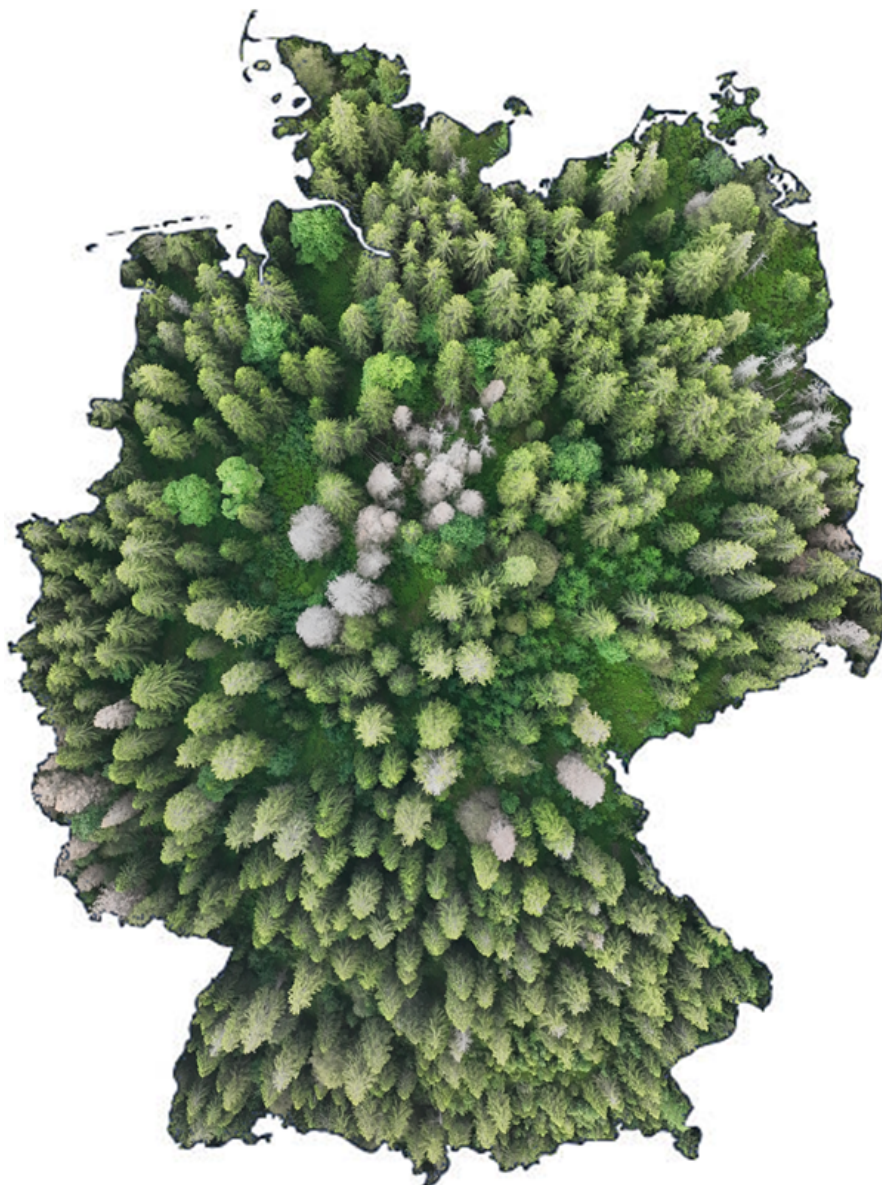




**Wissenschaftlicher Beirat
für Waldpolitik**
beim Bundesministerium für
Ernährung und Landwirtschaft

Einordnung wichtiger Ergebnisse der Bundeswaldinventur 2022 in Bezug auf waldpolitische Handlungsfelder

Stellungnahme des Wissenschaftlichen Beirates für Waldpolitik,
Dezember 2024



Zitieren als:

Bauhus J, Dieter M, Meyer P, Knoke T, Endres E, Farwig N, Weber-Blaschke G, Lang F, Kleinschmit B, Hafner A, Kätzel R, Lindner M, Müller J, Schraml U, Seeling U (2024): Einordnung wichtiger Ergebnisse der Bundeswaldinventur 2022 in Bezug auf walddpolitische Handlungsfelder. Stellungnahme des Wissenschaftlichen Beirates für Waldpolitik (Hrsg.), Dezember 2024. Berlin, 25 S.

Titelfoto: T. Kattenborn (Universität Freiburg)

Danksagung

Der Wissenschaftliche Beirat für Waldpolitik bedankt sich bei den Mitarbeitern des Thünen-Instituts, Dr. Thomas Riedel, Prof. Dr. Andreas Bolte und Dr. Joachim Rock, für die kritische Durchsicht der Stellungnahme und wertvollen Rückmeldungen hinsichtlich der Aussagen zur BWI.

Mitglieder des Wissenschaftlichen Beirates für Waldpolitik beim BMEL

Prof. Dr. Jürgen Bauhus (Vorsitzender), Universität Freiburg, Fakultät für Umwelt und Natürliche Ressourcen, Professur für Waldbau

Prof. Dr. Birgit Kleinschmit (stellvertretende Vorsitzende), Technische Universität Berlin, Institut für Landschaftsarchitektur und Umweltplanung

Prof. Dr. Matthias Dieter, Thünen-Institut für Waldwirtschaft, Hamburg

Prof. Dr. Ewald Endres, Forstrecht und Forstpolitik, Hochschule für angewandte Wissenschaften Weihenstephan

Prof. Dr. Nina Farwig, Philipps-Universität Marburg, Fachbereich Biologie, Arbeitsgruppe Naturschutz

Prof. Dr. Ing. Annette Hafner, Ruhr-Universität Bochum, Fakultät Bau- und Umweltingenieurwissenschaften

Prof. Dr. Ralf Kätzel, Landeskompetenzzentrum Forst Eberswalde, Fachbereich Waldökologie und Monitoring

Prof. Dr. Thomas Knoke, Technische Universität München, School of Life Sciences, Professur für Waldinventur und nachhaltige Nutzung

Prof. Dr. Friederike Lang, Universität Freiburg, Fakultät für Umwelt und Natürliche Ressourcen, Professur für Bodenökologie

Dr. Marcus Lindner, European Forest Institute, Bonn

Dr. Peter Meyer, Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt, Abteilung Waldnaturschutz

Prof. Dr. Jörg Müller, Julius-Maximilians-Universität Würzburg, Biozentrum, Lehrstuhl für Tierökologie und Tropenbiologie

Prof. Dr. Ulrich Schraml, Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg, Freiburg

Prof. Dr. Ute Seeling, Berner Fachhochschule - Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften HAFL

Prof. Dr. Gabriele Weber-Blaschke, Technische Universität München, Holzforschung München, Fachgebiet Stoffstrommanagement

Geschäftsführung des WBW

Christoph Schwanitz, BMEL, Referat 513, 513@bmel.bund.de

Wissenschaftliche Mitarbeit

Dr. Rüdiger Unseld und Stefan Sorge, Universität Freiburg, Fakultät für Umwelt und Natürliche Ressourcen, Professur für Waldbau

Zusammenfassung

Die Bundeswaldinventur ist ein gesetzlich vorgeschriebenes Instrument zur Erfassung der langfristigen Waldentwicklung in Deutschland. Die vierte Bundeswaldinventur liefert detaillierte Einblicke in die Veränderungen des Waldes für den Zeitraum zwischen 2012 und 2022. Sie ist eine wichtige Informationsgrundlage für verschiedene Handlungsfelder der Waldpolitik. In dieser Stellungnahme ordnet der Wissenschaftliche Beirat für Waldpolitik die Ergebnisse der Bundeswaldinventur (BWI) 2022 in Bezug auf vier zentrale Handlungsfelder ein:

- a) Biodiversität und Waldnaturschutz
- b) Klimaschutzfunktion, Resilienz und Anpassungsfähigkeit an den Klimawandel
- c) Eigentum, Arbeit, Einkommen
- d) Rohstoffe, Verwendung und Effizienz

und bietet eine Interpretation der zurückliegenden Entwicklungen vor dem Hintergrund bestehender walddpolitischer Ziele und Governanceansätze.

Biodiversität und Waldnaturschutz

Zur Einschätzung der Situation des Waldnaturschutzes und der Biodiversität bietet die BWI vor allem indirekte Indikatoren in Bezug auf Waldstruktur und -zusammensetzung. Die Ergebnisse zeigen insgesamt eine positive Waldentwicklung hin zu naturnahen und strukturreichen Wäldern. Der Laubwaldanteil ist seit 2012 deutlich gestiegen, während die Fläche der Nadelwälder spürbar abgenommen hat. Gleichzeitig hat der Flächenanteil naturnaher und sehr naturnaher Wälder zugenommen, während der Flächenanteil kulturbestimmter Wälder merklich zurückgegangen ist. Die Fläche mit alten Wäldern und deren Flächenanteile haben deutlich zugenommen. Die Vorräte an Totholz, eines Schlüsselselementes für die Artenvielfalt, sind in den letzten Jahren deutlich angestiegen, u. a. infolge der dürrebedingten Störungen. Um Trends im Bereich Biodiversität besser zu verstehen und die Einflüsse externer Treiber wie Klimawandel oder Stoffeintrag von denjenigen der Waldbewirt-

schaftung trennen zu können, ist die Implementierung spezifischer Biodiversitätsmonitoring-Programme geboten. Diese sollten, wo dies sinnvoll und möglich ist, Schnittstellen zur BWI herstellen bzw. nutzen.

Viele der in der BWI erfassten naturschutzrelevanten Indikatoren unterliegen einer waldwirtschaftlichen Steuerung. Um deren Effektivität überprüfen zu können, sollten gezielte Untersuchungen und Erfolgskontrollen zur Implementierung und Effektivität der Instrumente und Maßnahmen im Bereich des Waldnaturschutzes und Waldumbaus erfolgen. Nur so kann eine möglichst effiziente Kombination von natürlichen Entwicklungen und gezielten waldwirtschaftlichen Maßnahmen zur Erreichung der Ziele des Waldnaturschutzes gelingen.

Klimaschutzfunktion, Resilienz und Anpassungsfähigkeit an den Klimawandel

Wälder und ihre Holzprodukte spielen als Kohlenstoffspeicher bzw. zur Substitution von Produkten, die unter hohem Einsatz fossiler Energie hergestellt werden, eine entscheidende Rolle im globalen Klimaschutz. Die Bundeswaldinventur 2022 zeigt, dass die Kohlenstoffspeicherung in der Phytomasse von 2017 bis 2022 aufgrund von Dürre, Hitze, Schädlingen und Krankheiten erstmals abgenommen hat. Über die gesamte Inventurperiode von 2012 – 2022 ist sie jedoch um 4,5 % angestiegen. Bei den Veränderungen der Vorräte in der Phytomasse müssen allerdings regionale Unterschiede sowie Unterschiede zwischen den Baumarten beachtet werden.

Die klimawandelbedingten Störungen und Produktivitätseinbußen lassen die im Klimaschutzgesetz formulierten, starren Sollziele für den Sektor „Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft“ (LULUCF) als zu ambitioniert erscheinen. Um nicht dauerhaft unrealistische Ziele zu verfolgen, sollten diese überprüft und anhand abgestimmter Szenarien und geeigneter Modelle unter Einbeziehung von Unsicherheiten angepasst werden. Um gleichzeitig die Dynamik der Auswirkungen des

Klimawandels auf Ökosysteme zu berücksichtigen können, sollte der LULUCF Sektor mit in die sektorübergreifende Gesamtrechnung und aggregierte Betrachtung des Klimaschutzgesetzes einbezogen werden, die für alle anderen Sektoren gelten. Bei Erreichung der Klimaschutzziele des LULUCF-Sektors durch Einstellung der Holznutzung auf größeren Flächen entstehen absehbar negative Folgewirkungen für die Volkswirtschaft, Beschäftigung, Leakage-Effekte im Ausland und eine Verringerung des Substitutionspotenzials. Daher sollten mögliche Strategien der Klimaschutzpolitik im LULUCF-Sektor (z. B. Natürlicher Klimaschutz) einer umfassenden, wissenschaftlich fundierten Analyse von Szenarien unter Berücksichtigung der genannten Aspekte unterzogen werden.

Zur Erhaltung der Funktion des Waldes als Kohlenstoffspeicher ist es notwendig, den zukünftigen klimatischen Herausforderungen durch die weitere Entwicklung resilienter und anpassungsfähiger Wälder zu begegnen. Dies umfasst vielfältige Maßnahmen, z. B. Förderung einer Vielfalt an resilienten standortsangepassten Baumarten, die erheblicher Investitionen bedürfen. Um diese Investitionen leisten zu können, bedarf es entsprechender Modelle zur Honorierung bzw. Förderung der Anpassungsleistungen des nichtstaatlichen Waldbesitzes zwecks Erreichung gesellschaftlich gewünschter Ziele der Waldbewirtschaftung. Dazu hat der WBW bereits 2021 entsprechende Vorschläge unterbreitet (siehe Bauhus et al. 2021a).

Eigentum, Arbeit, Einkommen

Die Abnahme der Produktivität aufgrund des Klimawandels, die Vorratsverluste aufgrund der Störungen und die Abnahme des Nadelholzanteils werden zu einer Verschärfung der wirtschaftlichen Situation vieler Forstbetriebe führen. Eröffnen sich für diese Betriebe keine Erlösalternativen, werden Investitionen in den Wald und dessen Anpassung kaum möglich sein, und die Forstwirtschaft in Deutschland langfristig ihre wirtschaftliche Tragfähigkeit verlieren. Neben der oben angesprochenen Honorierung bzw. Förderung der Anpassung könnte auch ein Ausgleich für höhere Bewirtschaftungskosten, die z. B. mit

struktur- und totholzreichen Wäldern einhergehen, in Betracht gezogen werden.

Die Nationale Waldstrategie 2020 zielt auf eine breitere Streuung des privaten Waldeigentums ab. Die Daten der BWI 2022 zeigen, dass dieses Ziel nur teilweise erreicht wurde, denn insgesamt verliert der Kleinprivatwald an Fläche. Hier müssen die Ursachen dieses Rückgangs analysiert werden, um politisch geeignete Maßnahmen zu entwickeln. Mögliche Instrumente wären eine stärker zielgruppenorientierte Ansprache der Waldbesitzenden mit entsprechender Informationsvermittlung sowie eine monetäre Honorierung ihrer Ökosystemleistungen. Außerdem sollte die Bewertung von Nutzungseinschränkungen bei der BWI weiter verbessert werden. Die bestehenden Einschränkungsklassifikationen werden den tatsächlichen Belastungen der Forstbetriebe zurzeit nicht gerecht.

Rohstoffe, Verwendung und Effizienz

Der heimische Rohstoff Holz ist für die Holz- und Papierwirtschaft in Deutschland von großer Bedeutung. Mehr als 90 % des verarbeiteten Holzes stammt von Nadelbäumen. Zugleich haben die Waldschäden zwischen 2018 und 2021 den Fichtenvorrat in Deutschland deutlich reduziert. Dieser wird auch durch den Vorratsaufbau bei Douglasie und Tanne nicht kompensiert. Insgesamt sind die Vorratsstrukturen heterogener geworden, was zu Versorgungsproblemen führen kann.

In Regionen mit starken Verlusten von Nadelholzvorräten sind Versorgungsprobleme zu erwarten. In den Regionen mit nach wie vor hohen Nadelholzvorräten können sich dagegen eher Absatzprobleme im Falle zukünftiger Störungen entwickeln. Daher sollten einerseits vorausschauend regulatorische Erleichterungen für Holztransporte zum regionalen Ausgleich geplant werden. Andererseits sollte die Abschöpfung der regional vorhandenen Nutzungspotenziale bei Fichte und Kiefer vorangetrieben werden, insbesondere in vulnerablen Beständen. Dies kann den geplanten Waldumbau befördern und gleichzeitig das geerntete Holz einer Nutzung mit hohem Klimaschutzpotenzial zuführen.

Handlungsfelder übergreifende Ergebnisse

Über die verschiedenen Handlungsfelder hinweg zeigen sich unabhängig von der Waldbesitzart, trotz gradueller Unterschiede, vergleichbare Waldzustände und Entwicklungen der wichtigen Kenngrößen, die in der BWI abgebildet werden. Diese Ähnlichkeit wird gefördert durch einheitliche gesetzliche Regelungen für die verschiedenen Waldbesitzarten, großflächige Zertifizierung mit ähnlichen oder gleichen Standards für alle Waldbesitzarten, eine ähnliche geschichtliche Entwicklung der Wälder, vergleichbare Markteinflüsse sowie geteilte Werte und Grundeinstellungen der Waldbesitzenden in Bezug auf den Wald und seine Bedeutung für die Gesellschaft.

Solange diese Ähnlichkeiten auch in Zukunft das Ziel der Waldpolitik ist, sollten auf der einen Seite für die aus der Gemeinwohlverpflichtung des Eigentums ableitbaren Werte einheitliche gesetzliche Mindeststandards gelten. Auf der anderen Seite müssen die nichtstaatlichen Forstbetriebe in die Lage versetzt werden, die darüber hinausgehenden gesellschaftlich gewünschten Ökosystemleistungen des Waldes durch entsprechende Förderung bereitzustellen.

1. Motivation und Zielsetzung

Die Bundeswaldinventur (BWI) ist eine grundlegende Datenquelle zur Beurteilung des aktuellen Waldzustandes und der mittelfristigen Entwicklungstendenzen in Bezug auf die Ziele der Waldpolitik. Ihre Durchführung ist gesetzlich im § 41a (1) BWaldG verankert und wird im 10-Jahresrhythmus vollzogen. In der Periodenmitte liefert die Kohlenstoffinventur Daten zu ausgewählten Parametern. Aktuell liegen die Ergebnisse der vierten Bundeswaldinventur (BWI 2022) vor, die den Zeitraum von 2012 bis 2022 abdecken. In dieser Stellungnahme fasst der Wissenschaftliche Beirat für Waldpolitik (WBW) wichtige Ergebnisse der vierten BWI für wesentliche forstpolitische Handlungsfelder zusammen und bietet eine Interpretation der zurückliegenden Entwicklungen vor dem Hintergrund bestehender walddpolitischer Ziele und Governanceansätze. Diese Stellungnahme orientiert sich an den Zielen walddrelevanter Politiken, die zuletzt in der Waldstrategie 2050 des BMEL (2021) nach verschiedenen Handlungsfeldern zusammengefasst wurden.

2. Entwicklungen in wichtigen Handlungsfeldern

2.1 Biodiversität und Waldnaturschutz

Zur Einschätzung der Situation des Waldnaturschutzes und der Biodiversität bietet die BWI vor allem indirekte Indikatoren, die sich z. B. aus den erhobenen Strukturelementen und der Baumartenzusammensetzung ableiten lassen (z. B. Storch et al. 2018). Mit Hilfe dieser indirekten Indikatoren können die Habitatvielfalt und das Habitatangebot erfasst werden, so dass wichtige Informationen zu Treibern der Biodiversität zur Verfügung stehen. Rückschlüsse auf die tatsächlich vorkommenden Arten und ihre Vielfalt sind aber nur in begrenztem Umfang möglich (Storch et al. 2023, Zeller et al. 2023, Wirth al. 2024). Daher kann die Interpretation der Daten der BWI ein spezifisches Biodiversitätsmonitoring, wie es von den Bundesländern zurzeit aufgebaut wird (Bolte et al. 2022), zwar unterstützen, aber nicht ersetzen. Im Folgenden gehen wir auf die Entwicklung wichtiger, indirekter Indikatoren ein.

Alte Wälder sind für den Erhalt der Biodiversität von großer Bedeutung. Mit zunehmendem Alter und damit auch zunehmender Dimension der Bäume nimmt vor allem das Angebot an Mikrohabitaten zu z.B. Baumhöhlen, Kronentotholz, Epiphyten etc. (Asbeck et al. 2021). Insgesamt ist in der zurückliegenden Inventurperiode der Anteil des Holzvorrats der Bäume mit einem Brusthöhendurchmesser von mehr als 50 cm um 22 % gestiegen. Bemerkenswert ist der hohe Anteil der besonders alten, über 160-jährigen Laubbäume. Bei der Eiche befinden sich nun 14 % und bei der Buche über 10 % der jeweiligen Baumart in der Altersklasse über 160 Jahre (Standflächenanteile). Die Zunahme von Bäumen >160 Jahre betrug bei der Eiche 48 % und bei der Buche 36 %. Über alle Baumarten hinweg ist der Anteil in den Altersklassen 120-140, 140-160 und älter als 160 Jahre um jeweils 21 %, 11 %, und 44 % angewachsen (Abb.1). Dieser von 2012 bis 2022 deutlich gestiegene Anteil von Laub- und Nadelbäumen mit einem Alter von mehr als 120 Jahren ist aus naturschutzfachlicher Sicht positiv zu bewerten.

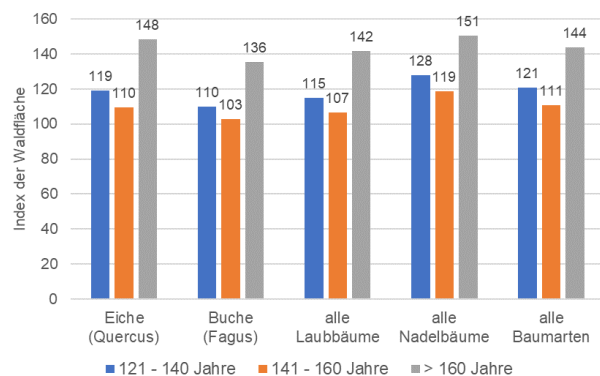


Abb.1: Index der Waldfläche gemäß Standflächenanteil [%] nach Baumartengruppen und Baumaltersklassen (Anfang der Auswertungsperiode Index = 100 %; Periode = 2012 – 2022). Quelle: BWI (2024a)

Neben dem Alter der Bäume ist die Baumartenzusammensetzung ein wesentlicher Indikator zur Bewertung der Resilienz und eines der wichtigsten naturschutzfachlichen Merkmale unserer Wälder. Wälder mit einem hohen Laubholzanteil

würden auf der weitaus überwiegenden Fläche Deutschlands die natürliche Vegetation bilden (Ellenberg und Leuschner 2010). Der Vergleich der Bundeswaldinventuren BWI 2012 und BWI 2022 zeigt insgesamt eine aus Naturschutzsicht positiv zu bewertende Zunahme der Fläche von Laub- und Mischwäldern. Über alle Waldbesitzarten hinweg hat die Fläche der von Laubbäumen dominierten Wälder (Bestockungstypen) um 9,9 % zugenommen, während die Fläche der von Nadelbäumen dominierten Wälder um 7,2 % abgenommen hat. Eine Ausnahme von dieser Entwicklung bildet der Großprivatwald (über 1.000 Hektar Betriebsgröße) mit einer geringfügigen Abnahme der von Laubbäumen dominierten Wälder um 2,1 %. Nach wie vor überwiegt die Fläche der Nadelwälder (51,7 %) diejenige von Laubwäldern (48,3 %).

Hervorzuheben ist, dass im Vergleich zu den Ergebnissen der BWI 2012 die bedeutendsten Laubbaumarten Eiche (1,13 Mio. ha) und Buche (1,68 Mio. ha) große Flächenzunahmen von 11 % (Eiche) und 8 % (Buche) aufweisen. Besonders hohe prozentuale Zunahmen zeigen zudem die Fläche der Ahornarten (28 %) und der anderen Laubbäume mit langer Lebensdauer (15 %). Diesem positiven Trend stehen deutliche Flächenverluste an Eschenwäldern (-22 %), verursacht durch die eingeschleppte, pilzliche Krankheit des Eschentriebsterbens (Enderle et al. 2019), und ein moderater Rückgang an Birkenwäldern (-4 %) gegenüber. Diese beiden Baumarten beherbergen artenreiche spezialisierte Lebensgemeinschaften (z. B. Hultberg et al. 2020). Der Rückgang der Birken hat vermutlich mit der Ablösung früher Sukzessionsstadien zu tun, die infolge der großen Sturmwürfe der 1990er Jahre großflächig entstanden waren. Die großflächigen Waldschäden der zweiten Hälfte der jüngsten BWI-Inventurperiode werden wahrscheinlich zu einer erneuten Erhöhung des Birkenanteils führen. Trotz der Rückgänge bei Birken- und Eschenwäldern hat der Anteil der Laubbäume an der Waldfläche insgesamt in einem beachtlichen Umfang von 313.000 ha zugenommen.

Die erhebliche Verringerung der Nadelwaldfläche um 7 % ist auf die Abnahme der Fläche von Fichtenreinbeständen zurückzuführen, die vor allem

durch Borkenkäferbefall während und nach den Dürrejahren 2018-2020 verursacht worden ist. Auch die deutlich gestiegenen Anteile der Baumarten Douglasie und Tanne können den Flächenverlust an Fichtenwäldern nur zu einem geringen Teil (17 %-Pkt. der Reduktion der Fichtenfläche) kompensieren.

Diese vergleichsweise rasche Verschiebung der Baumartenzusammensetzung innerhalb von 10 Jahren hat zu einer deutlichen Erhöhung des Anteils **naturnaher Wälder** geführt. Kulturbestimmte Wälder haben um mehr als ein Viertel ihrer Fläche abgenommen, und sehr naturnahe, naturnahe und bedingt naturnahe Wälder entsprechend zugenommen. Die Naturnähe der Jungbestockung (25 % sehr naturnah, 25 % naturnah) ist dabei noch ausgeprägter als die Naturnähe der Hauptbestockung (15 % sehr naturnah, 22 % naturnah). Diese Entwicklung wurde durch die dürrebedingten Störungen in der zweiten Hälfte der Inventurperiode und der damit verbundenen Ablösung von Fichtenwäldern durch junge Laubwälder vorangetrieben.



Abb. 2: Großflächige Störungen durch Borkenkäfer trugen zu dem starken Anstieg der Totholz mengen bei (Foto: J. Bauhus)

Totholz ist ein Schlüsselstrukturelement mit großer Bedeutung für die Artenvielfalt in Wäldern. Die dürrebedingten Störungen seit 2018

dürften die wesentliche Ursache für die um 48 % auf $29,4 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ gestiegene **Totholzmenge** im deutschen Wald sein.

Dabei ist das Kronentotholz, das aufgrund der Schäden an den Bäumen ebenfalls deutlich zugenommen haben dürfte, nicht miterfasst. Im Jahr 2012 betrug das naturschutzfachlich weniger wertvolle Nadeltotholz ca. 2/3 des Totholzvorrats. Dieser Anteil hat sich im Stichjahr der BWI 2022 kaum verändert, denn die Zunahme der Totholzmenge ist bei Laubbäumen und Nadelbäumen ähnlich ausgefallen. Da Laubbäume in einem deutlich geringeren Umfang von Störungen betroffen waren, lässt dies darauf schließen, dass Laubtotholz zu erheblichen Anteilen in den Waldbeständen verblieben ist, während Nadeltotholz genutzt wurde. Zudem zeigen sich besonders hohe Totholz mengen und Zunahmeraten in den Staats- und Körperschaftswäldern. Das dürfte auch das Ergebnis verschiedener Instrumente sein (neben gezielten Totholzprogrammen der Forstbetriebe auch der steigenden Fläche an Zertifizierung, Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen, Vertragsnaturschutz oder Förderprogrammen), die verbreitet umgesetzt werden. Im Kleinprivatwald ist ebenfalls eine erhebliche Zunahme des Totholzes zu beobachten, die vermutlich auf eine vergleichsweise extensive oder unterlassene Nutzung zurückzuführen ist. Das naturschutzfachlich besonders wertvolle, stark dimensionierte Totholz hat unterproportional zugenommen, während die Totholzmenge bei geringen Durchmessern zwischen 20 cm und 39 cm um 67 % gestiegen ist (Abb.3). Der erhebliche Anstieg der Mengen des stehenden und liegenden Totholzes führt zu einer deutlichen Verbesserung des Habitatangebots für spezialisierte Arten und dürfte sich positiv auf die Artenvielfalt und die Populationen vieler geschützter Arten auswirken (Wirth et al. 2024).

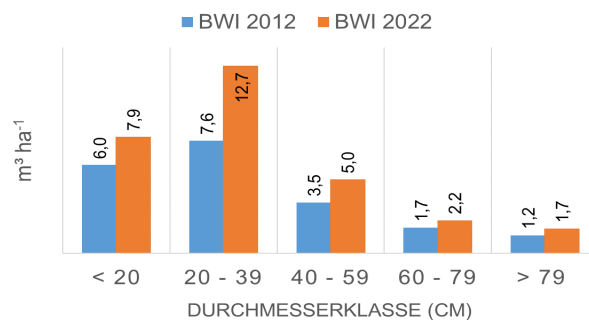


Abb.3: Totholzvorrat in Durchmesserklassen nach der BWI 2012 und BWI 2022. Quelle: BWI (2024b)

Bei einem weiteren Merkmal reifer, naturnaher Wälder, den **Bäumen mit ökologisch bedeutsamen Merkmalen**¹, inklusive sogenannter Mikrohabitate wie Höhlen, Pilzkonsolen oder Kronentotholz, ist kaum eine Veränderung zu erkennen. Zwar hat der Anteil der Specht- und Höhlenbäume an der Stammzahl leicht zugenommen, insgesamt ist die Zahl dieser Bäume mit 7,6 Stück je Hektar fast unverändert gegenüber 2012 ($8,5 \text{ St ha}^{-1}$). Zwischen den Waldbesitzarten sind die Unterschiede dabei gering. Laubbäume machen den Großteil dieser Bäume mit ökologisch bedeutsamen Merkmalen aus. Auffällig ist der geringe Anteil markierter Habitatbäume an diesem Baumkollektiv. Diese machen mit 0,1 Bäumen je Hektar lediglich 1 % der Bäume mit ökologisch bedeutsamen Merkmalen aus. Diese Zahl muss jedoch mit Vorsicht interpretiert werden, denn markierte Habitatbäume sind aus statistischer Sicht ein seltenes Ereignis, dessen Häufigkeit durch die Rasterstichprobe mit Winkelzählproben nur mit großer Unsicherheit geschätzt werden kann (Bäuerle et al. 2009). Ob dieser Befund z. B. als geringer Umsetzungsgrad der Habitatbaumkonzepte (öffentlicher Forstbetriebe) gewertet werden kann, bedarf einer näheren Prüfung. Mehr als 4/5 (82 %) aller Bäume mit ökologisch bedeutsamen Merkmalen besitzen einen Durchmesser unter 50 cm, sind also eher als potenzielle Habitatbäume anzusehen. Durchmesserstarke Bäume mit ökologisch bedeutsamen Merkmalen stellen somit nur den kleineren Teil der Gesamtheit der Bäume mit ökologisch bedeutsamen Merkmalen. Diese sind jedoch aufgrund ihres Struktureichtums und der

¹ stehend tote Bäume sind in diese Kategorie nicht eingeschlossen

Kontinuität der Habitate für die Erhaltung der Biodiversität weitaus wertvoller.

Im Zuge der BWI werden auch die Erhaltungszustände nach der europäischen Fauna-Flora-Habitat (FFH)-Richtlinie der fünf flächenmäßig bedeutsamsten **Wald-Lebensraumtypen** erfasst und bewertet. Die Anteile eines hervorragenden Erhaltungszustands (A) sind für einige Waldlebensraumtypen seit dem Jahr 2012 deutlich gestiegen: für die atlantischen und kontinentalen Hainsimsen-Buchenwälder auf 34 % und 43 %, für die atlantischen Waldmeister-Buchenwälder auf 50 % und die Sternmieren-Hainbuchen-Stieleichenwälder der atlantischen biogeographischen Region auf 34 %. Diese Erhöhungen gehen auf Kosten des Anteils günstiger Erhaltungszustände (B). Die bereits 2012 geringen Anteile ungünstiger Erhaltungszustände haben sich nur unwesentlich verändert. Als Ursachen für die rasche Verbesserung des Erhaltungszustands kommen ein steigendes Baumalter mit höheren Durchmessern, gesunkene Nadelbaumanteile und eine lebensraumtypischere Baumartenzusammensetzung sowie steigende Totholzmen gen in Betracht.

Wälder ihrer **natürlichen Entwicklung** zu überlassen, ist ein wichtiges Ziel der Nationalen Strategie zur biologischen Vielfalt (NBS) aus dem Jahr 2007. Nach der NBS sollte sich in Deutschland 5 % der Waldfläche bis zum Jahr 2020 dauerhaft natürlich entwickeln. Die wichtigsten Kriterien für die Anerkennung als Wald mit natürlicher Entwicklung (NWE) sind die dauerhafte und rechtsverbindlich gesicherte Einstellung forstlicher Nutzungen und naturschutzfachlicher Pflegemaßnahmen. Laut BWI 2022 beträgt der Anteil derjenigen Wälder, in denen eine Holznutzung nicht zulässig oder nicht zu erwarten ist, 6 % des gesamten Waldes und 9 % des öffentlichen Waldes. Damit ist dieser Anteil in den zurückliegenden 10 Jahren leicht gestiegen (BWI 2012: 5,6 %). Der Trend einer Zunahme der gemäß NBS anerkennungsfähigen NWE-Fläche (Steinacker et al. 2023) bildet sich somit auch im Anteil der ungenutzten Wälder der BWI ab. Allerdings sind die Ergebnisse der BWI nicht unmittelbar vergleichbar mit dem für das Jahr 2020 ermittelten NWE-Anteil an der Gesamtwaldfläche

von 3,1 % (ebd.). Ursachen für diese Unterschiede sind zum einen, dass die rechtsverbindliche Sicherung einer dauerhaften natürlichen Waldentwicklung in der BWI nicht erhoben wird, zum anderen, dass eine fehlende Nutzung am jeweiligen Inventurpunkt nicht unbedingt auch für den gesamten Waldbestand gilt. Daher ist es wichtig, die Unterschiede zwischen den „nicht genutzten Wäldern“ der BWI und den Wäldern mit natürlicher Entwicklung (NWE) zu kommunizieren, um mögliche Missverständnisse zu vermeiden. Zudem könnte geklärt werden, ob künftig eine der Definition der NBS entsprechende Ermittlung von NWE-Flächen durch die BWI möglich ist.



Abb. 4: Ausbreitung der spätblühenden Traubenkirsche in verlichteten Kiefernwäldern (Foto: J. Bauhus)

Im Zuge der BWI 2022 wurden auch das Vorkommen und der Deckungsgrad einiger krautiger **Neophyten** erfasst. Hierzu zählen die nach der Bewertung des Bundesamts für Naturschutz (BfN 2024) als invasiv eingestuften Arten Riesen-Bärenklau und Riesen-Knöterich. Darüber hinaus wurden die als potenziell invasiv geltenden Arten Drüsiges Springkraut (Handlungsliste), Kleinblütiges Springkraut (Beobachtungsliste) und Kermesbeere (Handlungsliste) erhoben. Abgesehen von lokalen bis regionalen Häufungen der anderen Arten erreichen lediglich die beiden Springkräuter nennenswerte Anteile im Gesamtwald. Überwiegend bedecken sie zudem weniger als 10 % der Bodenoberfläche, können aber in bestimmten Regionen eine bedeutende Rolle spielen. Es ist anzunehmen, dass im Zuge der Störungen der Wälder und den damit verbundenen erheblichen Auflichtungen invasive Arten und

ihre Auswirkungen auf das Ökosystem Wald tendenziell zunehmen werden.

Vor diesem Hintergrund ist es auch sinnvoll, die Entwicklung der Verjüngung nichtheimischer Baumarten zu beobachten, von denen einige als invasiv bewertet werden (z. B. Spätblühende Traubenkirsche) und andere als potenziell invasiv oder nicht invasiv angesehen werden (z. B. Douglasie, Roteiche) (Vor et al. 2015, Bindewald et al. 2021). Der Anteil der eingeführten Baumarten im Hauptbestand ist in der letzten Inventurperiode minimal von 4,7 % auf 4,9 % der Waldfläche gestiegen. Ihr Anteil an der Jungbestockung stieg von 8 % auf 9,3 %. Der aktuelle Wert entspricht einer Fläche von knapp 290.000 ha oder 2,5 % der Gesamtwaldfläche. Ein Großteil des Anstiegs der eingeführten Baumarten in der Jungbestockung (83 %) ist dabei auf die Ausbreitung der Spätblühenden Traubenkirsche zurückzuführen. Bei Betrachtung dieser Zahlen ist zu bedenken, dass - im Gegensatz zu den invasiven Arten - die natürliche Verjüngung von Baumarten wie der Douglasie und Roteiche außerhalb von geschützten Biotopen in den meisten Fällen waldbaulich erwünscht und daher auch gefördert wird. Diese verjüngen sich bisher aber hauptsächlich unter dem Schirm der eigenen Baumart. Die Dynamik der invasiven und eingeführten Pflanzen- und Baumarten zeigt, dass es wichtig ist, diese möglichen Treiber von Veränderungen im Ökosystem, z. B. der Artenvielfalt oder Verjüngung, im Rahmen der BWI zu erfassen. Als Frühwarnsystem für invasive Arten ist die BWI aufgrund der langen Inventurzeiträume sowie des groben Rasters jedoch nur wenig geeignet (z. B. Bindewald et al. 2021).

Die von der BWI dokumentierte Waldentwicklung der letzten Jahrzehnte hin zu größerer Naturnähe und Artenvielfalt darf auch als förderlich für den **Erholungswert** und die gesundheitlichen Wirkungen von Wäldern betrachtet werden. Die Vielfalt von Baumarten mit ihren unterschiedlichen optischen oder auch geruchlichen Aspekten

und Wirkungen erhöhen die Attraktivität für Besucherinnen und Besucher. Moderate Strukturvielfalt gilt ebenso als ein in vielen Präferenzstudien bestätigter Faktor für attraktiven Erholungswald wie das Vorkommen von älteren, charaktervollen Baumindividuen (u. a. Elsasser und Englert 2015).

2.2 Klimaschutzfunktion, Resilienz und Anpassungsfähigkeit an den Klimawandel

Klimaschutz: Wälder und Waldwirtschaft schützen das Klima, indem sie

- a) Kohlenstoff in Waldökosystemen binden (Phytomasse² und Böden),
- b) das Treibhausgas Methan im Boden abbauen,
- c) Kohlenstoff in Holzprodukten speichern,
- d) Emissionen durch Substitution von energieintensiver hergestellter Produkte aus z. B. Stahl, Beton, Aluminium oder Energie aus fossilen Brennstoffen mit Holzprodukten reduzieren.

Die damit verbundenen Aktivitäten lassen sich grob in Maßnahmen zum Schutz (inklusive Vermeidung von Entwaldung und Waldschädigung), zur Bewirtschaftung (Nutzung und Waldumbau durch aktive Gestaltung) oder zur Wiederherstellung von Wäldern (z. B. Aufforstung, Erhöhung der Naturnähe) sowie in Maßnahmen zur Verbesserung der Holzverwendung (z. B. Umstellung auf langlebigere Produkte, Materialsubstitution, Kaskadennutzung und Kreislaufwirtschaft) einteilen (Verkerk et al. 2022). Weiterhin beeinflussen Wälder durch Transpiration und Rückstrahlung (Albedo) die Temperatur bzw. Energiebilanz der Atmosphäre (z. B. Bonan 2008). Darüber hinaus spielen sie durch ihr Kronendach eine wichtige Rolle für das Mikro- und Landschaftsklima. Die BWI gibt nur Auskunft über Veränderungen der Phytomasse im Wald und der Produktivität (in der zurückliegenden Inventurperiode), sprich der Kapazität, Kohlenstoff in der Biomasse zu speichern, lässt aber keine Rückschlüsse auf die

² Als Phytomasse wird die lebende und tote pflanzliche Masse zusammengefasst (Biomasse und Necromasse)

anderen oben aufgeführten Aktivitäten und Prozesse zu.

Aus den Ergebnissen der BWI 2022 und der Kohlenstoffinventur 2017 wird ersichtlich, dass die Speicherung von Kohlenstoff in der Phytomasse der Wälder in Deutschland in der Periode 2017-2022, in Folge von Dürre, Hitze und biotischen Schäden, zum ersten Mal seit Beginn der nationalen Inventuren abgenommen hat. Bezogen auf die lebende Biomasse (unter- und oberirdisch) beträgt der Rückgang 3 %, bezogen auf den gesamten Kohlenstoffspeicher (aber ohne Kohlenstoff in tieferen Bodenschichten) sind es 0,6 %. Über den gesamten Zeitraum der BWI 2022 Inventurperiode (2012-2022) hat die Phytomasse (ober- und unterirdische Biomasse, Totholz) um 4,5 % zugenommen. Wenn man die Baumarten betrachtet, so haben die Vorräte zwischen BWI 2012 und BWI 2022 nur bei der vom Klimawandel besonders betroffenen Fichte und der von einer eingeschleppten Krankheit betroffenen Esche abgenommen, bei allen anderen Baumarten(gruppen) haben sie weiterhin zugenommen. Vor diesem Hintergrund greift das nach der Veröffentlichung der Ergebnisse der BWI 2022 vielfach geäußerte pauschale Statement, „der Wald“ habe seine Klimaschutzfunktion verloren, deutlich zu kurz. Zum einen werden hier regionale Unterschiede nicht berücksichtigt, denn substantielle Abnahmen in der oberirdischen Biomasse konzentrierten sich auf die Bundesländern Hessen, Nordrhein-Westfalen, Sachsen-Anhalt und Thüringen, während in anderen Bundesländern wie Bayern, Brandenburg, Mecklenburg-Vorpommern oder Schleswig-Holstein die Vorräte weiter zugenommen haben. Zum anderen orientiert sich diese Aussage an den Ergebnissen der letzten fünf Jahre (2017-2022) und nicht an der ganzen Inventurperiode.

Die letzte abgeschlossene Bodenzustandserhebung (BZE 2) fand von 2006-2008 statt, gegenwärtig erfolgt die Probennahme für die BZE 3 (2022-2024). In der Treibhausgas-Berichterstattung wird die Entwicklung der Bodenkohlenstoffvorräte modelliert. Die Ergebnisse zeigen gegenüber der BZE 2 niedrigere Einbindungsraten und aktuell einen Trend gegen Null (J. Rock mündl. Mitt). Daher werden erst in einigen Jahren Mess-

ergebnisse vorliegen, die einen Vergleich mit den modellierten Werten und Aussagen darüber erlauben, wie sich Klimawandel und Störungen auf den Bodenkohlenstoff auswirken.

Einerseits kann Totholz sehr punktuell zur Erhöhung des Humusvorrates im Boden beitragen. Andererseits gibt es viele Trends, die im Zuge der BWI 2022 deutlich werden, die zu Humusverlusten aus dem Boden führen könnten. Dazu gehören die Veränderungen der Baumartenzusammensetzung sowie der zunehmende Anteil an Blößen und Flächen mit aufgelichtetem Kronendach. So zeigen die Daten der letzten Bodenzustandserhebung signifikant höhere Kohlenstoffvorräte in Böden unter Nadelwald als unter Laubwald (Grüneberg et al. 2014). Allerdings gibt es diesbezüglich noch viele offene Fragen und die Befunde der letzten BZE lassen keine eindeutigen Schlüsse auf kausale Zusammenhänge zu. Auf den Freiflächen ist häufig nach Störungen aufgrund erhöhter Bodentemperatur und -feuchte mit höheren Mineralisierungsraten der organischen Bodensubstanz und damit C-Verlusten zu rechnen (Yanai et al. 2003). Ein zusätzlicher Export von organischer Bodensubstanz kann durch vermehrte Erosion von Humusfeinpartikeln durch erhöhten Oberflächenabfluss auf gestörten Waldflächen eintreten. Dieser Prozess tritt im Zusammenhang mit Starkregenereignissen nach längeren Trockenphasen auf (Klimaszyk et al. 2015). Die oben aufgeführten Prozesse sind mit großen Unsicherheiten behaftet. Daher sollte man für weitere Überlegungen zur Klimaschutzfunktion der Wälder auch die Möglichkeit in Betracht ziehen, dass die Waldböden, insbesondere dort, wo große Kahlflächen entstanden sind, im Vergleich zur letzten Bodenzustandserhebung deutlich weniger Kohlenstoff speichern.

Der Fokus auf die Speicherung von Kohlenstoff im Ökosystem ergibt sich aus der Klimaberichterstattung für den Sektor Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft (Land Use, Land Use-Change and Forestry, LULUCF). Die Klimaschutzwirkung des Waldes, die in dem Sektor erfasst wird, ergibt sich dort ausschließlich durch Änderung der Kohlenstoffvorräte im Ökosystem und Holzprodukten. Der gesamte Sektor LULUCF hat sich nach Berechnungen des Thünen-

Instituts (Wehmann und Schultz 2024) bis 2023 zu einer Quelle für Treibhausgase in der Größenordnung von knapp 4 Mio. t CO₂ Äquivalente pro Jahr entwickelt. Dabei sind die jüngsten Ergebnisse der BWI jedoch noch nicht berücksichtigt. Die anderen Bereiche des Sektors umfassen Ackerland, Grünland, Feuchtgebiete, Siedlungen sowie die Kohlenstoffspeicherung in Holzprodukten. Letztere hat in der jüngeren Vergangenheit durch die verlängerte Bindung des Kohlenstoffs in stofflich genutztem Holz (Schnittholz, Holzwerkstoffe, Papier und Pappe) durch Anwachsen des Produktspeichers eine Senkenleistung von ca. 5 Mio. t CO₂-Äquivalente pro Jahr erbracht (Harthan et al. 2024).

Im Bundes-Klimaschutzgesetz wird vom LULUCF Sektor im Jahr 2030 eine Senkenleistung von -25 Mio. t CO₂ Äquivalente pro Jahr erwartet und im Jahr 2045 soll die jährliche Senke -40 Mio. t CO₂ Äquivalente pro Jahr betragen. Der jüngste Klimaprojektionsbericht (Harthan et al. 2024) geht in dem „Mit-Maßnahmen-Szenario“ davon aus, dass das im Klimaschutzgesetz vorgesehene Sektorziel für 2030 um -23,7 Mio. t CO₂ Äquivalente, also fast die komplette angestrebte jährliche Senkenleistung (Wehmann und Schultz 2024) verfehlt wird. Im Jahre 2040 würde das Ziel im LULUCF Sektor um -41,6 Mio. t CO₂ Äquivalente und damit mehr als die gesamte avisierte Senkenleistung verfehlt werden. Die waldbezogenen Maßnahmen in diesem Szenario umfassen einen Einschlagsstopp in alten Buchenwäldern (> 120 Jahre auf 40.000 ha im Zeitraum 2023-2027 implementiert) und die temporär aus der Nutzung genommenen Flächen des Förderprogramms „Klimaangepasstes Waldmanagement“ (75.000 ha auf denen 20 Jahre keine Holznutzung mehr stattfindet). Diese beiden Maßnahmen tragen bis 2030 mit jeweils -0,3 und -0,4 Mio. t CO₂ Äquivalente je Jahr zu einer Reduktion der Emissionen im LULUCF Sektor bei. In dem Szenario mit erweiterten Maßnahmen werden für den Bereich Wald noch 33.000 ha Erstaufforstungen berücksichtigt, die bis 2030 jährliche Emissionsminderungen von - 0,2 Mio. t CO₂ Äquivalente beitragen. Auf Basis dieser waldbezogenen Maßnahmen wird insgesamt von einer zusätzlichen Reduktion der Emissionen im LULUCF Sektor von 0,9 (bis 2030)

bzw. 3,8 Mio. t CO₂ Äquivalente je Jahr (bis 2040) ausgegangen (Harthan et al. 2024, J. Rock mündl. Mitt.). Zum Vergleich: die nicht-waldbezogenen Maßnahmen im Sektor LULUCF werden für 2030 mit einer zusätzlichen Senkenleistung von -2,3 Mt CO₂-Äq. pro Jahr und für 2040 mit -4,2 Mt CO₂-Äq. jährlich projiziert. Den größten Anteil hieran haben die Reduktion der Torfverwendung in Kultursubstraten und die Wiedervernässung von Mooren (Harthan et al. 2024).

Da die aktuellen Zahlen der BWI 2022 noch nicht in diese Projektionen eingeflossen sind, ist davon auszugehen, dass sich die Differenz zwischen tatsächlicher und angestrebter Klimaschutzleistung des Sektors noch weiter vergrößert. Zudem basieren die Projektionen auf vergleichsweise optimistischen Annahmen, z.B. dass sich extreme Dürrejahre wie 2018-2021 nicht in dieser Frequenz wiederholen oder dass Moore zügig wieder vernässt werden. Insgesamt wirft das Ergebnis der BWI also die Frage auf, inwiefern die geplanten Maßnahmen im LULUCF-Sektor ausreichend sind, um die Klimaschutzziele zu erreichen bzw. ob die Ziele überhaupt realistisch und sinnvoll sind. Der WBW hatte bereits 2021 anlässlich des ersten Gesetzes zur Änderung des Bundes-Klimaschutzgesetzes auf mögliche Zielkonflikte hingewiesen, die sich aus sehr ambitionierten und fixen Zielen für die laufende Speicherung von Kohlenstoff in Ökosystemen ergeben (Bauhus et al. 2021b). In seiner Stellungnahme hatte der WBW dafür plädiert zur mittel- bis langfristigen Optimierung der Klimaschutzleistungen von Wald und Holz, den gegenwärtigen Waldzustand und insbesondere das Risiko für Störungen stärker zu berücksichtigen, die Anpassungsoptionen möglichst vielfältig zu halten und mögliche Verlagerungseffekte durch z.B. Substitutionspotenziale aus der Verwendung von Holz in Gebäuden (mit einem Reduktionseffekt in einem anderen Sektor) zu berücksichtigen. Die Bedenken hinsichtlich der LULUCF Sektorziele bestätigen sich jetzt mit der BWI 2022.

Die Abnahme des Kohlenstoffvorrats nach 2017 resultiert im Wesentlichen aus den Störungen und der damit verbundenen Ernte des Großteils der abgestorbenen Bäume. Zu dieser Abnahme

der Vorräte hat auch eine Reduktion der Produktivität zwischen 2012 und 2022 um insgesamt 16 % über alle Baumarten und Altersklassen hinweg beigetragen. Der Rückgang der Produktivität ist neben dem klimatischen Stress und seinen Folgeerscheinungen auch durch eine Veränderung der Altersstruktur der Wälder bedingt. Denn der Flächenanteil der weniger produktiven Altersklassen (> 100 Jahre) hat deutlich zugenommen, während der Flächenanteil der produktivsten Altersklassen (20-60 Jahre) abgenommen hat. Da die Produktivität der jungen Wälder auf den entstandenen Schadflächen in den kommenden zwei Jahrzehnten unterdurchschnittlich sein wird und man auch nicht von einer allgemeinen Verbesserung der Wachstumsbedingungen ausgehen sollte, werden die Kohlenstoffvorräte im Wald, bei ähnlicher Bewirtschaftung wie bisher, nicht schnell wieder ansteigen. Die mit der Abnahme des Nadelholzanteils sich verändernden Wasser- und Energieflüsse (höhere Albedo) werden eine positive Klimaschutzwirkung auf die Temperatur der Atmosphäre entfalten (Naudts et al. 2016); diese ist aber nicht in der Klimaberichterstattung abgebildet. Gleichzeitig wird der kurz- bis mittelfristig abnehmende Nadelholzanteil des geernteten Holzes, bei ähnlicher Holzverwendung wie bisher, eine Abnahme der Holzprodukte bewirken (Schluhe et al. 2018). Somit besteht das Risiko, dass auch die Speicherung von Kohlenstoff in Holzprodukten und somit auch entsprechende Senkenleistung im LULUCF Sektor abnimmt. Zusätzlich würden mit der Abnahme des Nadelholzanteils auch die Substitutionspotenziale der Holznutzung abnehmen (Weingarten et al. 2016). Deshalb ist eine hochwertige, effiziente materielle Holznutzung u. a. im Baubereich für die Nadelhölzer unbedingt anzustreben. Dies sollte durch eine vermehrte Produktion äquivalenter, innovativer Holzprodukte aus Laubholz flankiert werden. Bereits jetzt zeichnen sich auf Grundlage einer modellbasierten Analyse für Deutschland auf regionaler Ebene Unterversorgungen mit Nadelholz aus heimischen Wäldern sowie Überangebote an Laubholz ab (Bozzolan et al. 2024). Hier gilt es zu prüfen, ob und in welchem Umfang solche Entwicklungen durch Reduktion der gegenwärtig beträchtlichen Exportmengen an

Nadelrundholz (ca. 7,7 Mio. m³ in 2023, Nöstler 2024) kompensiert werden könnten.

Anpassungsfähigkeit und Resilienz. Die weit verbreiteten und großflächigen Störungen, der in der Waldzustandserhebung dokumentierte, schlechte Gesundheitszustand vieler Bäume über alle Arten hinweg (BMEL 2024), und die deutlich abnehmende Produktivität der Wälder sind ein starkes Warnsignal und unterstreichen die Notwendigkeit, Resilienz und Anpassungsfähigkeit der Wälder gegenüber dem Klimawandel und eingeschleppten Krankheiten und Schädlingen zu erhalten und zu verbessern. Die BWI allein bietet nur sehr allgemeine Anhaltspunkte für die Entwicklung der Anpassungsfähigkeit und Resilienz der Wälder. Zu diesen wichtigen Eigenschaften können belastungsfähige Aussagen nur für konkrete Bestände und Waldlandschaften in Bezug auf bestimmte Stress- und Störungsfaktoren getroffen werden. Dazu müsste z. B. Informationen zur Waldstruktur und -zusammensetzung mit standörtlicher Information, Baumarteneignung und Klimaszenarien kombiniert werden (z. B. Bolte et al. 2021).

Die allgemeinen Befunde der BWI 2022 deuten auf viele positive Trends in Bezug auf Resilienz und Anpassungsfähigkeit hin. Dazu gehören die bereits unter „Biodiversität und Waldnaturschutz“ beschriebenen Entwicklungen hin zu mehr Laub- und Mischwald, zu mehr ungleichaltrigen Wäldern und zu einer Abnahme vulnerabler Bestockungen. Generell ist der **Anteil gemischter und mehrschichtiger Bestände** weiter gestiegen. Die Wälder bestehen auf 79 % der Fläche aus Mischbeständen und sind auf 77 % der Fläche zwei- oder mehrschichtig aufgebaut. Während bei Tanne und den meisten Laubholzarten der Anteil von Mischbeständen mit über 80 % gleichbleibend hoch liegt, hat sich der Anteil von gemischten und mehrschichtigen Beständen bei Kiefer, Fichte und Douglasie im letzten Inventurzeitraum deutlich erhöht. Bei der Buche ist ein leichter Rückgang des Anteils der Mischbestockungen bei weiterem Anstieg der Mehrschichtigkeit zu verzeichnen. Die Entwicklungen zu mehr Laubholz und Naturnähe sind zudem in der Jungbestockung ausgeprägter als in der Hauptbestockung und werden sich daher für den Gesamtwald auch

in Zukunft mit großer Wahrscheinlichkeit fortsetzen. Die insgesamt sehr großen Schadflächen, die in der zurückliegenden Inventurperiode entstanden sind, bieten nun eine sehr gute Gelegenheit, den Waldumbau zu beschleunigen und die Resilienz und Anpassungsfähigkeit des Waldes durch die Steuerung der Baumartenzusammensetzung zu erhöhen. Damit der Baumartenwechsel gelingt, bedarf es in vielen Fällen erheblicher waldbaulicher Investitionen und jagdlicher Steuerung, um zu verhindern, dass die Störungsflächen in Zukunft wieder von den nicht länger standortsangepassten Baumarten (hauptsächlich Fichte) dominiert werden.

Mehr als ein Viertel der Wälder weisen Flächen mit **Jungbestockung unter Schirm** auf. Diese Vorverjüngung wird für ein breites Spektrum von Baumarten stark dominiert durch Naturverjüngung; bis auf die Artengruppen Eiche, und Douglasie liegt der Naturverjüngungsanteil bei 90 % und in vielen Fällen deutlich darüber. Diese Entwicklung ist positiv zu bewerten, da die Vorverjüngung von großer Bedeutung für die Erholungsfähigkeit (Resilienz) nach Störungen ist, da hier bereits die nächste Waldgeneration „in den Startlöchern steht“. Dadurch werden die auf Freiflächen problematischen Bedingungen für die Wiederbewaldung mit klimatischen Extremen (Spätfrost, hohe Einstrahlung), mit starker Konkurrenz der Begleitvegetation oder Verbiss durch Nager und Schalenwild vermieden. Als problematisch zu beurteilen ist, dass die Jungbestockung unter Schirm im Fichtenwaldtyp zu über 50 % aus Fichten besteht (Abb.5). Auf einem Großteil dieser Fläche wird die Fichte in Zukunft nicht standortsangepasst sein. Potenziell problematisch ist auch der geringe Anteil von Eichenverjüngung (12,6 %) unter dem Schirm von Eichenwäldern, denn den Eichenarten wird eine relativ hohe Toleranz gegenüber zukünftigen klimatischen Bedingungen zugesprochen. Daher wäre es bedeutsam, die bestehenden Eichenwälder auch wiederum in Eichen dominierte Mischwälder zu verjüngen. Hier gilt es zu überprüfen, ob der geringe Anteil von Eichenvorverjüngung auf eine geringe Verjüngungsfläche oder auf ungeeignete waldbauliche Verjüngungsverfahren, z. B. aufgrund unzureichender Öffnung des Kronendachs

für die lichtbedürftige Verjüngung (z. B. Kohler et al. 2020), verminderte Eichenmasten oder Etablierungsprobleme (Keimung, Anwuchs, Verbiss etc.) zurückzuführen ist.

Ein ähnliches Bild wie bei der Eiche gibt es bei der Kiefer (mit 17 % der Vorverjüngung bestehend aus Kiefern); hier ist es jedoch i. d. R. Ausdruck des angestrebten Waldumbaus. Der hohe Anteil der Buchen (73 %) an der Vorverjüngung unter Schirm von Buchen dominierten Wäldern überrascht bei dieser schattentoleranten Baumart und den gängigen Verjüngungsverfahren nicht. Der geringe Anteil beigemischter Baumarten kann jedoch insbesondere auf Standorten, auf denen die Buche als in Zukunft nicht mehr standortsangepasst eingestuft wird, ein Anpassungshindernis darstellen.

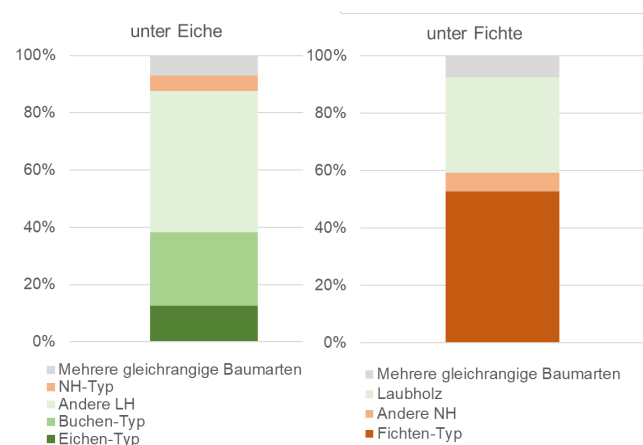


Abb.5: Waldfläche [%] nach Bestockungstyp der Verjüngung unter Schirm des Hauptbestockungstyps Eiche (links) und Fichte (rechts). Quelle: BWI (2024c)

Der hohe Anteil der **Naturverjüngung** wird im Sinne einer naturnahen Waldwirtschaft in der Regel als ein Erfolg gewertet (Larsen et al. 2022). Erfolgreich natürlich verjüngten Bäumen wird aufgrund der starken Selektion durch Konkurrenz und der weitgehend ungestörten Entwicklung des Wurzelsystems auch eine höhere Resistenz zugesprochen als gepflanzten Sämlingen, z. B. gegenüber Trockenstress. Auch wenn die natürliche Verjüngung standortsangepasster Baumarten ein wichtiges Verfahren zur kostengünstigen Vorverjüngung und Wiederbewaldung der Flächen darstellt, ist häufig eine (ergänzende) Pflanzung von bisher nicht am Standort vorkommenden Baumarten und Provenienzen sinnvoll.

Die Verwendung von besser an das zukünftige Klima angepassten Saatgutherkünften (Provenienzen) der flächenmäßig bedeutsamsten europäischen Baumarten hat das Potenzial, die Produktivität und damit die Klimaschutzleistung der Wälder in der zweiten Hälfte des Jahrhunderts zu erhalten oder sogar zu erhöhen, wie Chakraborty et al. (2024) zeigen konnten. Die am besten an das zukünftige Klima angepassten Provenienzen sind laut dieser Studie nicht die lokalen. Würden die europäischen Wälder hingegen ausschließlich aus den derzeitigen lokalen Provenienzen bestehen, könnte die Kohlenstoffsенке unter den Szenarien des Klimawandels im Zeitraum 2061-2080 um 34-41 % abnehmen. Diese Studie zeigt sehr eindrücklich das Potenzial der unterstützten Migration („Assisted Migration“). Trotz der Hinweise auf großflächige Artenverschiebungen und zunehmende genetische Fehlanpassungen bei Waldbäumen gibt es bisher nur wenige Bemühungen, dieses Wissen in laufende Wiederbewaldungs- und Waldumbauinitiativen und nationale und transnationale Vorschriften einzubeziehen (Chakraborty et al. 2024). Das trifft auch auf Deutschland zu. Hier besteht erheblicher Bedarf für weitere Forschung und transnationale Zusammenarbeit, um Anpassungsoptionen wie die unterstützte Migration zu entwickeln, umzusetzen und mögliche Risiken zu vermeiden. Forstpolitisch wäre es wichtig, für die Verjüngung der Wälder Anreize zu setzen, die geeignet sind, Anpassungsdefizite zu vermeiden. Dazu gehört eine möglichst flexible Förderung der Verjüngung standortsangepasster Baumarten, die keine Verjüngungsform (wie z. B. die Naturverjüngung) zum Primat erhebt, und die bei der Frage geeigneter Baumarten und Provenienzen eine europäische Perspektive einnimmt. Daher sollten auch die in der Verordnung über Herkunftsgebiete für forstliches Vermehrungsgut (FoVHG) festgelegten Herkunftsgebiete überdacht und gegebenenfalls angepasst werden.

Gleichzeitig gibt es auch negative Zustände und Entwicklungen in Bezug auf Resilienz und Anpassungsfähigkeit. Dazu gehört die weitere **Zunahme älterer, störungsanfälliger Wälder** bei gleichzeitigem Rückgang der Flächenanteile junger und mittelalter Bestände (0-60 Jahre),

wenngleich dies aus Sicht des Waldnaturschutzes überwiegend positiv zu bewerten ist (siehe 2.1). Zum einen nimmt mit zunehmendem Alter der Bestände (und damit zusammenhängend auch mit der Baumhöhe und dem Vorrat) deren Gefährdung, u. a. gegenüber Stürmen, Dürre und Schadinsekten zu (z. B. Grote et al. 2016, Forzier et al. 2021). Dies gilt insbesondere für Fichten, wo auf einem Großteil der Fläche ein beschleunigter Waldumbau vollzogen werden sollte, um erneute flächenhafte Störungen abzumildern. Ein weiteres Argument für die rechtzeitige Verjüngung der Wälder und den Vorrang des Waldumbaus ist der abnehmende Biomassezuwachs, der z. T. auch auf die Alterung der Wälder zurückzuführen ist. Hierbei gilt es zu berücksichtigen, dass die Abnahme der Produktivität mit dem Alter bei den verschiedenen Baumarten unterschiedlich stark ausfällt (Kiefer und Fichte deutlich ausgeprägter als Eiche und Buche).



Abb. 6: Partielle Entfernung der etablierten Buchen-Vorverjüngung und abgängigen Altbuchen zwecks Einbringung von Mischbaumarten (Foto: J. Bauhus)

Die zukünftige Entwicklung der Wälder hängt sehr stark von der Vielfalt anpassungsfähiger

Baumarten in der Verjüngung ab. Da die Wiederbewaldung der großen Schadflächen mit hohen Investitionen (und Subventionen) für die Einbringung von Mischbaumarten erfolgt, erscheint es nach wie vor problematisch, dass im Durchschnitt über alle Baumarten hinweg ca. ein Viertel der noch vorhandenen Jungwüchse (20-130 cm Höhe) in ihrer Vitalität durch **Wildverbiss** geschädigt werden, wobei in 20 % der Fälle die Terminalknospe betroffen ist. Zwischen den Besitzarten zeigten sich nur geringe Unterschiede, mit tendenziell etwas geringerem Verbiss im Staatswald. Selbst in gezäunten Flächen lag der Anteil verbissener Pflanzen nur geringfügig niedriger als ohne Zaun. Bevorzugt verbissen werden Baumarten wie Edellaubbäume und Weichlaubhölzer, die in zukünftigen Wäldern eine größere Rolle spielen sollen. Am wenigsten verbissen werden Fichten und Kiefern. Daher besteht die Gefahr, dass sich aus sehr baumartenreichen Jungwüchsen wiederum artenarme Bestände aus den weniger stark verbissenen Nadel- (Fichte und Kiefer) und Laubbäumen (Buche) entwickeln. Die Verbissaufnahmen der BWI sind aber nur bedingt geeignet, um den zukünftigen Verjüngungserfolg zu beurteilen. Hierfür bedarf es einer Kombination von Verfahren, um die gewünschte Information zur Erreichung waldbaulicher Ziele auf regionaler bzw. betrieblicher Ebene bereitzustellen (z. B. Kühl et al. 2021).

Für die ökologische Resilienz der Wälder spielen insbesondere die **Böden** eine wichtige Rolle. Im Hinblick auf den Bodenschutz, insbesondere den Schutz der Bodenfruchtbarkeit, zeichnen sich positive Trends ab. Sowohl die Änderungen der Baumartenzusammensetzung mit erhöhtem Laubbaumanteil als auch der steigende Totholzvorrat sind im Hinblick auf die Bodenfruchtbarkeit positiv zu bewerten. Laubbäume weisen einen höheren Nährstoffbedarf auf als Nadelbäume und wurzeln häufig tiefer, so dass sie ein größeres Bodenvolumen erschließen. Daher ist Laubstreu nährstoffreicher als Nadelstreu, die Nährstoffumsätze sind höher und die Bodenversauerung geringer. In Böden unter der Baumart Douglasie kann es aufgrund geringer Nitrataufnahmeraten zur Erhöhung der Nitratkonzentration in der Bodenlösung und somit zu einer beschleunigten

Versauerung kommen (Thomas et al. 2022). Dieser Aspekt sollte im Rahmen des Bodenmonitorings Berücksichtigung finden, da von 2012 bis 2022 der Anteil der Douglasie insbesondere im Privatwald angestiegen ist.

2.3 Eigentum, Arbeit, Einkommen

Die starken, trockenheitsbedingten Waldschäden, vor allem der Jahre 2018-2021, haben zu einem deutlichen **Rückgang des Fichtenvorrates** in Deutschland um knapp 200 Mio. m³ zwischen 2012 und 2022 geführt. Die Vorratsgewinne der Douglasien und Tannen gleichen diesen Verlust der Fichten bei Weitem nicht aus. Gleichzeitig ist auch der Zuwachs der Fichtenbestände im selben Zeitraum um etwa 2 m³ ha⁻¹ a⁻¹ zurückgegangen. Diese Veränderungen werden spürbare Auswirkungen auf die Einkommen der Forstbetriebe haben; wenngleich mit regionalen Unterschieden (siehe auch das Handlungsfeld Rohstoffe, Verwendung und Effizienz; 2.4).

Eine Untersuchung auf Basis der Daten des Testbetriebsnetzes Forstwirtschaft des BMEL zeigt, dass die Baumartengruppe Fichte (Fichte, Tanne, Douglasie) als einzige Baumartengruppe im Vorschadenszeitraum 2003 bis 2011 überproportional zum **Erlös der Forstbetriebe** beigetragen hat (Ermisch et al. 2013). Bei einem Flächenanteil von 35-40 % lag der Erlösbeitrag bei 60-65 %. Das Geschäftsmodell des Wirtschaftszweiges Forstwirtschaft muss daher betrieblich und gesamtgesellschaftlich überdacht werden.



Abb. 7: Achtung Totholz (Foto: J. Bauhus)

Die Zunahme an Totholz erschwert vielen Forstbetrieben die Aufrechterhaltung der erforderlichen **Arbeitssicherheit**. Arbeit im Wald, vor allem die motormanuelle, wird zunehmend unsicher. Diese Situation erfordert dringend Anpassungen, wie z. B. die Berücksichtigung zusätzlichen Maßnahmen zur Aufrechterhaltung der Arbeitssicherheit in totholzreichen Beständen oder die Förderung vollmechanisierter Verfahren für schwerer befahrbare Lagen oder größere Durchmesser der Holzstämme. Ebenfalls könnte der Staat über einen Ausgleich der im Vergleich zu Standardverfahren höheren Kosten für die Gewährleistung von Arbeitssicherheit im Wald nachdenken, die sich aus den besonderen Anforderungen für die Umsetzung von Totholzkonzepten ergeben.

Neue Herausforderungen durch die Zunahme an Totholz entstehen auch für den Katastrophenschutz im Wald. Die Situation erfordert insbesondere die Berücksichtigung des Brandschutzes bei der Entwicklung der Totholzkonzepte. Zu beachten ist außerdem, dass in totholzreichen Wäldern auch für Erholungssuchende höhere Gefahren bestehen. Aus diesem Grund ist auf ausreichend Abstand zwischen den Wegen und den Totholzgruppen zu achten. In jedem Fall müssen Waldbesitzende mit einem höheren Aufwand für die Verkehrssicherung rechnen (Mordini et al. 2012).

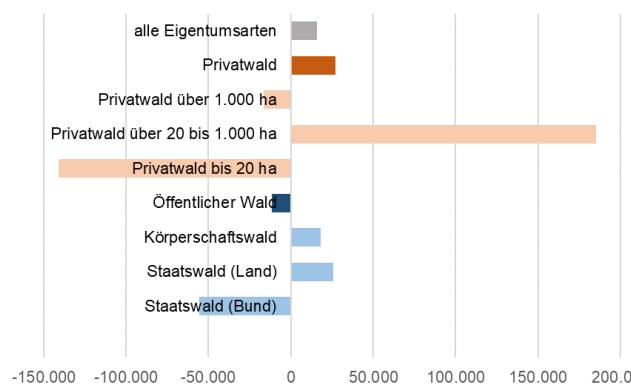


Abb. 8: Veränderung der Waldfläche [ha] nach Eigentumsarten der BWI 2022 im Vergleich zur BWI 2012. Quelle: BWI (2024d)

In der letzten nationalen Waldstrategie (Waldstrategie 2020) bekannte sich die Bundesregierung zu einer breiten **Streuung des privaten Eigentums**, die zu gewährleisten sie sich verpflichtet hat. Die BWI 2022 zeigt, dass dieses politische Ziel nur zum Teil erreicht wurde. Im Vergleich zum Jahr 2012 hat die Privatwaldfläche zwar insgesamt um 27 Tsd. ha zugenommen, in der niedrigsten Größenklasse bis 20 ha ist die Waldfläche jedoch um 141 Tsd. ha, das entspricht 5 %, zurückgegangen (Abb.8). Alle anderen Größenklassen haben an Fläche hinzugewonnen. Diese Entwicklung, deutet auf eine schleichende Erosion des breit gestreuten Waldeigentums hin, da ein nennenswerter Anteil der Waldfläche aus den Händen vieler kleiner Besitzer in die Hände größerer Betriebe gewechselt ist.

Dabei sind Kleinprivatwaldbesitzer forstpolitisch wichtige Akteure. Für sie sind Waldpflege, Selbstversorgung mit Holz und ideelle Werte mehrheitlich bedeutsam, gleichermaßen sind ihnen aber auch Naturschutzmaßnahmen im Wald wichtig (Feil et al. 2018).

Diese, mit einer repräsentativen Befragung im Jahr 2017 gewonnen Erkenntnisse werden durch die BWI 2022 bestätigt. Die Nutzungsintensität im Kleinprivatwald liegt mit 6,5 Efm ha⁻¹ a⁻¹ nur knapp unter der durchschnittlichen Nutzungsintensität in Deutschland insgesamt mit 6,7 Efm ha⁻¹ a⁻¹. Gleichzeitig zeigt der Kleinprivatwald aber einen deutlich niedrigeren Abgang³ bei den Baumartengruppen Eiche und vor allem Buche (Abb.9). Sie tragen damit am stärksten zu einer Vorratsanreicherung dieser beiden Baumartengruppen bei, was aus ökologischer Sicht erwünscht ist.

³ Abgang = Mortalität und Nutzung (Vfm ha⁻¹ a⁻¹)

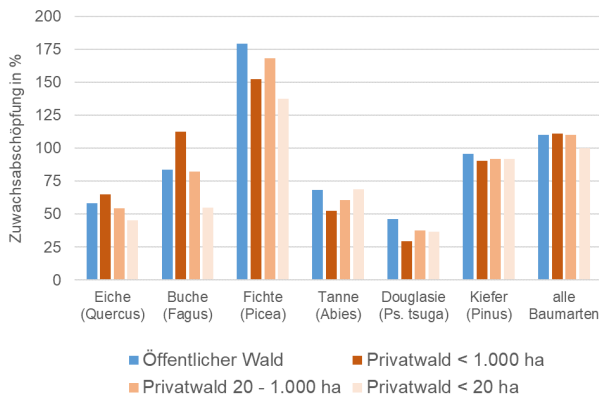


Abb. 9: Abschöpfung des Vorratzzuwachses [%] nach Eigentumsarten und Baumartengruppen. Quelle: BWI (2024e)

Vor möglichen forstpolitischen Schlussfolgerungen aufgrund des Rückgangs der Kleinprivatwaldfläche müsste analysiert werden, was die Ursachen für diesen Rückgang waren und, ob dieser Trend weiter anhält. Ein wesentliches Instrument hierfür wäre eine regelmäßig wiederkehrende Eigentümerbefragung im Privatwald, angelehnt beispielsweise an die Untersuchung von Feil et al. (2018). In Abhängigkeit von den Ergebnissen einer erneuten Befragung, könnte eventuell Anlass bestehen, bei allen Vorteilen, die struktureller Wandel für die wirtschaftliche Entwicklung und die Sicherung der Wettbewerbsfähigkeit bietet, darüber nachzudenken, ob dem strukturellen Wandel im Wald aufgrund seiner vielfältigen Funktionen nicht mit unterstützenden Mitteln politisch entgegengewirkt werden sollte. Mögliche Instrumente wären eine stärker Zielgruppenorientierte Ansprache von Waldbesitzern und deren gezielte Information sowie die monetäre Honorierung oder zumindest ideelle Anerkennung von Leistungen, die Waldbesitzer für die Gesellschaft und deren Wünsche erbringen. Forstbetriebsgemeinschaften, die bei der Bewirtschaftung des Kleinprivatwaldes in einigen Bundesländern eine zentrale Rolle spielen, sollten dort weiter gefördert und, wo erfolgversprechend, gestärkt werden.

Die Klassifizierung von Nutzungseinschränkungen, die für die BWI 2022 vorgenommen wurde, ist nicht geeignet, Rückschlüsse auf die tatsächliche Belastung der Forstbetriebe zu ziehen. Zum einen zählen Einschränkungen von unter einem Drittel der Holznutzung offensichtlich nicht als Einschränkung der Holznutzung, was eine sehr

hohe Schwelle darstellt. Zum anderen ergeben sich Belastungen auch aus Mehraufwendungen, die naturgemäß durch die Erhebung von Nutzungseinschränkungen nicht erfasst werden. Einer Untersuchung zu den Auswirkungen der Umsetzung der FFH-Richtlinie z. B. kann entnommen werden, dass die mengenmäßige Einschränkung im Durchschnitt bei unter einem Drittel liegt, der Verlust an Reinertrag hingegen zwischen 73 % und 92 % (Rosenkranz et al 2014).

2.4 Rohstoffe, Verwendung und Effizienz

Der heimische Rohstoff Holz ist eine wichtige Grundlage für Unternehmen der Holz- und Papierwirtschaft in Deutschland. Ein zentrales Anliegen der Abnehmer ist eine möglichst gleichmäßige, langfristig gesicherte Versorgung mit einem weitestgehend homogenen und effizient zu verarbeitendem Rohstoff, vor allem mit Nadelholz. Im Jahr 2022 waren 93 % des stofflich genutzten Holzes in Deutschland Nadelholz (TI-WF 2024). Die langfristigen Entwicklungen der Vergangenheit, wie die starke Nutzung schwächerer und mittelstarker Sortimente, der seit etwa 30 Jahren stattfindende Waldumbau hin zu mehr Laubholz sowie die hohen, trockenheitsbedingten Waldschäden der vergangenen Jahre, erfordern jedoch ein Umdenken und Gegensteuern.

Die Baumartengruppen Fichte und Kiefer weisen nach wie vor die höchsten Holzvorräte in Deutschland auf. Die Vorratsstrukturen sind jedoch räumlich sowie nach Durchmesser heterogener geworden. In den von den Trockenjahren besonders stark betroffenen Bundesländern haben die Vorräte der Fichten stark abgenommen (Hessen -47 %, Nordrhein-Westfalen -51 % und Sachsen-Anhalt -74 %). Die Bundesländer mit den mit Abstand höchsten Fichtenvorräten, Bayern und Baden-Württemberg, sind dagegen mit -2,9 % bzw. -7,6 % deutlich weniger betroffen. Entsprechend unterschiedlich sind daher auch die zu erwartenden Probleme auf den Holzmärkten. Während in der ersten Gruppe der Bundesländer (HE, NW, ST) ein Versorgungsproblem zu erwarten ist, zeichnet sich in der zweiten Gruppe (BY, BW) eher ein Absatzproblem ab;

zumindest in Jahren mit höherem Schadholzaufkommen. Auf politischer Ebene sollten regulatorische Erleichterungen für Holztransporte zum regionalen Ausgleich innerhalb Deutschlands vorausschauend vorgedacht und gegebenenfalls vorgeplant werden.



Abb. 10: Der rechtzeitige Waldumbau ist nach wie vor eine Herausforderung in vulnerablen Beständen (Foto: R. Unseld)

Die zweite, bereits angesprochene strukturelle Änderung, bezieht sich auf die Verteilung der Vorräte auf Durchmesserklassen. Die Vorräte der auf den Holzmärkten besonders stark nachgefragten mittelstarken Sortimente haben bis zu einem Brusthöhendurchmesser von 40 cm zwischen den beiden BWI 2012 und BWI 2022 deutlich abgenommen. Bei der Fichte reicht der Vorratsrückgang sogar bis zur Durchmesserklasse 50-59,9 cm. Die Vorräte in den hohen Durchmesserklassen sind hingegen angestiegen; je höher die Durchmesserklasse, desto stärker ist dabei die Vorratszunahme. Die Holzwirtschaft steht damit einem weiterhin zunehmenden Starkholzproblem gegenüber: Das verfügbare Holz hat Dimensionen, die mit der vorhandenen Technologie in Großsägewerken nicht wettbewerbsfähig bearbeitet werden können. Sofern die Holzwirtschaft in Deutschland weiterhin auf heimisches Rohholz zurückgreifen möchte, wird sie um eine diesbezügliche technische Anpassung nicht umhinkommen. Es sollte allerdings bedacht werden, dass nicht das gesamte Starkholz für eine Nutzung zur Verfügung stehen dürfte. Fehlende Erschließung, Nutzungseinschränkungen oder fehlendes Eigentümerinteresse an einer Holznutzung dürfte der Holzbereitstellung in einigen Fällen entgegenstehen. In welchem Umfang dies der

Erreichung politischer Ziele wie der Stärkung des Holzbaus entgegenwirken wird, ist allein aus den Daten der BWI 2022 nicht abzulesen.

Der Anstieg der Holzvorräte in den hohen Durchmesserklassen ist ganz wesentlich von einer Zunahme beim Laubholz verursacht. Auf längere Perspektive werden für dieses Laubholz dringend Verwendungsmöglichkeiten benötigt. Trotz zahlreicher Initiativen, um aus dem Laubholz Produkte mit einer höheren Wertschöpfung und einer besseren Klimabilanz zu produzieren, ist hierbei noch kein Durchbruch erkennbar.

2.5 Die BWI als Teil des Waldmonitorings

Die vorgestellten Ergebnisse der BWI 2022 beruhen auf den Erhebungen innerhalb eines Rasternetzes und ermöglichen einen Vergleich zu den Waldzuständen vorangegangener Erhebung auf identischen Waldstandorten. Mit ihrem zehnjährigen Aufnahmeturnus, ergänzt durch die Kohlenstoffinventur in der Hälfte des BWI Inventurintervalls, ist sie neben der Bodenzustandserhebung (BZE) und der jährlichen Waldzustandserhebung (WZE) integrativer Bestandteil des Waldmonitorings von Bund und Ländern. Sie ist damit eine wichtige Informationsgrundlage für die Formulierung der Waldpolitik auf Bundes- und Länderebene. Zahlreiche Monitoringinstrumente des Bundes und der Länder zu ökologischen, ökonomischen und sozialen Fragen der Waldnutzung komplettieren das Bild vom jeweils aktuellen Waldzustand und dessen Entwicklung.

Vor allem die Zunahme von plötzlich eintretenden und teilweise großflächigen Störungsereignissen, die z.B. das Holzaufkommen oder die bestockte Waldfläche erheblich beeinflussen, sind bei einem Aufnahmeturnus von zehn Jahren für zeitnahe, adaptive politische Entscheidungen unzureichend. Daher werden zukünftig die zeitlichen und auch räumlichen Lücken für aktuelle Kriterien durch moderne Methoden der Fernerkundung geschlossen werden; das entsprechende Verfahren (Projekt FNEWS: www.fnews-wald.de)

befindet sich gerade in der Implementierungsphase und sollte weiter unterstützt werden.

Die Darstellung der einzelnen Parameter erfolgt z. B. differenziert nach Bundesländern, Besitzarten und Altersklassen. Eine zusätzliche Verknüpfung der BWI mit Standortinformationen aus der BZE wäre sehr sinnvoll, um kausale Beziehungen zwischen Standortfaktoren und Waldentwicklung untersuchen zu können. Dies könnte auch eine Anknüpfung an ein zukünftiges Monitoring der Bodenbiodiversität bieten. Allerdings müssten hierzu die Rasternetze zwischen den verschiedenen Inventuren harmonisiert werden, wie das z. B. in Baden-Württemberg, Bayern und Brandenburg bereits erfolgt ist. Angesichts der großen Bedeutung der Kohlenstoffspeicherung in Waldböden aber auch der großen Unsicherheiten über die Stabilität dieses Kohlenstoffspeichers unter sich wandelnden Bedingungen sollte das Potenzial, das eine Kombination von Boden- und Bestandesaufnahmen bietet, so gut wie möglich ausgeschöpft werden. Der mögliche Informationsgewinn aus der Harmonisierung der Rasternetze müsste gegen mögliche Nachteile, die aus einer Offenlegung der Rasterpunkte und Störung des Bodens durch Probenahme entstehen könnten, abgewogen werden. Sehr gut geeignet wäre dazu die gemeinsame Auswertung von BWI und BZE an den Standorten und in den Bundesländern, in denen die Probenahmepunkte bereits harmonisiert wurden.

Mit der aktuellen Integration von populationsgenetischen Aufnahmen in die BWI konnte gezeigt werden, dass das BWI-Netz das Potenzial besitzt, den Aufnahmekatalog zu erweitern und damit das Informationsspektrum den aktuellen Informationsbedürfnissen der Waldpolitik anzupassen. Daher könnte es zielführend sein, bestimmte Aspekte des Biodiversitätsmonitorings im Wald an die BWI-Plots zu koppeln. Aufgrund des hohen Aufwandes für die Erfassung der Biodiversität bietet es sich an, die Einsatzmöglichkeiten neuer automatisierter Systeme wie etwa akustische und optische Sensoren und KI-gestützte Auswertung etwa für Vögel, Säuger oder Insekten zu erproben. Dies bedarf aber einer sorgfältigen Abstimmung mit anderen etablierten und geplanten Ansätzen

des Biodiversitätsmonitorings im Wald. Mit den zusätzlichen Aufnahmen bzw. Verknüpfungen zu anderen Inventuren steigen allerdings auch die Anforderungen an die nachgeordnete Datenauswertung, die ebenfalls angepasst werden müsste. Eine Aufstockung der Kapazitäten in diesem Bereich würde auch zu einer zeitnahen Veröffentlichung von Inventurergebnissen beitragen.

Für forstpolitische Entscheidungen ist es in der Regel nicht ausreichend, nur Informationen über den Zustand von Waldökosystemen und ihren Böden zu besitzen. Für die Einschätzung von Angemessenheit und Akzeptanz forstpolitischer Maßnahmen sind auch Kenntnisse über die Waldbesitzenden erforderlich. Durch Eigentumsübertragung gibt es jährlich ca. 65.000 neue Privatwaldeigentümer in Deutschland (Feil et al. 2018). Um der damit verbundenen Veränderung der Einstellungen, Ziele und Handlungsbereitschaften von Waldbesitzenden gerecht zu werden, wäre es dringend geboten, Eigentümer im Privatwald regelmäßig wiederkehrend zu befragen, und die Befragung gegebenenfalls auch auf den Körperschaftswald auszuweiten. Im Idealfall kann auch eine solche Befragung zeitlich mit der Bundeswaldinventur harmonisiert werden, um geäußerte Einstellungen, Ziele und Handlungsbereitschaften mit der konkreten Waldentwicklung abgleichen zu können.

Wenn die BWI im Sinne eines stärker kausal ausgerichteten Monitorings die Auswirkungen von Maßnahmen der Waldbewirtschaftung erkennbar machen soll, wäre es notwendig, diese Maßnahmen zu erfassen. So könnte eine schärfere Trennung zwischen bewusst eingeleiteten Veränderungen, wie dem Waldumbau oder der Anreicherung von Totholz- und Habitatbäumen und durch andere Einflussfaktoren hervorgerufene Veränderungen erreicht werden. Diese würde die BWI zu einem noch wertvolleren Instrument für die Steuerung der Waldpolitik machen und gleichzeitig die je nach Interessengruppe sehr unterschiedliche Interpretationen ihrer Ergebnisse verringern. Überlegungen, wie das unter Nutzung der vorhandenen bzw. unter Hinzuziehung weiterer Daten gelingen kann, könnten von der Aufstellung eines standardisierten Maß-

nahmenkatalogs des Waldmanagements aus-
gehen.

3. Zusammenfassung der zentralen Entwicklungen und Politikrelevanz

Vergleich der Waldbesitzarten. Die Bundeswaldinventur erlaubt traditionell eine Unterscheidung der Inventurdaten zwischen den Waldbesitzarten (Bundeswald, Staatswald der Länder, Körperschaftswald sowie großer, mittlerer und kleiner Privatwald). Daher werden wichtige Kenngrößen in vielen Darstellungen separat für die verschiedenen Waldbesitzarten dargestellt. Dies lenkt den Blick auf mögliche Unterschiede. Dabei treten viele Ähnlichkeiten eventuell zu sehr in den Hintergrund. Die BWI 2022 zeigt, dass es in Hinblick auf viele wichtige Kenngrößen der Waldbewirtschaftung zwischen den Waldbesitzarten zwar graduelle, aber keine gravierenden Unterschiede gibt. Das umfasst zum Beispiel:

- die Holzvorräte, bei denen nur der Bundeswald (-19 %) und Kleinprivatwald (+17 %) etwas stärker (> 10 %) vom Durchschnitt von 335 m³ ha⁻¹ abweichen;
- die durchschnittliche Nutzungsintensität, die nur im Bundeswald um mehr als 5% vom Durchschnitt von 6,7 Erntefestmetern je Jahr und Hektar abweicht;
- ähnliche Raten der Zunahme der laubbaumdominierten Wälder, 9 % im öffentlichen und 7 % im privaten Wald;
- die Totholz mengen, die mit 25,2 m³ ha⁻¹ im Privatwald, 31,9 m³ ha⁻¹ im Kommunalwald, und 35,8 m³ ha⁻¹ im Landeswald nicht mehr als 22 % vom Durchschnittswert von 29,4 m³ ha⁻¹ abweichen, und
- vergleichbare Häufigkeit von Bäumen mit ökologisch bedeutsamen Baummerkmalen (7,1, 8,4 und 7,5 Bäume je ha im Staats-, Körperschafts- und Privatwald)

Bei der Naturnähe fällt der Privatwald mit Flächenanteilen von 12 % naturnah und 19,7 % sehr naturnah etwas gegenüber dem öffentlichen Wald ab, bei dem 18,7 % als sehr naturnah und 24,6 % als naturnah eingestuft werden. Selbstverständlich gibt es auch Unterschiede zwischen den Waldbesitzformen, wie z. B. dem Flächenanteil an streng geschützten Wäldern. Zudem variieren einige Kenngrößen stärker innerhalb einer Waldbesitzart, z. B der Holzvorrat je ha zwischen Groß-

und Kleinprivatwald, als zwischen den Durchschnittswerten je Waldbesitzart.

Diese grundsätzlichen Ähnlichkeiten in wichtigen Kenngrößen zwischen den Waldbesitzformen sind - insbesondere im internationalen Vergleich - nicht selbstverständlich (z. B. Morin 2012, Deal et al. 2015, Mölder et al. 2021). Für die Ähnlichkeit ist eine Reihe von Faktoren verantwortlich. Dazu gehören einheitliche gesetzliche Regelungen für die verschiedenen Waldbesitzarten im Bundes- und in den Landeswaldgesetzen, großflächige Zertifizierung mit ähnlichen oder den gleichen Standards unabhängig von Waldbesitzart, eine ähnliche geschichtliche Entwicklung von Walddzusammensetzung und -struktur, vergleichbare Einflüsse von Marktfaktoren, geteilte Werte und Grundeinstellungen in Bezug auf Wald und seine Bedeutung für die Gesellschaft sowie eine Waldpolitik auf Bundes- und Landesebene, die z. B. über Förderung des Privat- und Körperschaftswaldes auf eine Angleichung von Bewirtschaftungsstandards zwischen den Waldbesitzarten abzielt. In welchem Umfang die einzelnen Faktoren zu der beschriebenen Ähnlichkeit zwischen den Waldbesitzformen beiträgt, lässt sich nur schwerlich quantifizieren. Das Ergebnis ist eine Bereitstellung der verschiedenen Ökosystemleistungen des Waldes auf einem vergleichbaren Niveau zwischen den Waldbesitzformen, so dass sich z. B. das Habitatangebot für waldbewohnende Arten, die Qualität des Grundwassers, der Erholungswert oder die Klimaschutzleistung des Waldes, in den meisten Fällen nicht schlagartig an einer Waldbesitzgrenze ändern. Solange dies auch in Zukunft das Ziel der Waldpolitik ist, sollten einerseits einheitliche gesetzliche Mindeststandards gelten, und andererseits müssen die nicht-staatlichen Forstbetriebe in die Lage versetzt werden, die Ökosystemleistungen des Waldes in dem gesellschaftlich gewünschten Maße bereitzustellen (siehe Bauhus et al. 2021a, Dieter et al. 2023).

Walddnaturschutz. Während mit den Auswirkungen der großflächigen Störungen der letzten Jahre erhebliche ökonomische und forstbetriebliche Nachteile verbunden sind, haben sich aus Naturschutzsicht vor allem positive Effekte ergeben, indem der Baumartenwandel in Richtung höherer

Naturnähe beschleunigt wurde, die Totholzvorräte angestiegen und für die biologische Vielfalt wertvolle Sukzessionsflächen entstanden sind. Diese Befunde spiegeln sich auch in den Ergebnissen des jüngst veröffentlichten Faktenchecks Artenvielfalt für den Lebensraum Wald wider (Wirth et al. 2024). Viele der in der BWI erfassten naturschutzrelevanten Indikatoren unterliegen einer waldwirtschaftlichen Steuerung. Die Verbesserung dieser Indikatoren ist daher auch das Ergebnis verschiedenster Instrumente im Bereich des Waldnaturschutzes und Waldumbaus. Dazu gehören die entsprechenden Selbstverpflichtungen des Staatswaldes, Förderprogramme des Bundes und der Länder, Zertifizierungen, Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen, sowie Vertragsnaturschutzprogramme. Der genaue Anteil, den diese Instrumente an der überwiegend positiven Entwicklung hatten, oder in welchem Umfang die Veränderungen durch intrinsisch motivierte Eigentümerentscheidungen (Mehring et al. 2023) und außerplanmäßige Störungen bewirkt wurden, lässt sich anhand der BWI-Daten allerdings nicht quantifizieren. Zu dieser Frage sollten gezielte Untersuchungen und Erfolgskontrollen zur Implementierung und Effektivität der oben genannten Instrumente durchgeführt werden, damit die Ziele im Waldnaturschutz durch eine möglichst effiziente Kombination von natürlichen Entwicklungen und gezielten Maßnahmen erreicht werden können. So weist die BWI 2022 auf Grundlage der Erhebung von Nutzungseinschränkungen z. B. einen Anteil von 6 % der Holzbodenfläche aus, auf dem die Holznutzung aus verschiedenen Gründen nicht erlaubt oder nicht zu erwarten ist. Daraus ergeben sich Potenziale für Schutzgebiete von Wäldern mit natürlicher Entwicklung. Die Defizite im Bereich von Waldflächen mit natürlicher Entwicklung könnten auch außerhalb des Staatswaldes adressiert werden (Müller et al. 2020).

Einkommenssituation der Forstbetriebe. Die Abnahme der Produktivität aufgrund des Klimawandels, der großflächigen Störungen und der Abnahme des Nadelholzanteils wird, regional zu unterschiedlichen Zeitpunkten, zu einer Verschärfung der wirtschaftlichen Situation der Forstbetriebe führen. Eröffnen sich für die vielen,

stark von Schäden betroffenen Forstbetriebe keine Erlösalternativen, werden Investitionen in den Wald und dessen Anpassung an den Klimawandel aus betriebswirtschaftlichen Gründen kaum möglich sein, und die Forstwirtschaft in Deutschland langfristig ihre wirtschaftliche Tragfähigkeit verlieren (vgl. Bauhus et al. 2021a). Für die Entwicklung neuer Geschäftsmodelle, die geeignet sind, die Anpassung der Wälder an den globalen Wandel zu unterstützen, hat der WBW entsprechende Vorschläge unterbreitet (Bauhus et al. 2021a), die z. T. in dem sehr nachgefragten Förderprogramm „Klimaangepasstes Waldmanagement“ aufgegriffen worden sind. Die dort bereit gestellten Mittel, die zwischenzeitlich ausgeschöpft sind und bisher 21 % der Fläche des Privat- und Körperschaftswaldes in Deutschland abdecken, werden der Herausforderung der Anpassung sicherlich noch nicht gerecht.

Die Zunahme des Totholzes verursacht nicht nur Opportunitätskosten der Nicht-Nutzung sondern auch höhere Kosten für die Aufrechterhaltung der Arbeitssicherheit. Hier könnte der Staat über die Entwicklung neuer Totholzkonzepte, die auch die erforderliche Arbeitssicherheit berücksichtigen oder über einen Ausgleich der höheren Kosten für die Gewährleistung von Arbeitssicherheit im Wald für betriebswirtschaftliche Entlastung sorgen. Die Förderung könnte sachgerecht z. B. im Rahmen der Förderung über die GAK (Gemeinschaftsaufgabe "Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes") erfolgen.

Die in der letzten BWI-Inventurperiode regional unterschiedlichen Witterungsverläufe und Störungsdynamiken haben auf der Ebene der Bundesländer zu unterschiedlichen Auswirkungen der Extremereignisse geführt, die sich auch auf den Holzmärkten widerspiegeln werden. In Regionen mit starken Verlusten von Nadelholzvorräten sind Versorgungsprobleme zu erwarten, während in den Regionen mit weiterhin hohen Nadelholzvorräten (z. B. Bayern und Baden-Württemberg) im Falle von weiteren großflächigen Störungen eher Absatzprobleme eintreten können. Daher sollten auf politischer Ebene regulatorische Erleichterungen für Holz-

transporte zum regionalen Ausgleich vorausgedacht und gegebenenfalls vorgeplant werden. Gleichzeitig gibt es nach wie vor hohe regionale Vorratsanteile in Fichte (insbesondere in Bayern und Baden-Württemberg) und Kiefer. Diese Nutzungspotenziale (auch in hohen Durchmesserklassen) sollten unbedingt abgeschöpft werden, um einerseits Risiken für Störungen zu reduzieren und andererseits die Klimaschutzpotenziale der Holzverwendung im Rahmen einer gezielten Nutzung zu realisieren.

Holzverwendung. Die Unternehmen der Holzwirtschaft stehen vor großen strukturellen Änderungen; auf sie kommen große technologisch-ökonomische Herausforderungen zu. Das verfügbare Holz wird hinsichtlich der Sortimente zunehmend heterogener und weist steigende Dimensionen auf, die mit der vorhandenen Technologie in Großsägewerken nicht wettbewerbsfähig bearbeitet werden können. Sofern die Holzwirtschaft in Deutschland weiterhin auf heimisches Rohholz zurückgreifen möchte, muss sie in Zukunft in marktfähige technische Lösungen zur Verarbeitung von Starkholz und von Mischsortimenten verschiedener Holzarten investieren.



Abb. 11: Langfristige Verwendung von Laubholz im Gebäudesektor z.B. mit Buchenfurnierschichtholz. Bild: Lattkearchitekten.de

Die Zunahme der Holzvorräte in den hohen Durchmesserklassen ist ganz wesentlich von einer Zunahme beim Laubholz verursacht. Die Investitionen in marktfähige technische Innovationen umfassen auch ganz besonders die Verarbei-

tung von Laubholz. Ohne einen solchen Innovationsschub wird die Holz- und Papierwirtschaft in Deutschland langfristig nicht wettbewerbsfähig zu erhalten sein. Gleichzeitig sind hier substantielle Änderungen notwendig, um die Klimaschutzleistung durch Verwendung langlebiger Holzprodukte trotz einer Reduktion in der Verwendung von Nadelholz aufrechtzuerhalten oder besser noch zu steigern. Der Einsatz langlebiger Holzprodukte sollte vorrangig im Gebäudebereich angestrebt werden, da ihre potenzielle Klima- und Kohlenstoffspeicherwirkung besonders zum Tragen kommt. Eine Steigerung der Langlebigkeit von Produkten bzw. die Erhöhung der Verweildauer von Holz im Holzprodukte (HWP⁴)-Speicher kann bei gleichbleibender Einschlagshöhe eine Ausweitung des HWP-Speichers erlauben oder die Aufrechterhaltung der mit dem HWP-Speicher verbundenen Leistungen bei geringerem Einschlag sicherstellen.

Die Klimaschutzleistung des Waldes. Die jüngsten Ergebnisse der Bundeswaldinventur 2022 zeigen, dass die Kohlenstoffspeicherung in deutschen Wäldern seit 2017 durch klimabedingte Störungen und eine reduzierte Produktivität abgenommen hat. Zwar ist die Phytomasse im Gesamtzeitraum 2012-2022 leicht gestiegen, doch sind regional erhebliche Unterschiede festzustellen mit deutlichen Abnahmen der Kohlenstoffspeicher in einigen Bundesländern, in den großflächig Fichtenbestände abgestorben sind. Die abnehmende Kohlenstoffsenkenleistung hat bereits dazu geführt, dass der gesamte Landnutzungssektor (LULUCF) seit 2020 zu einer Quelle für Treibhausgasemissionen geworden ist (Adam et al. 2024). Dies stellt die Erreichbarkeit der Klimaschutzziele in Frage. Mit der Abnahme der Produktivität der Wälder sinkt (bei gleicher Art und Effizienz der Holzverwendung) zudem die Kapazität, über Substitutionseffekte der Holznutzung Klimaschutzwirkungen zu erzielen. Die Entwicklung und Verwendung langlebiger Laubholzprodukte wird daher noch bedeutsamer werden, um die Klimaschutzwirkung der Wälder zu stabilisieren.

⁴ HWP = harvested wood products

Aufgrund der Reduktion der Kohlenstoffsenkenleistung in Waldökosystemen und den geringen Veränderungen in den Emissionen anderer Landnutzungen erscheinen die derzeitigen Vorgaben des Bundes-Klimaschutzgesetzes (KSG) für den LULUCF Sektor wenig realistisch. Die Differenz zwischen den fixen Zielen des Klimaschutzgesetzes für die THG-Senkenleistung und den tatsächlichen Emissionen des LULUCF Sektors hat sich auch aufgrund der zusätzlichen Berücksichtigung von zusätzlichen Quellen (stehende Gewässer) und der Revision bisheriger Annahmen (z. B. für Böden) erhöht. Aus klimaschutz- und walddpolitischer Sicht stellt sich hier die drängende Frage, wie man mit dieser offensichtlichen Diskrepanz zwischen den Vorgaben des Bundesklimaschutzgesetzes und den zu erwartenden Entwicklungen der Emissionen bzw. Senkenleistung des LULUCF-Sektors umgeht.

Hier ist zunächst festzuhalten, dass die jüngste Novelle des KSG, mit welcher die z. T. umstrittene „sektorübergreifende und mehrjährige Gesamtrechnung“ (§ 4 Abs. 1 KSG) und die „aggregierte Betrachtung“ (§ 8 Abs. 1 KSG) eingeführt werden, keine Auswirkungen auf den Sektor LULUCF hat.

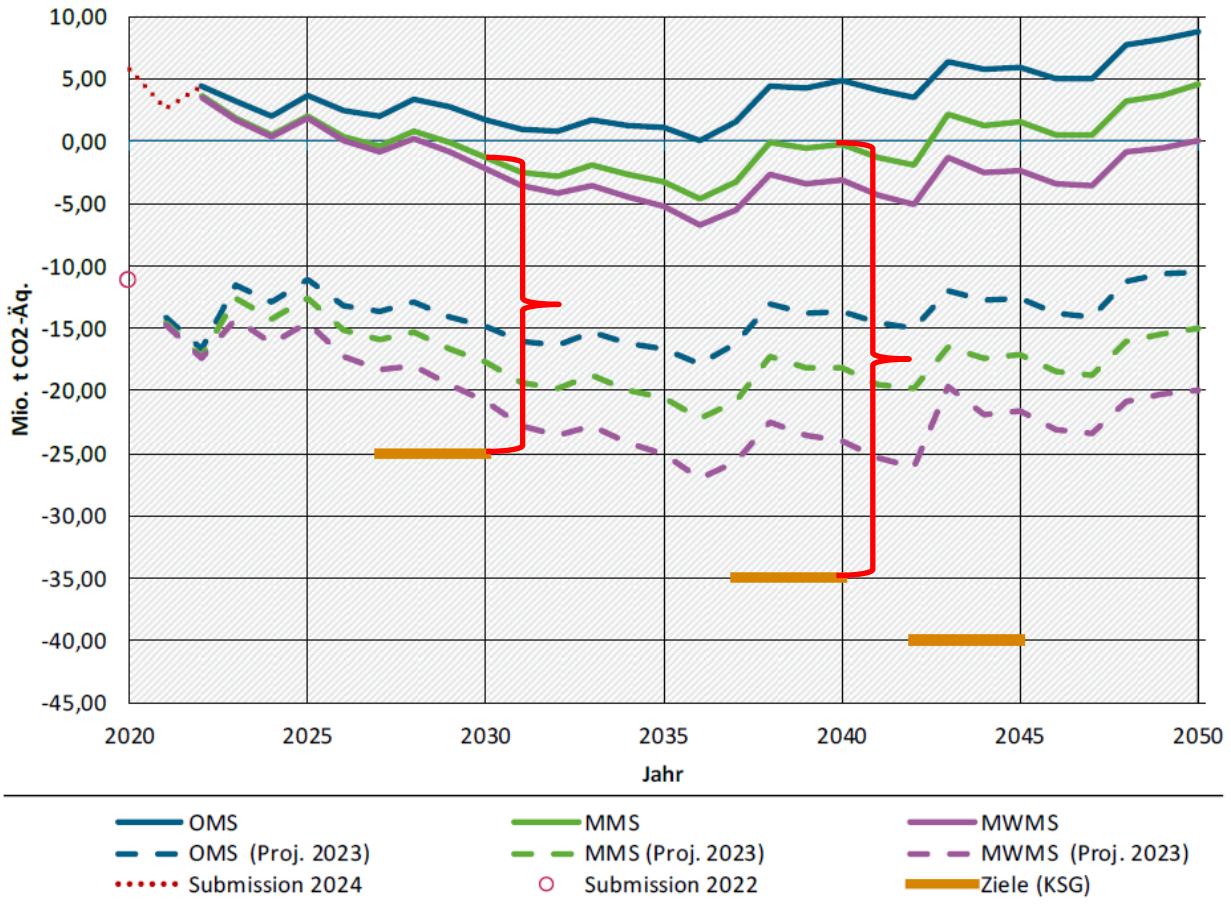
Die sektorenübergreifende Betrachtung gilt nur für die sechs Sektoren: Energiewirtschaft, Industrie, Verkehr, Gebäude, Landwirtschaft, Abfallwirtschaft und Sonstiges. Der Sektor LULUCF nimmt damit eine Sonderrolle ein. Für ihn gelten weiterhin allein die Verbesserungspflichten nach § 3a Abs. 1 S. 2 Nr. 1 und Nr. 2, während für die Treibhausgasemissionen der anderen sechs Sektoren die Klimaschutzziele des § 3 Abs. 1 KSG gelten. Für den Sektor LULUCF gibt es keine jährlichen Minderungsziele und Jahresemissionsmengen, vielmehr sind die Vorgaben auf einzelne Zieljahre (2030, 2040, 2045) ausgerichtet. So soll der Mittelwert der jährlichen Emissionsbilanzen des Zieljahres 2030 und der drei vorhergehenden Kalenderjahre (2027, 2028 und 2029) auf mindestens minus 25 Mio. t CO₂-Äquivalente bis zum Jahr 2030 verbessert werden. Für 2040 beträgt das entsprechende Verbesserungssoll minus 35 Mio. t und für 2045 minus 40 Mio. t CO₂ Äquivalente (Abb.12). Diese Vorgaben wurden durch die jüngste KSG-Novelle nicht geändert. Zudem wurde die Bundesrepublik nach Klage der Deut-

schen Umwelthilfe („Naturschutz-Klima Klage“) durch die Entscheidung des Oberverwaltungsgerichts Berlin-Brandenburg (Urteil vom 16.05.2024, OVG 11 A 31/22) dazu verurteilt, das Klimaschutzprogramm 2023 (geregelt in § 9 KSG) um die erforderlichen Maßnahmen zu ergänzen, um die vorstehend genannten Verbesserungssollziele im Sektor LULUCF möglichst zu erreichen.

Die projizierten Veränderungen selbst in dem Szenario mit weiteren Maßnahmen zeigen bis 2030 für die anderen Quellgruppen des Sektors entweder nur geringfügig steigende Senkenleistungen (Ackerland -0,7; Grünland -0,6; Feuchtgebiete -1,3) oder sogar steigende Emissionen (Siedlungen +0,4; Holzprodukte +6,2) (alles in Mio. t CO₂ Äquivalente) (Wehmann und Schultz 2024). Diese Quellgruppen haben zudem ein geringes Potenzial, selbst bei großen Anstrengungen, kurzfristig hohe Senkenleistungen zu bringen (Osterburg et al. 2018, Bauhus et al. 2021b). Daher erscheint die Speicherung von mehr Kohlenstoff in der Biomasse des Waldes als die einzige Möglichkeit, in so kurzer Zeit (bis 2030) die Ziele für den LULUCF zu erreichen. Dies erscheint bei genauer Betrachtung aber nur als ein theoretisches Potenzial. Legt man für eine überschlägige Abschätzung des Potenzials z. B. die Zahlen zur Senkenleistung der waldbezogenen Maßnahmen „Einschlagsstopp in alten Buchenwäldern“ und des Förderprogramms „Klimaangepasstes Waldmanagement“ zugrunde, so werden dort zusammen jährliche negative Emissionen in der Höhe von 0,7 Mio. t CO₂ Äquivalente durch die Einstellung der Holznutzung auf einer Fläche von 115.000 ha Wald erzielt. Würde man die für 2030 projizierte Minderleistung des LULUCF Sektors durch die Einstellung der Holznutzung schließen wollen, so entspräche das (bei einer ähnlichen Senkenleistung wie in den oben genannten Maßnahmen) einer Waldfläche von ca. 2,6 Mio. ha bzw. 23 % der deutschen Waldfläche (Holzboden); für 2040 wären das ca. 4,5 Mio. ha und deutlich mehr als der gesamte Staatswald (122 %). Das würde massive Einbrüche in der Holznutzung mit Jobverlusten und ökonomischen Konsequenzen in den Nutzungsketten nach sich ziehen. Es ist nur

schwer vorstellbar, wie für solch tiefgreifende Änderungen und die damit verbundenen Entscheidungen die notwendige gesellschaftliche Unterstützung und politischen Mehrheiten ge-

wonnen werden könnten. Daher wäre eine solch umfassende Änderung der Waldnutzung aus einer Reihe von Gründen nicht vernünftig.



Anmerkung: Negative Zahlen entsprechen einer Senke für Treibhausgase.

Abb.12: Entwicklung der Treibhausgasemissionen im Sektor Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft (LULUCF) für den Projektionsbericht 2023 sowie die Projektionsdaten 2024 (Harthan et al. 2024). Die Projektionsdaten 2024 zeigen eine Verfehlung der Ziele in den Stützjahren 2030, 2040 und 2045, die als horizontale, orangefarbene Striche eingezeichnet sind. OMS: Ohne-Maßnahmen-Szenario; MMS: Mit-Maßnahmen-Szenario; MWMS: Mit-weiteren-Maßnahmen-Szenario; KSG: Klimaschutzgesetz. Die roten Klammern zeigen die Differenz zwischen den Sollzielen der Jahre 2030 bzw. 2040 und den Projektionsdaten des Mit-Maßnahmen-Szenarios

Zum einen müssen die Verbindungen zwischen den Sektoren der THG-Berichterstattung bedacht werden, damit es hier nicht zu Zielkonflikten und ungewollten Effekten kommt. Bereits jetzt besteht eine große Deckungslücke zwischen dem geplanten Einsatz von Holz als Brennstoff zur Erreichung der Klimaziele in den anderen Sektoren (Energiewirtschaft, Industrie, und vor allem Gebäude) und dem

verfügbaren Potenzial aus dem heimischen Wald (siehe Harthan et al. 2024: Treibhausgas-Projektionen für Deutschland, Punkt 3.4.2). Je nach Szenario und bei einem grob vereinfachenden Ansatz beträgt diese Deckungslücke 25 – 41 Mio. t CO₂ Äquivalente bzw. 27 – 45 Mio. Erntefestmeter, die importiert werden müssten (J. Rock mündl. Mitt.). Diese Schätzung geht rein vom Endenergiebedarf aus, ohne Verluste entlang der Bereitstellungs- und Liefer-

kette und ohne Berücksichtigung der Wirkungsgrade und Nutzungseffizienz in der Industrie etc. Der tatsächliche Bedarf im Einschlag dürfte daher deutlich höher sein.

Eine Verlagerung von Klimaproblemen ins Ausland, z. B. aufgrund steigender Holzimporte sollte vermieden werden. Daher müssen Wirkungen von Maßnahmen sektorübergreifend und zusätzlich über die Grenzen Deutschlands hinweg bewertet werden. Ebenso müssen Konflikte mit anderen Zielen der Waldwirtschaft (z. B. Anpassung an den Klimawandel und Erhalt der Biodiversität) berücksichtigt werden (Meyer et al. 2023). Zum anderen sollten die THG-Vermeidungskosten im Blick behalten werden, damit die für den Klimaschutz zur Verfügung stehenden Mittel insgesamt möglichst effizient eingesetzt werden können. Die Einstellung der Holznutzung in Buchenwäldern in Deutschland hat beispielsweise zunächst nur geringe forstbetriebliche THG-Vermeidungskosten in Höhe von ca. 20 €/tCO₂. Langfristig steigen diese aber aufgrund der abnehmenden Senkenleistung und der natürlichen Zersetzung auf mehrere 1.000 €/tCO₂ (Regelmann et al. under review). In dieser Abschätzung sind die volkswirtschaftlichen Kosten in der weiterverarbeitenden Industrie noch nicht enthalten. Durch die Wahl der effizientesten Maßnahmen kann bei gegebenen Kosten ein möglichst großer Gesamteffekt für das Klima erreicht werden (Bauhus et al. 2021). Die Einrichtung weiterer strikter Waldschutzgebiete, die auch im Rahmen von waldrelevanten EU-Politiken erforderlich sein wird, sollte sich daher auf solche Flächen konzentrieren, die gleichzeitig naturschutzfachlich sehr wertvoll sind, eine hohe Resilienz und Anpassungsfähigkeit gegenüber dem globalen Wandel erwarten lassen, und deren Nutzungsaufgabe zu möglichst geringen negativen Auswirkungen auf die Rohholzversorgung führt.

Würde z. B. ein aus der EU Biodiversitätsstrategie ableitbares Ziel „10 % der Waldfläche in strikten Schutzgebieten“ so umgesetzt, dass zusätzlich zu den bereits bestehenden 3,1 % NWE Flächen (siehe oben) auf 6,9 % der Waldfläche die Holznutzung eingestellt würde, so

hätte dies eine jährliche Senkenleistung von ca. 4,5 Mio. t CO₂-Äquivalente. Würden zur Erreichung dieses „10 %-Ziels“ Waldflächen herangezogen, auf denen bereits jetzt keine Holznutzung mehr stattfindet, die aber bisher nicht strikt geschützt sind, würde sich die zusätzliche Senkenleistung aus der Ausweisung von strikten Schutzgebieten entsprechend reduzieren. Daher würden auch aus heutiger Sicht ehrgeizig erscheinende Anstrengungen zur Ausweisung weiterer strikter Waldschutzgebiete bei weitem nicht ausreichen, um die im LULUCF Sektor benötigten negativen Emissionen zu erwirken.

Hier ist folglich eine politisch diffizile Situation entstanden, in der eine Revision der Sollziele des LULUCF Sektors im Rahmen des KSG von einem großen Teil der Öffentlichkeit wahrscheinlich als eine Abschwächung der Klimaschutzambitionen interpretiert und folglich auf entsprechenden Widerstand stoßen würde, andererseits das dauerhafte Verfehlen der wenig realistischen Ziele als ungläubwürdige Politik wahrgenommen wird. Warum man bei der Novelle des Klimaschutzgesetzes ausgerechnet den LULUCF Sektor mit seinen komplexen Ökosystemen, die in ihrer Klimaschutzleistung eben auch sehr stark durch den globalen Wandel beeinflusst werden, nicht mit in die „aggregierte Betrachtung“ einbezogen hat, ist aus wissenschaftlicher Sicht schwer nachzuvollziehen. Ein statisches Gesetz ist offenbar wenig geeignet ist, um eine dynamische Natur und eine dynamische Gesellschaft zielgerichtet zu steuern. Aufgrund der vom Klimawandel getriebenen, weltweit zunehmenden Störungen von Wäldern warnen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler davor, die Klimaschutzleistungen dieser Ökosysteme zu überschätzen und fordern stattdessen stärkere Emissionsminderungen, auch zum Schutz der Wälder (z. B. Messier et al. 2022).

Anpassung und Resilienz. Die Daten der BWI 2022 zeigen sehr deutlich, in welchem Ausmaß deutsche Wälder unter Klimastress und Schadorganismen leiden. Sie unterstreichen, dass die Anpassung der Wälder und der Waldbewirt-

schaftung nach wie vor die größte walddpolitische Herausforderung darstellt. Der WBW hat vor wenigen Jahren umfangreiche Empfehlungen vorgelegt, um diese Herausforderungen anzugehen (Bauhus et al. 2021a). Diese sollen hier nicht im Detail wiederholt werden.

Positive Trends wie der Anstieg von Misch- und Laubwäldern sowie die Zunahme ungleichaltriger Strukturen fördern die Anpassungsfähigkeit. Die Waldschäden reduzieren einerseits den Anteil der sehr vulnerablen Wälder und bieten andererseits die Möglichkeit eines beschleunigten Waldumbaus. Gleichzeitig ist der Anteil der Waldfläche, die dringend aktiv umgebaut werden muss, weil die gegenwärtige (und zukünftige) Bestockung nicht klimaangepasst ist, nach wie vor hoch, z. B. die Fichtenwälder in Süddeutschland. Der hohe Anteil an Naturverjüngung fördert kurz- bis mittelfristig die Resilienz der Wälder, kann aber je nach Kombination von Baumarten, Herkünften und Standort auch in Fehlanpassungen resultieren. Die unterstützte Migration beim Waldumbau und gezielte Etablierung angepasster Herkünfte könnte die Wälder klimaresilienter machen, erfordert aber erhebliche forstwirtschaftliche Investitionen, auch in Forschung, und geeignete Rahmenbedingungen (z. B. Verfügbarkeit von Saat- und Pflanzgut, rechtliche Regelungen). Gegenwärtig werden auf europäischer Ebene neue Vorschriften für die Erzeugung und das Inverkehrbringen von forstlichem Vermehrungsgut erarbeitet.

Störungen werden auch in Zukunft die Dynamik der Wälder und nachfolgend das Geschehen im Wald auf viele Jahrzehnte prägen. Neben anpassungsfähigen Wäldern bedarf es auch einer hohen Anpassungsfähigkeit der Forstbetriebe (Bauhus et al. 2021a), die nicht zuletzt von ihrer Einkommenssituation und der zur Verfügung stehenden Information abhängig ist. Die in den Ergebnissen der BWI 2022 ersichtliche Reduktion der Produktivität der Wälder und die Veränderungen im Baumartenspektrum werden bei gleichzeitig steigenden Kosten für Anpassung, Risikomanagement, Monitoring und Bereitstellung von Ökosystemleistungen die Erträge aus der Roh-

holzproduktion langfristig reduzieren. Diese Entwicklungen verschärfen die ohnehin schon bestehenden strukturellen Probleme im kleinpärzellierten Privat- und Körperschaftswald. Daher empfehlen wir die Verbesserung der bestehenden Beratungs- und Organisationsstrukturen im Privatwald durch langfristige finanzielle Absicherung, damit nicht-staatliche Waldbesitzer dauerhaft die vielfältigen Ansprüche an den Wald erfüllen können. Dazu gehören neben der Betreuung des Nichtstaatswaldes der Aufbau von Informationsplattformen, Anreize zur aktiven Waldbewirtschaftung und Bildung von größeren Bewirtschaftungseinheiten, sowie eine effektivere und effizientere Gestaltung der forstlichen Förderung. Der WBW hatte 2021 entsprechende Vorschläge unterbreitet, um auch die Anpassungskapazität der Betriebe zu verbessern (Bauhus et al. 2021a). Diese wurden z. T. in dem Förderprogramm Klimaangepasstes Waldmanagement aufgegriffen, welches von den Adressaten (Privatwald und Körperschaftswald) bisher so gut nachgefragt worden ist, dass zurzeit keine weiteren Anträge auf Förderung angenommen werden. Hier sollten dringend Wege gefunden werden, um die Förderung zur Verbesserung der Anpassungsfähigkeit der Wälder auf einem ausreichenden Niveau zu verstetigen. Dies gilt auch für die Förderung von forstwirtschaftlichen Maßnahmen durch Mittel der Gemeinschaftsaufgabe „Förderung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes“, die insbesondere für die Wiederbewaldung mit resilienten Mischwäldern und die Pflege der auf den Störungsflächen entstehenden neuen Wälder benötigt werden. Die zeitliche Bereitstellung dieser Mittel sollten den Waldbesitzenden auch die benötigte Planungssicherheit bieten.

4. Literatur

- Adam S, Ahrem L, Bernicke M et al. (2024) Berichterstattung unter der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen 2024 - Nationales Inventardokument zum deutschen Treibhausgasinventar 1990 – 2022. Umweltbundesamt, 984 S. [Online] Verfügbar unter: <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/berichterstattung-unter-der-klimarahmenkonvention-9> [Zugriff am 17. Dezember 2024]
- Asbeck T, Großmann J, Paillet Y, Wininger N, Bauhus J (2021) The use of tree-related microhabitats as forest biodiversity indicators and to guide integrated forest management. *Current Forestry Reports* 7: 59-68. <https://doi.org/10.1007/s40725-020-00132-5>
- Bauhus J, Dieter M, Farwig N et al. (2021a) Die Anpassung von Wäldern und Waldwirtschaft an den Klimawandel: Gutachten des Wissenschaftlichen Beirates für Waldpolitik. Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL), 192 p. [Online] Verfügbar unter: <https://buel.bmel.de/index.php/buel/article/view/386/590> DOI:10.12767/buel.vi233 [Zugriff am 17. Dezember 2024]
- Bauhus J, Seeling U, Dieter M, Farwig N, Hafner A, Kätzel R, Kleinschmit B, Lang F, Lindner M, Möhring B, Müller J, Niekisch M, Richter K, Schraml U (2021b) Geplante Änderung des Klimaschutzgesetzes riskiert Reduktion der potenziellen Klimaschutzbeiträge von Wald und Holz. Stellungnahme des Wissenschaftlichen Beirates für Waldpolitik. [Online] Verfügbar unter: <https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/Ministerium/Beiraete/waldpolitik/klimaschutzgesetz.pdf?blob=publicationFile&v=5> [Zugriff am 17. Dezember 2024]
- Bäuerle H, Nothdurft A, Kändler G, Bauhus J (2009) Biodiversitätsmonitoring auf Basis von Stichproben. *Allg. Forst- u. Jagdzeitschrift* 180: 249-260
- Bundesamt für Naturschutz (BfN), 2024. Naturschutzfachliche Invasivitätsbewertung gebietsfremder Gefäßpflanzen für Deutschland. [Online] Verfügbar unter: <https://neobiota.bfn.de/invasivitaetsbewertung/gefaesspflanzen.html> [Zugriff am 17. Dezember 2024].
- Bindewald A, Miocic S, Wedler A, Bauhus J (2021) Forest inventory based assessments of the invasion risk of *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco and *Quercus rubra* L. in Germany. *European Journal of Forest Research* 140: 883–899. <https://doi.org/10.1007/s10342-021-01373-0>
- BMEL (Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft) (2021) Waldstrategie 2050 Nachhaltige Waldbewirtschaftung – Herausforderungen und Chancen für Mensch, Natur und Klima. 55 S
- BMEL (2024) Ergebnisse der Waldzustandserhebung 2023. ; [Online] Verfügbar unter: <https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/Broschueren/waldzustandserhebung-2023.pdf?blob=publicationFile&v=9> [Zugriff am 17. Dezember 2024]
- BMEL (2024) Der Wald in Deutschland - Ausgewählte Ergebnisse der vierten Bundeswaldinventur. [Online] Verfügbar unter: <https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/Broschueren/vierte-bundeswaldinventur.html> [Zugriff am 17. Dezember 2024]
- Bolte A, Höhl M, Hennig P, Schad T, Kroiher F, Seintsch B, Englert H, Rosenkranz L (2021) Zukunftsaufgabe Waldanpassung. *AFZ-Der Wald* 76(2): 12-16. Bolte A, Ammer C, Kleinschmit J, Kroiher F, Meyer P, Michler B, Storch F (2022) Nationales Biodiversitätsmonitoring im Wald. *Natur und Landschaft* 97(8): 398-401. DOI:10.19217/NuL2022-08-04
- Bonan GB (2008) Forests and climate change: forcings, feedbacks, and the climate benefits of forests. *Science* 320(5882): 1444-1449
- Bozzolan N, Mohren F, Grassi G, Cescatti A, Jonsson R (2024) Preliminary evidence of softwood shortage and hardwood availability in EU regions: A spatial analysis using the European Forest Industry Database. *Forest Policy and Economics* 169: 103358
- BWI (2024a) [Online] Verfügbar unter: <https://bwi.info> Tabelle: 43Z1PB_L402of_1222_bi / 2024-7-14 18:3:3.343 [Zugriff am 14. November 2024]
- BWI (2024b) [Online] Verfügbar unter: <https://bwi.info> Tabelle: 43Z2JI_FGL200of_1222_k / 2024-11-7 14:48:31.133 [Zugriff am 14. November 2024]

- BWI (2024c) [Online] Verfügbar unter:
<https://bwi.info> Tabelle:
 69Z1JI_L334+347of_2022 / 2024-7-8
 19:11:0.963 [Zugriff am 14. November 2024]
- BWI (2024d) [Online] Verfügbar unter:
<https://bwi.info> Tabelle:
 43Z1PN_L113of_1222 / 2024-1-27
 22:14:21.230 [Zugriff am 14. November
 2024]
- BWI (2024e) [Online] Verfügbar unter:
<https://bwi.info> Tabelle:
 3Z1PB_L402of_1222_bi / 2024-7-14
 18:3:3.343 [Zugriff am 14. November 2024]
- Chakraborty D, Ciceu A, Ballian D, Benito Garzón M, Bolte A, Bozic G, Buchacher R, Čepl J, Cremer E, Ducousso A, Gaviria J, George JP, Hardtke A, Ivankovic M, Klisz M, Kowalczyk J, Kremer A, Lstibůrek M, Longauer R et al. (2024). Assisted tree migration can preserve the European forest carbon sink under climate change. *Nature Climate Change*, 14(8), 845-852
- Deal RL, Stanton S, Betts M, Yang Z (2015) Early-seral stand age and forest structural changes in public and private forestlands in Western Oregon and Washington. *Forest Inventory and Analysis (FIA) Symposium 2015*
- Dieter M, Schraml U, Möhring B, Bauhus J, Endres E, Farwig N, Hafner A, Kätzel R, Kleinschmit B, Knoke T, Lang F, Lindner M, Müller J, Niekisch M, Richter K, Seeling U, Weber-Blaschke G (2023) Mehr als „Gute fachliche Praxis“ – Vorschlag für eine anpassungsfähige Governance zum Erhalt resilienter Wälder und ihrer Ökosystemleistungen in Zeiten des globalen Wandels. *Berichte über Landwirtschaft - Zeitschrift für Agrarpolitik und Landwirtschaft, Sonderheft 235*.
<https://doi.org/10.12767/buel.vi235.463>
- Ellenberg H, Leuschner C (2010) *Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen in ökologischer, dynamischer und historischer Sicht*. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, 1333 S
- Elsasser P, Englert H (2015) Economic Benefit Valuation of the Influence of a Forest Conversion Programme on Ecosystem Services in the Northeastern Lowlands of Germany. In: Grunewald K, Bastian O (eds) *Ecosystem Services - Concept, Methods and Case Studies*. Springer, Berlin, Heidelberg, 208-215
- Enderle R, Stenlid J, Vasaitis R (2019) An overview of ash (*Fraxinus* spp.) and the ash dieback disease in Europe. *CABI Reviews* 2019: 1-12
- Ermisch N, Seintsch B, Dieter M (2013) Analyse des TBN-Forst zum Erlösbeitrag der Holzartengruppen: Holzartengruppe Fichte 2003 bis 2011 konstant mit höchstem Erlösbeitrag. *AFZ Der Wald* 68(23): 6-9
- Feil P, Neitzel C, Seintsch B, Dieter M (2018) Privatwaldeigentümer in Deutschland: Ergebnisse einer bundesweiten Telefonbefragung von Personen mit und ohne Waldeigentum. *Landbauforsch Appl Agric Forestry Res* 68(3/4): 87-130. DOI:10.3220/LBF1547703799000
- Forzieri G, Girardello M, Ceccherini G, Spinoni J, Feyen L, Hartmann H, Beck PSA, Camps-Valls G, Chirici G, Mauri A, Cescatti A (2021) Emergent vulnerability to climate-driven disturbances in European forests. *Nature communications* 12(1): 1-12
- Grote R, Gessler A, Hommel R, Poschenrieder W, Priesack E (2016) Importance of tree height and social position for drought-related stress on tree growth and mortality. *Trees* 30: 1467-1482
- Grüneberg E, Ziche D, Wellbrock N. (2014). Organic carbon stocks and sequestration rates of forest soils in Germany. *Global Change Biology*, 20(8), 2644-2662
- Harthan R, Förster H, Borkowski K, Braungardt S, Bürger V, Cook V, Emele L, Görz W, Hennenberg K, Jansen L, Jörß W, Kasten P, Loreck C, Ludig S, Matthes F, Mendelevitch R, Moosmann L, Nissen C, Repenning J, Scheffler M, Wieden M, Wiegmann K, Brugger H, Fleiter T, Mandel T, Rehfeldt M, Rohde C, Fritz M, Yu S, Deurer J, Steinbach J, Osterburg B, Fuß R, Rock J, Rüter S, Adam S, Dunger K, Gensior A, Rösemann C, Stümer W, Tiemeyer B, Vos C (2024) Technischer Anhang der Treibhausgas-Projektionen 2024 für Deutschland (Projektionsbericht 2024). Umweltbundesamt, 303 S
- Hultberg T, Sandström J, Felton A, Öhman K, Rönnberg J, Witzell J, Cleary M (2020) Ash dieback risks an extinction cascade. *Biological Conservation* 244: 108516
- Klimaszyk P, Rzymiski P, Piotrowicz P, Joniak T (2015) Contribution of surface runoff from forested areas to the chemistry of a through-flow lake. *Environ Earth Sci* 73: 3963-3973. <https://doi.org/10.1007/s12665-014-3682-y>
- Kohler M, Pyttel P, Kuehne C, Modrow T, Bauhus J (2020) On the knowns and unknowns of natural regeneration of silviculturally managed sessile oak (*Quercus petraea*)

- (Matt.) Liebl.) forests – a literature review. *Annals of Forest Science* 77: 101. <https://doi.org/10.1007/s13595-020-00998-2>
- Kühl N, Geyer J, Kröschel M, Suchant R (2021) Waldumbau und Wildverbiss. *AFZ/Der Wald* 6/21: 12-15
- Larsen JB, Angelstam P, Bauhus J, Carvalho JF, Diaci J, Dobrowolska D, Gazda A, Gustafsson L, Krumm F, Knoke T, Konczal A, Kuuluvainen T et al. (2022) Closer-to-Nature Forest Management. *From Science to Policy* 12. European Forest Institute. <https://doi.org/10.36333/fs12>
- Mehring M, Bi N, Brietzke A, Götz K, Gross V, Mosbrugger V, Sprenger P, Stein M, Stieß I, Sunderer G, Taffner J (2023) Zielvorstellung Biodiversität – Biodiversitätsbewusstsein in der Land- und Forstwirtschaft. Konzeptentwicklung und Ergebnisse einer standardisierten Befragung in Deutschland. *ISOE-Materialien Soziale Ökologie* 72.
- Messier C, Potvin C, Muys B, Bauhus J, Brang P, Jactel H, Motta R, Pretzsch H, Zenner E (2022) Warning: Natural and Managed Forests are Losing their Capacity to Mitigate Climate Change. *Forest Chronicle* 98(1): 2-3. <https://pubs.cif-ifc.org/doi/pdf/10.5558/tfc2022-007>
- Meyer P, Lindner M, Bauhus J, Müller J, Farwig N, Lang F, Dieter M, Endres E, Hafner A, Kätzel R, Knoke T, Kleinschmit B, Schraml U, Seeling U, Weber-Blaschke G (2023) Zum Umgang mit alten, naturnahen Laubwäldern in Deutschland im Spannungsfeld zwischen Biodiversitätsschutz, Klimaschutz und Anpassung an den Klimawandel. *Berichte über Landwirtschaft; Zeitschrift für Agrarpolitik und Landwirtschaft, Sonderheft* 238. <https://doi.org/10.12767/buel.vi238>
- Mölder A, Tiebel M, Plieninger T (2021) On the interplay of ownership patterns, biodiversity, and conservation in past and present temperate forest landscapes of Europe and North America. *Current Forestry Reports* 7(4): 195-213
- Mordini M, Lehner J, Niedermann-Meier S, Nussbeck I, Kurschat R, Mühlethaler U (2012) Biotopbäume und Totholz: Forstbetriebliche Auswirkungen. Auslegeordnung und erste methodische Ansätze. Projektbericht im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt: 35-37. Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften HAFL, Zollikofen. 85 S. [Online] Verfügbar unter: https://www.bafu.admin.ch/dam/bafu/de/dokumente/wald-holz/externe-studien-berichte/biotopbaeume_undtotholzforstbetrieblicheauswirkungen.pdf.download.pdf/biotopbaeume_undtotholzforstbetrieblicheauswirkungen.pdf [Zugriff am 17. Dezember 2024]
- Morin P (2012) Analyse comparative des modes de tenure du territoire forestier en fonction d'indicateurs environnementaux et socio-économiques: une étude de cas à l'interface tempérée-boréale de l'Est canadien. Dissertation, Université du Québec à Rimouski
- Müller J, Bauhus J, Dieter M, Bolte A, Eichhorn J, Ellwanger G, Hafner A, Kätzel R, Kleinschmit B, Kölling C, Milad M, Profft I, Schmidt O, Spellmann H, Storch S (2020) Wege zu einem effizienten Waldnaturschutz in Deutschland. *Berichte über Landwirtschaft-Zeitschrift für Agrarpolitik und Landwirtschaft, Sonderheft* 228. [Online] Verfügbar unter: <https://buel.bmel.de/index.php/buel/issue/view/44> [Zugriff am 17. Dezember 2024]
- Nabuurs GJ et al. (2007) Forestry. In: *Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge Univ. Press, Cambridge/UK and NY/USA
- Naudts K, Chen Y, McGrath MJ, Ryder J, Valade A, Otto J, Luyssaert S (2016) Europe's forest management did not mitigate climate warming. *Science* 351(6273): 597-600
- Nöstler M (2024) Nadelrundholz-Exporte 2023 nach unten. *Holzkurier* 02 2024; [Online] Verfügbar unter: <https://www.holzkurier.com/rundholz/2024/02/deutschland-exporte-nadelrundholz-jan-dez-2023.html> [Zugriff am 17. Dezember 2024]
- Osterburg B, Tiemeyer B, Röder N (2018) Hintergrundpapier zum Moorbodenschutz und zur torfschonenden und -erhaltenden Moorbodennutzung als Beitrag zum Klimaschutz. Johann Heinrich von Thünen-Institut, 20 p. DOI:10.3220/WP1537772468000
- Regelmann C, Brinkord B, Rock J, Seintsch B, Dieter M (unpubl.) Balancing Carbon and Cost: Unveiling the Carbon Sequestration Potential and Opportunity Costs of Beech-

- dominated Forest Lands Decommissioned from Forest
- Rosenkranz L, Seintsch B, Wippel B, Dieter M (2014) Income losses due to the implementation of the habitats directive in forests - conclusions from a case study in Germany. *Forest Policy and Economics* 38: 207-218.
<https://doi.org/10.1016/j.forpol.2013.10.005>
- Schluhe M, Englert H, Würdehoff R, Schulz C, Dieter M, Möhring B (2018) Klimarechner zur Quantifizierung der Klimaschutzleistung von Forstbetrieben auf Grundlage von Forsteinrichtungsdaten. *Landbauforsch.* 68: 67-86.
<https://doi.org/10.3220/LBF1543210832000>
- Steinacker C, Engel F, Meyer P (2023) Natürliche Waldentwicklung in Deutschland: auf dem Weg zum „5%-Ziel“ der Nationalen Biodiversitätsstrategie. *Natur und Landschaft* 12: 545-552.
<https://doi.org/10.19217/NuL2023-12-01>
- Storch F, Dormann CF, Bauhus J (2018) Quantifying forest structural diversity based on large-scale inventory data: a new approach to support biodiversity monitoring. *Forest Ecosystems* 5: 34.
<https://doi.org/10.1186/s40663-018-0151-1>
- Storch F, Boch S, Gossner MM, Feldhaar H, Ammer C, Schall P, Polle A, Kroiher F, Müller J, Bauhus J (2023) Linking structure and species richness to support forest biodiversity monitoring at large scales. *Annals of Forest Science* 80: 3.
<https://doi.org/10.1186/s13595-022-01169-1>
- Thomas FM, Rzepecki A, Werner W (2022) Non-native Douglas fir (*Pseudotsuga menziesii*) in Central Europe: Ecology, performance and nature conservation. *Forest Ecology and Management* 506: 119956
- TI-WF (Thünen-Institut für Waldwirtschaft) (2024) Zahlen & Fakten – Holzeinschlag und Rohholzverwendung. [Online] Verfügbar unter:
<https://www.thuenen.de/de/fachinstitute/waldwirtschaft/zahlen-fakten/holzeinschlag-und-rohholzverwendung>
- [fakten/holzeinschlag-und-rohholzverwendung](https://www.thuenen.de/de/fachinstitute/waldwirtschaft/zahlen-fakten/holzeinschlag-und-rohholzverwendung) [Zugriff am 17. Dezember 2024]
- Wehmann, K., & Schultz, K. (2024). Treibhausgas-Projektionen 2024 - Ergebnisse kompakt. Umweltbundesamt. [Online] Verfügbar unter:
<https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/treibhausgas-projektionen-2024-ergebnisse-kompakt> [Zugriff am 17. Dezember 2024]
- Verkerk PJ, Delacote P, Hurmekoski E, Kunttu J, Matthews R, Mäkipää R, Mosley F, Perugini L, Reyer CPO, Roe S, Trømborg E (2022) Forest-based climate change mitigation and adaptation in Europe. *From Science to Policy* 14. European Forest Institute.
<https://doi.org/10.36333/fs14>
- Vor T, Spellmann H, Bolte A, Ammer C (Eds) (2015) Potenziale und Risiken eingeführter Baumarten. *Göttinger Forstwissenschaften*, Band 7. Göttingen University Press
- Weingarten P, Bauhus J, Arens-Azevedo U, Balmann A, Biesalski HK, Birner R, Bitter AW, Bokelmann W, Bolte A, Bösch M, Christen O, Dieter M, Entenmann S, Feindt M, Gauly M, Grethe H, Haller P, Hüttl RF, Knierim U, Lang F et al. (2016) Klimaschutz in der Land- und Forstwirtschaft sowie den nachgelagerten Bereichen Ernährung und Holzverwendung. *Berichte über Landwirtschaft, Sonderheft* 222
- Wirth C, Bruelheide H, Farwig N, Marx JM, Settele J (Hrsg) (2024) Faktencheck Artenvielfalt. Bestandsaufnahme und Perspektiven für den Erhalt der biologischen Vielfalt in Deutschland. *oekom*, München, 1256 S.
<https://doi.org/10.14512/9783987263361>
- Yanai RD, Currie WS, Goodale CL (2003) Soil carbon dynamics after forest harvest: an ecosystem paradigm reconsidered. *Ecosystems*, 197-212.
- Zeller L, Förster A, Keye C, Meyer P, Roschak C, Ammer C (2023) What does literature tell us about the relationship between forest structural attributes and species richness in temperate forests?—A review. *Ecological Indicators* 153: 110383