waldressourcen	Veränderung der Waldfläche	
Waldstruktur	Veränderung der vertikalen Schichtung	
	Veränderung der Dichtigkeit von Beständen	
Baumartenzusammensetzung	Veränderung der Baumartenzusammensetzung in Beständen	FW-I-1: Baumartenzusammensetzung in Naturwaldreservaten (Fallstudie)
	Arealverschiebungen insbesondere nach Norden und in größere Höhen	FW-I-6: Gefährdete Fichtenbestände
Produktivitätseffekte	Veränderung der Produktivität der Wälder	FW-I-2: Holzzuwachs FW-I-4: Absterberate
Vitalität / Mortalitätseffekte	Schäden durch verändertes abiotisches Störungsregime	FW-I-5: Schadholz – Umfang zufälliger Nutzungen FW-I-8: Waldbrandgefährdung und Waldbrand

Themenfeld	Thematischer Teilaspekt	Indikatoren
	Schäden durch verändertes biotisches Störungsregime (Abundanzverschiebungen bei bereits existierenden Schadorganismen und Pathogenen, Einwanderung neuer Schadorganismen und Pathogene)	FW-I-5: Schadholz – Umfang zufälliger Nutzungen FW-I-7: Schadholzaufkommen durch Buchdrucker (Fallstudie)
	Beeinträchtigung der Vitalität von Beständen	FW-I-3: Waldzustand FW-I-4: Absterberate
Güter und Dienstleistungen des Waldes	Veränderung von Menge und Qualität der am Markt angebotenen Produkte	
Responses (Ergriffene Anpassungsmaßnahmen bzw. Maßnahmen oder Entwicklungen, die den Anpassungsprozess unterstützen)		
Forstliche Beratung und Information	Intensivierung der Beratung von Privatwaldbesitzern	FW-R-6: Forstliche Information zum Thema Anpassung
	Förderung forstlicher Zusammenschlüsse	
	Verbesserung des Risikomanagements der Forstbetriebe	
Waldbauliche Maßnahmen	Neufassung von Anbauempfehlungen	
	Waldpflege zur Steuerung der Bestandsdichte	
	Waldpflege zur Mischbestandsförderung	
	(Natürliche und künstliche) Verjüngung zum Waldumbau	FW-R-1: Förderung des Waldumbaus
	Extensivierung oder Aufgabe der forstlichen Bewirtschaftung	
	Sicherung des genetischen Materials	FW-R-2: Erhaltung forstgenetischer Ressourcen
Waldschutzmaßnahmen	Reduzierung von Wildschäden , Wildbestandsregulierung	
	Intensivierung des Forstschutzes sowie der Forschung und des Monitorings im Bereich des Forstschutzes (Forstschädlinge)	
Verbesserung der Waldbrandprävention und -bekämpfung	Verbesserung des Risikomanagements der Forstbetriebe	
	Ausbau der Waldbrandprävention	
	Verbesserung der Möglichkeiten der Waldbrandbekämpfung	
	Verbesserung der Walderschließung	
Verbesserung der Standortbedingungen, Reduzierung zusätzlicher Stressoren	Verringerung der stofflichen Belastung	
	<i>Schnittstelle Handlungsfeld „Boden“:</i> Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit	FW-R-3: Humusvorrat in Waldböden
	Steuerung des regionalen / lokalen Wasserhaushalts (z. T. <i>Schnittstelle Handlungsfeld „Wasserhaushalt / Wasserwirtschaft“</i>)	
Erweiterung des forstlichen Monitorings	Sicherung und Weiterentwicklung des forstlichen Umweltmonitorings	
Erweiterung der	Förderung der Methodenentwicklung im Waldbau	

Themenfeld	Thematischer Teilaspekt	Indikatoren
forstlichen For- schung	Verstärkte Forschung im Bereich „change de- tection“	
	Schaffung verbesserter Planungsgrundlagen für die Baumartenwahl	
	Forschung zur Anpassungsfähigkeit der Waldbestände	
Marktentwick- lung	Entwicklung neuer Märkte, welche die ver- stärkten Laubholzbestände aufnehmen kön- nen	FW-R-4: Rohholzverwendung FW-R-5: Holzbauquote
	Stärkung der Holznachfrage	
	Veränderung von Menge und Qualität der am Markt angebotenen Produkte	
	Entwicklung des (forstlichen) Versicherungs- markts	

Diese Priorisierungen 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 den Klimawirkungen „Hitze- und Trockenstress“, „Stress durch Schädlinge/Krankheiten“, „Waldbrandrisiko“ sowie „Nutzfunktion: Holzertrag“ gesehen. Zu all diesen Klimawirkungen wurde bereits mit den beiden ersten Monitoringberichten mit entsprechenden Indikatoren berichtet. Zur Klimawirkung „Nutzfunktion: Holzertrag“ können nun mit den beiden zusätzlichen Indikatoren zur Rohholzverwendung und zur Holzbauquote ergänzende Aussagen getroffen werden.

2.2 Erläuterungen zu Indikationsideen und Indikatoren zum Handlungsfeld „Wald und Forstwirtschaft“

Die Generierung von Indikatoren zum Handlungsfeld „Wald und Forstwirtschaft“ basiert zu erheblichen Teilen auf den bundesweit harmonisierten Daten des forstlichen Monitorings. Hierzu gehören insbesondere die Bundeswaldinventur (BWI), die Bodenzustandserhebung im Wald (BZE) und die Waldzustandserhebung (WZE). Da das intensive Forstliche Umweltmonitoring (Level II) nur vergleichsweise wenige typische Waldstandorte als Beispiele erfassen kann und daher nur eingeschränkt bundesweit repräsentative Aussagen zulässt, wurde dieses Erhebungsprogramm in den beiden Monitoringberichten 2015 und 2019 nicht in die Indikatorenentwicklung einbezogen. Für den Monitoringbericht 2023 wurde jedoch ein Indikator zum Bodenwasser mit Daten ausgewählter LEVEL II-Flächen (vorerst als Fallstudie für Bayern) generiert. Er wurde als Indikator BO-I-2 (Bodenwasser in Waldböden) in das Handlungsfeld Boden integriert. Die Problematik insbesondere der BWI und BZE liegt grundsätzlich darin, dass die Daten in nur vergleichsweise großen zeitlichen Abständen erfasst werden und daher eine hochfrequente Berichterstattung auf Basis dieser Daten nicht möglich ist. Allerdings vollziehen sich

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. www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/5750/publikationen/2021-06-10_cc_26-2021_kwra2021_kurzfassung.pdf

die Entwicklungen, die mit diesen Daten beschrieben werden, auch in vergleichsweise langen Zeiträumen. Kurzfristige Veränderungen liegen eher im Rahmen von Messungenauigkeiten.

Die BWI ist die Grundlage für vier Indikatoren des Handlungsfelds „Wald und Forstwirtschaft“. Bis zur politischen Abstimmung des DAS-Monitoringberichts lagen nur die Ergebnisse zweier Inventuren vor, wobei sich nur die BWI² auf das gesamte Bundesgebiet bezog. Im Oktober 2014 wurden die Ergebnisse der BWI³ der Öffentlichkeit vorgestellt. Dies war Anlass, diese Daten noch für die Fortschreibung des Monitoringberichts 2019 zu nutzen. Die Daten der nächsten Bundeswaldinventur (BWI) werden erst nach Abschluss der vorbereitenden Arbeiten für den Monitoringbericht 2023 zur Verfügung stehen. Allerdings liegen inzwischen Daten aus der Kohlenstoffinventur 2017 vor. Die Zwischeninventur zwischen den beiden Bundeswaldinventuren 2012 und 2022 erfasst den Zustand des deutschen Waldes mit einem eingeschränkten Merkmalspektrum auf einem Viertel der BWI-Inventurpunkte und liefert Daten zu dem im Wald gespeicherten Kohlenstoff. Für den Indikator zum bundesweit aggregierten Holzzuwachs (FW-I-2) für die Hauptbaumarten Fichte, Kiefer, Buche und Eiche können diese Daten genutzt werden. Für die anderen im Set enthaltenen Indikatoren, die auf BWI-Daten basieren, sind die Zwischeninventurdaten wegen fehlender Merkmale und geringerer Stichprobendichte nicht geeignet.

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 0²) im Jahr 2016 die Möglichkeiten einer Nutzung von Fernerkundungsdaten, speziell von Satellitendaten zur Weiterentwicklung bestehender DAS-Indikatoren und zur Entwicklung zusätzlicher Indikatoren geprüft. Die Ergebnisse dieser Prüfung sind in die folgenden Darstellungen eingeflossen.

2.2.1 Impact-Indikatoren

2.2.1.1 Baumartenzusammensetzung und gefährdete Fichtenflächen

Für alle in der DAS-Kleingruppe Forstwirtschaft priorisierten Themenfelder auf Impact-Ebene (s. Tabelle 3) konnten bereits für den Monitoringbericht 2015 Indikatoren entwickelt werden. Veränderungen in der Baumartenzusammensetzung konnten mit den beiden Indikatoren FW-I-1 (Baumartenzusammensetzung in Naturwaldreservaten) und damals FW-I-2 (Gefährdete Fichtenbestände) sowohl mit Blick auf unbewirtschaftete als auch bewirtschaftete Wälder dargestellt werden. Der starke Fokus auf die Fichte begründet sich in den seit mehreren Jahren besonders großen forstwirtschaftlichen Herausforderungen, die Fichtenbestände an die sich verändernden Witterungsbedingungen anzupassen.

² 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

Der Indikator „Gefährdete Fichtenbestände“ (damals FW-I-2) beruhte für den Monitoringbericht 2015 auf Daten der BWI, die nur alle zehn Jahre erhoben werden, und konnte daher im Monitoringbericht 2019 nicht fortgeschrieben werden.

Im Rahmen des FuE-Vorhabens „Beitrag der Satellitenfernerkundung zur Ermittlung von DAS-Indikatoren“ wurde im Jahr 2016 geprüft, ob es alternative satellitengestützte Datenquellen gibt, die eine Differenzierung unterschiedlicher Baumarten und eine hochfrequenterere Aktualisierung ermöglichen. Diskutiert wurde die Nutzung des High Resolution Layer „Forest type and Tree cover density“ der pan-europäischen Komponente des Copernicus-Dienstes zur Landüberwachung. Dieser liefert Daten in einer hohen räumlichen und zeitlichen Auflösung, allerdings enthält er lediglich eine Differenzierung in Nadel- und Laubbäume und keine Einzelartenbestimmung. Grundsätzlich gibt es Möglichkeiten, aus hochauflösenden Satellitendaten (z. B. RapidEye) Informationen zu Einzelbaumarten zu extrahieren. So werden beispielsweise im Rahmen des EUFODOS FP7 Projekts (European Forest Downstream Services Improved Information on Forest Structure and Damage³) methodische Vorschläge ausgearbeitet. Zum jetzigen Stand ist der Aufwand der Satellitendatenakquise, -aufbereitung, -analyse und -verifizierung zu groß, sodass Satellitendaten noch keine geeignete Alternative zu den BWI-Daten darstellen. Für die Zukunft kann jedoch davon ausgegangen werden, dass durch die rasante Entwicklung der Fernerkundung und verbesserte Datenverfügbarkeit, insbesondere im Bereich hyperspektraler Satellitendaten und multitemporaler Analysen verbesserte automatisierte Verfahren zur Einzelbaumartenbestimmung entwickelt werden. Auch die Installation von LIDAR Geräten an Satelliten (ab 2017) wird die technologischen Grundlagen verbessern.

Die Diskussion um den Indikator „Gefährdete Fichtenbestände“ (bis dahin FW-I-2) wurde für den Monitoringbericht 2023 erneut aufgenommen, vor allem angetrieben durch die Anforderung, eine Aktualisierung der Zeitreihe zu ermöglichen. Hinzu kommt, dass die dem bisherigen Indikator zugrundeliegenden Nomogramme zu den klimatischen Risikogruppen⁴ aus heutiger Sicht nicht mehr aktuell erscheinen. Die Erfahrungen der Jahre 2018 bis 2020 haben sehr deutlich gezeigt, dass das „Fichtenrisiko“ sehr dominant vom biotischen Schadgeschehen abhängig ist. Dabei spielen die (Sommer-)Wärme und die zeitlich ausgedehnte Vegetationsperiode die entscheidende Rolle für die Bestandsentwicklung der Schaderreger (u. a. Anzahl der Generationen, die innerhalb eines Jahres ausgebildet werden können). Auch die Konzentration des Fichtenvorkommens ist erfahrungsgemäß entscheidend. Die als Alternative von Bolte et al. (2021)⁵ entwickelte stark vereinfachte Risikoabschätzung nach der Höhenlage (Risikofaktor: fichtendominierte Bestände unter 600 m ü. NN⁶) liefert eine repräsentative Schätzung

³ <https://cordis.europa.eu/project/id/262786/reporting>

⁴ Kölling C., Bachmann M., Falk W., Grünert S., Schaller R., Tretter S., Wilhelm G. 2009a: Klima-Risikokarten für heute und morgen. Der klimagerechte Waldumbau bekommt vorläufige Planungsunterlagen. AFZ/DerWald 64: 806-810.

⁵ Bolte A., Höhl M., Hennig P., Schad T., Kroiher F., Seintsch B., Englert H., Rosenkranz L. 2021: Zukunftsaufgabe Waldanpassung. AFZ DerWald 04/2021: 12-16.

⁶ Waldschutzmaßnahmen für die Fichte konzentrieren sich heute auf die Höhenlagen über 600 m, unterhalb wird inzwischen nicht mehr auf eine aktive Erhaltung von Fichtenbestockungen hingewirkt.

auf nationaler Ebene, die aber regional noch weiter differenziert werden kann. Diese Neuberechnung hat zum Ergebnis, dass annähernd 70 % der Waldflächen (Stand 2012) mit führender Baumart Fichte als gefährdet gelten müssen.

In der KWRA 2021 wurde bei der Operationalisierung der Klimawirkung „Stress durch Schädlinge / Krankheiten“ der klimatischer Einfluss mithilfe des Modells PHENIPS errechnet. Es leitet die potenzielle Anzahl der Vermehrungszyklen von Borkenkäfern aus der Jahresmitteltemperatur ab und ermöglicht auf diese Weise Rückschlüsse auf den Schädlingsdruck⁷. In enger Anlehnung an dieses Vorgehen wurde auch für das DAS-Monitoring entschieden, das Fichtenrisiko mithilfe des PHENIPS-Modells mit der von Schopf et al. (2009)⁸ verwendeten Formel zu ermitteln (Indikator FW-I-6). Diese Risikoeinschätzung wird dann mit dem Fichtenvorkommen auf den Rastern der BWI von 2012 überschritten. Diese Berechnung ermöglicht nun eine höherfrequente Aktualisierung der Zeitreihe, auch wenn die Daten zum Fichtenvorkommen für den Monitoringbericht 2023 zunächst voraussichtlich noch auf den Daten von 2012 beruhen werden. Das TI sammelt im Rahmen des durch den Waldklimafond geförderten Verbundprojekts WaldSpektrum, das ein umfassendes Planungsinstrument für Forstleute und Waldbesitzende aufbaut, fernerkundungsbasierte Informationen zu den aktuellen Fichtenflächen.

Da auch die anderen Hauptbaumarten Buche, Eiche und Kiefer in den Jahren 2018 bis 2020 überdurchschnittlich gelitten haben, wurde diskutiert, zumindest die Buche in die Risikobetrachtung einzubeziehen. Allerdings stellt sich deren Situation anders dar als die der Fichte, denn bei der Buche ist der Einfluss durch die biotischen Schadfaktoren deutlich weniger dominant. Bei der Buche ist das Schadgeschehen kleinräumiger und auch diffuser. Vermutlich spielt der Wasserhaushalt eine herausragende Rolle⁹. Bei der Eiche und Kiefer scheinen abiotische und biotische Einflüsse eine annähernd vergleichbare Bedeutung zu haben. Das Zusammenwirken ist komplex und differenziert. In allen drei Fällen erscheint eine einfache und zugleich fachlich akzeptierte Risikoeinschätzung aus derzeitiger Sicht nicht möglich. Von einer Indikatorentwicklung wurde daher Abstand genommen.

2.2.1.2 Holzzuwachs

Zum Themenfeld „Produktivitätseffekte“ wurde der Indikator „Holzzuwachs“ etabliert, der ebenfalls Daten der BWI nutzt. Die Daten für den Indikator konnten daher im Monitoringbericht 2019 nicht aktualisiert werden.

⁷ Renner K., Fritsch U., Zebisch M., Wolf M., Schmuck A., Ölmez C., Schönthaler K., Porst L., Voß M., Wolff A., Jay M. 2021: Klimawirkungs- und Risikoanalyse 2021 für Deutschland. Teilbericht 2: Risiken und Anpassung im Cluster Land. Climate Change 21/2021: 292.
www.umweltbundesamt.de/publikationen/KWRA-Teil-2-Cluster-Land

⁸ Schopf A., Baier P., Pennerstorfer J. 2009: Entwicklung eines Systems zur örtlich und zeitlich differenzierten Abschätzung des Gefährdungspotenzials durch den Buchdrucker (*Ips typographus* L.) in Sachsen auf Basis des Modells PHENIPS. Endbericht. Universität für Bodenkultur Wien (BOKU).

⁹ Bolte A., Höhl M., Hennig P., Schad T., Kroiher F., Seintsch B., Englert H., Rosenkranz L. 2021: Zukunftsaufgabe Waldanpassung. AFZ DerWald 04/2021: 12-16.

Im Rahmen des FuE-Vorhabens „Beitrag der Satellitenfernerkundung zur Ermittlung von DAS-Indikatoren“ wurden alternative satellitengestützte Datenquellen zur Erfassung des Holzzuwachses diskutiert. Dabei wurde vor allem das Produkt „Dry Matter Productivity“ der globalen Komponente des Copernicus-Dienstes zur Landüberwachung in den Blick genommen. Es erfasst jedoch das Wachstum aller Arten von Phytomasse in hoher zeitlicher Auflösung, wodurch eine spezifisch auf Waldbäume fokussierte Interpretation erschwert ist. Des Weiteren ist die räumliche Auflösung des Datensatzes zu gering, wodurch eine nach Baumarten differenzierte Auswertung nicht möglich ist.

Für den Monitoringbericht 2023 wurde entschieden, die Daten der Kohlenstoffinventur 2017 zu nutzen, so dass die Zeitreihe zumindest für das Jahr 2017 fortgeschrieben werden konnte. Eine darüber hinausgehende Aktualisierung ist erst im künftigen Monitoringbericht 2027 möglich.

2.2.1.3 Abiotische und biotische Schäden

Die zur Abbildung der Einflüsse veränderter abiotischer und biotischer Störungsregimes entwickelten Indikatoren „Schadholz – Umfang zufälliger Nutzungen“, „Schadholzaufkommen durch Buchdrucker“ sowie „Waldbrandgefährdung und Waldbrand“ thematisieren die drei bedeutendsten Störungen: Wind/Sturm, Schaderreger und Waldbrand. Für den Monitoringbericht 2019 konnten die Zeitreihen aktualisiert werden.

Im Rahmen des FuE-Vorhabens „Beitrag der Satellitenfernerkundung zur Ermittlung von DAS-Indikatoren“ wurde diskutiert, inwieweit sich satellitenbildgestützt ergänzende Informationen zum Waldbrandgeschehen generieren lassen. Eine unmittelbare Notwendigkeit hierzu gibt es allerdings nicht, da statistischen Waldbranddaten in ausreichender Qualität verfügbar sind. Das Monitoring von (Wald-)bränden mittels Satellitendaten ist methodisch ausgereift und wird seit langem praktiziert. Am besten geeignet sind thermale Infrarot-Bänder (z. B. von Landsat 8 oder Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) der NASA). Die Copernicus-Produkte „Burnt area“ der globalen Komponente des Dienstes zur Landüberwachung sowie „NRT Biomass burning emissions of carbon and various trace species based on assimilated Fire Radiative Power (FRP) (GFAS)“ des Dienstes zur Überwachung der Atmosphäre unterscheiden allerdings nicht zwischen Waldbränden und anderen Arten von Bränden, sodass zusätzliche Auswertungen erforderlich wären.

Es wurde ebenfalls diskutiert, ob es für die beiden Indikatoren zum Schadholz, für die Schwächen aus den teilweise heterogenen Datenzulieferungen der Länder resultieren, alternative satellitengestützte Datenquellen gibt. Zwar können über Fernerkundungsdaten Veränderungen abgeleitet werden können, die sich aufgrund von abiotischen oder biotischen Einflussfaktoren ergeben, allerdings kann nicht direkt auf deren Ursachen zurückgeschlossen werden. Während die Erfassung von drastischen Veränderungen auf Waldflächen (flächiger Windwurf, großflächige Absterberscheinungen durch Schaderreger) operationell und zeitnah möglich ist, ist eine Erfassung von subtileren Veränderungen auf Einzelbaum-Ebene (Einzelbaum-Kalamitäten) nicht bzw. nur sehr eingeschränkt möglich, da Intensität, Zeitpunkt und Schaddauer diese beeinflussen und die bisherige Auflösung bundesweit verfügbarer, operationell verwendbarer Satelliten-Fernerkundungsdaten an Grenzen stößt. Des Weiteren sind Veränderungen

prinzipiell bisher nur als Flächenangabe verfügbar, die nicht in direktem Zusammenhang zum Schadholzumfang. Diese Lücke soll ab 2023 das Projekt „Fernerkundungsbasierte Nationale Erfassungssystem Waldschäden“ (FNEWs, Verbundprojekt FNR-WKF) des Thünen-Instituts teilweise schließen, das für flächige Absterbeerscheinungen durch Windwurf und großflächigen Schaderregerbefall (Kronenschäden) Angaben zu Fläche, Schadholzumfang und wirtschaftlichen Schäden liefern soll¹⁰.

Für den Monitoringbericht 2023 wurde eine Änderung des Indikators „Schadholz -Umfang nicht planmäßiger Nutzungen“ (vorher FW-I-4, nun FW-I-5) dahingehend vollzogen, dass – in Reaktion auf die starke Beeinflussung des Schadgeschehens der letzten Jahre durch biotische Schaderreger – diese nun getrennt ausgewiesen werden. Der Indikator „Schadholzaufkommen durch Buchdrucker“ (vorher FW-I-5, nun FW-I-6) wird auf der Grundlage der Waldschutzkapitel in der AFZ derWald aktualisiert.

Mit dem im Jahr 2021 neu gegründeten JKI-Institut für Waldschutz¹¹ in Quedlinburg werden sich in Zukunft neue Möglichkeiten für die Indikation eröffnen. Wichtige Forschungsfelder des neuen Instituts sind die Erarbeitung von Strategien / Konzepten für den Waldschutz unter besonderer Berücksichtigung des Klimawandels, die Forschung zu Biologie, Vermeidung und integrierter Bekämpfung von Schädlingen und Krankheiten im Wald sowie zur Stärkung der funktionalen Biodiversität und der natürlichen Regulations- und Abwehrmechanismen des Waldes gegen Krankheiten und Schädlinge. Perspektivisch könnten sich aus den Arbeiten des Instituts weitere bzw. verbesserte Indikatoren für das Themenfeld Schaderregerauftreten ergeben, da an der Harmonisierung des Waldschutzmeldewesens gearbeitet wird.

2.2.1.4 Waldzustand

Beeinträchtigungen der Vitalität von Beständen zeigen sich u. a. im Waldzustand. Hier wurden im Zuge des Aufbaus des Monitorings 2015 verschiedene Bemühungen unternommen, spezifischere Interpretationsmöglichkeiten der Waldzustandsdaten mit Blick auf Klimaeffekte zu erschließen. Neben der Kronenverlichtung wurde in diesem Zusammenhang diskutiert, Ausscheideraten differenziert für die Ursachen Sturm und Insekten sowie übrige Ursachen darzustellen. Allerdings liegen spezifische Auswertungen zu den Ausscheideraten und den Ursachen des Ausscheidens bisher nur für wenige Bundesländer vor. Ferner gab es seitens des TI Versuche, mit Hilfe statistischer Verfahren weitgehend um andere Faktoren bereinigte und primär durch Witterungsverhältnisse bedingte Veränderungen der Kronentransparenz isoliert darzustellen. Diese Arbeiten mündeten jedoch noch nicht in einen praktikablen und fachlich ausreichend validen Indikatorenvorschlag. Die einfache Nutzung der Daten zur Kronenverlichtung wurde daher als ein fachlich akzeptabler Indikationsansatz beurteilt. Hier können in Zukunft von wissenschaftlicher Seite weitere Überlegungen zur spezifischeren Analyse und Darstellung von Ursache-Wirkungsbeziehungen erwartet werden. Auch mit satellitenbildgestützten Daten lassen sich derzeit keine relevanten Zusatzinformationen gewinnen. Es gibt zwar

¹⁰ s. auch Bolte A., Knapp N., Oehmichen K., Riedel T., Sanders T., Schnell S., Wellbrock N. 2022: Digitalisierung im nationalen Waldmonitoring. AFZ DerWald 5/2022: 44-46.

¹¹ <https://www.julius-kuehn.de/ws/p>

mehrere Copernicus-Produkte wie den „Leaf Area Index“ (LAI), den „Normalized Difference Vegetation Index“ (NDVI) der globalen Komponente und den High Resolution Layer „Forest type and Tree cover density“ der pan-europäischen Komponente des Dienstes zur Landüberwachung, die Informationen zum Waldzustand liefern. All diese Dienste erlauben aber nur indirekte Herleitungen mit Blick auf die Kronenverlichtung, da veränderte Werte unterschiedliche Ursachen haben können. Auch lassen die Produkte keine Differenzierung für einzelne Baumarten zu.

Für den Monitoringbericht 2023 wurde entschieden, einen zusätzlichen Indikator zur Absterberate im Indikatorenset zu ergänzen (nun FW-I-4). Die Absterberate wurde im bundesweiten Waldzustandsbericht 2019 erstmals für die Hauptbaumarten berichtet und ist seither eine in den Waldzustandsberichten dargestellte Größe. Insbesondere mit Blick auf die Jahre 2018 und die Folgejahre sind diese Daten eine relevante Ergänzung zu den Daten der Kronenverlichtung.

2.2.2 Response-Indikatoren

2.2.2.1 Waldumbau

Im Zentrum der „Waldbaulichen Maßnahmen“ steht der Umbau nicht standortgerechter in stabilere Bestände. Auch hier liegt ein besonderer Fokus auf der Fichte. Mit den für den Monitoringbericht 2015 entwickelten drei Indikatoren werden sowohl konkrete Aktivitäten des Waldumbaus abgebildet („Förderung des Waldumbaus“ mit der umgebauten Fläche und den hierfür aufgewendete Mitteln) als auch ergebnisorientiert die Konsequenzen dieser Bemühungen („Mischbestände“ und „Umbau gefährdeter Fichtenbestände“) dargestellt. Mit dem ergänzenden Indikator „Erhaltung forstgenetischer Ressourcen“ wird auf eine flankierende Maßnahme Bezug genommen, die dem Ziel dient, mit der Erhaltung oder Mehrung der genetischen Vielfalt die Anpassungsfähigkeit der Wälder unter anderem an die Folgen des Klimawandels zu unterstützen.

Die Indikatoren „Mischbestände“ (bisher FW-R-1) und „Umbau gefährdeter Fichtenbestände“ (bisher FW-R-3) beruhen auf Daten der BWI, die nur alle zehn Jahre erhoben werden. Daher konnten diese Indikatoren im Bericht 2019 nicht fortgeschrieben werden. Bezüglich der Nutzung von Satellitendaten und -diensten gelten die gleichen Einschränkungen wie in Kap. 2.2.1.1 bereits ausgeführt. So liefern die grundsätzlich geeigneten Copernicus-Produkte zur Waldbedeckung zwar Daten in einer hohen räumlichen und zeitlichen Auflösung, eine Einzelartenbestimmung findet aber nicht statt. Aus derzeitiger Sicht stellen Satellitendaten daher keine geeignete, mit vertretbarem Aufwand zu nutzende Datenalternative zu den BWI-Daten dar.

Auch für den Monitoringbericht 2023 stehen für die Fortschreibung der beiden Indikatoren noch keine aktuellen Daten zur Verfügung. Im Falle des Mischwald-Indikators wurde diskutiert, zusätzlich zu den Daten im Hauptbestand auch Daten zum Jungwuchs abzubilden und so einen neuen, eher in die Zukunft der Bestockung gerichteten Indikator-Teil zu ergänzen. Dies wurde dann aber verworfen, da der Jungwuchs zum einen meistens stark gemischt ist und die BWI-Erhebung, die nur Baumarten mit mindestens 10 % Deckung erfasst, nur einen Teil der

vorkommenden Baumarten dokumentiert. Dies betrifft vor allem Baumarten, die sich nicht wie die Buche flächig verjüngen. Zum anderen lässt der Jungwuchs in vielen Fällen nur begrenzt Rückschlüsse auf die Zusammensetzung der Hauptbestockung zu. Im Jungwuchs dominieren die Schattbaumarten, und es gibt viele Baumarten, die sich letztendlich nicht durchsetzen oder wieder aus der Bestockung herausverjüngt werden. Der Indikator „Umbau gefährdeter Fichtenbestände“ (bisher FW-R-3) beruht auf der gleichen Methodik wie der Indikator „Gefährdete Fichtenbestände“ in der Berechnung für den Monitoringbericht 2015 (s. Kap. 2.2.1.1) und kann daher nicht aktualisiert werden. Beide Indikatoren wurden daher für den Monitoringbericht 2023 auf ruhend gestellt. Sie werden weiterhin als relevant bewertet und sollten im nächsten Monitoringbericht 2027 aktualisiert werden.

2.2.2.2 Waldschutz

Zum Themenfeld „Waldschutzmaßnahmen“ wurden im Laufe des Prozesses der Indikatorentwicklung umfangreiche Überlegungen angestellt. Unter anderem wurden mögliche Indikatoren zu Verbiss und Schälschäden diskutiert. Der Zusammenhang mit der Anpassung der Forstwirtschaft besteht darin, dass die Verbiss- und Schälbelastung erheblichen Einfluss auf den Erfolg und die Kontinuität des Waldumbaus haben wird und andererseits die Elastizität von Wald- bzw. Forstökosystemen mit prägt. Die geäußerten Vorbehalte gegen die beiden Indikatoren werden mit den möglichen methodischen Unsicherheiten der bundesweiten Erfassung im Rahmen der BWI und Widersprüchen gegenüber den unterschiedlichen Aufnahmeverfahren der Verbissinventuren der Länder begründet. Mit Blick auf die Schaderregerproblematik im Wald wurde mit Blick auf den Monitoringbericht 2015 ein Indikator zur Schädlingsbekämpfung im Wald ausgearbeitet. Er bildete den Prozentanteil der Waldfläche, die aus der Luft mit Pflanzenschutzmitteln behandelt wurde, an der gesamten Waldfläche ab, und stützte sich auf Daten aus Umfragen des JKI (Institut für Pflanzenschutz in Gartenbau und Forst) bei den forstlichen Versuchsanstalten bzw. Waldschutzdiensten der Länder, die dort regelmäßig zu anzeige- und genehmigungspflichtigen PSM-Anwendungen aus der Luft durchgeführt werden. Ein Gesamtüberblick zum PSM-Einsatz im Wald gibt es nicht, und die verhältnismäßig stark reglementierten PSM-Anwendungen aus der Luft stellen nur einen Ausschnitt aus der gesamten Anwendung dar. Die PSM-Ausbringung aus der Luft ist insbesondere zur Regulierung phyllophager Schadinsekten (wie der Larven von Schwammspinner, Eichenprozessionsspinner, Nonne und der Imagines des Waldmaikäfers) geeignet, da aufgrund der eingeschränkten Höhenreichweite bei der Ausbringung mit Hilfe von Bodengeräten das Blattwerk der Bäume in nur sehr eingeschränktem Umfang erreicht wird. Für rindenbrütende Schädlinge wie den Buchdrucker und Kupferstecher, deren Bestandsentwicklung im engen Zusammenhang mit dem Klimawandel diskutiert wird, ist die PSM-Ausbringungen aus der Luft nicht sinnvoll und würde nach der guten fachlichen Praxis auch nicht zugelassen werden. Der Indikator wurde in der weiteren Diskussion unter anderem seitens einiger Länder abgelehnt. Grund ist, dass der PSM-Einsatz sehr stark landesspezifischen waldbaulichen, natur- und umweltschutzfachlichen Regularien und Praktiken unterliegt, was sowohl eine Zusammenführung der Länderdaten als auch einen Bezug zum Klimawandel stark erschwert. Hinzu kommt, dass der vorbeugende Waldschutz durch die Stärkung der Vitalität der Wälder, als prioritäres Ziel gilt. Der

Einsatz von Pflanzenschutzmitteln im Wald gilt dagegen als „Ultima Ratio“, wenn der Baumbestand auf andere Weise nicht mehr erhalten werden kann. Da der Zugriff auf die vom JKI zusammengestellten Daten auf das Einverständnis der Länder angewiesen ist und dieses im Prozess nicht hergestellt werden konnte, wurde der Indikator aus dem Indikatorenset gestrichen. Die Diskussion wurde auch für die Monitoringberichte 2019 und 2023 nicht erneut aufgenommen.

Ebenso diskutiert wurden – ebenfalls bereits mit Blick auf den Monitoringbericht 2015 – die Indikationsmöglichkeiten zum Themenfeld „Verbesserung der Waldbrandprävention und -bekämpfung“. Hier ergaben sich aber in der Diskussion mit den Waldbaureferenten der Länder größere Probleme mit der Datenbereitstellung. Da die Ausgangsbedingungen in den Ländern sehr unterschiedlich sind, sind auch die ergriffenen Maßnahmen sehr unterschiedlich. So bedarf es beispielsweise in Brandenburg und Mecklenburg-Vorpommern aufgrund der vergleichsweise hohen Waldbrandgefährdung einer umfangreichen (möglichst weitgehend automatisierten) Kontrollinfrastruktur. In den südlichen und westlichen Bundesländern setzt man dagegen eher auf den Waldumbau als zentrale präventive Maßnahme. Die Interpretierbarkeit eines Indikators wäre vor diesem Hintergrund nur beschränkt. Mit dem Impact-Indikator FW-I-8 (vormals FW-I-6), der eine Zusammenschau von Daten zur Waldbrandgefährdung und zum Waldbrandgeschehen beinhaltet, lässt sich der Erfolg präventiver Maßnahmen thematisieren. Allerdings ist eine differenziertere Diskussion der unterschiedlichen Präventionsstrategien in diesem Zusammenhang nicht möglich.

2.2.2.3 Verbesserung der Standortbedingungen

Zum Themenfeld „Verbesserung der Standortbedingungen, Reduzierung zusätzlicher Stressoren“ sind die Expert*innen der Auffassung, dass sich die Maßnahmen (z. B. Verringerung der stofflichen Belastung) nur sehr indirekt mit dem Anpassungsprozess in Verbindung bringen lassen. Am spezifischsten erscheint nach wie vor die Darstellung von Daten zum Humusvorrat. Hierzu wurde bereits für den Monitoringbericht 2015 ein Indikator basierend auf den BZE-Daten entwickelt (damals FW-R-5). Der Indikator konnte im Monitoringbericht 2019 nicht fortgeschrieben werden. Dies wäre auch 2023 nicht möglich, da auch bis dahin die Daten aus der nächsten BZE noch nicht vorliegen.

Im Rahmen der Treibhausgasberichterstattung wird verlangt, die Änderungsraten des Bodenkohlenstoffs über den Erhebungszeitraum der letzten BZE Wald hinaus abzuschätzen. Diese Fortschreibung erfolgt im Thünen-Institut mit dem speziell für Waldböden entwickelten prozess-basierten Modell Yasso15 zur Simulation von organischem Bodenkohlenstoff¹², das mit

¹² Järvenpää M., Repo A., Akujärvi A., Kaasalainen M., Liski J. 2018: Soil carbon model Yasso15-Bayesian calibration using worldwide litter decomposition and carbon stock data.
<https://webpages.tuni.fi/inverse/material/jarvenpaa2015bayesian.pdf>
www.semanticscholar.org/paper/Soil-carbon-model-Yasso15-Bayesian-calibration-and-J%C3%A4rvenp%C3%A4%C3%A4-Repo/410ec10374a52f54da1c2f1a69270b1f343af565

dem Modellierungsrahmen Sorcering¹³ umgesetzt wurde. Das Modell kann direkt auf den Indikator „Humusvorrat in Waldböden“ übertragen werden. Die Aktualisierung der Zeitreihe bis zum letzten Berichtsjahr des DAS-Monitoringberichts beruht daher auf modellierten Daten (jetzt FW-R-3). Es ist – modellbasiert – nun auch eine zurückrechnende Überarbeitung der bisherigen Zeitreihe mit Beginn der ersten BZE möglich. Zudem wurde der Titel des Indikators geändert von „Humusvorrat in forstlichen Böden“ zu „Humusvorrat in Waldböden“ geändert, da die BZE auch Wälder ohne forstliche Nutzung umfasst.

2.2.2.4 Beratung, Information, Forschung

Das Themenfeld „Forstliche Beratung und Information“ wurde bereits in der Diskussion zum Aufbau des Monitorings 2015 als relativ bedeutsam erachtet. Da derzeit knapp 45 % der gesamten Waldfläche im Privatbesitz sind, ist der Einfluss der staatlichen Forstverwaltung bzw. der staatlichen Forstbetriebe begrenzt. Anpassungen der forstlichen Bewirtschaftung müssen aber für die gesamte Waldfläche diskutiert werden. Hierzu bedarf es einer intensiven forstlichen Beratung. Diese ist aber in Deutschland generell unübersichtlich, da sie von sehr unterschiedlichen Einrichtungen (wie den Landesforstverwaltungen, Landeswaldbetrieben und / oder den Forstbetriebsgemeinschaften) durchgeführt werden kann. Über Form, Umfang und Intensität der Beratung lassen sich bundesweit keine gebündelten Informationen abrufen. Der Indikator FW-R-6, der auf einer Auswertung der Artikel in der viel gelesenen Forstzeitschrift „AFZ DerWald“ beruht, ist daher nach wie vor als Proxy-Indikator zu verstehen, der zum Ziel hat, die Bedeutung der forstlichen Beratung und Information im Indikatorenbericht zu verankern.

Zu den Themenfeldern Monitoring und Forschung konnten keine sinnvollen quantifizierbaren Indikatoren gefunden werden.

2.2.2.5 Marktentwicklung

Beim Waldumbau zur Klimawandelanpassung wird angestrebt, die Mischwaldanteile deutlich zu erhöhen, durch Waldumbau wieder vermehrt standortangepasste Laubbaumarten in die Bestockungen einzubringen und die Nadelbaumanteile sukzessive zu vermindern. In der Folge ist für die Zukunft – zunächst für die nächsten ca. zwei Jahrzehnte – ein erhöhtes Nadelholzaufkommen zu erwarten. Danach mit deutlich zeitlicher Verzögerung ist davon auszugehen, dass höhere Laubholzanteile am Gesamtholzaufkommen auf dem Holzmarkt auftreten werden. Für das zunächst hohe Nadelholzaufkommen und die später ansteigenden Laubholzanteile muss auf Klimaschutzgründen ein vermehrter Absatz und zwar möglichst auf dem inländischen Holzmarkt für langlebige Holzprodukten insbesondere im Holzbau gefunden werden. Hierzu sind zum einen eine gesicherte Nadelholzverwendung zu gewährleisten, zum anderen neue Nutzungspotenziale für Laubholz zu erschließen, die Forschung zu forcieren und dann der Holzmarkt entsprechend weiterzuentwickeln. Eine solche Entwicklung der Märkte ist eine Voraussetzung, um auch den Waldumbau in Richtung mehr Laubholz weiter voranzutreiben. Zwischen Klimaschutz, Klimaanpassung und der Entwicklung des Holzmarkts gibt es damit

¹³ Scherstjanoi M. & Dechow R. 2021: sorcering: Soil ORganic Carbon & CN Ratio driven Nitrogen modellinG framework. CRAN, <https://CRAN.R-project.org/package=sorcering>.

enge Zusammenhänge und Abhängigkeiten. Vor diesem Hintergrund wurden die zwei neuen Response-Indikatoren „Rohholzverwendung“ (FW-R-4) und „Holzbauquote“ (FW-R-5) dem Indikatorenset hinzugefügt. Sie lassen sich aus der sogenannten Einschlagsrückrechnung des Thünen-Institut für Waldwirtschaft bzw. der Statistik der Baufertigstellungen des Statistischen Bundesamts generieren und auch in Zukunft fortschreiben.

2.3 Schnittstellen des Handlungsfelds „Wald und Forstwirtschaft“ mit anderen DAS-Handlungsfeldern

Eine wichtige Schnittstelle hat das Handlungsfeld „Wald und Forstwirtschaft“ mit dem DAS-Handlungsfeld Boden. Beide Handlungsfelder beinhalten auf der Response-Ebene einen Indikator zum Humusvorrat (BO-R-1 „Humusgehalte von Acker- und Grünlandböden“) und FW-R-3. Mit dem Fallstudien-Indikator BO-I-2 (Bodenwasser in Waldböden) ist ein Indikator in das Handlungsfeld Boden integriert worden, der sich unmittelbar auf Waldböden bezieht.