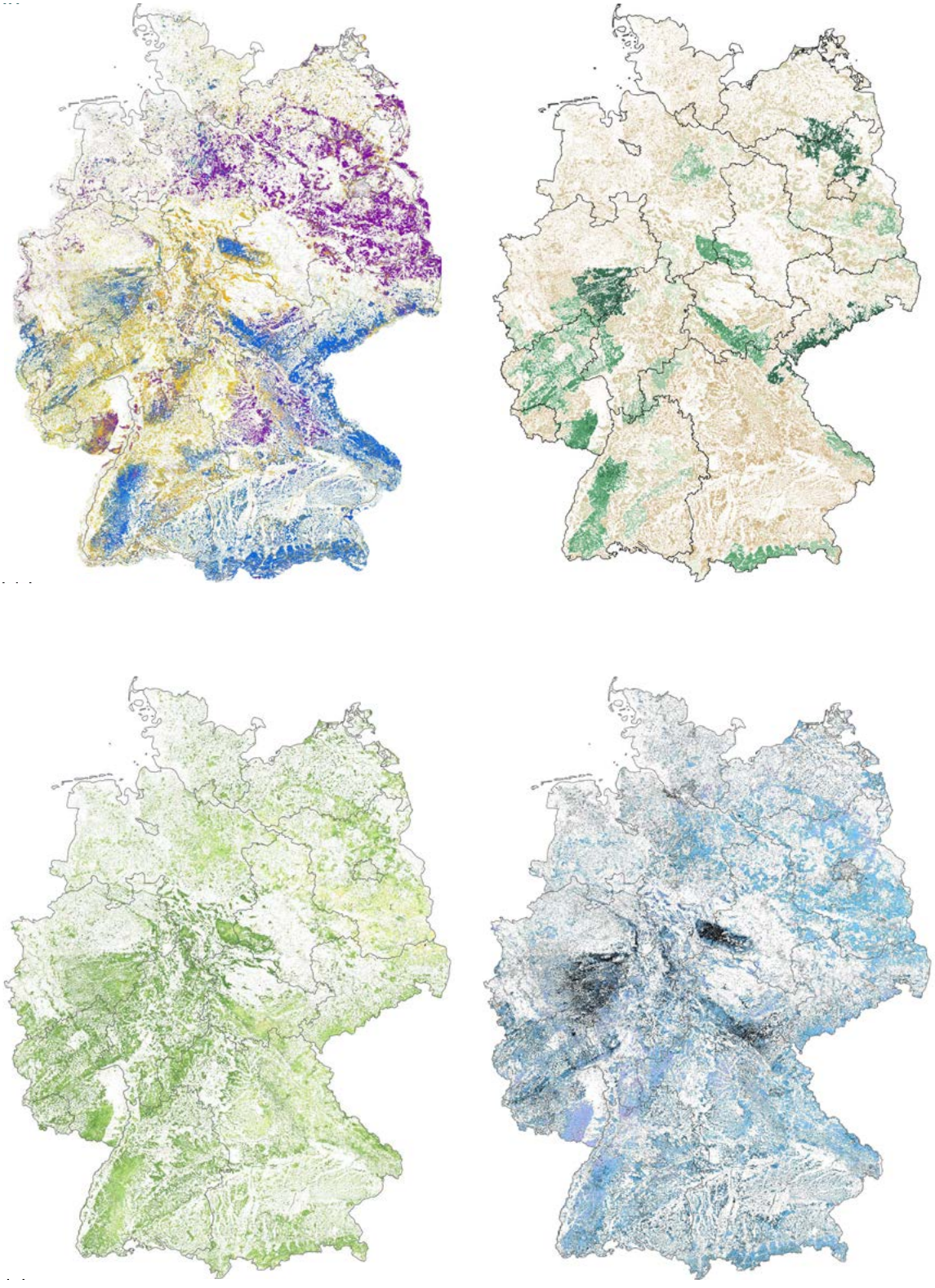
Waldökosystembericht 2026 der Wald-Allianz

Daten für eine sozialökologische Waldbewirtschaftung



WALD ALLIANZ

Autor:innen:

Ibisch, Pierre L.*&1; Welle, Torsten*&2;
Adhikari, Yojana[1]; Engelhardt, Inga M.[1];
Franke, Jonas[4]; Heider, Katharina[3]; Kuonath, Kevin[4]

* Gemeinsame wissenschaftliche Verantwortung
und Erstautorenschaft

1 ECONICS INSTITUTE e.V.
Choriner Bahnhofstraße 1, 16230 Chorin

2 Naturwald Akademie
Roeckstraße 40, 23568 Lübeck

3 Greenpeace e.V.
Hongkongstr. 10, 20457 Hamburg

4 Remote Sensing Solutions GmbH (RSS)
Landsberger Str. 314, 80687 München

Zitiervorschlag:

Ibisch, Pierre L.; Welle, Torsten; Adhikari, Yojana;
Engelhardt, Inga M.; Franke, Jonas;
Heider, Katharina & Kuonath, Kevin (2026).
Waldökosystembericht 2026 der Wald-Allianz.
Daten für eine sozialökologische Waldbewirtschaftung.
Wald-Allianz. Berlin, Chorin, Hamburg, Lübeck,
Wershofen, Würzburg.

Abbildungen auf Vorderseite:

Baumartenkarte 2017 (oben links),
Ökologischer Kernwert 2025 (oben rechts),
NDVI 2026 (unten links),
Kronenhöhen 2025 (unten rechts)

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung 3

Kernaussagen, Schlussfolgerungen und Empfehlungen 7

Die Wald-Allianz – ein Netzwerk für sozialökologische Waldbewirtschaftung 16

1. Einleitung: Mehr als Bäume – was ist ein Waldökosystembericht? 19
- **1.1** Offizielle Waldberichte auf Grundlage unzureichender Daten und Stichprobe 20
- **1.2** Gründe für eine andersartige Waldberichterstattung 21

2. Waldeigentum: Wem gehört der Wald in Deutschland? 24
- **2.1** Geodaten der Waldeigentumsarten 26

3. Wald in Deutschland: Zustand, Struktur und Entwicklung 29
- **3.1** Waldfläche und dominierende Baumarten 30
  - **3.1.1** Waldflächen
  - **3.1.2** Baumartenzusammensetzung in Deutschland und den Bundesländern
  - **3.1.3** Waldstruktur - Vielfalt der Baumartenzusammensetzung
  - **3.1.4** Waldstruktur - Vielfalt der vertikalen Kronenhöhenstruktur
- **3.2** Die Intaktheit der Waldlandschaft: Zerschneidung und Randeffekte 55
- **3.3** Ökologischer Kernwert als Maß für die flächige Integrität des Waldes 56
  - **3.3.1** Waldtypen gemäß der dominanten Baumarten und ihre Ökologischen Kernwerte
  - **3.3.2** Die landschaftliche Einbettung der Waldfragmente, Waldränder und Randeffekte
  - **3.3.3** Die besondere Rolle von Straßen bei der Zerschneidung von Wald
- **3.4** Veränderungen von Vitalität und Funktionstüchtigkeit der Wälder 76
  - **3.4.1** Waldvitalität - Waldentwicklung seit 2017
  - **3.4.2** Schadflächenentwicklung seit 2017
  - **3.4.3** Verteilung der Schadflächen seit 2017 auf die Bundesländer
- **3.5** Der Waldstabilitätsindex 102
  - **3.5.1** Eigentum und Waldstabilität
  - **3.5.2** Stabilität nach Bundesland, Eigentumsart, Schutzstatus und Baumart
  - **3.5.3** Die Stabilität der Buchenwälder
  - **3.5.4** Die Stabilität der Wälder und Forsten nach Wuchsgebieten

4. Wälder und Menschen: sozialökologische Systeme 120
- **4.1** Ökosystemleistungen und die Nähe der Menschen zum Wald 121
- **4.2** Komplexe Zusammenhänge: der Wärmehaushalt der Wälder, ihre Nutzung und Kühlung als regulierende Ökosystemleistung 125
- **4.3** Gefährdung des menschlichen Wohlergehens durch Waldbewirtschaftung 130

5. Strukturelle und landschaftsökologische Bewertung des Waldes 134
- **5.1** Strukturell-landschaftsökologischer Wert nach Waldeigentum und Schutzstatus 140
- **5.2** Strukturell-landschaftsökologischer Wert in den Nationalparks 141

6. Schlussbemerkung und Ausblick 146

7. Anhang: Methodik 148
- **7.1** Waldfläche und dominierende Baumarten 149
  - **7.1.1** Waldflächen und Baumartenzusammensetzung
  - **7.1.2** Waldstruktur – Vielfalt der Baumartenzusammensetzung
  - **7.1.3** Waldstruktur – Vielfalt der vertikalen Kronenhöhenstruktur
- **7.2** Datensatz zum Waldeigentum 150
  - **7.2.1** Nicht-amtliche Datensätze für Schleswig-Holstein
  - **7.2.2** Vergleich mit Daten der Bundeswaldinventur
- **7.3** Berechnungsgrundlage für den Ökologischer Kernwert 156
- **7.4** Waldvitalität und Schadflächenentwicklung 157
- **7.5** Waldstabilitätsindex 158
- **7.6** Wald und Bevölkerungszahlen 159
- **7.7** Wälder und Ökosystemleistungen (Kühlung) 159
- **7.8** Wald- und Forstbrandrisiko 159
- **7.9** Strukturelle und landschaftsökologische Bewertung des Waldes 159
- **7.10** Statistische Analysen 161



© Pierre L. Ibisch

Zusammenfassung

Der Waldökosystembericht ist der erste flächendeckende Bericht zum aktuellen Zustand und zur Entwicklung der Wälder in Deutschland, der auf hochauflösenden Satellitendaten (10 × 10 Meter) basiert. Die Wälder Deutschlands werden als komplexe Ökosysteme im landschaftlichen Zusammenhang verstanden, nicht nur als Bestände verschiedener Baumarten. Diese bislang einzigartige Datengrundlage ermöglicht es, mithilfe statistischer Verfahren Trends und komplexe Zusammenhänge in den Wäldern zu beschreiben. Im Unterschied zu den öffentlichen Waldzustandsberichten analysiert der Waldökosystembericht nicht die Baumkronen bestimmter Baumarten per Stichprobenverfahren, sondern analysiert bundesweit flächendeckend die Fragmentierung der Wälder, Vitalität, Waldstabilität, Kühlungseffekte und andere, wichtige Indikatoren für den Zustand der Waldökosysteme in Deutschland.

Die ausgewerteten Daten reichen von 2017 bis in die aktuelle Vegetationsperiode 2026 hinein. Darüber hinaus wird in diesem Bericht erstmals ein bundesweiter Geodatensatz zum Waldeigentum genutzt. Auf Grundlage des Umweltinformationsgesetzes fragten Greenpeace Investigativ und FragDenStaat die Daten bei allen Bundesländern und dem Bund an. Dieser Datensatz ermöglicht es, in bundesweiten räumlichen Analysen die Eigentumsverhältnisse von Waldflächen zu berücksichtigen. Es liegen jedoch nicht für alle Bundesländer flächendeckende Daten zum Waldeigentum vor.

Eine Besonderheit des Berichts ist seine sozialökologische Perspektive. Diese erkennt an, dass Gesellschaft und Menschen nicht nur Einfluss auf den Wald nehmen, sondern auch von seinen Ökosystemleistungen abhängen. Betroffen sind alle Menschen in Deutschland. 3,4 Millionen Menschen in Deutschland leben unmittelbar an Waldrändern bzw. im Wald. In mehreren Bundesländern lebt mehr als die Hälfte der Bevölkerung in einem Umkreis von weniger als einem Kilometer entfernt von Waldflächen.

Verlust von geschlossenem Hochwald, Zerschneidung und negative Randeffekte

Die gesamte kartierte Waldfläche, die 2017 mit Bäumen bewachsen war, reduzierte sich bis 2025 um 13,32 Prozent auf 10,8 Millionen Hektar. Vor allem geschlossene Hochwälder sind betroffen.

Ein zentrales und immer noch unterschätztes Problem der Wälder in Deutschland ist ihr außergewöhnlich hoher und zunehmender Fragmentierungsgrad. Der Wald in Deutschland besteht aus 4,3 Millionen überwiegend kleinen „Inseln“. Diese sind jeweils von einem mindestens 10 Meter breiten Streifen Nichtwald umgeben und durchschnittlich nur 2,71 Hektar groß. Die fortschreitende Fragmentierung der Wälder seit 2017 führt zu einem Rückgang der durchschnittlichen Größe um 23,61 Prozent und einer stärkeren Vereinzelung von Hochwaldrelikten. Die Anzahl der Fragmente stieg hingegen seit 2017 um 11,61 Prozent. Die Situation der Laubwälder ist besonders kritisch. Durchschnittlich sind die unzerschnittenen Laubwaldfragmente sogar nur 0,6 Hektar groß. Auch die größten zusammenhängenden Laubwaldgebiete sind viel kleiner als viele Nadelbaumforste. Die größte zusammenhängende Waldfläche Deutschlands, die sich sowohl aus Nadelbaumforsten sowie Laubwaldfragmenten zusammensetzt, umfasste 2025 fast 200.000 Hektar (Erzgebirge, Sachsen). Die größte zusammenhängende reine Laubwaldfläche war dagegen nur rund 17.800 Hektar groß (Hainich, Thüringen).

Mehr als zwei Drittel der Waldränder in Deutschland grenzen an landwirtschaftliche Flächen, also Äcker oder Weideland. Über 10 Prozent befinden sich in Nachbarschaft zu Siedlungs-, Industrie- und Verkehrsflächen. Von diesen angrenzenden Flächen gehen diverse Randeffekte aus, die sich ungünstig auf das Ökosystem auswirken (z. B. Erwärmung, Stoffeinträge).

Der Ökologische Kernwert veranschaulicht die räumliche Integrität der Wälder. Als Indikator für die Verbundsituation zeigt er an, wie gut einzelne Waldflächen in die Waldlandschaft eingebettet sind. Er ist in den vergangenen Jahren stark abgesunken.

Sinkende Vitalität und wachsende Schadflächen in Forsten

Die Vitalität der Wälder in Deutschland nahm zwischen 2017 und 2024 überwiegend ab. Seit 2025 zeigt sich ein Anstieg, der auch im Jahr 2026 anhält. Ein Grund dafür dürfte sein, dass die von den extremen Witterungen der letzten Jahre am stärksten betroffenen Fichtenforsten zu großen Teilen bereits ausgefallen sind und daher in der aktuellen Vitalitätsentwicklung nicht mehr berücksichtigt werden. Das Wachstum von Sträuchern und kleinen Bäumen auf Schadflächen wiederum kann zu einem positiven Signal beitragen.

Es wird erwartet, dass die zum Teil sehr starken Auswirkungen von Hitze und Dürre im Süden und Westen des

Landes im Jahr 2026 erst in den Daten des kommenden Jahres ersichtlich sein werden. Hinsichtlich der Entwicklung ihrer Vitalität zeigen sich in den bisherigen Daten bereits deutliche Unterschiede zwischen den dominanten Baumarten.

In den letzten zehn Jahren sind mindestens 600.000 Hektar Schadflächen entstanden; das entspricht rund 5 Prozent der deutschen Waldfläche. Dabei entfallen 80 Prozent auf Nadelforste und 20 Prozent auf Laubwälder. Die jährlich neu erfassten Schadflächen wuchsen seit 2018 bis 2022 auf einen Höchstwert von rund 107.000 Hektar jährlich an. Danach sanken die Schäden ab und waren bis 2024 rückläufig. Zwischen 2025 und 2026 wuchs die Fläche der Schadflächen wieder an. In Baden-Württemberg war die Schadfläche 2025/26 4,5-mal so groß wie im Vorjahr (in Rheinland-Pfalz 3,1-fach, in Sachsen 2,7-fach und im Saarland 2,5-fach erhöht). In Baden-Württemberg entfällt mit 11,5 Prozent der höchste Anteil der Schadfläche auf die Buchenwälder unter allen Bundesländern. Das ist rund dreimal so viel wie im Bundesdurchschnitt (3,8 Prozent). Bezogen auf ihre Fläche sind Buchenwälder dort stärker geschädigt als im Bundesdurchschnitt (1,3 Prozent zu 1,0 Prozent). Die Douglasie ist im Saarland (6,9 Prozent) und in Rheinland-Pfalz (5,5 Prozent) vergleichsweise stark betroffen.

Laubwälder vergleichsweise stabil, Fichten- und auch Kiefernforste zusehends instabil

Ein neuer Waldstabilitätsindex zeigt für jede Waldfläche, wie stark die Waldvitalität (die Grünheit der Vegetation; NDVI) zwischen 2017 und 2026 von Jahr zu Jahr schwankte.

Der Waldstabilitätsindex unterscheidet 5 Klassen. Bundesweit entfallen 66,4 Prozent auf die zwei stabilen Klassen, 12,6 Prozent auf die zwei instabilen Klassen. Weitere 21 Prozent liegen in der mittleren Klasse. Bei den Buchenwäldern werden 85,5 Prozent als stabil eingestuft (Klasse stabil und sehr stabil), bei den Eichenwäldern sind es 80,4 Prozent und bei den Erlenwäldern sogar 90,3 Prozent. Der Anteil instabiler Buchenwaldflächen beträgt lediglich 3 Prozent. Derzeit gibt es wenig Hinweise darauf, dass Buchen künftig in Deutschland großflächig an ihre ökologischen Grenzen stoßen, allerdings kann regional und standortabhängig mit zunehmenden Anfälligkeiten gegenüber Trockenstress gerechnet werden.

Die bestehenden Fichten- und Kiefernforste weisen den höchsten Anteil an instabilen Flächen auf. Da sie immer noch einen großen Anteil der deutschen Waldfläche ausmachen, stellen sie auch künftig ein erhebliches ökologisches und ökonomisches Risiko dar. Ihre schrittweise Entwicklung hin zu Wäldern mit ökosystemtypischen Baumarten sollte daher zügig und konsequent auf großer Fläche vorangetrieben werden. Die gezielte Einbringung von Baumarten, die wegen ihrer angenommenen „Klimaresilienz“ aus anderen Kontinenten importiert werden, wird dagegen nicht als zielführende Strategie eingestuft. Insbesondere die Einbringung weiterer Nadelbaumarten wird kritisch bewertet.

Waldstruktur im Vergleich: Hohe Kronendächer in Schutzgebieten, niedrige im Privatwald

Auf Grundlage eines neu entwickelten Kronenhöhenmodells für Deutschland konnten erstmals flächendeckend die Flächenanteile unterschiedlicher Kronenhöhenklassen bestimmt werden. Mehr als 50 Prozent der Waldfläche in Deutschland weisen dabei mittlere Kronenhöhen zwischen 15 und 25 Metern auf. Die Kronenhöhe des Waldes dient als Näherungswert für das Bestandsalter sowie die Bestandsreife und damit auch ihre Biomasse und den Beitrag zum Natürlichen Klimaschutz. Die Kronenhöhe bildet jedoch nicht das tatsächliche Alter ab, da das Höhenwachstum von Baumart und Standort abhängt. Nur 4 Prozent der Waldflächen weisen Kronenhöhen von mehr als 25 Metern auf. Innerhalb aller Schutzgebietskategorien außer Naturparks sind 33 Prozent der Kronendächer höher als 20 Meter, außerhalb nur 22 Prozent. Im Privatwald liegt der Anteil an Waldflächen mit einer Kronenhöhe ab 20 Meter bei 28 Prozent. Dieser Wert liegt weit unter dem im Landeswald mit 43 Prozent und dem Körperschaftswald mit 37 Prozent. Auch bei Kronendachhöhen ab 25 Meter zeigt sich dieser Unterschied: Im Privatwald beträgt der Anteil ungefähr 2 Prozent, in Landes- und Körperschaftswäldern 7 Prozent. Dies könnte auf eine höhere Nutzungsintensität in den Privatwäldern hindeuten.

Hohe, laubbaumdominierte Wälder kühlen die Landschaft besonders wirksam

An warmen und vor allem heißen Tagen kühlen Wälder die Landschaft. Je höher die Temperaturen, desto stärker ist sogar ihre Kühlungswirkung im Vergleich zur Umgebung. Die Wälder waren an heißen Tagen durchschnittlich 29,1 °C warm. Damit waren sie 3,7 °C kühler als die angrenzenden Nichtwaldflächen (ohne Gewässer) im Umkreis von einem Kilometer. Buchenwälder zeigen im Vergleich zur umgebenden Nichtwaldlandschaft eine um 4,7 °C niedrigere Temperatur. Bei Eichenwäldern sind es 4,68 °C, bei Fichtenforsten 4,03 °C und bei



Kiefernforsten nur 3,55 °C. Auch die Struktur ist relevant. Eine Zunahme der Kronendachhöhe um 10 Meter geht mit einer um etwa 0,65 °C niedrigeren Waldoberflächentemperatur einher.

Die regulierenden Ökosystemleistungen der Wälder, wie die Kühlung der Umgebung oder die Regulierung des Wasserhaushalts, verdienen eine größere gesellschaftliche Wertschätzung und entsprechende Förderprogramme. Die mit regulierenden Ökosystemleistungen einhergehenden „Gesundheitsökosystemleistungen“ müssen in Deutschland besser bekannt gemacht und quantifiziert werden.

Mehrere Bundesländer mit hohem Brandrisiko

Ein neuer Wald- und Forstbrandindex erlaubt unter anderem unter Berücksichtigung der dominierenden Baumarten, der Vitalität und vorangegangener Witterungsverhältnisse eine Einschätzung des aktuellen Brandrisikos. Vor allem Brandenburg ist Hochrisikoland (75 Prozent des Waldgebiets mit hohem oder sehr hohem Risiko). Sachsen-Anhalt und Berlin weisen ebenfalls hohe Flächenanteile mit sehr hohem Risiko auf (>50 Prozent). In Hamburg, Schleswig-Holstein, Nordrhein-Westfalen, Hessen, Bremen und Saarland überwiegen Flächen mit geringem und sehr geringem Risiko.

Strukturell-landschaftsökologischer Wert von Privatwäldern unterdurchschnittlich

Um die ökologische Wertigkeit von Waldflächen zu beschreiben, wurde der strukturell-landschaftsökologische Wert aus den Indikatoren Waldstabilität, Ökologischem Kernwert, Kronenhöhen, vertikale Strukturvielfalt und ökosystemtypische Baumarten abgeleitet. Je nach Berechnungsart (einmal mit ökosystemtypischen Baumarten und einmal ohne) erreichen bundesweit 13 bzw. 18 Prozent der Waldflächen hohe oder sehr hohe Werte. Dabei sind die höchsten Werte im Landeswald mit 17 bzw. 25 Prozent zu verzeichnen. Die Privatwälder weisen deutlich niedrigere Anteile auf. Nur acht bzw. elf Prozent der Waldflächen haben hier hohe strukturell-landschaftsökologische Werte. Für ganz Deutschland liegen die Flächenanteile mit „sehr geringen“ und „geringen“ strukturell-landschaftsökologischen Werten bei etwas weniger als einem Drittel. Der Privatwald (40 Prozent bzw. 38 Prozent) und der Bundeswald (39 Prozent bzw. 37 Prozent) schneiden deutlich schlechter ab als der Landeswald (24 Prozent bzw. 22 Prozent). Der Schutzstatus eines Waldes beeinflusst auch die Wertigkeit. Generell zeichnen sich Wälder innerhalb von Schutzgebieten außer Naturparks durch höhere Werte aus als außerhalb. Dies unterstreicht die Wirksamkeit von Schutzgebieten.

Empfehlungen

Die Befunde des Waldökosystemberichts 2026 zeigen, dass die Situation der Wälder kritischer ist, als die stichprobenbasierten Waldzustandsgutachten von Bund und Ländern vermitteln. **Die Ergebnisse** zeigen Zusammenhänge zwischen Waldstruktur, Baumartenzusammensetzung und ausgewählten Stabilitätsindikatoren und liefern damit wichtige Anhaltspunkte für die Weiterentwicklung ökosystembasierter Waldbewirtschaftung. **Die Ergebnisse** stützen auf Grundlage einer breiten und gut gesicherten Datenbasis die Ansätze der ökosystembasierten und sozialökologischen Waldbewirtschaftung. Angesichts der Klimakrise muss das oberste Ziel der Waldbewirtschaftung vor allem darauf ausgerichtet sein, die Funktionsfähigkeit von Waldökosystemen zu erhalten und zu fördern. Als Leitbild dient dabei die Natur selbst: Ihre Prozesse, Strukturen und Dynamiken geben Orientierung für die Waldbewirtschaftung.

1. Ökosystembasierte und sozialökologische Waldbewirtschaftung stärken.
Die Waldbewirtschaftung muss sich vorrangig an der ökologischen Funktionsfähigkeit der Wälder und ihren vielfältigen gesellschaftlichen Leistungen orientieren. Landeswälder sollten dabei eine Vorbildfunktion übernehmen. Auch die Beratung privater Waldbesitzender muss entsprechend ausgerichtet werden.

2. Verschärfung des Klimawandels stärker berücksichtigen und Waldbewirtschaftung auf Risikominimierung fokussieren.
Klimawandelbedingte Veränderungen der Standortbedingungen sind für die künftige Waldentwicklung maßgeblich. Es besteht das realistische Risiko, dass sich das Absterben von Bäumen in Nadelbaumkulturen in näherer Zukunft fortsetzt und räumlich ausweitet. Die Einführung neuer Baumarten wird kritisch gesehen und sollte im Kontext ihrer ökologischen Auswirkungen und Risiken bewertet werden. Vorrang sollte die Förderung natürlicher Anpassungsprozesse und möglichst günstiger ökosystemarer Rahmenbedingungen haben. Dazu gehört, den Einsatz von Nadelbäumen entsprechend sorgfältig abzuwägen.

Der Schutz des von Wäldern regulierten Mikro- und Mesoklimas (im Wald und auf Landschaftsebene) verdient höchste Priorität. In heißen und trockenen Perioden sollten Entscheidungen über die Holzernte besonders sorgfältig und unter Berücksichtigung der örtlichen Bedingungen getroffen werden. Je nach Zustand und Gefährdung der Bestände können dabei auch vorübergehende Einschlagspausen sinnvoll sein.

3. Ökosystemleistungen der Wälder in Wert setzen.
Die vielfältigen Ökosystemleistungen der Wälder müssen gesellschaftlich stärker anerkannt werden. Vor allem regulierende Ökosystemleistungen wie die Kühlung der Landschaft sowie die „Gesundheitsökosystemleistungen“, also die positiven Wirkungen auf die menschliche Gesundheit, müssen konsequenter bilanziert und finanziell gefördert werden.

4. Den Schutz besonders wertvoller Wälder ausweiten und verbessern.
Das Weltnaturabkommen, die europäische Biodiversitätsstrategie sowie die europäische Wiederherstellungsverordnung sind konsequent umzusetzen. Wälder mit hohem strukturell-landschaftsökologischen Wert müssen effektiv geschützt werden. Dazu gehört, mehr Waldflächen unter strengen Schutz zu stellen, Waldwildnisgebiete zu fördern sowie Waldschutzgebiete besser miteinander zu vernetzen. Um den strukturell-landschaftsökologischen Wert von Wäldern angesichts unsicherer Entwicklung von extremen Witterungsereignissen zu sichern, sollten gegebenenfalls Einschlagsmoratorien verhängt werden.

5. Die Gesellschaft aktiv und transparent über den Waldzustand informieren und den Zugang zu Walddaten vereinfachen.
Die Berichterstattung und das Verständnis über den Waldzustand sollte durch die regelmäßige Nutzung von Fernerkundungsdaten verbessert werden. Nationale Waldreferenzdaten, Luftbilddaten und Laserscannerbefliegungen der Landesvermessungsämter sollten leichter zugänglich sein. Waldeigentumsdaten müssen in allen Bundesländern gebührenfrei über die offiziellen Geoportale bereitgestellt werden.

6. Die Zeit drängt: Schnell und konsequent handeln.
Es braucht schnelles und konsequentes Handeln nach sozialökologischen Prinzipien. Die Ergebnisse zeigen, dass vor allem Fichten- und Kiefernforste instabil sind. Angesichts der aktuellen Klimawandeltrends mit höheren Temperaturen und intensiveren sowie häufigeren Extremereignissen ist mit weiteren Ausfällen dieser Bestände zu rechnen. Ziel sollte eine Entwicklung hin zu strukturreichen Wäldern aus ökosystemtypischen Baumarten sein. Zugleich gilt es, den räumlichen Verbund von Waldflächen auszubauen, insbesondere von Laubwäldern.

Kernaussagen, Schlussfolgerungen und Empfehlungen

Sozialökologischer und ökosystemarer Ansatz

Befunde: Waldökosysteme sind weit mehr als verschiedene Baumarten, die von forstlichen Akteuer:innen gepflanzt und angebaut werden. Wälder sind mit Energie, Wasser und Nährstoffen haushaltende sowie sich selbst regulierende Systeme. Ihre Vitalität und ihr Entwicklungspotenzial werden von der Nutzung, der umgebenden Landschaft und vom Klimawandel stark beeinflusst. Der diesem Bericht zugrunde liegende sozialökologische Ansatz ermöglicht eine umfassende Betrachtung der Waldentwicklung und verbessert die Transparenz für alle Bürger:innen, deren Wohlergehen von den Wäldern abhängt. Alle Menschen sind vom Zustand des Waldes betroffen. 3,4 Millionen Menschen leben in unmittelbarer Nähe zu Wäldern (in einem Umkreis von 100 Metern) und sind damit deutlich zahlreicher als Waldeigentümer:innen. In mehreren Bundesländern lebt mehr als die Hälfte der Bevölkerung in großer Waldnähe (in einem Umkreis von einem Kilometer).

Interpretation: Der sozialökologische Ansatz betrachtet Menschen als Teile der Waldökosysteme. Das menschliche Wohlergehen wird vom Zustand der Wälder stark beeinflusst. Deren Bedeutung geht damit weit über die Holzversorgung oder die wirtschaftliche Rolle des Clusters Forst und Holz hinaus.

Schlussfolgerungen und Empfehlungen: Zu einer zeitgemäßen Waldgerechtigkeit gehört, dass Bürger:innen umfassend und regelmäßig über den Zustand des Waldes, die Ziele und Folgen der Bewirtschaftung sowie die wichtigen Waldökosystemleistungen informiert werden. Zudem muss ein angemessener Zugang zu den Waldökosystemleistungen gewährleistet sein.

Methodik, Datenquellen und Waldberichterstattung

Befunde: Die Methodik des Berichts basiert überwiegend auf Fernerkundungs- und weiteren Geodaten aus dem Jahr 2026 und früheren Jahren. Sie ermöglichen eine fundierte und aktuelle Analyse des Waldzustands. Diese Datengrundlage bietet flächendeckende und kontinuierlich aktualisierte Informationen. Damit lassen sich terrestrische Daten ergänzen und Waldzustandsinformationen in kürzeren Zeitabständen bereitstellen.

Interpretation: Die Fernerkundung erlaubt eine zeitnahe und vergleichsweise kostengünstige Analyse der Waldentwicklung noch im laufenden Jahr mit hoher zeitlicher und räumlicher Auflösung. Die Daten ermöglichen eine Beurteilung von Trends und Veränderungen, die anders nicht erkennbar sind. Die flächendeckende Bereitstellung von Geodaten zur Beschaffenheit, zum Zustand und zur Veränderung der Waldökosysteme ermöglicht Analysen komplexer Zusammenhänge. Die Daten können auch zur Beobachtung der Waldentwicklung auf Ebene einzelner Forstbetriebe, Bestände, Schutzgebiete oder Verwaltungseinheiten genutzt werden. Die Fernerkundungsdaten vergrößern die Transparenz bezüglich der Beeinflussung der Wälder durch Eigentümer:innen und andere Akteur:innen und sind deshalb auch aus sozialökologischer Sicht unerlässlich. Die Fernerkundungsdaten verbessern sich fortlaufend, und zwar sowohl bezüglich der darstellbaren Parameter als auch der Verfügbarkeit und der räumlichen sowie zeitlichen Auflösung.

Schlussfolgerungen und Empfehlungen:
Die staatliche Waldberichterstattung sollte sich auf Länder- und Bundesebene vorrangig auf Fernerkundungsdaten stützen. Die Erkenntnisse sollten stärker genutzt werden, um aus Fehlern und Erfolgen der Waldbewirtschaftung zu lernen. Die herkömmlichen Methoden der Kronenzustandserfassung sollten dringend auf ihre Effizienz und Effektivität überprüft werden.

Datenbeschaffung und Transparenz

Befunde: Der Geodatensatz zum Waldeigentum ermöglicht erstmals, bei bundesweiten räumlichen Analysen zum Waldzustand die Eigentumsverhältnisse zu berücksichtigen. Der bundesweit aggregierte und harmonisierte Datensatz wurde durch eine investigative Recherche öffentlich zugänglich gemacht. Auf Grundlage des Umweltinformationsgesetzes (UIG) wurden Geodaten zum Waldeigentum in den Kategorien Bundeswald, Landeswald, Körperschaftswald und Privatwald bei den Behörden angefragt. Die Datenverfügbarkeit und ihre Qualität variieren zwischen den Bundesländern: Während drei Länder die Daten im Geoportal führen und vier sie nach interner Prüfung bereitstellten, gaben zwei Länder die Daten erst nach formellem Widerspruch bzw. anwaltlicher Intervention frei. Zwei Bundesländer stellten nicht vollständige Daten bereit. Zwei weitere Länder erstellten Geodaten gegen Gebühren. Nordrhein-Westfalen, Schleswig-Holstein und Berlin lehnten eine

Bereitstellung oder Erstellung von Geodaten ab. Begründung: fehlende Daten jenseits der Kategorie Landeswald, wobei der Berliner Landeswald fast die gesamte Waldfläche des Bundeslandes abdeckt.

Interpretation: Während der Recherche zeigten sich große Unterschiede zwischen den Bundesländern bezüglich der Bereitstellung der Waldeigentumsdaten, der Datenqualität und der behördlichen Bereitschaft zur Transparenz. Trotz gesetzlicher Ansprüche auf Umweltinformationen erschwerten unterschiedliche Rechtsauslegungen und unvollständige Digitalisierungsstände den Zugang zu den amtlichen Daten. Dass der Zugang erst juristisch durchgesetzt und Geodaten teilweise aus nichtamtlichen Quellen selbst erstellt werden mussten, unterstreicht die bestehenden Defizite bei der behördlichen Umsetzung von Open-Data-Kriterien.

Schlussfolgerungen und Empfehlungen:
Fehlende Geodaten zum Waldeigentum, insbesondere in Nordrhein-Westfalen und Schleswig-Holstein, verhindern eine flächendeckende bundesweite Auswertung des Waldzustands nach Eigentumsarten. Um den Stand der Daten anzugleichen, sollten insbesondere diese beiden Bundesländer ihre Digitalisierungsarbeiten beschleunigen. Der Datenzugang sollte zukünftig in allen Bundesländern gebührenfrei über die offiziellen Geoportale möglich sein, so wie es in Baden-Württemberg, Brandenburg und dem Saarland bereits vor der Recherche der Fall war. Die Geodaten zum bundesweiten Waldeigentum sind im Greenpeace-Datenportal zugänglich.

Waldflächen und Fragmentierung

Befunde: Im Jahr 2017 waren in Deutschland 12,4 Millionen Hektar mit Bäumen bewachsen. Dies entspricht 34,8 Prozent der Landesfläche. Von dieser bestockten Fläche entfielen 52,1 Prozent auf Nadelforste und 47,9 Prozent auf Laubwälder. Kiefernforste nahmen 23 Prozent und Fichtenforste 22,9 Prozent der gesamten bewaldeten Fläche ein. Buchenwälder erreichten einen Anteil von 18,1 Prozent, Eichenwälder 10,7 Prozent.

Der Wald in Deutschland ist ein Flickenteppich und die Fragmentierung nimmt weiterhin zu: Die Anzahl der Fragmente stieg seit 2017 um 11,61 Prozent. Der Wald in Deutschland besteht aus 4,3 Millionen meist kleinen „Inseln“, die von einem mindestens 10 Meter breiten Streifen Nichtwald umgeben sind und durchschnittlich nur 2,71 Hektar groß sind. Seit 2017 bedeutet dies einen Rückgang der durchschnittlichen Größe um 23,61 Prozent. Die Anzahl der Fragmente stieg hingegen im selben Zeitraum um 11,61 Prozent. Die Situation der Laubwälder ist besonders kritisch. Durchschnittlich sind die unzerschnittenen Laubwaldfragmente lediglich 0,6 Hektar groß. Auch die größten zusammenhängenden Laubwaldgebiete sind kleiner als viele Nadelbaumforste. Die größte zusammenhängende Waldfläche Deutschlands umfasste im Jahr 2025 fast 200.000 Hektar (Erzgebirge, Sachsen). Die größte zusammenhängende reine Laubwaldfläche war dagegen nur rund 17.800 Hektar groß (Hainich, Thüringen).

Mehr als zwei Drittel der Waldränder in Deutschland grenzen an landwirtschaftliche Flächen, also Äcker oder Weideland. Über 10 Prozent befinden sich in Nachbarschaft zu Siedlungs-, Industrie- und Verkehrsflächen.

Kleine, fragmentierte Wälder erwärmen sich an heißen Tagen deutlich stärker. Dieser Zusammenhang lässt sich mithilfe des Ökologischen Kernwerts darstellen. Der „Ökologische Kernwert“ ist ein Indikator für die Verbundsituation und räumliche Integrität von Waldflächen, d. h. (Waldpixel im direkten Kontakt mit anderen Waldpixeln und Größe der verbundenen Waldfläche ohne Zerschneidung). Waldflächen mit einem Ökologischen Kernwert von 0,05 im Jahr hatten 2026 eine ca. 0,6 bis 0,63 °C kühlere Oberflächentemperatur als solche mit einem Wert von 0,02.

Die gesamte kartierte und 2017 mit Bäumen bewachsene Waldfläche reduzierte sich bis 2025 um 13,32 Prozent von 12,46 Millionen Hektar im Jahr 2017 auf 10,8 Millionen Hektar. In den meisten Bundesländern ist die Fragmentierung sehr stark ausgeprägt. Nur Sachsen, Mecklenburg-Vorpommern, Rheinland-Pfalz und Baden-Württemberg haben noch Wälder mit mindestens hohen oder mittleren Ökologischen Kernwerten. Insgesamt ist bemerkenswert, dass selbst im Landeswald der meisten Flächenländer kaum größere Flächen mit höheren Ökologischen Kernwerten erhalten geblieben sind. Die ökologisch wertvolleren Waldgebiete entfallen fast ausschließlich auf Großschutzgebiete. Der aktuelle Fragmentierungstrend ist deutlich negativ. Wälder mit hohen und sehr hohen Ökologischen Kernwerten verzeichneten die größten Verluste. Ihre Fläche ging um etwa 1,17 Millionen Hektar zurück.

Deutschland gehört zu den Ländern mit der höchsten Dichte von Transportinfrastruktur. Der negative Einfluss von Straßen, die Wälder zerschneiden, ist besonders hervorzuheben. Von den Waldgebieten mit einer Größe von größer als 1 km² befinden sich mindestens 73 Prozent (in Mecklenburg-Vorpommern) bis 100 Prozent (in den Stadtstaaten) in einem Abstand von weniger als 100 Meter zur nächsten Hauptstraße. Auch in vergleichsweisen waldreichen Ländern wie Bayern und Baden-Württemberg befinden sich die meisten Waldflächen in unmittelbarer Nähe zu Hauptstraßen (85 Prozent bzw. 82 Prozent der Wälder >1 km²). Waldflächen in etwas größerem Abstand von Hauptstraßen (500–1000 Meter von der nächsten Hauptstraße) befinden sich vor allem in Baden-Württemberg (Anteil von 9 Prozent der Wälder), Mecklenburg-Vorpommern (9 Prozent) und Niedersachsen (6 Prozent).

Interpretation: Die Zerschneidung der Wälder in Deutschland stellt neben der Bewirtschaftung ein zentrales Problem dar. Die zahlreichen kleinen Fragmente zerschneiden die Lebensräume für viele Waldarten. Dies dürfte erheblich zur genetischen Verarmung beitragen. Ökologisch bedeuten die schädlichen Randeffekte aus der Umgebungslandschaft eine erhebliche Schwächung der Wälder. Zu nennen sind vor allem belastende Stoffeinträge (Pestizide, Kunstdünger), aber auch thermische Belastungen. Urbane Flächen und große Ackerschläge sind vor allem bei Hitze und Trockenheit besonders ungünstig. Die Art der Landwirtschaft und die Landbedeckung des Offenlandes haben also eine große Bedeutung für die Integrität der Wälder. Ausgedehnte Agrarlandschaften können sich an heißen Tagen sehr stark aufheizen und befördern die Austrocknung der gesamten Landschaft. Im Falle stark bebauter und versiegelter Flächen sind die Hitzewirkungen am bedeutendsten. Kleinere und isoliertere Waldflächen sind in der Klimakrise größeren Risiken ausgesetzt. Sterben dort vermehrt Bäume ab, kann dies die Vitalität der verbleibenden Bestände zusätzlich beeinträchtigen. Durch entsprechende Rückkopplungen verstärkt sich das Problem.

Schlussfolgerungen und Empfehlungen:
Die Vermeidung einer weiteren Zerschneidung von Hochwäldern verdient die höchste planerische und umweltpolitische Priorität. Die Zerschneidung von Wäldern durch den Bau von Infrastruktur (z. B. Straßen, Schwerlasttrassen für Windräder, Trassen für Hochspannungsleitungen) ist unverzüglich zu stoppen. Stattdessen sind Alternativrouten im Offenland zu bevorzugen, auch wenn sie länger sind. Die bewirtschaftungsbedingte Zerschneidung durch Forstwege und Rückegassen ist auf ein Minimum zu begrenzen. Das Wegenetz ist deutlich zu reduzieren. Nach bzw. während Kalamitätsereignissen sind Kahlschläge und flächige Biomasseräumungen zu unterlassen, um eine schnellere Hochwalderholung zu ermöglichen. Kleine und sehr kleine Waldfragmente sind zu arrondieren und durch Korridore zu verbinden. Vor allem im Bereich von Offenlandflächen, die sich während heißer Tagen sehr stark erwärmen, sind Waldrandpufferzonen einzurichten. Dies gilt insbesondere am Rand von wertvollen Laubwaldgebieten.

Zustand und Entwicklungstrends der Wälder im Zusammenhang mit der Bewirtschaftung

Waldvitalität

Befunde: Die Vitalität der Waldflächen in Deutschland nahm zwischen 2017 und 2024 überwiegend ab. Seit 2025 steigt sie wieder an. Dieser Trend setzt sich 2026 fort. Die Vitalität entwickelte sich je nach vorherrschender Baumart unterschiedlich:

Nadelbaumforste zeigten bereits während der Dürrejahre 2018–2020 deutliche Rückgänge der Waldvitalität. Kiefernbestände erreichen ihren Tiefstwert 2019, Fichtenbestände 2020. Bei den Laubbaumarten treten die stärksten Rückgänge überwiegend später, in den Jahren 2023 und 2024, auf. Ab 2025 steigt die Waldvitalität bei zahlreichen Baumarten teilweise sogar über das Referenzniveau von 2017. Besonders bei Buche und Eiche folgt auf die niedrigen Werte von 2024 ein deutlicher Anstieg. Tannen- und Douglasienbestände bleiben unter dem Referenzniveau.

Interpretation: Die Entwicklung der Waldvitalität deutet darauf hin, dass die untersuchten dominanten Baumarten auf die Belastungen der vergangenen Jahre sehr unterschiedlich reagiert haben. Die frühen Vitalitätsrückgänge bei Fichte und Kiefer während der Dürreperiode 2018–2020 deuten darauf hin, dass die betroffenen Bestände besonders empfindlich auf Wassermangel und dessen Folgeschäden reagiert haben. Bei den Laubbaumarten treten die niedrigsten Werte überwiegend später auf. Dies könnte auf wiederholte Belastungen, eine intensive Bewirtschaftung oder verzögerte Schadwirkungen hinweisen.

Der Anstieg der Waldvitalität ab 2025 zeigt zunächst eine Zunahme der maximalen Vegetationsgrünheit. Auf erhaltenen Waldflächen kann dies mit einer verbesserten Belaubung zusammenhängen. Auf Schadflächen kommen hingegen auch Gräser, Sträucher und junge Bäume als Ursache infrage. Dort kann die Wiederbegrünung einen ökologisch wertvollen Beginn der Waldentwicklung darstellen, während die Struktur und Funktionen des vorherigen Altbestands weiterhin fehlen. Die positive Entwicklung der Waldvitalität darf deshalb weder als vollständige Erholung der ursprünglichen Baumart noch als Wiederherstellung aller Waldfunktionen bewertet werden. Wichtig ist auch, dass die von den extremen Witterungen der letzten Jahre am stärksten betroffenen Fichtenforste bereits ausgefallen sind und daher in der aktuellen Vitalitätsentwicklung nicht mehr berücksichtigt werden.

Im Falle von Buchen- und Eichenwäldern deutet der Anstieg der Waldvitalität vermutlich eher auf eine tatsächliche Erholung der Belaubung hin, weil dort vergleichsweise weniger Bäume abgestorben sind.

Es wird erwartet, dass die zum Teil sehr starken Dürreauswirkungen im Süden und im Westen des Landes im Jahr 2026 erst im nächsten Jahr in den Daten ersichtlich sein werden.

Schadflächenentwicklung

Befunde: In den letzten zehn Jahren sind mind. 600.000 Hektar Schadflächen entstanden, das entspricht rund 5 Prozent der deutschen Waldfläche. Dabei entfallen 80 Prozent auf Nadelforste und 20 Prozent auf Laubwälder. Die jährlich neu erfassten Schadflächen wuchsen seit 2018 bis 2022 auf einen Höchstwert von rund 107.000 Hektar pro Jahr an. Danach sanken die Schäden ab und waren bis 2024 rückläufig. Zwischen 2025 und 2026 wuchs die Fläche der Schadflächen wieder an. Es ist auch ein räumliches Muster zu erkennen. Die Fichtenschäden lagen primär in den Mittelgebirgen wie Harz, Sauerland und Thüringer Wald. In Baden-Württemberg war die Schadfläche 2025/26 4,5-mal so groß wie im Vorjahr, in Rheinland-Pfalz 3,1-fach, in Sachsen 2,7-fach und im Saarland 2,5-fach höher. In Baden-Württemberg weicht vor allem die Kiefer vom Bundesdurchschnitt ab. Mit 6,9 Prozent der Waldfläche entfallen auf sie 15,4 Prozent der Schadfläche, bundesweit sind es je 23,0 Prozent. Das heißt, die Kiefer ist dort überdurchschnittlich betroffen. Auffällig ist auch die Buche. Ihr Anteil an der Schadfläche ist mit 11,5 Prozent der höchste aller Bundesländer und rund dreimal so hoch wie im Bundesdurchschnitt (3,8 Prozent). Bezogen auf ihre Fläche ist die Buche dort ebenfalls stärker geschädigt als im Bundesdurchschnitt (1,3 Prozent gegenüber 1,0 Prozent), zählt aber weiterhin zu den stabilsten Baumarten des Landes. Die Douglasie ist im Saarland (6,9 Prozent) und in Rheinland-Pfalz (5,5 Prozent) vergleichsweise stark betroffen.

Interpretation: Die Schäden betreffen vor allem Reinbestände mit nicht standortangepassten Baumarten und geringer Strukturvielfalt. Das ist ökologisch und ökonomisch ein Risiko, weil sie gleichzeitig und großflächig ausfallen können, wenn ein Stressor wirkt. Die aktuellen Schadensmuster weisen darauf hin, dass sich die Schwerpunkte der Waldschäden zunehmend in den Süden und Südwesten Deutschlands verlagern. Besonders auffällig ist der stark erhöhte Schadanteil der Buche in Baden-Württemberg. Da dieser deutlich über den Werten benachbarter Bundesländer liegt, erscheint es wahrscheinlich, dass die beobachtete Entwicklung nicht allein durch Trockenheit erklärt werden kann. Vielmehr dürfte sie durch ein Zusammenwirken standörtlicher, klimatischer und biotischer Einflussfaktoren sowie durch Unterschiede in der forstwirtschaftlichen Behandlung bedingt sein.

Waldstruktur

Befunde: Die Analyse der Fernerkundungsdaten zur Waldstruktur zeigt, wie sich diese Daten für das Monitoring und die Analyse der Wälder nutzen lassen. Dazu wurden folgende Indikatoren abgeleitet: Baumartenzusammensetzung, Anteil an mutmaßlichen Monokulturflächen, Waldflächenanteile unterschiedlicher Kronenhöhen und Vielfalt in der Kronendachstruktur. Diese Fernerkundungsdaten wurden auf Bundeslandebene, Eigentumsarten und Schutzgebiete angewandt. Die untersuchten Wälder unterscheiden sich deutlich in ihrer Baumartenzusammensetzung und im Aufbau des Kronendachs. Insbesondere Brandenburg sticht hier mit der im Bundesländervergleich geringsten Baumartenvielfalt und dem höchsten Anteil (63 Prozent) an mutmaßlichen Monokulturflächen hervor.

Die mittleren Kronenhöhen zwischen 15 und 25 Metern prägen mit über 50 Prozent die Waldfläche in Deutschland. Nur vier Prozent sind höher als 25 Meter. In Schutzgebieten sind höhere Kronendächer (>20 Meter) mit 33 Prozent häufiger als außerhalb der Schutzgebiete mit 22 Prozent. Im Privatwald liegt der Anteil der Waldflächen mit Kronendachhöhen ab 20 Metern bei 28 Prozent und damit deutlich unter den Anteilen im Landeswald (43 Prozent) und im Körperschaftswald (37 Prozent). Auch bei Kronendachhöhen ab 25 Metern liegt der Anteil im Privatwald mit 2 Prozent unter dem der Landes- und Körperschaftswälder mit jeweils 7 Prozent. Der Kronenhöhen-Strukturindex unterscheidet sich dagegen kaum zwischen Schutzgebieten und dem übrigen Wald. In den Nationalparks ist er am niedrigsten. Hohe und niedrige Bestände kommen dort nebeneinander vor. Ob das auf natürliche Dynamik oder auf Schadflächen zurückgeht, muss gesondert geprüft werden. Die Analysen zeigen für heiße Tage im Jahr 2026 einen Zusammenhang zwischen Kronendachhöhe und Waldoberflächentemperatur: Ein um 10 Meter höheres Kronendach ging mit einer um etwa 0,65 °C niedrigeren Waldoberflächentemperatur einher.

Interpretation: Die Auswertung verdeutlicht das Potenzial von Fernerkundungsdaten, regionale Unterschiede der Baumartenzusammensetzung und des Kronendachaufbaus großräumig zu analysieren. Die Indikatoren können damit aufzeigen, wo eine vertiefte Untersuchung der Waldstruktur und ihrer Entwicklung besonders sinnvoll ist.

Beispielsweise weist in Brandenburg die geringe Baumartenvielfalt, der sehr hohe Anteil an Kiefern-Reinbeständen und eine vergleichsweise gleichförmige Kronendachhöhe auf großräumig einheitliche Bestandsbedingungen und Bewirtschaftung im 20. Jahrhundert hin. Die Unterschiede zwischen den Eigentumsarten dürfen nicht unmittelbar als Wirkung des Eigentums interpretiert werden. Sie können unter anderem aus unterschiedlichen regionalen Schwerpunkten, Standorten, Baumarten und Nutzungsgeschichten entstehen. Besonders fehlende Eigentumsangaben erschweren eine abschließende Bewertung. Die geringeren Kronendachhöhen in Privatwäldern könnten allerdings auf eine intensivere Bewirtschaftung und damit kürzere Nutzungszyklen der Wälder hindeuten. Da die Baumhöhe vielfach mit dem Alter korreliert, deutet dies darauf hin, dass dort ein im Durchschnitt geringeres Bestandsalter vorliegt.

Auch die höheren Anteile großer Kronenhöhen in Schutzgebieten sowie im Landes- und Körperschaftswald im Vergleich zum Privatwald unterstützt diese Annahme. Nationalparks weisen sowohl größere Anteile hoher Kronendächer als auch niedrige Vegetationsbereiche auf. Dieses Muster ist mit unterschiedlichen Entwicklungsphasen und störungsbedingter Dynamik vereinbar. Ob daraus eine kleinräumige vielfältige Waldentwicklung entsteht, lässt sich aus den Flächenanteilen der Höhenklassen allein nicht ableiten, zeigt im Vergleich aber eine Tendenz auf.

Die Temperaturanalysen unterstreichen zudem die Bedeutung hoher Kronendächer. Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass hohe, meist ältere und teilweise biomassereiche Bestände zur thermischen Pufferung beitragen können.

Waldstabilität

Befund: Der Waldstabilitätsindex (Wertebereich zwischen 0 und 1) zeigt für jede Waldfläche, wie stark die Waldvitalität (NDVI) der Bäume von 2017 bis 2026 von Jahr zu Jahr schwankte. Hohe Werte stehen für gleichbleibende, niedrige für stark schwankende Vitalität, etwa durch Absterben, Räumung oder Wiederbewaldung. Auf zwei Dritteln der Waldflächen in Deutschland verändert sich die Waldvitalität (ausgedrückt durch das jährliche NDVI-Saisonmaximum) vergleichsweise wenig. Bundesweit entfallen 66,4 Prozent auf die Klassen „stabil“ und „sehr stabil“, 12,6 Prozent auf „instabil“ und „sehr instabil“. Weitere 21 Prozent liegen in der mittleren Klasse.

Die ursprünglich fichtendominierten Flächen zeigen die stärkste Veränderungsdynamik. Ihr Anteil instabiler Flächen beträgt 24,6 Prozent und liegt damit nahezu doppelt so hoch wie der Bundesdurchschnitt von 12,6 Prozent. Nur 47,6 Prozent gehören bei Fichtenforsten zu den beiden stabilen Klassen. Auf kieferndominierten Flächen sind 13,4 Prozent als instabil und 61,1 Prozent als stabil eingestuft. Damit fallen die Kiefernforste auch unter den Bundesdurchschnitt von 66,4 Prozent.

Buchen-, Eichen- und Erlenflächen weisen überwiegend geringe jährliche Veränderungen der Waldvitalität auf. Zu den stabilen Klassen gehören bei der Buche 85,5 Prozent, bei der Eiche 80,4 Prozent und bei der Erle 90,3 Prozent. Der Anteil instabiler Buchenflächen beträgt lediglich 3 Prozent.

Geringe jährliche Veränderungen bedeuten dabei nicht zwangsläufig, dass sich der Wald insgesamt in einem guten Zustand befindet. Douglasienflächen gehören zwar zu 79,6 Prozent den stabilen Klassen an, ihre Waldvitalität liegt im betrachteten Zeitraum jedoch immer weit unter dem Referenzniveau. Veränderlichkeit und Entwicklungsrichtung müssen deshalb gemeinsam betrachtet werden.

Die regionalen Unterschiede sind deutlich. Thüringen, Sachsen-Anhalt und Nordrhein-Westfalen weisen mit rund 20 bis 22 Prozent besonders hohe Anteile instabiler Flächen auf. Mecklenburg-Vorpommern erreicht dagegen einen hohen stabilen Flächenanteil von 77,3 Prozent. Bei den Wuchsgebieten weisen das Thüringer Gebirge, Frankenwald/Fichtelgebirge/Steinwald, die Nordöstlichen Harzvorländer, das Vogtland und der Harz die niedrigsten Medianwerte des Stabilitätsindex auf (0,60 bis 0,70 gegenüber 0,80 im Median aller Wuchsgebiete). Sie zählen damit zu den fünf am wenigsten stabilen Wuchsgebieten.

Die Unterschiede zwischen den Eigentumsarten sind vergleichsweise klein. Der Anteil instabiler Flächen reicht bei den vier großen Eigentumsarten von 8,6 Prozent im Körperschaftswald über 10,4 Prozent im Landeswald und 10,5 Prozent im Privatwald bis 10,9 Prozent im Bundeswald.

Innerhalb von Schutzgebieten sind 11,4 Prozent der Flächen instabil, außerhalb 13,3 Prozent. Nationalparks erreichen bei allen Baumarten einen hohen Anteil instabiler Flächen von 19,7 Prozent. Ihre Buchenflächen zeigen dagegen vergleichsweise stabile Werte. Die Baumartenzusammensetzung der betrachteten Wälder ist somit auch für die Bewertung entscheidend.

Die insgesamt 2,25 Millionen Hektar Buchenwaldflächen in Deutschland weisen überwiegend hohe Waldstabilitätswerte auf. Auf einer Skala von 0 bis 1 beträgt der Median 0,86 und der Mittelwert etwa 0,84. Die mittleren 50 Prozent der Buchenwaldfläche liegen zwischen 0,78 und 0,93. Das jährliche Vitalitätssignal (NDVI-Saisonmaximum) verändert sich auf diesen Flächen somit vergleichsweise wenig.

Interpretation: Die starke Veränderlichkeit ehemals fichtendominierter Flächen ist mit den dokumentierten Bestandsverlusten und nachfolgenden Veränderungen durch Räumung, Sukzession und Wiederbewaldung vereinbar. Der Index beschreibt dort den Wandel der Vegetationsbedeckung auf ursprünglich fichtendominierten Flächen. Er lässt sich daher nicht allein als Maß für den Zustand der heute noch vorhandenen Fichten interpretieren.

Die überwiegend geringen Veränderungen auf Buchenwaldflächen sprechen dafür, dass ein großer Teil dieser Flächen im Beobachtungszeitraum eine vergleichsweise gleichbleibende Waldvitalität bewahrt hat. Dies spricht gegen die Annahme eines bundesweit flächigen Zusammenbruchs der Buchenwälder. Es belegt jedoch ebenso wenig Schadensfreiheit. Veränderungen des Zuwachses einzelner Bäume oder anderer Waldfunktionen werden mit diesem Indikator nicht vollständig erfasst. Das Beispiel der Douglasie verdeutlicht, warum ein hoher Stabilitätswert allein kein positives Gesamturteil erlaubt. Ein Wald kann geringe jährliche Veränderungen zeigen und zugleich dauerhaft unter seinem früheren Vitalitätsniveau liegen oder sich schrittweise verschlechtern.

Die Stabilität unterscheidet sich zwischen den Regionen deutlich, deshalb sollte sie räumlich differenziert betrachtet werden. Schutzgebiete sind insgesamt etwas stabiler als Wälder ohne Schutzstatus. Die Nationalparks haben dagegen den höchsten Anteil instabiler Flächen. Das ist nicht unmittelbar als ökologischer Misserfolg zu bewerten: Störungen verändern die Waldvitalität, können in Prozessschutzgebieten aber Teil der zugelassenen Waldentwicklung sein.

Schlussfolgerungen und Empfehlungen:
Aus den Befunden zur Waldvitalität, zur Entwicklung der Schadflächen, zur Waldstruktur und zur Waldstabilität ergeben sich zentrale Erkenntnisse für die zukünftige Entwicklung und Bewirtschaftung der Wälder.

Die Befunde werden anhand der zehn Prinzipien der Wald-Allianz für eine sozialökologische Waldbewirtschaftung eingeordnet. Ein zentraler Grundgedanke hierbei ist es, Wälder als komplexe Ökosysteme zu betrachten. Demnach gilt es als oberstes Ziel der Waldbewirtschaftung, die Funktionsfähigkeit von Waldökosystemen zu erhalten und zu fördern. Als Leitbild dient die Natur selbst. Dazu werden die natürlicherweise ablaufenden Prozesse, Strukturen und Dynamiken als Orientierung für die Waldbewirtschaftung übernommen.

Aus den Daten zu Waldvitalität und Waldstabilität ist ersichtlich, dass nicht alle Wälder in den letzten zehn Jahren gleichermaßen unter Stress geraten sind. Besonders früh und stark betroffen waren reine Fichten- und Kiefernforste. Sie sind nach wie vor anfälliger. Dies zeigt sich in der abnehmenden Waldvitalität, der Instabilität der Nadelbaumbestände und der Schadflächenentwicklung seit 2017. Im Gegensatz dazu waren Laubwälder, insbesondere Buche und Eiche, bisher deutlich weniger betroffen. Die Entwicklung ist aber nicht beendet. Der erneute Anstieg der Schadflächen 2025/26 geht mit zunehmenden Schäden an Kiefern und einer starken Zunahme der Schadflächen im Südwesten einher, auch bei der Buche. Dies deutet darauf hin, dass sich die Schwerpunkte der Waldschäden zwischen Baumarten und Regionen verschieben. Allerdings sollte in Baden-Württemberg auch untersucht werden, warum hier der Schadflächenanteil fast doppelt so hoch ist wie in Bayern, dem Saarland oder Rheinland-Pfalz, die ähnlichen klimatischen Einflüssen ausgesetzt sind. Hier können auch andere Ursachen, etwa Bewirtschaftungsmaßnahmen, eine wichtige Rolle spielen. Dies sollte in weiteren Untersuchungen geklärt werden. Auch hier fällt die Douglasie mit hohen Schadflächenanteilen auf. Ihre Einstufung als klimaresiliente und zukunftsweisende Baumart muss daher kritisch überprüft werden. Generell lässt sich aus dem Rückgang der Schäden in den Jahren 2023 bis 2025 keine Entwarnung ableiten. Ihre Entwicklung sollte insbesondere im Südwesten aufmerksam beobachtet werden.

In diesem Zusammenhang ist von großer Bedeutung, wie die Schadflächen in der Vergangenheit behandelt wurden und wie sie in Zukunft behandelt werden. Die bisherige Praxis, Räumungen und Neuaufforstungen – teilweise erneut mit Nadelbäumen – staatlich zu fördern, sollte der Vergangenheit angehören. Die Beräumung führt zu einer deutlichen Erwärmung und entzieht dem Ökosystem wertvolle Strukturen und Nährstoffe. So schädigt sie ihre Fähigkeit zur Selbstorganisation. Stattdessen sollte natürliche Wiederbewaldung zugelassen werden und prioritär eingesetzt werden. Bei Entscheidungen über Eingriffe auf Schadflächen sollten überlebende Bäume, bestehende Totholzstrukturen, Verjüngung und natürliche Sukzession besonders berücksichtigt werden.

Die zunehmenden Schadflächenanteile in Douglasienbeständen im Südwesten Deutschlands haben gezeigt, dass Douglasien nicht als Ersatz für ausfallende Fichten angesehen werden können. Die Douglasie verdeutlicht zudem, warum ein hoher Stabilitätswert allein kein positives Gesamturteil erlaubt. Ein Wald kann geringe jährliche Veränderungen zeigen und zugleich dauerhaft unter seinem früheren Vitalitätsniveau liegen oder sich schrittweise verschlechtern. Daher sollte die Integration von Douglasien oder anderen Nadelbaumarten z. B. in bestehende Laubmischwälder oder Buchenwaldökosysteme nicht als zukunftsweisende Strategie in der Forstwirtschaft bewertet werden. Auch staatliche Förderprogramme, die Pflanzungen von Nadelbaumarten subventionieren, sollten eingestellt werden, da sie sich als nicht zukunftsfähig erweisen.

Laubwälder zeigen sich im Vergleich widerstandsfähiger. Auch sie verzeichneten in den Jahren 2023 und 2024 Einbrüche, erholten sich aber wieder. Die Daten zeigen keine Anzeichen eines flächigen Zusammenbruchs der Buchenwälder: 85,5 Prozent ihrer Fläche sind stabil, nur 3 Prozent instabil. Das bedeutet allerdings nicht, dass Buchenwälder generell frei von Schäden sind. Zuwachs, Schäden an einzelnen Bäumen, Waldstruktur und andere Waldfunktionen erfasst der Index nicht. Auch ist noch unklar, ob die beobachtete Erholung dauerhaft anhält.

Aus diesen Befunden ergibt sich die Empfehlung, in der Bewirtschaftung von Buchenwäldern nicht vorschnell zu agieren und nur behutsam zu ernten. Eine lichte Buchenkrone bedeutet nicht zwangsläufig, dass die Bäume absterben oder Buchenwälder flächig ausfallen. Auffällige Buchenflächen sollten daher im Gelände auf mögliche Schäden geprüft werden, etwa auf Kronenverlichtung und Trockenschäden. Als Lernorte und wertvolle Ökosysteme sollten insbesondere alte Buchenbestände geschont werden.

Um die weitere Entwicklung beurteilen und daraus Strategien für eine zukünftige sozialökologische Waldbewirtschaftung ableiten zu können, ist zukünftig ein flächendeckendes jährliches Monitoring mittels Fernerkundungsdaten notwendig.

Ökologisch wertvolle Strukturen müssen erhalten bleiben. Große alte Bäume, Habitatbäume, stehendes und liegendes Totholz sowie unterschiedliche Entwicklungsphasen sind bei der Bewirtschaftung zu berücksichtigen. Generell sollte das flächendeckende Monitoring erweitert und verbessert werden. Dazu sollten Baumartenvielfalt, Kronenhöhenstruktur und Schadflächen gemeinsam und wiederholt ausgewertet werden. Anhand von Geländeaufnahmen und dreidimensionalen Vegetationsdaten sollte geprüft werden, welche ökologischen Strukturen die Rasterindikatoren tatsächlich erfassen.

Die bestehenden Fichten- und Kiefernforste stellen aufgrund ihres großen Flächenanteils in Deutschland auch in Zukunft ein großes ökologisches und ökonomisches Risiko dar. Die schrittweise Entwicklung zu Laubwäldern mit ökosystemtypischen Baumarten sollte schleunigst und konsequent auf großer Fläche umgesetzt werden.

Schutz von wertvollen Wäldern

Befunde: Auf Grundlage des Stabilitätsindex, der Kronendachhöhe, der Kronendachrauigkeit, des Ökologischen Kernwerts und der ökosystemtypischen Baumarten wurden für alle Waldflächen zwei strukturell-landschaftsökologischer Werte abgeleitet. Wälder mit hohen Indexwerten besitzen eine zentrale Bedeutung für die Erbringung von Ökosystemleistungen. Sie zeichnen sich durch eine hohe landschaftsökologische Wirksamkeit aus, leisten einen wichtigen Beitrag zum Natürlichen Klimaschutz und stellen bedeutende Potenzialräume für die zukünftige Waldentwicklung dar.

Unter Berücksichtigung der ökosystemtypischen Baumarten wurde das Ergebnis in einem weiteren Rechenschritt bezüglich des aktuellen Werts für die Biodiversität geschärft. Je nach Berechnungsart (einmal mit ökosystemtypischen Baumarten und einmal ohne) erreichen bundesweit 13 bis 18 Prozent der Waldflächen hohe oder sehr hohe Werte. Die höchsten Werte sind im Landeswald mit 17 bzw. 25 Prozent zu verzeichnen. Danach folgen die Körperschaftswälder mit 16 bzw. 23 Prozent. Die Privat- und Bundeswälder weisen deutlich niedrigere Anteile auf: 8 bzw. 7 Prozent im Privatwald, respektive 11 bzw. 7 Prozent im Bundeswald. In den Bundesländern erreichen Sachsen (41 Prozent in beiden Indizes) und Rheinland-Pfalz (41 bzw. 37 Prozent) die höchsten Werte. Der Vorsprung von Landes- und Körperschaftswald gegenüber Privatwald und Bundeswald zeigt sich in allen Ländern.

Die Flächenanteile mit „sehr geringen“ und „geringen“ strukturell-landschaftsökologischen Werten liegen bundesweit bei 32 Prozent (ohne Berücksichtigung ökosystemtypischer Baumarten) bzw. 29 Prozent (mit Berücksichtigung ökosystemtypischer Baumarten). Im Privatwald (40 Prozent bzw. 38 Prozent) und Bundeswald (39 Prozent bzw. 37 Prozent) sind die Flächenanteile deutlich häufiger vertreten als im Landeswald (24 Prozent bzw. 22 Prozent). Auch der Schutzstatus spielt

eine Rolle: Wald ohne einen solchen Status (38 Prozent bzw. 37 Prozent) hat deutlich höhere Anteile mit Flächen von geringem strukturell-ökologischen Wert als Wald mit Schutzstatus (28 Prozent bzw. 24 Prozent). Auf Landesebene sind die Anteile geringer Werte am höchsten in Sachsen-Anhalt (47 Prozent bzw. 43 Prozent), am niedrigsten in Hessen (21 Prozent bzw. 17 Prozent).

Interpretation: Der strukturell-landschaftsökologische Wert hat nicht nur aus waldnaturschutzfachlicher Sicht eine besondere Relevanz, sondern kann auch als Maß für die Resilienz der Wälder angesehen werden. Die Anteile der Wälder mit hohen oder sehr hohen Werten müssen als niedrig beurteilt werden. Dass geschützte Wälder höhere Werte erzielen, kann als Hinweis auf die Wirksamkeit von Schutzgebieten gedeutet werden, insbesondere solcher mit strengem Schutz und Holznutzungsverzicht. Dass nicht geschützte Wälder deutlich schlechtere Werte aufweisen, muss dementsprechend als bedenklich gelten.

Schlussfolgerungen und Empfehlungen:
Zukünftig sollten sich die Waldentwicklungsziele von Forstbetrieben stärker an der Stabilität von Beständen und ihren strukturell-landschaftsökologischen Werten ausrichten. Das entspricht einem zeitgemäßen Nachhaltigkeitsverständnis, das nicht auf kurzfristige Produktivität oder die Idee von idealtypischen Zielbestandstypen setzt.

Der strukturell-landschaftsökologischen Wert von Wäldern (ohne und auch mit Berücksichtigung ökosystemtypischer Baumarten) ist geeignet, um zu überprüfen, ob die Bewirtschaftung der Landeswälder wie gesetzlich angestrebt modellhaft erfolgt. Gleichzeitig ist anzustreben, dass auch im Privatwald höhere Werte erzielt werden. Der Indexwert kann bei der Priorisierung von Fördermaßnahmen und deren Erfolgskontrolle zum Einsatz kommen.

Wälder mit hohem strukturell-landschaftsökologischen Wert sind systematisch auf ihre Schutzwürdigkeit hin zu überprüfen. Dabei sollte auch evaluiert werden, inwiefern die hohen Werte mit gewissen Formen der Bewirtschaftung korrelieren und ob eine mögliche zukünftige Nutzung ihren Wert beeinträchtigen könnte. Grundsätzlich sind alle Wälder mit den höchsten strukturell-landschaftsökologischen Werten Kandidaten für die Einrichtung von Schutzgebieten oder zumindest für die temporäre Einstellung der Holzernte (Einschlagsmoratorium).

Waldökosystemleistungen und Gefährdungen von Menschen

Befunde: Wälder sind nicht allein wegen ihrer Holzproduktion relevant. In der Klimakrise verdienen die regulierenden Ökosystemleistungen eine größere Aufmerksamkeit. Besonders wichtig sind puffernde Leistungen, die etwa Extremwitterungen erträglicher machen. An warmen und vor allem heißen Tagen kühlen Wälder die Landschaft. Dieser Effekt kann mithilfe von Satellitendaten gemessen werden. Die statistischen Ergebnisse belegen, dass die relative Kühlungswirkung von Wald bei höheren Temperaturen zunimmt: Wenn die Nichtwaldlandschaft in der Umgebung von Wald sich um 1 °C erwärmt, steigt die Temperatur im Wald nur um ca. 0,4 °C. Die Meereshöhe hat ebenfalls einen kleinen Einfluss, aber die Landbedeckung ist besonders wichtig.

Die Wälder waren im Jahr 2026 im Durchschnitt an heißen Tagen 29,1 °C warm. Damit waren sie 3,7 °C kühler als die umliegenden Nichtwaldflächen (ohne Gewässer) im Umkreis von einem Kilometer. Die Fähigkeit, sich selbst und die Umgebung zu kühlen, hängt wesentlich von Struktur und Intaktheit der Wälder ab. Ältere Wälder mit größeren Bäumen und mit größerer Flächenausdehnung kühlen besser.

Bei Betrachtung der verschiedenen wichtigsten Baumarten (85 Prozent der Waldfläche) zeigt sich, dass diese unterschiedlich stark kühlen. Dies hat mit spezifischen Baumarteneigenschaften zu tun, etwa ihren Transpirationsraten, aber auch mit der unterschiedlichen Struktur der jeweiligen Wälder (z. B. Komplexität der Kronendachstruktur, „Rauigkeit“). Buchenwälder zeigen im Vergleich zum umgebenden Nichtwald eine um 4,7 °C niedrigere Temperatur, bei Eichen sind es 4,68 °C. Bei Fichten sind es 4,03 °C und bei Kiefernforsten nur 3,55 °C.

Funktionstüchtige Wälder stellen nicht nur Ökosystemleistungen zur Verfügung, sondern mindern auch verschiedene Gefährdungen für die Bevölkerung. In diesem Zusammenhang wird erstmals eine Karte des aktuellen Wald- bzw. Forstbrandrisikos in Deutschland präsentiert. Zu ihrer Erstellung wurden mehrere, das Brandrisiko beeinflussende Parameter in einem entsprechenden Risikoindex integriert: Brennbarkeit der vorherrschenden Baumarten, Temperaturen und Niederschläge im Vorjahr, starke Fragmentierung mit vielen Randeffekten (Ökologischer Kernwert) sowie Abnahme der Vitalität im Vorjahr (2026). Vor allem Brandenburg ist Hochrisikoland (75 Prozent des Waldgebiets mit hohem oder sehr hohem Risiko). Sachsen-Anhalt und Berlin weisen ebenfalls hohe Flächenanteile mit sehr hohem Risiko auf (>50 Prozent). In Hamburg, Schleswig-Holstein, Nordrhein-Westfalen, Hessen, Bremen und dem Saarland überwiegen Flächen mit geringem und sehr geringem Risiko. Allerdings gibt es in allen Ländern relevante Flächenanteile mit hohem oder sehr hohem Risiko.

Interpretation: Für regulierende Waldökosystemleistungen, wie die Landschaftskühlung an heißen Tagen, sind insbesondere stabile, hohe (und damit meist ältere), große und räumlich gut miteinander verbundene Waldökosysteme von Bedeutung. Es sind also auch jene mit einer größeren Klimaschutzwirkung durch Festlegung und Speicherung von Treibhausgasen. Insbesondere die Laubwälder haben eine hohe Relevanz für regulierende Leistungen. Die gleichen Waldflächen weisen auch im Hinblick auf Waldbrände ein geringeres Gefährdungspotenzial auf. Sie sind für die menschliche Gesundheit bedeutsam und stabilisieren wirtschaftlich relevante Parameter. Beispielsweise spenden sie Wasser in Landschaft und Flüsse.

Die Quantifizierung und Kartierung von aktuellen Risikogebieten, wie sie hier für Waldbrände vorgenommen wurden, bedeutet einen neuen Ansatz für das Risikomanagement auf nationaler, regionaler und lokaler Ebene.

Schlussfolgerungen und Empfehlungen:
Die regulierenden Ökosystemleistungen der Wälder verdienen eine größere gesellschaftliche Wertschätzung und entsprechende Förderprogramme. Die mit regulierenden Ökosystemleistungen einhergehenden Gesundheitsökosystemleistungen müssen in Deutschland besser bekannt gemacht und quantifiziert werden. Alle waldbezogenen Ökosystemleistungen und Gefährdungen für Menschen sollten regelmäßig quantifiziert, kartiert und bewertet werden.

Waldeigentum und Waldgovernance

Befunde: Mit einem neuen Geodatensatz zum Waldeigentum können bei bundesweiten räumlichen Analysen zum Waldzustand die Eigentumsverhältnisse berücksichtigt werden. Jedoch liegen nicht für alle Bundesländer flächendeckende Daten zum Waldeigentum vor. Die größten Datenlücken gibt es in Nordrhein-Westfalen und Schleswig-Holstein.

Die Ergebnisse zeigen deutliche Unterschiede im ökologischen Zustand und in der Waldstruktur zwischen den Eigentumsarten. Körperschafts- und Landeswälder schneiden dabei deutlich besser ab als Privat- und Bundeswälder. Der Körperschaftswald zeichnet sich durch die höchste Baumartenvielfalt und mit 28,6 Prozent den geringsten Anteil an Monokulturen aus, während im Landeswald mit 43 Prozent der Flächen besonders häufig hohe Baumbestände ab 20 Meter Höhe sowie strukturell-landschaftsökologisch wertvolle Flächen vorkommen. Im Gegensatz dazu weisen Privat- und Bundeswälder eine insgesamt geringere Strukturvielfalt, weniger hohe Bäume und hohe Monokulturanteile von 42,6 bis zu 56 Prozent auf. Auch bei der Widerstandsfähigkeit der Bestände, basierend auf dem Anteil der stabilen und instabilen Flächenanteile, schneiden Privat- und Bundeswälder schlechter ab. Allerdings fallen die Abweichungen zwischen den Eigentumsarten hier moderater aus.

Interpretation: Die Geodaten zur Verteilung von Waldeigentum ermöglichen eine bessere Transparenz bezüglich des Managements der menschlichen Lebensgrundlagen und Waldökosystemleistungen. Sie können auch zur staatlichen und zivilgesellschaftlichen Kontrolle verwendet werden. Analysen dieser Art sind wichtig, um zu beurteilen, welche Eigentumsarten gegebenenfalls bessere Ergebnisse bei der Bewahrung stabiler und wertvoller Wälder erzielen. So lässt sich beispielsweise feststellen, ob die Bundesländer bei der Bewirtschaftung ihrer Wälder der gesetzlich vorgesehenen Vorbildfunktion gerecht werden.

Die Ergebnisse verdeutlichen die unterschiedlichen forstwirtschaftlichen Zielsetzungen und Intensitäten der Bewirtschaftung aus der Vergangenheit. In Körperschafts- und Landeswäldern haben gemeinwohlorientierte Vorgaben und eine naturnähere Bewirtschaftung zu strukturell vielfältigeren und widerstandsfähigeren Beständen geführt. In Privat- und Bundeswäldern zeigen sich hingegen die Auswirkungen von historischen Ertragsmaximierungen beziehungsweise militärischer Nutzung, die keinen Fokus auf eine naturnahe Bewirtschaftung legte. Das häufigere Vorkommen von Monokulturen und jüngeren Beständen erhöht deren Verwundbarkeit gegenüber klimabedingten Extremereignissen.

Schlussfolgerungen und Empfehlungen:
Die fehlenden Geodaten zum Waldeigentum in Nordrhein-Westfalen und Schleswig-Holstein verhindern eine flächendeckende bundesweite Auswertung, die über den Landeswald hinausgeht. Die Verwendung der Eigentumsdaten als bundesweiter Geodatensatz ist eine wichtige Grundlage für eine angemessene Waldgovernance. Diese sollte nicht zuletzt die Kontrolle und die gezielte Förderung der von Privateigentümer:innen bewirtschafteten Wäldern zu struktur- und artenreichen Laubmischwäldern umfassen. Ebenso sollte der Bund die Funktionstüchtigkeit des Bundeswaldes stärken und seiner Vorbildfunktion auf diesen Flächen gerecht werden. Die staatliche Waldberichterstattung sollte zur Entwicklung der Wälder in den verschiedenen Eigentumsarten explizit Auskunft geben.

Die Wald-Allianz – ein Netzwerk für sozialökologische Waldbewirtschaftung

Die Wald-Allianz verbindet Menschen aus Waldbesitz, Waldpraxis, Wissenschaft und Zivilgesellschaft. Gemeinsam wollen wir Wald langfristig erhalten und verantwortungsvoll nutzen. Das wird immer anspruchsvoller: Der Klimawandel verändert unsere Wälder und stellt bisherige Gewissheiten infrage. In der Wald-Allianz suchen wir gemeinsam nach Wegen, damit umzugehen und Waldbewirtschaftung weiterzuentwickeln.

Dabei lernen wir voneinander und vom Wald. Wissenschaftliche Erkenntnisse und praktische Erfahrungen gehören für uns zusammen. Wir verstehen Wald als lebendiges, komplexes Ökosystem, in dem Böden, Wasser, Mikroklima und biologische Vielfalt zusammenwirken. Diese Zusammenhänge wollen wir besser verstehen und für die Bewirtschaftung nutzen. Natürliche Prozesse weisen unserem Handeln deshalb die Richtung.

So verstehen wir sozialökologische Waldbewirtschaftung: Sie stellt den Wald als Ökosystem in den Mittelpunkt und behält gleichzeitig die Bedürfnisse der Menschen im Blick (siehe Infobox Prinzipien der Sozialökologischen Waldbewirtschaftung, Seite 19).

Unser bundesweites Netzwerk besteht heute aus sieben Gründungsorganisationen und zehn Waldpartnern (siehe Abbildung 1).

Bei Exkursionen und regelmäßigen Onlinetreffen bringen wir ihre unterschiedlichen Erfahrungen und Perspektiven zusammen. Wir untersuchen wissenschaftliche Fragen und bereiten Erkenntnisse für die Praxis auf. Bei unserer jährlichen Tagung sind alle Interessierten eingeladen, sich am Austausch zu beteiligen.[1]



Foto: *Exkursion der Wald-Allianz im Sommer 2026.*

[1] Weitere Informationen auf www.wald-allianz.de

Die Wald-Allianz 2026: 10 Waldpartner und 7 Gründungsorganisationen

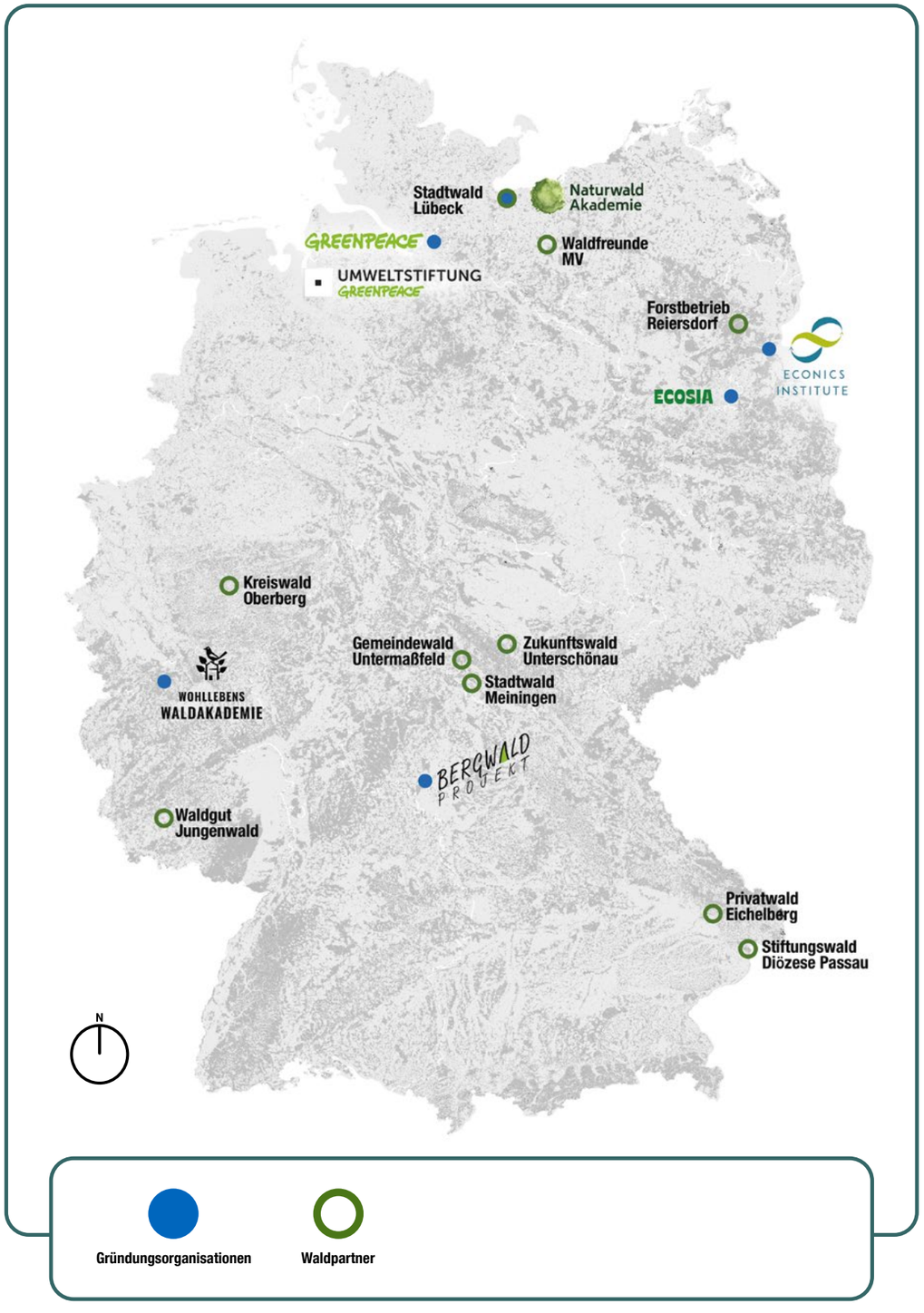


Abbildung 1 *Die Wald-Allianz mit sieben Gründungsorganisationen (blau) und zehn Waldpartnern (grüne Kreise).*

INFO: Die 10 Prinzipien der Wald-Allianz für eine sozialökologische Waldbewirtschaftung

1. Wälder sind komplexe Ökosysteme. Sie sind sowohl in größere ökologische Systeme eingebettet, als auch von vielfältigen sozialen Systemen beeinflusst.

Wälder sind komplexe, sich selbst organisierende Ökosysteme mit vielfältigen landschaftsökologischen Funktionen. Auf landschaftlicher und globaler Ebene sind sie in größere sozialökologische Systeme eingebettet und stehen mit ihnen in Wechselwirkung. Ihre Dynamik lässt sich nur begrenzt voraussehen und steuern.

2. Die im ökologischen Sinn bestmögliche Funktionsfähigkeit von Waldökosystemen erfordert Zeit und Raum.

Die ökologisch optimale Funktionsfähigkeit von Waldökosystemen beruht auf langfristiger Entwicklung und Reifung, auf ökologischer Kontinuität und räumlicher Verbundenheit. Resilienz entsteht durch Vielfalt, Vernetzung und die Ausbildung ökologischer Rücklagen.

3. Naturnähe bemisst sich an den Prozessen, Strukturen und Dynamiken sich selbst organisierender und regulierender Waldökosysteme.

Die sozialökologische Waldbewirtschaftung leitet Naturnähe aus potentiell natürlichen ökologischen Prozessen ab. Sie ist kein statischer Zustand, sondern ein dynamisches und ergebnisoffenes Entwicklungsprinzip.

4. Sozialökologische Waldbewirtschaftung steht für einen bewussten Umgang mit Nichtwissen einschließlich vielfältiger Unsicherheiten sowie für die gemeinsame Wissensproduktion und für eine offene Fehlerkultur.

Wälder sind zu komplex, um sie und ihre Entwicklung in ihrer Gänze verstehen und vorhersagen zu können. Dies gilt es anzuerkennen und bei Entscheidungen zu berücksichtigen. Die Wald-Allianz erkennt nicht nur unterschiedliche Formen von Wissen an, sondern auch die Grenzen des Wissens und öffnet Raum für die Ko-Produktion von Wissen durch verschiedene Akteursgruppen.

5. Sozialökologische Waldbewirtschaftung ist adaptiv und damit lernorientiert.

Die Unsicherheiten und begrenzten Möglichkeiten gezielter Steuerung in Waldökosystemen erfordern ein zurückhaltendes, vorsorgendes und ergebnisoffenes Arbeiten. Die sozialökologische Waldbewirtschaftung wird dabei als kontinuierlicher Lernprozess verstanden, der einen adaptiven Umgang mit Wissen und Nichtwissen braucht.

6. Adaptive Waldbewirtschaftung braucht umfassende Informationen über den Wald, die Bewirtschaftungsmaßnahmen und über sich natürlich entwickelnde, eingriffsfreie Vergleichsflächen.

Die Orientierung an und die Entwicklung hin zu natürlichen ökologischen Prozessen erfordert einen Referenzrahmen. Die adaptive, lernorientierte Waldbewirtschaftung benötigt daher solide Daten aus langfristiger Beobachtung, transparente Dokumentation und den Vergleich mit natürlicher Waldentwicklung auf Referenzflächen ohne aktive Eingriffe.

7. Sozialökologische Waldbewirtschaftung dient dem Wohl der Wälder und damit den Menschen und der Gesellschaft.

Wälder erfüllen grundlegende ökologische und gesellschaftliche Funktionen. Sozialökologische Waldbewirtschaftung ist deshalb am dauerhaften Wohlergehen von Ökosystemen und Menschheit orientiert.

8. Sozialökologische Waldbewirtschaftung ist ethisch reflektiert.

Sozialökologische Waldbewirtschaftung erfolgt in Respekt vor dem Leben in all seinen Erscheinungsformen und vor zukünftigen Generationen. Sie ist daher immer auch ethisch reflektiert.

9. Sozialökologische Waldbewirtschaftung strebt Suffizienz an und fördert Waldgerechtigkeit.

Ein gutes Leben für alle Menschen ist nur innerhalb der planetaren Grenzen möglich. Aus der ethischen Ausrichtung der sozialökologischen Waldbewirtschaftung folgt daher ein suffizienter und gerechter Umgang mit dem Wald und seinen Leistungen.

10. Sozialökologische Waldbewirtschaftung steht für eine Ökonomie, die dauerhaft ein gutes Leben für alle Menschen und Wälder ermöglicht.

Die sozialökologische Bewirtschaftung des Waldes berücksichtigt ökonomische wie ökologische Folgen ihres Handelns vollständig.

Die 10 Prinzipien mit ausführlichen Erläuterungen online abrufen.[2]

[2] https://wald-allianz.de/10-prinzipien/

1 EINLEITUNG

© Greenpeace

1. Mehr als Bäume – Was ist ein Waldökosystembericht?

Wälder sind komplexe Ökosysteme. Sie ermöglichen das Wachstum von Bäumen und gestalten ihre eigenen Lebensbedingungen mit. Auf Landschaftsebene schaffen sie zudem wesentliche Voraussetzungen für andere Ökosysteme und das Wohlergehen des Menschen. Wälder sind Systeme, die mit Energie, Wasser und Nährstoffen haushalten. Sie puffern Umweltbedingungen und beherbergen einen großen Teil der genetischen Vielfalt sowie der Diversität von Arten, Ökosystemen und ökologischen Prozessen. Viele Arten nehmen Einfluss auf die Entwicklung des Gesamtgefüges, dazu gehören etwa die Bäume, aber auch Mikroorganismen und Pilze oder die Tiere des Waldes wie etwa Regenwürmer, Rehe, Borkenkäfer oder Wölfe. Die Menschen spielen in dicht besiedelten Ländern wie Deutschland nach Jahrtausenden der Landnutzung und bewusster Steuerung der Waldökosysteme eine besondere Rolle. Wälder sind deshalb genau genommen sozialökologische Systeme. Das bedeutet, sie sind Ökosysteme, in denen Menschen – mit ihren vielfältigen Institutionen – Akteur:innen sind, die über Wohl und Wehe von Wäldern entscheiden, aber auch abhängige Komponenten darstellen, die unter einem schlechten Zustand des Systems leiden.[3]

1.1 Offizielle Waldberichte auf Grundlage unzureichender Daten und Stichproben

In Deutschland werden seit 1984 von den zuständigen staatlichen Behörden bzw. Ministerien sogenannte Waldzustandsberichte herausgegeben. Der Anlass war zunächst das Auftreten massiver Schäden an Bäumen, die sich in Folge der Luftverschmutzung ergaben. Bis zum Jahr 1988 hießen die jährlichen Veröffentlichungen „Waldschadensberichte“. Für das Monitoring wurde bundesländerübergreifend eine Methodik vereinbart und angewandt. Diese beruht auf einer Auswahl von Stichprobenflächen, auf denen eine gewisse Zahl von Bäumen in Augenschein genommen und bezüglich des Kronenzustands beurteilt werden.[4] Tatsächlich steht der zentral genutzte Parameter des Kronenzustands von Bäumen seit Langem in der Kritik – die Erfassung kann vom Beobachter abhängen und subjektiv sein; ein vorübergehender Blatt- oder Nadelverlust bei manchen Baumarten kann auch eine natürliche Anpassungsreaktion darstellen.[5,6,7] Weiterhin ist die bisherige Analyse beschränkt, da sie nur wenige Indikatoren berücksichtigt, und entscheidende Faktoren wie die historische Bewirtschaftung und die Vorgehensweise in den jeweiligen Beständen werden ausgeblendet. Eine Vielzahl von standörtlichen Bedingungen und das Waldmanagement beeinflussen den Zustand von Bäumen. Diese werden allerdings nicht erfasst und entsprechend auch nicht ausgewertet.

Vor diesem Hintergrund ist zu bemängeln, dass die Waldzustandserhebungen auf einer unzureichenden Stichprobe beruhen, obwohl moderne Instrumente (u. a. satellitenbasierte Datensätze) längst eine flächendeckende Beurteilung ermöglichen würden. Der Waldzustandsbericht des Bundesministeriums (BMLEH) für 2025 etwa fußt lediglich auf einer Stichprobe von 46.531 Probebäumen, die an 1.889 Probepunkten deutschlandweit beobachtet wurden.[8] Dabei gibt es in den Wäldern Deutschlands gemäß Bundeswaldinventur 2022 über 100 Milliarden Bäume, die höher als 20 Zentimeter sind. Die relativ wenigen Stichprobenbäume können die Vielfalt der standortbezogenen bzw. naturräumlichen und vor allem der strukturellen und bewirtschaftungsbedingten Bedingungen nicht repräsentieren. Die Waldzustandserhebungen ignorieren die Nutzungsgeschichte, den aktuellen strukturellen Zustand der Wälder, die Fragmentierung und diverse weitere Einflussgrößen. Abgesehen von der rein zahlenmäßigen Diskrepanz bestehen Wälder nicht allein aus Bäumen; sie sind vielmehr flächige Ökosysteme, in den Bäume und alle anderen Organismen zusammenwirken, aus denen sich ökologische Prozesse und Funktionen ergeben.

[3] Wohlleben, P., & Ibisch, P. L. (2023). Waldwissen: Vom Wald her die Welt verstehen. Erstaunliche Erkenntnisse über den Wald, den Menschen und unsere Zukunft. Ludwig Verlag.

[4] Riedel, T., Bender, S., Henning, P., Kroiher, F., Schnell, S., Schwitzgebel, F., Stauber, T., Stahlmann, J. K., & Kühling, M. (2026). Der Wald in Deutschland – Ausgewählte Ergebnisse der vierten Bundeswaldinventur. Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMELH).

[5] Wie krank ist der Wald wirklich? (2005, Januar 25). https://badw.de/en/presse/news-pressemitteilungen/artikel/wie-krank-ist-der-wald-wirklich

[6] Eickenscheidt, N. (n. d.). Der Kronenzustand in Deutschland.

[7] Waldzustand: Kronenverlichtung. (2026, September 17). Umweltbundesamt. https://www.umweltbundesamt.de/daten/umweltzustand-trends/flaeche-boden-land-oekosysteme/land-oekosysteme/waldzustand-kronenverlichtung

[8] Ergebnisse der Waldzustandserhebung 2025. (2026). BMELH. https://www.bmleh.de/DE/themen/wald/wald-in-deutschland/waldzustandserhebung.html

1.2 Gründe für eine andersartige Waldberichterstattung

Aufgrund der langen und einschlägigen forstlichen Tradition in Deutschland und einer stetig wachsenden Rohstoffnachfrage wird bei der Betrachtung der Wälder sehr stark auf Einzelbäume und auf die Holzproduktion fokussiert. Dies scheint nicht mehr zeitgemäß.
Für eine völlig neuartige und erweiterte Berichterstattung zur Waldentwicklung und zur Waldbewirtschaftung sprechen mehrere Gründe:

Die volkswirtschaftlichen Kosten: Waldschäden und ihre Bewältigung verursachen erhebliche Kosten, die bislang nur unzureichend erfasst und berücksichtigt werden.

Die unterschätzte Bedeutung der Wälder: Wälder erbringen vielfältige Ökosystemleistungen, die gerade in der Klimakrise für das menschliche Wohlergehen unverzichtbar sind. Viele dieser Leistungen werden bislang nicht ausreichend berücksichtigt oder bewertet.

Die zunehmende Unsicherheit durch den Klimawandel: Wie sich Wälder und ihre Leistungen künftig entwickeln, ist ungewiss. Das Waldmanagement muss deshalb laufend an neue Bedingungen angepasst werden.

Die unzureichende Transparenz über die Wirkungen der Waldbewirtschaftung: Es muss nachvollziehbar sein, wie sich unterschiedliche Bewirtschaftungsstrategien und Eigentumsformen auf die Integrität, Leistungsfähigkeit und Resilienz der Waldökosysteme auswirken.


© Pierre L. Ibisch

Allein die sozialen und volkswirtschaftlichen Kosten der konventionellen, auf Nadelbaummonokulturen beruhenden forstlichen Modelle sind unübersehbar. Die Wirkungen der Klimakrise bedeuten schnell wachsende Produktionsrisiken, den Ausfall von immer größeren Anteilen der Nadelbaumreinbestände, Gefahren durch Waldbrände und landschaftsökologisch bedeutsame Veränderungen durch die sich ausbreitenden Schadflächen. Die Schäden, ihre Ursachen und die damit verbundenen Kosten müssen deshalb systematisch erfasst, analysiert und transparent kommuniziert werden. Das ist ökologisch, gesellschaftlich, wirtschaftlich und politisch von großer Bedeutung. Die Schäden, ihre Ursachen und die damit verbundenen Kosten müssen deshalb systematisch erfasst, analysiert und transparent kommuniziert werden. Das ist ökologisch, gesellschaftlich, wirtschaftlich und politisch von großer Bedeutung.

Außerdem ist inzwischen gut bekannt, dass die Waldökosysteme mit ihren vielfältigen Funktionen für Wirtschaft und menschliche Gesundheit unverzichtbare Ökosystemleistungen erbringen. Sie regulieren u. a. den Landschaftswasserhaushalt und das Klima, sind bedeutsame Räume für Naherholung und Tourismus und tragen sowohl direkt als auch indirekt zur Gesunderhaltung der Bevölkerung bei. Vor diesem Hintergrund stellt sich unter anderem die zentrale Frage, ob die Finanzierung zur Weiterentwicklung der Forstwirtschaft überhaupt wirkt und zur Bewahrung oder Wiedererlangung der relevanten Ökosystemleistungen beiträgt. Es genügt auch nicht länger, Schäden und Störungen festzustellen und zu quantifizieren. Vielmehr müssen die Ursachen der krisenhaften Veränderungen in den Wäldern sowie mögliche Lösungsstrategien analysiert werden. Diese betreffen nicht allein den forstlichen Nutzungssektor, sondern alle Bereiche, die Einfluss auf die Veränderung von Landschaften und Ökosystemen nehmen. Hierzu gehören die Sektoren, die für die Infrastrukturentwicklung im Wald verantwortlich sind oder die angemessene flächige Ausdehnung und Integrität von Wäldern verhindern.

Der beschleunigte menschengemachte Klimawandel verändert die gesellschaftlichen Prioritäten im Umgang mit Ökosystemen. So gewinnt beispielsweise der Natürliche Klimaschutz zunehmend an Bedeutung. Außerdem bedingt er erhebliche Unsicherheiten im Umgang mit Waldökosystemen. Zu nennen sind etwa die Wirkungen der Witterungsextreme wie Hitzewellen und Dürren. Das Management erfordert in noch größerem Maße als zuvor einen adaptiven Ansatz. Das bedeutet, dass Schäden in Wäldern auch auf Fehler in der Ökosystembehandlung zu untersuchen und die Wirksamkeit von Strategien regelmäßig zu überprüfen sind. Hierfür sind angemessene transparente Analysen mit hoher zeitlicher und räumlicher Auflösung erforderlich, die einen wissenschaftliches

und technisches Lernen erlauben, damit Kurskorrekturen eingeleitet werden können.

Angesichts der großen Komplexität der Faktoren, die auf Waldökosysteme einwirken, bedarf es auch komplexerer Analysen sowie Strategien. Es ist nicht hinreichend, lediglich den durchschnittlichen Zustand von Bäumen und Baumarten zu bewerten. Derartige Untersuchungen führen zu einseitig auf Baumartenwahl fokussierende Strategien. Art und Komplexität von Analysen nehmen erheblichen Einfluss auf den Walddiskurs und die angewandten Strategien.

Zu den baumbasierten Analysen müssen dringend Untersuchungen auf Landschaftsebene hinzukommen. Landschaftsökologische Untersuchungen erlauben auch Rückschlüsse auf die Wechselwirkungen von Wäldern und anderen Ökosystemen bzw. die gesamte Umwelt – einschließlich Böden, Wasser, Atmosphäre, Biodiversität und natürlich die Menschen.

Die forstlich-baumbezogene Waldberichterstattung hat bislang auch völlig ausgeblendet, dass Wälder sozial-ökologische Systeme darstellen. In Zeiten der Klima- und Waldkrise ist eine größere Transparenz erforderlich, um zu verstehen, ob die Governance der Wälder effektiv ist. Dazu gehören u. a. der Vollzug der Gesetzgebung, die Kontrollen der Umsetzung von Strategien und der Verwendung öffentlicher Mittel, aber auch die Interpretation der Wirkungen unterschiedlicher Eigentumsformen und mit ihnen verbundener Strategien auf den Wald.

Die angesprochenen Punkte verdeutlichen, dass mehr Information über den Wald, seine Bewirtschafter:innen und seiner Nutznießer:innen geben muss – keinesfalls weniger. Vor diesem Hintergrund ist auf problematische Entwicklungen zu verweisen, wie sie etwa in Brandenburg zu beobachten sind (s. Infobox). Außerdem ist offenzulegen, welche Faktoren bislang die Transparenz behindern.

Der in diesem Jahr erstmals vorliegende Waldökosystembericht hat zum Ziel, die Waldberichterstattung und die entsprechende Diskussion in Deutschland auf eine neue Ebene zu heben. Dabei werden ein ökosystemarer Ansatz gewählt und neue Methoden vorgestellt.

INFO: Schadschöpfung – Versteckte Kosten der Forstwirtschaft

Die Bewirtschaftung der Waldökosysteme ist mit Wertschöpfung im Forst- und Holzsektor verbunden. Ihr gegenüber steht allerdings eine Schadschöpfung, die bislang nicht systematisch erfasst wird und der Gesellschaft deshalb auch nur in Teilen bekannt ist. Unangepasster Waldbau und Holzernte schädigen Böden und Biodiversität sowie diverse Funktionen und die Resilienz des Waldes. Zur Aufrechterhaltung des Produktionssystems werden seit Jahrzehnten erhebliche Mittel etwa zur Bewältigung von Kalamitäten und Waldbränden aufgewendet, die in der Regel nicht von den Forstbetrieben aufgebracht werden. Es handelt sich vor allem um die Kosten des herkömmlichen Nadelbaumanbaus, die betriebswirtschaftlich nicht eingepreist werden.

Im Falle von Mecklenburg-Vorpommern allein kostet die sensorgestützte Früherkennung und Überwachung von besonders von Waldbrand gefährdeten Waldgebieten die Steuerzahler:innen im Durchschnitt 500.000 Euro jährlich.[9] Ein einziger mehrtägiger Großbrand kann die reaktiven Löschkosten (z. B. für Bundeswehr-Hubschrauber) schnell auf über 1,3 Millionen Euro pro Ereignis treiben.[10]

Die Gesellschaft muss für den forstlichen Sektor außerdem regelmäßig erhebliche Fördermittel aufbringen. So umfasste etwa einmaliges, massives Hilfsprogramm im Zuge der Coronakrise im Jahr 2020/2021 ein Volumen von 500 Millionen Euro.[11] Als Reaktion auf die Waldkrise ab 2018 wurde ein Sonderhilfspaket geschnürt, welches für den Zeitraum 2020–2023 ein Gesamtvolumen von rund 800 Millionen Euro (60 Prozent Bund, 40 Prozent Länder) mobilisierte.[12] Allein im Jahr 2024 wurden durch Bundes- und Ländermittel im GAK-Forstbereich rund 1,71 Milliarden Euro an Gesamtfördermitteln für die Transformation der Forstwirtschaft bereitgestellt.[13]

[9] Sueddeutsche.de (o. J.). Forstwirtschaft—Waldbrandprävention und Feuer-Bekämpfung kosten Millionen—Wirtschaft. Abgerufen am 12. Oktober 2026, von https://www.sueddeutsche.de/wirtschaft/forstwirtschaft-waldbrandpraevention-und-feuer-bekaempfung-kosten-millionen-dpa.urn-newsml-dpa-com-20090101-230604-99-934149

[10] MDR.de (o. J.). Rekordkosten nach Waldbrand: Stadt Wernigerode übernimmt Bundeswehr-Rechnung. Abgerufen am 12. Oktober 2026, von https://www.mdr.de/nachrichten/sachsen-anhalt/magdeburg/harz/wernigerode-uebernimmt-rechnung-waldbrand-brocken-100.html

[11] Bundeswaldprämie.de. (2020, November 17). Waldeigentümer werden mit 500 Millionen Euro unterstützt. Abgerufen am 12. Oktober 2026, von https://www.bundeswaldpraemie.de/service/presse/presse/waldeigentuemer-werden-mit-500-millionen-euro-unterstuetzt

[12] Bundesministerium für Landwirtschaft, Ernährung und Heimat (BMELH). (2025, 12. August). Dürre: Finanzielle Hilfen für Waldbesitzende. Abgerufen am 12. Oktober 2026, von https://www.bmleh.de/DE/themen/wald/wald-in-deutschland/duerrehilfen-waldbesitzer.html

[13] Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe. (o. J.). Themenportal Wald: Förderoptionen für Privatwaldbesitzer. Abgerufen am 12. Oktober 2026, von https://wald.fnr.de/foerderung/foerderoptionen-privatwaldbesitzer

Erstmals wird ein umfassender Waldbericht auf Grundlage von aktuellen Geodaten und überwiegend fernerkundlich abgeleiteten Indikatoren vorgelegt. Nicht nur Ansatz, Datengrundlage, räumliche Auflösung und Genauigkeit bedeuten eine Innovation, sondern ebenso werden komplexe Analysen und statistische Auswertungen vorgelegt, die es bisher noch nicht gegeben hat.

Ein entsprechender Bericht zum Zustand und zur Entwicklung der Waldökosysteme und die Nutzung von Fernerkundungsdaten wurden schon seit Längerem gefordert,[17] aber bislang weder von Bund noch Ländern umgesetzt. Zuletzt gab es entsprechende Empfehlungen aus dem Wissenschaftlichen Beirat für Natürlichen Klimaschutz,[18] der eine entsprechende Studie in Auftrag gab. Diese hat einen angemessenen Reifegrad eines zu den Waldinventuren komplementären fernerkundungsbasierten Monitorings von Waldökosystemen bestätigt.

Selbstverständlich kann es auch in der hier vorgelegten Studie nicht gelingen, sämtliche relevante oder wünschenswerte Aspekte zu untersuchen. Die verfügbaren Daten genügen bei Weitem nicht, der Komplexität von Waldökosystemen mit ihren diversen Lebensformen, Organismen, Interaktionen und Funktionen gerecht zu werden. Insofern ist dieser Bericht als Anstoß und Beginn eines Prozesses zu verstehen, der weitere Ressourcen und vor allem Aufgeschlossenheit erfordert.

Die Wald-Allianz und ihre Gründungsorganisationen legen hiermit einen ersten Bericht für die Wälder in Deutschland vor. Der Bericht soll helfen, den Umgang mit unseren Wäldern auf einer fundierten Wissensbasis zu diskutieren, bisherige Strategien kritisch zu hinterfragen und aus den gewonnenen Erkenntnissen zu lernen.

Zugleich soll der Bericht Impulse für die Weiterentwicklung des gesamten Umweltmonitorings geben – auch über den Wald hinaus. Moderne Technologien ermöglichen eine räumlich differenzierte Berichterstattung mit hoher zeitlicher und räumlicher Auflösung. Dieses Potenzial gilt es künftig auch für andere Ökosysteme zu nutzen.

INFO: Verschärfung der Waldkrise und weniger Waldberichterstattung? Das Beispiel Brandenburg

Im Jahr 2026 entschied die brandenburgische Landesregierung, die jährliche Präsentation des Waldzustandsberichts im Rahmen des Bürokratieabbaus zu streichen und künftig nur noch alle fünf Jahre zu berichten.[14,15]

Die Daten zum Waldzustand sollen gemäß aktueller Ankündigungen zwar weiterhin erhoben und an den Bund übermittelt werden, doch ein eigenständiger, für die Öffentlichkeit aufbereiteter Landesbericht würde künftig wegfallen. Damit würde ein gezielter Abbau von Transparenz und eine Beschränkung öffentlicher Kontrolle einhergehen. Offenbar sind auch entsprechende Änderungen des Waldgesetzes vorgesehen. Künftig solle dem Landtag nur noch alle fünf Jahre Bericht erstattet werden, und die jährliche Pflicht zur öffentlichen Information soll vollständig wegfallen. Während Interessenverbände wie das Forum Natur (Zusammenschluss von Verbänden im ländlichen Raum, u. a. Landesbauernverband, Landesjagdverband und Waldbesitzerverband) die Entscheidung der Regierung als Entlastung der Verwaltung verstehen, äußerten sowohl Naturschutzverbände als auch einzelne Waldbesitzende Kritik.[16]

Tatsächlich ist eine weniger ambitionierte Waldberichterstattung angesichts der drohenden und sich realisierenden Risiken für die Wälder nicht nur ein falsches Signal der staatlichen Kommunikation mit den Bürger:innen, sondern bedeutet letztlich auch den Versuch, sich aus der Verantwortung zu stehlen, über den Zustand der Umwelt aufzuklären, diesen zu interpretieren und vor allem auch zu erläutern, wie die Befunde im Zusammenhang mit dem eigenen Handeln eingeordnet werden. Die Entscheidung ist angesichts der Ablehnung evidenzbasierten Handelns in Teilen der Gesellschaft besorgniserregend. Dass die Landnutzungsverbände die Entscheidung begrüßen, deutet an, dass die Bereitschaft, aus Fehlern und Schäden zu lernen, unter Umständen beschränkt ist.

[14] Märkische Oderzeitung. (2026, 26. August). Wald in Brandenburg: Wieso Ministerin Mittelstädt den Zustandsbericht abschafft. Abgerufen am 12. Oktober 2026, von https://www.moz.de/nachrichten/brandenburg/natur-in-brandenburg-ministerin-mittelstaedt-schafft-den-wald-zustandsbericht-ab-79414096.html

[15] Lassiwe, B. (2026, 3. März). Brandenburgs Wälder vor dem Kollaps? Geheimer Bericht enthüllt dramatische Schäden. Nordkurier. Abgerufen am 12. Oktober 2026, von https://www.nordkurier.de/regional/brandenburg/brandenburgs-waelder-vor-dem-kollaps-geheimer-bericht-enthuellt-dramatische-schaeden-4405443

[16] Bauernzeitung. (2026, 29. August). Brandenburg will jährlichen Waldzustandsbericht abschaffen – was sind die Folgen? Abgerufen am 12. Oktober 2026, von https://www.bauernzeitung.de/regional/brandenburg/brandenburg-will-jaehrlichen-waldzustandsbericht-abschaffen-folgen-1626500-millionen-euro-unterstuetzt

[17] Ibisch, P.L., C. Gohr, D. Mann & J.S. Blumröder (2021): Der Wald in Deutschland auf dem Weg in die Heißzeit. Vitalität, Schädigung und Erwärmung in den Extremsommern 2018-2020. Centre for Econics and Ecosystem Management an der Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde für Greenpeace. Eberswalde. 96 pp. DOI: 10.13140/RG.2.2.31704.62724.

[18] Herold, A., Drösler, M., Boetius, A., Bolte, A., Evers, M., Gattinger, A., Grethe, H., Hansen, R., Ibisch, P. L., Köck, W., Pongratz, J., Rehdanz, K., Settele, J., Tanneberger, F., Temperton, V. M., & Zschiesche, M. (2025). Optionen zur Weiterentwicklung des Aktionsprogramms Natürlicher Klimaschutz. https://agris.fao.org/search/en/providers/125098/records/6970afb7bd789e57df2ccdef



© Greenpeace

2. Waldeigentum – Wem gehört der Wald in Deutschland?

Wie der Wald bewirtschaftet wird, hängt – wie im Falle anderer Flächen auch – wesentlich von den Entscheidungen der Eigentümer:innen ab, deren Management allerdings die relevanten Gesetze zu respektieren hat.[20] Eine gewisse Diversität des Waldeigentums hat in der Bundesrepublik Deutschland sowie in den Vorgängerstaaten eine lange Tradition.[21,22] Im Gegensatz zu vielen anderen Ländern befindet sich mit ungefähr der Hälfte der Flächen ein wesentlicher Anteil des Waldes in Privatbesitz. Entsprechend befindet sich nur etwa die Hälfte des Waldes in Deutschland in öffentlicher Hand. Eigentümer:innen sind Bund, Länder oder Körperschaften. Unter Körperschaften fallen zum Beispiel Städte und Kommunen.[23]

Waldbesitz[24] ist in der Waldgesetzgebung in Deutschland untrennbar mit Pflichten gegenüber der Allgemeinheit verbunden. Das Bundeswaldgesetz (BWaldG) verpflichtet alle Waldbesitzer:innen dazu, ihren Wald ordnungsgemäß und nachhaltig zu bewirtschaften.[25] Dieser Grundsatz findet sich auch in allen Landesgesetzen wieder und bildet den gesetzlichen Mindestanspruch. Darüber hinaus gibt es Unterschiede zwischen den Eigentumsarten. Der Staatswald (Bundes- und Landeswald) soll dem Allgemeinwohl in besonderem Maße dienen und in seiner Bewirtschaftung eine Vorbildfunktion erfüllen.[26] In den meisten Bundesländern soll auch die Bewirtschaftung des Körperschaftswaldes eine Zielsetzung verfolgen, die am Gemeinwohl ausgerichtet ist und den Interessen der Bevölkerung dient.[27] Die privaten Waldbesitzer:innen haben hingegen größere Freiheiten und können grundsätzlich frei über die Ziele, Baumarten und Maßnahmen der Bewirtschaftung im Rahmen der gesetzlichen Vorgaben entscheiden.[28]

Allerdings ist bedeutsam, dass nicht sämtliche Komponenten der Waldökosysteme besessen werden können. Hierzu zählen etwaige Bodenschätze[29] oder das Ökosystemwasser[30] und nicht zuletzt auch die Tiere, die gemäß § 960 Abs. 1 des Bürgerlichen Gesetzbuches (BGB) als „herrenlose Geschöpfe“ anzusehen sind, solange sie in Freiheit leben. Eine gewisse Ausnahme gilt für Tiere, die dem Jagdrecht unterliegen,[31] aber z. B. Springschwänze, Regenwürmer oder Singvögel gehören niemandem. Der Status von Nichttieren und Nichtbäumen, die nicht mit dem Boden zusammenhängen, ist gar nicht geregelt. Auch die Interaktionen zwischen Lebewesen im Wald und die resultierenden ökosystemaren Prozesse wie Bestäubung und Samenausbreitung oder Verdunstung von Wasser können nicht besessen werden.[32]

Die Zahlen zum Waldeigentum liefert üblicherweise die Bundeswaldinventur (BWI). Die BWI erfasst alle zehn Jahre, wie viel Wald den unterschiedlichen Eigentumsarten zuzuordnen ist. Die Ergebnisse werden statistisch ausgewertet und veröffentlicht. Sie basieren auf einem systematischen Stichprobendesign und liefern keinen flächendeckenden Raumbezug für detaillierte räumliche Analysen.[33]

Im Waldökosystembericht der Wald-Allianz wird erstmals ein neuer, bundesweit aggregierter und harmonisierter Geodatensatz der Waldeigentumsarten verwendet. Somit kann in den räumlichen Analysen zum Waldzustand berücksichtigt werden, wem die Waldflächen gehören. Die daraus gewonnenen Erkenntnisse ermöglichen zielgerichtete Handlungsempfehlungen nach Eigentumsart.

---

[20] Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz: Gesetz zur Erhaltung des Waldes und zur Förderung der Forstwirtschaft (Bundeswaldgesetz). https://www.gesetze-im-internet.de/bwaldg/BJNR010370975.html. Letzter Zugriff: 06.10.2026

[21] Schmidt, U.E.: Geschichte des Waldeigentums und der Forstwirtschaft. In: Depenheuer, Möhring: Waldeigentum: Dimensionen und Perspektiven. 2010, S. 23–42.

[22] Brakensiek, S.: Traditionen und neuere Tendenzen der deutschen Forschung zur Geschichte ländlicher Gemeingüter. 2015

[23] Riedel, T., Bender, S., Henning, P., Kroiher, F., Schnell, S., Schwitzgebel, F., Stauber, T., Stahlmann, J. K., & Kühling, M. (2026). Der Wald in Deutschland—Ausgewählte Ergebnisse der vierten Bundeswaldinventur. Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL).

[24] Waldbesitzer:innen sind nach BWaldG Waldeigentümer:innen und Nutzungsberechtigte, § 4 BWaldG

[25] § 11 Abs. 1 BWaldG

[26] z.B. Art. 18 Abs. BayWald, § 45 Abs. 1 LWaldG BW, § 45 Abs. 1 SächsWaldG, § 31 Abs. 1 ThürWaldG

[27] z. B. § 26 Abs. 1 LWaldG RP, § 46 LWaldG BW, § 27 LWaldG BB, § 6 Abs. 2 LWaldG MV

[28] z. B. § 35 Abs. 1 ThürWaldG, § 5 Abs. 2 HWaldG, § 7 Abs. 1 LWaldG RP

[29] § 3 BBergG

[30] § 4 Abs. 2 WHG



2.1 Geodaten der Waldeigentumsarten

Der bundesweit aggregierte und harmonisierte Datensatz zeigt die räumliche Verteilung von Bundeswald, Landeswald, Privatwald und Körperschaftswald in Deutschland (siehe Abbildung 2). Der Datensatz basiert auf Geodaten der Waldeigentumsarten aus 16 Bundesländern, die der Öffentlichkeit zuvor überwiegend nicht zugänglich waren und im Rahmen einer Datenrecherche mithilfe von Auskunftsrechten erstritten wurden (siehe Infobox). Vor der Recherche führten lediglich drei Bundesländer entsprechende Geodaten in ihren Geoportalen. Während der aggregierte Datensatz für zehn Bundesländer vollständige Geodaten der Waldeigentumsarten enthält, basiert er bei den restlichen sechs Bundesländern auf Geodaten in unterschiedlicher Vollständigkeit (siehe Abbildung 2). Auch bei Datenquellen, Datenaktualität und Klassifizierung gibt es Abweichungen zwischen den Bundesländern.

Hinsichtlich der regionalen Vollständigkeit gibt es die größten Leerstellen in Nordrhein-Westfalen und Schleswig-Holstein. Diese Bundesländer lieferten ausschließlich Daten zum Landeswald. Auch für Berlin liegt nur Landeswald vor, allerdings deckt dieser ca. 97 Prozent der Waldflächen ab[35,36]. Für Hessen, Niedersachsen und Hamburg liegen Teildatensätze vor, die neben dem Landeswald einzelne weitere Eigentumsarten enthalten (siehe Anhang, Tabelle 13). Hinsichtlich der Vollständigkeit nach Eigentumsart fehlt die Kategorie Privatwald am häufigsten in den amtlichen Datensätzen. Somit ist für statistische Auswertungen des Datensatzes stets die unterschiedliche Vollständigkeit der Daten in den Bundesländern zu berücksichtigen. Darüber hinaus variiert die Aktualität der Daten zwischen den Bundesländern und reicht von 2014 bis 2026 (siehe Anhang, Tabelle 12). Für Teile des Körperschaftswaldes in Schleswig-Holstein, liegt kein Erstellungsdatum vor. In Einzelfällen kann auch die Klassifizierung der Eigentumsarten zwischen den Bundesländern variieren. Je nach Landeswaldgesetz wird Kirchenwald in manchen Bundesländern als Körperschaftswald und in anderen Bundesländern als Privatwald geführt. Waldflächen der Treuhand werden hingegen je nach Bundesland als Bundes- oder Privatwald geführt (siehe Anhang, Tabelle 13). Der Geodatensatz kann im Greenpeace-Datenportal heruntergeladen werden.[37]

[31] § 1 Abs. 1 BJagdG

[32] § 90 BGB

[33] Thünen-Institut: Aufnahmeanweisung für die vierte Bundeswaldinventur (BWI 2022). https://bwi.info/Download/de/Methodik/Aufnahmeanweisung_BWI2022_20210629.pdf. Letzter Zugriff: 05.10.2026
Anmerkung: Die Stichproben werden innerhalb eines Gitternetzes mit einer Quadratgröße von 4 x 4 km verteilt. In manchen Landesteilen sind die Quadrate im Gitternetz auf eine Größe von bis zu 2 x 2 km verdichtet.

[34] Berliner Forsten: Mail vom 24.10.2025.

[35] Thünen-Institut: Vierte Bundeswaldinventur (2022) > Wem gehört der Wald? https://bwi.info. Zugriff: 29.09.2026.

[36] Greenpeace-Datenportal: Geodaten zum Waldeigentum in Deutschland. https://daten.greenpeace.de/dataset/geodaten-waldeigentum-deutschland

Bundesweit harmonisierter Datensatz der Waldeigentumsarten

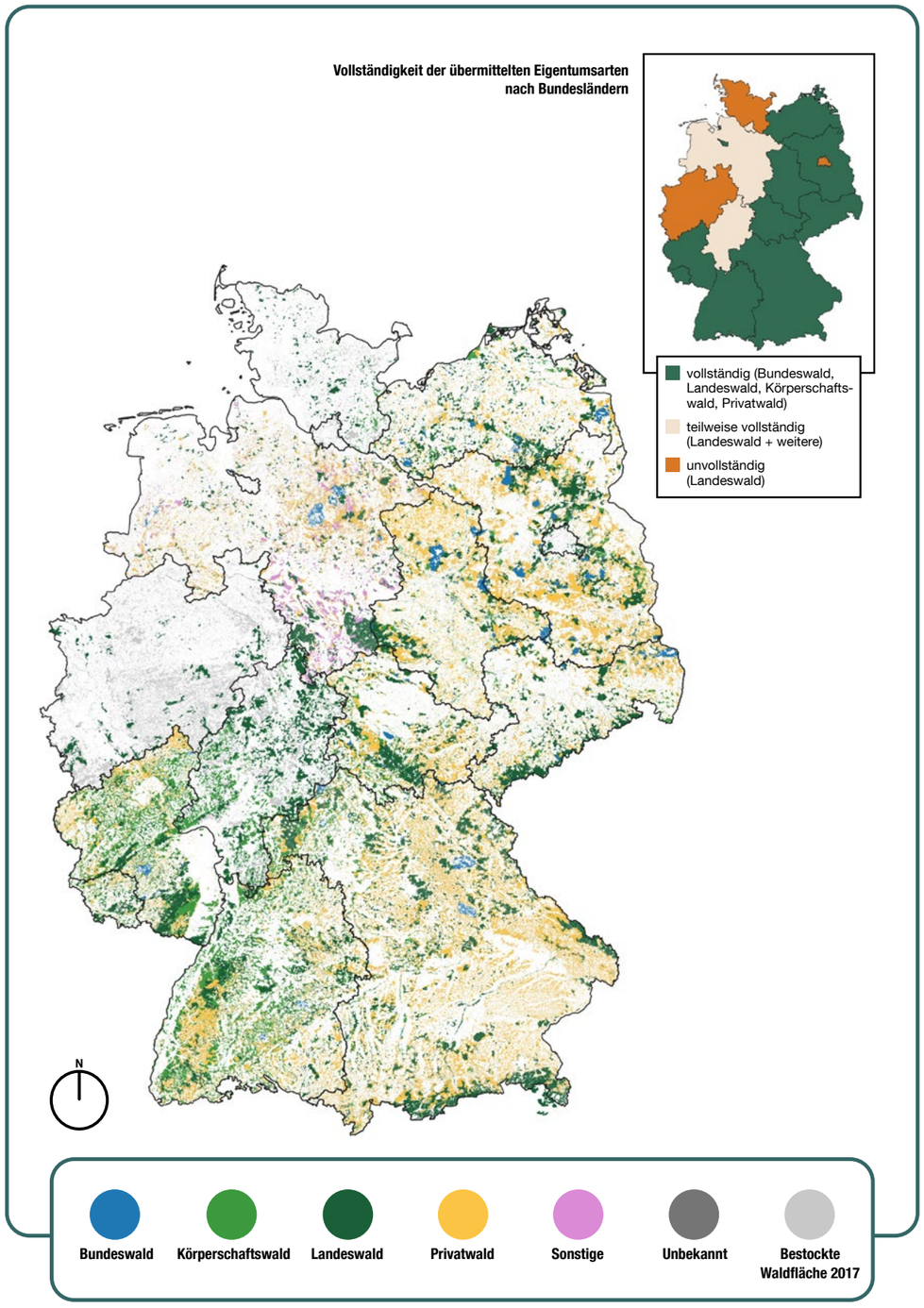


Abbildung 2 *Bundesweit harmonisierter Datensatz der Waldeigentumsarten mit unterschiedlicher Vollständigkeit der übermittelten Eigentumsarten nach Bundesländern. Die Klassen Sonstige und Unbekannt wurden ergänzt für Mischklassen und amtlich unbekannte Eigentumsverhältnisse. Hellgraue Flächen zeigen die bestockten Waldflächen aus 2017, die die amtlich gelieferten Daten zum Eigentum nicht abdecken. (Quellen: amtliche Daten der Bundesländer; Körperschaftswald in Schleswig-Holstein basiert auf nichtamtlichen Quellen).*

INFO: Die Recherche hinter den Geodaten zum Waldeigentum

Der hier genutzte bundesweit aggregierte Geodatensatz zum Waldeigentum wurde durch eine investigative Recherche von Greenpeace Investigativ und FragDenStaat öffentlich zugänglich gemacht. Der Datensatz ermöglicht erstmals, in bundesweiten räumlichen Analysen die Eigentumsverhältnisse von Waldflächen zu berücksichtigen. Die Recherche begann in den Geoportalen der Bundesländer. Für Baden-Württemberg, Brandenburg und das Saarland waren Geodaten zu den Waldeigentumsarten direkt im Geoportal oder auf einfache Anfrage erhältlich.

Für die übrigen Bundesländer wurden die Daten bei Behörden und Ministerien auf Grundlage von Auskunftsrechten angefragt. Da es sich bei Waldeigentumsdaten[38] um Umweltinformationen handelt, greift das Umweltinformationsgesetz (UIG). Jede Person hat Anspruch auf freien Zugang zu Informationen, die die Umwelt betreffen. Dieser Anspruch besteht z. B. gegenüber Bundes- und Landesbehörden sowie weiteren Stellen der öffentlichen Verwaltung.[39] Die Antworten der Behörden und Ministerien zeigten jedoch Unterschiede in Verfügbarkeit und Qualität der Daten sowie in der Bereitschaft zur Transparenz.

Eine Freigabe nach interner Prüfung wurde innerhalb von einigen Monaten im Fall von Rheinland-Pfalz, Mecklenburg-Vorpommern, Bayern und Thüringen gewährt[40]. In Hamburg und Hessen wurde nur ein Teil der angefragten Daten bereitgestellt.

In zwei Bundesländern erfolgte der Zugang zu den Daten nach rechtlicher Intervention: In Sachsen bot die Forstbehörde die Daten entgegen dem sächsischen Transparenzgesetz gegen Kosten und strenge Nutzungsbedingungen an, erst ein formeller Widerspruch führte zum Erfolg.

In Sachsen-Anhalt stellte der Direktor der Forstbehörde die Anwendbarkeit des UIG infrage[41]. Nach einem anwaltlichen Schreiben wurde der Fall erneut juristisch geprüft und Zugang zu den Daten gewährt.

In anderen Bundesländern wurden die Daten kostenpflichtig aufbereitet: Niedersachsen und Bremen erstellten den Datensatz auf Anfrage gegen Gebühren, obwohl die Geodaten nicht in der angefragten Form vorlagen.

Keine Bereitstellung gab es in Berlin, Nordrhein-Westfalen und Schleswig-Holstein: Die drei Bundesländer gaben keine Geodaten heraus, die über die in allen Bundesländern verfügbaren Daten des Landeswaldes hinausgehen. Die Behörden begründeten dies damit, dass entsprechende Geodaten nicht vorliegen, und lehnten eine Erstellung ab. Im Gegensatz zu den anderen beiden Bundesländern deckt der Berliner Landeswald fast die gesamten Waldflächen des Bundeslandes ab.

Insbesondere in Nordrhein-Westfalen und Schleswig-Holstein sollte die Digitalisierungsarbeit beschleunigt werden, damit zukünftig offizielle Daten in der Vollständigkeit und Qualität wie in den anderen Bundesländern vorliegen.

Um die lückenhafte Bereitstellung amtlicher Daten zu kompensieren, wurden für einen Teil des Körperschaftswaldes in Schleswig-Holstein auf Basis nichtamtlicher und öffentlich zugänglicher Quellen eigenständig entsprechende Geodaten erstellt.

[38] Waldeigentumsdaten meint Waldflächen kategorisiert nach BWaldG in die Eigentumsarten Bundeswald, Landeswald, Körperschaftswald und Privatwald, ohne Personenbezug.

[39] Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz: Umweltinformationsgesetz (UIG). https://www.gesetze-im-internet.de/uig_2005/BJNR370410004.html. Letzter Zugriff: 26.10.2026.

[41] Landeszentrum Wald Sachsen-Anhalt: Mail von 07.01.2026.



3.1 Waldfläche und dominierende Baumarten

3.1.1 Waldflächen

Die Waldfläche in Deutschland beträgt laut des amtlichen topografischen Informationssystems (ATKIS) 11,4 Millionen Hektar und laut der vierten Bundeswaldinventur 11,5 Millionen Hektar.[41] Davon ist nicht jede Fläche mit Bäumen bedeckt. Um eine sogenannte bestockte, also mit Bäumen bewachsene Fläche, die sogenannte Holzbodenfläche, abzuleiten, haben wir anhand von Fernerkundungsdaten eine Waldfläche von 12,4 Millionen Hektar[42] ermittelt. Das entspricht einem Anteil von 34,8 Prozent der Landesfläche (35,8 Millionen Hektar).

Aufgeteilt auf die Bundesländer zeigt Tabelle 1 die Waldflächenanteile und die ATKIS Waldflächenanteile sowie deren Differenz. In den Stadtstaaten Berlin, Bremen und Hamburg ist die erfasste bestockte Fläche höher, weil dort auch baumbestandene Flächen in Parks und Grünanlagen berücksichtigt werden. Voraussetzung ist, dass diese Flächen die Mindestgröße einer Bestockungsfläche von 0,03 Hektar überschreiten.


© Pierre L. Ibisch

Tabelle 1 *Waldflächenanteile in Deutschland und in den Bundesländern.*

Bundesland	Flächengröße [Hektar]	Waldfläche [Hektar]	in [%]	Waldfläche ATKIS [Hektar]	in [%] ATKIS	Differenz in [%]
Deutschland	**35.799.301**	**12.464.590**	**34,8**	**11.401.979**	**31,8**	**3,0**
Bayern	7.060.961	2.652.635	37,6	2.608.743	36,9	0,6
Baden-Württemberg	3.575.142	1.512.365	42,3	1.421.368	39,8	2,5
Niedersachsen	4.774.509	1.324.866	27,7	1.161.387	24,3	3,4
Brandenburg	2.972.155	1.175.156	39,5	1.122.954	37,8	1,8
Nordrhein-Westfalen	3.412.196	1.097.359	32,2	880.031	25,8	6,4
Hessen	2.111.568	964.069	45,7	883.904	41,9	3,8
Rheinland-Pfalz	1.986.312	934.757	47,1	844.862	42,5	4,5
Mecklenburg-Vorpommern	2.332.726	622.842	26,7	581.790	24,9	1,8
Sachsen	1.849.242	613.348	33,2	549.708	29,7	3,4
Thüringen	1.620.966	608.535	37,5	559.991	34,5	3,0
Sachsen-Anhalt	2.057.052	515.415	25,1	475.981	23,1	1,9
Schleswig-Holstein	1.582.530	264.091	16,7	192.847	12,2	4,5
Saarland	257.234	113.817	44,2	95.921	37,3	7,0
Berlin	89.376	36.555	40,9	16.494	18,5	22,4
Hamburg	75.304	22.245	29,5	4.986	6,6	22,9
Bremen	42.020	6.528	15,5	1.009	2,4	13,1

[41] Riedel, T., Bender, S., Henning, P., Kroiher, F., Schnell, S., Schwitzgebel, F., Stauber, T., Stahlmann, J. K., & Kühling, M. (2026). Der Wald in Deutschland – Ausgewählte Ergebnisse der vierten Bundeswaldinventur. Bundesministerium für Landwirtschaft, Ernährung und Heimat (BMELH).

[42] Welle, T., Aschenbrenner, L., Kuonath, K., Kirmaier, S., & Franke, J. (2022). Mapping Dominant Tree Species of German Forests. Remote Sensing, 14(14), 3330. https://doi.org/10.3390/rs14143330

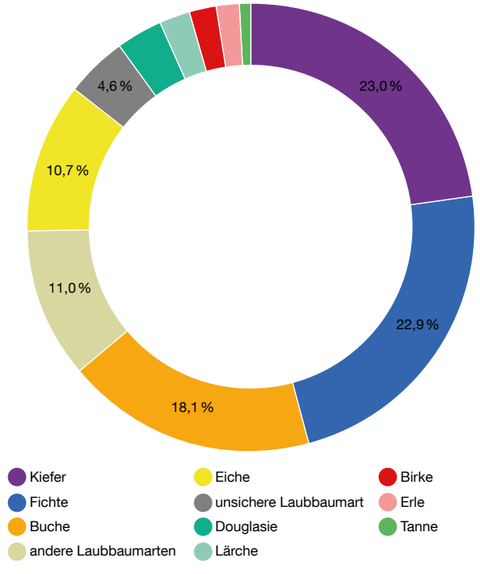
3.1.2 Baumartenzusammensetzung in Deutschland und den Bundesländern

Die Baumartenzusammensetzung ist eine wichtige Grundlage für fast alle Entscheidungen den Wald betreffend. Insbesondere für das Risikomanagement und die Klimaanpassung ist es von Bedeutung zu wissen, wo welche Arten stehen. Weiterhin ist es für die Waldumentwicklung wichtig, da zukünftig anfällige Nadelholzbestände in Laubmischwälder überführt werden müssen. Weitere Gründe sind u. a. die wirtschaftliche Planung, der Waldschutz oder Naturschutz und Biodiversität. Mithilfe der Baumartenkarte kann diese Information flächendeckend für jedes Bundesland erfasst werden und für die individuelle Planung genutzt werden (siehe Abbildung 3).

Die Auswertung für Deutschland ergab, dass Kiefern-dominierte Forste mit 2,86 Millionen Hektar (23 Prozent) von allen Waldtypen die größte Ausdehnung aufweisen. Auf gleich hohem Niveau folgen die Fichtenforste auch mit 2,86 Millionen Hektar (22,9 Prozent). Danach folgen Buchenwälder mit einer Fläche von 2,25 Millionen Hektar (18,1 Prozent). Die Bestände mit anderen Laubbaumarten decken 11 Prozent der Waldfläche in Deutschland ab. Danach nehmen die Eichenwälder mit einer Fläche von 1,33 Millionen Hektar insgesamt etwa 10,7 Prozent des Waldes ein. Weiterhin konnten bei den Nadelbäumen zwischen Douglasie mit 0,42 Millionen Hektar (3,4 Prozent), Lärche mit 0,25 Millionen Hektar (2,1 Prozent) und der Tanne mit insgesamt 88.115 Hektar (0,7 Prozent) unterschieden werden. Neben Buche und Eiche werden noch die Birke mit 0,22 Millionen Hektar (1,8 Prozent) und auch die Erle mit 0,22 Millionen Hektar (1,8 Hektar) erfasst.

Von der insgesamt betrachteten Waldfläche von rund 12,4 Millionen Hektar wurden etwa 568.000 bzw. 4,6 Prozent der Klasse „unsichere Laubbaumart“ zugeordnet. Für diese Flächen ergab sich aus dem Mehrheitsentscheid der Jahresklassifikationen keine eindeutige dominante Baumartenklasse. Abbildungen 3 und 4 geben einen Überblick über die Baumartenverteilung in Deutschland.

Baumartenzusammensetzung in Deutschland



Baumart	Waldfläche [ha]	in [%]
Gesamt	12.464.591	100
Kiefer	2.861.989	23,0
Fichte	2.860.450	22,9
Buche	2.253.094	18,1
andere Laubbäume	1.367.631	11,0
Eiche	1.332.985	10,7
unsichere Laubbaumart	567.876	4,6
Douglasie	421.763	3,4
Lärche	261.896	2,1
Birke	226.565	1,8
Erle	222.227	1,8
Tanne	88.115	0,7

Abbildung 3 *Baumartenzusammensetzung in Deutschland.*

Verteilung der Hauptbaumarten

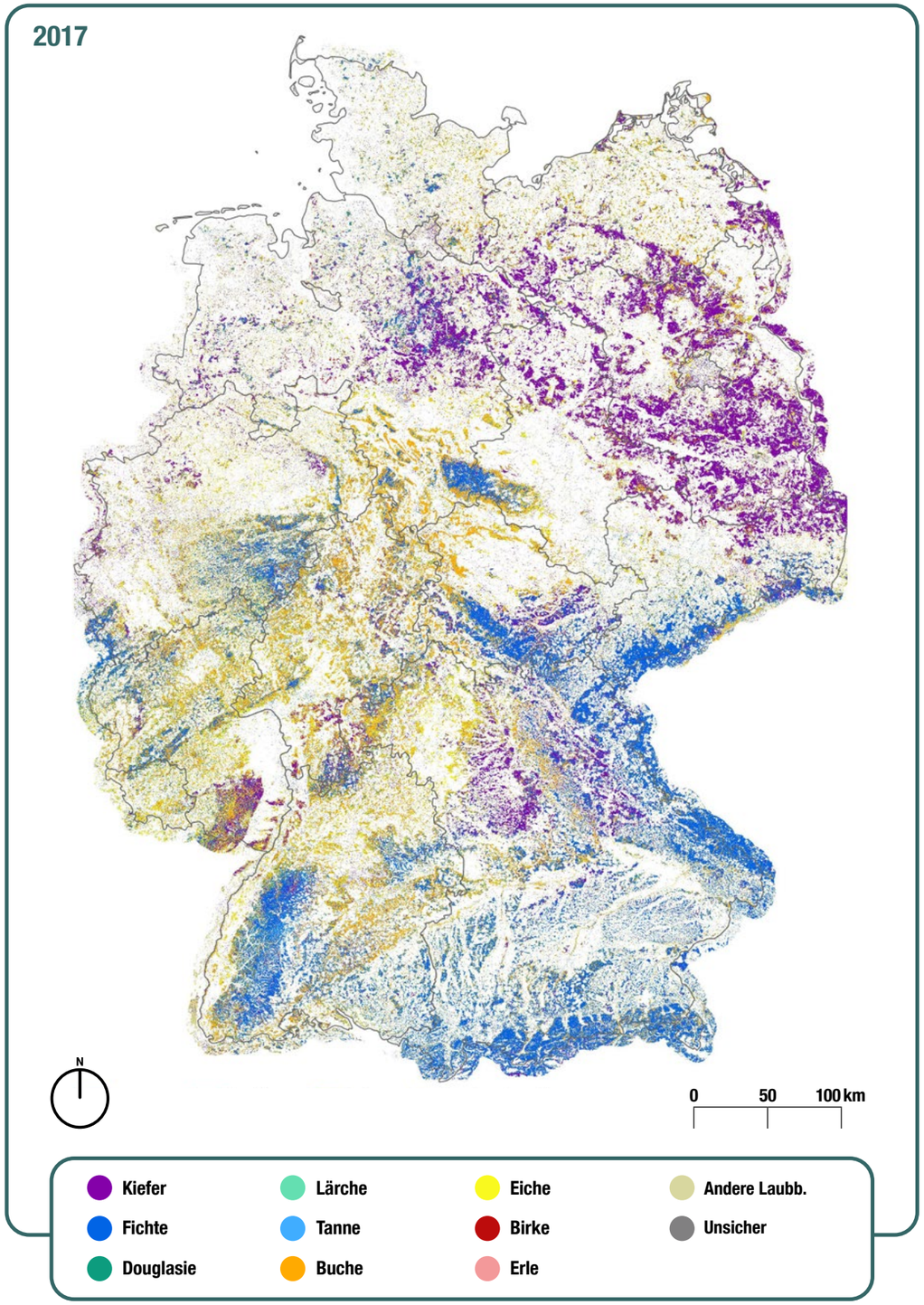
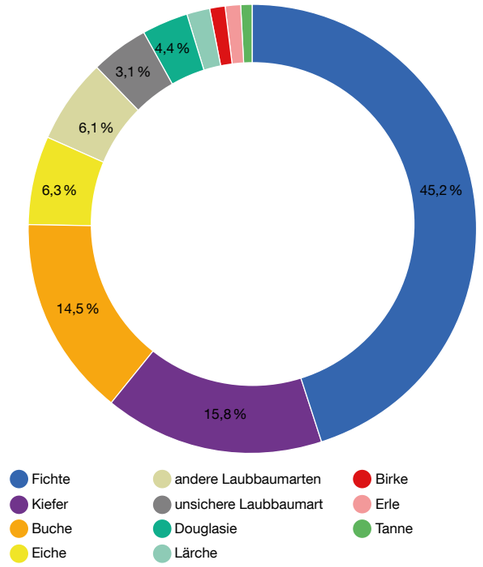


Abbildung 4 *Karte der dominanten Baumarten in Deutschland (2017). Quellen: Welle et al., 2022 & Wegler et al., 2025.*

Baumartenzusammensetzung in Bayern

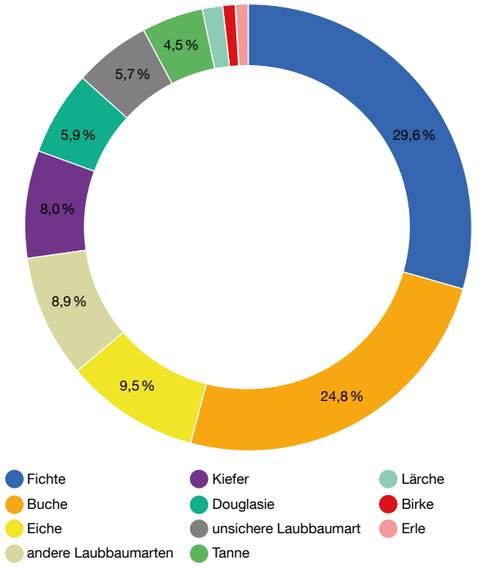


Baumart	Waldfläche [Hektar]	in [%]
Gesamt	2.652.636	100
Fichte	1.199.210	45,2
Kiefer	419.678	15,8
Buche	383.313	14,5
Eiche	168.406	6,3
andere Laubbäume	162.080	6,1
unsichere Laubbaumart	116.491	4,4
Douglasie	82.285	3,1
Lärche	46.965	1,8
Birke	31.519	1,2
Erle	27.864	1,1
Tanne	14.862	0,6

Abbildung 5 *Baumartenzusammensetzung in Bayern.*

Auf die Bundesländer bezogen ergibt sich ein differenzierteres Bild. Die Fichtenforste und -wälder in Bayern nehmen mit einem Flächenanteil von 45,2 Prozent den größten Teil ein. Danach folgt erst mit einem großen Abstand die Kiefer mit 15,8 und die Buche mit 14,5 Prozent. Die Nadelbaumbestände nehmen insgesamt zwei Drittel der Waldfläche in Bayern ein.

Baumartenzusammensetzung in Baden-Württemberg

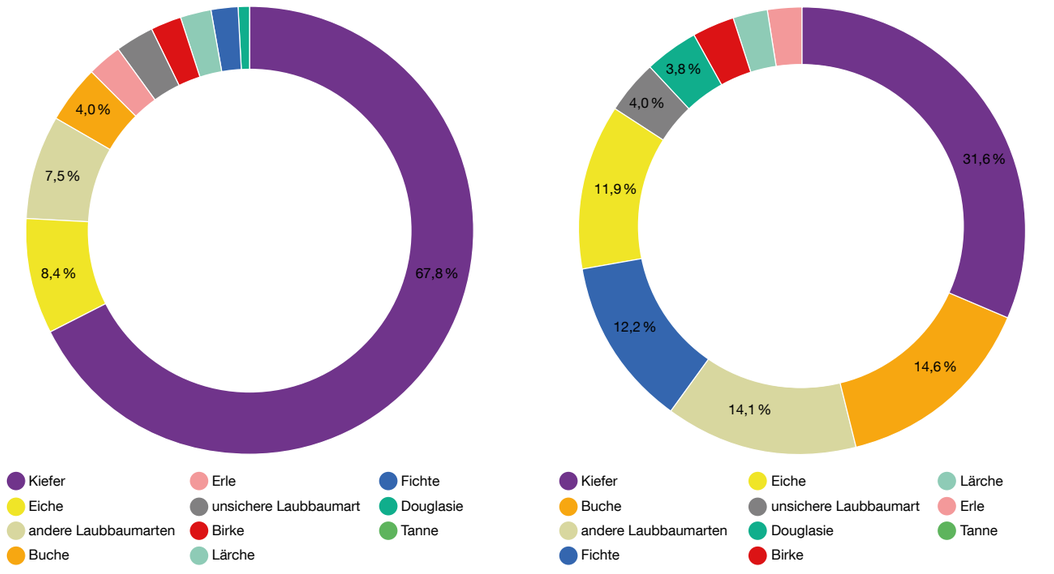


Baumart	Waldfläche [Hektar]	in [%]
Gesamt	1.512.365	100
Fichte	447.652	29,6
Buche	375.760	24,8
Eiche	143.480	9,5
andere Laubbäume	134.677	8,9
Kiefer	121.544	8,0
Douglasie	89.551	5,9
unsichere Laubbaumart	85.866	5,7
Tanne	68.679	4,5
Lärche	17.400	1,2
Birke	14.387	1,0
Erle	13.369	0,9

Abbildung 6 *Baumartenzusammensetzung in Baden-Württemberg.*

In Baden-Württemberg machen die Fichtenforste noch knapp ein Drittel der gesamten Waldfläche aus, gefolgt von der Buche mit knapp einem Viertel. Am drittstärksten ist die Eiche mit 9,5 Prozent vertreten. Der Anteil an Nadelbaumarten hält sich mit 49,2 Prozent fast die Waage gegenüber den Laubbaumarten mit 50,8 Prozent.

Baumartenzusammensetzung in Brandenburg



Baumart	Waldfläche [ha]	in [%]
Gesamt	1.175.157	100
Kiefer	797.064	67,8
Eiche	98.321	8,4
andere Laubbäume	87.738	7,5
Buche	46.594	4,0
Erle	31.158	2,7
unsichere Laubbaumart	30.326	2,6
Birke	27.681	2,4
Lärche	24.660	2,1
Fichte	23.737	2,0
Douglasie	7.865	0,7
Tanne	12	0

Abbildung 7 *Baumartenzusammensetzung in Brandenburg.*

Die Kiefernforste nehmen in Brandenburg mit 67,8 Prozent über zwei Drittel der Waldfläche ein. Danach folgen erst im einstelligen Bereich die Eichenwälder mit 8,4 Prozent, an dritter Stelle die Gruppe mit anderen Laubbäumen mit 7,5 Prozent. Aufgrund des hohen Anteils der Kiefer nehmen die Nadelbaumforste in Brandenburg insgesamt eine Fläche von 72,6 Prozent ein.

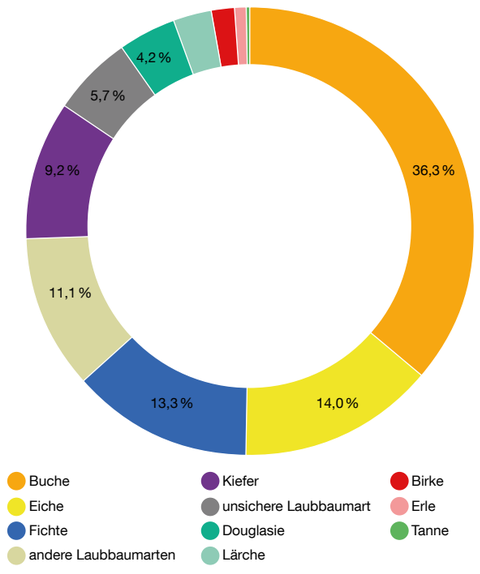
Baumartenzusammensetzung in Niedersachsen

Baumart	Waldfläche [Hektar]	in [%]
Gesamt	1.324.867	100
Kiefer	419.154	31,6
Buche	193.272	14,6
andere Laubbäume	186.163	14,1
Fichte	161.326	12,2
Eiche	158.283	11,9
unsichere Laubbaumart	52.470	4,0
Douglasie	50.285	3,8
Birke	39.193	3,0
Lärche	34.098	2,6
Erle	30.202	2,3
Tanne	420	0

Abbildung 8 *Baumartenzusammensetzung in Niedersachsen.*

Auch in Niedersachsen machen die Kiefernforste mit 31,6 Prozent den größten Waldflächenanteil aus. Auf Rang zwei folgen die Buchenwälder mit 14,6 Prozent, danach folgen die Bestände mit anderen Laubbaumarten mit einem Flächenanteil von 14,6 Prozent. Der Anteil an Nadelforsten zu Laubwäldern ist in Niedersachsen ausgeglichen bei 50,2 Prozent zu 49,8 Prozent.

Baumartenzusammensetzung in Hessen

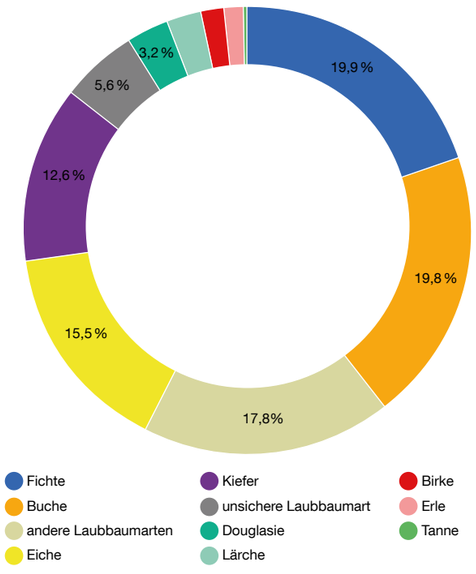


Baumart	Waldfläche [Hektar]	in [%]
Gesamt	964.070	100
Buche	349.821	36,3
Eiche	134.739	14,0
Fichte	127.809	13,3
andere Laubbäume	107.001	11,1
Kiefer	95.920	9,9
unsichere Laubbaumart	55.102	5,7
Douglasie	40.243	4,2
Lärche	26.930	2,8
Birke	15.474	1,6
Erle	9.828	1,0
Tanne	1.203	0,1

Abbildung 9 *Baumartenzusammensetzung in Hessen.*

In Hessen haben die Buchenwälder mit 36,3 Prozent den größten Waldanteil, gefolgt von Eichenwäldern mit 14 Prozent. Auf Rang drei kommen Fichtenforste mit einem Flächenanteil von 13,3 Prozent. In Hessen nehmen die Laubbaumarten insgesamt mehr als zwei Drittel (69,7 Prozent) an der Waldfläche ein.

Baumartenzusammensetzung in Nordrhein-Westfalen

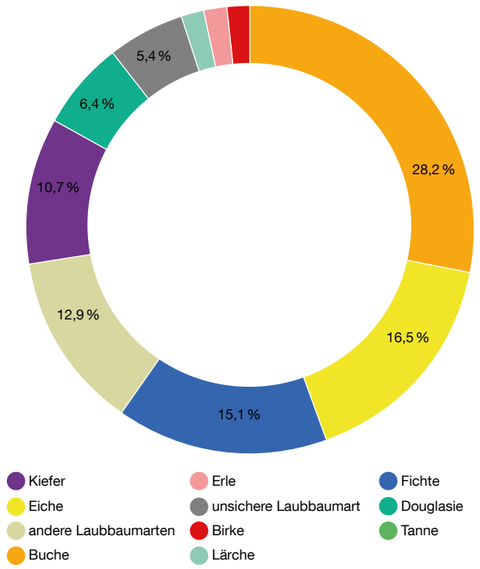


Baumart	Waldfläche [Hektar]	in [%]
Gesamt	1.097.359	100
Fichte	218.326	19,9
Buche	217.646	19,8
andere Laubbäume	194.943	17,8
Eiche	170.135	15,5
Kiefer	138.671	12,6
unsichere Laubbaumart	61.747	5,6
Douglasie	35.464	3,2
Lärche	25.103	2,3
Birke	19.557	1,8
Erle	15.206	1,4
Tanne	563	0,1

Abbildung 10 *Baumartenzusammensetzung in Nordrhein-Westfalen.*

Mit einem Fünftel nehmen die Fichtenforste Rang eins ein, gemeinsam mit den Buchenwäldern, die auch ein Fünftel an der Waldfläche in NRW ausmachen. Danach folgen mit 17,8 Prozent die Bestände mit anderen Laubbaumarten. Insgesamt nehmen die Laubwälder 61,9 Prozent der Waldfläche ein.

Baumartenzusammensetzung in Rheinland-Pfalz

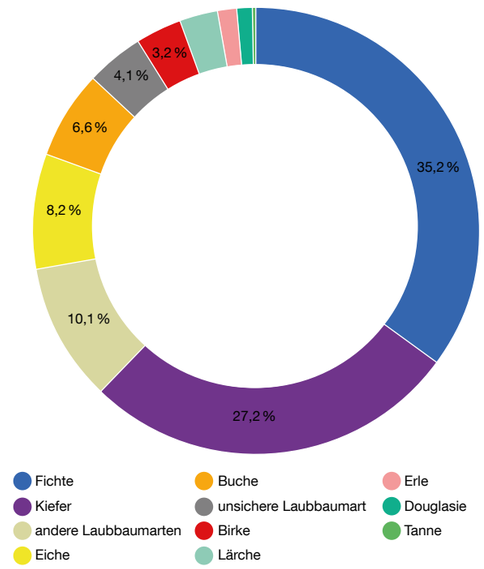


Baumart	Waldfläche [Hektar]	in [%]
Gesamt	934.758	100
Buche	263.705	28,2
Eiche	153.919	16,5
Fichte	141.109	15,1
andere Laubbäume	119.403	12,8
Kiefer	99.645	10,7
Douglasie	59.649	6,4
unsichere Laubbaumart	50.034	5,4
Lärche	17.868	1,9
Erle	14.897	1,6
Birke	14.095	1,5
Tanne	435	0

Abbildung 11 *Baumartenzusammensetzung in Rheinland-Pfalz.*

In Rheinland-Pfalz dominieren die Buchenwälder mit einem Anteil von 28,2 Prozent. An zweiter Stelle folgen die Eichenwälder mit 16,5 Prozent und auf Platz drei liegen die Fichtenforste (15,1 Prozent). Zusammen machen die Laubwälder damit zwei Drittel der gesamten Waldfläche aus.

Baumartenzusammensetzung in Sachsen

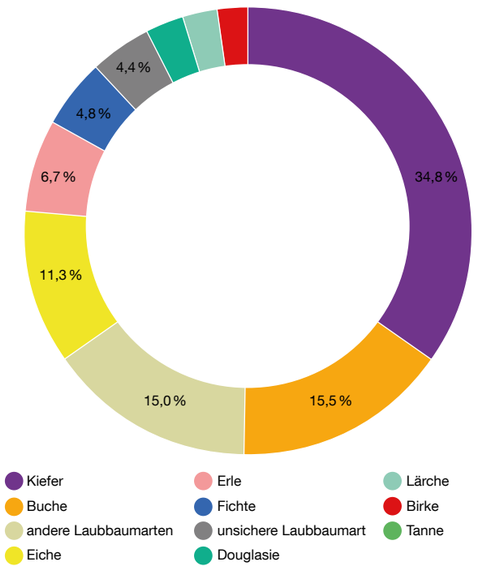


Baumart	Waldfläche [Hektar]	in [%]
Gesamt	613.348	100
Fichte	215.802	35,2
Kiefer	166.664	27,2
andere Laubbäume	62.002	10,1
Eiche	50.431	8,2
Buche	40.634	6,6
unsichere Laubbaumart	24.961	4,1
Birke	19.445	3,2
Lärche	17.000	2,8
Erle	8.713	1,4
Douglasie	7.299	1,2
Tanne	396	0,1

Abbildung 12 *Baumartenzusammensetzung in Sachsen.*

Die Nadelforste prägen die Waldlandschaft in Sachsen. Sie nehmen zwei Drittel der Fläche ein. Den größten Anteil daran haben die Fichtenforste (35,2 Prozent), gefolgt von den Kiefernforsten (27,2 Prozent). Erst mit Abstand folgen die Bestände mit anderen Laubbaumarten mit 10,1 Prozent.

Baumartenzusammensetzung in Mecklenburg-Vorpommern

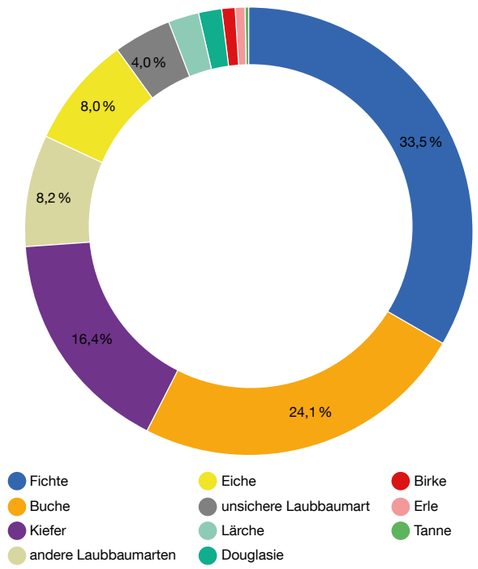


Baumart	Waldfläche [ha]	in [%]
Gesamt	622.842	100
Kiefer	216.686	34,8
Buche	96.353	15,5
andere Laubbäume	93.440	15,0
Eiche	70.393	11,3
Erle	41.647	6,7
Fichte	30.222	4,9
unsichere Laubbaumart	27.712	4,4
Douglasie	17.098	2,7
Lärche	15.548	2,5
Birke	13.618	2,2
Tanne	12	0

Abbildung 13 *Baumartenzusammensetzung in Mecklenburg-Vorpommern.*

Die Kiefernforste nehmen in Mecklenburg-Vorpommern mit über einem Drittel (34,8 Prozent) an der Waldfläche den größten Teil ein. Mit 15,5 Prozent folgen Buchenwälder und danach mit 15 Prozent die anderen Laubbaumarten. Das Verhältnis zu Nadelforsten und Laubwäldern beträgt 44,9 zu 55,1 Prozent.

Baumartenzusammensetzung in Thüringen

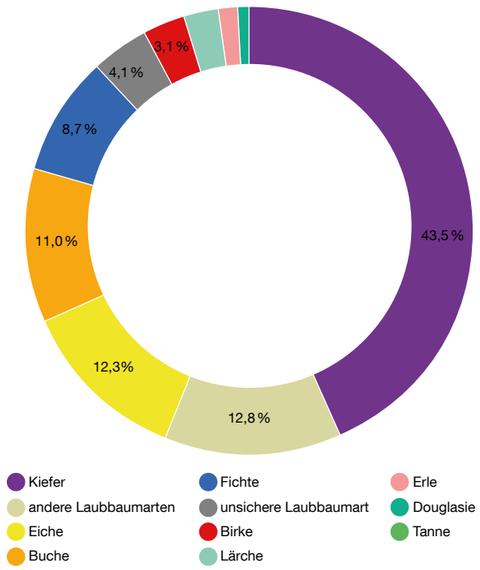


Baumart	Waldfläche [Hektar]	in [%]
Gesamt	608.535	100
Fichte	203.892	33,5
Buche	146.902	24,1
Kiefer	99.690	16,4
andere Laubbaumarten	49.785	8,2
Eiche	48.485	8,0
unsichere Laubbaumart	24.429	4,0
Lärche	13.989	2,3
Douglasie	9.823	1,6
Birke	5.885	1,0
Erle	4.405	0,7
Tanne	1.251	0,2

Abbildung 14 *Baumartenzusammensetzung in Thüringen.*

Die Fichtenforste machen mit 33,5 Prozent den größten Waldflächenanteil aus (28,2 Prozent). Danach folgen die Buchenwälder mit 24,1 Prozent. Auf Rang drei folgen die Kiefernforste mit 16,4 Prozent. Der Anteil an Nadel- zu Laubwäldern fällt in Thüringen zugunsten der Nadelforste aus (54 Prozent zu 46 Prozent).

Baumartenzusammensetzung in Sachsen-Anhalt

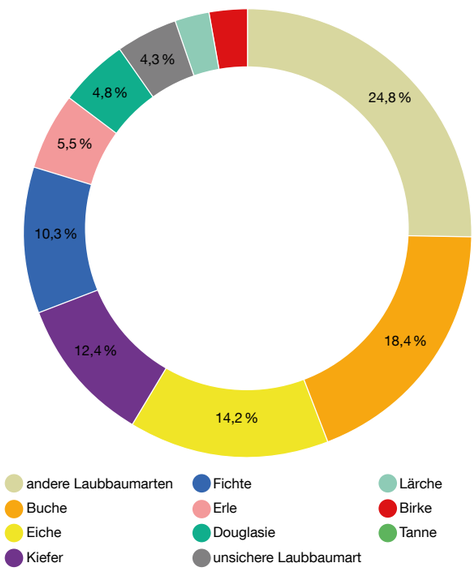


Baumart	Waldfläche [Hektar]	in [%]
Gesamt	515.415	100
Kiefer	224.171	43,5
andere Laubbäume	65.795	12,8
Eiche	63.571	12,3
Buche	56.796	11,0
Fichte	44.922	8,7
unsichere Laubbaumart	21.218	4,1
Birke	16.125	3,1
Lärche	11.620	2,3
Erle	7.701	1,5
Douglasie	3.423	0,7
Tanne	74	0

Abbildung 15 *Baumartenzusammensetzung in Sachsen-Anhalt.*

In Sachsen-Anhalt dominieren die Kiefernforste mit einem Waldflächenanteil von 43,5 Prozent. An zweiter Stelle folgen die Bestände mit anderen Laubbaumarten mit 12,8 Prozent und auf Platz drei liegen die Eichenwälder mit 12,3 Prozent. Die Nadelforste nehmen mit 55,1 Prozent mehr als die Hälfte der gesamten Waldfläche ein.

Baumartenzusammensetzung in Schleswig-Holstein

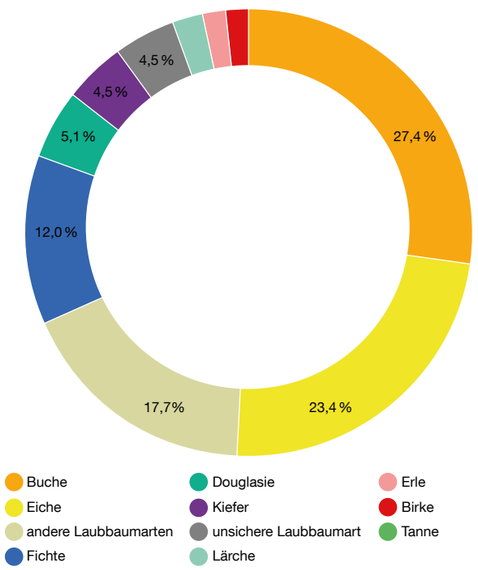


Baumart	Waldfläche [Hektar]	in [%]
Gesamt	264.092	100
andere Laubbäume	65.538	24,8
Buche	48.644	18,4
Eiche	37.374	14,2
Kiefer	32.840	12,4
Fichte	27.134	10,3
Erle	14.640	5,5
Douglasie	12.669	4,8
unsichere Laubbaumart	11.456	4,3
Lärche	6.969	2,6
Birke	6.718	2,5
Tanne	109	0

Abbildung 16 *Baumartenzusammensetzung in Schleswig-Holstein.*

Die Wälder und Bestände mit anderen Laubbaumarten haben mit 24,8 Prozent den größten Anteil an der Waldfläche in Schleswig-Holstein. Auf Rang zwei folgen die Buchenwälder mit 18,4 Prozent und danach nehmen die Eichenwälder eine Fläche von 14,2 Prozent ein. Damit machen die Laubwälder zusammen zwei Drittel der Waldfläche aus.

Baumartenzusammensetzung im Saarland

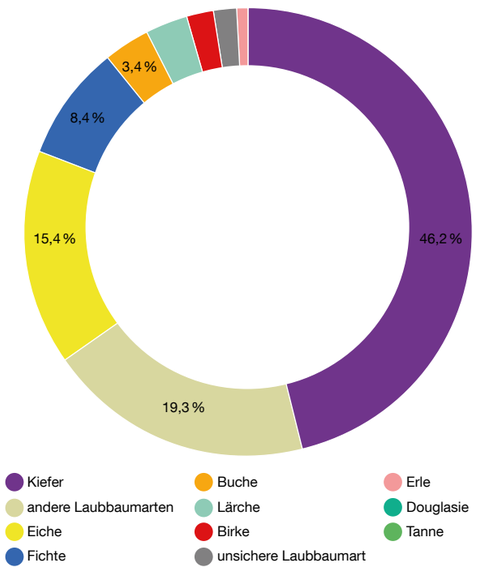


Baumart	Waldfläche [ha]	in [%]
Gesamt	113.817	100
Buche	31.203	27,4
Eiche	26.688	23,4
andere Laubbäume	20.115	17,7
Fichte	13.639	12,0
Douglasie	5.778	5,1
Kiefer	5.170	4,5
unsichere Laubbaumart	5.146	4,5
Lärche	2.531	2,2
Erle	1.951	1,7
Birke	1.575	1,4
Tanne	21	0

Abbildung 17 *Baumartenzusammensetzung im Saarland.*

Die Laubwälder prägen die Waldlandschaft im Saarland. Sie nehmen mit 76,2 Prozent den größten Anteil aller Bundesländer an der Waldfläche ein. Den größten Anteil daran haben die Buchenwälder mit 27,4 Prozent. Danach folgen die Eichenwälder mit 23,4 Prozent, gefolgt von den Wäldern mit anderen Laubbaumarten (17,7 Prozent).

Baumartenzusammensetzung in Berlin

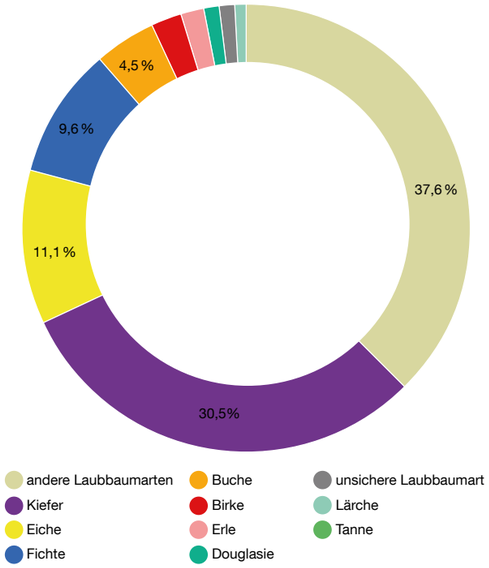


Baumart	Waldfläche [Hektar]	in [%]
Gesamt	36.556	100
Kiefer	16.871	46,2
andere Laubbäume	7.049	19,3
Eiche	5.628	15,4
Fichte	3.076	8,4
Buche	1.251	3,4
Lärche	1.053	2,9
Birke	704	1,9
unsichere Laubbaumart	622	1,7
Erle	285	0,8
Douglasie	17	0
Tanne	0	0

Abbildung 18 *Baumartenzusammensetzung in Berlin.*

Berlin hat insgesamt knapp 36.600 Hektar Waldfläche, davon nehmen die Kiefernforste mit 46,2 Prozent den größten Flächenanteil ein. Danach folgen mit 19,3 Prozent Waldtypen geprägt mit anderen Laubbäumen. Auf Rang drei sind die Eichenwälder mit 15,4 Prozent vertreten. Die Anteile der Nadelbaumarten auf der Waldfläche fallen mit 57,5 Prozent zugunsten der Nadelforste aus.

Baumartenzusammensetzung in Hamburg

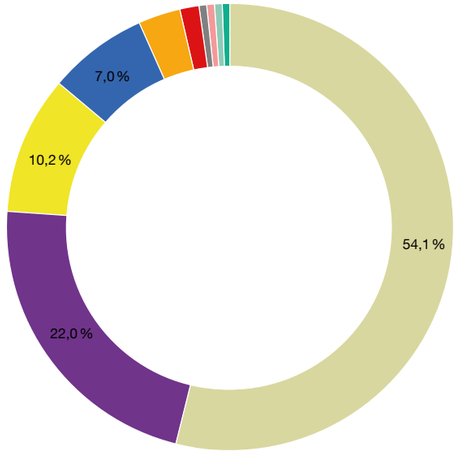


Baumart	Waldfläche [Hektar]	in [%]
Gesamt	22.246	100
andere Laubbäume	8.368	37,6
Kiefer	6.785	30,5
Eiche	2.463	11,1
Fichte	2.134	9,6
Buche	1.002	4,5
Birke	492	2,2
Erle	330	1,5
Douglasie	289	1,3
unsichere Laubbaumart	252	1,1
Lärche	130	0,6
Tanne	0	0

Abbildung 19 *Baumartenzusammensetzung in Hamburg.*

Die Laubwälder überwiegen mit einem Flächenanteil von 58 Prozent in Hamburg. Dabei nehmen Wälder mit anderen Laubbaumarten den größten Teil ein (37,6 Prozent). Auf Rang zwei folgen Kiefernforste mit 30,5 Prozent und danach Eichenwälder mit 11,1 Prozent.

Baumartenzusammensetzung in Bremen



Baumart	Waldfläche [Hektar]	in [%]
Gesamt	6.528	100
andere Laubbäume	3.533	54,1
Kiefer	1.436	22,0
Eiche	688	10,2
Fichte	460	7,0
Buche	198	3,0
Birke	96	1,5
unsichere Laubbaumart	45	0,7
Erle	33	0,5
Lärche	33	0,5
Douglasie	26	0,4
Tanne	0	0

Abbildung 20 *Baumartenzusammensetzung in Bremen.*

Auch im Stadtstaat Bremen haben die Laubwälder den größten Anteil an der Waldfläche. Mit über zwei Drittel (68,6 Prozent) Laubwäldern zu 31,4 Prozent Nadelforsten. Wie in Hamburg dominieren auch hier die Wälder mit anderen Laubbaumarten (54,1 Prozent) vor den Kiefernforsten mit 22 Prozent und den Eichenwäldern mit 10,2 Prozent.



© Dorothea Epperlein, Greenpeace

3.1.3 Waldstruktur – Vielfalt der Baumartenzusammensetzung

Die Waldstruktur beschreibt den räumlichen Aufbau eines Waldes. Dazu zählen welche lebenden und abgestorbenen Vegetationsformen vorhanden sind, welche Form und Größe diese besitzen und wie sie horizontal und auch vertikale im Raum angeordnet sind. In der Wissenschaft gibt es keine allgemein anerkannte Definition der Waldstrukturvielfalt oder Bestandskomplexität, doch lässt sie sich durch die räumliche, dreidimensionale Anordnung der Baumbestandteile beschreiben (Ehbrecht et al. 2017). In unserer Analyse versuchen wir geeignete Daten und Indikatoren zu nutzen, um Waldstrukturelemente ableiten zu können. Folgende Indikatoren wurden genutzt, um Merkmale der Waldstruktur zu beschreiben: die Baumartenvielfalt, der Flächenanteil mit mutmaßlichen Monokulturen, der Flächenanteil unterschiedlicher Baumhöhenklassen, sowie die Vielfalt der Kronenhöhenstruktur, der die Unterschiedlichkeit der vertikalen Struktur des Waldes beschreibt.

Die Artenvielfalt der im Kronenraum dominierenden Baumarten unterscheidet sich deutlich zwischen den Bundesländern (siehe Abbildung 21). Der Median des normierten Shannon-Index liegt in Rheinland-Pfalz mit 0,47, in Baden-Württemberg mit 0,46, in Nordrhein-Westfalen und dem Saarland mit 0,45 sowie in Hessen und Schleswig-Holstein mit 0,44 am höchsten. Im Mittelfeld liegen Mecklenburg-Vorpommern, Niedersachsen, Bayern, Thüringen und Sachsen (0,33 bis 0,37). Deutlich niedriger sind die Werte in Sachsen-Anhalt mit 0,27 und Brandenburg mit 0,12. Brandenburg hat den niedrigsten Wert, hier sind sogar ein Viertel der Waldfläche null, das heißt, dass dort nur eine Baumart vorkommt. Das 90. Perzentil liegt dagegen in allen Flächenländern zwischen 0,59 und 0,73. Auch in Ländern mit niedrigem Median gibt es also Waldflächen mit hoher Baumartenvielfalt, sie sind dort aber seltener. Die Balken mit dem 25. bis 75. Perzentil zeigen, in welchem Bereich die mittleren 50 Prozent der Waldfläche eines Bundeslandes liegen. Die übrigen Flächen liegen darunter oder darüber. Ein kurzer Balken zeigt, dass die Baumartenvielfalt im Land ziemlich einheitlich ist. Die meisten Waldflächen haben ähnliche

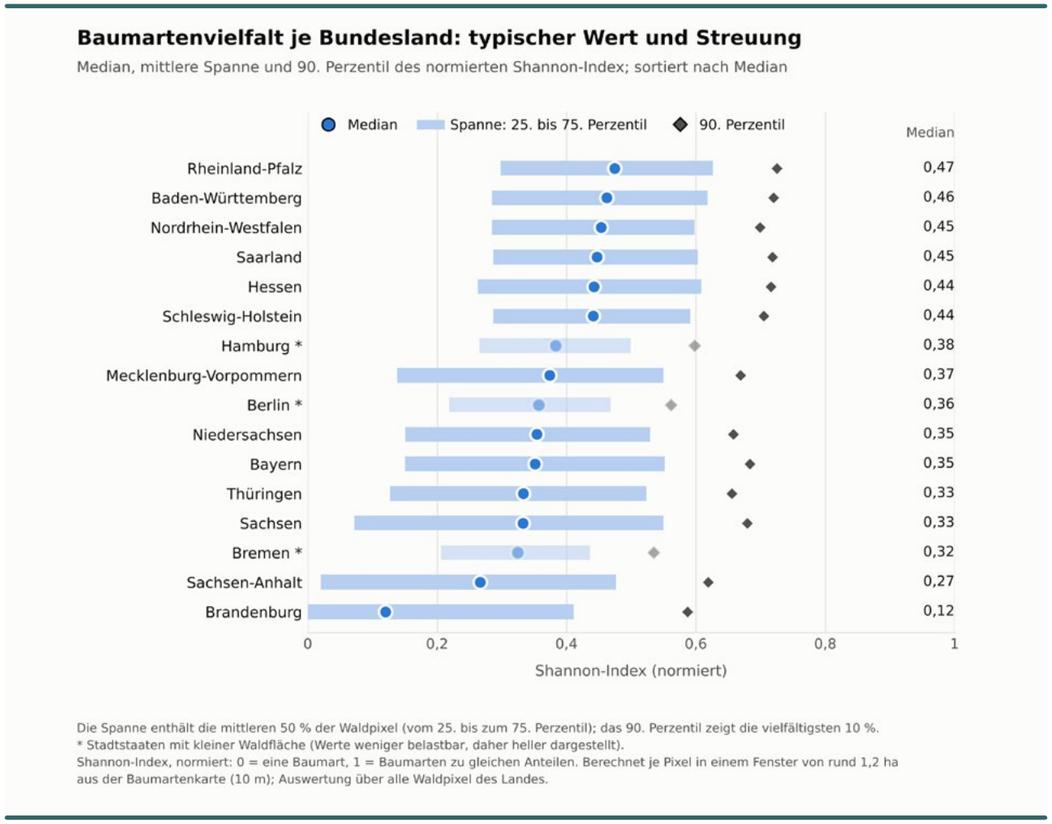


Abbildung 21 *Baumartenvielfalt je Bundesland (normierter Shannon-Index, 0 bis 1).* Dargestellt sind der Median (Punkt), die mittleren 50 Prozent der Waldfläche (Balken, 25. bis 75. Perzentil) und das 90. Perzentil (Raute).

Werte, entweder durchweg wenig Vielfalt (Balken links) oder durchweg viel (Balken rechts). Ein langer Balken bedeutet, dass die Baumartenvielfalt sehr unterschiedlich ist. Gleichförmige Bestände und stark gemischte Bestände liegen nebeneinander. Die Lage des Balkens zeigt das Niveau. Je weiter rechts, desto höher die Vielfalt. Die Länge zeigt die Einheitlichkeit. Je kürzer, desto gleichmäßiger. Die Werte in den Stadtstaaten sind in Hellblau gefärbt, da hier die Waldfläche klein ist im Vergleich zu den Flächenstaaten.

Die Abbildung 22 zeigt die Flächenanteile je Bundesland, die eine Monokultur aufweisen. Der Anteil der Waldfläche mit mutmaßlichen Monokulturen, also Flächen, auf denen denen eine Baumart mehr als 80 Prozent ausmacht, unterscheidet sich zwischen den Bundesländern deutlich. Am höchsten ist er in Brandenburg (63,3 Prozent), gefolgt von Sachsen-Anhalt (50,8 Prozent), Sachsen (43,7 Prozent) und Thüringen (40,7 Prozent). Auch in Bayern (38,9 Prozent), Mecklenburg-Vorpommern (37,7 Prozent) und Niedersachsen (37,6 Prozent) liegt der Anteil bei über einem Drittel der Waldfläche. Niedriger fallen die Werte in Rheinland-Pfalz (21,8 Prozent), im Saarland (21,0 Prozent) und in Schleswig-Holstein (21 Prozent) aus. Die Stadtstaaten weisen wegen ihrer kleinen Waldfläche weniger belastbare Werte auf.

Auch zwischen den Eigentumsarten gibt es Unterschiede (siehe Abbildung 23). Der Körperschaftswald hat mit einem Median von 0,43 den höchsten Wert des normierten Shannon-Index. Danach folgen Privatwald (0,34), Landeswald (0,34) und Sonstige (0,33). Der Bundeswald liegt mit 0,21 am niedrigsten. Im Privat- und im Landeswald schwanken die Werte stärker, was anhand der breiteren 25.–75.-Perzentil-Balken zu erkennen ist. Das bedeutet, dass hier große Flächen mit sehr geringer Vielfalt neben Flächen mit hoher Vielfalt liegen. Im Körperschaftswald sind die Werte gleichmäßiger und insgesamt höher. Im Bundeswald liegt das untere Viertel der Flächen bei 0, also bei nur einer einzigen Baumart.

Der Flächenanteil mit potenziellen Monokulturen nimmt im Bundeswald mit 56 Prozent den größten Flächenanteil ein (siehe Abbildung 24). Dieser Befund passt auch zum Ergebnis, dass das untere Viertel im Bundeswald nur aus einer Baumart besteht. Mit 42,5 Prozent folgt der Privatwald und knapp dahinter mit 41,6 Prozent der Landeswald. Im Körperschaftswald ist der Anteil mit 28,6 Prozent am geringsten. Im gesamten Wald Deutschlands liegt der Anteil bei 37 Prozent.

Der Körperschaftswald ist damit die Eigentumsart mit der höchsten Baumartenvielfalt und dem geringsten

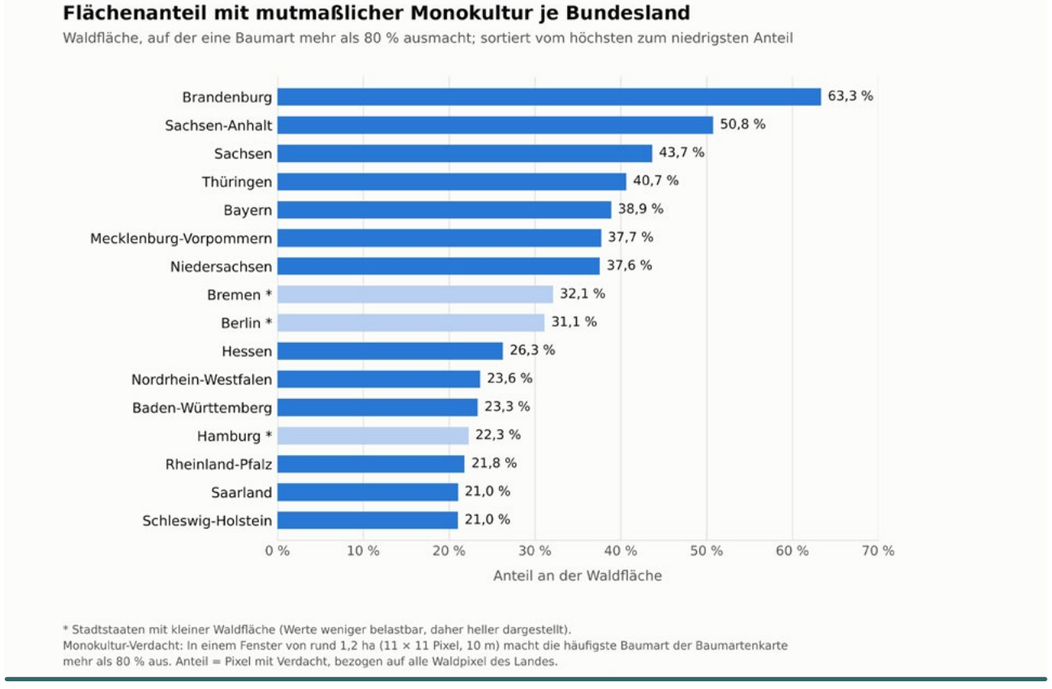


Abbildung 22 *Anteil der Waldfläche mit mutmaßlichen Monokulturen je Bundesland.*

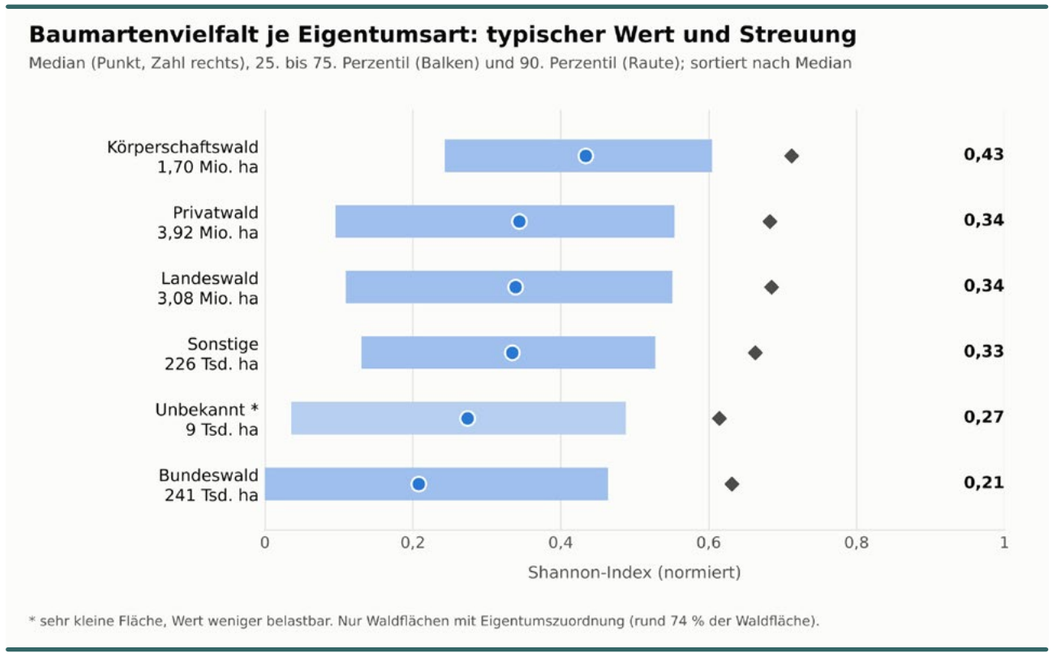


Abbildung 23 *Baumartenvielfalt (normierter Shannon-Index) nach Eigentumsart. Der Balken zeigt, in welchem Bereich die mittleren 50 Prozent der Waldflächen liegen (25. bis 75. Perzentil). Der blaue Strich markiert den Median, der dunkle Strich das 90. Perzentil.*

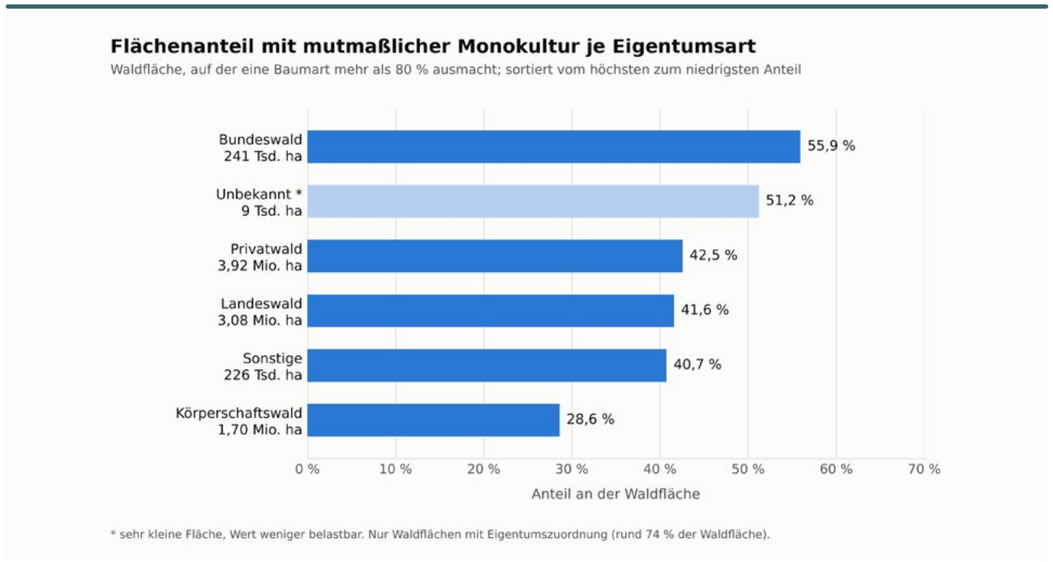


Abbildung 24 *Anteil der Waldfläche mit mutmaßlichen Monokulturen nach Eigentumsart.*

Anteil an Monokulturen. Der Bundeswald zeigt das umgekehrte Bild. In absoluten Zahlen gemessen hat der Privatwald mit 1,67 Millionen Hektar und der Landeswald mit 1,27 Millionen Hektar die größten Flächen mit Monokulturen.

Die Werte für „Unbekannt“ beruhen auf nur rund 9.300 Hektar und sind wenig belastbar. Die Eigentumsdaten sind nicht vollständig. Nur etwa 74 Prozent der Waldfläche Deutschlands (9,18 von 12,46 Millionen Hektar) haben eine Eigentumszuordnung. Die Aussagen gelten daher nur für diesen Teil der Wälder.

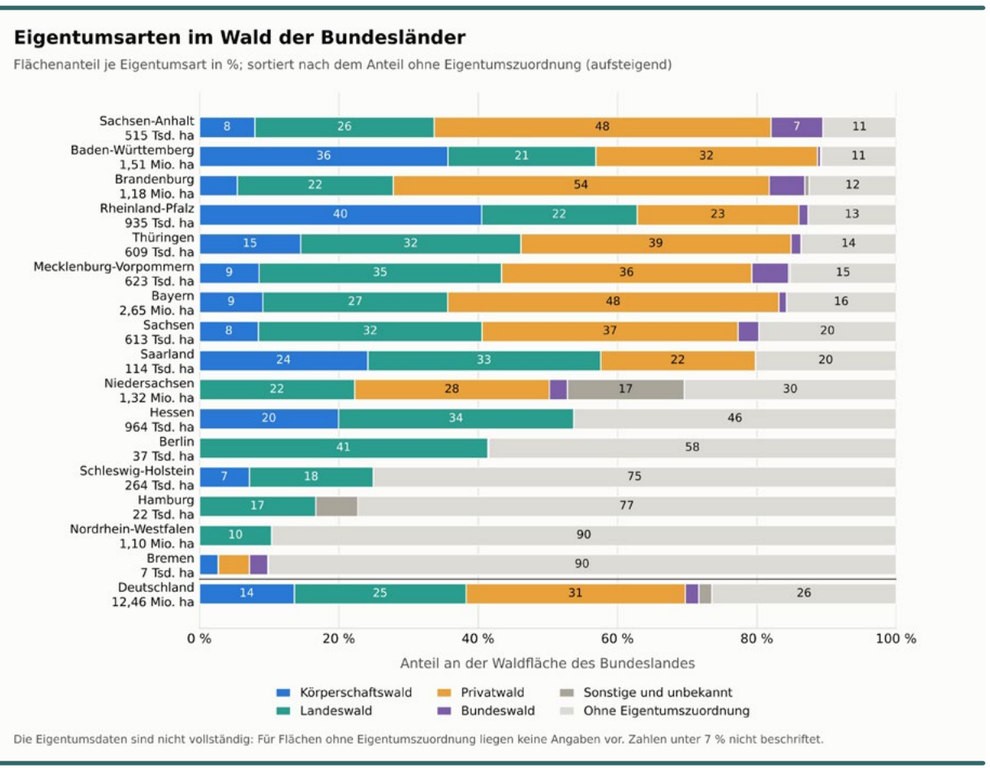


Abbildung 25 *Flächenanteile der Eigentumsarten an der Waldfläche der Bundesländer.*

Generell teilen sich die Eigentumsarten in den Bundesländern folgendermaßen auf (Abbildung 25). Anhand der zur Verfügung stehenden Daten (siehe Kapitel 2) sind in Deutschland 31 Prozent der Waldfläche Privatwald, 25 Prozent Landeswald, 14 Prozent Körperschaftswald, 2 Prozent Bundeswald und 2 Prozent Sonstige oder Unbekannte Eigentumsarten. Für 26 Prozent der Waldfläche liegt keine Eigentumszuordnung vor. Der Privatwald überwiegt in Brandenburg mit 54 Prozent, gefolgt von Sachsen-Anhalt und Bayern mit je 48 Prozent. In Rheinland-Pfalz ist mit 41 Prozent und Baden-Württemberg mit 36 Prozent der Körperschaftswald besonders groß. In Nordrhein-Westfalen, Schleswig-Holstein, Hessen und den Stadtstaaten fehlt die Zuordnung für den größten Teil der Fläche (46 bis 90 Prozent). Die Aussagen für diese Länder sind deshalb nur eingeschränkt belastbar.

Die Baumartenvielfalt aufgeteilt nach Bundesland und Eigentumsart ist in Abbildung 26 dargestellt. Dabei zeigt sich, dass die Unterschiede zwischen den Ländern größer sind als die zwischen den Eigentumsarten. In Rheinland-Pfalz und Baden-Württemberg ist die Vielfalt in allen Eigentumsarten hoch. In Brandenburg ist sie in allen niedrig, im Bundeswald sogar nur 0,02. Im Landeswald von Sachsen (0,24) und Thüringen (0,26) ist die Vielfalt deutlich geringer als im Körperschaftswald (0,41 und 0,35). In Sachsen-Anhalt und in Brandenburg ist die Baumartenvielfalt im Privatwald am geringsten, während sie in Rheinland-Pfalz und im Saarland mit 0,5 am höchsten ist.

Abbildung 27 zeigt den Anteil der Waldfläche mit mutmaßlichen Monokulturen je Bundesland und Eigentumsart. Auch hier zeigt sich, dass Brandenburg in allen Eigentumsarten die höchsten Prozentwerte aufweist. Im Bundeswald sogar 78 Prozent und im Privatwald mehr als zwei Drittel der Waldfläche (68 Prozent). Sachsen hat mit 74 Prozent im Bundeswald den zweithöchsten Wert. In Sachsen-Anhalt sind auch mehr als die Hälfte des Privatwaldes potenzielle Monokulturen. In Baden-Württemberg und Rheinland-Pfalz unterscheiden sich die Werte in den Eigentumsarten kaum. Alle liegen unter dem Bundesdurchschnitt, d. h. in beiden Ländern sind Monokulturen selten und das gilt auch für die Eigentumsarten. Die Spanne zwischen den Eigentumsarten beträgt nur wenige Prozentpunkte. Das unterscheidet diese Länder von Brandenburg oder Sachsen-Anhalt, wo die Anteile je nach Eigentumsart deutlich auseinanderliegen.

Baumartenvielfalt je Bundesland und Eigentumsart

Median des normierten Shannon-Index (0 bis 1; höher = vielfältiger); Bundesländer nach Median aller Waldflächen sortiert

	Körperschaftswald	Landeswald	Privatwald	Bundeswald	Alle Waldflächen
Rheinland-Pfalz	0,47	0,47	0,51	0,48	0,47
Baden-Württemberg	0,46	0,47	0,47	0,42	0,46
Nordrhein-Westfalen	–	0,43	–	–	0,45
Saarland	0,47	0,41	0,50	–	0,45
Hessen	0,44	0,43	–	–	0,44
Schleswig-Holstein	0,44	0,48	–	–	0,44
Hamburg	–	0,46	–	–	0,38
Mecklenburg-Vorpommern	0,41	0,33	0,42	0,19	0,37
Berlin	–	0,35	–	–	0,36
Niedersachsen	–	0,33	0,36	0,31	0,35
Bayern	0,41	0,29	0,34	0,43	0,35
Thüringen	0,35	0,26	0,34	0,31	0,33
Sachsen	0,41	0,24	0,36	0,05	0,33
Bremen	–	–	–	–	0,32
Sachsen-Anhalt	0,34	0,30	0,21	0,13	0,27
Brandenburg	0,18	0,09	0,07	0,02	0,12
Deutschland	0,43	0,34	0,34	0,21	0,38

– = Eigentumsart im Bundesland kleiner als 1.000 ha (nicht dargestellt). Eigentumsdaten nicht vollständig.

Abbildung 26 *Baumartenvielfalt (Median des normierten Shannon-Index) je Bundesland und Eigentumsart.*

3.1.4 Waldstruktur – Vielfalt der vertikalen Kronenhöhenstruktur

In diesem Unterkapitel werden die Ergebnisse zum Höhenaufbau des Waldes beschrieben (siehe Abbildung 28). Die Höhe des Kronendachs steht mit dem Entwicklungsstand und dem Alter eines Waldbestands in Zusammenhang und wird in der forstlichen Wachstumsmodellierung über Höhen-Alters-Beziehungen beschrieben. Ihre Interpretation als alleiniger Altersindikator erfordert jedoch die Berücksichtigung der Baumart und der standörtlichen Wuchsbedingungen.[43] Zunächst wird die Verteilung der Flächenanteile der sieben unterschiedlichen Höhenklassen dargestellt. Die sieben Höhenklassen sind aus dem Baumhöhenmodell[44] (siehe Abbildung 28) abgeleitet und haben folgende Einteilung: 0–5 m, 5–10 m, 10–15 m, 15–20 m, 20–25 m, 25–30 m und >30 m.

[43] Skovsgaard, J. P. & Vanclay, J. K. (2008): Forest site productivity: a review of the evolution of dendrometric concepts for even-aged stands. Forestry, 81(1), 13–31.

Mutmaßliche Monokultur je Bundesland und Eigentumsart

Anteil der Waldfläche, auf der eine Baumart mehr als 80 % ausmacht; Bundesländer nach Anteil aller Waldflächen sortiert

	Körperschaftswald	Landeswald	Privatwald	Bundeswald	Alle Waldflächen
Brandenburg	59 %	66 %	68 %	78 %	63 %
Sachsen-Anhalt	41 %	47 %	56 %	64 %	51 %
Sachsen	36 %	54 %	43 %	74 %	44 %
Thüringen	39 %	51 %	40 %	43 %	41 %
Bayern	32 %	46 %	41 %	26 %	39 %
Mecklenburg-Vorpommern	35 %	44 %	34 %	57 %	38 %
Niedersachsen	–	43 %	41 %	44 %	38 %
Bremen	–	–	–	–	32 %
Berlin	–	41 %	–	–	31 %
Hessen	26 %	30 %	–	–	26 %
Nordrhein-Westfalen	–	29 %	–	–	24 %
Baden-Württemberg	24 %	25 %	24 %	31 %	23 %
Hamburg	–	21 %	–	–	22 %
Rheinland-Pfalz	24 %	25 %	18 %	20 %	22 %
Saarland	21 %	25 %	17 %	–	21 %
Schleswig-Holstein	27 %	19 %	–	–	21 %
Deutschland	29 %	41 %	43 %	56 %	36 %

– = Eigentumsart im Bundesland kleiner als 1.000 ha (nicht dargestellt). Eigentumsdaten nicht vollständig.

Abbildung 27 *Anteile der Waldfläche mit mutmaßlicher Monokultur je Bundesland und Eigentumsart.*

Flächenanteile der Höhenklassen nach Bundesländern

Abbildung 29 zeigt die Kronenhöhenklassen im Wald je Bundesland, die nach dem höchsten Flächenanteil ab 20 bis 25 Meter sortiert sind. Die Wälder in Deutschland werden von mittleren Kronenhöhen geprägt, 30 Prozent der Waldfläche haben Kronenhöhen von 15 bis 20 Meter und 24 Prozent von 20 bis 25 Meter. Zusammen sind das mehr als die Hälfte der Fläche (55 Prozent). Niedrige Bereiche bis 10 Meter machen fast ein Viertel der Fläche (24 Prozent) aus, wovon 12,7 Prozent auf die Flächen mit 0 bis 5 Meter fallen, die wiederum Resultate der flächigen Beräumungen nach Schadereignis beinhalten. Bereiche von 10 bis 15 Meter nehmen in Deutschland 18 Prozent ein. Höhen ab 25 Meter sind selten (4 Prozent), über 30 Meter nur 0,2 Prozent. Am höchsten ist der Anteil von Wald ab 20 Meter in Brandenburg mit 37 Prozent, gefolgt von Hessen mit 35 Prozent, Mecklenburg-Vorpommern und Rheinland-Pfalz mit jeweils 33 Prozent. Hessen, Rheinland-Pfalz und Mecklenburg-Vorpommern haben auch die größten Anteile ab 25 Meter (je 6 bis 9 Prozent). In Brandenburg ist der Wald dagegen sehr einheitlich, denn 43 Prozent der Fläche liegen allein in der Klasse 15 bis 20 Meter, und nur 4 Prozent unter 5 Meter. Ähnlich einheitlich sind Sachsen mit 33 Prozent bei 15 bis 20 Meter, Sachsen-Anhalt mit 36 Prozent und Bayern mit 34 Prozent in dieser

[44] Aschenbrenner, L., Ha Van, T., Welle, T. & Franke, J. (2026). Forest canopy height and crown cover modelling combining Sentinel-2 with high resolution reference data in a context-informed deep learning approach (submitted).

Baumkronenhöhe

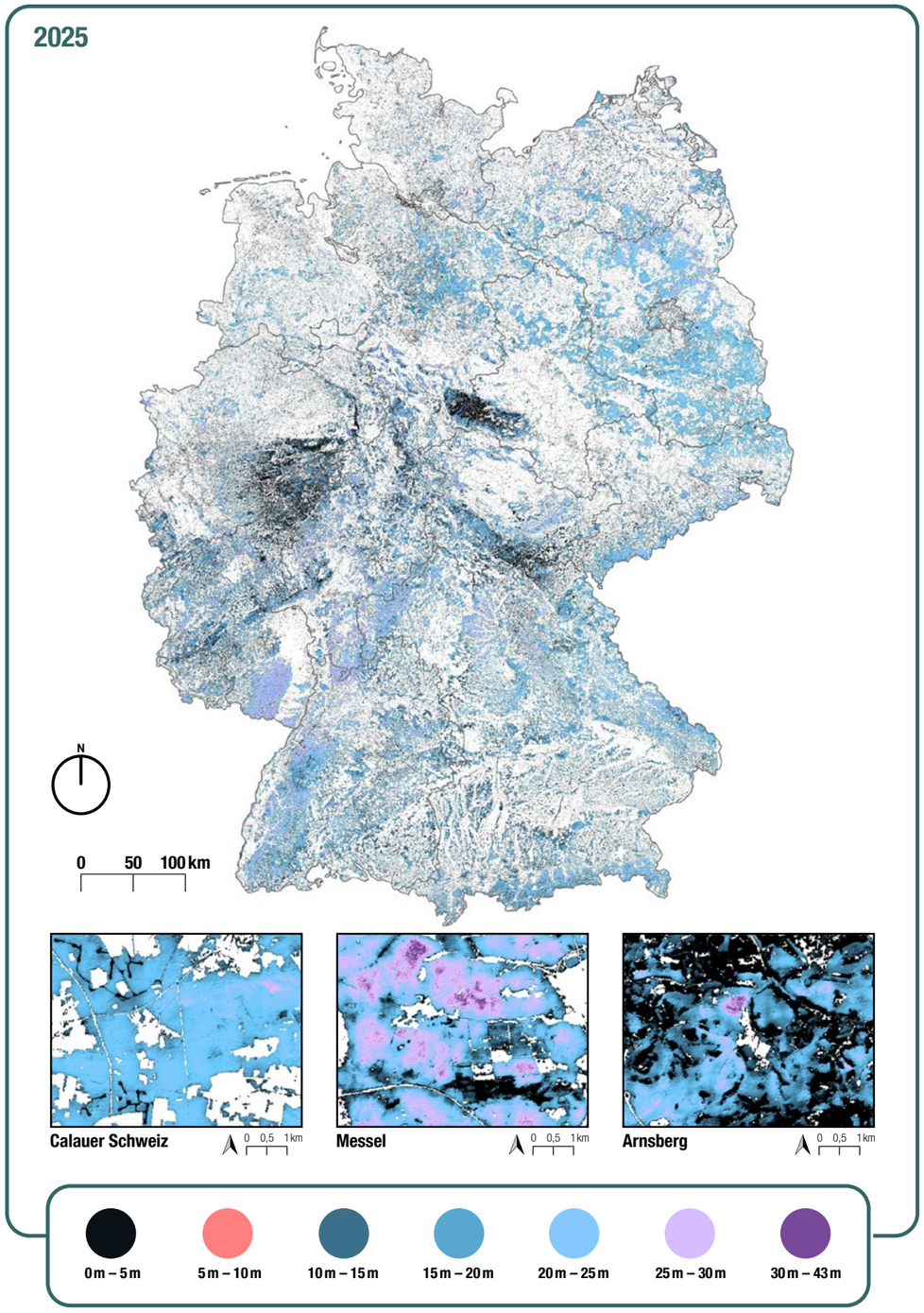


Abbildung 28 *Karte der Baumkronenhöhe Stand 2025.*
Oben: Deutschlandweites Baumkronenhöhenmodell für 2025 innerhalb der Bestockungsmaske aus 2017.
Unten links: Beispiel eines homogenen Kiefernbestands (Calauer Schweiz, Brandenburg) mit Durchforstungen sowie entwaldete Flächen zum Bau von Windenergieanlagen.
Unten Mitte: Beispiel eines strukturreichen Waldbestands (Messel, Hessen).
Unten rechts: Beispiel einer Fläche mit vielen Schadflächen (Arnsberg, Nordrhein-Westfalen).

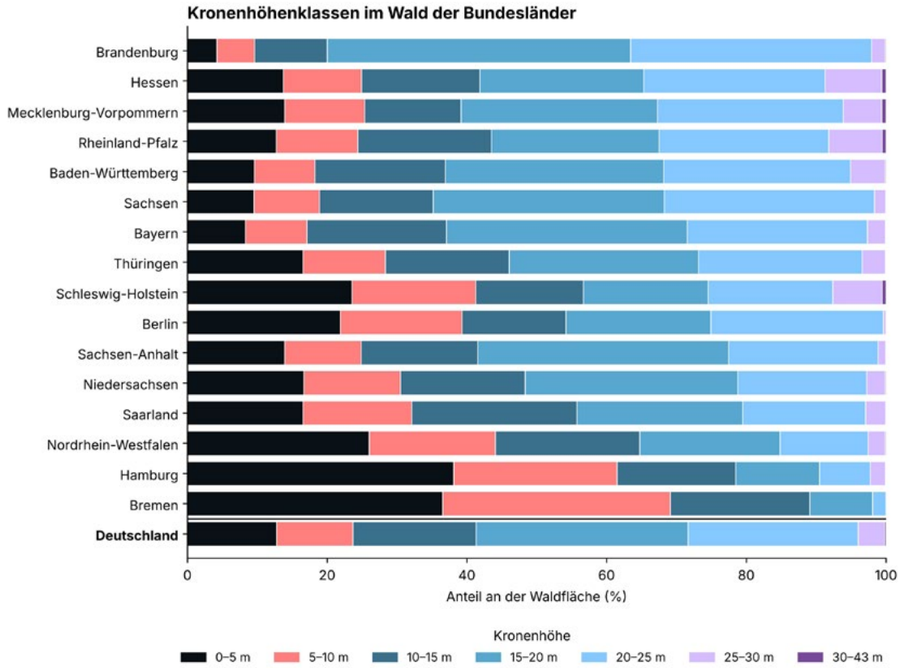


Abbildung 29 *Kronenhöhenklassen im Wald der Bundesländer. Anteil der Waldfläche je Höhenklasse. Die Bundesländer sind nach dem Kronenhöhenanteil ab 20 Meter sortiert.*

Höhenklasse. Nordrhein-Westfalen hat mit 26 Prozent den größten Anteil der niedrigen Klasse unter 5 Meter unter den Flächenländern, gefolgt von Schleswig-Holstein mit 24 Prozent. Die hohen Werte in NRW sind Folge der Fichtenkalamitäten und der großflächigen Beräumungen. Dass auch nur 15 Prozent der Waldfläche in NRW höher sind als 20 Meter, deutet auf junge Wälder hin.

Insgesamt unterscheiden sich die Länder weniger in der Zahl der Höhenklassen als darin, wie stark eine einzelne Klasse überwiegt. Das ist ein Hinweis auf die vertikale Struktur des Waldes. Hohe und niedrige Bereiche kommen vor allem in Hessen, Rheinland-Pfalz, Mecklenburg-Vorpommern und Schleswig-Holstein nebeneinander vor.

Flächenanteile der Höhenklasse nach Eigentumsarten

Die Kronenhöhenklassen unterscheiden sich zwischen den Eigentumsarten weniger stark als zwischen Wald mit und ohne Eigentumszuordnung. Der größte Anteil der Waldfläche liegt in allen Eigentumsarten bei 15 bis 25 Meter (siehe Abbildung 30). Der Landeswald hat mit 43 Prozent den größten Anteil an Wald ab 20 Meter. Im Körperschaftswald sind es 37 Prozent, im Privatwald 28 Prozent und im Bundeswald 26 Prozent, d. h. hier sind hohe und damit auch ältere Bestände seltener. Wald ab 25 Meter ist im Landes- und Körperschaftswald mit je 7 Prozent häufiger als im Privatwald mit zwei Prozent und im Bundeswald mit einem Prozent. Der Bundeswald ist mit 45 Prozent stark von der Klasse 15 bis 20 Meter geprägt, ebenso der Privatwald mit 39 Prozent. Der Privatwald hat zugleich mit 19 Prozent den größten Anteil mittlerer Bestände von 10 bis 15 Meter. Das weist im Privatwald generell auf eher junge Bestände hin – vermutlich als Folge einer erhöhten Nutzungsintensität in der Vergangenheit. Der Anteil niedriger Bestände bis 5 Meter ist in allen Eigentumsarten ähnlich (5 bis 8 Prozent). Bei der Waldfläche ohne Eigentumszuordnung ist das Bild anders. Sie umfasst 3,3 Millionen Hektar, das sind 26 Prozent der gesamten Waldfläche.

Flächenanteile der Höhenklasse nach Schutzgebieten

In allen Schutzgebietskategorien liegt der größte Teil des Waldes bei Kronenhöhen von 15 bis 25 Meter (Abbildung 31). Die Unterschiede zwischen den Kategorien sind gering, die zum Wald außerhalb der Schutzgebiete sind größer. In den Schutzgebieten sind hohe Bestände

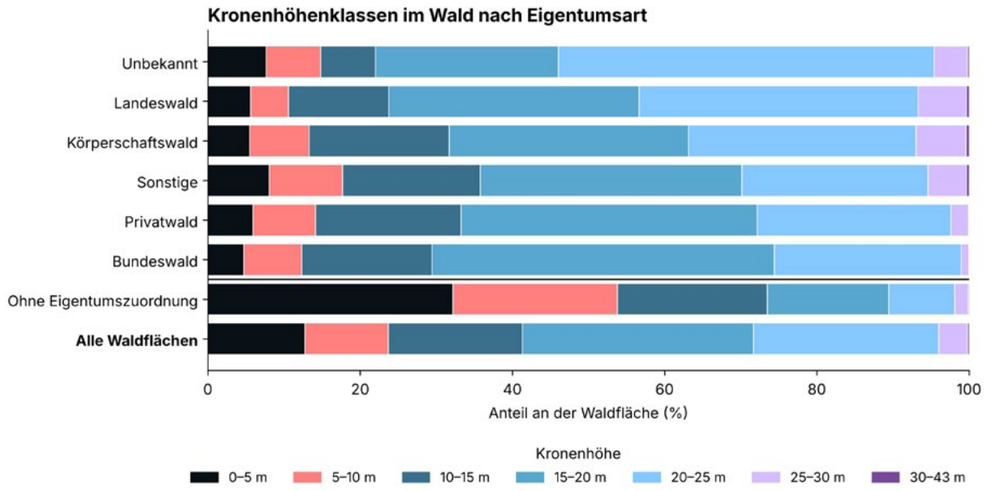


Abbildung 30 *Kronenhöhenklassen im Wald nach Eigentumsart.* Gezeigt ist der Anteil der Waldfläche je Höhenklasse. Für einen Teil der Waldfläche liegt keine Eigentumszuordnung vor.

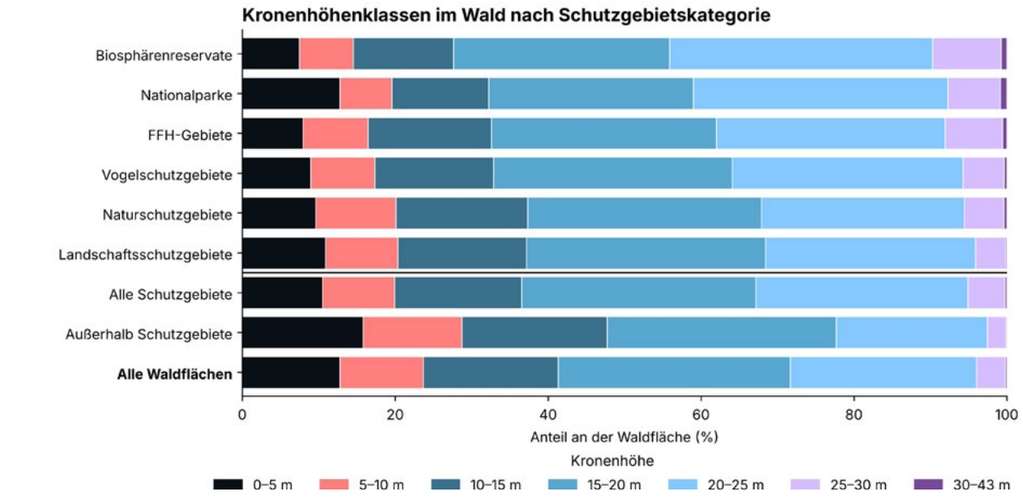


Abbildung 31 *Kronenhöhenklassen im Wald nach Schutzgebietskategorie. Anteil der Waldfläche je Höhenklasse. Die Kategorien überlagern sich teilweise.*

häufiger. Hier erreichen 33 Prozent der Waldfläche 20 Meter oder mehr, außerhalb der Schutzgebiete sind es nur 22 Prozent. Niedrige Bestände bis 5 Meter sind mit 16 Prozent außerhalb von Schutzgebieten häufiger vertreten als innerhalb von Schutzgebieten, wo nur 10 Prozent vorkommen. Zwischen den Kategorien haben die Biosphärenreservate mit 44 Prozent den größten Anteil ab 20 Meter, gefolgt von den Nationalparks mit 41 Prozent und den FFH-Gebieten mit 38 Prozent. Es folgen Vogelschutzgebiete mit 36 Prozent, Naturschutzgebiete mit 32 Prozent und auch die Landschaftsschutzgebiete mit 32 Prozent. Ältere Waldbestände ab 25 Meter kommen mit 10 Prozent in Biosphärenreservaten vor, danach folgen FFH-Gebiete und Nationalparks mit acht Prozent gleichauf. Außerhalb der Schutzgebiete ist dieser Anteil nur 2,5 Prozent groß. Die Nationalparks haben zugleich mit 13 Prozent den größten Anteil der niedrigsten Klasse bis 5 Meter. Hohe und niedrige Bestände kommen dort also nebeneinander vor und zeichnen ein strukturreiches Bild.

Flächenanteile mit mutmaßlichen Monokulturen je Höhenklasse, Bundesländer und Eigentumsart

Die Flächenanteile an mutmaßlichen Monokulturen, die hauptsächlich mit nicht ökosystemtypischen Baumarten bestockt sind, deutet auf Prinzipien des Altersklassenmanagements hin. Derartige Bewirtschaftungsformen sind in Zeiten der Klima- und Biodiversitätskrise nicht zielführend, wie in Kapitel »Die Wald-Allianz – ein Netzwerk für sozialökologische Waldbewirtschaftung« dieses Berichts näher erläutert wird. In Abbildung 32 werden die Flächenanteile mit potenziellen Monokulturen je Höhenklasse für Deutschland dargestellt. Die Klasse 0 bis 5 Meter sollte hier nicht beachtet werden, da diese Flächen auf der Baumartenkarte von 2017 basieren und dort eher gezeigt wird, wie viel Monokulturen auf den heutigen Schadflächen standen. Mit dieser Methode kann über die Höhenklasse keine Aussage getroffen werden. Die Höhenklassen 15 bis 20 Meter und 20 bis 25 Meter haben mit 43 und 47 Prozent den höchsten Anteil. In den niederen Klassen 5 bis 10 Meter und 10 bis 15 Meter ist der Anteil um die Hälfte geringer. Die Abbildung 33 zeigt, wie groß der Anteil der Waldfläche mit potenzieller Monokultur in jeder Kronenhöhenklasse ist, aufgeteilt nach Bundesland. Das erste Feld oben links zeigt den Gesamtwert. In den drei weiteren Feldern ist derselbe Anteil nach dem Anteil an ökosystemtypischen Baumarten aufgeteilt. Stufe 1 sind ökosystemtypische Baumarten, Stufe 2 ökosystemtypische Nebenbaumarten und Stufe 3 nicht ökosystemtypische Baumarten. Die drei Stufen ergeben zusammen den Gesamtwert. Je dunkler ein Feld ist, desto größer ist der Anteil. Zum Beispiel lässt sich so erkennen, dass der hohe Anteil an potenziellen Monokulturen in der höchsten Kronenhöhenklasse (30 bis 43 Meter) zum größten Teil aus ökosystemtypischen Baumarten, z. B. geschlossene Buchenwälder, bestehen.

Brandenburg zeigt beispielsweise das Muster am stärksten. Hier gilt für 63 Prozent der Waldfläche mutmaßliche Monokulturen, und in den Klassen 15 bis 20 Meter und 20 bis 25 Meter sind es 71 Prozent und 70 Prozent. Die Flächen bestehen dort fast nur aus Nebenbaumarten, wie der Kiefer (40 Prozent und 36 Prozent) und nicht ökosystemtypischen Baumarten (27 Prozent und 30 Prozent). Ökosystemtypische Baumarten spielen mit zwei bis drei Prozent kaum eine Rolle. Bei den wenigen sehr hohen Beständen (30 bis 43 Meter) ist es umgekehrt. Von 69 Prozent mutmaßlichen Monokulturen gehören 64 Prozent zu Stufe 1.

Baden-Württemberg ist ein Gegenbeispiel. Die Fläche mit potenziellen Monokulturen ist dort mit 23 Prozent deutlich kleiner und verteilt sich gleichmäßiger über die Höhenklassen mit 14 Prozent bis 33 Prozent. Nicht ökosystemtypische Baumarten machen nur 5 Prozent der Waldfläche aus, ökosystemtypische Baumarten dagegen 11 Prozent. Das ist mehr als doppelt so viel. Je höher die Bestände sind, desto größer ist in Baden-Württemberg der Anteil von Stufe 1 mit 15 Prozent bei 20 bis 25 Meter und 27 Prozent bei 30 bis 43 Meter.

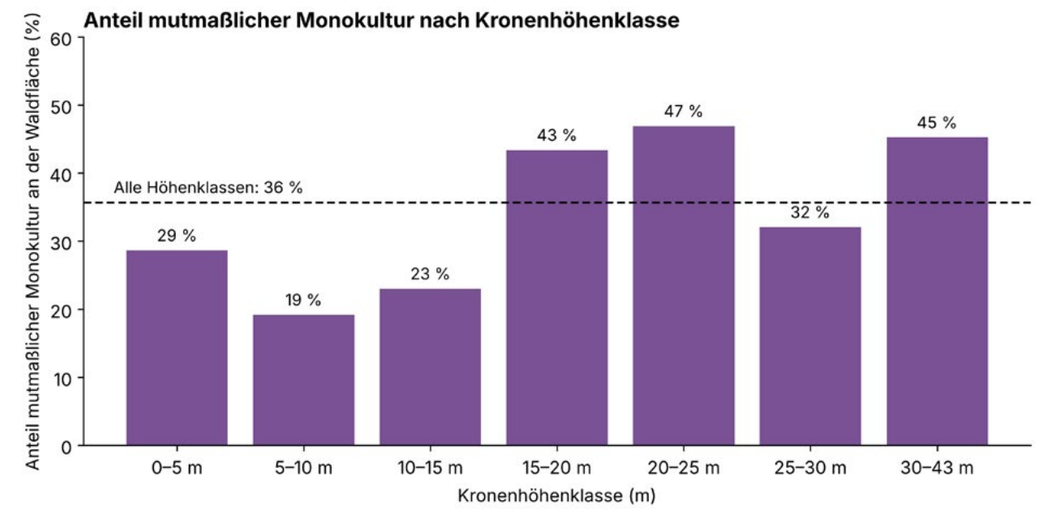


Abbildung 32 *Anteil der Waldfläche mit mutmaßlicher Monokultur nach Kronenhöhenklasse. Die gestrichelte Linie zeigt den Anteil für alle Höhenklassen in Deutschland.*

Anteil mutmaßlicher Monokultur an der Waldfläche (%) je Höhenklasse und Bundesland, aufgeteilt nach Naturnähe

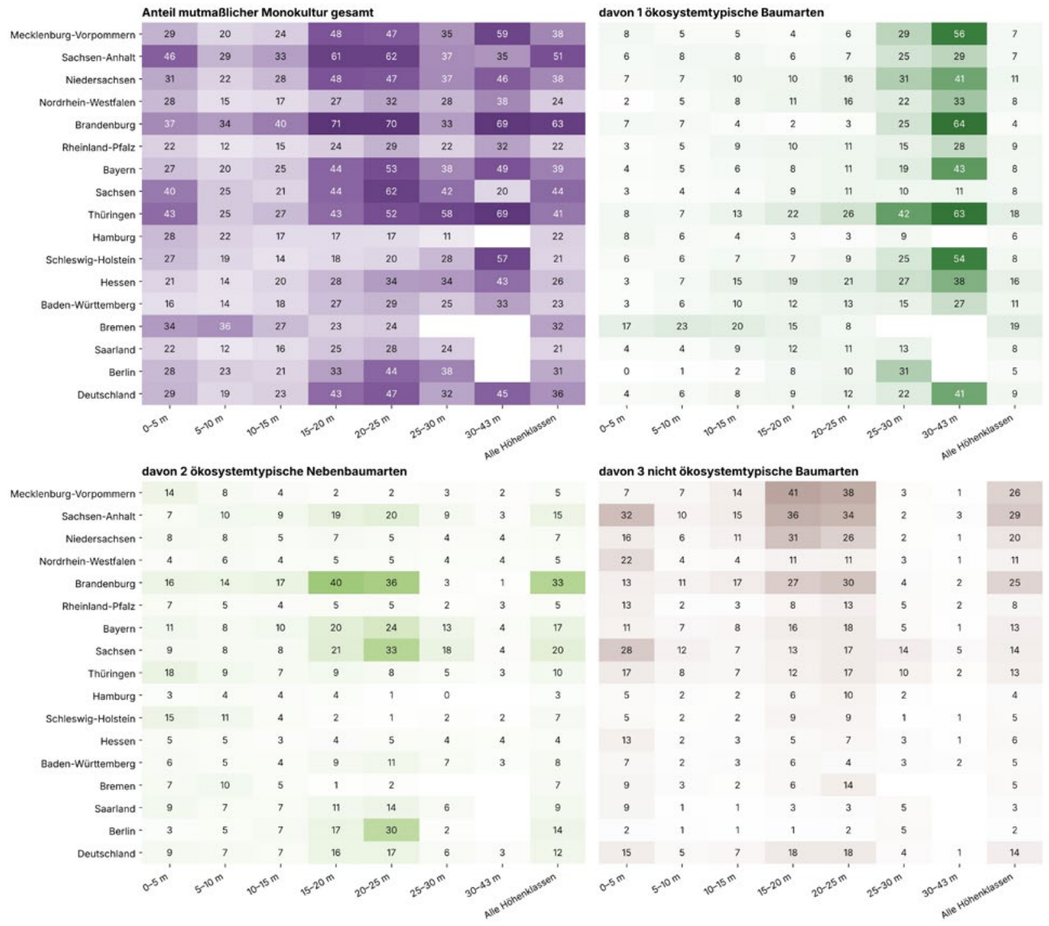


Abbildung 33 *Anteil der Waldfläche mit mutmaßlicher Monokultur je Kronenhöhenklasse und Bundesland. Aufgeteilt nach: 1 = ökosystemtypische Baumarten, 2 = ökosystemtypische Nebenbaumarten, 3 = nicht ökosystemtypische Baumarten. Leere Felder: weniger als 100 Hektar Waldfläche.*

Vielfalt der Kronenhöhenstruktur nach Bundesländern

Der KHSI beschreibt die vertikale Struktur des Waldes auf einer Skala von 0 bis 100. Höhere Werte stehen für eine vielfältigere Kronenhöhenstruktur. In Deutschland liegt der Median bei 19, der Mittelwert bei 23,4 (10,64 Millionen Hektar Waldfläche mit KHSI-Wert, siehe Abbildung 34). Die Verteilung ist rechtsschief. Die mittleren 50 Prozent der Waldfläche liegen zwischen 5 und 30, das 90. Perzentil bei 56. Ein großer Teil des Waldes hat also eine niedrige Strukturvielfalt und nur ein kleiner Teil erreicht hohe Werte. Zwischen den Bundesländern gibt es deutliche Unterschiede. Die höchsten Mediane haben Hamburg (29), Bremen (27) und Nordrhein-Westfalen (23). Hamburg und Bremen haben allerdings nur kleine Waldflächen (12 Tsd. und 2,9 Tsd. Hektar). Bei den großen Flächenländern liegen Nordrhein-Westfalen (23) und Hessen (22) vorn, Baden-Württemberg und Thüringen folgen mit einem Wert von 20. Bayern und Niedersachsen liegen mit 19 beim Bundesmedian. Am niedrigsten sind Brandenburg (11), Sachsen-Anhalt (14) und Sachsen (15). In Brandenburg liegt selbst das 75. Perzentil nur bei 23, das 90. Perzentil bei 33, hohe Strukturvielfalt ist dort also selten. Nordrhein-Westfalen zeigt auch die größte Streuung unter den großen Ländern (25. bis 75. Perzentil: 9 bis 41, 90. Perzentil 70). Dort wird die Struktur wahrscheinlich durch die vielen Randbereiche der Schadflächen entstanden sein.

Vertikale Waldstruktur (KHSI) je Bundesland

Median (Punkt, Zahl rechts), 25. bis 75. Perzentil (Balken), 90. Perzentil (Strich) und Mittelwert (Raute)

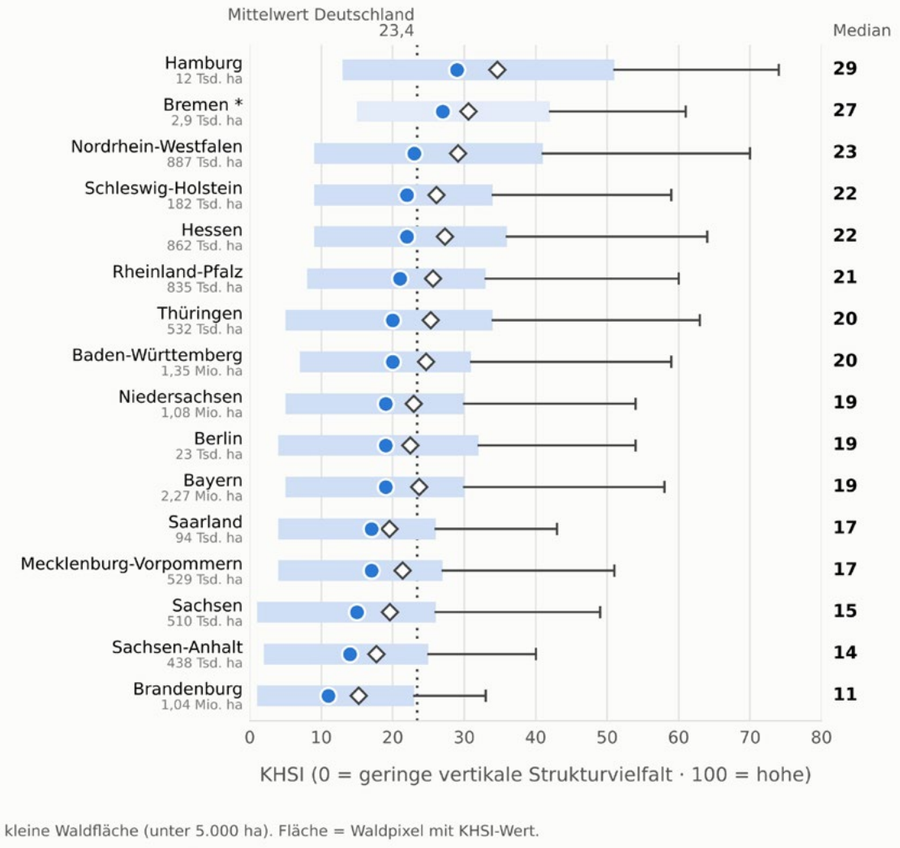


Abbildung 34 *Vertikale Waldstruktur (KHSI 0 bis 100) je Bundesland. Dargestellt sind Median (Punkt), 25. bis 75. Perzentil (Balken), 90. Perzentil (Strich) und Mittelwert (Raute). Nur Waldfläche. * kleine Waldfläche (unter 5.000 Hektar).*

Vielfalt der Kronenhöhenstruktur nach Eigentum

Die vertikale Waldstruktur (KHSI 0 bis 100) unterscheidet sich zwischen den Eigentumsarten nur mäßig (siehe Abbildung 35). Über alle Waldflächen liegt der Median bei 19, der Mittelwert bei 23,4. Bei den großen Eigentumsarten sind die Unterschiede klein. Der Körperschaftswald erreicht den höchsten Median (19), gefolgt vom Privatwald (17) und dem Landeswald (16). Der Privatwald hat mit 3,62 Millionen Hektar die größte Fläche, der Landeswald umfasst 2,96 Millionen Hektar und der Körperschaftswald 1,62 Millionen Hektar. Der Bundeswald (224 Tsd. Hektar) liegt mit einem Median von 14 und einem 75. Perzentil von 24 am niedrigsten. Die Eigentumsart „Sonstige“ (213 Tsd. Hektar) entspricht mit 19 dem Körperschaftswald. Auffällig ist die Gruppe ohne Eigentumszuordnung. Sie umfasst 2,01 Millionen Hektar, das sind 19 Prozent der Waldfläche. Hier liegen Median (26) und Mittelwert (33,4) deutlich über allen anderen Gruppen und auch die hohen Werte sind häufiger (90. Perzentil 79, bei den übrigen Gruppen 39 bis 52). Es handelt sich um Wald, für den wegen der schlechten Datenlage keine Eigentumsart vorliegt (z. B. Nordrhein-Westfalen, Hessen).

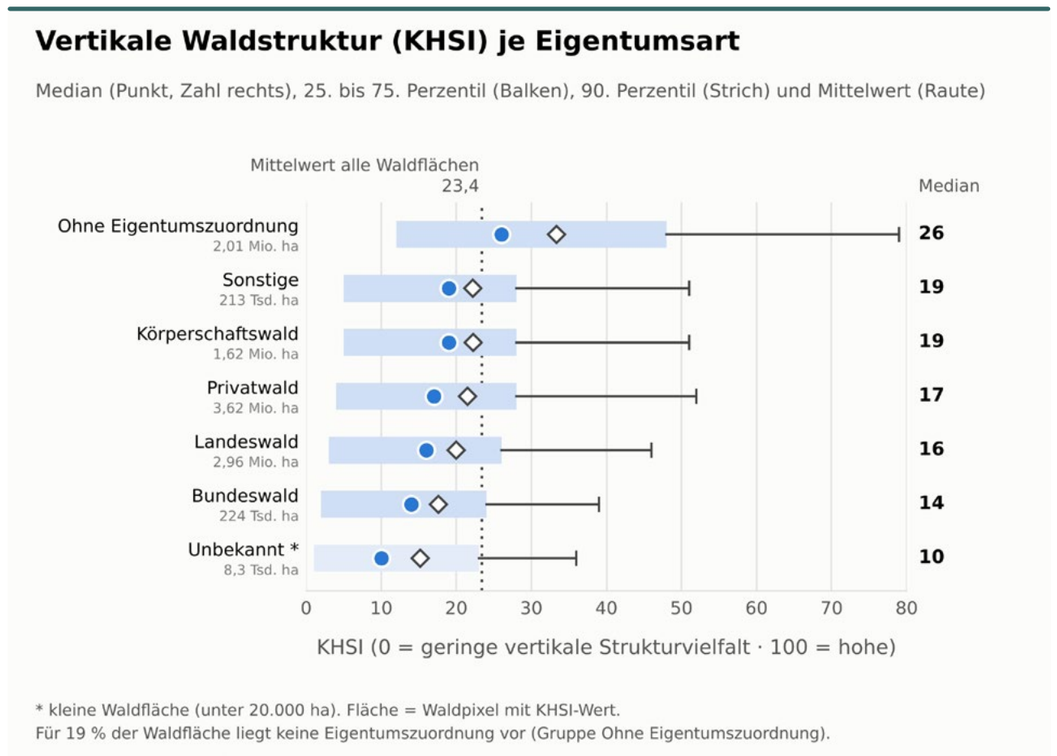


Abbildung 35 *Vertikale Waldstruktur (KHSI, 0 bis 100) je Eigentumsart. Dargestellt sind Median (Punkt), 25. bis 75. Perzentil (Balken), 90. Perzentil (Strich) und Mittelwert (Raute). Nur Waldfläche. * kleine Waldfläche (unter 20.000 Hektar). Für 19 Prozent der Waldfläche liegt keine Eigentumszuordnung vor.*

Vielfalt der Kronenhöhenstruktur nach Schutzgebieten

Die vertikale Waldstruktur (KHSI 0 bis 100) unterscheidet sich zwischen Schutzgebieten und Flächen außerhalb kaum (siehe Abbildung 36). Der KHSI ist ein Maß für die Kronenhöhenstruktur und sagt nichts über die ökologische Qualität eines Bestands aus. Der Median liegt in allen Schutzgebieten zusammen bei 19, außerhalb der Schutzgebiete und bei allen Waldflächen auch bei 19. Die Mittelwerte weichen leicht ab: 23,0 in den Schutzgebieten und 23,9 außerhalb. Zwischen den einzelnen Kategorien gibt es kleine Unterschiede. FFH-Gebiete (1,86 Millionen Hektar) und Naturschutzgebiete (737 Tsd. Hektar) liegen mit einem Median von 19 auf dem Niveau aller Waldflächen. Landschaftsschutzgebiete (4,64 Millionen Hektar) und Vogelschutzgebiete (1,77 Millionen Hektar) liegen bei 18. Die Biosphärenreservate (590 Tsd. Hektar) erreichen 17. Auffällig niedrig liegen die Nationalparks (130 Tsd. Hektar). Ihr Median beträgt 14, der Mittelwert 18,1 und das 90. Perzentil mit 41 liegt deutlich unter dem aller Waldflächen von 56. Hohe Strukturvielfalt im Kronendach kommt dort also seltener vor. Viele Nationalparks in Deutschland sind sogenannte „Entwicklungsnationalparks“: Auf größeren Flächen sollen sich erst alte und reife Wälder entwickeln dürfen. Es gibt teilweise durchaus größere Anteile von Nadelbaumforsten oder Sukzessionsflächen im Bereich ehemaliger Truppenübungsplätze (z. B. Müritz, Hainich); manche Nationalparks sind eher waldarm (z. B. Nationalpark Unteres Odertal).

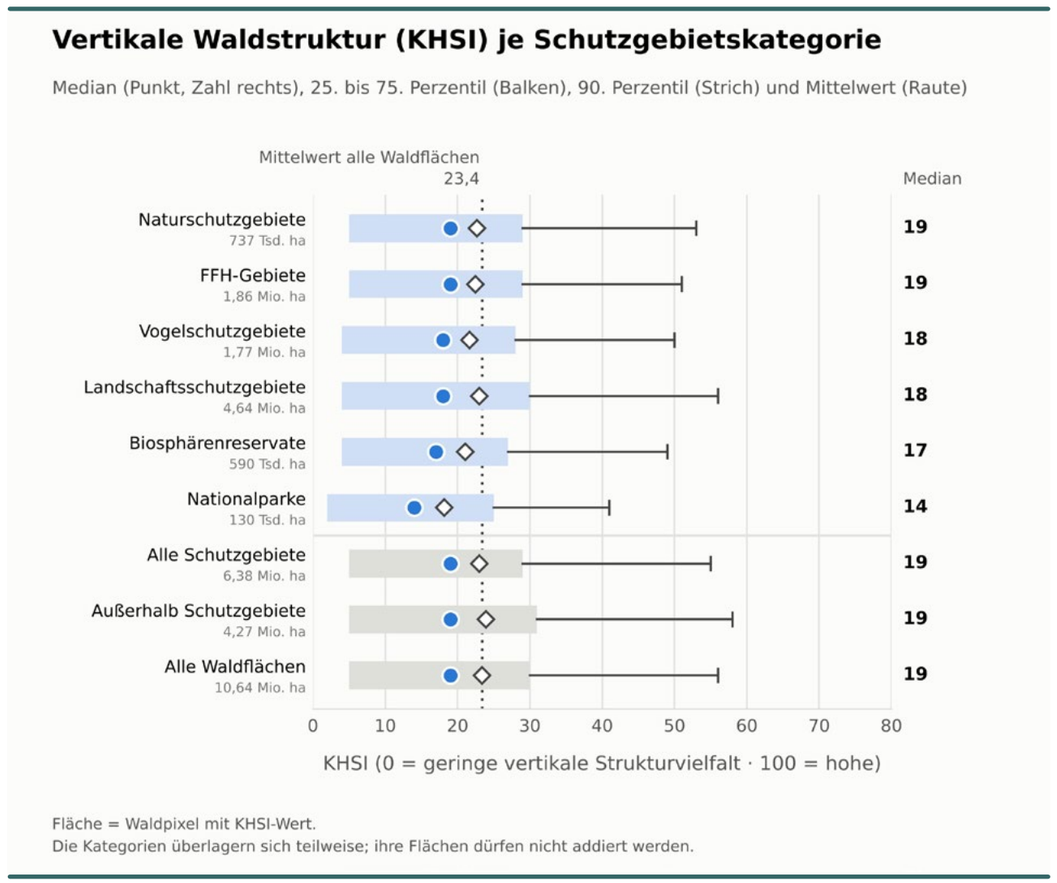


Abbildung 36 *Vertikale Waldstruktur (KHSI 0 bis 100) je Schutzgebietskategorie. Dargestellt sind Median (Punkt), 25. bis 75. Perzentil (Balken), 90. Perzentil (Strich). und Mittelwert (Raute). Nur Waldfläche. Die Kategorien überlagern sich teilweise; ihre Flächen dürfen nicht addiert werden.*

3.2 Die Intaktheit der Waldlandschaft: Zerschneidung und Randeffekte

Ohne Einfluss des Menschen wären weite Teile Mitteleuropas von Wald bedeckt. Tatsächlich ist für das Funktionieren und Wirken von Waldökosystemen ihre Intaktheit und die räumliche Ausdehnung in der Landschaft von großer Bedeutung. Wenn Wald zerschnitten wird, entstehen nicht nur Barrieren für Waldarten, die zum Beispiel von Wald zu Wald gelangen müssen, um Partner für die Fortpflanzung zu finden oder im Zuge des Klimawandels ihr Areal zu verlagern, sondern es ergeben sich vielerlei Randeffekte, die Waldökosysteme stören, beeinträchtigen und schwächen können. Kleine Fragmente stellen – zumindest langfristig – für viele Arten oftmals keinen geeigneten Lebensraum dar. Dies gilt insbesondere für weniger mobile Arten, die im Inneren des Waldes leben[45,46]. Dies kann u. a. zur genetischen Verarmung und einer Verringerung der langfristigen Lebensfähigkeit führen.

[45] Keinath, D., Doak, D., Hodges, K., Prugh, L., Fagan, W., Sekercioglu, C., Butchart, S., & Kauffman, M. (2016). A global analysis of traits predicting species sensitivity to habitat fragmentation. Global Ecology and Biogeography, Early view. https://doi.org/10.1111/geb.12509

[46] Naaf, T., Feigs, J. T., Huang, S., Brunet, J., Cousins, S. A. O., Decocq, G., De Frenne, P., Diekmann, M., Govaert, S., Hedwall, P.-O., Helsen, K., Lenoir, J., Liira, J., Meeussen, C., Plue, J., Poli, P., Spicher, F., Vangansbeke, P., Vanneste, T., … Kramp, K. (2021). Sensitivity to habitat fragmentation across European landscapes in three temperate forest herbs. Landscape Ecology, 36(10), 2831–2848. https://doi.org/10.1007/s10980-021-01292-w

Wenn ein Wald an einen Acker grenzt, kann es zum Eintrag von Pestiziden oder Kunstdünger kommen; Wind und Hitze bedeuten am Waldrand eine Belastung für Bäume und andere Organismen, die auf ein ausgeglichenes und kühleres Waldinnenklima angewiesen sind. Auch Siedlungsflächen und Straßen können ungünstig auf die Waldgesundheit wirken. Es gibt unter Umständen auch ein erhöhtes Risiko für das Einschleppen von ökosystemfremden Arten oder Waldbrände (vgl. Kapitel 3.3.3)

Zwar ist in Deutschland über ein Drittel der Fläche bewaldet, aber diese Zahl sagt wenig über die Intaktheit des Ökosystems aus. Die Wälder in Deutschland wurden im Laufe der Zeit durch Landnutzung und den Ausbau von Infrastruktur, aber auch durch forstliche Eingriffe wie Kahlschläge oder das Absterben von Forsten in immer kleinere und zahlreiche Inseln zerschnitten.

Der Wald in Deutschland ist ein Flickenteppich und besteht aus 4,3 Millionen Waldinseln.

Die Zahl der Fragmente, die anhand von Satellitenbildern im Jahr 2025 bei einer Auflösung von 10 Metern festgestellt werden konnte, betrug 4,3 Millionen. Dabei handelt es sich um sehr viele kleine und wenige größere „Inseln“, die zumindest von einem 10 Meter breiten Streifen Nichtwald umgeben sind. Im Jahre 2017 waren es „lediglich“ >3,8 Millionen Fragmente.

3.3 Ökologischer Kernwert als Maß für die flächige Integrität des Waldes

Wie beeinträchtigend diese Zerschneidung für die Gesundheit und Entwicklungsfähigkeit des Waldes und seiner Lebewesen ist, hängt von der Art der Nichtwald-Umgebung ab, aber auch von der Größe der „Waldinsel“ sowie davon, wie sehr das Fragment von anderen isoliert ist.

INFO: Klein und zerteilt, oder groß und gut verbunden: der Ökologische Kernwert

Für die Quantifizierung der Zerschneidung der Wälder wurde ein Maß entwickelt, das sowohl die Größe des Fragments als auch deren Isoliertheit berücksichtigt. Der „Ökologische Kernwert“ bestimmt für jedes 10x10-Meter-Wald-Pixel, ob dieses am Rand oder im Innern einer mehr oder weniger kleinen oder großen Waldinsel gelegen ist. Damit kann unter anderem dargestellt werden, wo sich die in Bezug auf Zerschneidung und Verbundsituation die intaktesten Waldflächen befinden.

Seit 2017 haben sich die Ökologischen Kernwerte in etlichen Waldregionen erheblich reduziert (siehe Tabelle 2, 3, 4 und Abbildungen 37a und 37b). Viele ausgedehnte und kontinuierliche Waldflächen haben sich weitgehend aufgelöst. Betroffen sind vor allem Regionen mit großflächigen Fichtenforsten etwa im Sauerland, im Harz oder in der Eifel. Auch in bekannten Waldregionen wie im Südschwarzwald oder im Thüringer Wald sinkt der Ökologische Kernwert mit dem Verlust von Bäumen. Viele Waldflächen im juristischen Sinne sind aktuell nicht mehr von Hochwald bewachsen, sondern von Kahlflächen, Grasland, Gebüsch oder nur jungen Bäumen bedeckt. Dies sind vor allem die Schadflächen der letzten Jahre, die bundesweit 4,8 Prozent der Waldfläche ausmachen (vgl. Kapitel 3.4.2). Derzeitig sind die bezüglich ihrer Ausdehnung und Verbundsituation intaktesten und wertvollsten Waldgebiete der Pfälzer Wald und der Nordschwarzwald. Weitere wertvolle Waldregionen finden sich in Südsachsen, dem Voralpenraum oder im Bayerischen Wald. Im Tiefland sind Gebiete im Bereich der Mecklenburgischen Seenplatte oder in der Lüneburger Heide immer noch bemerkenswert. Die waldarmen Flächenländer wie Schleswig-Holstein weisen überwiegend zersplitterte Waldbestände auf.

Es ist sofort erkennbar, dass sich die Situation durch zusätzliche Zerschneidung bzw. durch den Verlust von Hochwald verschlechtert hat.[47]

[47] Die Analyse beruht auf einer hoch aufgelösten Waldmaske (10 x 10 Meter; siehe Methodik, s. Kapitel 7.3). Immer wenn ein 100-m2-Pixel durch Absterben, Umfallen oder Entfernen der Bäume den (Hoch-)Waldstatus verliert, verschlechtern sich die Werte der Pixel in der Umgebung. Methodisch gilt es zu beachten, dass eine solche Verschlechterung theoretisch auch in Wildnisgebieten in Folge von Störungen und dynamischer Waldentwicklung eintreten kann. Die Karte von 2017 basiert auf kartierten Baumbeständen gemäß Sentinel-2-Daten. Die Karte von 2025 basiert auf der Karte von 2017, wobei jedoch Bereiche innerhalb dieser Maske, die 2025 die Kriterien für Höhe und Dichte der Waldbedeckung nicht erfüllen, ausgeschlossen wurden. Folglich kann es keine Verbesserung geben, sondern nur eine Verschlechterung. Dies ist auch insofern vertretbar, als dass nach 8 Jahren kein Hochwald nachwachsen kann. Die Verringerung der Ökologischen Kernwerte bedeutet in jedem Falle eine Zunahme von Randeffekten (z. B. mikroklimatischer Art) bzw. eine Erwärmung (vgl. Kapitel 4.2).

Tabelle 2 *Zerschneidung beziehungsweise Verbundsituation (Ökologischer Kernwert) der Waldflächen Deutschlands und deren Veränderung (2017–2025), s. auch Tabelle 8 (Jenks Natural Breaks).*

Kennwert	2017	2025	Veränderung	Relative Veränderung
Waldfläche (ha)	12.465.955	10.831.571	–1.634.383	–13,32 %
Anzahl der Waldfragmente	3.823.073	3.997.896	+174.823	+4,57 %
Waldfragmente pro 100 km² Waldfläche	2.819,42	3.690,97	+871,55	+30,91 %
Durchschnittliche Fragmentgröße (ha)	3,55	2,71	–0,84	–23,61 %
Mediane Fragmentgröße (ha)	0,09	0,04	–0,05	–55,56 %
Größe des größten Waldfragments (ha)	345.463,08	198.177,29	–147.285,79	–42,63 %
Anteil des größten Waldfragments (%)	2,55	1,83	–0,72 PP	–28,19 %
Waldranddichte (m/ha Waldfläche)	200,14	203,32	+3,18	+1,59 %

Tabelle 3 *Statistik der Ökologischen Kernwerte der Waldflächen Deutschlands.*

Jahr	Minimalwert	Maximalwert	Durchschnitt	Standardabweichung SD)
2017	0,0	0,89	0,131	0,160
2025	0,0	0,83	0,082	0,115

Tabelle 4 *Veränderungen der Waldflächenverteilung über Klassen des Ökologischen Kernwerts in Deutschland zwischen 2017 und 2025.*

Klassifizierung Ökologischer Kernwert	Waldanteil 2017	Waldanteil 2025	Veränderung (pp)	Veränderung (ha)
Sehr niedrig: 0 – <0,0530	51,33 %	59,91 %	+ 8,58 pp	+ 184.135 ha
Niedrig: 0,0530 – <0,1455	17,06 %	20,01 %	+ 2,94 pp	+ 72.076 ha
Mittel: 0,1455–<0,2694	9,86 %	10,73 %	+ 0,87 pp	– 57.288 ha
Hoch: 0,2694–<0,4203	13,61 %	5,70 %	– 7,91 pp	– 1.166.300 ha
Sehr hoch: 0,4203–0,8901	8,13 %	3,65 %	– 4,48 pp	– 667.645 ha

Ökologischer Kernwert für Gesamtwald 2017

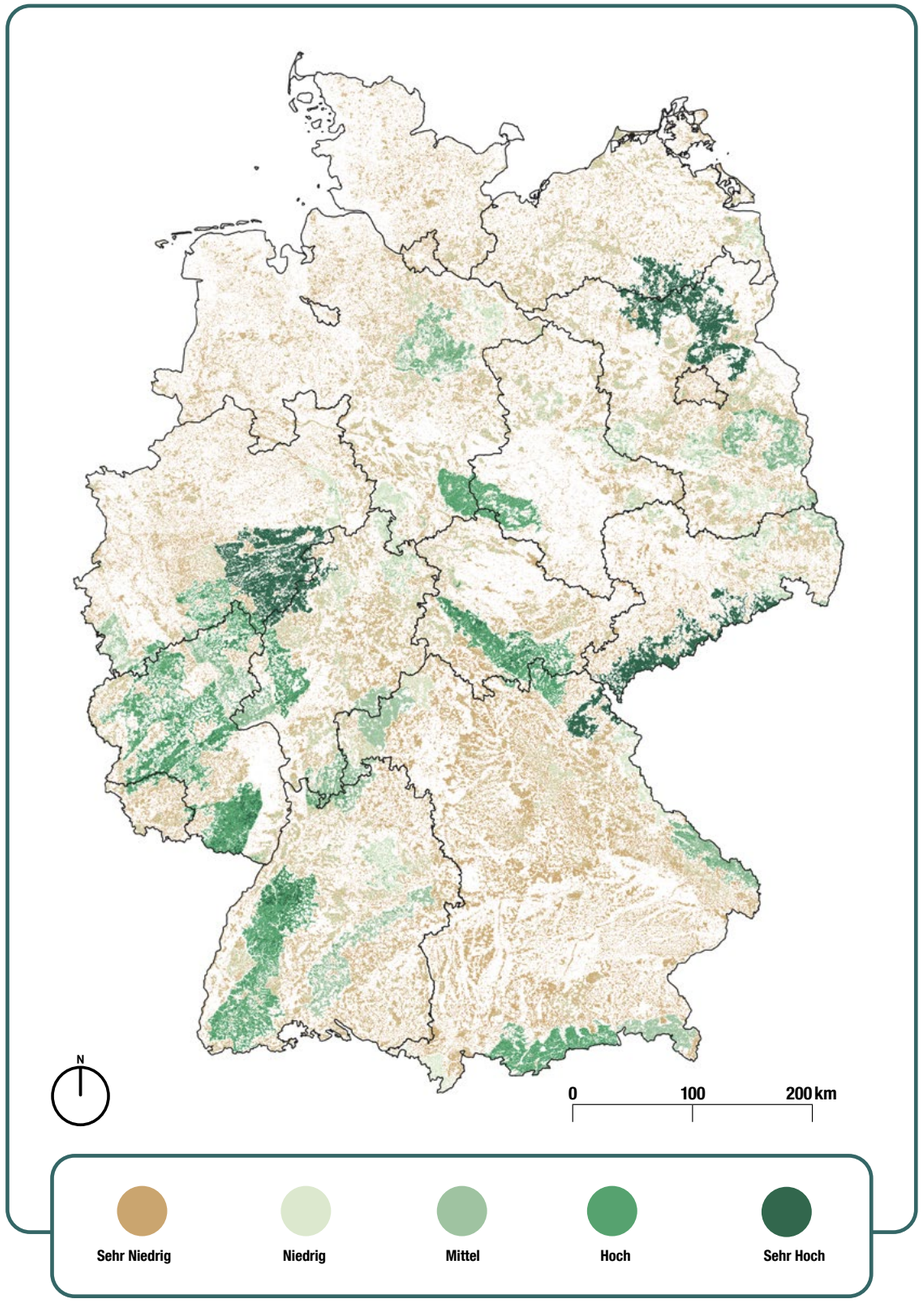


Abbildung 37a *Ökologischer Kernwert für den Gesamtwald in Deutschland für das Jahr 2017.*

Ökologischer Kernwert für Gesamtwald 2025

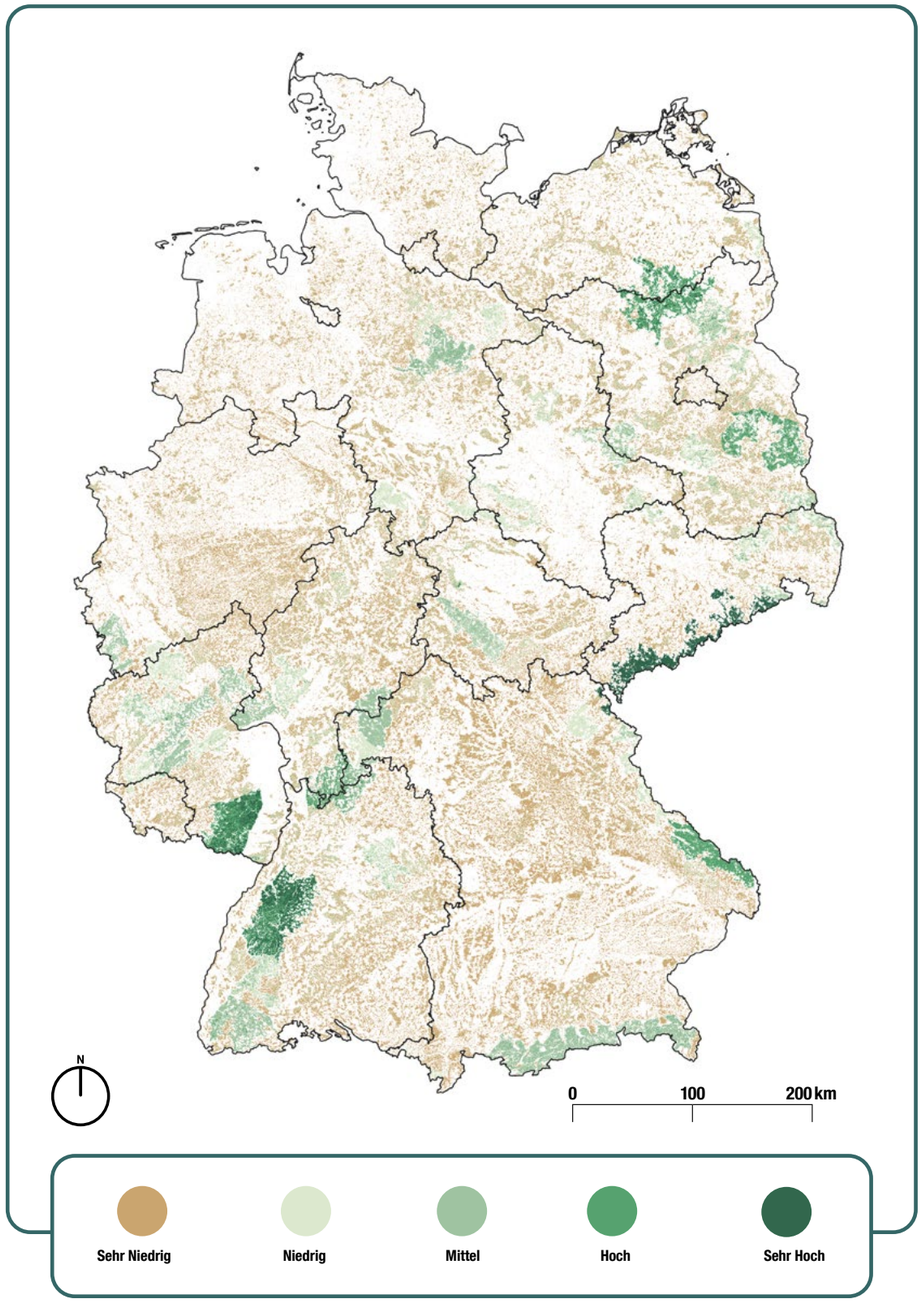


Abbildung 37b *Ökologischer Kernwert für den Gesamtwald in Deutschland für das Jahr 2025.*

INFO: Verlust an Hochwald und Zunahme von Zerschneidung und Zersplitterung des Waldes: Statistik im Überblick

Die gesamte Waldfläche mit mehr oder weniger hohen Bäumen in Deutschland ging um 13,32 Prozent zurück: von 12,46 Millionen Hektar im Jahr 2017 auf 10,8 Millionen Hektar im Jahr 2025. Diese Flächen gelten rechtlich zwar weiterhin als Wald, werden auf Satellitenbildern jedoch nicht mehr als Hochwald erkannt und haben ihre ökosystemtypischen Funktionen verloren. Auf einem Teil dieser Flächen erholen sich die Ökosysteme, Sträucher und mehr oder weniger junge Bäume leiten eine Erholung ein.

Die Waldfragmentierung nahm zu: Die Anzahl der Fragmente stieg um 11,61 Prozent. Die mittlere Fläche der Waldflächen ging um 23,61 Prozent zurück, während die Medianfläche der Waldflächen um 55,56 Prozent sank, was auf eine Verlagerung hin zu kleineren Waldflächen hindeutet.

Die größte Waldfläche verringerte sich um 42,63 Prozent, was auf einen erheblichen Verlust großer zusammenhängender Waldgebiete hindeutet. Wälder mit hohen und sehr hohen Ökologischen Kernwerten verzeichneten die größten Verluste und gingen um etwa 1,17 Millionen Hektar bzw. Millionen Hektar zurück. Die Laubwaldfläche verringerte sich um 10,62 Prozent, von 5,54 Millionen Hektar auf 4,95 Millionen Hektar. Auch diese wurden stärker fragmentiert, mit einer kleineren medianen Flächengröße von 0,67 Hektar und einer Verringerung um 26,46 Prozent bei der größten Laubwaldfläche.


© Pierre L. Ibisch

Da viele ausgedehnte Waldflächen in Deutschland immer noch von Nadelbaumreinbeständen geprägt sind, also oft gepflanzte Monokulturen darstellen, lohnt eine genauere Analyse der Waldflächen, die weniger stark von der Forstwirtschaft umgestaltet worden sind. Weite Teil Deutschlands wären nicht von Fichten- oder Kiefernbeständen bedeckt, sondern von Laubmischwäldern. Diese beherbergen einen Großteil der ökosystemtypischen Lebewesen, deren Populationen auf kleine Inseln zurückgedrängt wurden. Tabellen 5, 6, 7 sowie Abbildungen 38a und 38b blenden die (forstlich angelegten und natürlich vorkommenden) Nadelbaumbestände aus und zeigt die Ökologischen Kernwerte allein der Laubwälder.

Zum einen zeigt sich, dass sich die Ökologischen Kernwerte in den vergangenen Jahren nicht so sehr verschlechtert haben wie im Falle des Gesamtwaldes bzw. der Nadelbaumgebiete. Zum anderen wird durch diese Darstellung die überaus kritische Situation der Laubwälder deutlich. Sehr große Laubwaldgebiete fehlen völlig und die entsprechenden Ökosysteme sind noch spärlicher in der Landschaft verteilt als der Wald an sich.

Die Laubwälder mit höheren Kernwerten konzentrieren sich in der Mitte Deutschlands. In „Waldländern“ wie Brandenburg, Nordrhein-Westfalen oder Bayern sind sie besonders unterrepräsentiert (siehe Abbildung 39).

Bemerkenswert sind die räumlich intakteren Laubwälder in Südniedersachsen und angrenzenden Gebieten (A.; u. a. einschließlich Solling, Reinhardswald), der Hänge des nördlichen und südlichen Harzes sowie der nördlichen thüringischen Mittelgebirge (u. a. Hohe Schrecke, Hainich) (B.) und in Taunus und Eifel (D.). Das Buchenwaldgebiet von Südharz sowie nördlich und westlich des Thüringer Beckens sind besonders herausragend.

(Laub-)Wälder mit hohen Kernwerten sind unabhängig von anderen biologischen und ökologischen Eigenschaften besonders wertvoll und schutzwürdig. Entsprechend lohnt eine Analyse, inwiefern diese Wälder von existierenden Schutzgebieten erfasst werden, aber auch, wie sich die Situation der Ökologischen Kernwerte der Waldflächen in den Großschutzgebieten darstellt (siehe Abbildung 40).

Tabelle 5 *Zerschneidung beziehungsweise Verbundsituation (Ökologischer Kernwert) der Laubwälder Deutschlands und deren Veränderung 2017–2025.*

Kennwert	2017	2025	Veränderung	Relative Veränderung
Laubwaldfläche (ha)	5.540.369,59	4.951.926,73	– 588.442,86	– 10,62 %
Waldfragmente pro 100 km² Waldfläche	15.867,15	16.174,54	+ 307,39	+ 1,94 %
Durchschnittliche Fragmentgröße (ha)	0,630	0,618	– 0,012	– 1,94 %
Mittlere Waldfläche (ha)	0,04	0,03	– 0,01	– 25,00 %
Größe des größten Waldfragments (ha)	24.189,87	17.788,32	– 6.401,55	– 26,46 %
Anteil des größten Waldfragments (%)	0,437	0,359	– 0,077 pp	– 17,73 %

Tabelle 6 *Statistik der Ökologischen Kernwerte der Laubwaldflächen Deutschlands.*

Waldart	Jahr	Minimalwert	Maximalwert	Standardabweichung SD)
Laubwald	2017	0,03	0,67	0,05
Laubwald	2025	0,02	0,67	0,05

Tabelle 7 *Veränderungen der Laubwaldflächenverteilung über Klassen des Ökologischen Kernwerts in Deutschland zwischen 2017 und 2025.* [48]

Natürliche Unterbrechungen nach Jenks	Spannweite des Ökologischen Kernwertes	Fläche 2017 (ha)	Fläche 2025 (ha)	Flächenanteil der Veränderung (ha)	Flächenanteil der Veränderung (%)	Waldanteil (2017) (%)	Waldanteil (2025) (%)	Veränderung (pp)
1	0,0000–<0,0231	4.062.393,00	3.501.929,00	– 560.464,00	– 13,80	73,32	70,72	– 2,60
2	0,0231–<0,0736	872.156,10	865.114,40	– 7.041,70	– 0,81	15,74	17,47	+ 1,73
3	0,0736–<0,1529	400.962,60	393.558,50	– 7.404,10	– 1,85	7,24	7,95	+ 0,71
4	0,1529–<0,2895	168.465,00	158.233,70	– 10.231,30	– 6,07	3,04	3,20	+ 0,15
5	0,2895–0,7861	36.392,79	33.090,77	– 3.302,02	– 9,07	0,66	0,67	+ 0,01

[48] Jenks, George F. 1967. The Data Model Concept in Statistical Mapping. International Yearbook of Cartography 7: 186–190.

Ökologischer Kernwert für Laubwald 2017

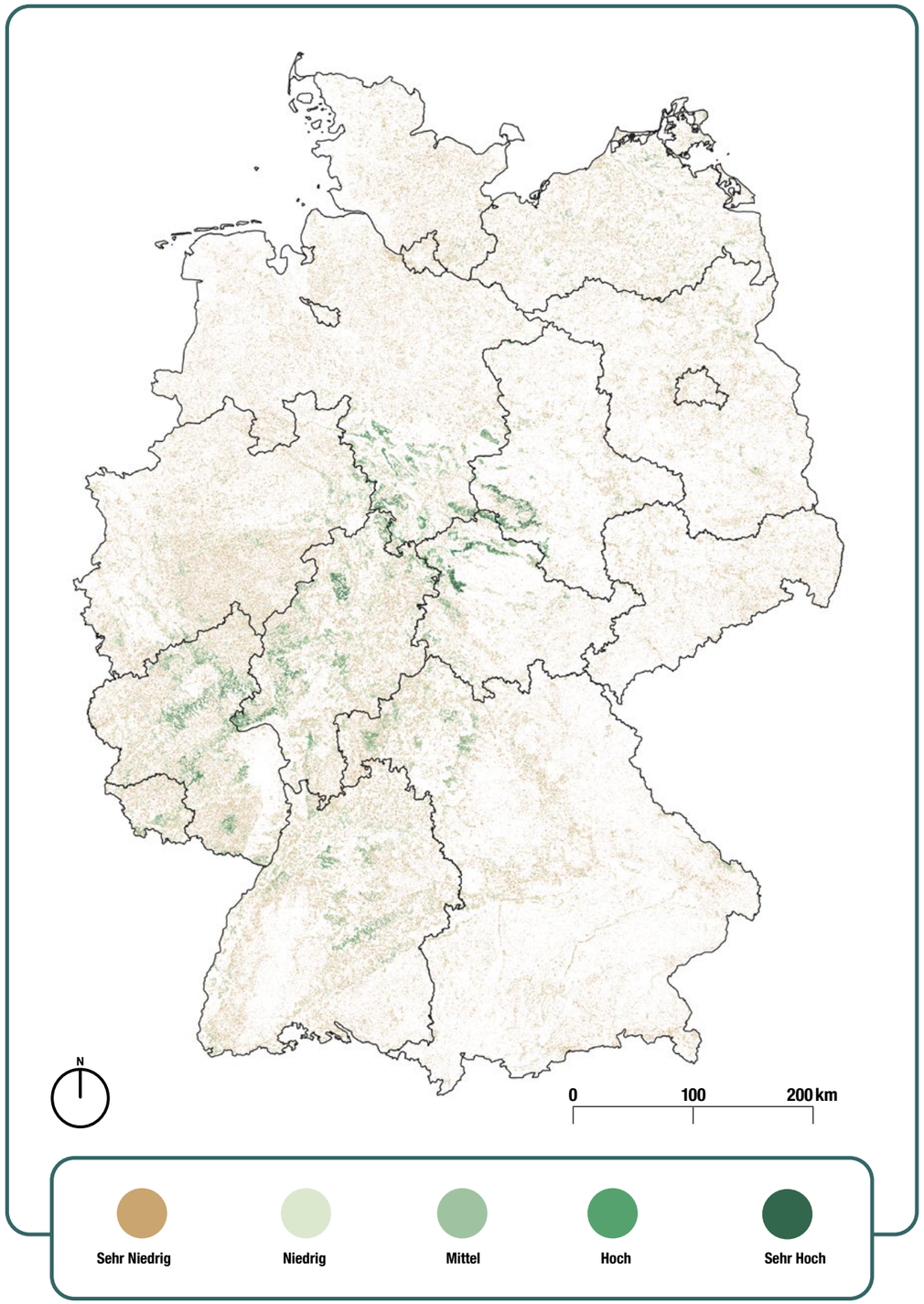


Abbildung 38a *Ökologischer Kernwert für Laubwald in Deutschland für das Jahr 2017.*

Ökologischer Kernwert für Laubwald 2025

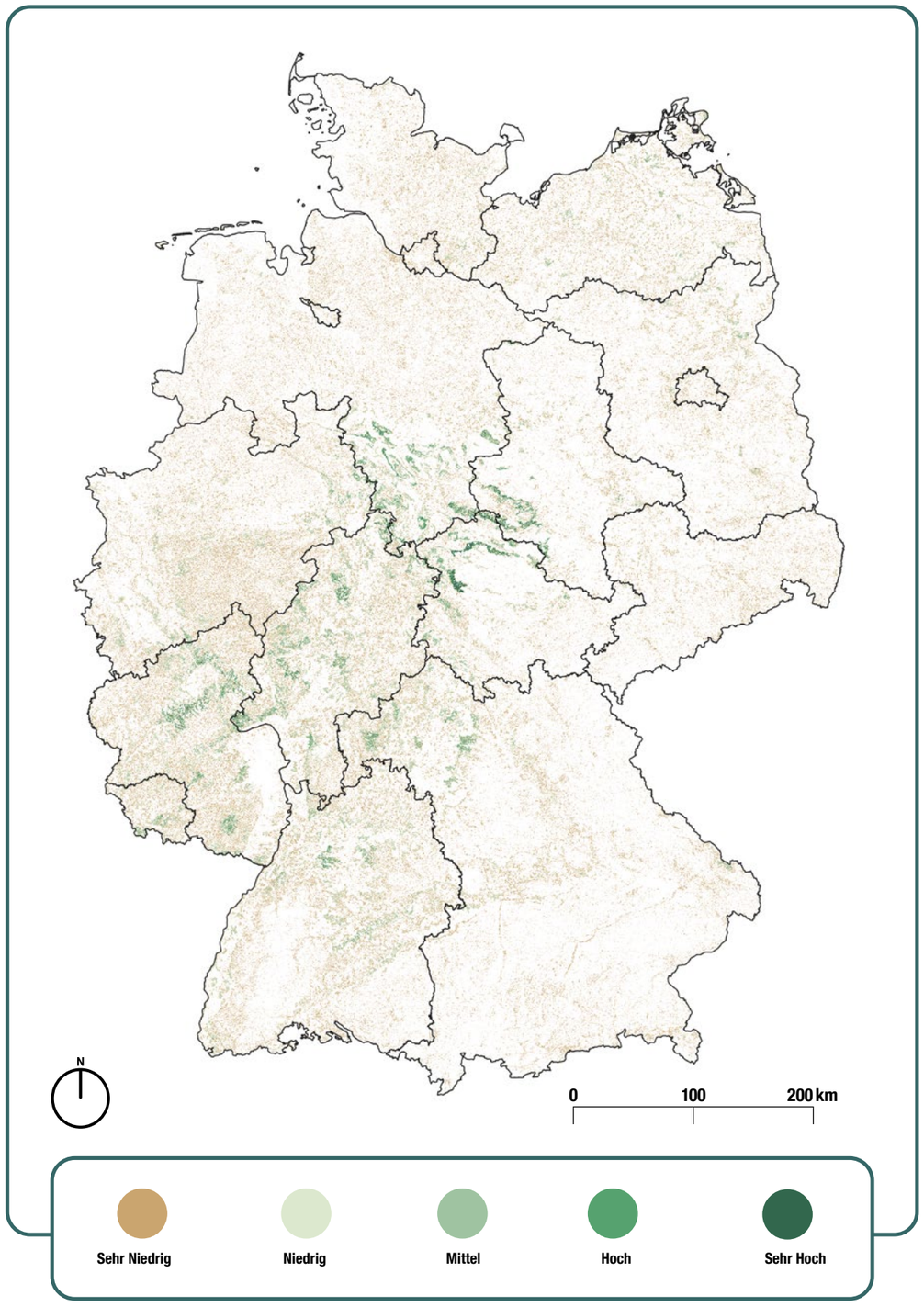


Abbildung 38b *Ökologischer Kernwert für Laubwald in Deutschland für das Jahr 2025.*

Ökologischer Kernwert für Laubwald

Fünf Hotspots mit hohem und sehr hohem Ökologischen Kernwert; A–E von Nord nach Süd geordnet

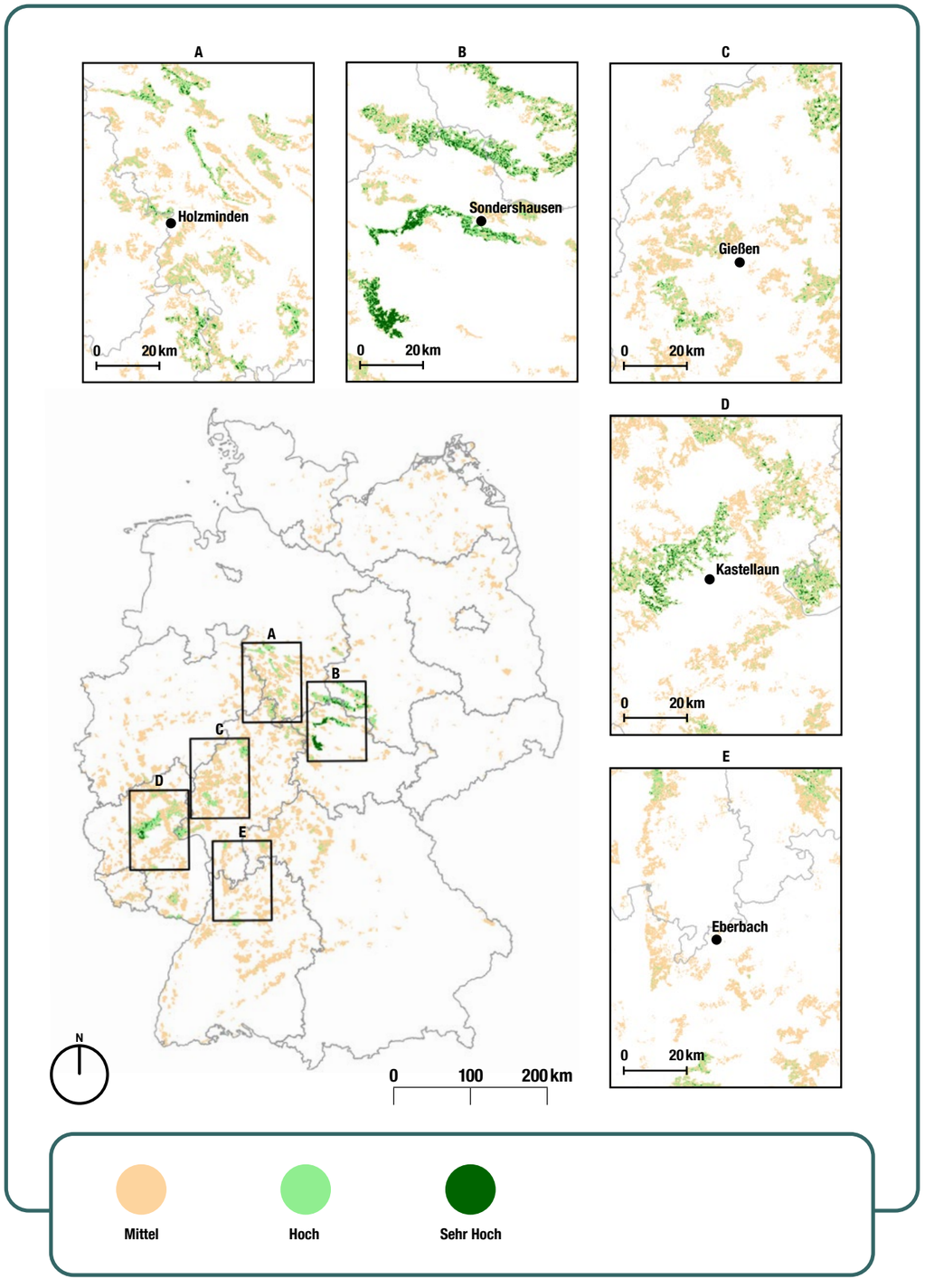


Abbildung 39 *Hotspotkarte des ökologischen Kernwerts für Laubwald in Deutschland (2025).*

Ökologischer Kernwert geschützter und nicht geschützter Wälder in Deutschland (2025)

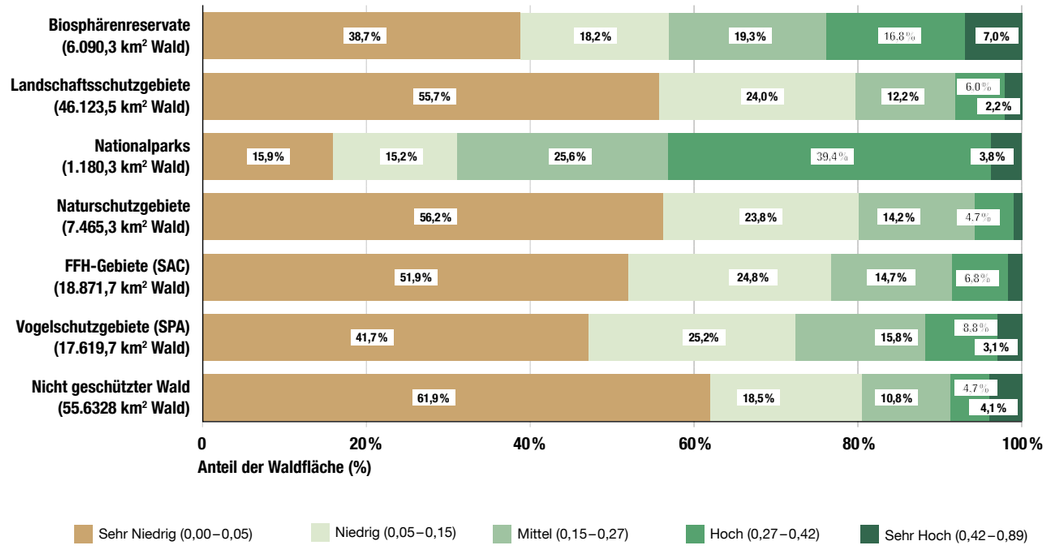


Abbildung 40 *Ökologischer Kernwert geschützter und nicht geschützter Wälder in Deutschland (2025).*

Die Nationalparks weisen erwartungsgemäß einen hohen Anteil an Wäldern mit höheren oder sehr hohen Kernwerten auf. Besonders bedeutsam sind hier die Nationalparks Bayerischer Wald, Schwarzwald und Müritz (siehe Abbildung 41). Auch die UNESCO- Biosphärenreservate sind gemäß Abbildung 42 für räumlich relativ intakte Waldgebiete mit besserer Konnektivität bedeutsam – dieser Effekt geht allerdings fast ausschließlich auf das Biosphärenreservat Pfälzerwald-Nordvogesen zurück.

Der Pfälzerwald gehört zu den in Deutschland herausragenden großen und wenig fragmentierten Waldgebieten und würde aus verschiedenen weiteren Gründen einen Nationalpark-Status verdienen (vgl. auch Kapitel 5).



Die Naturparks wurden hier nicht berücksichtigt, da sie in der Regel keinen besonderen Schutz von Wäldern mit sich bringen. Viele haben den Status von Landschaftsschutzgebieten, von denen einige durchaus einen gewissen Wert für Wälder mit höheren Ökologischen Kernwerten haben.

Die Natura-2000-Gebiete weisen ebenso wie die Naturschutzgebiete einen recht hohen Anteil an stark fragmentierten und eher isolierten Waldflächen auf. Dies mag darin begründet sein, dass viele Gebiete eher zum Schutz von Nichtwaldökosystemen eingerichtet wurden.

Bedeutsam ist, dass beträchtliche Flächen von Wäldern mit hohem oder sehr hohem Ökologischen Kernwert keinen Schutzstatus genießen (fast 9 Prozent). Diese sollten bezüglich ihrer Schutzwürdigkeit dringend überprüft werden. Dies gilt insbesondere für die ungeschützten Laubwälder. In Deutschland gibt es ähnlich große Flächen von geschützten und ungeschützten Laubwäldern (2.632 vs. 3.252 km²). Im Falle der ungeschützten war ein größerer Anteil von Baumverlusten betroffen (13,84 Prozent) als in den geschützten (8,25 Prozent). Allerdings ist es in den Jahren 2017 bis 2025 in besser geschützten Wäldern zum stärkeren Rückgang ihres Ökologischen Kernwerts gekommen als in ungeschützten (Veränderung des mittleren Ökologischen Kernwerts: -9,83 Prozent vs. -4,69 Prozent). Insgesamt waren die Werte in geschützten Wäldern allerdings höher als in ungeschützten.

Ökologischer Kernwert von Wäldern in Nationalparks

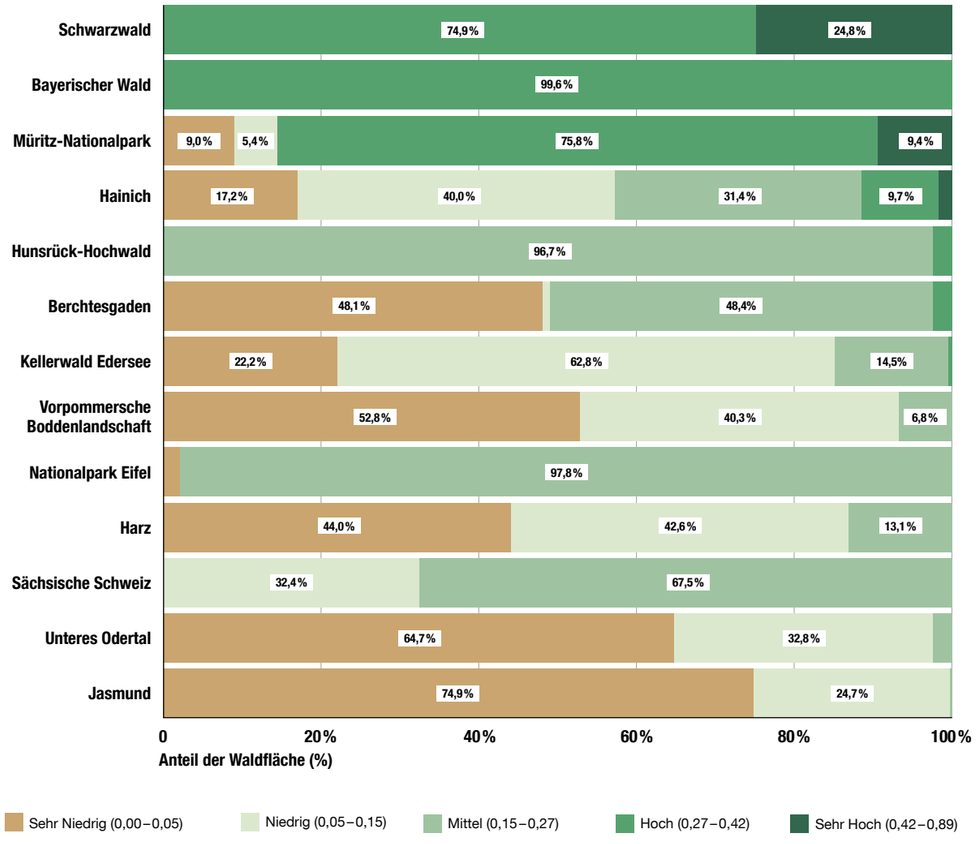


Abbildung 41 *Ökologischer Kernwert von Wäldern in Nationalparks.*

Ökologischer Kernwert von Wäldern in Biosphärenreservaten

Die Biosphärenreservate sind nach dem Anteil hoher und sehr hoher Ökologischer Kernwerte geordnet.

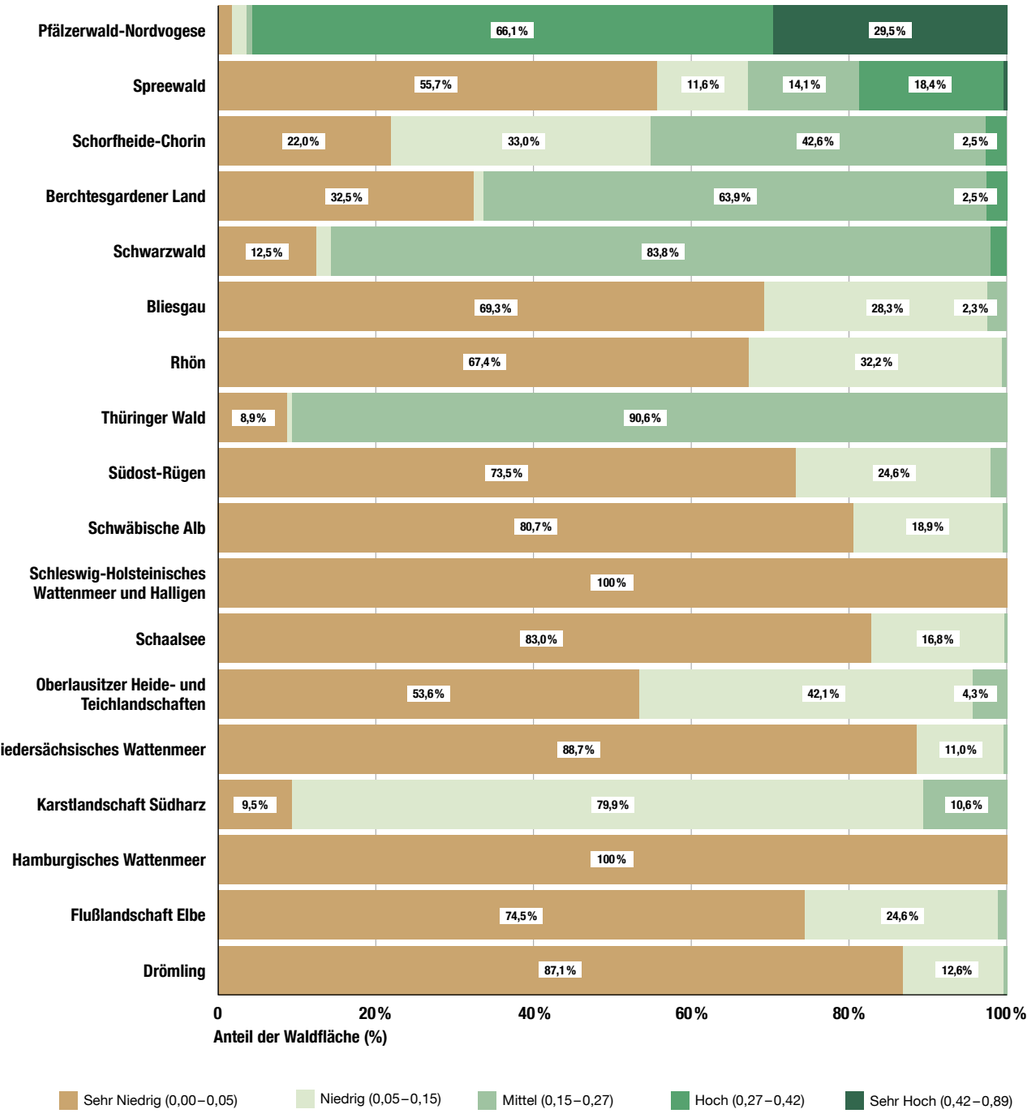


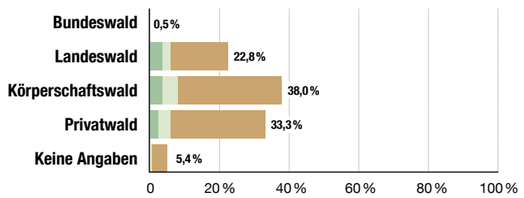
Abbildung 42 *Ökologischer Kernwert von Wäldern in Biosphärenreservaten.*

Waldeigentum und Ökologischer Kernwert

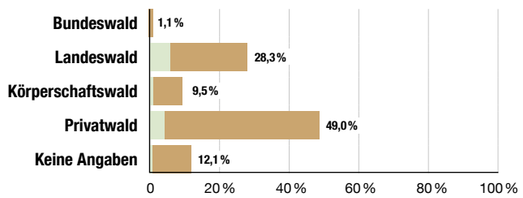
Die Balkenhöhe zeigt den Anteil der Eigentumsart an der gesamten Waldfläche des jeweiligen Bundeslandes; die Farben zeigen die Verteilung des Ökologischen Kernwerts.

Sehr Niedrig (0,00–0,05) · Niedrig (0,05–0,15) · Mittel (0,15–0,27) · Hoch (0,27–0,42) · Sehr Hoch (0,42–0,89)

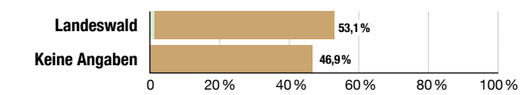
Baden-Württemberg



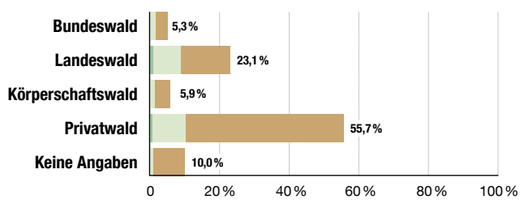
Bayern



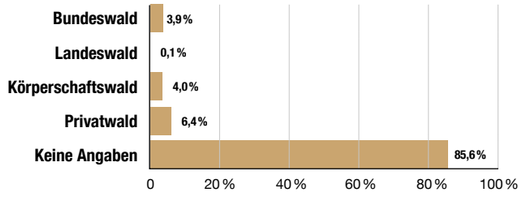
Berlin



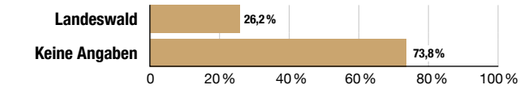
Brandenburg



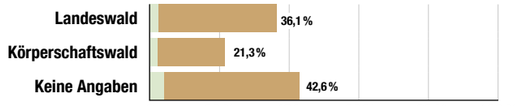
Bremen



Hamburg



Hessen



Mecklemburg-Vorpommern

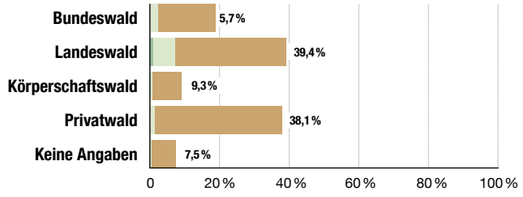


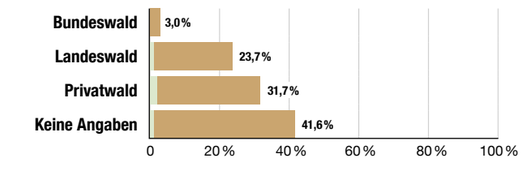
Abbildung 43 *Ökologische Kernwerte der Wälder nach Bundesländern und Waldeigentumsarten.*

Waldeigentum und Ökologischer Kernwert

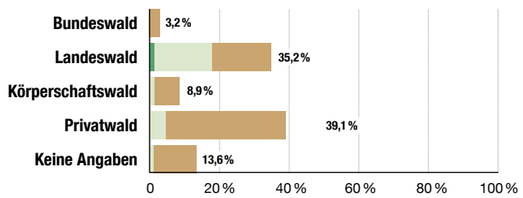
Die Balkenhöhe zeigt den Anteil der Eigentumsart an der gesamten Waldfläche des jeweiligen Bundeslandes; die Farben zeigen die Verteilung des Ökologischen Kernwerts.

Sehr Niedrig (0,00–0,05) · Niedrig (0,05–0,15) · Mittel (0,15–0,27) · Hoch (0,27–0,42) · Sehr Hoch (0,42–0,89)

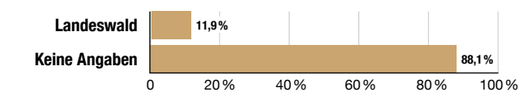
Niedersachsen



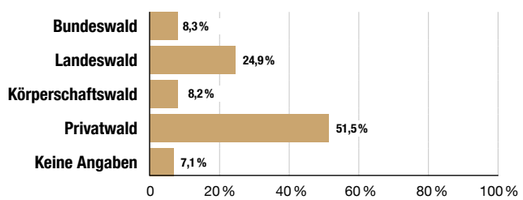
Sachsen



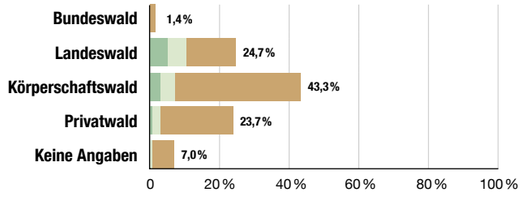
Nordrhein-Westfalen



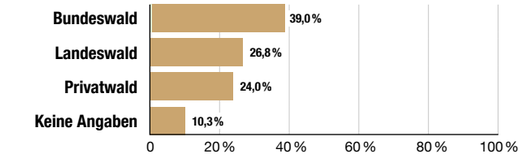
Sachsen-Anhalt



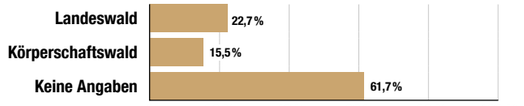
Rheinland-Pfalz



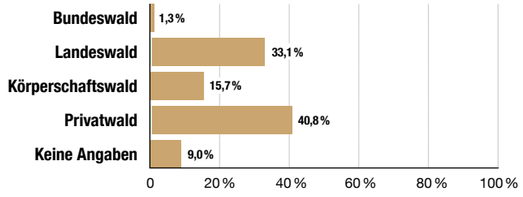
Saarland



Schleswig-Holstein



Thüringen



INFO: Ökologischer Kernwert der Wälder in den Bundesländern

Allein Sachsen, Mecklenburg-Vorpommern, Rheinland-Pfalz und Baden-Württemberg haben noch Wälder mit hohen oder mittleren Ökologischen Kernwerten (siehe Abbildung 43). Sachsen (546.044 Hektar Wald): Ein sehr niedriger Wert macht 74,0 Prozent aus, während ein mittlerer Wert mit 23,4 Prozent vergleichsweise hoch ist. Ein hoher Wert macht 1,4 Prozent aus. In den beiden letztgenannten Kategorien ist Landeswald betroffen. Mecklenburg-Vorpommern (525.797 Hektar Wald): Die sehr niedrigen Werte machen 88,6 Prozent aus, die niedrigen 9,9 Prozent und die mittleren 1,5 Prozent. Letztere allein im Landeswald. Baden-Württemberg (1.372.708 Hektar Wald): Mit 78,9 Prozent dominieren sehr niedrige Werte, gefolgt vom niedrigen (10,6 Prozent) und mittleren (10,4 Prozent) Werten. Hohe und sehr hohe Werte machen nur 0,1 Prozent aus. Die mittleren und höheren Werte verteilen sich gleichmäßig auf Landeswald, Körperschaftswald und Privatwald. Rheinland-Pfalz (819.046 Hektar Wald): Ein sehr niedriger Wert entfällt auf 78,7 Prozent der Fläche, ein niedriger Wert auf 12,6 Prozent und ein mittlerer Wert auf 8,4 Prozent. Hohe und sehr hohe Werte gibt es auf 0,1 Prozent der Fläche. Die mittleren und höheren Werte werden überwiegend im Landeswald und im Körperschaftswald verzeichnet.

Die Flächenländer Brandenburg und Niedersachsen verfügen noch über wenige Flächen mit mittleren Werten. Brandenburg (1.113.455 Hektar Wald): Sehr niedrige Werte auf der 76,7 Prozent Flächen (niedrig: 21,4 Prozent). Mittlere Werte sind kaum vorhanden: 2,0 Prozent, in Landes- und Privatwald. Hohe und sehr hohe Werte kommen nicht vor. Niedersachsen (1.108.508 Hektar Wald): Die sehr niedrige Werteklasse macht 95,5 Prozent aus, die niedrige 3,9 Prozent. Mittlere Werte sind kaum vorhanden. Hohe und sehr hohe Werte kommen nicht vor.

Die Situation der großen Flächenländer Nordrhein-Westfalen, Hessen und Bayern ist als schlecht zu beurteilen. In NRW ist der Wald besonders stark fragmentiert. Nordrhein-Westfalen (825.723 Hektar Wald): Ein sehr niedriger Wert wurde für 99,4 Prozent der Fläche festgestellt, ein niedriger Wert für 0,6 Prozent. Hessen (839.826 Hektar Wald): Mit 92,5 Prozent dominiert die Klasse sehr niedrig, während die Werteklasse niedrig 7,5 Prozent ausmacht. Bayern (2.418.457 Hektar Wald): Überwiegend sehr niedrige Werte: 87,4 Prozent (niedrig: 12,3 Prozent). Hohe und sehr hohe kommen nicht vor.

Die Ökologischen Kernwerte der mittelgroßen Waldflächenländer Schleswig-Holstein, Thüringen, Saarland, Sachsen-Anhalt sind als sehr schlecht einzustufen. Schleswig-Holstein (198.697 Hektar Wald): 100 Prozent des Waldes wurden mit einem sehr niedrigen Wert eingestuft. Saarland (94.641 Hektar Wald): Ein sehr niedriger Wert dominiert mit 99,3 Prozent, während nur 0,7 Prozent auf einen niedrigen Wert entfällt. Thüringen (491.455 Hektar Wald): Der Anteil mit sehr niedrigen Werten beträgt 98,6 Prozent, der mit niedrigen 1,4 Prozent. Sachsen-Anhalt (434.155 Hektar Wald): Ein sehr niedriger Wert macht 98,9 Prozent aus, ein niedriger Wert 1,1 Prozent.

In den Stadtstaaten existiert der Wald erwartungsgemäß in kleinen Fragmenten. Berlin (28.345 Hektar Wald): Fast der gesamte Wald weist einen sehr niedrigen Wert auf (98,7 Prozent), nur 1,3 Prozent haben einen niedrigen Wert. Bremen (4.189 Hektar Wald): Für 100 Prozent des Waldes wurden sehr niedrige Werte ermittelt. Hamburg (13.698 Hektar Wald): Für 100 Prozent des Waldes wurden sehr niedrige Werte ermittelt.

Insgesamt ist bemerkenswert, dass es in den meisten Flächenländern auch im Landeswald nicht gelungen ist, größere Flächen mit höheren Ökologischen Kernwerten zu erhalten. Die wertvolleren Waldgebiete entfallen fast ausschließlich auf Großschutzgebiete.

3.3.1 Waldtypen gemäß der dominanten Baumarten und ihre Ökologischen Kernwerte

Über alle der sechs dominierenden Baumarten hinweg nahm die Waldfläche in den Jahren 2017 bis 2025 ab (siehe Tabelle 8), wobei der prozentual größte Verlust für Fichtenforste (–15,25 Prozent) zu verzeichnen war, gefolgt von Kiefern- (–7,76 Prozent) und Lärchenforsten (–7,33 Prozent). Der Flächenverlust von Buchenwäldern lag bei –3,42 Prozent und von Eichenwäldern bei –4,91 Prozent. Als Konsequenz ergeben sich nicht von Bäumen bewachsene Flächen. Selbst wenn im Rahmen der Sukzession oder nach Pflanzung wieder Sträucher oder junge Bäumen vorhanden sein sollten, gehen typische Waldeigenschaften und Waldökosystemleistungen mindestens für Jahrzehnte verloren. Die Ergebnisse zeigen, dass die Fragmentierung aller Waldtypen zunahm. 98,6 bis 99,84 Prozent des Verlusts von Waldfragmenten bezog sich auf Flächen, die kleiner als 1 Hektar waren und nach Schädigung eliminiert wurden. Die Vulnerabilität wurde auf der Grundlage von Waldflächenverlusten, Veränderungen der Anzahl und Größe von Waldfragmenten sowie der Verschlechterung Ökologischer Kernbereiche im verbleibenden Wald bewertet.

Der Ökologische Kernwert wies bei Fichten- (–14,13 Prozent) und Kiefernforsten (–6,10 Prozent) die stärkste Verschlechterung auf, wobei der Kernwert auf mehr als der Hälfte aller verbleibenden Waldflächen abnahm (53,71 Prozent bzw. 60,02 Prozent). Im Gegensatz dazu zeigten Douglasien- und Lärchenforste bislang eine größere strukturelle Stabilität: Der Kernwert für die überwiegenden Anteile der jeweiligen verbleibenden Forste blieb praktisch unverändert (94,79 Prozent bzw. 98,56 Prozent).

Tabelle 8 *Artspezifische Veränderungen von Waldfläche, Fragmentierung und dem Ökologischen Kernwert sowie die zugehörige Vulnerabilitätsklassifizierung ausgewählter Baumarten in Deutschland.*

Artname	Flächenverlust	Fragmentierung	Veränderung des ökologischen Kernwertes	Vulnerabilität
Buche	– 67.200 ha (– 3,42 %)	Anzahl der Waldflächen verringerte sich um 450.806 (-6,41 %); 98,6 % davon in Flächen mit einer Größe von < 1 ha	Der korrigierte Mittelwert des Ökologischen Kernwert sank um 1,76 %; der Ökologische Kernwert verringerte sich auf 36,58 % der verbleibenden Waldfläche	**Moderat** – Relativ geringer Flächenverlust, aber erhebliche Verschlechterung des Ökologischen Kernwertes im verbleibenden Wald
Eiche	– 57.172 ha (– 4,91 %)	Anzahl der Waldflächen verringerte sich um 526,835 (–7.28 %); 98, 9 % davon in Flächen mit einer Größe von < 1 ha	Der korrigierte Mittelwert des Ökologischer Kernwert sank um 0,41 %; der Ökologische Kernwert verringerte sich auf 19,66 % der verbleibenden Waldfläche	**Gering bis moderat** – Flächen- und Teilflächenverlust, aber relativ stabiler Ökologischer Kernwert.
Douglasie	– 7.743,6 ha (– 4,82 %)	Anzahl der Waldflächen verringerte sich um 121,673 (–7.05 %); 99,6 % davon in Flächen mit einer Größe von < 1 ha, größere Waldflächen verringerten sich geringfügig	Der Ökologische Kernwert verringerte sich auf nur 5,21 % der verbleibenden Waldfläche; 94,79 % blieben unverändert.	**Gering** – begrenzter Flächenverlust und sehr stabiler Ökologische Kernwert im verbleibenden Wald
Kiefer	– 246.690,7 ha (– 7,76 %)	Anzahl der Waldflächen verringerte sich um 1,392,919 (–13.87 %); 98,8 % davon in Flächen mit einer Größe von < 1 ha, größere Waldflächen verringerten sich geringfügig	Der korrigierte Mittelwert des Ökologischen Kernwert sank um 6,10 %; der ökologische Kernwert verringerte sich auf 60,02 % der verbleibenden Waldfläche	**Sehr hoch** – erheblicher Flächenverlust und Zunahme der Fragmentierung kombiniert mit weiträumiger Verschlechterung des Ökologische Kernwertes.
Fichte	– 683.260,4 ha (– 15,25 %)	Anzahl der Waldflächen verringerte sich um 817,653 (–7.81 %); 98,97 % davon in Flächen mit einer Größe von < 1 ha, größere Waldflächen verringerten sich um 23,10 %	Der korrigierte Mittelwert des Ökologischer Kernwert sank um 14,13 %; der Ökologische Kernwert verringerte sich auf 53,71 % der verbleibenden Waldfläche	**Gering bis moderat** – größter Flächenverlust, erhebliche Schrumpfung des größten Waldflächenanteils und starke Verschlechterung des Ökologischen Kernwertes.
Lärche	– 4.208,6 ha (– 7,33 %)	Anzahl der Waldflächen verringerte sich um 98,057 (–8.76 %); 99.84 % davon in Flächen mit einer Größe von < 1 ha, größere Waldflächen unverändert	Der korrigierte Mittelwert des Ökologischen Kernwert sank um 1,29 %; der Ökologische Kernwert verringerte sich in nur 1,44 % des verbleibenden Waldes, während 98,56 % unverändert blieben	**Gering bis moderat** – erheblicher Flächenverlust, während verbleibende Waldflächen aber strukturell sehr stabil blieben

3.3.2 Die landschaftliche Einbettung der Waldfragmente, Waldränder und Randeffekte

Mehr als zwei Drittel der Waldränder in Deutschland grenzen an landwirtschaftliche Flächen, also Äcker oder Weideland, in geringerem Umfang auch Weinbaugebiete oder Obstplantagen (Abbildung 44). Über 10 Prozent befinden sich in Nachbarschaft zu Siedlungs-, Industrie- und Verkehrsflächen. Urbane Flächen und große Ackerschläge sind vor allem bei Hitze und Trockenheit für Wälder besonders ungünstig.



Foto: *Waldfragment im direkten Kontakt mit intensiv genutztem Grünland (Weesower Luch, Brandenburg).*

Die Landwirtschaft und die Landbedeckung des Offenlands haben eine große Bedeutung für die Integrität der Wälder. Zu den negativen Randeffekten gehören vor allem belastende Stoffeinträge (Pestizide, Kunstdünger), aber auch thermische Belastungen. Ausgedehnte Agrarlandschaften können sich an heißen Tagen sehr stark aufheizen und befördern die Austrocknung der gesamten Landschaft.[49] Im Falle stark bebauter und versiegelter Flächen sind die Hitzewirkungen am bedeutendsten.



Foto: *Hainich (Thüringen): Hochwald im Kontakt mit Offenland.*

Landbedeckungszusammensetzung im Umfeld von Waldrändern

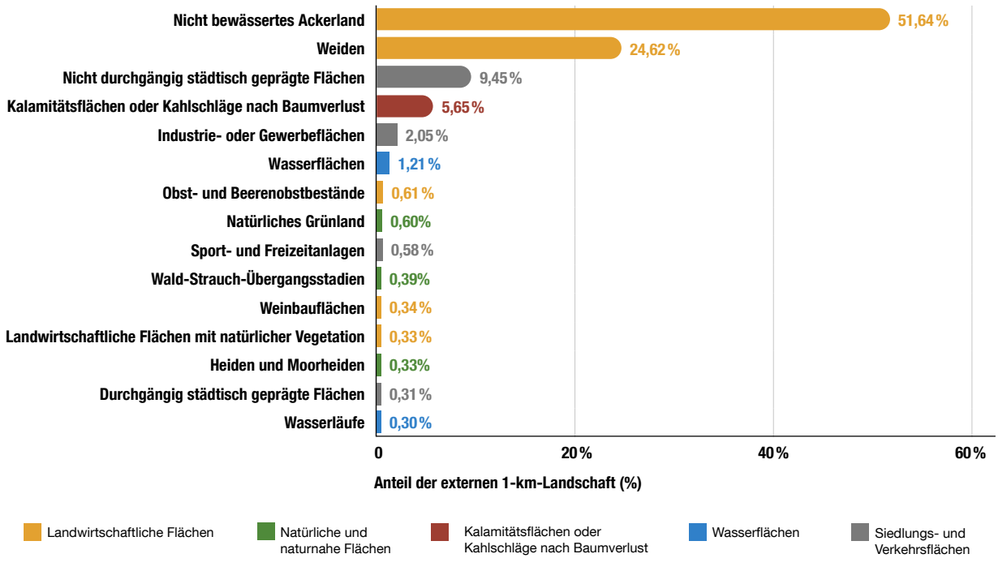
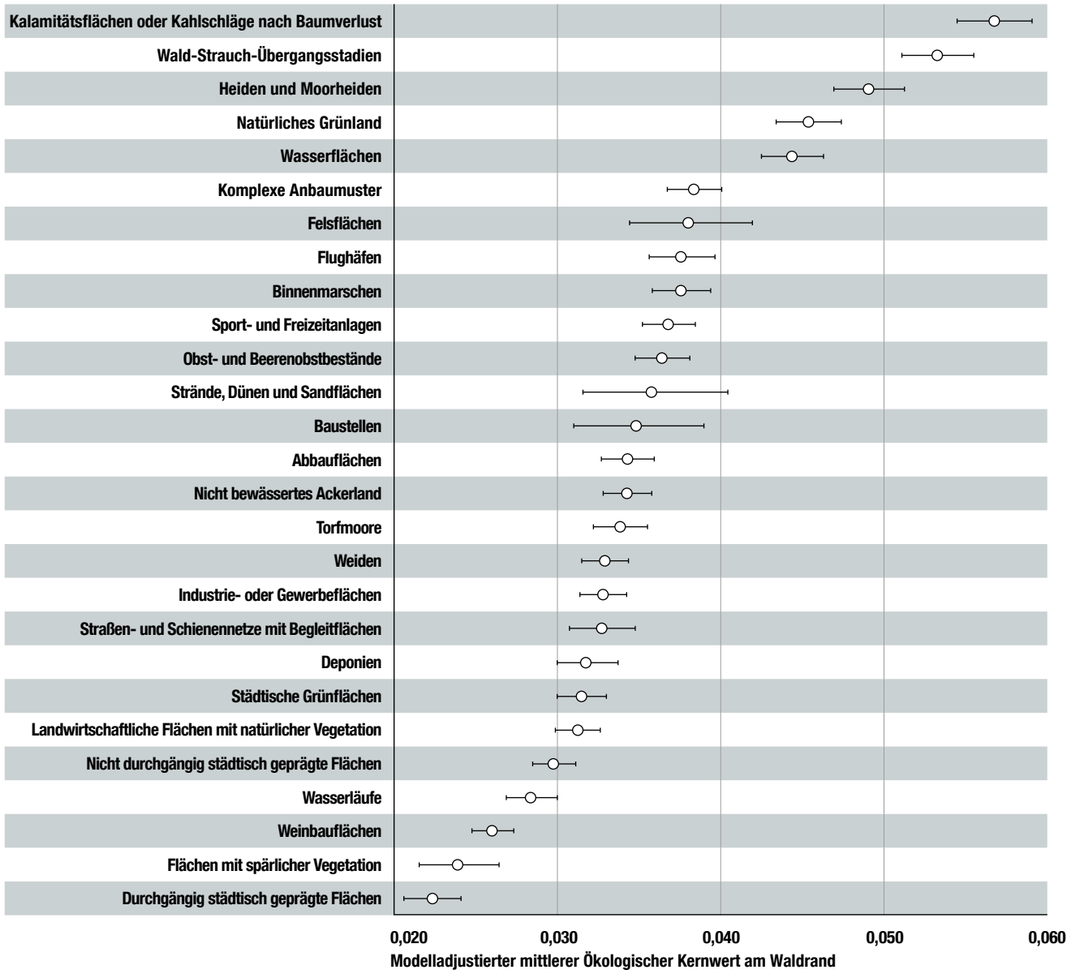


Abbildung 44 *Landbedeckungszusammensetzung im Umfeld von Waldrändern.*

Ökologischer Kernwert an Waldrändern nach angrenzendem Landbedeckungstyp

Alle statistisch ausreichend unterstützten Landbedeckungsklassen.



Punkte zeigen adjustierte Mittelwerte; Linien zeigen 95 %-Konfidenzintervalle.

Abbildung 45 *An Wäldern angrenzende Flächen und ihre Ökologischen Kernwerte.*

Wertvolle, weniger zerschnittene Wälder mit höherem Ökologischen Kernwert grenzen häufig an Nichtwaldflächen, auf denen zuvor die Bäume abgestorben sind (Störungs- bzw. Kalamitätsflächen) (siehe Abbildung 45). Diese sind ungünstig, vor allem, wenn sie mitten in Waldgebieten liegen und die großflächige Kühlung und mesoklimatische Pufferung absinken. Im Bereich der Waldränder an Kalamitätsflächen ist in Zukunft eine schnelle weitere Verschlechterung zu erwarten, da das Absinken des Kernwerts mehr Randeffekte, entsprechenden Stress etwa bei Extremwetterlagen und eine höhere Verwundbarkeit der verbleibenden Wälder bedeutet.

[49] Adhikari, Y., Ibisch, P. L., Wohlleben, P., Schneider, A., & Johnson, D. (2026). Working landscapes under climate change need to be green, moist, and cool — A case study of Germany. Ecological Solutions and Evidence, 7, e70270. https://doi.org/10.1002/2688-8319.70270.

3.3.3 Die besondere Rolle von Straßen bei der Zerschneidung von Wald

Die negativen Wirkungen von Straßen und Wegen auf Wälder sind gut bekannt; sie gehören zu den weltweit wichtigsten Treibern von Fragmentierung, Schwächung und Zerstörung von Ökosystemen.[50] Deutschland gehört im globalen Vergleich zu den Regionen mit der höchsten Straßendichte. Straßenlose Räume – im Sinne von Gebieten, die mindestens 1 km von der nächsten Straße entfernt sind – sind praktisch nicht mehr vorhanden. Deshalb ist es bedeutsam, die verbleibenden straßenarmen Gebiete vor allem in Waldgebieten vor weiterer Zerschneidung und Beeinträchtigung zu bewahren. Straßen bedingen Lärmbelastung und stoffliche Verschmutzung (u. a. Mikroplastik aus Reifenabrieb), sie bedeuten eine erhöhte Mortalität von Tieren, die sie überqueren müssen, aber sie beeinflussen auch den Landschaftswasserhaushalt und das Mikroklima. Dies gilt insbesondere für breite und stark befestigte Straßen wie Autobahnen. Aber auch Forststraßen und Waldwege bedeuten zusätzliche Waldrandeffekte und eine unterirdische Zerschneidung (Wurzelwerk, Mykorrhiza). Straßen erlauben Menschen, in den Wald zu gelangen. Was im Sinne der Naherholung und Naturerfahrung positiv ist, bringt auch zusätzliche Risiken für den Wald mit sich. So steigt etwa die Gefahr für fahrlässige und vorsätzliche Brandstiftung.



Foto: *Stadtwald von Schwerte, von autobahnartiger Schnellstraße durchschnitten. Randeffekte erkennbar.*

[50] *A global map of roadless areas and their conservation status | Science. (n. d.). Retrieved October 20, 2026, from https://www.science.org/doi/abs/10.1126/science.aaf7166*

Bei Berücksichtigung von Waldfläche und vorhandenen Hauptstraßenkilometern weisen die Stadtstaaten naheliegenderweise die höchsten Werte auf (Abbildung 46). Nordrhein-Westfalen, Rheinland-Pfalz und Saarland weisen ebenfalls ein hohes Waldfläche-Straßenlängen-Verhältnis auf. Die am wenigsten „verstraßten Waldländer“ sind Bayern, Thüringen und Sachsen-Anhalt. Die Werte sagen allerdings nichts über die Zerschneidung von Wäldern durch Nebenstraßen, Forstwege oder gar Rückegassen aus, die überall in erheblichem Umfang hinzukommen.

Bei Berücksichtigung von Waldgebieten > 1 km² ergibt sich ein differenzierteres Bild (Abbildung 47). Der Anteil von Wäldern mit großer Nähe zu Hauptstraßen (weniger als 100 Meter) beträgt 73 Prozent (in Mecklenburg-Vorpommern) bis 100 Prozent (in den Stadtstaaten). Auch in vergleichsweise waldreichen Ländern wie Bayern und Baden-Württemberg befinden sich die meisten dieser Waldflächen > 1 km² in unmittelbarer Nähe zu Hauptstraßen (85 Prozent bzw. 82 Prozent der Gebiete). Etwas weiter von Hauptstraßen entfernte Waldflächen (500 bis 1000 Meter) finden sich v. a. in Baden-Württemberg (Anteil von 9 Prozent), Mecklenburg-Vorpommern (9 Prozent) und Niedersachsen (6 Prozent). Ein ähnliches Bild ergibt sich bei Betrachtung der Flächengrößen der Waldfragmente (Abbildung 48).

Hauptstraßendichte im Wald

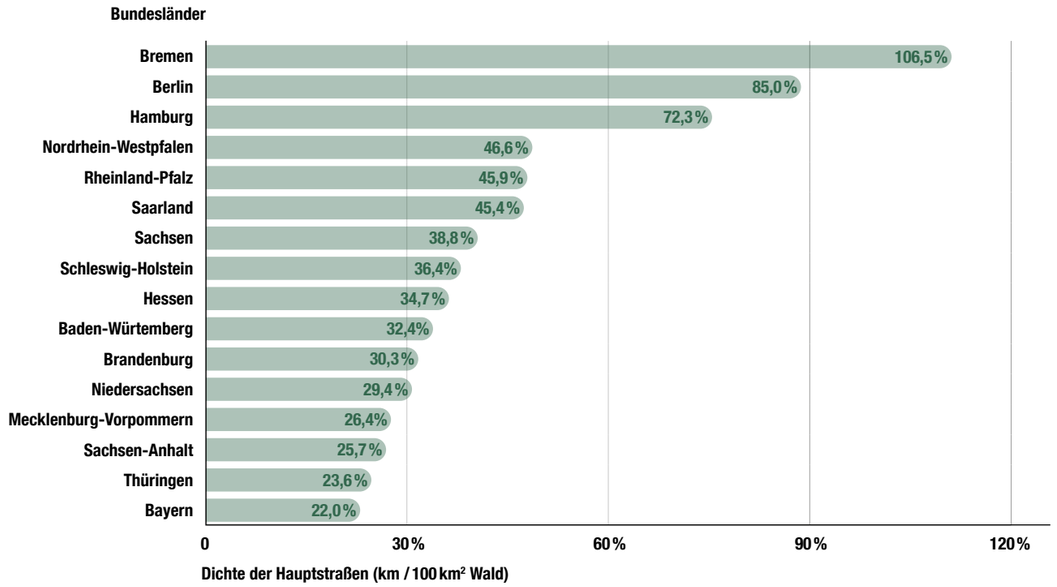


Abbildung 46 *Dichte des Hauptstraßennetzes der Bundesländer mit Bezug auf die Waldfläche.*

Anzahl der Waldfragmente nach Entfernung zu Hauptstraßen

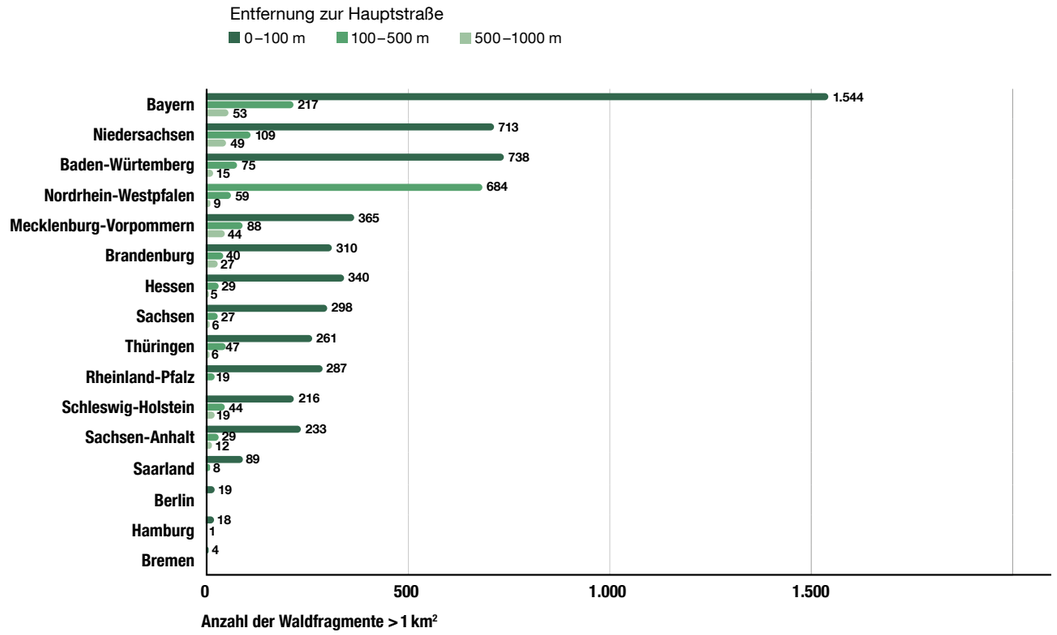


Abbildung 47 *Anzahl der Waldfragmente in den verschiedenen Bundesländern in der Nähe von Hauptstraßen.*

Waldabstand zu Hauptstraßen

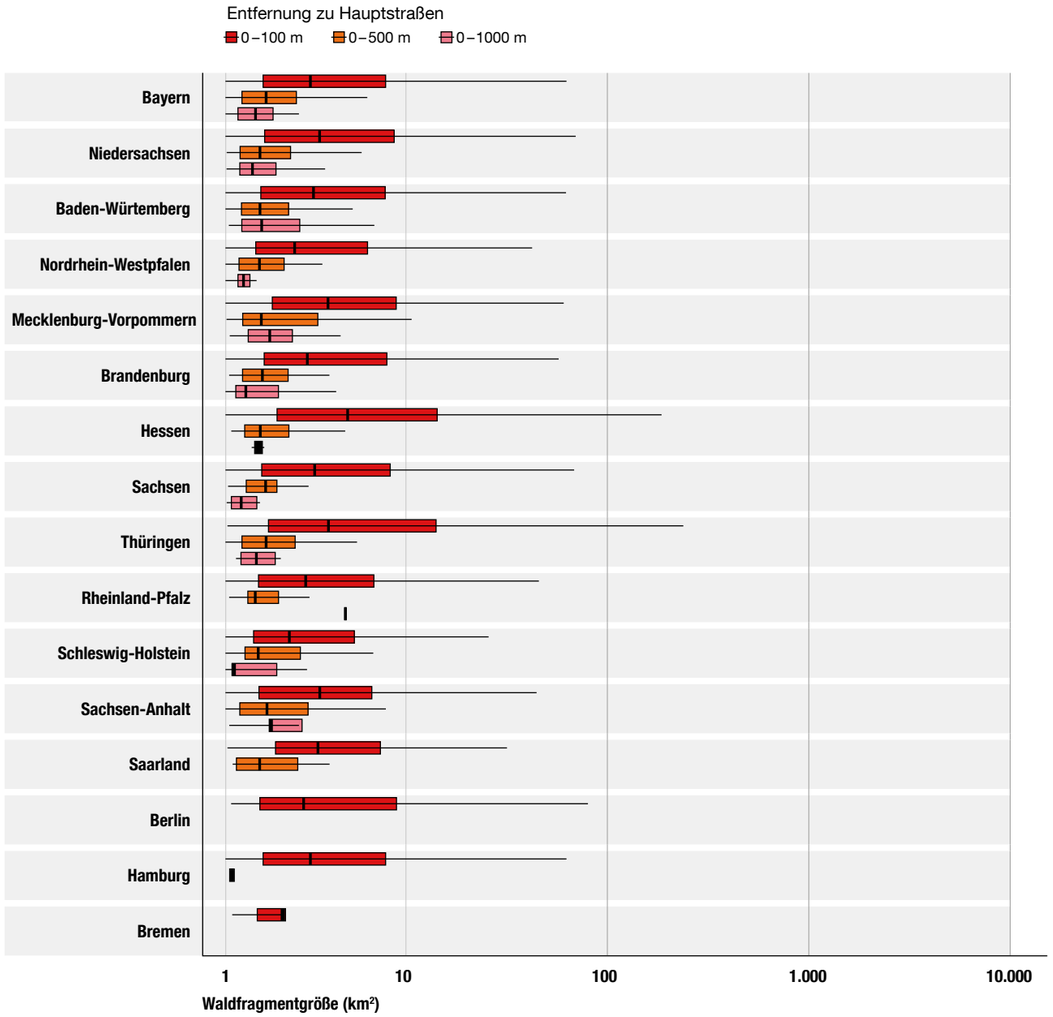


Abbildung 48 *Flächengröße der Waldfragmente in den verschiedenen Bundesländern in der Nähe von Hauptstraßen.*

3.4 Veränderungen von Vitalität und Funktionstüchtigkeit der Wälder

Im folgenden Kapitel wird die Entwicklung der Waldvitalität seit dem Jahr 2017 bis zum Jahr 2026 anhand des Vegetationsindex NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), welcher aus Sentinel-2-Satellitendaten abgeleitet wurde, aufgezeigt. Die Methodik zu diesem Kapitel ist im Anhang (Kapitel 7.4) nachvollziehbar. Die einzelnen NDVI-Jahreskomposite sind in Abbildung 49 a–j abgebildet.

NDVI Zeitreihe 2017–2026

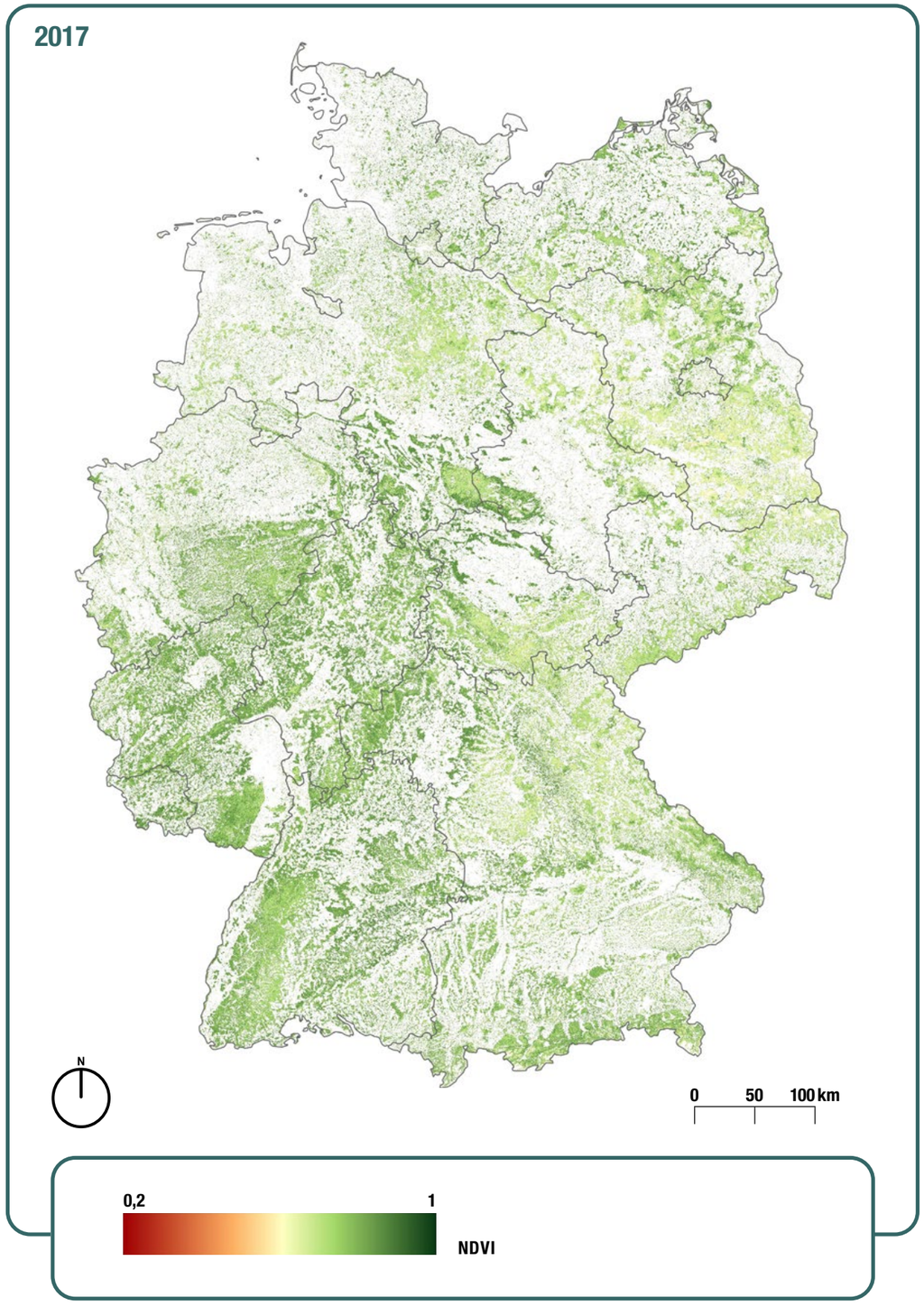


Abbildung 49a *Jährliche NDVI Maximum Komposite (2017–2026) basierend auf Sentinel-2-Daten für in 2017 bestockte Waldbestände. Die Farbwerte wurden so gewählt, dass ein möglichst großer Kontrast für unterschiedliche Waldtypen entsteht (Nadel-/Laubwald). Quelle: Waldmonitor Deutschland.*

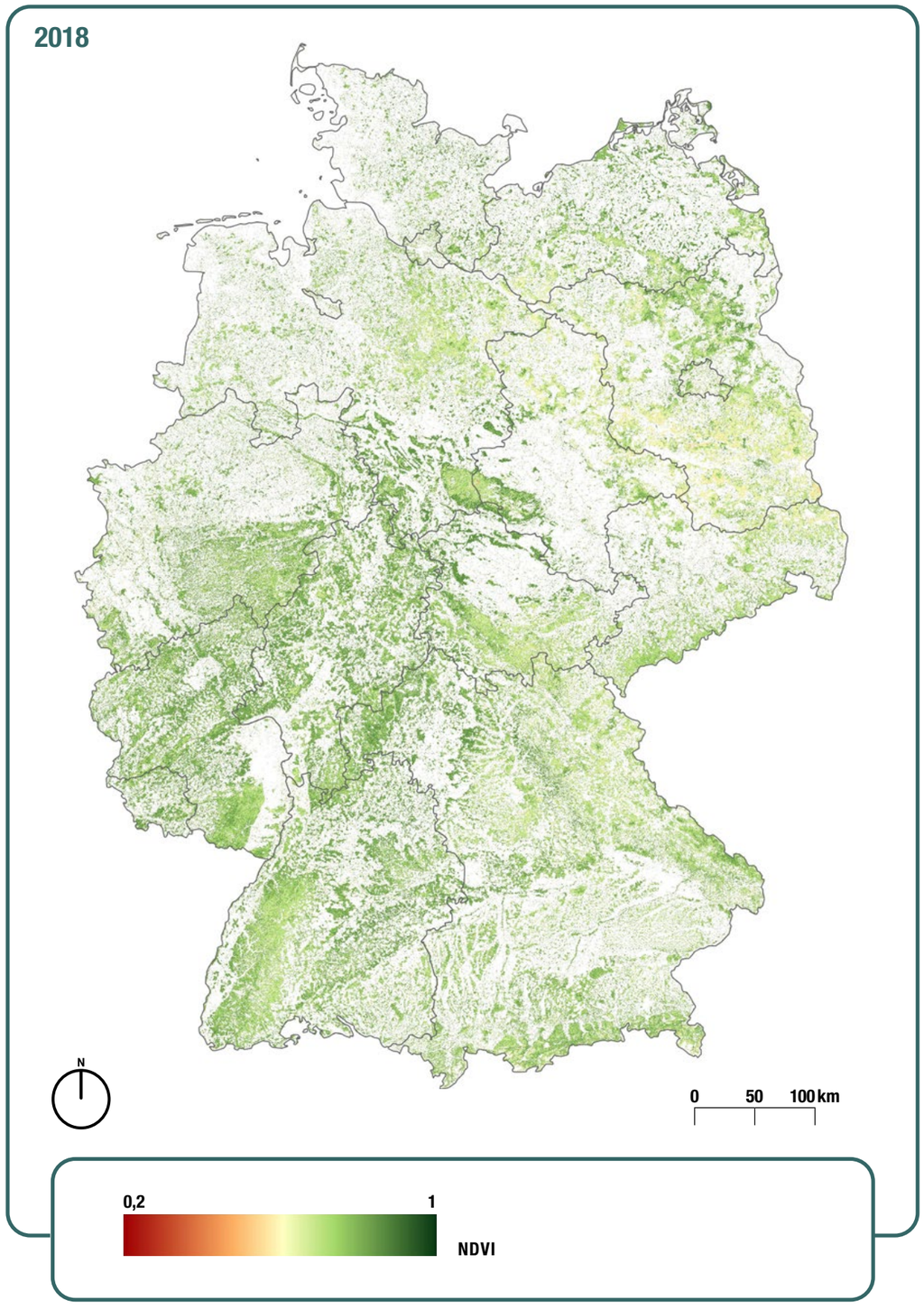


Abbildung 49b *Jährliche NDVI Maximum Komposite (2017–2026) basierend auf Sentinel-2-Daten für in 2018 bestockte Waldbestände. Die Farbwerte wurden so gewählt, dass ein möglichst großer Kontrast für unterschiedliche Waldtypen entsteht (Nadel-/Laubwald). Quelle: Waldmonitor Deutschland.*

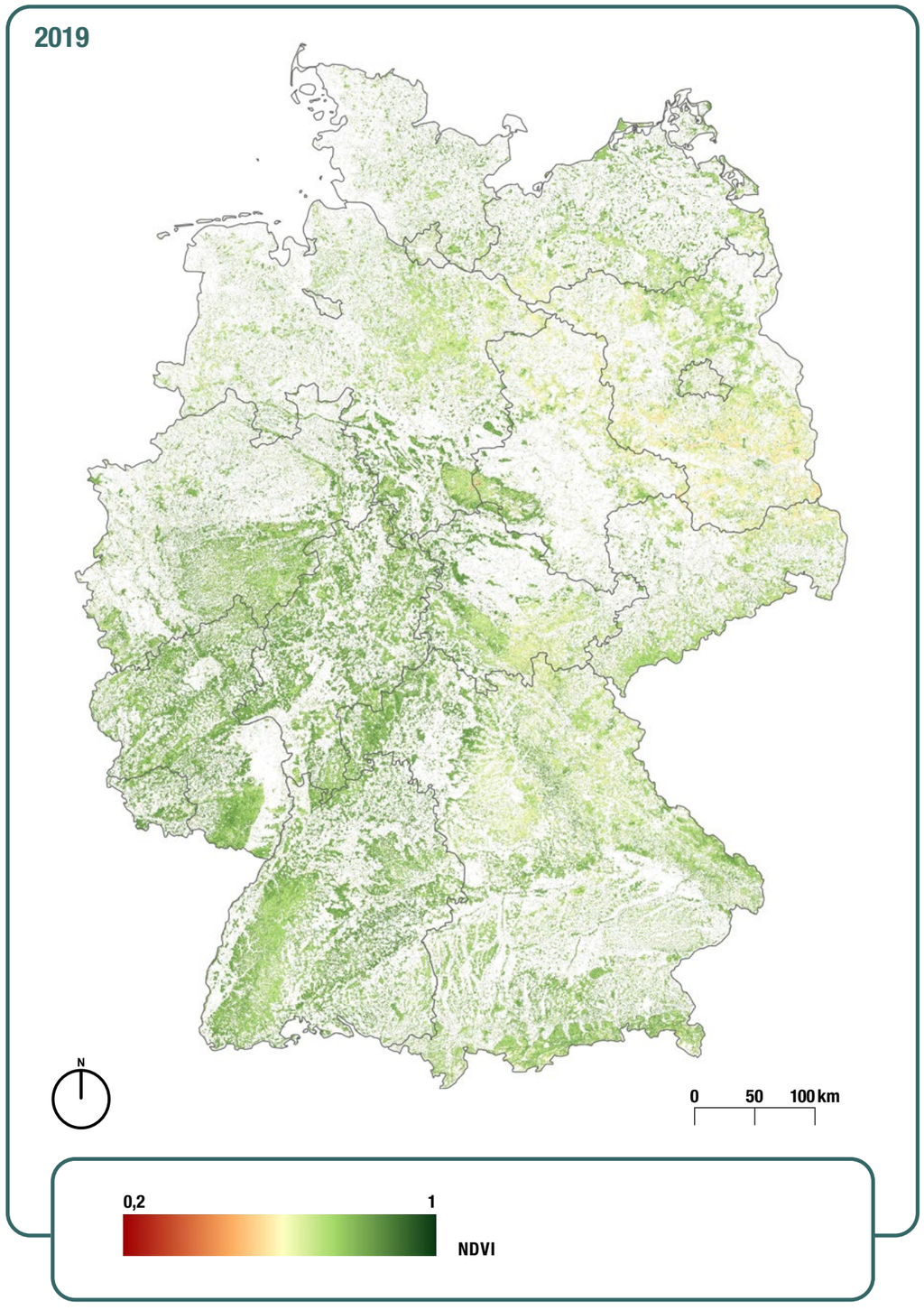


Abbildung 49c *Jährliche NDVI Maximum Komposite (2017–2026) basierend auf Sentinel-2-Daten für in 2019 bestockte Waldbestände. Die Farbwerte wurden so gewählt, dass ein möglichst großer Kontrast für unterschiedliche Waldtypen entsteht (Nadel-/Laubwald). Quelle: Waldmonitor Deutschland.*

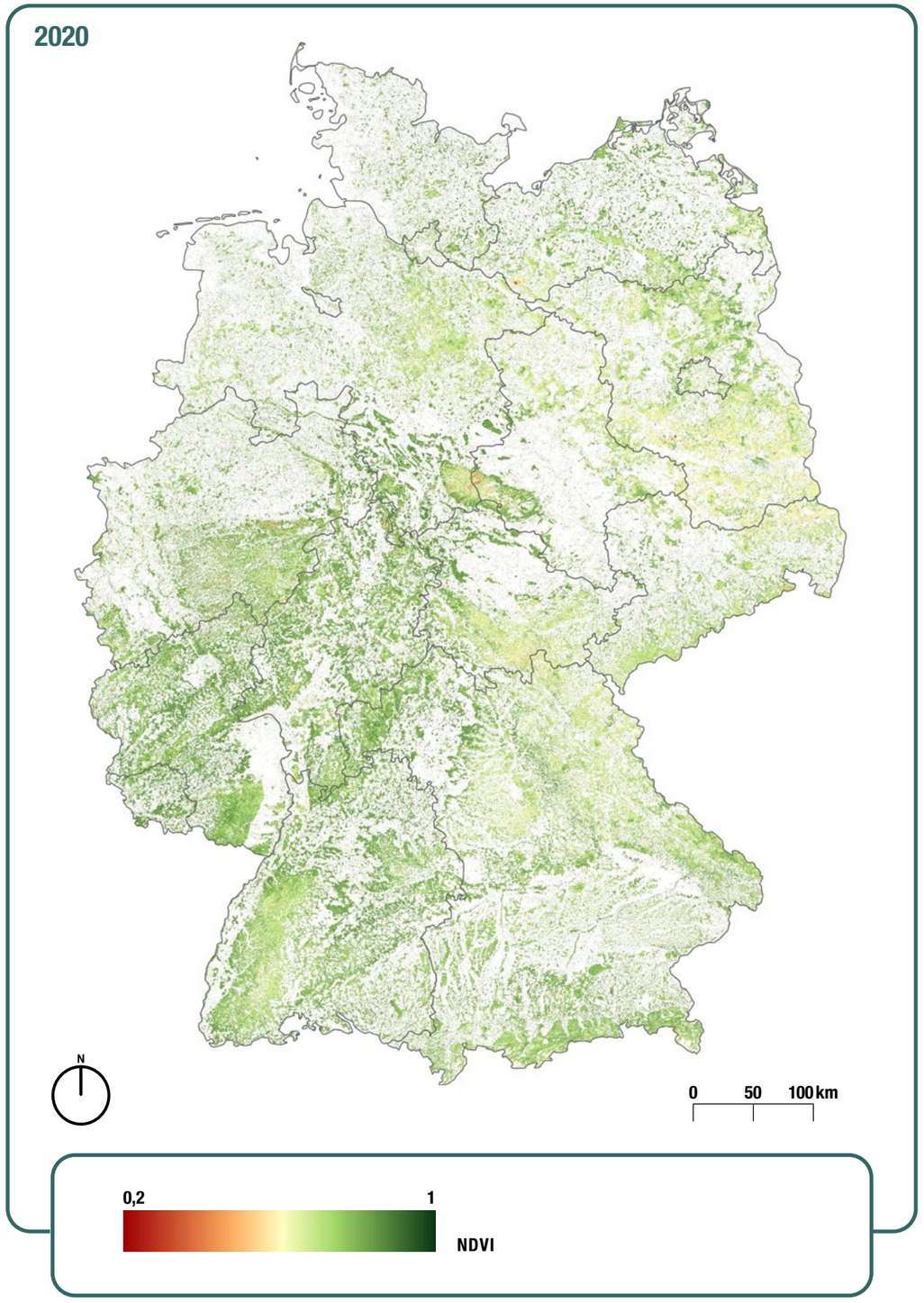


Abbildung 49d *Jährliche NDVI Maximum Komposite (2017–2026) basierend auf Sentinel-2-Daten für in 2020 bestockte Waldbestände. Die Farbwerte wurden so gewählt, dass ein möglichst großer Kontrast für unterschiedliche Waldtypen entsteht (Nadel-/Laubwald). Quelle: Waldmonitor Deutschland.*

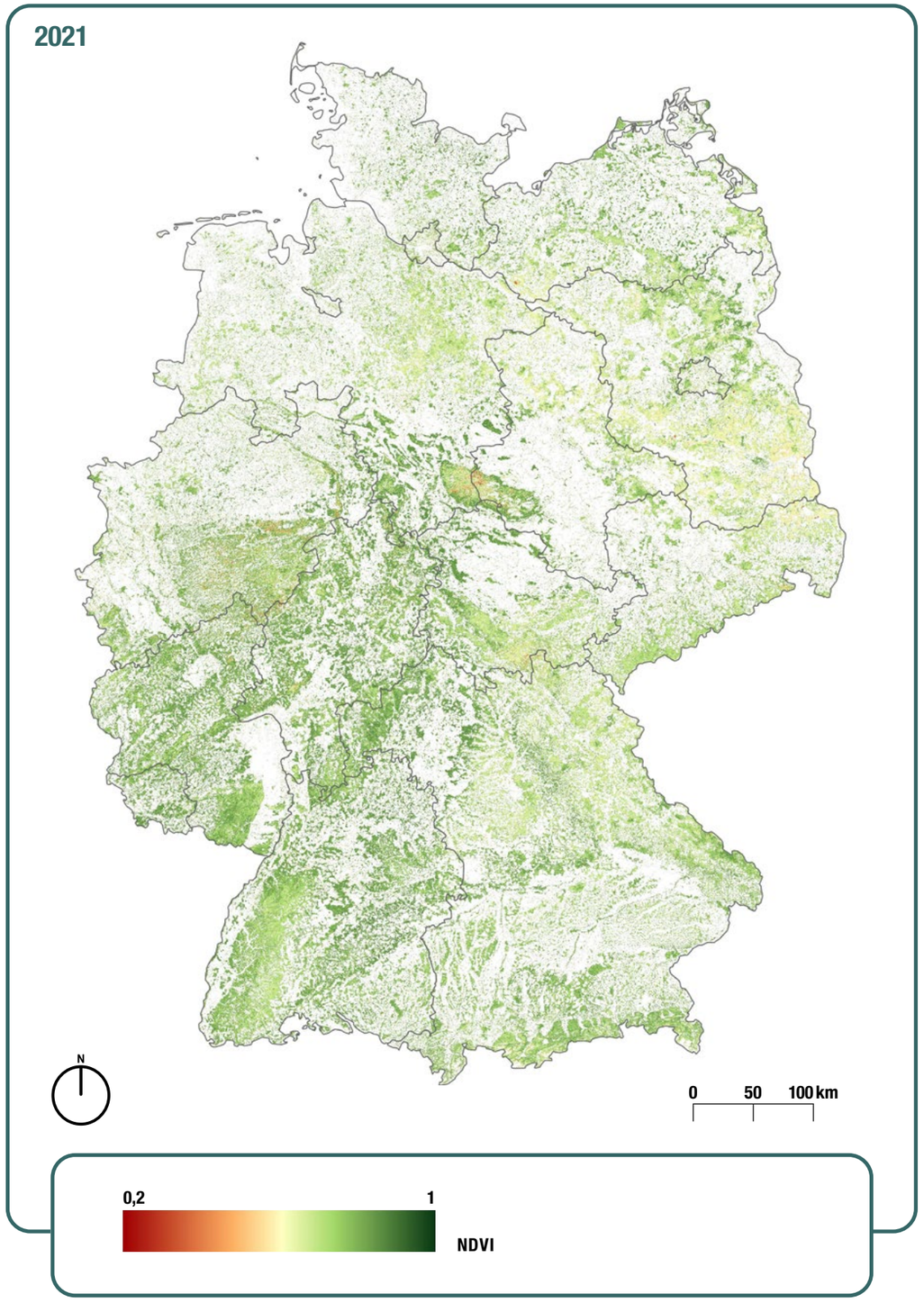


Abbildung 49e *Jährliche NDVI Maximum Komposite (2017–2026) basierend auf Sentinel-2-Daten für in 2021 bestockte Waldbestände. Die Farbwerte wurden so gewählt, dass ein möglichst großer Kontrast für unterschiedliche Waldtypen entsteht (Nadel-/Laubwald). Quelle: Waldmonitor Deutschland.*

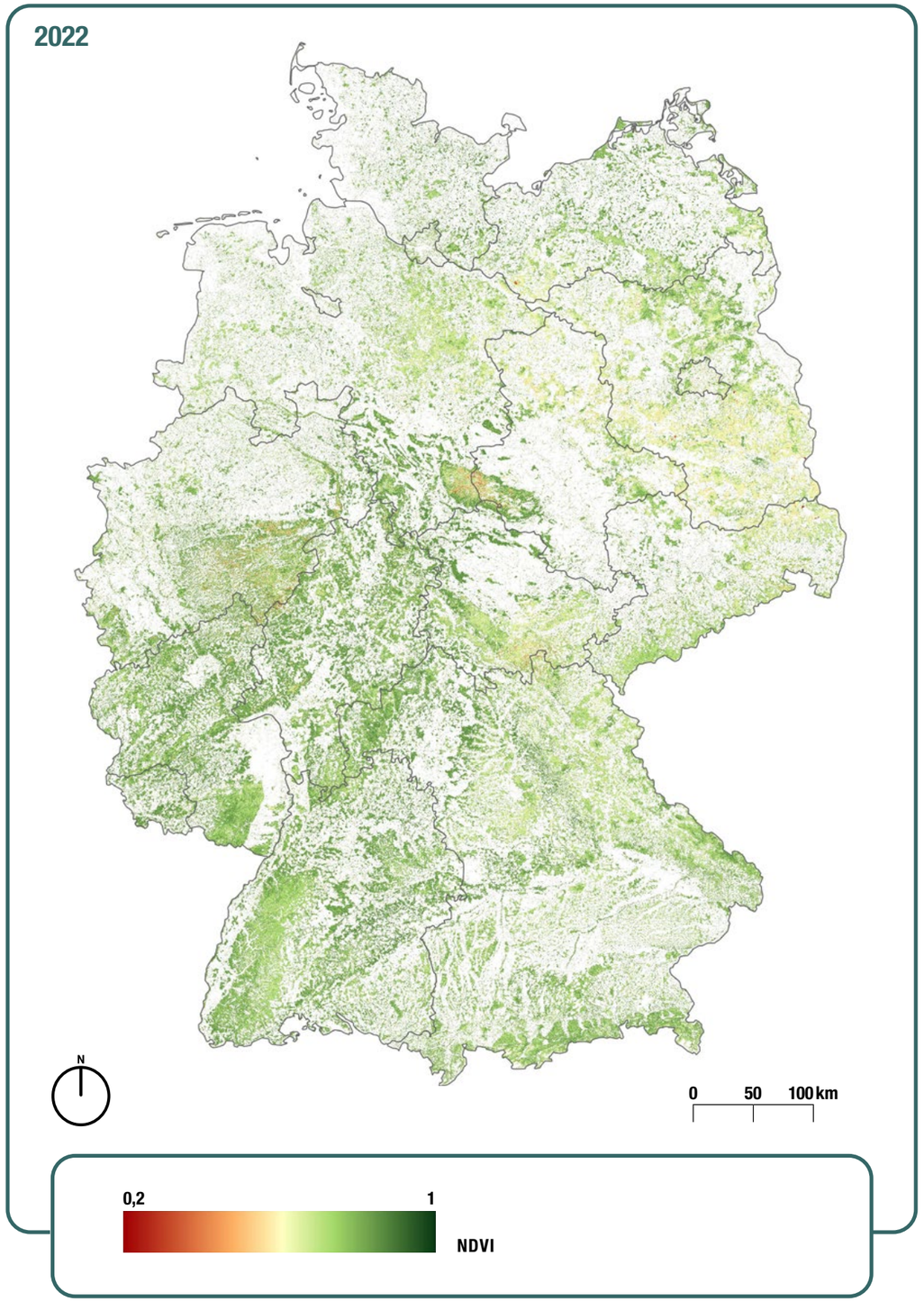


Abbildung 49f *Jährliche NDVI Maximum Komposite (2017–2026) basierend auf Sentinel-2-Daten für in 2022 bestockte Waldbestände. Die Farbwerte wurden so gewählt, dass ein möglichst großer Kontrast für unterschiedliche Waldtypen entsteht (Nadel-/Laubwald). Quelle: Waldmonitor Deutschland.*

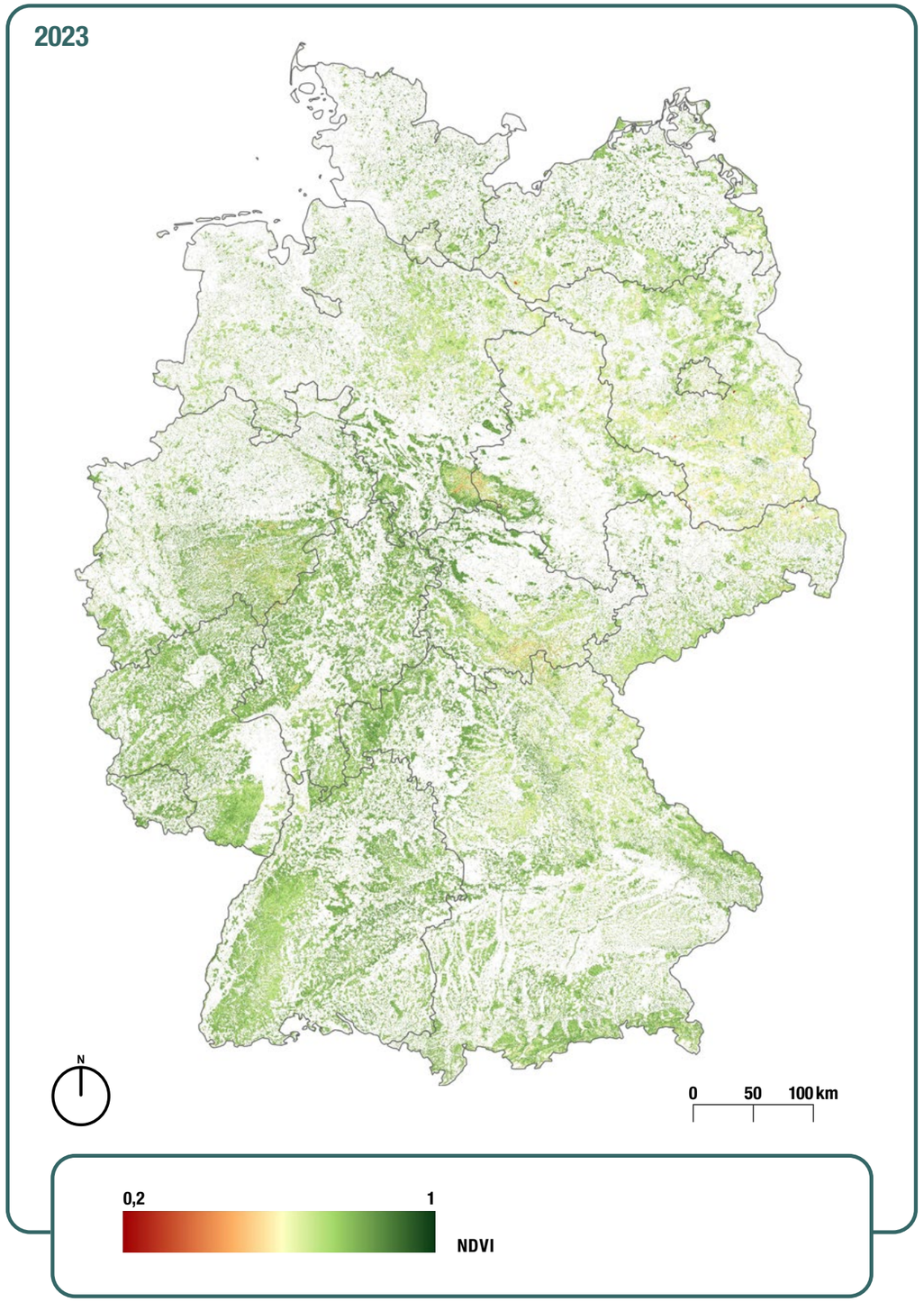


Abbildung 49g *Jährliche NDVI Maximum Komposite (2017–2026) basierend auf Sentinel-2-Daten für in 2023 bestockte Waldbestände. Die Farbwerte wurden so gewählt, dass ein möglichst großer Kontrast für unterschiedliche Waldtypen entsteht (Nadel-/Laubwald). Quelle: Waldmonitor Deutschland.*

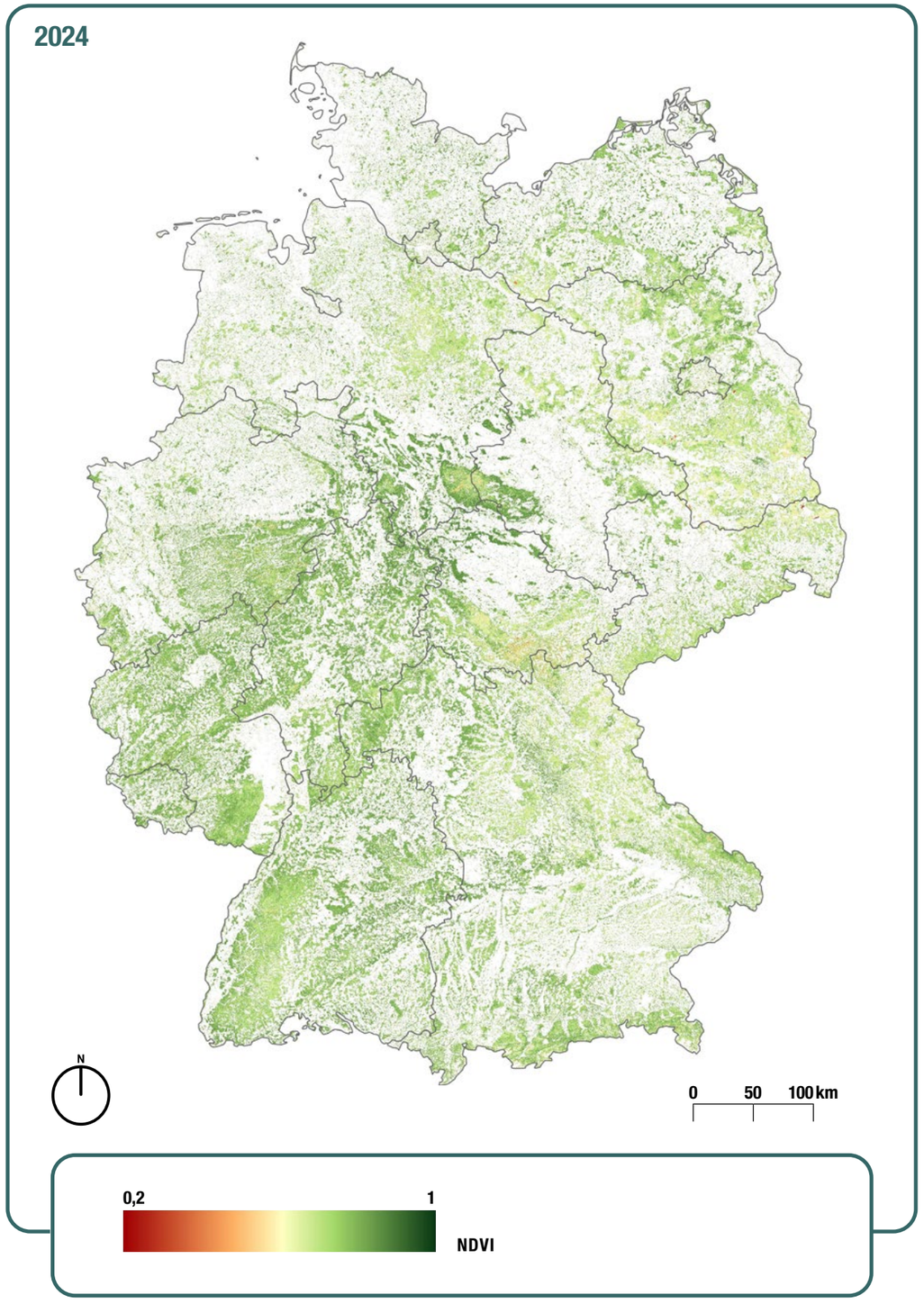


Abbildung 49h *Jährliche NDVI Maximum Komposite (2017–2026) basierend auf Sentinel-2-Daten für in 2024 bestockte Waldbestände. Die Farbwerte wurden so gewählt, dass ein möglichst großer Kontrast für unterschiedliche Waldtypen entsteht (Nadel-/Laubwald). Quelle: Waldmonitor Deutschland.*

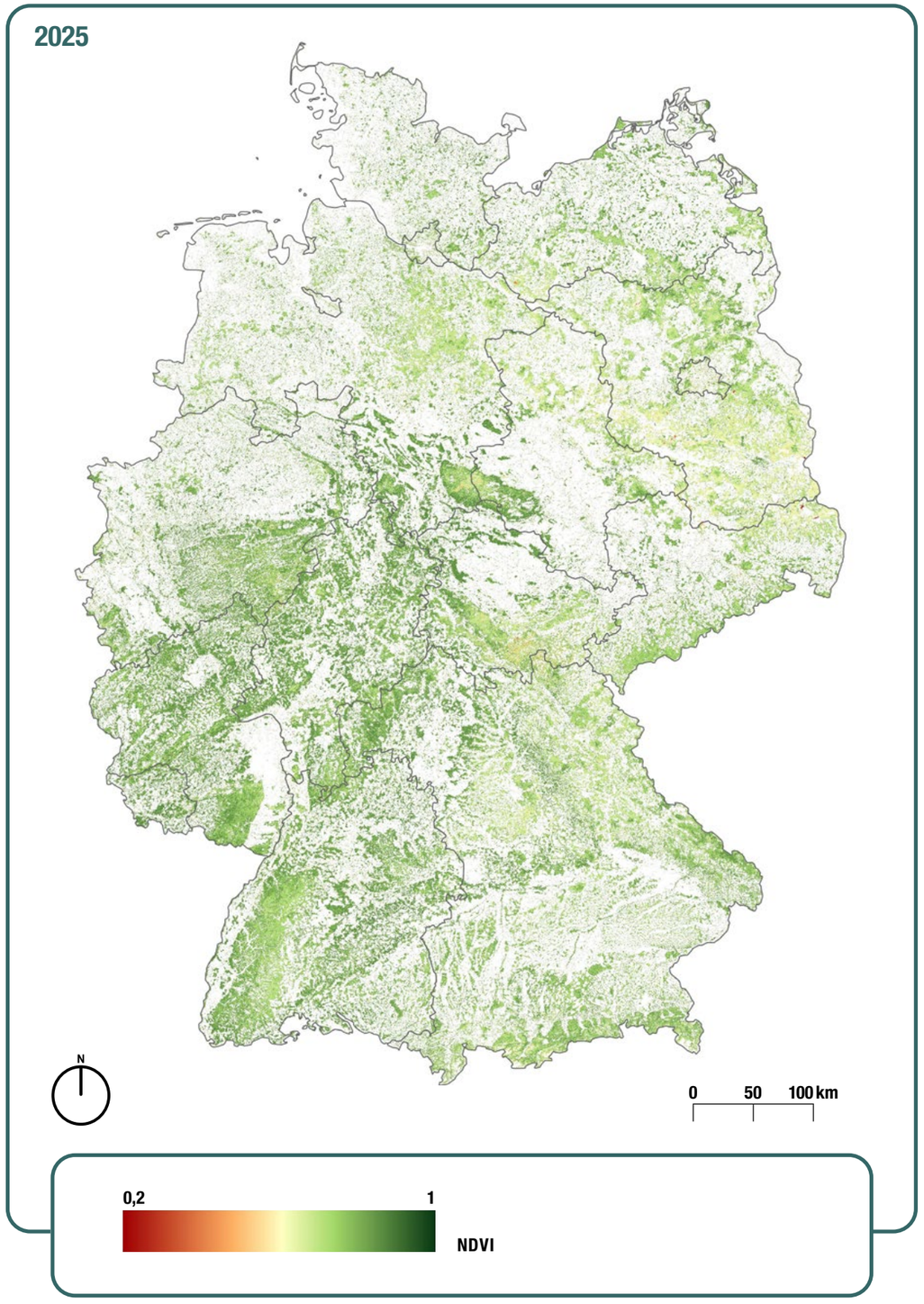


Abbildung 49i *Jährliche NDVI Maximum Komposite (2017–2026) basierend auf Sentinel-2-Daten für in 2025 bestockte Waldbestände. Die Farbwerte wurden so gewählt, dass ein möglichst großer Kontrast für unterschiedliche Waldtypen entsteht (Nadel-/Laubwald). Quelle: Waldmonitor Deutschland.*

NDVI Zeitreihe 2017 – 2026

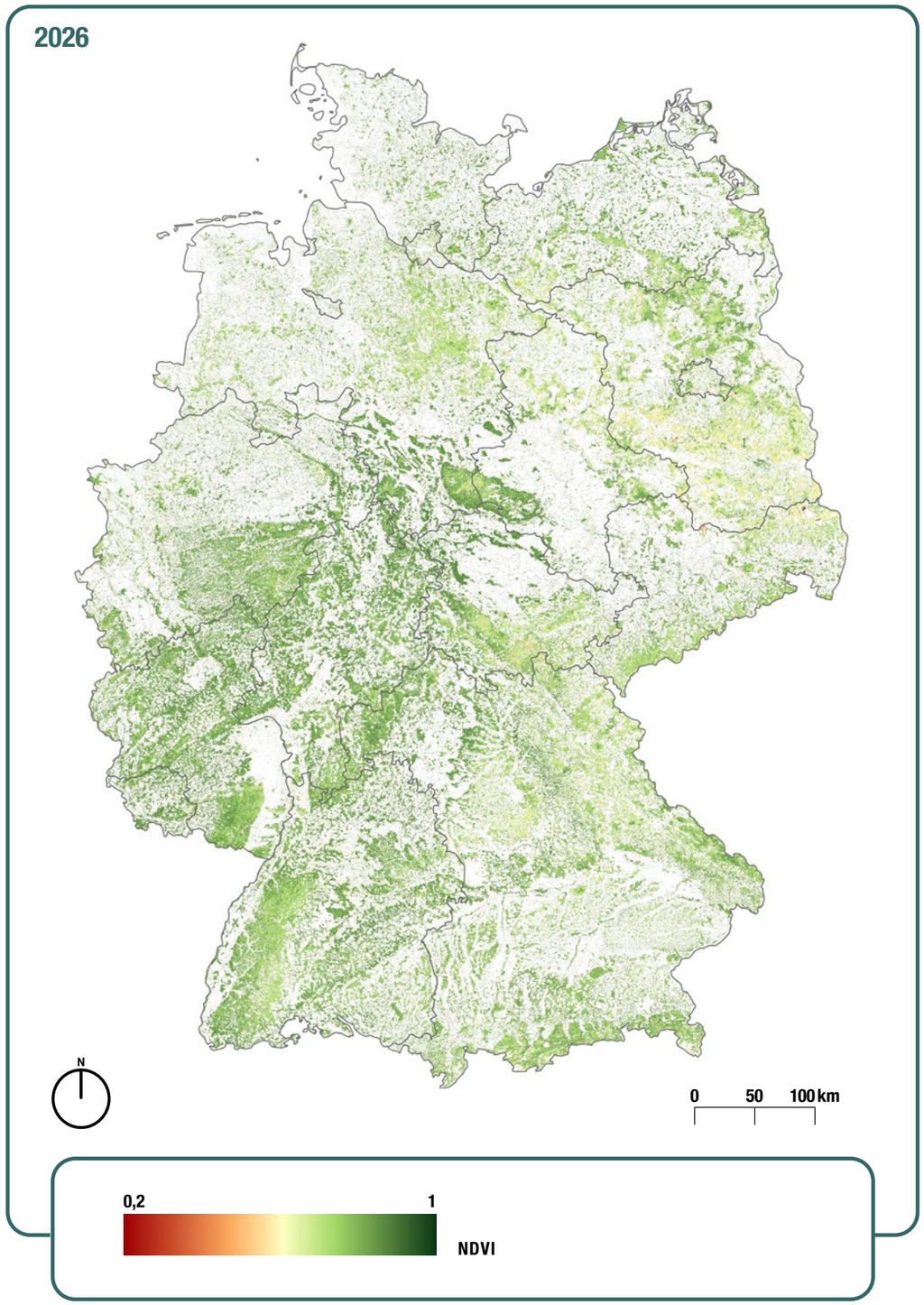


Abbildung 49j *Jährliche NDVI Maximum Komposite (2017–2026) basierend auf Sentinel-2-Daten für in 2026 bestockte Waldbestände. Die Farbwerte wurden so gewählt, dass ein möglichst großer Kontrast für unterschiedliche Waldtypen entsteht (Nadel-/Laubwald). Quelle: Waldmonitor Deutschland.*

3.4.1 Waldvitalität – Waldentwicklung seit 2017

Die erste Analyse bezieht sich auf die Entwicklung der Waldvitalität in Bezug auf die dominanten Baumarten. Die Abbildung 50 zeigt für jede Baumart den Verlauf des Median-NDVI von 2017 bis 2026. Das farbige Band umfasst die mittleren 50 Prozent der Werte (25. und 75. Perzentil) und zeigt damit, wie unterschiedlich sich die Waldtypen entwickeln. Die Unterschiede in der Höhe der NDVI-Werte ist abhängig von den unterschiedlichen Baumarten. Laubbäume haben in der Regel höhere Werte als Nadelbaumarten, dies ist hauptsächlich auf die Blattstruktur, die Blattfläche und Kronendichte zurückzuführen. Daher ist die Veränderung der Vitalität nur für jede dominante Baumart gegenüber dem Ausgangszeitraum 2017 aussagekräftig. Die Kiefernforste haben ihren niedrigsten Wert im Jahr 2019, danach nehmen sie eine positive Entwicklung, befinden sich aber bis zum Jahr 2023 unter dem Ausgangsniveau von 2017. Die Dürrejahre 2018 bis 2020 sind in den Fichtenforsten gut ersichtlich. Diese haben ihren Tiefstwert im Jahr 2020 und bleiben dann auch bis 2024 unter dem Wert von 2017. Die positive Entwicklung ab dem Jahr 2025 und im Jahr 2026 sind auf die Dynamiken der Schadflächen zurückzuführen. Das heißt nicht, dass sich beispielsweise die Fichte wieder erholt hat, sondern dass zum Teil natürliche Sukzession mit unterschiedlichen Vegetationsformen auf Schadflächen eingesetzt hat und somit ein positives NDVI-Signal bewirkt.

Tannen- und Douglasienbestände zeigen im Zeitraum 2017 bis 2026 einen negativen Trend mit durchgehend unter dem Ausgangswert liegenden Werten. Das ist bemerkenswert, weil beide Arten seitens der Forstwirtschaft oft als Alternativen zur Fichte und deren Anbau als zukunftsweisend für eine garantierte Nadelholzproduktion gesehen werden. Wenn diese aber Vitalitätseinbußen zeigen, dann bleibt die Frage, wie sinnvoll so eine Empfehlung ist. Allerdings ist die Tanne mit 0,7 Prozent der Gesamtfläche klein und regional konzentriert. Regionale Effekte und Fehlklassifikationen wiegen bei ihr deshalb stärker. Die Douglasie hingegen hat mit 0,42 Millionen Hektar eine aussagekräftige Fläche und hier zeigt sich deutlich, dass sie seit 2017 eine negative Entwicklung vollzieht und bisher nicht mehr auf das Ausgangsniveau kommt.

Die Laubwälder, insbesondere die Buchenwälder, haben die Dürrejahre besser überstanden. Hier sind zwar auch

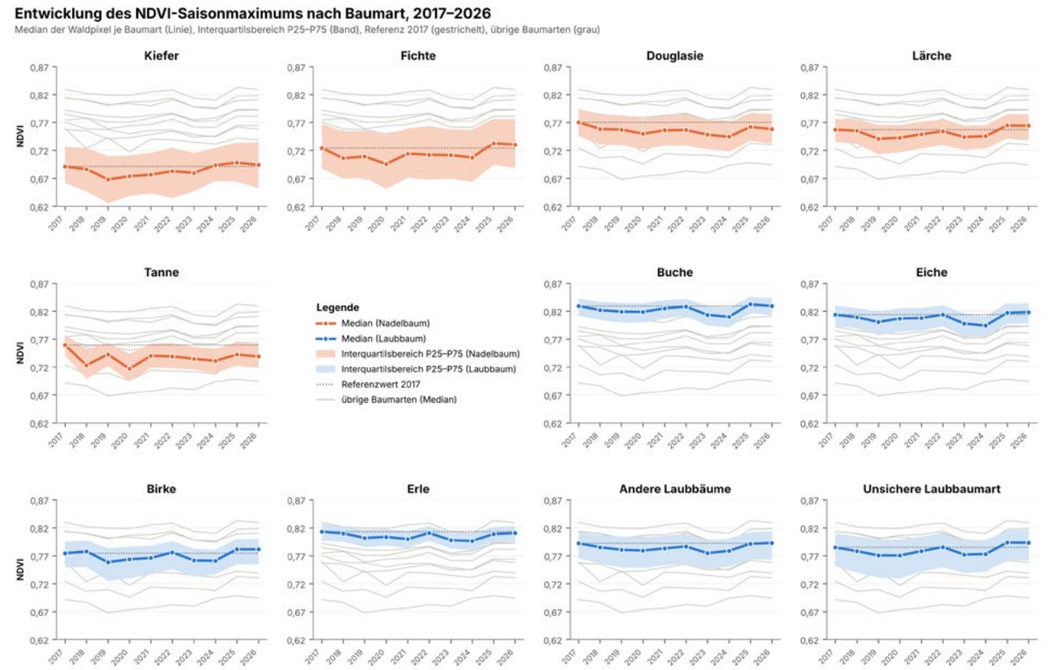


Abbildung 50 *Entwicklung des saisonalen Grünheitsmaximums (NDVI) nach Baumart, 2017–2026. Linie: Median; Band: 25.–75. Perzentil; gestrichelt: Referenzwert 2017; grau: übrige Baumarten.*

Abweichung des Median-NDVI vom Referenzjahr 2017 je Baumart

Median: typischer Bestand (die Hälfte der Fläche liegt darüber) · Spalte 2017: absoluter Wert · 2018–2026: Differenz zu 2017 × 1000 (z. B. −31 = −0,031 NDVI)

Baumart	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
Kiefer	0,691	−5	−23	−18	−15	−9	−12	+2	+7	+3
Fichte	0,724	−18	−15	−28	−10	−12	−13	−17	+9	+6
Douglasie	0,770	−12	−13	−20	−14	−14	−22	−26	−8	−12
Lärche	0,757	−2	−16	−14	−8	−3	−13	−12	+7	+7
Tanne	0,759	−36	−16	−42	−19	−20	−24	−28	−17	−20
Buche	0,829	−7	−10	−11	−4	−1	−16	−19	+3	0
Eiche	0,814	−4	−13	−7	−6	0	−16	−20	+3	+5
Birke	0,774	+3	−16	−11	−8	+2	−13	−13	+7	+7
Erle	0,813	−3	−11	−9	−14	−2	−15	−17	−4	−3
Andere Laubbäume	0,792	−7	−12	−13	−9	−5	−17	−13	−1	+1
Unsichere Laubbaumart	0,785	−7	−14	−14	−7	+1	−13	−12	+9	+8

Abbildung 51 *Abweichung des Median-NVDI vom Referenzjahr 2017 je Baumart (× 1000).*

Werte unter dem Niveau von 2017 zu sehen, allerdings nicht in dem Maße wie bei den Nadelbaumforsten. Bei allen Laubbaumarten zeigen sich meist in den Jahren 2023 und 2024 die tiefsten Werte, welche sich allerdings alle ab 2025 wieder auf das Ausgangsniveau gehoben haben. Des Weiteren zeigt sich bei den Laubwäldern, außer den Erlenbruchwäldern, dass sie einen höheren Wert aufweisen als im Ausgangsjahr. Abbildung 51 zeigt für jeden Baumart, wie stark der Median des saisonalen Grünheitsmaximums in den Jahren 2018 bis 2026 vom Referenzzeitraum 2027 abweicht. Der MEdian beschreibt den typischen Bestand. Die Hälfte der Fläche liegt darüber, die Hälfte darunter.

Von 2018 bis 2024 liegt der NDVI bei nahezu allen Waldtypen unter dem Niveau von 2017. Positive Abweichungen gibt es in diesem Zeitraum nur vereinzelt und knapp, etwa bei Birkenwäldern 2018 und 2022 und bei Kiefernforsten 2024. Der Rückgang verläuft nicht gleichmäßig, sondern in zwei Phasen. Die erste Phase geht einher mit der Dürrephase zwischen 2018 und 2020. Hier sind vor allem die Nadelbaumforste betroffen, wobei die Fichtenbestände im Jahr 2020 den Tiefstwert erreichten und die Kiefernforsten in 2019. Die von Tanne dominierten Bestände zeigen mit –42 im Jahr 2020 die stärkste Abweichung, aber hier gilt, wie vorher schon besprochen, die im Vergleich geringe Gesamtanzahl. Ab den Jahren 2023 und 2024 sanken vor allem die Laubwälder auf ihre Tiefstwerte. Die Buche mit –19 und die Eiche mit –20. Auch die Douglasie (–26) und die Tanne (–28) erreichten 2024 erneut niedrige Werte. Ab 2025 und 2026 steigt der Median-NDVI aller Baumarten bis auf Douglasie, Tanne und die Erle wieder an und wird zum Teil höher als der Ausgangswert von 2017.

Zur Einordnung sei allerdings erwähnt, dass in Wäldern aktuell wegen steigender Kohlendioxid-Konzentrationen mit düngendem Effekt für Pflanzen grundsätzlich mit einer langfristigen Zunahme der Grünheitswerte zu rechnen ist. Sowohl das Absinken der Grünheit als auch ein Stagnieren sind mit dem Vorliegen von Stressoren zu erklären, bei denen in erster Linie Trockenheit und Hitze, aber auch Krankheiten und Schädlinge oder Holzernte relevant sind.

Die positiven Werte bei Fichten und Kiefern sind aufgrund der Schadflächen und der darauf ablaufenden Sukzession zu erklären. Diese Flächen können durch Gras, Sträucher und dichter Verjüngung einen hohen NDVI erreichen. Interessant ist auch, wie stark sich die Laubbaumarten, insbesondere in den Buchen- und Eichenwäldern, nach den tiefen Werten im Jahr 2024 wieder erholt haben.

3.4.2 Schadflächenentwicklung seit 2017

Die Schadflächenanalyse ergab für Deutschland einen Flächenverlust von knapp 600.000 Hektar, das entspricht ca. 5 Prozent der Waldfläche Deutschlands. Davon entfielen 80 Prozent (477.919 Hektar) auf Nadelforste und 20 Prozent (121.849 Hektar) auf Laubwälder.

Da hier eine Analyse mit einer konservativen Definition einer Schadfläche durchgeführt wurde, weicht diese Erfassung von anderen Studien ab. In dem frühen Beobachtungszeitraum zwischen 2017 und 2019 traten vor allem größere Schadflächen-Cluster im zentralen Teil des Nationalparks Harz, im nördlichen Sauerland, im Nationalpark Sächsische Schweiz sowie nördlich der Donau bei Passau auf (siehe Abbildung 54). Der Hauptanteil der Schadflächen trat dann zwischen 2019 und 2021 im gesamten Harz (vgl. Abbildung 52 Zeitreihe Harz) und Sauerland auf, zudem war in diesem Zeitraum auch der Thüringer Wald sowie der südliche Schwarzwald betroffen. Zwischen 2021 und 2024 traten dann insbesondere im Thüringer Wald sowie im nördlichen Oberfranken viele Schadflächen auf. Zudem gab es in diesem Zeitraum auch Schadflächen-Cluster im Bayerischen Wald, im nördlichen Schwarzwald sowie im Hunsrück.

Im Beobachtungszeitraum 2024 bis zum Frühjahr 2026 nahm die Gesamtfläche der Schadflächen ab, wobei es nach wie vor regional zu größeren Schadflächen kam, wie im Bayerischen Schwaben oder im südlichen Brandenburg.



Harz – Sentinel 2 (Copernicus) im Verlauf von 2017–2023

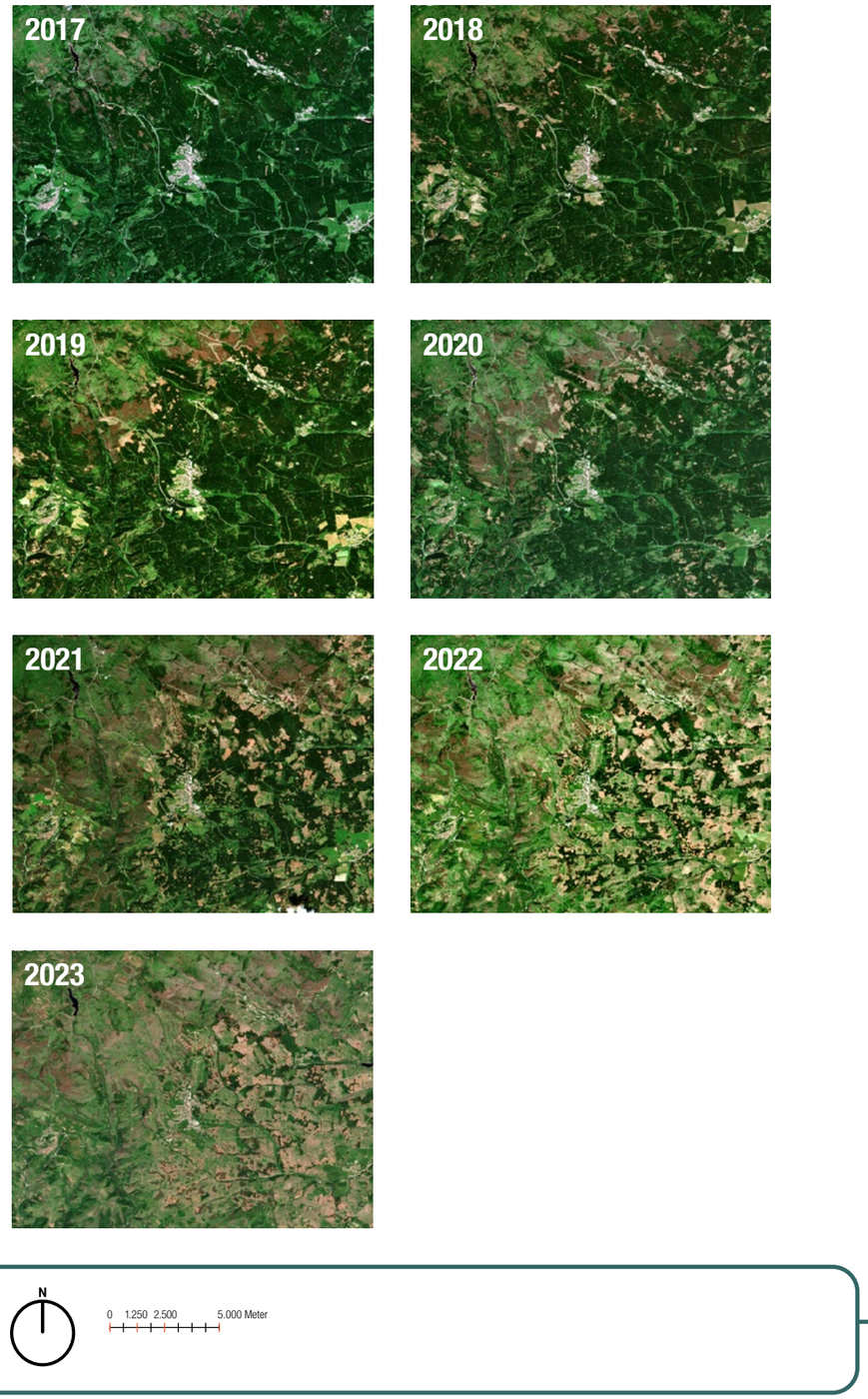


Abbildung 52 *Sentinel-2-Satellitenbild-Zeitreihe 2017–2023 eines Gebiets im Nationalpark Harz südlich des Brocken.*

Foto rechts: *Schaden nach einem Waldbrand in Treuenbrietzen in Brandenburg im Juni 2022.*

© Greenpeace

Verteilung der Hauptbaumarten

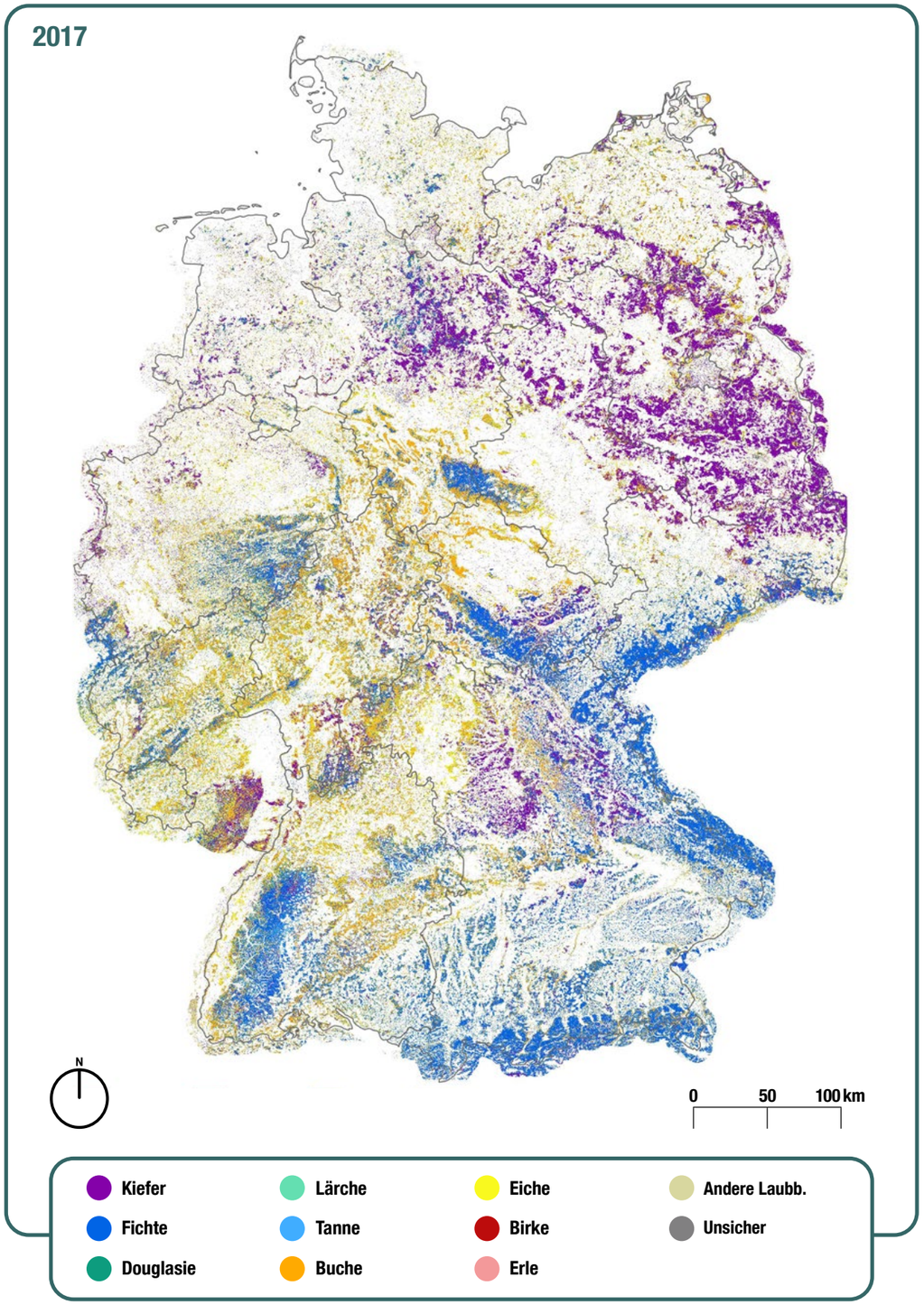


Abbildung 53 *Karte der Baumartenverteilung in Deutschland im Jahr 2017.*

Schadflächen

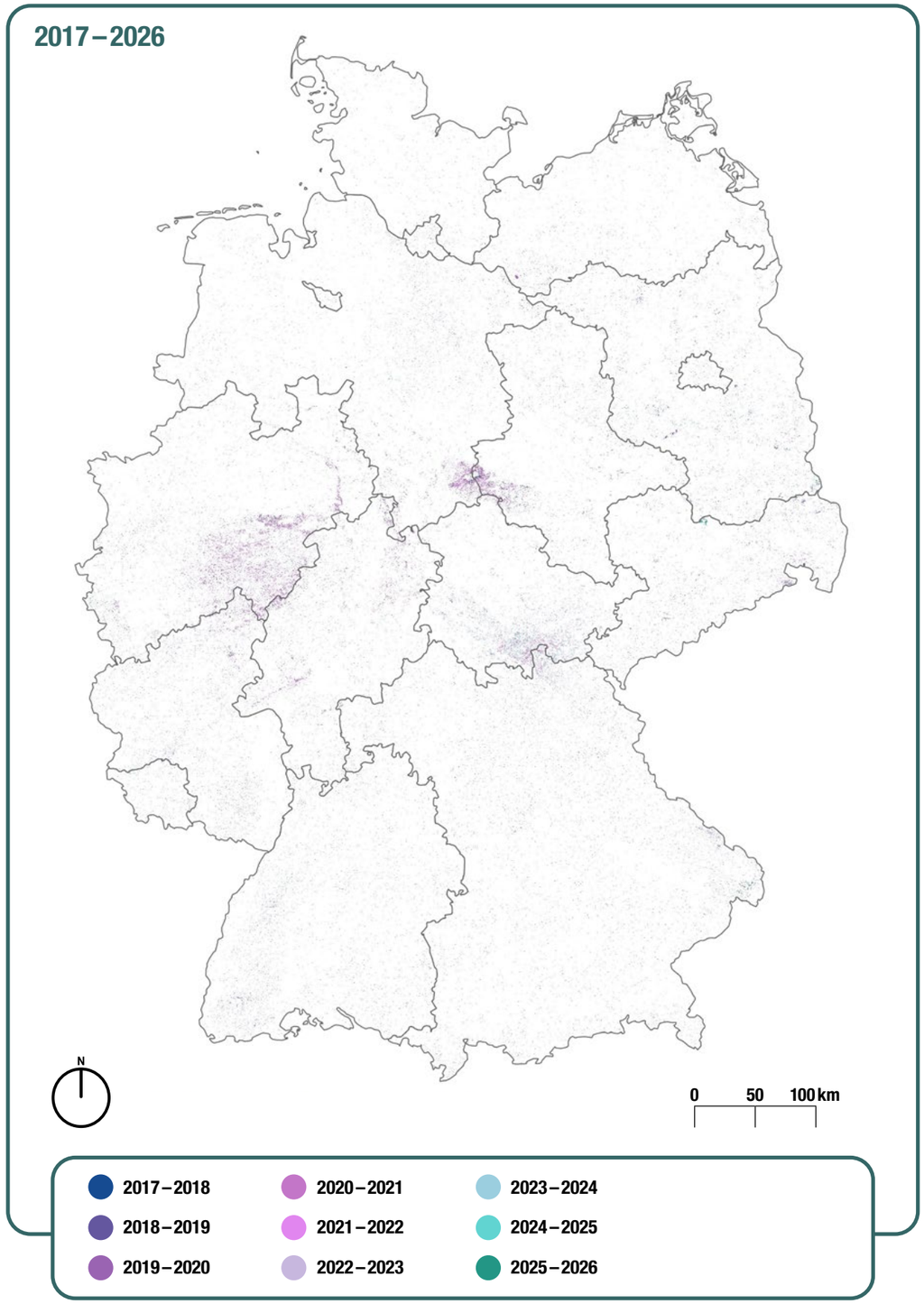
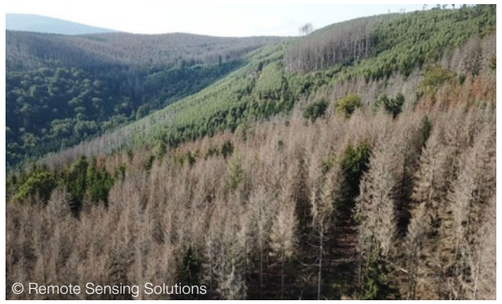


Abbildung 54 *Karte der Schadflächen (2017–2026) nach Periode des Auftretens.*

Die Tabelle 9 zeigt die Schadflächen je Bundesland und wie hoch dieser Anteil an der Waldfläche des Bundeslands ist. Am stärksten betroffen sind Nordrhein-Westfalen mit 10,8 Prozent verlorenen Waldflächen, gefolgt von Thüringen mit 9,7 Prozent und Sachsen-Anhalt mit 7,8 Prozent. Das sind Länder mit hohen Fichtenanteilen in den Mittelgebirgen. Allein Nordrhein-Westfalen vereint mit 118.635 Hektar knapp ein Fünftel der bundesweiten Schadfläche. Die geringsten Anteile weisen Mecklenburg-Vorpommern mit 2,8 Prozent und Schleswig-Holstein mit 3 Prozent auf. Und auch das waldreichste Land Bayern liegt trotz der zweitgrößten absoluten Schadfläche von 89.290 Hektar mit 3,7 Prozent Schadflächenanteil deutlich unter dem Bundesdurchschnitt.


© Remote Sensing Solutions

Die Abbildung 55 zeigt die jährliche Entwicklung der neu erfassten Schadflächen nach dominanten Baumarten in Deutschland. Über den Betrachtungszeitraum ist zunächst ein deutlicher Anstieg der Schadflächen zu erkennen. Dargestellt sind die absoluten Schadflächen in Hektar für den Zeitraum 2017 bis 2026 (Frühjahr). Die gestapelten Säulen verdeutlichen dabei sowohl die Entwicklung der gesamten Schadfläche als auch den jeweiligen Beitrag der einzelnen Baumarten. Die Schadflächen konzentrieren sich deutlich auf die Nadelbaumarten. Mehr als die Hälfte der gesamten Schadfläche entfällt auf die Fichte (52,9 Prozent), knapp ein Viertel auf die Kiefer (23,0 Prozent). Zusammen machen die beiden Arten 75,9 Prozent der Schadfläche aus. Alle Laubbaumarten zusammen kommen auf 20,4 Prozent, die übrigen Nadelbaumarten Douglasie, Lärche und Tanne auf 3,7 Prozent. Zwischen 2017 und 2018 wurden 68.984 Hektar an Schadflächen ermittelt. Im darauffolgenden Jahr 2018/2019 wächst die Schadfläche auf 74.872 Hektar an und steigt bis Ende 2020 auf 98.345 an. Ein Jahr später bleibt die Schadfläche auf einem ähnlichen Niveau mit 91.461 Hektar. Zwischen den Jahren 2021 und 2022 steigen die Schadflächen auf den Höchstwert von 106.153 Hektar an. Im Jahr danach verringerten sich die Schadflächen auf 52.176 Hektar und bis 2024/2025 war die Entwicklung rückläufig.

Tabelle 9 *Rangfolge der Bundesländer mit Schadflächen nach Anteilen an der Waldfläche (Referenzfläche Baumartenkarte nach Welle et al. 2022).*

Rang	Bundesland	Waldfläche [ha]	Schadfläche 2017–2026 [ha]	Schadfläche 2017–2026 [%]
1	Nordrhein-Westfalen	1.097.359	118.635	10,8 %
2	Thüringen	608.535	58.814	9,7 %
3	Sachsen-Anhalt	515.415	40.269	7,8 %
4	Hamburg	22.246	1.539	6,9 %
5	Sachsen	613.348	30.818	5,0 %
6	Bremen	6.528	321	4,9 %
7	Hessen	964.070	47.007	4,9 %
8	Niedersachsen	1.324.867	59.983	4,5 %
9	Rheinland-Pfalz	934.758	40.540	4,3 %
10	Berlin	36.556	1.532	4,2 %
11	Brandenburg	1.175.157	43.266	3,7 %
12	Bayern	2.652.636	89.291	3,4 %
13	Saarland	113.817	3.701	3,3 %
14	Baden-Württemberg	1.512.365	43.490	2,9 %
15	Mecklenburg-Vorpommern	622.842	14.606	2,3 %
16	Schleswig-Holstein	264.092	5.956	2,3 %
	Deutschland	**12.464.591**	**599.768**	**4,8 %**

Im Jahr 2025/2026 wuchs das Ausmaß der Schadflächen wieder an und verdoppelte sich nahezu im Vergleich zum Vorjahr auf 39.767 Hektar.

Insgesamt sind die Fichtenbestände am stärksten betroffen. Auf sie fallen 52,9 Prozent der gesamten Schadfläche, rund 317.292 Hektar. Bezogen auf ihre eigene Fläche ist damit gut jeder neunte Hektar Fichtenforst (11,1 Prozent) seit 2017 als Schadfläche erfasst worden. An zweiter Stelle folgen die Kiefernforste mit 23,0 Prozent der Schadfläche, wobei 4,8 Prozent ihrer Fläche betroffen sind. Die Laubwälder sind dagegen deutlich weniger betroffen. Bei den Buchen- und Eichenwäldern liegt der Anteil der Schadfläche an ihrer Waldfläche bei jeweils nur 1 Prozent, bei den Erlenbruchwäldern bei 0,4 Prozent.

Auffällig ist die Zusammensetzung der Schadflächen im jüngsten Zeitraum 2025-2026. Erstmals sind die Kiefern- und Fichtenforste mit 13.251 Hektar zu 13.489 Hektar nahezu gleich stark vertreten.

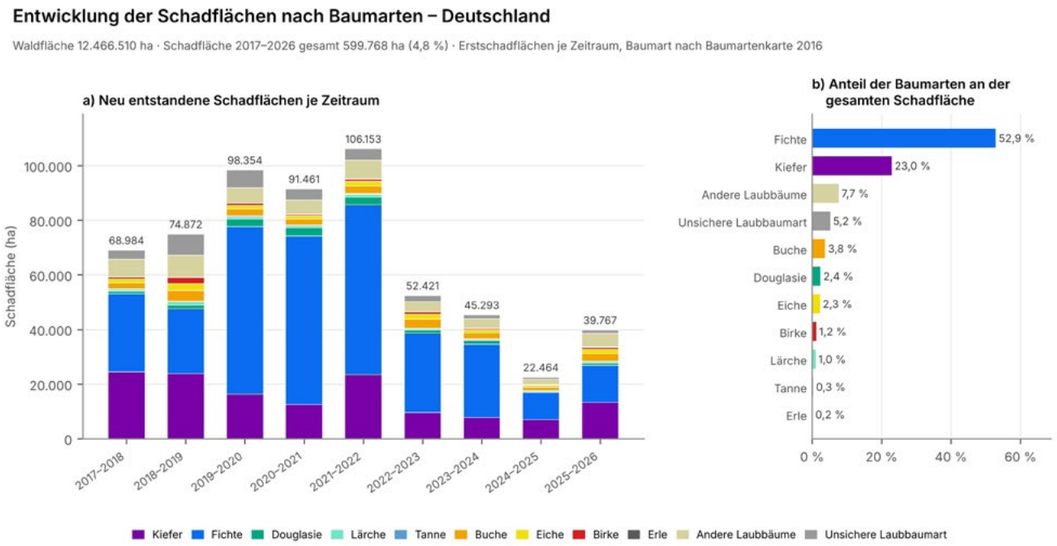


Abbildung 55 ***a)*** *Entwicklung der Schadflächen nach Baumarten – Deutschland. Entwicklung der jährlich neu erfassten Schadflächen in Deutschland nach Baumarten für die Zeiträume 2017/2018 bis 2025/2026. Dargestellt sind die absoluten Schadflächen in Hektar.* ***b)*** *Der Anteil der Baumarten an der gesamten Schadfläche.*

3.4.3 Verteilung der Schadflächen seit 2017 auf die Bundesländer

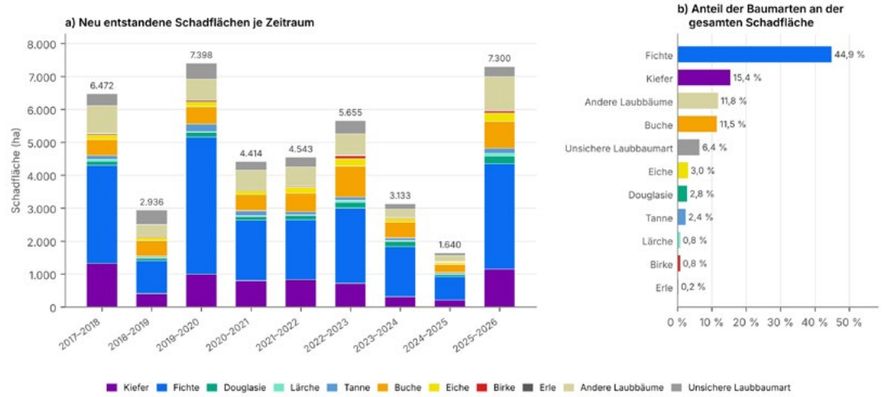
In Abbildung 56 a–f ist jedes Bundesland mit seiner Schadflächenentwicklung nach dominanten Baumarten dargestellt. In Sachsen-Anhalt sind fast die Hälfte (43,1 Prozent) aller Fichtenforste als Schadfläche erfasst worden. Das ist der höchste Wert aller Bundesländer, gefolgt von Nordrhein-Westfalen mit 36 Prozent. Der Großteil der Schäden entstand in den drei Dürrejahren 2018–2020. Der Harz als Schwerpunkt des Fichtenvorkommens in Sachsen-Anhalt dürfte hier maßgeblich sein. Zum Vergleich: In Bayern, dem Land mit dem größten Fichtenbestand, sind nur 4,6 Prozent der Fichtenfläche betroffen, in Baden-Württemberg 4,4 Prozent. Brandenburg unterscheidet sich grundlegend von den übrigen Flächenländern. Hier entfallen 72,7 Prozent der Schadfläche auf die Kiefern- und nur 7,2 Prozent auf die Fichtenforste. Der Höhepunkt lag bereits 2018–2019, also unmittelbar im ersten Dürrejahr und damit früher als in den Fichtenregionen.

In Baden-Württemberg ist bemerkenswert, dass die Schadflächen 2025 bis 2026 4,5-mal so groß waren als im Vorjahr. Das ist der stärkste Anstieg aller Bundesländer, auch Rheinland-Pfalz (3,1-fach), Sachsen (2,7-fach) und das Saarland (2,5-fach) zeigen eine deutliche Zunahme. Diesen Anstieg im Südwesten gilt es in den kommenden Jahren zu beobachten.

Ebenso ist interessant, dass die Buchenwälder in Baden-Württemberg mit 11,5 Prozent mit Abstand den größten Anteil an der Schadfläche aller Länder haben. Vergleicht man das mit den Nachbarländern im Südwesten Rheinland-Pfalz (6,5 Prozent) und dem Saarland (4,5 Prozent), dann sind diese hohen Werte außergewöhnlich. Interessanterweise haben die Douglasienbestände im Saarland mit 6,9 Prozent den höchsten Wert, gefolgt von Rheinland-Pfalz mit 5,5 Prozent.

Entwicklung der Schadflächen nach Baumarten – Baden-Württemberg

Waldfläche 1.511.272 ha · Schadfläche 2017–2026 gesamt 43.490 ha (2,9 %) · Erstschadflächen je Zeitraum, Baumart nach Baumartenkarte 2016



Entwicklung der Schadflächen nach Baumarten – Bayern

Waldfläche 2.654.381 ha · Schadfläche 2017–2026 gesamt 89.290 ha (3,4 %) · Erstschadflächen je Zeitraum, Baumart nach Baumartenkarte 2016

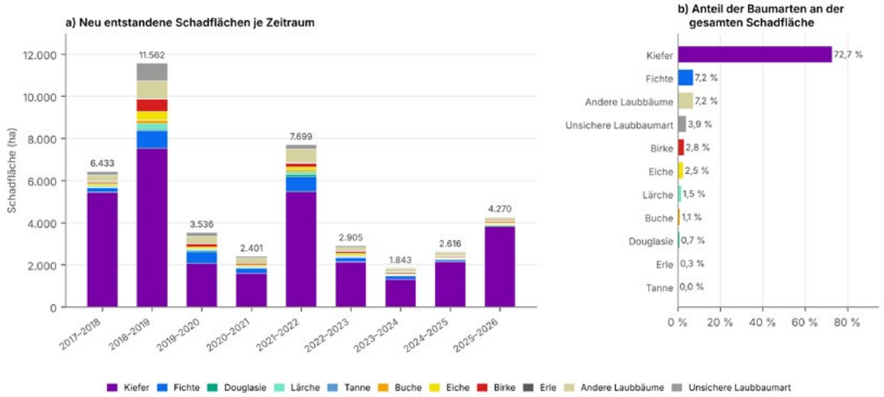
Entwicklung der Schadflächen nach Baumarten – Berlin

Waldfläche 36.637 ha · Schadfläche 2017–2026 gesamt 1.532 ha (4,2 %) · Erstschadflächen je Zeitraum, Baumart nach Baumartenkarte 2016

Abbildung 56a *Entwicklung der Schadflächen nach Baumarten in den Bundesländern und Anteil der Baumarten an der gesamten Schadfläche.*

Entwicklung der Schadflächen nach Baumarten – Brandenburg

Waldfläche 1.177.854 ha · Schadfläche 2017–2026 gesamt 43.266 ha (3,7 %) · Erstschadflächen je Zeitraum, Baumart nach Baumartenkarte 2016



Entwicklung der Schadflächen nach Baumarten – Bremen

Waldfläche 6.527 ha · Schadfläche 2017–2026 gesamt 321 ha (4,9 %) · Erstschadflächen je Zeitraum, Baumart nach Baumartenkarte 2016

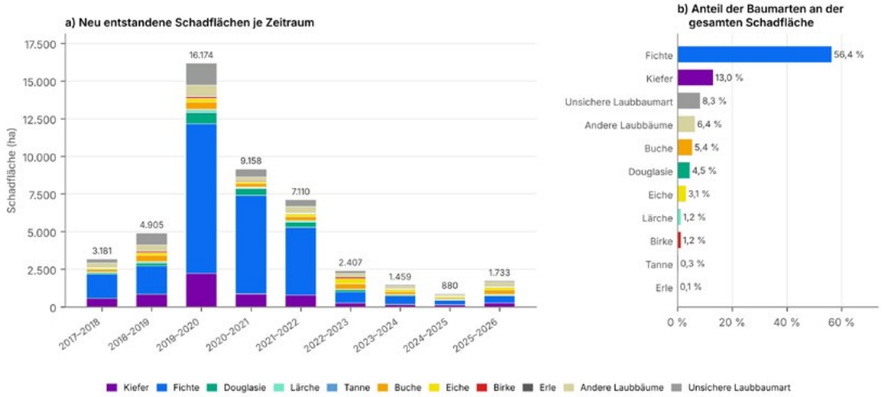
Entwicklung der Schadflächen nach Baumarten – Hamburg

Waldfläche 22.231 ha · Schadfläche 2017–2026 gesamt 1.538 ha (6,9 %) · Erstschadflächen je Zeitraum, Baumart nach Baumartenkarte 2016

Abbildung 56b *Entwicklung der Schadflächen nach Baumarten in den jeweiligen Bundesländern und Anteil der Baumarten an der gesamten Schadfläche.*

Entwicklung der Schadflächen nach Baumarten – Hessen

Waldfläche 964.094 ha · Schadfläche 2017–2026 gesamt 47.007 ha (4,9 %) · Erstschadflächen je Zeitraum, Baumart nach Baumartenkarte 2016



Entwicklung der Schadflächen nach Baumarten – Mecklenburg-Vorpommern

Waldfläche 621.903 ha · Schadfläche 2017–2026 gesamt 14.606 ha (2,3 %) · Erstschadflächen je Zeitraum, Baumart nach Baumartenkarte 2016

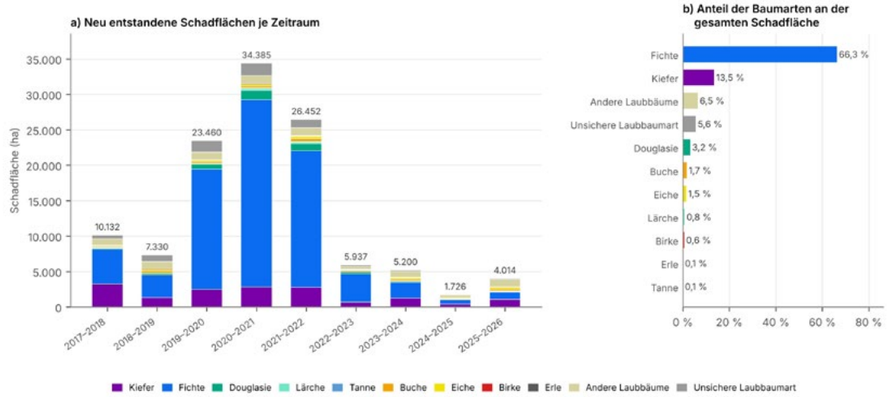
Entwicklung der Schadflächen nach Baumarten – Niedersachsen

Waldfläche 1.324.632 ha · Schadfläche 2017–2026 gesamt 59.983 ha (4,5 %) · Erstschadflächen je Zeitraum, Baumart nach Baumartenkarte 2016

Abbildung 56c *Entwicklung der Schadflächen nach Baumarten in den Bundesländern und Anteil der Baumarten an der gesamten Schadfläche.*

Entwicklung der Schadflächen nach Baumarten – Nordrhein-Westfalen

Waldfläche 1.097.292 ha · Schadfläche 2017–2026 gesamt 118.635 ha (10,8 %) · Erstschadflächen je Zeitraum, Baumart nach Baumartenkarte 2016



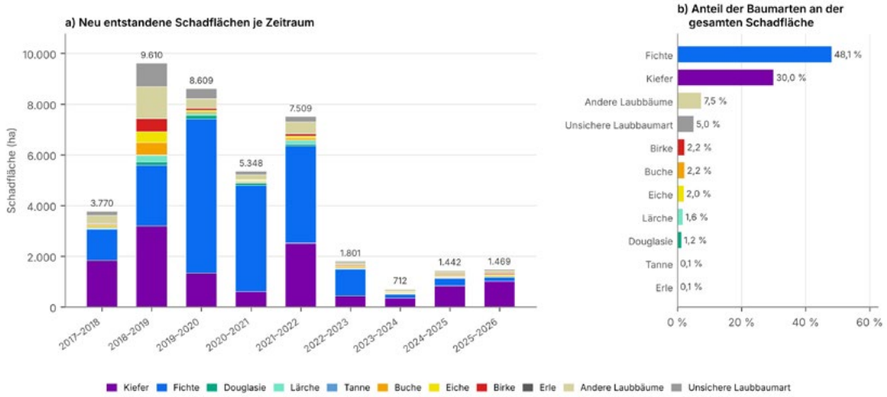
Entwicklung der Schadflächen nach Baumarten – Rheinland-Pfalz

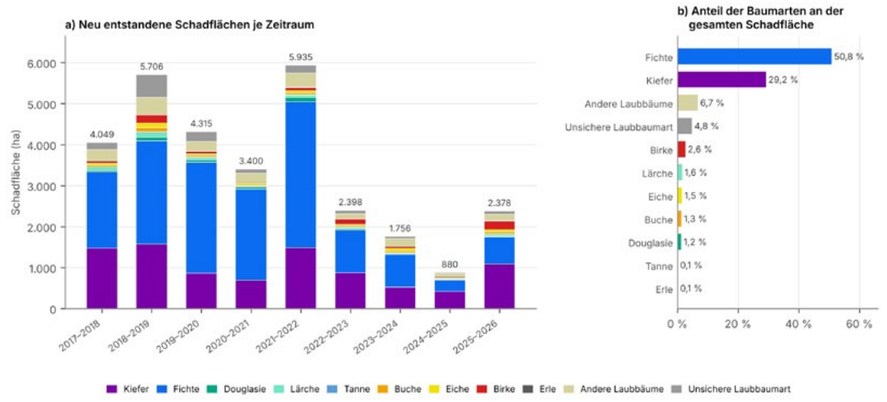
Waldfläche 934.725 ha · Schadfläche 2017–2026 gesamt 40.540 ha (4,3 %) · Erstschadflächen je Zeitraum, Baumart nach Baumartenkarte 2016

Entwicklung der Schadflächen nach Baumarten – Saarland

Waldfläche 113.641 ha · Schadfläche 2017–2026 gesamt 3.701 ha (3,3 %) · Erstschadflächen je Zeitraum, Baumart nach Baumartenkarte 2016

Abbildung 56d *Entwicklung der Schadflächen nach Baumarten in den jeweiligen Bundesländern und Anteil der Baumarten an der gesamten Schadfläche.*





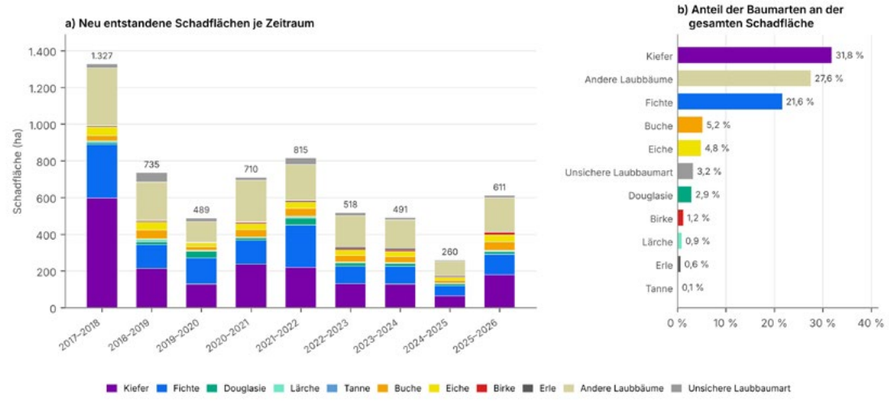


Abbildung 56e *Entwicklung der Schadflächen nach Baumarten in den Bundesländern und Anteil der Baumarten an der gesamten Schadfläche.*

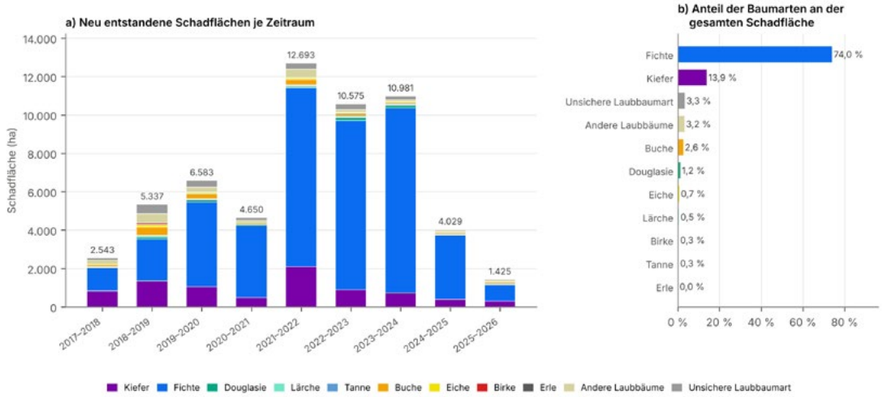


Abbildung 56f *Entwicklung der Schadflächen nach Baumarten in den jeweiligen Bundesländern und Anteil der Baumarten an der gesamten Schadfläche.*



3.5 Der Waldstabilitätsindex

Der Waldstabilitätsindex misst, wie stark sich der Vegetationszustand einer Waldfläche von Jahr zu Jahr verändert (Abbildung 58). Grundlage ist die Sentinel-2-Zeitreihe des NDVI von 2017 bis 2026. Der Waldstabilitätsindex vergleicht diese NDVI-Daten über zehn Jahre und zeigt, wie stark sich ein Waldstück in dieser Zeit verändert hat. Ein stabiler Wald zeigt Jahr für Jahr ähnliche NDVI Werte und hat einen hohen Wert des Stabilitätsindex. Ein Wald, der durch Dürre, Borkenkäfer, Sturm oder Holzeinschlag stark schwankt, hat einen niedrigen Wert.

Abbildung 57 zeigt die Ergebnisse der Verschneidung zwischen Stabilitätsindex und den Wäldern und Forsten mit den dominanten Baumarten. Die Stabilität unterscheidet sich deutlich. Am instabilsten sind erwartungsgemäß die Fichtenforste. Ihr Median liegt bei 0,71, ein Viertel ihrer Fläche liegt unter 0,55. Insgesamt gehören 24,6 Prozent der Fichtenfläche zu den instabilen Klassen, fast doppelt so viel wie im Bundesdurchschnitt (12,6 Prozent). Darin zeigen sich die großflächigen Ausfälle nach den Dürrejahren und dem Borkenkäferbefall seit 2018. Kiefernforste und Bestände mit Tanne liegen mit einem Median von jeweils 0,77 im Mittelfeld. Bei den Kiefernforsten sind allerdings 13,4 Prozent der Fläche instabil, bei rund 2,9 Millionen Hektar ist das eine erhebliche Fläche. Am stabilsten sind Erlenbruchwälder (Median 0,87), Buchenwälder (0,86) und Eichenwälder sowie Douglasienbestände (je 0,84). Interessant ist, dass die Erlenwälder und die Douglasienbestände, obwohl sie hier als stabil eingeordnet werden, trotzdem einen negativen Trend in der Vitalität aufzeigen. Allerdings sind die Abweichungen bei den Erlenwäldern nicht so stark wie bei den Douglasienbeständen. Dies könnte daran liegen, dass die Erlenwälder vorwiegend auf feuchten bis nassen Standorten wachsen und daher die Wasserversorgung die Trockenperioden bislang noch gut abpuffern konnten. Hingegen lässt die Entwicklung bei den Douglasienbeständen auf eine schleichende, flächig verteilte Abnahme der Vitalität schließen und keine plötzlich auftretende Störung wie bei Fichtenforsten. Die Buchenwälder sind die stabilste Hauptbaumart, ihr Median liegt in der Klasse sehr stabil und über die Hälfte der Buchenwaldflächen gehört dieser Klasse an.

Stabilität des NDVI nach Baumart

Verteilung des pixelweisen Stabilitätsindex je Baumart, sortiert nach Median; Baumartenzuordnung nach Baumartenkarte 2016

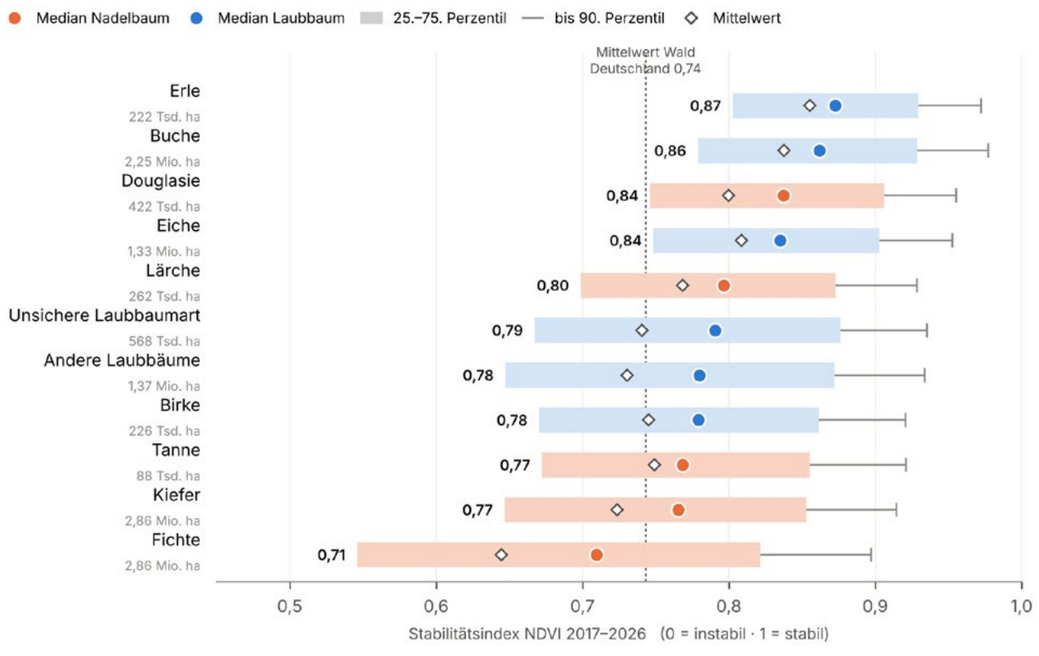


Abbildung 57 *Stabilitätsindex des NDVI (2017–2026) nach dominanter Baumart. Punkt: Median; Balken: 25.–75. Perzentil; Linie: bis 90. Perzentil; Raute: Mittelwert; gestrichelt: flächengewichteter Mittelwert des gesamten Waldes.*

Waldstabilitätsindex

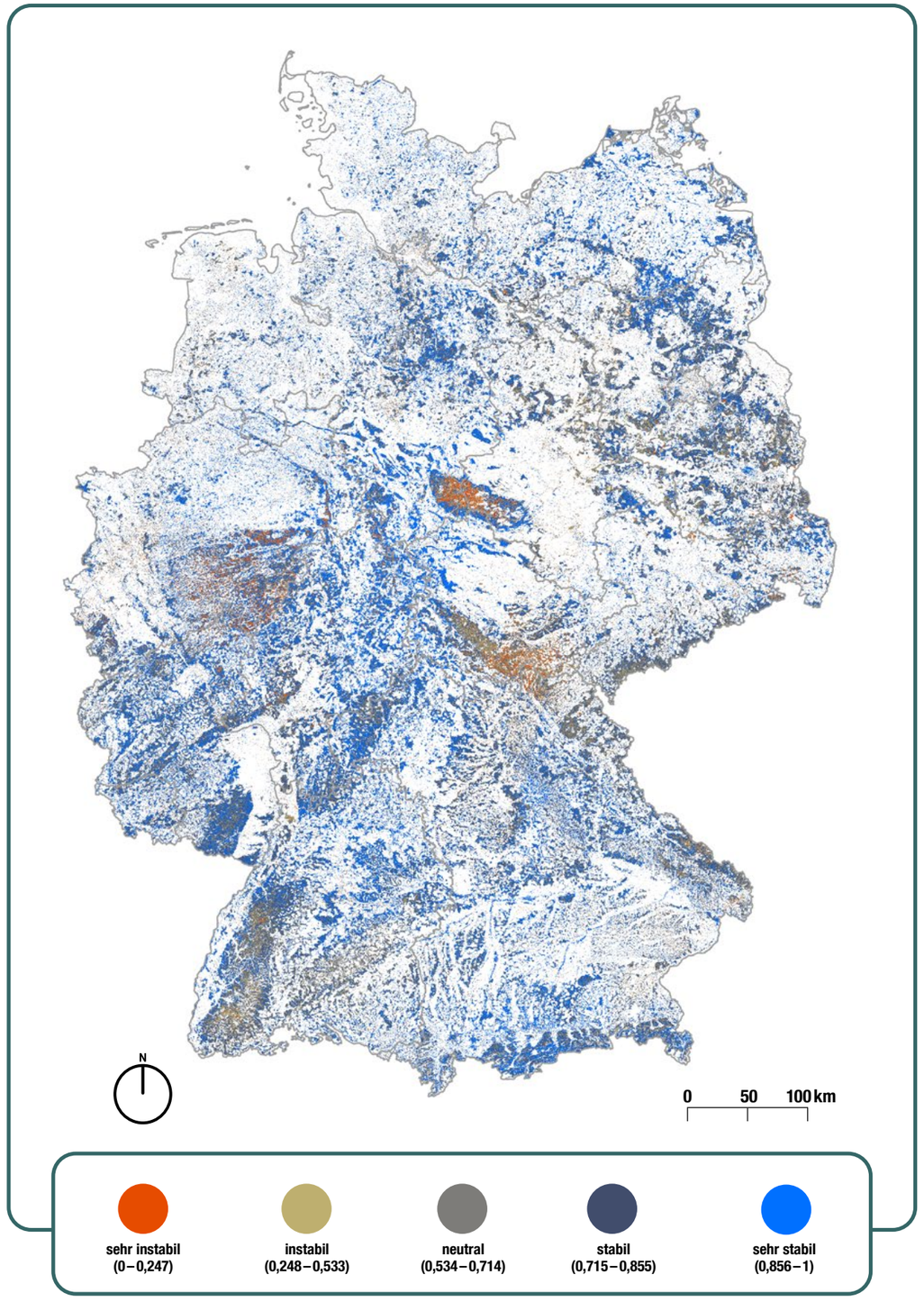


Abbildung 58 *Der Waldstabilitätsindex berechnet sich aus der NDVI-Zeitreihe von 2017–2026. Er ist in fünf Klassen aufgeteilt und hat einen Wert zwischen 0 und 1. Hohe Werte sind in Blau (sehr stabil) dargestellt und niedrige Werte in Rot (sehr instabil).*

Insgesamt befinden sich 85,5 Prozent der Buchenwälder in den Klassen stabil und sehr stabil, was man sehr gut in der Abbildung 59 mit den Flächenanteilen der fünf Stabilitätsklassen je Baumart erkennt. Die Stabilitätsklassen wurden anhand von natürlichen Unterbrechungen (Jenks) in den Daten klassifiziert. Hierbei wird ungleiche Verteilung berücksichtigt. Grundlage ist die mittlere jährliche Veränderung des NDVI-Saisonmaximums von 2017 bis 2026. Die Balken sind an der Klasse „neutral“ ausgerichtet. Links stehen die instabilen Anteile, rechts die stabilen. Bundesweit sind zwei Drittel der Waldfläche stabil oder sehr stabil (66,4 Prozent). 12,6 Prozent gelten als instabil oder sehr instabil, die übrigen 21 Prozent als neutral. Die Baumarten unterscheiden sich deutlich und lassen sich in drei Gruppen einteilen:

Die Fichte als Ausreißer:
Ein Viertel der Fichtenfläche ist instabil (24,6 Prozent), davon 10 Prozent sehr instabil. Kaum mehr als die Hälfte ist stabil (47,6 Prozent). Die Fichte ist die einzige Baumart, bei der der stabile Anteil unter 50 Prozent liegt. Ihr Anteil instabiler Fläche ist fast doppelt so hoch wie im Bundesdurchschnitt.

Nur mittelmäßig stabil:
Hier befinden sich die Kiefernforste (13,4 Prozent) und Bestände mit anderen Laubbäumen (14,5 Prozent) sowie die unsicheren Laubbaumarten (12,9 Prozent) und Birke (10,5 Prozent). Diese Baumartengruppen haben instabile Anteile von 10 bis 15 Prozent. Ihre stabilen Anteile liegen zwischen 61 und 66 Prozent. Tanne (7,6 Prozent) und Lärche (7,4 Prozent) sind seltener instabil. Die Tanne hat aber mit 29 Prozent den höchsten neutralen Anteil nach der Fichte.

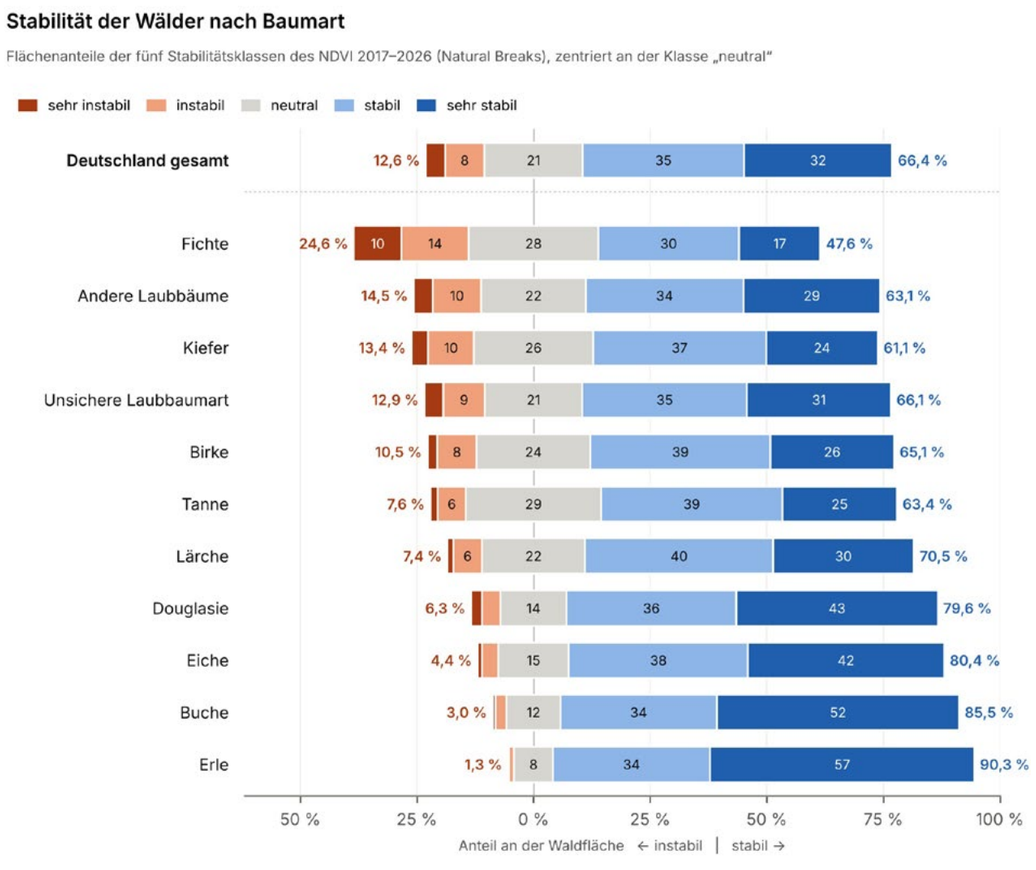


Abbildung 59 *Flächenanteile der fünf Stabilitätsklassen je Baumart. Grundlage ist die mittlere absolute Jahr-zu-Jahr-Veränderung des NDVI-Saisonmaximums 2017–2026; die Klassen wurden nach Natural Breaks gebildet. Die Balken sind an der Klasse „neutral“ zentriert. Die Zahlen links geben den Anteil instabiler Fläche an (sehr instabil + instabil), die Zahlen rechts den Anteil stabiler Fläche (stabil + sehr stabil).*

Sehr stabile Baumarten:
Bei Douglasie, Eiche, Buche und Erle sind jeweils über drei Viertel der Fläche stabil, bei Buche (85,5 Prozent) und Erle (90,3 Prozent) sogar fast die gesamte Fläche. Die Erle ist nur auf 1,3 Prozent ihrer Fläche instabil, die Buche auf 3,0 Prozent. Mehr als die Hälfte ihrer Fläche ist sogar sehr stabil (Buche 52 Prozent, Erle 57 Prozent).

Auffällig ist die Douglasie. Sie zählt mit 79,6 Prozent stabiler Fläche zu den stabilsten Baumarten, obwohl ihr NDVI bis 2026 unter dem Niveau von 2017 bleibt. Ähnliches gilt für die Tanne. Beide Befunde widersprechen sich nicht: Der Stabilitätsindex misst, wie stark der NDVI von Jahr zu Jahr schwankt, nicht, in welche Richtung er sich entwickelt. Ein gleichmäßiger schleichender Rückgang erscheint daher als stabil. Insbesondere für diese Baumarten sollte der Stabilitätsindex deshalb immer zusammen mit der NDVI-Entwicklung betrachtet werden.

Tanne und Douglasie sollten nicht unkritisch als ohne Weiteres zukunftsfähige Arten bezeichnet werden.

In der Gesamtbetrachtung ist auch für die großflächigen von Kiefern dominierten Forste eine deutliche Vorwarnung auszusprechen.

Ein niedriger Waldstabilitätsindex bedeutet starke Veränderung, aber nicht in jedem Fall Schaden. Auch Holzernte, Räumung nach Kalamitäten oder schnelles Nachwachsen auf Freiflächen erhöhen die Dynamik.

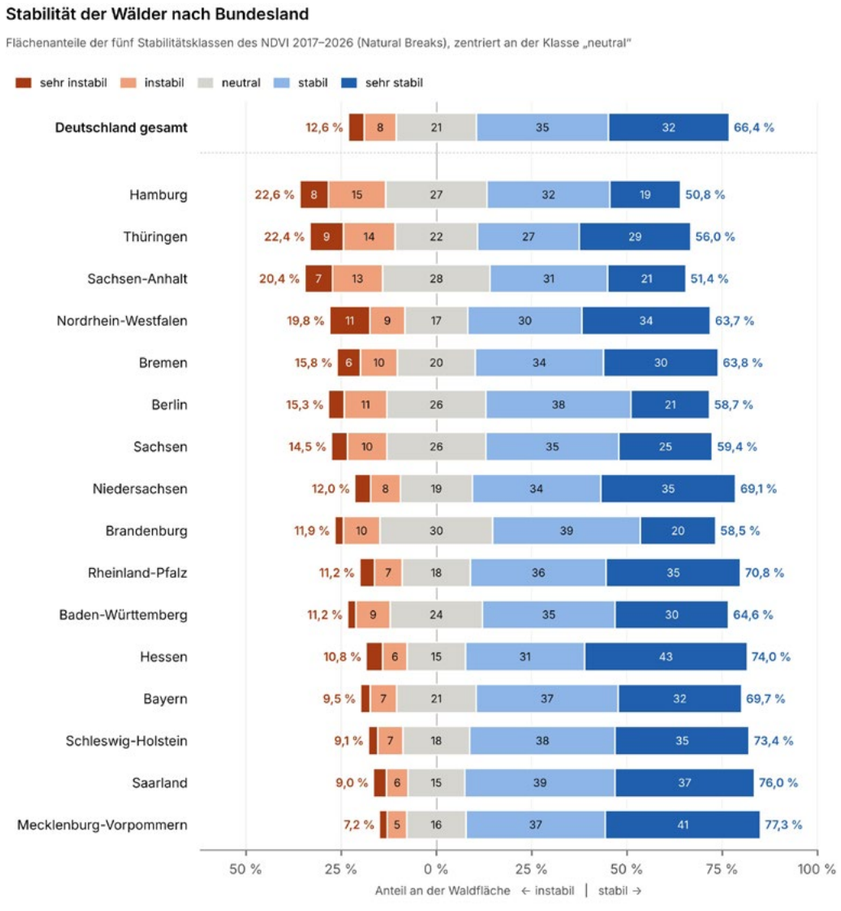


Abbildung 60 *Flächenanteile der fünf Stabilitätsklassen (Natural Breaks) nach Bundesländern, zentriert an der Klasse „neutral“. Die Stabilität errechnet sich aus der Waldvitalität im Zeitraum 2017–2026.*

Außerdem beruht die Zuordnung auf der Baumartenkarte von 2017. Als Fichte erfasste Pixel umfassen daher heute auch Kahlflächen und Wiederbewaldungsflächen. Die hohe Instabilität der Fichte beschreibt also zum Teil auch den Wandel auf ehemaligen Fichtenstandorten, nicht nur den Zustand noch stehender Fichtenbestände.

Die Flächenanteile der fünf Klassen sind in der Abbildung 60 auf die Bundesländer angewendet. Der Anteil instabiler Waldflächen, die sich aus den Klassen „sehr instabil“ und „instabil“ zusammensetzen, unterscheidet sich zwischen den Bundesländern deutlich. Den niedrigsten Wert verzeichnet Mecklenburg-Vorpommern mit 7,2 Prozent und den höchsten Wert Thüringen mit 22,5 Prozent. Die Stadtstaaten Hamburg und Bremen haben sehr kleine Waldflächen, daher sind ihre Werte nur eingeschränkt aussagekräftig. Im Land Berlin sind über 36.000 Hektar bestockt (siehe Abschnitt 3.1.1), deshalb sind diese Werte aussagekräftig. Der Bundesdurchschnitt liegt bei 12,6 Prozent, während rund zwei Drittel (66,4 Prozent) stabil oder sehr stabil sind.

Unter den Flächenländern weisen Thüringen (22,4 Prozent), Sachsen-Anhalt (20,4 Prozent) und Nordrhein-Westfalen mit 19,8 Prozent die höchsten Anteile instabiler Flächen auf. Nordrhein-Westfalen weist mit 11 Prozent den mit Abstand größten Anteil der Klasse „sehr instabil“ auf. Zugleich ist dort die Fläche zu einem Drittel in der Klasse „sehr stabil“, was auf eine starke Zweiteilung der Waldfläche schließen lässt. Am stabilsten sind die Wälder in Mecklenburg-Vorpommern (77,3 Prozent „stabil“ oder „sehr stabil“), gefolgt vom Saarland mit insgesamt 76 Prozent der Flächen in den zwei stabilen Klassen sowie Hessen mit 74 Prozent. Brandenburg zeigt ein anderes Muster, der Anteil mit 11,9 Prozent liegt knapp unter dem Bundesdurchschnitt, jedoch ist dort der größte Anteil in der Klasse „neutral“ mit 30 Prozent sowie der geringste Anteil „sehr stabil“ mit 20 Prozent verzeichnet.

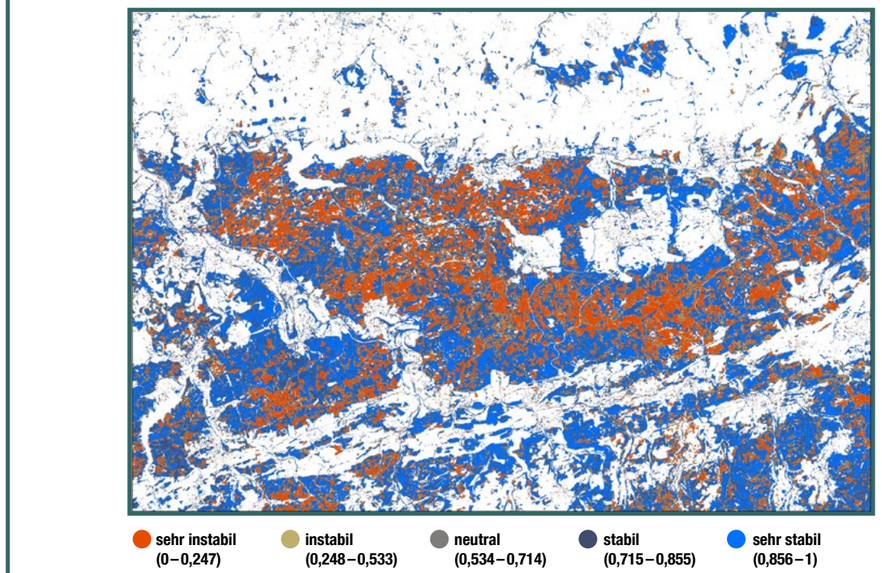
Die räumliche Verteilung der instabilen Flächen deckt sich mit den Regionen, die seit 2018 besonders stark von Dürre und Borkenkäferbefall in Fichtenbeständen betroffen sind. Dazu gehören der Harz in Sachsen-Anhalt und Niedersachsen sowie der Thüringer Wald, das Sauerland in Nordrhein-Westfalen sowie Teile des Erzgebirges in Sachsen. Die starke Zweiteilung in Nordrhein-Westfalen spricht dafür, dass Schäden dort räumlich konzentriert auftreten: Großflächige Kalamitätsgebiete in den Bereichen der ausgedehnten Fichtenforste stehen weitgehend stabilen Laubwäldern gegenüber. Siehe dazu das Beispiel aus dem Arnsberger Wald (siehe Abbildung 61).

Bemerkenswert ist Bayern. Trotz eines hohen Fichtenanteils liegt der Anteil instabiler Flächen dort mit 9,5 Prozent unter dem Bundesdurchschnitt. Eine plausible Erklärung ist, dass ein großer Teil der bayerischen Fichtenbestände in höheren und damit auch kühleren und niederschlagsreicheren Lagen wächst, etwa im Alpenvorland und in den Alpen. Angesichts des fortschreitenden Klimawandels mit ausgeprägten Anomalien und Extremen besteht allerdings auch hier das Risiko, dass sich die Situation in näherer Zukunft ändern könnte.

Das Muster in Brandenburg mit vielen „neutralen“ und wenigen „sehr stabilen“ Flächen dürfte mit dem hohen Kiefernanteil und den trockenen Standorten zusammenhängen. Kiefernbestände zeigen bezüglich der Grünheit (NDVI) geringere Absolutwerte und mäßige, aber flächig verbreitete Schwankungen, bislang noch ohne großflächige Ausfälle. In den extremen Jahren nach 2018 zeigte sich allerdings bereits, dass die Kiefernforste gegenüber heißen Dürren empfindlich sind und auch flächiges Absterben möglich ist.

Waldvitalität und Baumarten – das Beispiel des Arnsberger Walds (Nordrhein-Westfalen)

Der Kartenausschnitt zeigt den Ansberger Wald in der Region Arnsberg und Warstein im Hochsauerland.



Die obere Karte zeigt den Stabilitätsindex mit sehr instabilen Flächen in **rot** und sehr stabilen Flächen in **blau**. Im Vergleich mit der unteren Karte, die die Baumarten zeigt, sieht man deutlich, dass die Fichtenforste (blau) sehr instabil, den der sehr instabilen Buchen- und Eichenwäldern (orange) gegenüberstehen.

Abbildung 61 *Der Kartenausschnitt zeigt den Arnsberger Wald in der Region Arnsberg und Warstein im Hochsauerland. Die obere Karte zeigt den Stabilitätsindex mit sehr instabilen Flächen in Rot und „sehr stabilen“ Flächen in Blau. Im Vergleich mit der unteren Karte, die die Baumarten zeigt, sieht man deutlich, dass die Fichtenforste sehr instabil (blau) den sehr stabilen Buchen- und Eichenwäldern (orange) gegenüberstehen.*

3.5.1 Eigentum und Waldstabilität

Zwischen den Eigentumsarten unterscheidet sich die Instabilität nur geringfügig. Der Anteil instabiler Flächen (Klassen „sehr instabil“ und „instabil“) liegt im Bundeswald bei 10,9 Prozent, im Privatwald bei 10,5 Prozent, im Landeswald bei 10,4 Prozent und im Körperschaftswald bei 8,6 Prozent. Alle vier großen Eigentumsarten liegen damit unter dem Bundesdurchschnitt von 12,6 Prozent (siehe Abbildung 62).

Etwas ausgeprägter sind die Unterschiede bei den stabilen Wäldern. Der Körperschaftswald erreicht 72,1 Prozent stabile oder sehr stabile Flächenanteile, der Landeswald 69,6 Prozent, der Privatwald 66,5 Prozent und der Bundeswald 63,6 Prozent. Der Bundeswald fällt durch einen hohen Anteil der Klasse „neutral“ (25,5 Prozent) und einen vergleichsweisen geringen Anteil „sehr stabil“ (25,0 Prozent) auf.

Von den aktiv bewirtschafteten Wäldern (Privatwald, Landeswald und Körperschaftswald) hat der Privatwald im Vergleich die meisten instabilen Flächen und die geringsten stabilen Flächen. Es fällt jedoch auf, dass die Landesforstverwaltungen bzw. Landesbetriebe, von denen eine modellhafte Bewirtschaftung erwartet wird, keine deutlich besseren Ergebnisse erzielen.

Der höhere Anteil neutraler Flächen im Bundeswald passt dazu, dass Bundeswald häufig auf ehemaligen oder aktiven Truppenübungsplätzen liegt, oft auf kiefernreichen, trockenen Standorten im Tiefland. Solche Bestände zeigen im NDVI mäßige, flächig verbreitete Schwankungen, aber selten großflächige Ausfälle.

Wälder mit Schutzstatus und Wälder ohne Schutzstatus unterscheiden sich (siehe Abbildung 63). In den Schutzgebieten sind 11,4 Prozent der Waldfläche instabil (Klassen „sehr instabil“ und „instabil“) und 68,8 Prozent stabil oder sehr stabil. Außerhalb von Schutzgebieten liegen die Anteile bei 13,3 Prozent bzw. 64,4 Prozent. Bei den Wäldern ohne Schutzstatus liegt der Anteil der instabilen Flächenanteile über dem Bundesdurchschnitt.

Deutlich größer sind die Unterschiede zwischen den einzelnen Schutzgebietskategorien, die sich teilweise räumlich erheblich überschneiden. Am stabilsten sind die Wälder in FFH-Gebieten. Hier sind nur 8,9 Prozent instabil und 73,5 Prozent stabil. Ähnlich ist die Situation in Naturschutzgebieten mit 9,4 Prozent instabilen Waldflächen und 72,8 Prozent stabilen. Bei beiden ist der Anteil der Klasse „sehr stabil“ mit 38 bis 39 Prozent überdurchschnittlich hoch.

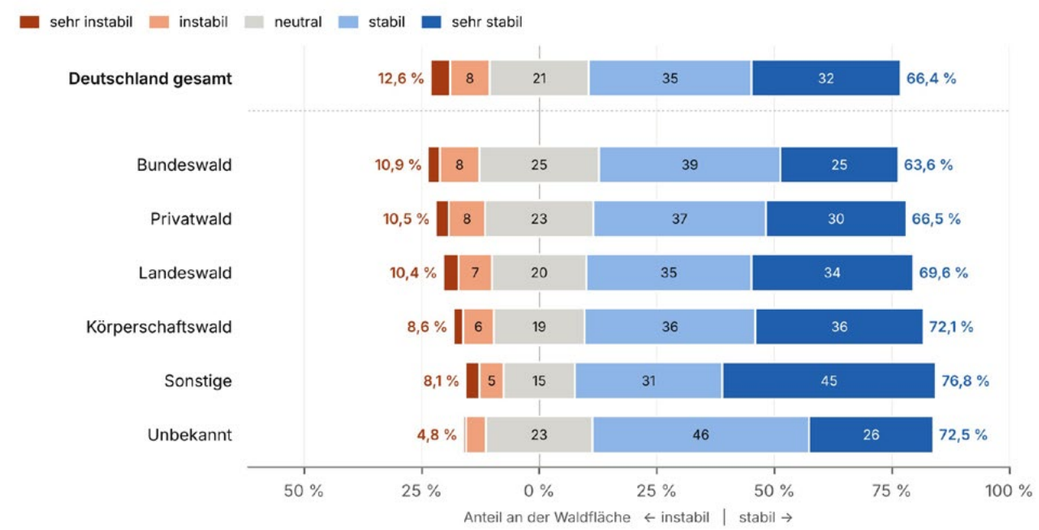
Die Vogelschutzgebiete (11,4 Prozent), Biosphärenreservate (11,6 Prozent) und Landschaftsschutzgebiete (12,5 Prozent) liegen mit ihren instabilen Flächenanteilen nahe am Bundesdurchschnitt. Ihr Management erzielt also keinen wahrnehmbaren Mehrwert für den Zustand der Waldökosysteme.

Für die Nationalparks ist eine besondere Situation zu beachten. Sie umfassen in größerem Maße ehemals forstlich angelegte Nadelbaummonokulturen, die nunmehr durch Instabilität gekennzeichnet sind. Mit 19,7 Prozent weisen die Wälder in den Nationalparks den höchsten Anteil instabiler Flächen auf und mit 9 Prozent ist auch die Klasse „sehr instabil“ dort am stärksten vertreten, was u. a. auf das Fichtensterben im Harz zurückzuführen ist. Diese Tatsache ist nicht auf den Schutzstatus zurückzuführen, sondern auf Folgewirkungen früherer Nutzung.



Stabilität der Wälder nach Eigentumsart

Flächenanteile der fünf Stabilitätsklassen des NDVI 2017–2026 (Natural Breaks), zentriert an der Klasse „neutral“

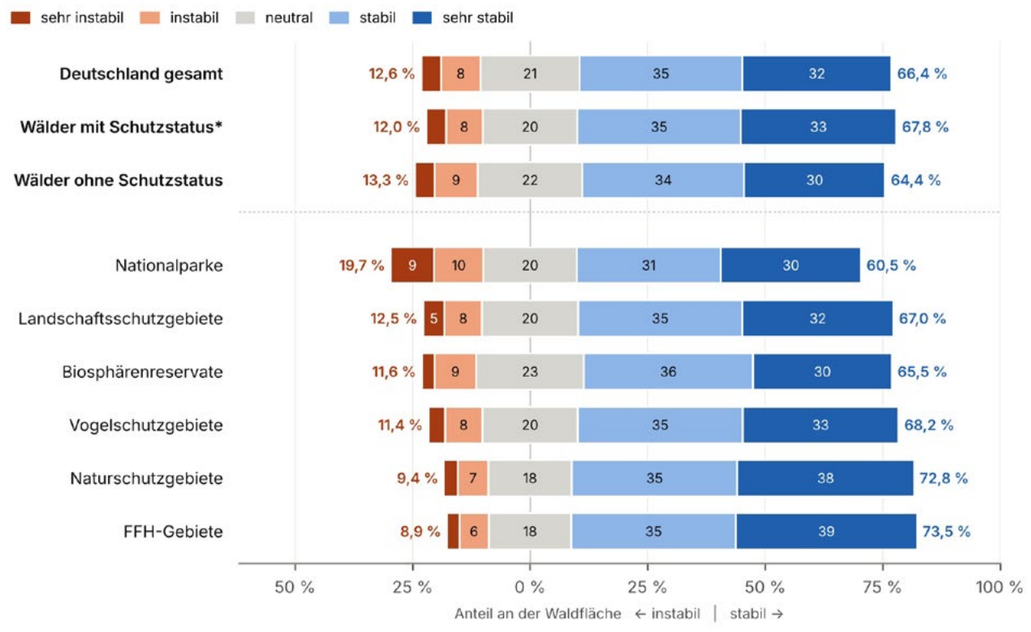


Eigentumsarten: Wald mit Eigentumsangabe. „Sonstige“: v. a. Niedersachsen; „Unbekannt“: v. a. Brandenburg, Mecklenburg-Vorpommern.

Abbildung 62 *Flächenanteile der fünf Stabilitätsklassen (Natural Breaks) nach den Eigentumsarten, zentriert an der Klasse „neutral“. Die Stabilität errechnet sich aus der Waldvitalität im Zeitraum 2017–2026.*

Stabilität der Wälder nach Schutzgebietskategorie

Flächenanteile der fünf Stabilitätsklassen des NDVI 2017–2026 (Natural Breaks), zentriert an der Klasse „neutral“



Schutzgebietskategorien überlappen sich (z. B. FFH- und Naturschutzgebiet); jede Kategorie ist für sich ausgewertet.
* Waldfläche in mindestens einem Schutzgebiet, berechnet als Deutschland gesamt − Wälder ohne Schutzstatus.

Abbildung 63 *Flächenanteile der fünf Stabilitätsklassen (Natural Breaks) nach Schutzgebietskategorie, zentriert an der Klasse „neutral“.*


© Pierre L. Ibisch

3.5.2 Stabilität nach Bundesland, Eigentumsart, Schutzstatus und Baumart

Als zentrales Ergebnis werden hier zwei Heatmaps vorgestellt. Sie bündeln alle Stabilitätsprofile der Länder. Die beiden Abbildungen (Abbildung 64 und Abbildung 65) zeigen für jedes Bundesland, wie groß der Anteil stabiler und instabiler Waldflächen ist. Die Werte sind nach Eigentumsart, Schutzstatus und Baumart aufgeschlüsselt. Grundlage sind die fünf Stabilitätsklassen aus der NDVI-Zeitreihe 2017–2026 für den Wald mit Eigentumsangabe (9,16 Millionen Hektar). Abbildung 64 fasst die Klassen „stabil“ und „sehr stabil“ zusammen, Abbildung 65 die Klassen „instabil“ und „sehr instabil“. Die Differenz bis 100 Prozent entfällt auf die Klasse „neutral“.

Anhand der neuen Waldreferenzgröße von 9,16 Millionen Hektar sind bundesweit 69 Prozent der Waldflächen stabil oder sehr stabil. Dabei unterscheidet sich dieser Anteil deutlich zwischen den Ländern. Er reicht von 84 Prozent in Schleswig-Holstein und 82 Prozent in Mecklenburg-Vorpommern bis 58 Prozent in Thüringen und 53 Prozent in Sachsen-Anhalt. Die Länder im Norden und Westen liegen bis auf Baden-Württemberg über dem Bundeswert, während Länder wie Sachsen, Brandenburg, Thüringen und Sachsen-Anhalt unter dem Wert liegen. Die Eigentumsarten „Sonstige“ (218.000 Hektar) und „Unbekannt“ (9.000 Hektar) sind mit 77 Prozent bzw. 72 Prozent stabiler und 8 Prozent bzw. 5 Prozent instabiler Fläche überdurchschnittlich stabil. Sie sind jedoch auf wenige Länder beschränkt. „Sonstige“ entfällt fast vollständig auf Niedersachsen und „Unbekannt“ überwiegend auf Brandenburg und Mecklenburg-Vorpommern.

3.5.3 Die Stabilität der Buchenwälder

Im Zusammenhang mit den großflächigen Schadereignissen nach den extremen Jahren ab 2018 wurde von einigen forstlichen Akteur:innen postuliert, dass nicht nur die Fichtenforste anfällig seien, sondern dass auch die Buchenbestände kurzfristig absterben würden. Hierfür gibt es allerdings wenige Belege. Vielmehr gibt es Hinweise, dass gerade die älteren und geschützten Buchenwälder (die zur paneuropäischen seriellen UNESCO-Weltnaturerbestätte gehören) in den letzten Jahren durchaus eine gute Resistenz bzw. Resilienz bewiesen haben.[53] Hier sollen auf der Grundlage der flächendeckenden Daten zur Stabilität aller Wälder in Deutschland die Buchen genauer untersucht werden.

Stabilität der Buchenwälder in den Bundesländern

Die Stabilität aller Buchenwälder liegt in allen Bundesländern auf einem ähnlich hohen Niveau (siehe Abbildung 66). Der Stabilitätsindex reicht von 0 (instabil) bis 1 (stabil). Für die Buchenflächen in Deutschland (2,25 Millionen Hektar) beträgt der Median 0,86 und der Mittelwert 0,84. Die mittleren 50 Prozent der Fläche liegen zwischen 0,78 und 0,93. Der Median der Länder liegt zwischen 0,81

Anteil stabiler Waldfläche (stabil + sehr stabil, %)

Länder sortiert nach Gesamtanteil stabil; „–“ = weniger als 1.000 ha oder keine Eigentumsdaten. „Sonstige“: v. a. Niedersachsen (215.000 ha), „Unbekannt“: Brandenburg, Mecklenburg-Vorpommern

		Eigentumsart						Schutzstatus		Baumart										
	gesamt	Landes-wald	Körper-schafts-wald	Privat-wald	Bundes-wald	Sonstige	Unbe-kannt	mit Schutz-status	ohne Schutz-status	Fichte	Kiefer	Douglasie	Lärche	Tanne	Buche	Eiche	Birke	Erle	Andere Laub-bäume	Unsich. Laub-baumart
Deutschland	69	70	72	66	64	77	72	69	68	50	64	81	71	63	86	82	66	90	68	67
Schleswig-Holstein	84	82	87	–	–	–	–	84	83	59	79	85	80	–	90	90	79	93	79	82
Mecklenburg-Vorpommern	82	83	84	81	74	–	79	83	79	49	78	85	83	–	91	90	79	93	76	78
Saarland	80	82	80	76	–	–	–	80	79	37	64	74	73	–	91	83	88	91	80	74
Hessen	77	77	75	–	–	–	–	77	76	37	72	82	76	–	89	83	68	91	69	67
Berlin	75	75	–	–	–	–	–	77	69	–	70	–	–	–	–	84	–	–	–	–
Niedersachsen	74	71	–	75	69	77	–	73	76	38	74	82	74	–	92	82	70	87	71	68
Rheinland-Pfalz	73	75	74	70	74	–	–	73	73	39	72	80	71	–	84	81	69	90	69	67
Bayern	72	71	79	71	78	–	–	72	72	63	73	87	74	82	87	85	76	91	71	73
Nordrhein-Westfalen	70	70	–	–	–	–	–	70	73	27	65	80	75	–	92	85	71	91	67	64
Baden-Württemberg	66	68	68	64	55	70	–	65	67	47	56	77	68	60	80	87	65	83	65	65
Sachsen	62	56	65	66	67	–	–	63	61	43	68	75	72	–	85	78	68	93	70	65
Brandenburg	60	66	63	58	52	–	71	64	55	42	57	76	56	–	78	73	55	91	62	59
Thüringen	58	54	68	57	56	–	–	55	61	25	59	66	69	56	89	85	63	82	63	57
Sachsen-Anhalt	53	52	58	52	55	–	–	56	47	14	45	65	58	–	80	74	46	88	53	51

Abbildung 64 *Anteil stabiler Waldfläche (%) nach Bundesland, Eigentumsart, Schutzstatus und Baumart. Als stabil gelten die Klassen „stabil“ und „sehr stabil“ des Waldstabilitätsindex (NDVI 2017–2026, fünf Klassen nach Natural Breaks).*

Anteil instabiler Waldfläche (sehr instabil + instabil, %)

Länder in derselben Reihenfolge wie bei der Heatmap „stabil“; „–“ = weniger als 1.000 ha oder keine Eigentumsdaten. „Sonstige“: v. a. Niedersachsen, „Unbekannt“: Brandenburg, Mecklenburg-Vorpommern

		Eigentumsart						Schutzstatus		Baumart										
	gesamt	Landes-wald	Körper-schafts-wald	Privat-wald	Bundes-wald	Sonstige	Unbe-kannt	mit Schutz-status	ohne Schutz-status	Fichte	Kiefer	Douglasie	Lärche	Tanne	Buche	Eiche	Birke	Erle	Andere Laub-bäume	Unsich. Laub-baumart
Deutschland	10	10	9	11	11	8	5	10	10	21	10	5	7	7	2	3	10	1	11	12
Schleswig-Holstein	3	3	2	–	–	–	–	3	3	10	4	2	2	–	1	1	3	1	5	3
Mecklenburg-Vorpommern	5	4	4	5	7	–	6	4	6	24	5	4	3	–	1	1	5	1	6	7
Saarland	6	4	6	8	–	–	–	6	7	35	14	10	5	–	1	2	3	1	5	8
Hessen	9	9	9	–	–	–	–	8	10	39	12	7	6	–	2	3	9	1	10	14
Berlin	4	4	–	–	–	–	–	4	6	–	5	–	–	–	–	2	–	–	–	–
Niedersachsen	9	13	–	7	7	8	–	11	7	37	7	4	6	–	1	3	6	2	10	12
Rheinland-Pfalz	9	8	9	12	8	–	–	9	11	32	9	7	8	–	3	4	9	1	10	12
Bayern	8	7	5	9	5	–	–	7	8	11	7	3	4	5	2	2	5	1	9	8
Nordrhein-Westfalen	16	16	–	–	–	–	–	16	15	54	17	10	8	–	1	2	9	1	12	17
Baden-Württemberg	10	9	9	11	14	10	–	10	9	18	15	4	7	7	3	2	9	3	11	10
Sachsen	12	13	11	11	11	–	–	13	11	19	10	9	7	–	3	4	10	1	9	13
Brandenburg	10	8	9	11	15	–	4	9	11	31	11	7	11	–	4	5	15	1	12	15
Thüringen	21	24	14	22	26	–	–	23	19	45	17	12	8	23	2	3	11	2	13	19
Sachsen-Anhalt	19	24	16	18	13	–	–	20	17	73	17	20	15	–	5	6	20	2	19	23

Abbildung 65 *Anteil instabiler Waldfläche (%) nach Bundesland, Eigentumsart, Schutzstatus und Baumart. Als instabil gelten die Klassen „instabil“ und „sehr instabil“ des Waldstabilitätsindex (NDVI 2017–2026, fünf Klassen nach Natural Breaks).*

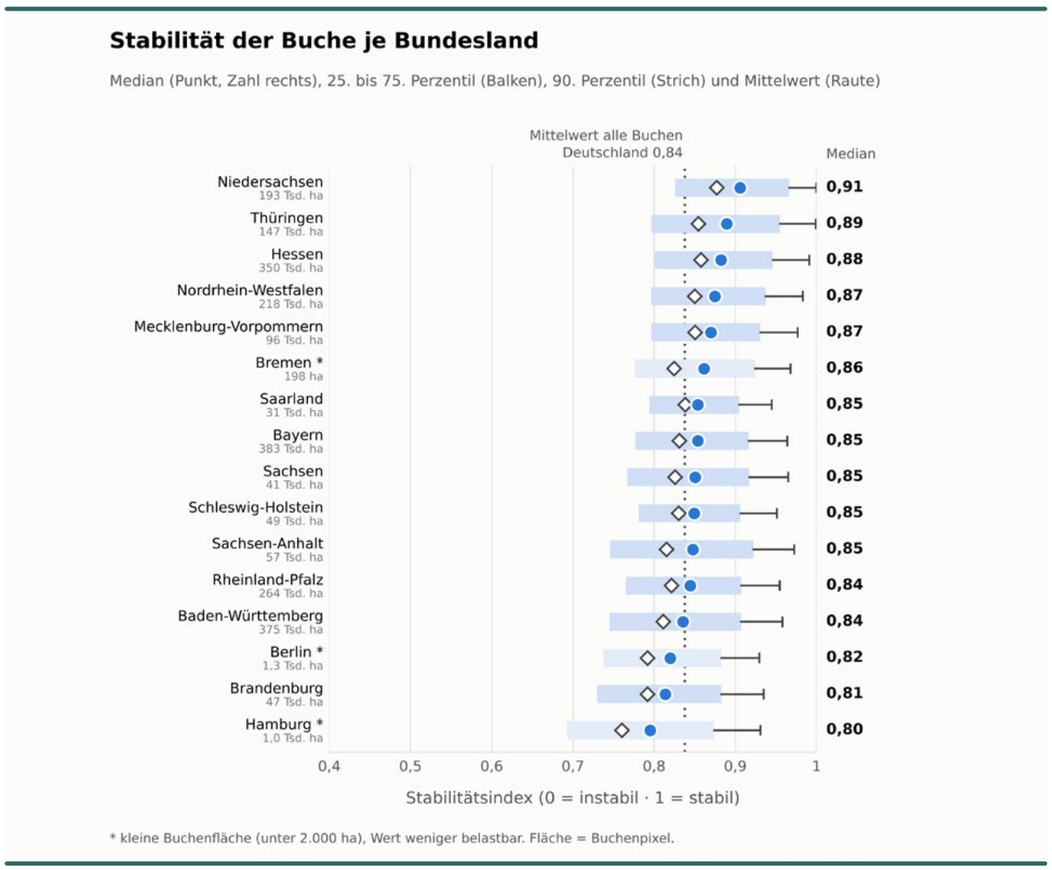


Abbildung 66 *Stabilität der Buche je Bundesland. Der Balken zeigt die mittleren 50 Prozent der Buchenfläche, der Punkt den Median, die Raute den Mittelwert und der Strich das 90. Perzentil. Der Index reicht von 0 (instabil) bis 1 (stabil). Die gestrichelte Linie zeigt den Mittelwert für Deutschland. * = Buchenfläche unter 2.000 Hektar.*

und 0,91. Am höchsten ist er in Niedersachsen (0,91), Thüringen (0,89), Hessen (0,88), Nordrhein-Westfalen (0,87) und Mecklenburg-Vorpommern (0,87). Am niedrigsten ist er in Brandenburg (0,81), Baden-Württemberg (0,84) und Rheinland-Pfalz (0,84). Die beiden Länder mit der größten Buchenfläche, Bayern (383.000 Hektar) und Baden-Württemberg (375.000 Hektar), liegen mit 0,85 und 0,84 knapp unter dem Median für Deutschland. Hessen (350.000 Hektar) liegt mit 0,88 darüber. Berlin, Hamburg und Bremen haben sehr kleine Buchenflächen (unter 2.000 Hektar). Ihre Werte, etwa 0,80 in Hamburg, sind deshalb weniger belastbar. Die Unterschiede innerhalb der Länder sind größer als die zwischen den Ländern. In jedem Bundesland streuen die Werte der mittleren 50 Prozent der Fläche über eine Spanne von 0,15 bis 0,18, während die Mediane der Länder nur etwa 0,10 auseinanderliegen. Auch Flächen mit sehr niedriger Stabilität kommen überall vor, in jedem Land bis zum Wert 0. Der Mittelwert liegt in allen Ländern unter dem Median. Wenige Flächen mit niedriger Stabilität ziehen ihn also nach unten.

Stabilität der Buchenwälder in den verschiedenen Eigentumsarten

Die Stabilität der Buchenwälder unterscheidet sich zwischen den Eigentumsarten nur gering (siehe Abbildung 67). Der Median liegt bei 0,84 bis 0,87, für alle Buchen bei 0,86. Der Landeswald hat mit 0,87 den höchsten Wert unter den großen Eigentumsarten. Er umfasst 661.000 Hektar Buchenfläche (29 Prozent der Buchen). Körperschaftswald (491.000 Hektar) und

[53] Adhikari, Y., Engelhardt, I. M., & Ibisch, P. L. Multidecadal dynamics of UNESCO World heritage Beech forests in a changing climate. Preprint. Available at SSRN 6883072. Garcia, V., Y. Adhikari, I.M. Engelhardt, S. Winter, I. Szallies & P.L. Ibisch (2026): Effective proforestation and a stable radiation use efficiency in mature Central European beech forests amid increasing pressures from climate change. Preprint (DOI 10.5281/zenodo.21379259.)

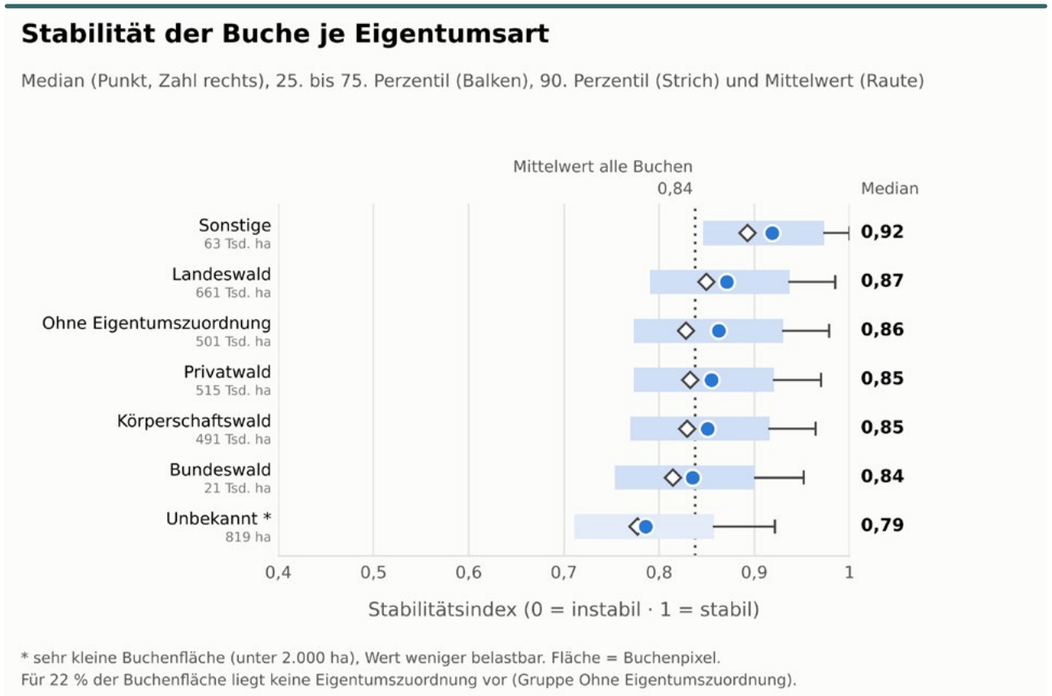


Abbildung 67 *Stabilität der Buche je Eigentumsart. Der Balken zeigt die mittleren 50 Prozent der Buchenfläche, der Punkt den Median, die Raute den Mittelwert und der Strich das 90. Perzentil. Der Index reicht von 0 (instabil) bis 1 (stabil). Die gestrichelte Linie zeigt den Mittelwert aller Buchen (0,84). * = Buchenfläche unter 2.000 Hektar. Für 22 Prozent der Buchenfläche liegt keine Eigentumszuordnung vor.*

Privatwald (515.000 Hektar) liegen mit jeweils 0,85 etwas darunter und sind kaum zu unterscheiden. Der Bundeswald hat mit 0,84 den niedrigsten Median, auf nur 21.000 Hektar. Auf der Fläche ohne Eigentumszuordnung (501.000 Hektar, 22 Prozent der Buchen) beträgt der Median 0,86. Die Eigentumsart „Sonstige“ erreicht mit 0,92 den höchsten Wert (63.000 Hektar). „Unbekannt“ hat den niedrigsten Wert (0,79), aber nur 819 Hektar Buchenfläche und ist deshalb nicht belastbar. Die mittleren 50 Prozent der Buchenfläche liegen in allen Eigentumsarten ähnlich breit, bei etwa 0,77 bis 0,92. Die Streuung innerhalb einer Eigentumsart ist damit größer als der Unterschied zwischen den Eigentumsarten.

Stabilität der Buchenwälder in den verschiedenen Schutzgebieten

Die Stabilität der Buchenwälder unterscheidet sich im Vergleich von solchen innerhalb von Schutzgebieten und Flächen außerhalb kaum (siehe Abbildung 68). Der Median liegt in allen Schutzgebieten zusammen (0,862), außerhalb der Schutzgebiete (0,862) und bei allen Buchen (0,862) praktisch gleich. Auch die Mittelwerte liegen eng beieinander (0,840 in Schutzgebieten, 0,834 außerhalb). Zwischen den einzelnen Kategorien gibt es kleine Unterschiede. Nationalparks (Median 0,881) und Naturschutzgebiete (0,872) haben die höchsten Werte. FFH-Gebiete (0,865), Vogelschutzgebiete (0,861) und Landschaftsschutzgebiete (0,861) liegen auf dem Niveau aller Buchenwälder. Die Biosphärenreservate fallen nach unten ab. Ihr Median liegt bei 0,829, der Mittelwert bei 0,804. Das 25. Perzentil liegt mit 0,737 deutlich unter dem der übrigen Kategorien (0,78 bis 0,80). Ein Teil der Buchen dort ist also weniger stabil.

Stabilität der Buchenwälder in den Bundesländern

Die Stabilität der Buchenwälder unterscheidet sich zwischen den Bundesländern deutlich (Abbildung 69, 70). Der Median liegt in Deutschland bei 0,86. Niedersachsen und Baden-Württemberg verdeutlichen die Spanne. In Niedersachsen erreichen die Buchenwälder mit einem Median von 0,91 (193.254 Hektar) den höchsten Wert aller Länder. Fast alle Eigentums- und Schutzgruppen liegen auf diesem hohen Niveau. Die Schutzgebiete insgesamt liegen bei 0,91, die Flächen außerhalb bei 0,90. Den niedrigsten Wert mit 0,85 weisen die Biosphärenreservate auf.

Bei den Eigentumsarten hat der Landeswald den höchsten Wert mit 0,92, vor Privatwald und Bundeswald.

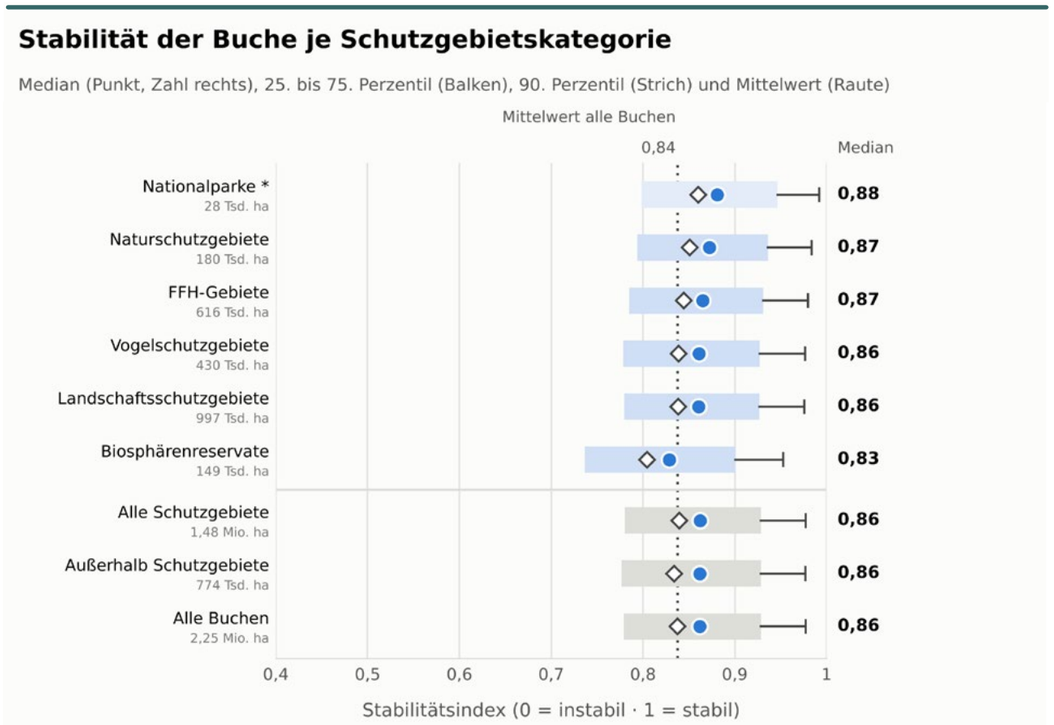


Abbildung 68 *Stabilität der Buche je Schutzgebietskategorie. Dargestellt sind Median (Punkt), 25. bis 75. Perzentil (Balken), 90. Perzentil (Strich) und Mittelwert (Raute). *kleine Buchenfläche (unter 50.000 ha).*

In Baden-Württemberg, dem Land mit einer der größten Buchenflächen (375.415 Hektar) liegt der Median bei 0,84 und damit unter dem Bundeswert. Die Eigentumsarten unterscheiden sich kaum (weitgehend im Bereich von 0,84), nur der Bundeswald fällt mit 0,76 ab. Innerhalb der Schutzgebiete gibt es auch nur minimale Abweichungen; allerdings weisen die Biosphärenreservate mit 0,77 den niedrigsten Wert auf. Der Grund könnte u. U. mit einer intensiveren Bewirtschaftung zusammenhängen.

Die Abbildung 70 hilft bei der Untersuchung, ob die Buchenwälder einer Gruppe stabiler oder weniger stabil sind als alle Buchenwälder im selben Bundesland. Jede Zeile ist ein Bundesland, jede Spalte eine Eigentumsart oder ein Schutzgebietsstatus. Die Zahl in der Zelle ist die Differenz des Medians der Stabilität zum Median aller Buchenwälder des Landes. Blau bedeutet stabiler, rot weniger stabil, 0,00 praktisch gleich. Graue Zellen bedeuten keine oder zu kleine Buchenfläche (unter 1.000 Hektar). Die meisten Zellen liegen zwischen –0,02 und +0,02, also nahe am Landesmedian. Auffällig sind nur wenige kräftig gefärbte Zellen. In Thüringen liegt die Fläche ohne Eigentumszuordnung mit –0,11 am weitesten unter dem Landesmedian (12.378 Hektar). Im Nationalpark liegen die Buchen mit +0,07 deutlich darüber, die Fläche ist allerdings klein (4.108 Hektar). In Rheinland-Pfalz liegt das Biosphärenreservat bei –0,06 (33.645 Hektar) – ähnlich wie in Baden-Württemberg. Interessant sind die Abweichungen im Nationalpark Eifel in NRW mit negativer Abweichung von 0,09 sowie in Bayern mit 0,07.

Anhand dieser Ergebnisse, die auf einer zehnjährigen NDVI-Zeitreihe basieren, ist festzuhalten, dass die Buchenwälder in Deutschland überwiegend stabil sind. Der Median liegt bei 0,862, das 25. Perzentil bei 0,779. Es gibt aber einen Teil der Buchenfläche mit deutlich niedrigeren Werten, erkennbar daran, dass der Mittelwert (0,838) unter dem Median liegt. Der Eigentumstyp und der Schutzstatus erklären die Stabilität kaum. Innerhalb eines Landes weichen die Gruppen meist nur um 0,00 bis 0,02 vom Landesmedian ab. Deutlich größer sind die Unterschiede zwischen den Bundesländern, sie hängen offenbar eher von Region und Standort ab.

INFO: Zur komplexen Verursachung der Instabilität von Buchenbeständen

In den letzten Jahren kam es in ganz Deutschland zur schweren Schädigung von Buchenbeständen. In öffentlichen Darstellungen wurde dann oft auf den Klimawandel verwiesen. Dabei ging dem Absterben von Altbuchen in den extremen Sommern nach 2018 meist eine starke Nutzung voraus. In der Vergangenheit waren (Groß-) Schirmschläge in älteren Buchenbeständen möglich, ohne dass der „Schirm“ in Folge von starker Besonnung und Erwärmung geschädigt wurde. Inzwischen stellen allerdings die extremen Witterungen diese Praxis infrage.

Oftmals wurde die Intensität der Einschläge – sogar in Schutzgebieten – selbst dann beibehalten, wenn bereits vor den Folgen gewarnt worden war. Ein Beispiel betrifft das FFH-Gebiet „Wälder bei Feldberg mit Breitem Luzin und Dolgener See“ in der Feldberger Seenlandschaft, Mecklenburg-Vorpommern, welches auch die bekannten „Heiligen Hallen“ umfasst, den wohl am längsten geschützten Buchenwald Deutschlands. Im Jahr 2015 wurde im Managementplan angemahnt, dass die Nutzungsintensität reduziert werden müsste. Dennoch kam es vor 2018 auch in der unmittelbaren Nachbarschaft zu starken Holzerntemaßnahmen. In der Folge starben viele verbleibende Altbuchen ab, der Oberstand löste sich auf (vgl. Foto unten). Das Beispiel illustriert, dass die Interpretation von Schädigungsmustern, die auch dank Fernerkundung sichtbar werden, oftmals eine komplexere Kausalanalyse erfordern. Im Falle des wenige Dutzend Hektar kleinen Naturschutzgebiets der Heiligen Hallen und des umgebenden FFH-Gebiets kann ein direkter Vergleich zwischen den aufgelichteten Beständen im FFH-Gebiet und dem dichten, biomassereichen und alten Wald im streng geschützten Kerngebiet Aufschluss darüber geben, wie sehr die erhöhte Vulnerabilität von Buchen eindeutig eine Folge der Nutzung war. Nach einem vorübergehenden Einschlagmoratorium wurde die intensive Nutzung außerhalb des Naturschutzgebiets fortgesetzt, sodass zu befürchten ist, dass im Zuge der weiteren Erwärmung stärkere Randeffekte auch auf die Heiligen Hallen auswirken.

Am Beispiel des FFH-Gebiets „Wälder bei Feldberg“ konnte auch festgestellt werden, dass die Sensibilität von Forstverwaltungen bezüglich der nutzungsbedingten Verschlechterung von FFH-Gebieten nicht immer hinreichend ausgebildet ist. Im Sommer 2020 ordnete die Landesforstanstalt Mecklenburg-Vorpommern per Betriebsanweisung sogar für alle Buchenwälder des Landes einen verstärkten Einschlag an, um einer etwaig später eintretenden Schädigung der Bäume zuvorzukommen.[51] Mutmaßlich hat dies auch in FFH-Gebieten zu einer weiteren Verschärfung der Situation geführt. Allemal hätten die forstlichen Maßnahmen im FFH-Gebiet wohl eine Verträglichkeitsprüfung erfordert. Die Europäische Kommission stellte 2023 nach zwei Jahren Prüfung in einer Antwort auf eine entsprechende Beschwerde[52] fest, dass „diese auf dem Unionsrecht basierende Verpflichtung [zur Durchführung einer Naturverträglichkeitsprüfung] (…) durch eine Betriebsanweisung der Landesverwaltung nicht umgangen werden“ kann. Es sei außerdem bekannt, „dass die Vorgaben (…) der FFH-Richtlinie in Deutschland auf forstwirtschaftliche Maßnahmen nicht immer konsequent angewendet werden“.

Das Beispiel belegt nicht nur die Komplexität der Verursachung von Schäden im Wald, sondern auch die Notwendigkeit einer verbesserten Transparenz forstlicher Entscheidungen und ihrer Umsetzung in den Wäldern.



Foto *Weitgehender Verlust älterer Buchen im FFH-Gebiet „Wälder bei Feldberg mit Breitem Luzin und Dolgener See“ in der Nachbarschaft des Naturschutzgebiets „Heiligen Hallen“ als Folge zu intensiven Einschlags; Ausbildung eines strukturarmen Buchengebüschs (Mecklenburg-Vorpommern, Oktober 2026)*



Foto *Strukturreicher Buchenwald im Kern des Naturschutzgebiets „Heiligen Hallen“ (Mecklenburg-Vorpommern, Oktober 2026)*

[51] Anweisung vom 31.8.2020 („Buchenstammholzeinschlag“ 2020/2021).

[52] Beschwerde vom 14.12.2020 – CHAP(2021)00169; Antwort von Referatsleiter Paul Speight, Generaldirektion Umwelt, vom 13.2.2023.

Stabilität der Buche je Bundesland, Eigentumsart und Schutzgebietsstatus

Median des Stabilitätsindex (0 = instabil, 1 = stabil); Bundesländer nach Median aller Buchen sortiert

		Eigentumsart						Schutzgebietsstatus							
	Alle Buchen	Landeswald	Körperschafts-wald	Privatwald	Bundeswald	Sonstige	Ohne Zuordnung	Alle Schutz-gebiete	Außerhalb Schutzgebiete	National-parke	Naturschutz-gebiete	Biosphären-reservate	FFH-Gebiete	Vogel-schutz-gebiete	Landschafts-schutz-gebiete
Deutschland	0,86	0,87	0,85	0,85	0,84	0,92	0,86	0,86	0,86	0,88	0,87	0,83	0,87	0,86	0,86
Niedersachsen	0,91	0,92		0,89	0,84	0,92	0,86	0,91	0,90	0,91	0,90	0,85	0,91	0,90	0,91
Thüringen	0,89	0,90	0,90	0,89	0,88		0,78	0,89	0,88	0,96	0,89	0,88	0,91	0,91	0,89
Hessen	0,88	0,90	0,85				0,88	0,89	0,88	0,91	0,90	0,90	0,89	0,89	0,85
Nordrhein-Westfalen	0,87	0,89					0,87	0,88	0,87	0,78	0,89		0,89	0,89	0,87
Mecklenburg-Vorpommern	0,87	0,87	0,88	0,88	0,86		0,81	0,87	0,87	0,87	0,86	0,85	0,87	0,87	0,87
Bremen															
Saarland	0,85	0,85	0,86	0,85			0,84	0,85	0,86		0,86	0,84	0,86	0,86	0,85
Bayern	0,85	0,86	0,86	0,85	0,85		0,84	0,85	0,85	0,79	0,86	0,86	0,86	0,85	0,85
Sachsen	0,85	0,85	0,87	0,85			0,83	0,85	0,85	0,84	0,84		0,84	0,84	0,86
Schleswig-Holstein	0,85	0,85	0,86				0,85	0,85	0,85		0,86		0,85	0,85	0,84
Sachsen-Anhalt	0,85	0,85	0,86	0,85			0,78	0,86	0,80		0,85	0,89	0,86	0,87	0,86
Rheinland-Pfalz	0,84	0,84	0,85	0,84	0,84		0,82	0,84	0,86	0,86	0,85	0,79	0,84	0,83	0,85
Baden-Württemberg	0,84	0,84	0,84	0,84	0,76		0,79	0,83	0,84		0,83	0,77	0,83	0,82	0,84
Berlin	0,82														
Brandenburg	0,81	0,81	0,81	0,83			0,79	0,82	0,80		0,83	0,81	0,83	0,83	0,82
Hamburg	0,80														

Grau = keine oder kleine Buchenfläche (unter 1.000 ha) bzw. nicht vorhanden. Schutzgebietskategorien überlagern sich teilweise.

Abbildung 69 *Anteil stabiler Waldfläche (%) nach Bundesland, Eigentumsart, Schutzstatus und Baumart.*

Abweichung vom Median aller Buchen des Bundeslandes

Differenz des Medians (Gruppe minus alle Buchen im Bundesland); blau = stabiler, rot = weniger stabil

		Eigentumsart						Schutzgebietsstatus							
	Alle Buchen	Landeswald	Körperschafts-wald	Privatwald	Bundeswald	Sonstige	Ohne Zuordnung	Alle Schutz-gebiete	Außerhalb Schutzgebiete	National-parke	Naturschutz-gebiete	Biosphären-reservate	FFH-Gebiete	Vogel-schutz-gebiete	Landschafts-schutz-gebiete
Deutschland		+0,01	−0,01	−0,01	−0,03	+0,06	0,00	0,00	0,00	+0,02	+0,01	−0,03	0,00	0,00	0,00
Niedersachsen		+0,01		−0,02	−0,07	+0,01	−0,05	0,00	−0,01	+0,01	0,00	−0,05	0,00	0,00	+0,01
Thüringen		+0,01	+0,01	0,00	−0,01		−0,11	+0,01	−0,01	+0,07	0,00	−0,01	+0,02	+0,02	0,00
Hessen		+0,01	−0,03				0,00	+0,01	0,00	+0,03	+0,01	+0,02	+0,01	+0,01	−0,03
Nordrhein-Westfalen		+0,01					0,00	0,00	−0,01	−0,09	+0,01		+0,02	+0,01	0,00
Mecklenburg-Vorpommern		0,00	+0,01	+0,01	−0,01		−0,06	0,00	0,00	0,00	−0,01	−0,02	0,00	0,00	0,00
Bremen															
Saarland		0,00	0,00	0,00			−0,01	0,00	0,00		0,00	−0,02	0,00	0,00	0,00
Bayern		+0,01	0,00	0,00	−0,01		−0,02	0,00	0,00	−0,07	+0,01	+0,01	0,00	0,00	0,00
Sachsen		0,00	+0,02	0,00			−0,02	0,00	0,00	−0,01	−0,01		−0,01	−0,01	+0,01
Schleswig-Holstein		0,00	+0,01				0,00	0,00	0,00		+0,01		0,00	0,00	0,00
Sachsen-Anhalt		0,00	+0,01	+0,01			−0,07	+0,01	−0,05		0,00	+0,04	+0,01	+0,02	+0,01
Rheinland-Pfalz		−0,01	+0,01	0,00	0,00		−0,02	−0,01	+0,01	+0,01	+0,01	−0,06	−0,01	−0,01	0,00
Baden-Württemberg		+0,01	0,00	0,00	−0,08		−0,05	0,00	+0,01		−0,01	−0,06	0,00	−0,02	0,00
Berlin															
Brandenburg		−0,01	0,00	+0,01			−0,02	0,00	−0,01		+0,02	0,00	+0,02	+0,01	0,00
Hamburg															

Grau = keine oder kleine Buchenfläche (unter 1.000 ha) bzw. nicht vorhanden. Schutzgebietskategorien überlagern sich teilweise.

Abbildung 70 *Abweichung vom Median aller Buchen des jeweiligen Bundeslandes. Abweichung des Medians der Stabilität der Buche vom Median aller Buchen des jeweiligen Bundeslandes, je Eigentumsart und Schutzgebietsstatus. Blau = stabiler, rot = weniger stabil, grau = keine oder kleine Buchenfläche (unter 1.000 ha).*



© Bente Stachowske / Greenpeace

3.5.4 Die Stabilität der Wälder und Forste nach Wuchsgebieten

Die forstlichen Wuchsgebiete sind waldökologische Naturräume. Sie gliedern Deutschland in Gebiete, die sich in ihren klimatischen und waldökologischen Eigenschaften ähneln, zum Beispiel in Klima, Geologie, Boden und Relief. In einem Wuchsgebiet wachsen Wälder deshalb unter vergleichbaren natürlichen Bedingungen. Die Wuchsgebiete sind in kleinere Wuchsbezirke und größere forstliche Großlandschaften eingebettet. Das Thünen-Institut für Waldökosysteme stellt die Abgrenzungen als Geodaten bereit. Der Datensatz beruht auf dem Werk von Gauer und Aldinger (2005)[54] und auf Geodaten der Bundesländer, die Gauer und Kroiher (2012) [55] zusammengeführt haben. Deutschland umfasste zunächst 102 Wuchsgebiete; diese wurden dann länderübergreifend in 82 Wuchsgebieten zusammengefasst. Diese Einheiten wurden für diese Studie ausgewertet. Die Wuchsgebiete sind ein Ordnungsrahmen. Sie erlauben es, Waldkennwerte wie die Stabilität nach natürlichen Standortbedingungen zu vergleichen. Verwaltungsgrenzen wie etwa diejenigen von Bundesländern schneiden oft durch zusammenhängende Naturräume. Unterschiede zwischen Wuchsgebieten können deshalb auf Standort- und Klimaeinflüsse hinweisen.

Die Abbildungen 71a und 71b zeigt den Waldstabilitätsindex nach Wuchsgebiet anhand des Medians (Punkt, Zahl rechts), die mittleren 50 Prozent (Balken), das 5. und 95. Perzentil (Striche) und den Mittelwert (Raute). Die Stabilität des Waldes umfasst alle jeweils dominierenden Baumarten und unterscheidet sich zwischen den 82 Wuchsgebieten deutlich. Der Mittelwert über alle Wuchsgebiete liegt bei 0,74, der Median bei 0,79. Am niedrigsten liegt der Median im Thüringer Gebirge (0,60) und im Gebiet Frankenwald, Fichtelgebirge und Steinwald (0,65). Es folgen nordöstliche Harzvorländer, Vogtland und Harz mit je 0,70. Im Harz ist die Streuung besonders groß. Hier liegt das 25. Perzentil nur bei 0,34, ein Viertel der Waldfläche hat dort also sehr niedrige Werte, während das 75. Perzentil mit 0,87 hoch liegt. Dies spricht dafür, dass die Flächen im Harz sehr uneinheitlich sind, ein Teil ist sehr instabil, es gibt aber auch Flächen, die stabil sind. Im Thüringer Gebirge liegen sogar 75 Prozent der Fläche unter dem Wert 0,74. Am höchsten liegt der Median im Mitteldeutschen Trias-Berg- und Hügelland (0,89), gefolgt von Nordwesthessischem Bergland und Weserbergland (je 0,86) sowie Vogelsberg und Fränkischer Platte (je 0,85). Auch in diesen Gebieten gibt es Flächen mit niedrigen Werten, das 5. Perzentil liegt zwischen 0,24 und 0,50.

[54] Gauer, J. (2005). Waldökologische Naturräume Deutschlands – Forstliche Wuchsgebiete und Wuchsbezirke – Mit Karte 1:1.000.000.

[55] Gauer, J. und Kroiher, F. (Hrsg.) (2012): Waldökologische Naturräume Deutschlands – Forstliche Wuchsgebiete und Wuchsbezirke – Digitale Topographische Grundlagen – Neubearbeitung Stand 2011. Landbauforschung, vTI Agriculture and Forestry Research, Sonderheft 359. Johann Heinrich von Thünen-Institut, Braunschweig. ISSN 0376-0723, ISBN 978-3-86576-085-2.

Stabilitätsindex je Wuchsgebiet

Median (Punkt, Zahl rechts), 25. bis 75. Perzentil (Balken), 5. und 95. Perzentil (Striche), Mittelwert (Raute)

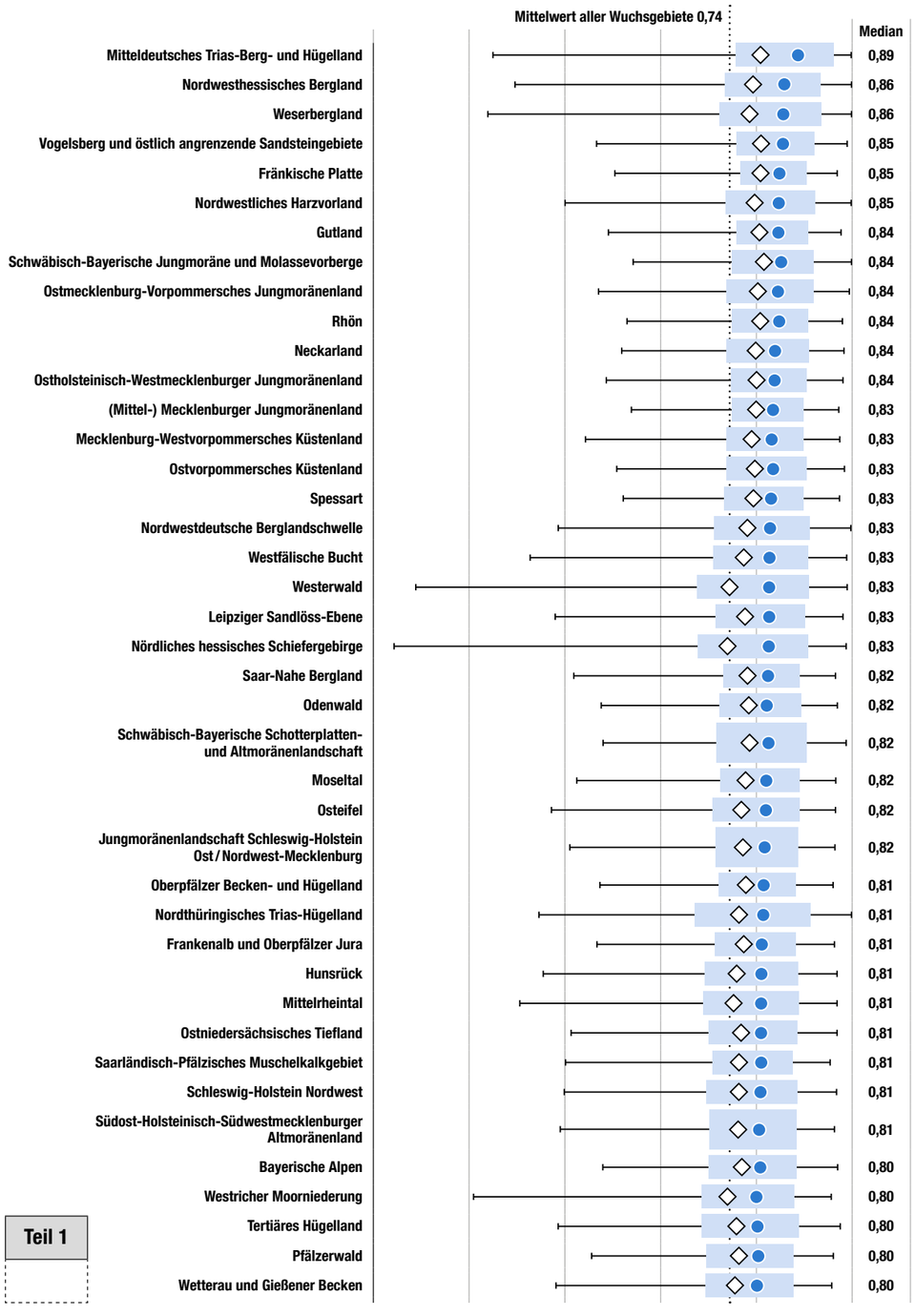
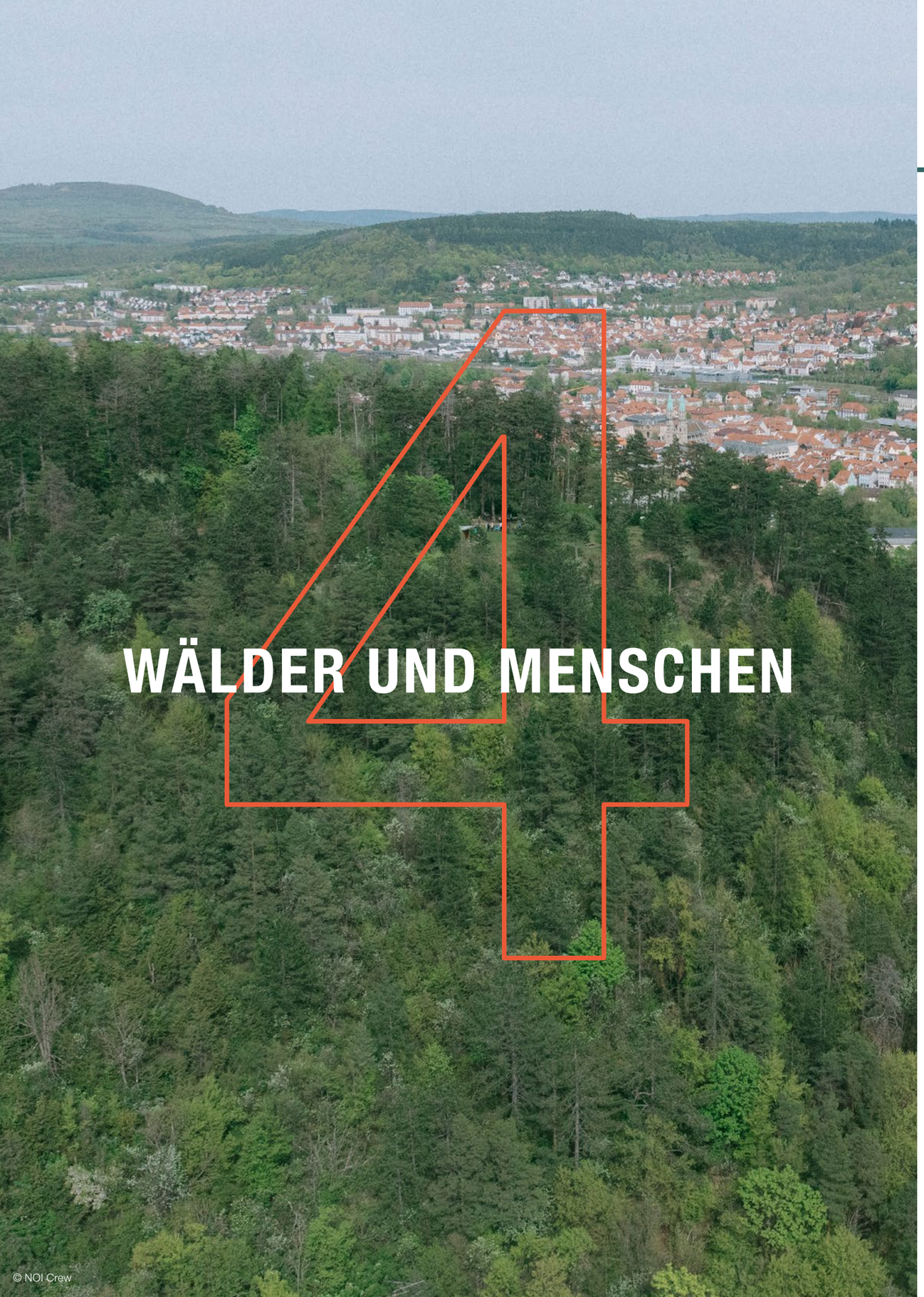


Abbildung 71a *Waldstabilitätsindex nach Wuchsgebieten.*



Abbildung 71b *Waldstabilitätsindex nach Wuchsgebieten.*



© NOI Crew

4. Wälder und Menschen – sozialökologische Systeme

Es ist in der Einleitung bereits darauf hingewiesen worden, dass Wälder nicht einfach forstliche Flächen darstellen, auf denen Waldeigentümer:innen als unterschiedlich organisierte Betriebe Holz für den Markt und die Gesellschaft produzieren. Vielmehr sind sie komplexe sozialökologische Systeme. Die Waldeigentümer:innen haben zwar einen überaus prägenden Einfluss auf die Entwicklung der Wälder, müssen aber im Rahmen geltender Gesetze handeln und verfügen auch nicht über alle Komponenten des Ökosystems als ihr Eigentum (s. o.; u. a. sind wildlebende Tiere gemäß Gesetz „herrenlose Geschöpfe“). Im Zusammenhang mit der im Grundgesetz festgeschriebenen Sozialpflichtigkeit des Eigentums (Art. 14(2) GG: „Eigentum verpflichtet. Sein Gebrauch soll zugleich dem Wohle der Allgemeinheit dienen.“) ist relevant, dass Wälder erhebliche Beiträge zum Gemeinwohl leisten. Das Gemeinwohl bezieht sich etwa auf konkrete Aspekte etwa der Gesundheit, Sicherheit oder Bildung der Bevölkerung und bildet eine konzeptionelle Grundlage z. B. für Stadtentwicklung oder Landesplanung und insbesondere auch Klima-, Natur- und Umweltschutz.

Aus den entsprechenden Rechtsauffassungen wurden frühzeitig sogenannte „Waldfunktionen“ abgeleitet, die in den Waldgesetzen reflektiert werden: Schutz, Nutzung und Erholung. Diese Einteilung erweist sich inzwischen als sachlich veraltet, da im internationalen Diskurs spätestens seit dem Millennium Ecosystem Assessment der Vereinten Nationen zu Beginn des Jahrhunderts von Ökosystemleistungen gesprochen wird – und zwar als versorgende, regulierende und kulturelle. Die Ökosystemleistungen sind vom Menschen bewusst oder unbewusst genutzte Ökosystemfunktionen, die sich aus Interaktionen in Ökosystemen und resultierenden Prozessen ergeben.

Die Ökosystemleistungen beschreiben detailliert, wie das Wohlergehen von Menschen von der Existenz und dem Funktionieren von Ökosystemen abhängt, indem diese unter anderem Nahrung oder Baustoffe bereitstellen, aber auch vor Katastrophen wie Überflutungen schützen, das lokale, regionale und globale Klima puffern und günstig beeinflussen oder für die Verfügbarkeit von Wasser sorgen. In der Klimakrise hat die Aufmerksamkeit für die vermeintlichen „Gratisleistungen“ der Natur zugenommen, die als regulierende Ökosystemleistungen wie Kohlenstoffbindung und -speicherung, aber auch Kühlung und Befeuchtung der Landschaft für die Menschen existenziell wichtig sind.

Die in diesem Bericht vorgelegten Daten zur Vitalität und auch zu den ökologischen Werten der Wälder (vgl. Kapitel 3.1–3.5) zeigen, dass die verschiedenen Eigentumsformen durchaus große Relevanz für den Zustand der Wälder – und damit auch ihrer Ökosystemleistungen – haben. Dies verdeutlicht die Komplexität der sozialökologischen Systeme. Menschen hängen von der Funktionstüchtigkeit der Ökosysteme ab, die sie aber durch vielfältige Wirkungen wie Zerstörung, Degradation, Zerschneidung oder Verschmutzung beeinträchtigen. Diejenigen Menschen, die die Funktionalität der Waldökosysteme beeinträchtigen, sind häufig andere als jene, die auf Ökosystemleistungen für ihre Gesundheit und Sicherheit angewiesen sind und unter der Degradation leiden. Die Wald- und Naturschutzgesetzgebung in Deutschland reflektiert diese Zusammenhänge bislang nur ungenügend.

Ein wichtiges Konzept in diesem Zusammenhang ist die **Waldgerechtigkeit**, das beschreibt, ob die Menschen, die kein Waldeigentum haben, einen angemessenen Zugang zu den Wäldern und ihren Ökosystemleistungen haben. Im Rahmen der Governance ist außerdem wichtig, ob die Möglichkeit der Mitbestimmung über den Umgang mit Wäldern der Bedeutung für das konkrete Wohlergehen der Bevölkerung entspricht. Grundsätzlich ist für einen Interessenausgleich zwischen Waldeigentümer:innen und dem Rest der Bevölkerung zu sorgen.

Eine Wertschätzung von Wäldern als sozialökologische Systeme bedeutet deshalb auch eine angemessen ganzheitliche und abwägende Analyse der Beeinflussung des menschlichen Wohlergehens durch Wälder und Waldnutzung. Es geht zudem um die Bedeutung der Wälder für andere Wirtschaftssektoren, die zum Beispiel von einer ausgeglichenen Wasserrückhaltung und -spende oder Pufferung von Witterungsextremen durch die Wälder abhängen.

4.1 Ökosystemleistungen und die Nähe der Menschen zum Wald

Es gibt Ökosystemleistungen des Waldes, die den Menschen unabhängig vom Wohnort beziehungsweise auch in großer Entfernung von diesem zur Verfügung stehen. Dies ist etwa bei versorgenden Leistungen wie der Holzproduktion gegeben, wobei der Rohstoff transportiert und global gehandelt werden kann. Hierzu zählen auch einige regulierende Leistungen wie vor allem die Bindung und Speicherung von Kohlenstoff mit dem

entsprechenden Beitrag zum globalen Klimaschutz. In diesem Falle ist es zumindest theoretisch möglich, die Leistungen auch auf einem globalen Markt zu handeln. Allemal liegt es nahe, dass etwa auf nationaler Ebene anerkannt wird, wenn Wald so bewirtschaftet wird, dass diese Ökosystemleistung erbracht wird und damit der Staat seine internationalen Klimaziele besser erreichen kann.

In anderen Fällen sind die Erbringung der Leistungen und das Nutznießen geografisch voneinander entfernt, aber in einem gewissen naturräumlichen Zusammenhang verkoppelt. Typischerweise profitieren etwa Einwohner:innen in Flusstälern von der Wasserrückhaltungswirkung in bewaldeten Wassereinzugsgebieten. Waldgebiete regulieren den Oberflächenabfluss und die Wasserspende. Diese Interaktionen werden in der Klimakrise immer relevanter. Im Jahr 2026 wurden Wassermangel und tiefe Wasserpegel in Seen und Flüssen sehr augenscheinlich. In Zukunft muss auch in Deutschland der Fokus stärker darauf liegen, wie sich die Waldbewirtschaftung auf den Landschaftswasserhaushalt und die Wasserqualität auswirkt. Wald ist in diesem Zusammenhang als wichtige „naturbasierte Lösung“ zu verstehen.[56]

Tragischerweise waren viele Waldgebiete in Einzugsgebieten von Talsperren etwa in Nordrhein-Westfalen oder im Harz von Nadelbaummonokulturen geprägt, die sich in den vergangenen Jahren in waldarme oder gar waldlose Kalamitätsflächen verwandelt haben. In deutschen Trinkwasserschutzgebieten hat das durch Dürren verursachte Absterben der Bäume die Nitratkonzentration im Grundwasser verdoppelt und damit gezeigt, dass Klimaschwankungen die Schutzfunktion bewaldeter Einzugsgebiete beeinträchtigen können.[57]

Der Zusammenhang zwischen Entwaldung in Mittelgebirgen und Überschwemmungen in Flusstälern ist in Deutschland seit dem Mittelalter bekannt[58,59]. Von Fachzeitschriften begutachtete hydrologische Forschungsarbeiten aus ganz Mitteleuropa belegen, dass Waldschäden, Windbruch und Entwaldung die lokale Abflussgeschwindigkeit erhöhen und Hochwasser kleiner bis mittlerer Stärke verstärken.[60] Es gibt jedoch auch Belege dafür, dass bei katastrophalen, großräumigen meteorologischen Extremsituationen extreme Niederschläge und Bodensättigung die Pufferwirkung der Vegetation außer Kraft setzen[61,62].

Der Waldverlust infolge schwerer Stürme und Insektenbefall in mitteleuropäischen Einzugsgebieten wirkt sich unmittelbar auf die lokale Abflussdynamik aus. In der slowakischen Niederen Tatra führte die durch Windwurf verursachte Entwaldung zu einem signifikanten Anstieg extremer Abflussmengen, wobei Hochwassermodelle bei kombinierten Veränderungen der Landnutzung und des Klimas einen Anstieg zwischen 59 Prozent und 172 Prozent für 100-jährige Hochwasserereignisse prognostizierten.[63]

Auf lokaler Ebene kann eine höhere Waldbedeckung die Verfügbarkeit von blauem Wasser während Trockenperioden beschränken, da erwachsene Bäume eine anhaltende Transpiration aufrechterhalten und einen erheblichen Teil der Niederschläge. Auf regionaler bis kontinentaler Ebene spielt die großflächige Waldbedeckung allerdings eine gegensätzliche Rolle, indem sie als terrestrischer Feuchtigkeitspuffer wirkt[64,65]. Da Wälder über ein tiefes Wurzelsystem verfügen, können sie auch während extremer Hitzewellen, wenn Pflanzen mit flacherem Wurzelsystem austrocknen, eine konstante Verdunstung aufrechterhalten. Diese anhaltende latente Wärmestrahlung bereichert die kontinentalen Feuchtigkeitskorridore und löst Niederschläge in Windrichtung aus.[66]

Ein simuliertes Szenario mit einer 20-prozentigen kontinentalen Wiederaufforstung zeigt, dass die Sommerregenfälle lokal nur geringfügig zunehmen, die Sommerregenfälle in Windrichtung jedoch im Durchschnitt um 7,6 Prozent steigen.[67] Somit generiert Waldbedeckung einen ökohydrologischen Trade-off: Sie intensiviert potenziell lokale hydrologische Dürren, während sie gleichzeitig das atmosphärische Austrocknen in Binnenlandgebieten puffert.

Die Untersuchungen zum Zusammenhang zwischen der Grünheit der Vegetation, der Oberflächentemperatur und den Niederschlägen in Deutschland (vgl. ECONICS-Grün-Feucht-Kühl-Index) bestätigen eindeutig Befunde aus verschiedenen Regionen, dass Wald- und Vegetationsarmut in der Klimakrise Hitze und Dürre verstärken[68,69].

Neben den auf Landschaftsebene wirkenden Ökosystemleistungen sind für Menschen die lokalen Wirkungen ebenfalls überaus relevant, wenn sie sich mehr oder weniger im Wald aufhalten können. Es gibt eine sehr umfangreiche wissenschaftliche Evidenz, die zeigt, dass Waldbesuche positiv auf die physische und psychische Gesundheit wirken[70,71,72] („Gesundheitsökosystemleistungen“[73]); sie fördern die Erholung und wirken inspirierend und erholungsfördernd (kulturelle Ökosystemleistungen[74,75]).

Theoretisch kostenlos zur Verfügung stehende Wald-Gesundheitsökosystemleistungen dürften durch die Prävention und Linderung von diversen Leiden einen erheblichen ökonomischen Wert haben und benötigen gerade aktuell angesichts der Klimakrise sowie allgemein zunehmender Stressoren eine deutlich größere Aufmerksamkeit[76,77]. Die Covid19-Pandemie hat besonders deutlich vor Augen geführt, welche Bedeutung Waldbesuche in medizinischen Krisenzeiten haben können.[78]

Vor diesem Hintergrund ist bedeutsam zu erfassen, wie viele Menschen in Deutschland im oder am Wald leben. Geostatistische Analysen haben nun unter Berücksichtigung der aktuellen Waldbedeckung von 2025 erstmals ergeben, dass ca. 3,5 Millionen Menschen in weitestens 100 Meter Entfernung vom Wald leben (Tabelle 10; Abbildung 72). Der höchste Anteil wird mit 858.000 Menschen in Nordrhein-Westfalen erreicht. Selbst in der Metropole Berlin leben ca. 327.000 Menschen im Kontakt zu Wäldern, Forsten oder waldartigen Beständen.

Werden auch Menschen gezählt, die in 500 oder 1000 Meter Entfernung von Wäldern oder Forsten leben, werden bedeutende Anteile der Bevölkerung erfasst: bis über 70 Prozent im Saarland und über 60 Prozent in Brandenburg (Abbildung 72). Die starke Fragmentierung der Wälder in Deutschland bringt zumindest für viele Menschen den Vorteil mit sich, dass sie zumindest mehr oder weniger kleine Waldinseln oder Gehölze schnell erreichen können. Über die Qualität des (potenziellen) Walderlebnisses und die Zahl der tatsächlichen Waldbesuche, die ja jeweils auch vom Zustand der Waldfragmente abhängt, sagt die Zahl der Menschen in Waldnähe nichts aus.

Die Ergebnisse verdeutlichen allerdings auch, dass der Zugang zu lokalen Wäldern und ihren Ökosystemleistungen in Deutschland ungleich verteilt ist. Vor allem in Bremen, Sachsen-Anhalt, Berlin und Schleswig-Holstein sind für die meisten Menschen Waldflächen nicht unmittelbar erreichbar. Ein wichtiger sozialökologischer Befund der Auswertung ist außerdem, dass es deutlich mehr Menschen gibt, die im oder in unmittelbarer Nähe von Wald wohnen als Waldeigentümer:innen. In vielen Fällen sind die den Menschen nahe gelegenen Wälder in privater Hand (Abbildung 73). Dies sollte auch Implikationen für die Bewirtschaftung der entsprechenden Waldflächen haben.

[56] Herath, P., B. Croke, R. Prinsley, J. Vaze, and C. Pollino. 2025. „A Systematic Review of Forest Cover for Catchment-Scale Flood Mitigation: A Nature-Based Solution.“ Journal of Flood Risk Management 18, no. 3: e70125. https://doi.org/10.1111/jfr3.70125.

[57] Winter, C., Müller, S., Kattenborn, T., Stahl, K., Szillat, K., Weiler, M., & Schnabel, F. (2024). Forest dieback in drinking water protection areas – a hidden threat to water quality. bioRxiv. https://www.researchgate.net/publication/391049109_Forest_Dieback_in_Drinking_Water_Protection_Areas-A_Hidden_Threat_to_Water_Quality.

[58] Reinhardt-Imjela, C., Imjela, R., Bölscher, J., & Schulte, A. (2017). The impact of late medieval deforestation and 20th century forest decline on extreme flood magnitudes in the Ore Mountains (Southeastern Germany). Quaternary International, 475, 42–53.

[59] Schröter, K., Kunz, M., Elmer, F., Mühr, B., & Merz, B. (2015). What made the June 2013 flood in Germany an exceptional event? A hydro-meteorological evaluation. Hydrology and Earth System Sciences, 19(1), 309–327. https://doi.org/10.5194/hess-19-309-2015.

[60] Rajwa-Kuligiewicz, A., & Bojarczuk, A. (2024). Streamflow response to catastrophic windthrow and forest recovery in subalpine spruce forest. Journal of Hydrology.

[61] Markart, G., Teich, M., Scheidl, C., & Kohl, B. (2021). Flood Protection by Forests in Alpine Watersheds: Lessons Learned from Austrian Case Studies.

[62] Bíba, M., Jiřík, J., & Vančura, K. (2018). Forestry, mountain catchments and floods in the Czech Republic. Journal of forest science, 50, 538–541.

[63] Danáčová, M., Földes, G., Labat, M., Kohnová, S., & Hlavčová, K. (2020). Estimating the Effect of Deforestation on Runoff in Small Mountainous Basins in Slovakia. Water.

[64] Ellison, D., Futter, M., & Bishop, K. (2012). On the forest cover–water yield debate: from demand- to supply-side thinking. Global Change Biology, 18, 806–820.

[65] Pranindita, A., Wang-Erlandsson, L., Fetzer, I., & Teuling, A. (2021). Moisture recycling and the potential role of forests as moisture source during European heatwaves. Climate Dynamics, 58, 609–624.

[66] Meier, R., Schwaab, J., Seneviratne, S., Sprenger, M., Lewis, E., & Davin, E. (2021). Empirical estimate of forestation-induced precipitation changes in Europe. Nature Geoscience, 14, 473–478.

[67] Meier, R., Schwaab, J., Seneviratne, S., Sprenger, M., Lewis, E., & Davin, E. (2021). Empirical estimate of forestation-induced precipitation changes in Europe. Nature Geoscience, 14, 473–478

[68] Adhikari, Y., Ibisch, P. L., Wohlleben, P., Schneider, A., & Johnson, D. (2026). Working landscapes under climate change need to be green, moist, and cool—A case study of Germany. Ecological Solutions and Evidence, 7(2), e70270.

[69] Adhikari, Y., Engelhardt, I. M., & Ibisch, P. L. Quantifying priorities for restoration and conservation of natural infrastructure. Preprint. Available at SSRN 7459732.

[70] Cheng, X.-Q., Liu, J., Liu, H.-W., & Lu, S. (2021). A systematic review of evidence of additional health benefits from forest exposure. Landscape and Urban Planning, 212, 104123.

[71] Shim, S., Chang, J., Lee, J., Byeon, W., Lee, J., & Lee, K. J. (2022). Perspectives on the Psychological and Physiological Effects of Forest Therapy: A Systematic Review with a Meta-Analysis and Meta-Regression. Forests.

[72] Bandyopadhyay, A., Shah, S., & Roviello, G. (2026). Forest Bathing (Shinrin-yoku) and Preventive Medicine: Immune Modulation, Stress Regulation, Neurocognitive Resilience, and Neurological Health. Medical Sciences, 14.

[73] Wohlleben, P., & Ibisch, P. L. (2023). Waldwissen: Vom Wald her die Welt verstehen. Ludwig.

[74] Yu, C.-P., & Hsieh, H. (2020). Beyond restorative benefits: Evaluating the effect of forest therapy on creativity. Urban Forestry & Urban Greening, 51, 126670.

[75] Holzman, D., Meletaki, V., Bobrow, I., Weinberger, A., Jivraj, R. F., Green, A., & Chatterjee, A. (2025). Natural Beauty and Human Potential: Examining Aesthetic, Creative, Cognitive and Emotional States in Natural, Biophilic, and Control Environments. Journal of Environmental Psychology.

[76] Canaletti, E., Lun, P., Stutzman, L. D., Chan, M., & Cheung, F. (2025). Rising Tide of Stress: Global Trends and Structural Predictors over 18 Years. Wellbeing, Space and Society.

[77] Piao, X., Xie, J., & Managi, S. (2024). Continuous worsening of population emotional stress globally: universality and variations. BMC Public Health, 24.

[78] Derks, J., Winkel, G., Strieck, J., & De Vreese, R. (2023). Visitor frequencies and attitudes towards urban forests and their management, before and during the COVID-19 lockdown. A mixed methods case study in Bonn, Germany. Ecosystems and People, 19.

Bevölkerung in Deutschland und ihre räumliche Nähe zum Wald

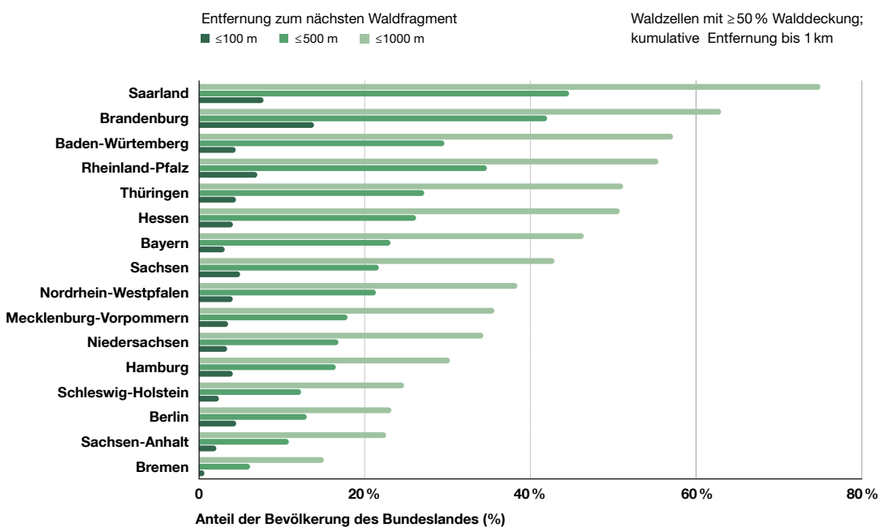


Abbildung 72 *Bevölkerung in Deutschland und ihre räumliche Nähe zum Wald.*

Eigentumsstruktur der Wälder im Umkreis von 1 km von besiedelten Gebieten

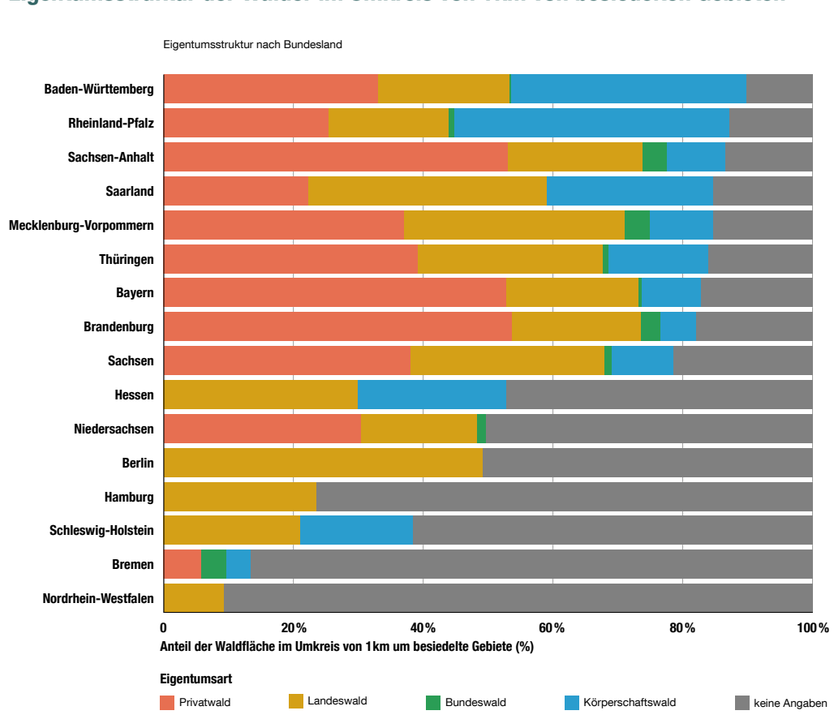


Abbildung 73 *Eigentumsstruktur der Wälder im Umkreis von 1 km von besiedelten Gebieten (2025).*

Tabelle 10 *Bevölkerung und Waldfläche in den deutschen Bundesländern.*[79]

Bundesland	Bevölkerung (2021)	Waldfläche 2025 (ha)	Einwohner:innen pro Hektar Waldfläche	Bevölkerung in 100 m Rasterzellen mit Waldüberlappung
Bremen	685.973	4.351,03	157,66	43.204
Hamburg	1.830.805	13.908,41	131,63	198.205
Berlin	3.537.272	27.754,01	127,45	327.752
Nordrhein-Westfalen	17.761.112	834.259,13	21,29	858.037
Schleswig-Holstein	2.824.352	195.710,10	14,43	130.653
Saarland	1.007.884	97.436,72	10,34	32.789
Baden-Württemberg	10.911.666	1.374.836,91	7,94	241.055
Hessen	6.130.577	835.356,56	7,34	151.088
Sachsen	3.995.135	548.806,18	7,28	238.550
Niedersachsen	7.892.241	1.109.045,94	7,12	364.536
Bayern	12.873.966	2.417.430,22	5,33	263.493
Rheinland-Pfalz	4.052.543	818.191,51	4,95	136.486
Sachsen-Anhalt	2.135.775	434.992,68	4,91	85.432
Thüringen	2.098.770	492.850,69	4,26	74.318
Mecklenburg-Vorpommern	1.557.560	528.962,29	2,94	58.768
Brandenburg	2.510.825	1.107.566,97	2,27	290.671

4.2 Komplexe Zusammenhänge: Der Wärmehaushalt der Wälder, ihre Nutzung und Kühlung als regulierende Ökosystemleistung

Die schlechte, stagnierende oder abnehmende Vitalität vieler Wälder ist mit dem Klimawandel in Verbindung zu bringen. Hitze und von ihr beförderte Trockenheit schädigt die Waldgesundheit, ist aber auch für Menschen gefährlich. Insofern dürfte ein großes Interesse daran bestehen, dass Wälder möglichst kühl und feucht bleiben und dann mit kühlenden Ökosystemleistungen allgemein zum menschlichen Wohlergehen beziehungsweise spezifisch zum Gesundheitsschutz beitragen. Dabei ergibt sich u. a. die Frage, ob die Waldbewirtschaftung Einfluss auf die Kühlungsfunktion nimmt. Entsprechende Hinweise aus der wissenschaftlichen Forschung gibt es schon länger[80,81,82].

An warmen und vor allem heißen Tagen kühlen Wälder die Landschaft. Dies hat zum einen damit zu tun, dass sie Strahlungsenergie aufnehmen und umwandeln können. Die Strahlungsenergie wird zum Teil in Fotosyntheseprodukte und Biomasse verwandelt, führt aber auch zur Erwärmung des Ökosystems. Je mehr thermische Masse das System enthält – vor allem wasserhaltige Biomasse und auch Wasser in Gewässern oder Mooren –, desto stärker ist der Effekt der Wärmepufferung. Zum anderen erfolgt eine besonders effektive Kühlung durch die Verdunstung von Wasser, also im Rahmen der Transpiration der Pflanzen.

Die mikroklimatische Pufferung und Kühlung kann vor Ort im Wald mit entsprechenden Geräten gemessen werden. Satellitenbilder erlauben auf Grundlage der Strahlungsreflexion im Infrarotbereich die Erfassung

[79] Batista, F., Freire, S., & Pigaiani, C. (2024). JRC-ESTAT Census Population Grid 2021 (Version f540f703954c4e89a98ec2486baa9010) [Dataset]. European Commission, Joint Research Centre. https://doi.org/10.2905/JRC.VP18KXG

[80] Blumröder, J. S., May, F., Härdtle, W., & Ibisch, P. L. (2021). Forestry contributed to warming of forest ecosystems in northern Germany during the extreme summers of 2018 and 2019. Ecological Solutions and Evidence, 2(3), e12087.

[81] Gohr, C., Blumröder, J. S., Sheil, D., & Ibisch, P. L. (2021). Quantifying the mitigation of temperature extremes by forests and wetlands in a temperate landscape. Ecological Informatics, 66, 101442.

[82] Mann, D., Gohr, C., Blumröder, J. S., & Ibisch, P. L. (2023). Does fragmentation contribute to the forest crisis in Germany?. Frontiers in Forests and Global Change, 6, 1099460.

der Oberflächentemperatur und damit der Kühlungswirkung auf Landschaftsebene. Die entsprechenden Daten beziehen sich auf die Mittagszeit und nur die Tage mit Satellitenüberflug.

Abbildung 75 zeigt die durchschnittlichen Oberflächentemperaturen der Waldflächen an heißen Tagen – also an solchen, an denen in zumindest einem 30 x 30-Meter-Pixel in Deutschland 30 °C festgestellt wurden.

Insgesamt waren die Temperaturen der Waldflächen in größerer Höhe, etwa im Voralpenraum, erwartbar niedriger. Vergleichsweise kühle Wälder finden sich in den Mittelgebirgen, aber auch in Nord- bzw. Nordwestdeutschland. Kleinere Waldinseln mit viel Kontakt zum wärmeren Offenland waren deutlich wärmer als größere Waldgebiete.

Bei Betrachtung der heißen Tage im Jahr 2026 waren die Wälder im Vergleich zu anderen Landschaftsökosystemen abgesehen von den Gewässern die kühlsten.

Die Wälder waren im Durchschnitt an heißen Tagen 29,1 °C warm und damit im Vergleich zu den an Wald angrenzenden Nichtwaldflächen mit bis zu einer Distanz von 1 km von den Waldflächen 3,7 °C kühler. Die heißesten Flächen in Deutschland sind in der Regel Industrieflächen, dicht bebaute Siedlungen und Tagebaue, die nicht direkt an Wald angrenzen.

Hier können die Temperaturunterschiede zum Wald deutlich größer ausfallen (bis 10–15 °C)[83]. Die Temperaturunterschiede in der direkten Waldnachbarschaft sind auch deshalb bemerkenswert, da diese Flächen schon zu einem gewissen Grad von der kühlenden Wirkung der Wälder profitieren.

Abbildung 74 zeigt, dass die meisten Waldflächen mittags im Vergleich zu anderen Landnutzungen (ohne Gewässer) an heißen Tagen kühler sind (um 30 °C). Die Waldschadflächen (2017-2025) erwärmen sich teilweise sehr stark, vor allem, wenn die Biomasse geräumt wurde und nur wenig Vegetation nachgewachsen ist. Die Kühlungswirkung kehrt nach einigen Jahren langsam zurück, vor allem wenn sich wieder von Bäumen dominierte Vegetation einstellt. Grasland, Ackerland und vor allem urbane Flächen erwärmen sich viel stärker. Im Falle der Siedlungsflächen erreicht über ein Drittel der Flächen 40 °C oder mehr.

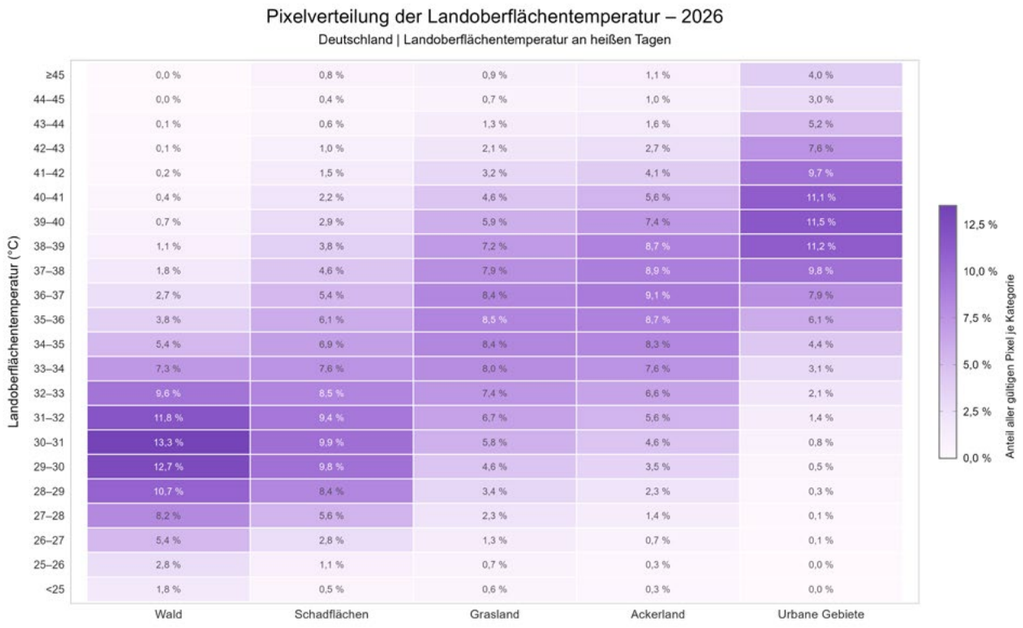


Abbildung 74 *Verteilung von Oberflächentemperaturen 2026 im intakten Wald, auf Schadflächen sowie Grasland, Ackerland und urbanen Flächen im Vergleich.*

[83] Gohr, C., Blumroeder, J., Sheil, D., & Ibisch, P. (2021). Quantifying the mitigation of temperature extremes by forests and wetlands in a temperate landscape. Ecological Informatics, 66, 101442. https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2021.101442.

Waldoberflächentemperaturen an heißen Tagen

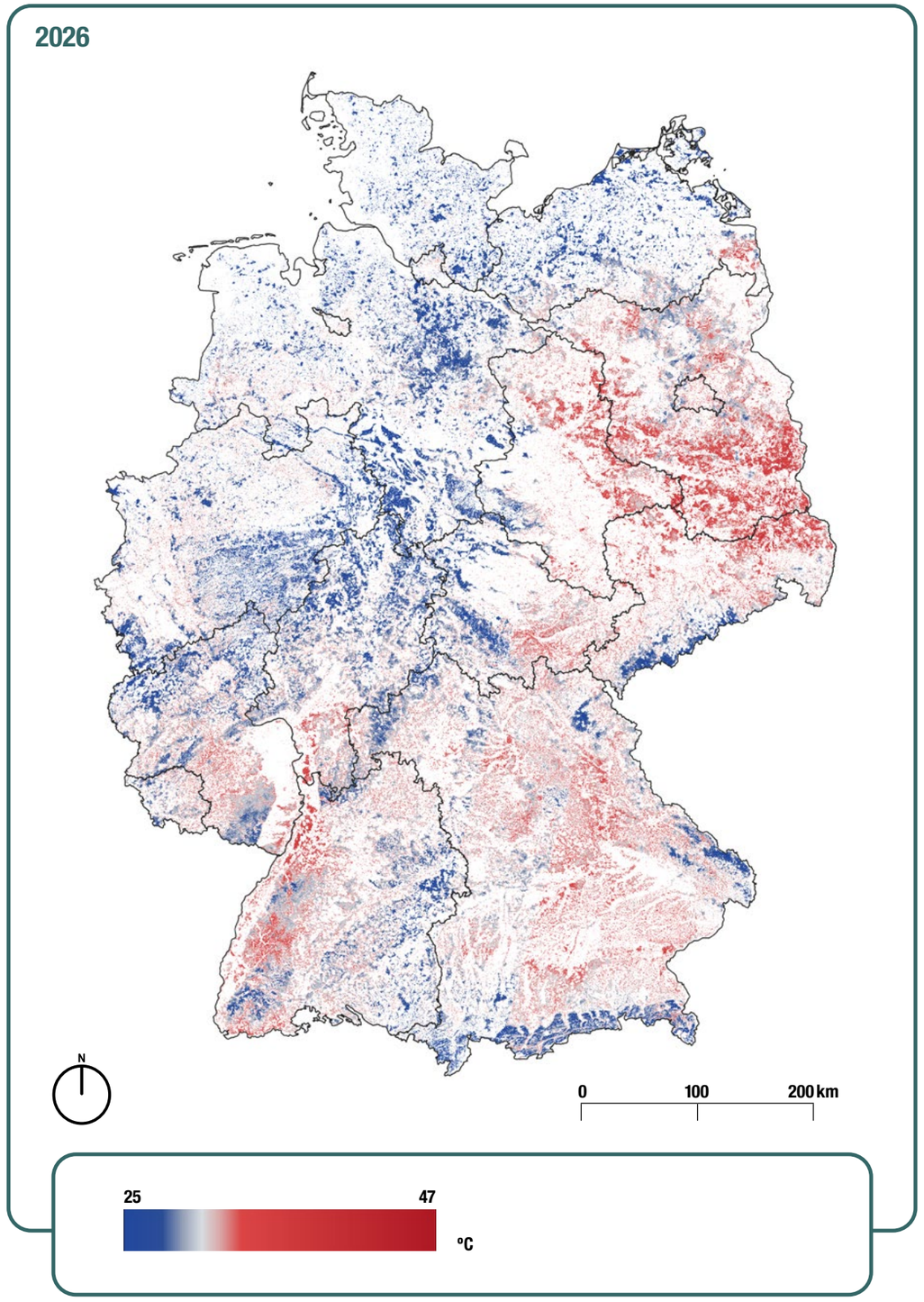


Abbildung 75 *Oberflächentemperaturen der Waldflächen in Deutschland an heißen Tagen im Jahr 2026 (zur Mittagszeit).*

INFO: Intakter, älterer und komplexerer Wald kühlt besser

Die Fähigkeit, sich selbst und die Umgebung zu kühlen, hängt wesentlich von Struktur und Intaktheit der Wälder ab. Dies wurde bereits mit weniger fein aufgelösten Daten gezeigt, aber die Beziehung kann jetzt mit einem deutlich besseren und umfangreicheren Datensatz überprüft werden.

Der Ökologische Kernwert ist ein Maß für die Zerschnittenheit bzw. die Verbundsituation von Waldflächen in der Landschaft. Intuitiv ist zu erwarten, dass größere Waldlandschaften kühler sind als Mosaike aus kleinen Waldinseln und Offenland. Dies bestätigen auch die statistischen Analysen der Waldoberflächentemperaturen der heißen Tage des Jahres 2026 (siehe Abbildung 76). Vor allem wenn Landschaftseinheiten von 5 x 5 km betrachtet werden, gibt es eine sehr klare nicht-lineare Beziehung. In größeren Landschaftsblöcken ist der Effekt weniger deutlich, weil weitere Faktoren Einfluss auf die Waldoberflächentemperatur nehmen (z. B. Vegetationshöhe, Meereshöhe). Der Zusammenhang war bei niedrigen Ökologischen Kernwerten stark ausgeprägt, wobei ein Anstieg von 0,02 auf 0,05 mit einer um etwa 0,60–0,63 °C niedrigeren Oberflächentemperatur einherging ($p < 0{,}001$).

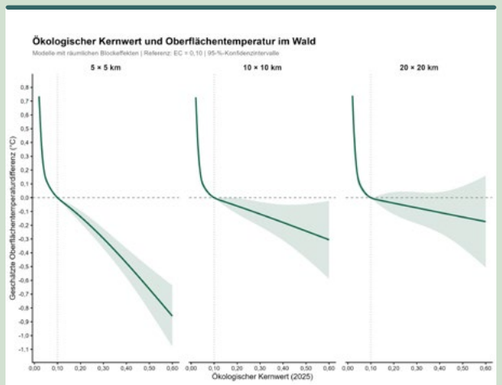


Abbildung 76 *Ökologischer Kernwert und Oberflächentemperatur im Wald. Nicht-lineare Beziehung zwischen dem Ökologischen Kernwert (ÖK) und der Waldoberflächentemperatur an heißen Tagen im Jahr 2026 für jeweils drei räumliche Größen von Landschaftsblöcken (5 × 5 km, 10 × 10 km und 20 × 20 km) in Deutschland. Die durchgezogenen Linien stellen die geschätzten Temperaturunterschiede im Vergleich zu ÖK = 0,10 dar, während die schraffierten Bereiche die 95-Prozent-Konfidenzintervalle anzeigen.*

Höhere Baumkronen in Wäldern bedeuten in der Regel, dass die Wälder älter, reifer und biomassereicher sind, von denen zu erwarten ist, dass sie kühler sind. Sie haben einen größeren Wasserumsatz und eine größere Gesamtblattoberfläche; sie transpirieren mehr und erzeugen mehr Verdunstungskühle. Die Transpirationskühlung funktioniert als biologisch-thermodynamischer Prozess, bei dem sensible Wärme in latente Wärme umgewandelt wird, während flüssiges Wasser durch die Spaltöffnungen der Blätter verdunstet.[84] Gut mit Wasser versorgte Baumkronen können die lokalen Lufttemperaturen in Bodennähe unter sommerlichen Bedingungen um 3,1 °C bis 5,8 °C senken.[85]

Aerodynamisch glattere, offene Vegetationsoberflächen sind aufgrund der eingeschränkten Durchmischung und der weniger effizienten Wärmeabgabe zudem wärmer als höhere Wälder mit einer komplexeren Struktur des Kronenraums (Rauigkeit[86,87]). Höhere, strukturell heterogene Baumbestände erzeugen also durch stärkere Verwirbelung der Luft in vertikaler Richtung, wodurch fühlbare Wärme rasch nach oben, weg von der Kronenoberfläche, transportiert wird.[88]

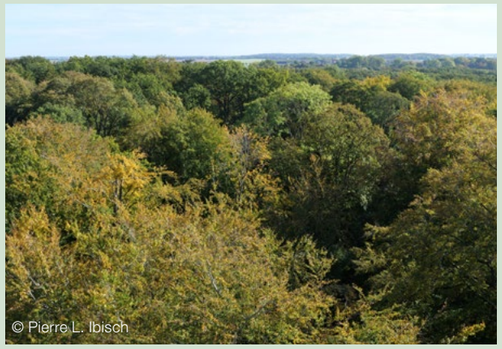


Foto *Kronendach eines Mischwaldes bei Ivenack (Mecklenburg-Vorpommern).*

Tatsächlich ergaben die statistischen Analysen einen negativen Zusammenhang zwischen der Kronendachhöhe der Wälder in Deutschland und der Waldoberflächentemperatur an heißen Tagen im Jahr 2026. Auf nationaler Ebene ging ein Anstieg der Kronendachhöhe um 10 Meter mit einer um etwa 0,65 °C niedrigeren Waldoberflächentemperatur einher. Dieser Zusammenhang war innerhalb von 20 × 20 km großen räumlichen Blöcken stärker ausgeprägt, wo ein Anstieg der Kronendachhöhe um 10 Meter mit einer um etwa 1,03 °C niedrigeren Waldoberflächentemperatur verbunden war ($p < 0{,}001$) (Abbildung 77).

Abbildung 78 zeigt auf Grundlage eines linearen statistischen Modells den Einfluss verschiedener Faktoren auf die Waldoberflächentemperatur. Die Meereshöhe und der Niederschlag wiesen unter diesen Prädiktoren die stärksten negativen Zusammenhänge auf, gefolgt von der Kronenhöhe und vom Ökologischen Kernwert. Diese ersten Ergebnisse bestätigen, dass sich die thermischen Eigenschaften von Wäldern im Wald aus einer Kombination von Umweltfaktoren, Kronenstruktur und den Landschaftsbedingungen ergeben.

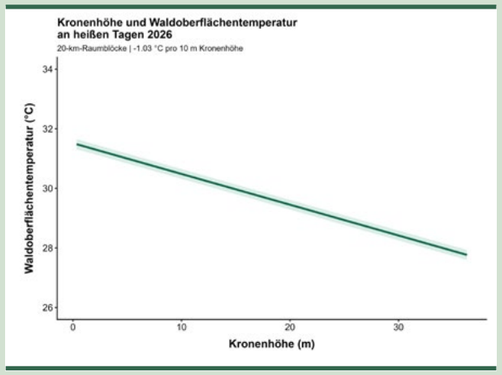


Abbildung 77 *Kronenhöhe und Waldoberflächentemperatur an heißen Tagen 2026. Die Abbildung zeigt den Einfluss verschiedener Faktoren auf die Waldoberflächentemperatur auf Grundlage eines linearen statistischen Modells. Die Meereshöhe und der Niederschlag wiesen unter diesen Prädiktoren die stärksten negativen Zusammenhänge auf, gefolgt von der Kronenhöhe und vom Ökologischen Kernwert. Diese ersten Ergebnisse bestätigen, dass sich die thermischen Eigenschaften von Wäldern aus einer Kombination von Umweltfaktoren, Kronenstruktur und den Landschaftsbedingungen ergeben.*

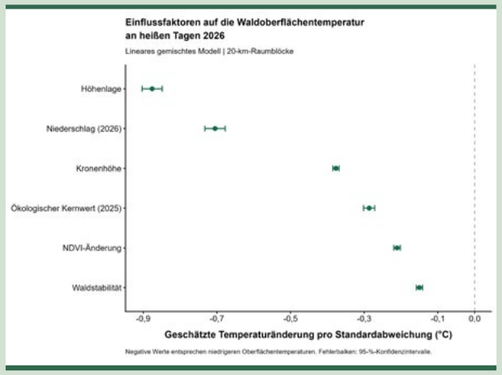


Abbildung 78 *Statistisch geschätzte Temperaturänderungen im Zusammenhang mit verschiedenen Umwelt- und Waldparametern.*

[84] Manickathan, L., Defraeye, T., Allegrini, J., Derome, D., & Carmeliet, J. (2018). Parametric study of the influence of environmental factors and tree properties on the transpirative cooling effect of trees. Agricultural and Forest Meteorology, 248, 259–274. https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2017.10.014.

[85] Meili, N., Manoli, G., Burlando, P., Carmeliet, J., Chow, W. T. L., Coutts, A. M., Roth, M., Velasco, E., Vivoni, E. R., & Fatichi, S. (2021). Tree effects on urban microclimate: Diurnal, seasonal, and climatic temperature differences explained by separating radiation, evapotranspiration, and roughness effects. Urban Forestry & Urban Greening, 58, 126970. https://doi.org/10.1016/j.ufug.2020.126970.

[86] Burakowski, E., Tawfik, A., Ouimette, A., Lepine, L., Novick, K., Ollinger, S., Zarzycki, C., & Bonan, G. (2018). The role of surface roughness, albedo, and Bowen ratio on ecosystem energy balance in the Eastern United States. Agricultural and Forest Meteorology, 249, 367–376. https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2017.11.030.

[87] Lague, M., Bonan, G., & Swann, A. (2019). Separating the Impact of Individual Land Surface Properties on the Terrestrial Surface Energy Budget in both the Coupled and Uncoupled Land–Atmosphere System. Journal of Climate, 32. https://doi.org/10.1175/JCLI-D-18-0812.1.

[88] Vinod, N., Slot, M., McGregor, I., Ordway, E., Smith, M., Taylor, T., Sack, L., Buckley, T., & Anderson-Teixeira, K. (2022). Thermal sensitivity across forest vertical profiles: Patterns, mechanisms, and ecological implications. New Phytologist, 237. https://doi.org/10.1111/nph.18539.

Bei Betrachtung der verschiedenen wichtigsten Baumarten (85 Prozent der Waldfläche) zeigt sich, dass diese unterschiedlich stark kühlen. Dies hat mit spezifischen Baumarteneigenschaften (siehe Abbildung 79) zu tun wie etwa ihren Transpirationsraten, aber auch mit der unterschiedlichen Struktur der jeweiligen Wälder (z. B. Kronendachstruktur, Rauigkeit). Buchen zeigen im Vergleich zum umgebenden Nichtwald eine um 4,7 °C tiefere Temperatur, bei Eichen sind es 4,68 °C. Bei Fichten sind es 4,03 °C und bei Kiefern nur 3,55 °C.

Relative Kühlwirkung von Wäldern und Forsten im Vergleich zur Umgebung nach dominierenden Baumarten

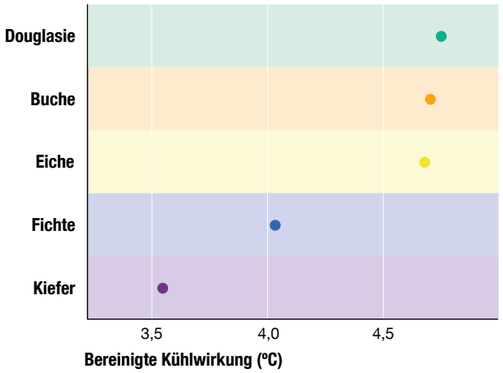


Abbildung 79 *Relative Kühlung der Waldökosysteme gemäß der verschiedenen dominierenden Baumarten (Temperaturabweichung von der Nichtwaldumgebung in bis zu 1 km Entfernung zum Wald).*

Die statistischen Ergebnisse belegen, dass die relative Kühlungswirkung von Wald bei höheren Temperaturen zunehmen: Wenn die Nichtwaldlandschaft in der Umgebung von Wald sich um 1 °C erwärmt, steigt die Temperatur im Wald nur um ca. 0,4 °C. Die Meereshöhe hat ebenfalls einen kleinen Einfluss, aber die Landbedeckung ist besonders wichtig. Auch die geografische Lage ist relevant. Es zeigte sich etwa am Beispiel des Schwarzwalds, dass die Temperaturen an heißen Tagen im Südwesten Deutschlands auch in höheren Lagen recht hoch ausfielen.

4.3. Gefährdung des menschlichen Wohlergehens durch Waldbewirtschaftung

Es liegt nahe, dass Wälder in einem weniger funktionstüchtigen Zustand in geringerem Umfang Ökosystemleistungen bereitstellen und dass Waldverlust oder ausgeprägte Degradation sogar zu Gefahren für Menschen führen können. Es ist also wichtig, entsprechende Risiken für die Bevölkerung regelmäßig abzuschätzen, ein geeignetes Risikomanagement umzusetzen und auf die Bewirtschaftung einzuwirken, damit vermeidbaren Risiken reduziert werden.

Wenngleich Wälder wegen ihrer vielfältigen Ökosystemleistungen von unschätzbarem Wert für Menschen sind, gehen von ihnen unter bestimmten Umständen auch Gefahren aus. Dies gilt lokal vor allem dann, wenn viele Bäume stark geschädigt sind oder absterben. Dann ist vor allem entlang von Wanderwegen sowie im Bereich von Liegeplätzen oder Bänken darauf zu achten, dass Menschen nicht durch eventuell herunterfallende Äste oder umstürzende Bäume zu Schaden kommen. Im Wald sind entsprechende Risiken nie gänzlich auszuschließen, leider wachsen sie in Zeiten von waldgefährdenden Extremereignissen wie Dürren an. Waldbesucher:innen sollten deshalb die Gesundheitssituation von Bäumen im Blick haben und zum Beispiel nicht unter geschwächten Bäumen mit toten Ästen und Zweigen lagern. Das Risiko ist vor allem in Forsten erhöht, in denen Nadelbäume in großer Zahl absterben.

Im Kapitel 4.1 wurde bei der Besprechung der Ökosystemleistungen bereits diskutiert, dass es Evidenz dafür gibt, dass Verfügbarkeit und Qualität vom Zustand des Waldes abhängen. Ebenso verdeutlicht die Analyse der Waldoberflächentemperaturen, dass die Waldbewirtschafter:innen großen Einfluss darauf nehmen können, ob Wälder Mensch und Natur in ihrer Umgebung kühlen oder ob das Ökosystemmanagement zu zusätzlicher Wärmebelastung führt. Einen Sonderfall stellen die Forst- und Waldbrände dar. Großbrandereignisse wie im Hürtgenwald haben auch im Jahr 2026 deutlich gemacht, dass diese substanzielle soziale und volkswirtschaftliche Kosten hervorrufen können.

Einen Sonderfall stellen die **Forst- und Waldbrände** dar. Großbrandereignisse wie im Hürtgenwald haben auch im Jahr 2026 deutlich gemacht, dass diese substanzielle soziale und volkswirtschaftliche Kosten hervorrufen können.

Das Risiko für Waldbrände, die außer Kontrolle geraten, sich ausbreiten und potenziell auch menschliche Siedlungen erfassen können, steigt mit fortschreitendem Klimawandel. Die Gefahr ist in Perioden mit „Feuerwetter“ besonders hoch: Es handelt sich um Phasen, die sich durch lange Trockenheit und hohe Temperaturen auszeichnen. Besonders relevant ist die austrocknende Wirkung sehr warmer Luft, die der Vegetation Wasser entzieht. Hitzetage mit hohen Temperaturen über 30 °C sind besonders kritisch und ihre Zahl hat in den vergangenen Jahren deutlich zugenommen. Hitzetage mit hohen Temperaturen über 30 °C sind besonders kritisch und ihre Zahl hat in den vergangenen Jahren deutlich zugenommen.

Ob es zu gefährlichen Waldbränden kommt, hängt von vielerlei Faktoren ab – nicht zuletzt vom Vorhandensein von Feuer, welches in der Regel von Menschen in den Wald gebracht wird (vorsätzliche oder fahrlässige Brandstiftung z. B. durch Lagerfeuer, Zigaretten). Die Brennbarkeit wird vom Wetter, aber auch vom Gesundheitszustand des Waldes und den vorherrschenden Baumarten bestimmt.

Die meisten Waldbrände entstehen in Nadelbaumforsten. Zwischen 2011 und 2020 gab es hier 65 Prozent[89] der Brände. Kiefern bedeuten typischerweise ein höheres Gefährdungsrisiko, u. a. da sie in wärmeren und niederschlagsärmeren Regionen sowie auf stärker austrocknenden Böden vorkommen. Sie sind in der Regel auch recht licht und entsprechend wärmer. Neben der brennbaren Nadelstreu mit hohem Harz- und Ölgehalt findet sich häufig auch eine im Sommer austrocknende Grasvegetation am Waldboden, die sich leicht entzündet und ein Bodenfeuer bei entsprechenden Windverhältnissen schnell ausbreiten lässt. Allerdings steigt die Gefahr auch in Fichtenforsten durch das vermehrte Absterben von Bäumen sowie vor allem auch auf Schadflächen, die von Bäumen beräumt wurden und auf denen sich Gräser ausbreiten. Eine solche Situation prägte den Bereich des Feuers im nordrhein-westfälischen Hürtgenwald im Jahr 2026.

Abbildung 80 zeigt eine erste Karte des aktuellen Wald- bzw. Forstbrandrisikos in Deutschland. Zu ihrer Erstellung wurden mehrere Parameter in einem Waldbrandrisikoindex integriert, die das Risiko befördern: Brennbarkeit der vorherrschenden Baumarten, Temperaturen und Niederschläge im Vorjahr (Monate Oktober 2025 bis September 2026), starke Fragmentierung mit vielen Randeffekten (Ökologischer Kernwert) sowie Abnahme der Vitalität im Vorjahr (2026).

Tabelle 11 Zeitliche Veränderungen der Waldbedeckung in Deutschland (2017–2025)

Kennwert	2017	2025	Veränderung	Relative Veränderung
Waldfläche (ha)	12.465.955	10.831.571	–1.634.383	–13,32 %
Anzahl der Waldfragmente	3.823.073	3.997.896	+ 174.823	+ 4,57 %
Waldfragmente pro 100 km² Waldfläche	2.819,42	3.690,97	+ 871,55	+ 30,91 %
Durchschnittliche Fragmentgröße (ha)	3,55	2,71	– 0,84	– 23,61 %
Mediane Fragmentgröße (ha)	0,09	0,04	– 0,05	– 55,56 %
Größe des größten Waldfragments (ha)	345.463,08	198.177,29	– 147.285,79	– 42,63 %
Anteil des größten Waldfragments (%)	2,55	1,83	– 0,72 PP	– 28,19 %
Waldranddichte (m / ha Waldfläche)	200,14	203,32	+ 3,18	+ 1,59 %

[89] Gnilke, A., & Sanders, T. G. M. (2021). Forest fire history in Germany (2001–2020). Johann Heinrich von Thünen-Institut. https://doi.org/10.3220/PB1636643380000.

Wald- und Forstbrandrisiko 2027

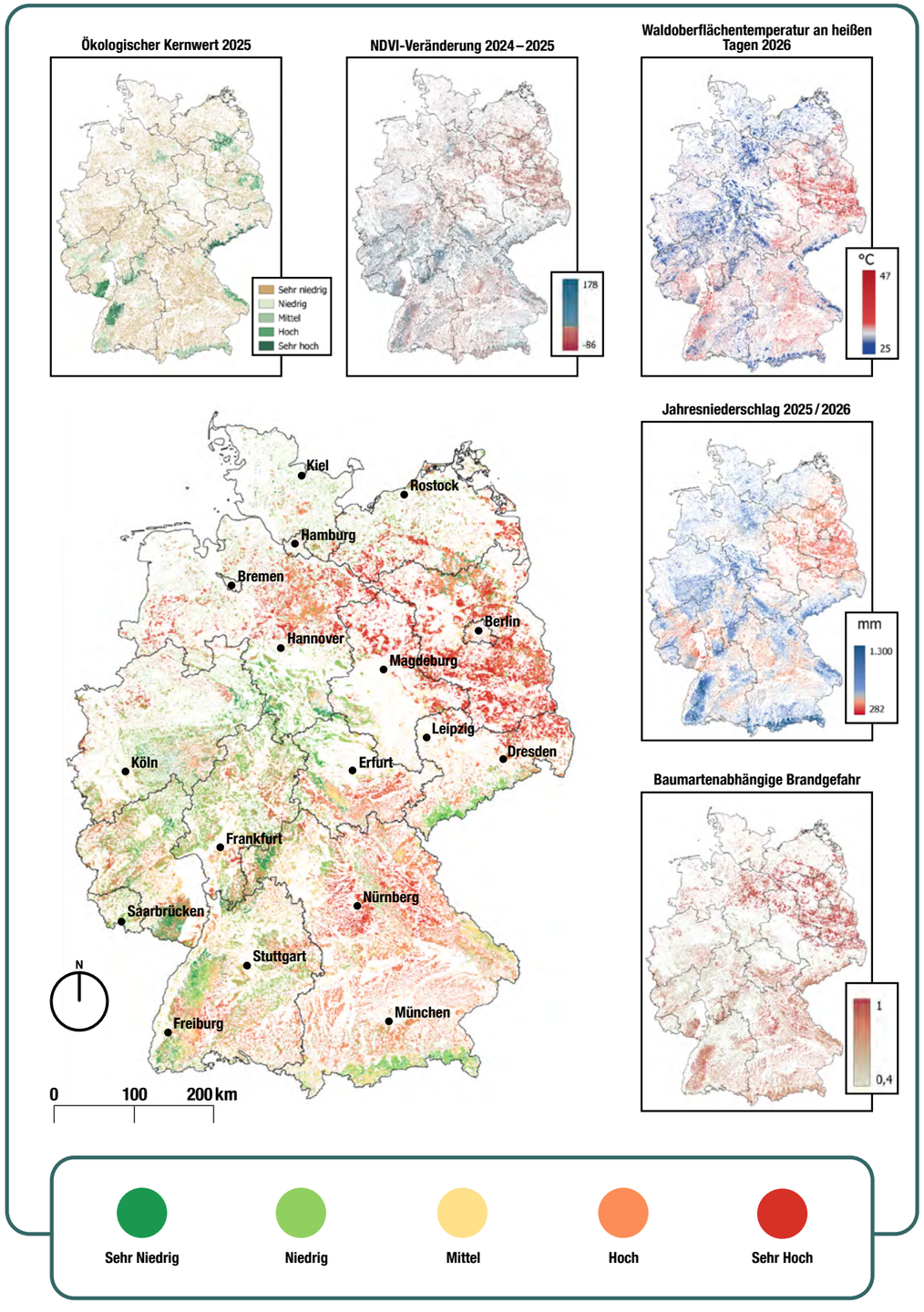


Abbildung 80 *Wald- und Forstbrandrisiko im Jahr 2027 auf der Grundlage wichtiger die Brennbarkeit und Feuerwahrscheinlichkeit beeinflussender Faktoren.*

Der Brandrisikoindex verdeutlicht, dass die Gefahr weiterhin in Nordostdeutschland am höchsten ist, wo sich in der Vergangenheit auch die meisten Wald- und Forstbrände konzentrierten. Durch die zunehmende Schwächung und Fragmentierung von Fichtenforsten breitet sich das Risiko allerdings auch im Westen und Süden weiter aus. Diese Regionen sind im Jahr 2027 zudem deshalb bedroht, da vielerorts im Vorjahr extreme Witterungsbedingungen auftraten, die nicht nur zum Verlust von Wasservorräten in den Ökosystemen führten, sondern auch die Baumvegetation geschwächt haben. Die Entzündlichkeit kann auch im Jahr 2027 noch deutlich erhöht sein, vor allem wenn die Winterniederschläge niedrig ausfallen und im Frühjahr ausgeprägte Hitze- und Trockenperioden auftreten.

Die Regionen mit geringem Wald- und Forstbrandrisiko sind diejenigen, die von Laubwäldern geprägt sind oder die nach dem Absterben von Nadelbäumen in früheren Jahren bereits ein Wiederergrünen mit Sträuchern und Laubbäumen aufweisen.

Abbildung 81 zeigt die Verteilung der Wald- und Forstbrandklassen auf die verschiedenen Bundesländer. Vor allem Brandenburg ist Hochrisikoland (75 Prozent des Waldgebiets mit hohem oder sehr hohem Risiko). Sachsen-Anhalt und Berlin weisen ebenfalls hohe Flächenanteile mit sehr hohem Risiko auf (>50 Prozent). In Hamburg, Schleswig-Holstein, Nordrhein-Westfalen, Hessen, Bremen und Saarland überwiegen Flächen mit geringem und sehr geringem Risiko. Allerdings gibt es in allen Ländern relevante Flächenanteile mit (sehr) hohem Risiko.

Es wird empfohlen das grundsätzliche Wald- und Forstbrandrisiko auf lokaler Ebene zu interpretieren und dabei für eine Priorisierung von Präventionsmaßnahmen die räumliche Nähe von Siedlungen zu gefährdeten Waldbeständen zu berücksichtigen. Wichtig ist auch die Nähe zu Straßen sowie die Art der Landnutzung in der Nachbarschaft des Waldes. In den Hochrisikobereichen ist es besonders relevant, tagesaktuelle Wetterinformationen zu verfolgen und ggf. konkrete präventive Maßnahmen zu ergreifen.

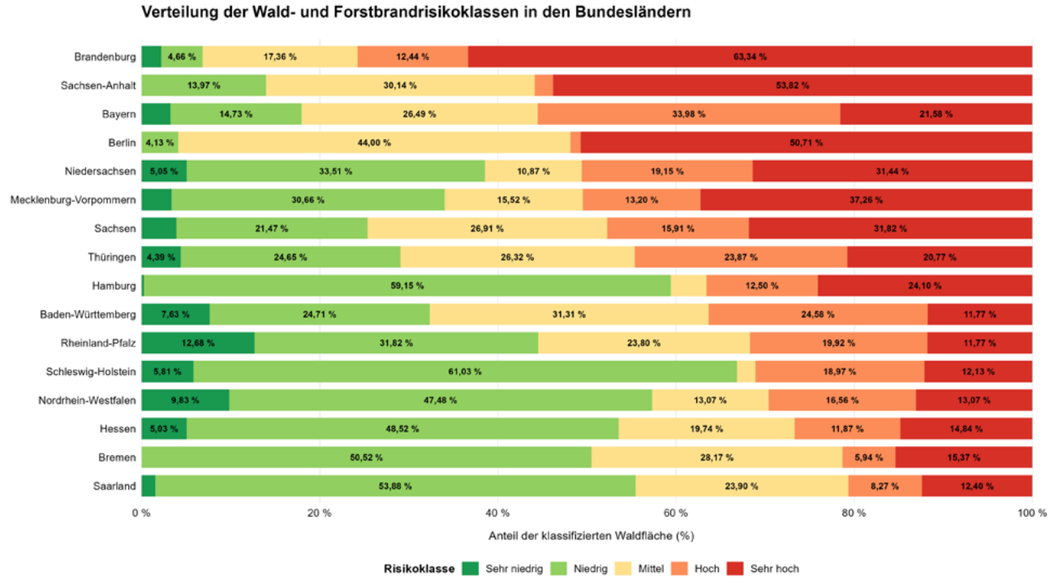


Abbildung 81 *Verteilung der Wald- und Forstbrandrisikoklassen in den Bundesländern.*



© Remote Sensing Solutions

5. Strukturelle und landschafts-ökologische Bewertung des Waldes

Alle Waldflächen in Deutschland sind wertvoll und erfüllen zumindest auf lokaler Ebene wichtige Funktionen und liefern Ökosystemleistungen für die Bevölkerung. Auf allen Ebenen – einschließlich der nationalen und jener der Bundesländer – ist es erforderlich, eine möglichst quantitative Bewertung vorzunehmen, um das Management zu orientieren. Hierbei geht es nicht nur um die Art der notwendigen Entwicklung von Zielgerüsten und Maßnahmen, sondern auch um räumliche und zeitliche Prioritäten. Zudem soll die Bewertung die Basis für ein neuartiges regelmäßiges Waldmonitoring darstellen. Die mit hoher räumlicher Auflösung darstellbaren Veränderungen sollten nicht nur Ausgangspunkt für ein adaptives Waldmanagement sein, sondern können u. a. auch Art und Umfang einer zielorientierten Waldpolitik und Förderung sein.

Die Wertigkeit der Waldökosysteme kann auf Grundlage verschiedener Kriterien betrachtet werden. Während herkömmlich vor allem die Biomasseproduktivität und die Eignung für die Holzernte betrachtet wurden, gilt es angesichts des allgemeinen Zustands, der Entwicklungstrends und des beschleunigten Klimawandels, neuartige Kriterien bzw. Indikatoren in den Blick zu nehmen. Auf Grundlage der hier vorgestellten räumlich expliziten Analyse aller Wälder in Deutschland und unter Berücksichtigung des projizierten Klimawandels schlagen wir vor, einen **Strukturell-landschaftsökologischen Wert des Waldes** zu bestimmen

.

INFO: Strukturell-landschafts-ökologischer Wert des Waldes

Stabilität des Waldes

Angesichts der Verschlechterung vieler Waldbestände und der häufiger auftretenden extremen Witterungsereignisse ist eine relativ hohe Stabilität ein bedeutsamer Wert an sich. Diese Stabilität ist die relativ einfach zu bewertende Folge komplexer Einflussfaktoren wie Standortverhältnisse, Schutz bzw. Nutzungsintensität in Vergangenheit und Gegenwart, Baumartenzusammensetzung. Sie impliziert ein geringeres Risiko abrupter Veränderungen des Waldökosystems, gewährleistet verlässlichere Habitatbedingungen für die in ihnen lebenden Organismen und eine stabile Gewährleistung von Ökosystemfunktionen sowie -leistungen. Eine hohe Stabilität des Waldes bedeutet keine Garantie für eine uneingeschränkte Zukunftsfähigkeit bei jeglicher Klimaentwicklung, ist aber ein Maß für eine einstweilen gegebene Resistenz, die es zu erhalten und zu fördern gilt.

Kronendachhöhe

Die Höhe der Vegetation steht in direktem Zusammenhang mit Alter und Reife des Waldökosystems, einer vergleichsweise schonungsvolleren Nutzung und nachweislich einer Reihe von Ökosystemfunktionen wie Kohlenstoffspeicherung oder Kühlungsleistung. Höhere und ältere Wälder weisen tendenziell auch eine größere Strukturvielfalt (z. B. Rauigkeit) des Kronendachs auf und nutzen einen größeren Anteil der energiereichen Strahlung.

Ökologischer Kernwert

Wälder sind Ökosysteme, die zu relativ großflächigem Vorkommen tendieren und in Abhängigkeit von Ausdehnung und der Verbundsituation ihrer Teilflächen leistungsfähiger und als Habitat wertvoller sind. Relativ große und unzerschnittene Wälder beherbergen eher lebensfähige Populationen von Waldorganismen und sind weniger anfällig für ungünstige Randeffekte aus der Nichtwaldumgebung. Es sind Gebiete, in denen mit höherer Wahrscheinlichkeit viele ökosystemtypische Prozesse der Selbstorganisation und Selbstregulation stattfinden. Hohe Ökologische Kernwerte von Wäldern bedeuten – unabhängig von der aktuellen biologisch-strukturellen Ausstattung – einen Wert an sich, da sie angemessene Flächen für die zukünftige Waldentwicklung darstellen. Selbst wenn eine mehr oder weniger große Waldfläche mit hohem Ökologischen Kernwert aktuell von Nadelbaummonokulturen geprägt ist, bietet sie ein besonderes Potenzial für die zukünftige Waldentwicklung.

Anteil der ökosystemtypischen Baumarten

Das Vorhandensein bzw. das Dominieren autochthoner ökosystemtypischer Baumarten bedeutet einen Wert im Sinne der aktuellen Ökosystemfunktionalität und des weiteren Entwicklungspotenzials. Authochthone

Baumarten bieten geeignete Habitate für die abhängigen Organismen und gewährleisten die Integrität des ökosystemaren Gefüges mit den ökosystemtypischen Interaktionen. Insbesondere im Falle von gepflanzten Nadelbaummonokulturen ist selbst beim Einsatz von autochthonen Baumarten davon auszugehen, dass die ökosystemare Ausstattung und die typischen Funktionen mehr oder weniger stark reduziert wurden (z. B. Bodenveränderungen, verarmte Flora, Funga, Fauna, strukturarme Altersklassenbestände etc.). Die Baumartenzusammensetzung wird üblicherweise auf Grundlage ihrer „Naturnähe“ oder „Naturferne“ betrachtet. Diese Konzepte basieren oftmals auf Konstrukten wie der Potenziellen Natürlichen Vegetation (PNV), die auf Grundlage von verschiedenen Annahmen postuliert und zum Teil „baumartenscharf“ beschrieben wird. Die aktuellen Ideen einer stets gegebenen ergebnisoffenen Entwicklung von Ökosystemen bedeuten, dass die PNV nicht geeignet ist, Ziele der Waldentwicklung zu definieren. Allein wegen des Klimawandels kann die PNV nicht als statisches Leitbild oder „Zielbestandstyp“ genutzt werden kann. Die Veränderung von Arealen und der Vitalität diverser Baumarten, die aus Europa, aber auch von anderen Kontinenten stammen und zum Teil invasiv sind (z. B. Roteiche, Götterbaum), wird bereits beobachtet. Es empfiehlt sich deshalb, zukünftig bei der Bewertung von Baumarten deren Ökosystemfreundlichkeit zu betrachten.[90] Im Bewusstsein der voranstehenden Ausführungen wurden hier ökosystemtypische Baumarten wie folgt identifiziert und bewertet: Die Baumartenkarte wurde mit der Karte der Potenziell Natürlichen Vegetation verschnitten und in drei Kategorien eingeteilt. Ökosystemtypische Hauptbaumarten, ökosystemtypische Nebenbaumarten und ökosystemuntypische Baumarten.

Die Integration dieser Parameter erlaubt die Identifikation der wertvollsten Waldgebiete und zeigt außerdem das Potenzial bzw. die Notwendigkeit der Entwicklung und Förderung der Waldgebiete. Im Falle der wertvollsten Waldgebiete muss es darum gehen, ihre Wertigkeit zu bewahren. In den anderen Gebieten besteht die Aufgabe, sie zur Förderung einer bestmöglichen Stabilität und Entwicklungsfähigkeit sowie zur Sicherung von wichtigen Ökosystemleistungen zu verbessern.

Der Strukturell-landschaftsökologische Wert (SLÖ-Wert) wurde in zwei Varianten berechnet. Eine Variante (SLÖ-Wert I) fasst den Ökologischen Kernwert, die Stabilität, die vertikale Strukturvielfalt und die Kronenhöhe zusammen (siehe Abbildung 83). Er beschreibt damit ausschließlich den strukturellen Zustand und die Dynamik der Bestände. Die andere Variante (SLÖ-Wert II) ergänzt diese Komponenten um den Anteil an ökosystemtypischen Baumarten (siehe Abbildung 82). Beide Varianten werden getrennt ausgewiesen, weil der Anteil ökosystemtypischer Baumarten derzeit die Dynamiken des Klimawandels nicht berücksichtigen kann. Dies kann dazu führen, dass ein strukturell vielfältiger, stabiler Bestand aus nicht autochthonen Baumarten daher im SLÖ-Wert I hoch und im SLÖ-Wert II deutlich niedriger bewertet wird. Der Vergleich beider Indizes zeigt, welche Aussagen unabhängig von der Gewichtung der Baumartenzusammensetzung gelten und welche erst durch den Anteil ökosystemtypischer Baumarten entstehen (siehe Abbildungen 84 und 85). Er dient damit als Robustheitsprüfung. Um die Indizes trotz unterschiedlicher Wertebereiche vergleichbar zu machen, wurden die Klassen beider Indizes über die mittlere Klasse je Komponente festgelegt.



Abbildung 82 *Ökosystemtypische Baumarten werden mit dem Stabilitätsindex, der Baumkronenhöhe 2025, der vertikalen Strukturvielfalt und dem Ökologischen Kernwert 2025 zum Strukturell-landschaftsökologischen Wert II berechnet.*

[90] *Schick, A., Ibisch, P. L., Adhikari, Y., Delius, L., Dingler, A. L., Götz, B., Hirsch, H., Orlova, S. V., & Stein, K. (2026). Evaluating the ecosystem-friendliness and suitability of potential future autochthonous tree species for ecosystem-based restoration. Frontiers in Forests and Global Change, 9. https://doi.org/10.3389/ffgc.2026.1895173*

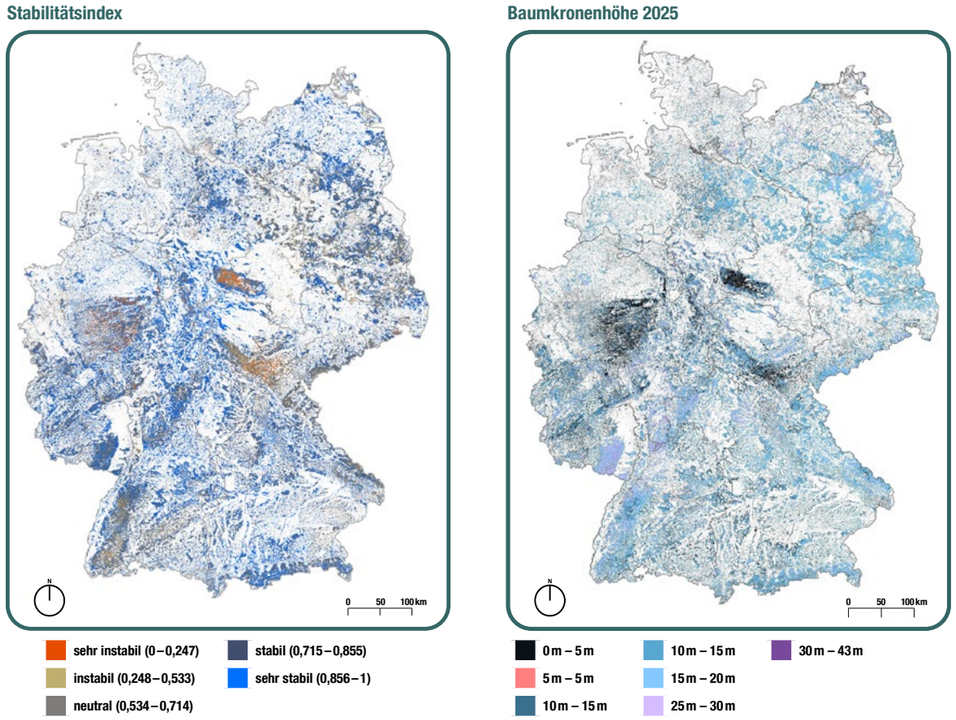


Abbildung 83 *Der Strukturell-landschaftsökologische Wert I fasst den Stabilitätsindex (oben links), den Baumkronenhöhe 2025 (oben rechts), die vertikale Strukturvielfalt (unten links) und den Ökologischen Kernwert 2025 (unten links) zusammen.*

Strukturell-landschaftsökologischer Wert der Wälder

(ohne Berücksichtigung von ökosystemtypischen Baumarten; SLÖ-Wert I)

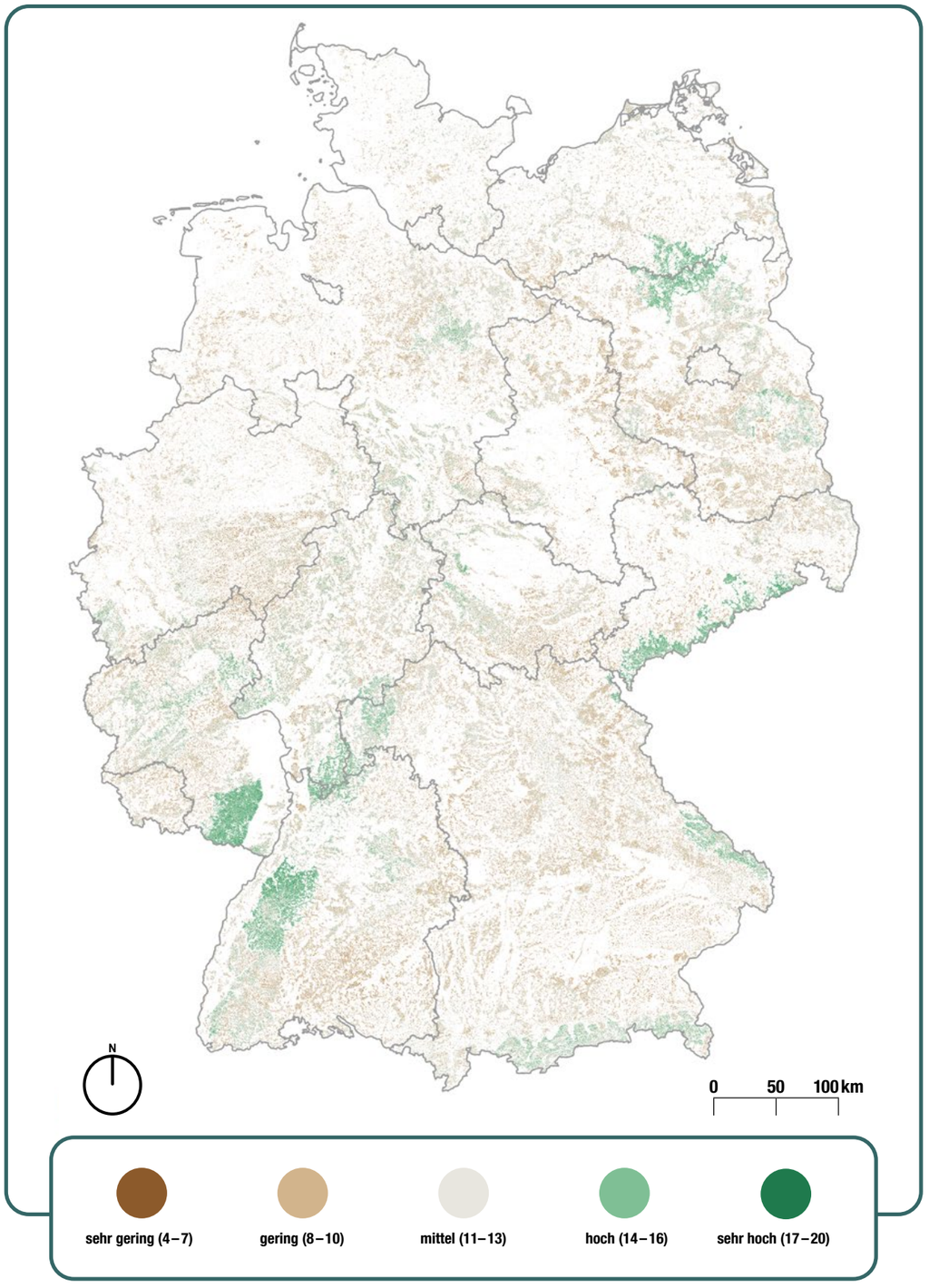


Abbildung 84 *Strukturell-landschaftsökologischer Wert der Wälder (ohne Berücksichtigung von ökosystemtypischen Baumarten; SLÖ-Wert I).*

Strukturell-landschaftsökologischer Wert der Wälder

(mit Berücksichtigung von ökosystemtypischen Baumarten; SLÖ-Wert II)

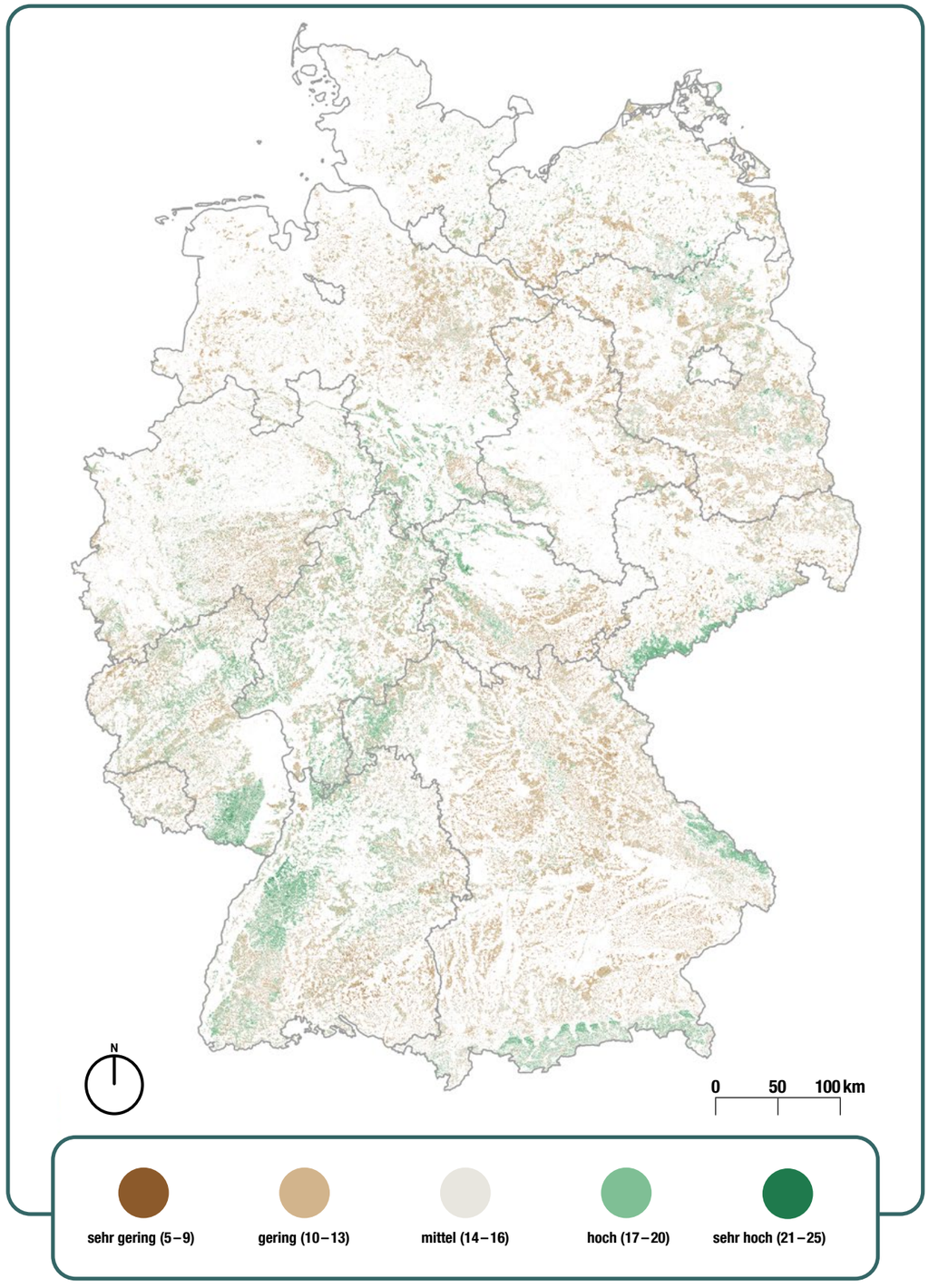


Abbildung 85 *Strukturell-landschaftsökologischer Wert der Wälder (mit Berücksichtigung von ökosystemtypischen Baumarten; SLÖ-Wert II).*

5.1 Strukturell-landschaftsökologischer Wert nach Waldeigentum und Schutzstatus

Bundesweit erreichen 13 Prozent der Waldflächen mit Eigentumsangaben beim SLÖ-Wert I die Klassen „hoch“ oder „sehr hoch“, beim SLÖ-Wert II sind es 18 Prozent (Abbildung 86). Die Unterschiede zwischen den Eigentumsarten folgen in beiden Indizes demselben Muster. Die höchsten Werte sind im Landeswald mit 17 und 25 Prozent verzeichnen. Danach folgen knapp dahinter die Körperschaftswälder mit 16 und 23 Prozent. Die Privat- und Bundeswälder weisen weniger als die Hälfte auf, mit 8 Prozent und 7 Prozent, respektive 11 und 7 Prozent haben sie deutlich weniger Flächenanteile an hohen und sehr hohen Strukturell-landschaftsökologischen Werten. Die Kategorie „Sonstige“, die nahezu ausschließlich in Niedersachsen vorkommt (hauptsächlich Körperschaftswald und Privatwald), liegt beim SLÖ-Wert I auf dem Niveau des Privatwalds (8 Prozent). Beim SLÖ-Wert II erreicht sie mit 22 Prozent dagegen fast den Wert des Landeswalds. Wald mit unbekanntem Eigentum (Brandenburg, Mecklenburg-Vorpommern) hat mit 5 Prozent bzw. 10 Prozent die niedrigsten Anteile. Wald mit Schutzstatus erreicht in beiden Indizes häufiger hohe Werte als Wald ohne Schutzstatus (15 Prozent gegenüber 9 Prozent bzw. 22 Prozent gegenüber 13 Prozent).

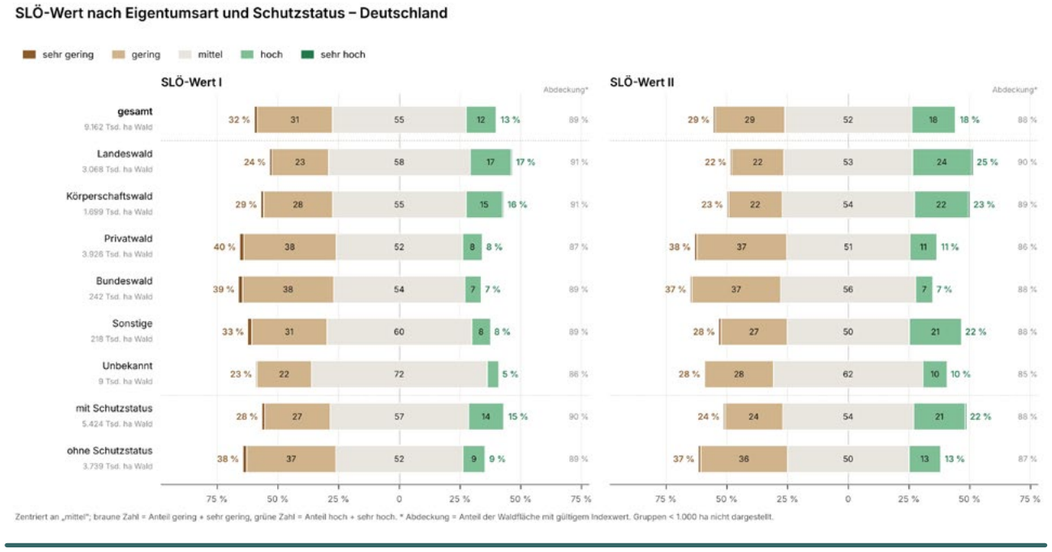


Abbildung 86 *SLÖ-Wert nach Eigentumsart und Schutzstatus – Deutschland.*

Zwischen den Bundesländern sind die Unterschiede deutlich größer als zwischen den Eigentumsarten (siehe Abbildung 87). Beim SLÖ-Wert I reicht der Anteil hoher Werte von 3 Prozent (Berlin, Saarland, Sachsen-Anhalt) bis 25 Prozent (Rheinland-Pfalz), beim SLÖ-Wert II von 10 Prozent (Brandenburg, Sachsen-Anhalt) bis 31 Prozent (Hessen). Die höchsten Einzelwerte erreicht der Landeswald in Sachsen (41 Prozent in beiden Indizes) und in Rheinland-Pfalz (41 Prozent bzw. 37 Prozent). Der Vorsprung von Landes- und Körperschaftswald zu Privatwald und Bundeswald zeigt sich in allen Ländern. Der Wert von Körperschaftswald liegt in Schleswig-Holstein bspw. höher als der Landeswald. Weitere Ausnahmen sind Mecklenburg-Vorpommern (14 Prozent, SLÖ-Wert I) und Sachsen (13 Prozent bzw. 17 Prozent), wo der Wert des Bundeswalds über dem des Privatwalds liegt.

Der Unterschied zwischen Wald mit Schutzstatus und Wald ohne Schutzstatus ist in den meisten Ländern deutlich. Am stärksten in Rheinland-Pfalz (32 Prozent gegenüber 11 Prozent, SLÖ-Wert I) sowie in Schleswig-Holstein und Thüringen (SLÖ-Wert II: 29 Prozent gegenüber 15 Prozent bzw. 26 Prozent gegenüber 10 Prozent). In Hessen, Sachsen und Nordrhein-Westfalen ist dagegen kaum ein Unterschied erkennbar. In Sachsen liegt der Wert des Waldes ohne Schutzstatus sogar leicht höher (SLÖ-Wert II: 27 Prozent gegenüber 23 Prozent).

Durch die Hinzunahme des Anteils an ökosystemtypischen Baumarten verschiebt sich vor allem die Rangfolge der Länder (Rangkorrelation p = 0,62). Hessen, Nordrhein-Westfalen und Schleswig-Holstein steigen im SLÖ-Wert II deutlich auf. Mecklenburg-Vorpommern und Brandenburg fallen dagegen zurück. Ihre Bestände sind strukturell günstig bewertet, durch die Baumartenzusammensetzung aber weniger naturnah. Bei Sachsen-Anhalt und Thüringen ist zu berücksichtigen, dass ein größerer Teil der Waldfläche keinen Indexwert hat, vor allem aufgrund von Schadflächen. Die Anteile beziehen sich dort nur auf die verbleibenden Bestände.

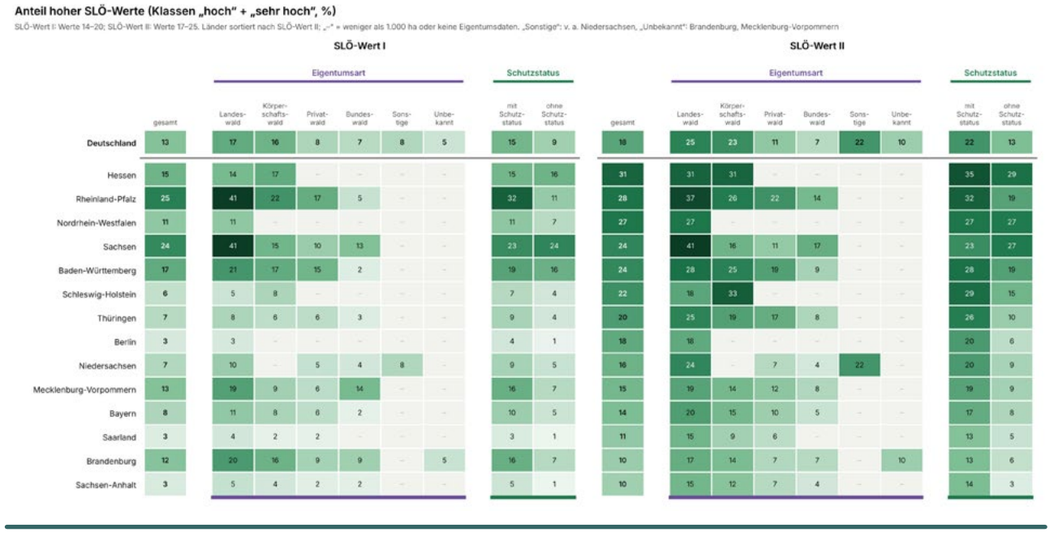


Abbildung 87 *Anteil hoher SLÖ-Werte (Klassen „hoch“ + „sehr hoch“, in Prozent). Anteil der Waldfläche mit hohen SLÖ-Werten (Klassen „sehr hoch“ und „hoch“, in Prozent) nach Bundesland, Eigentumsart und Schutzstatus. Links ist der SLÖ-Wert I, rechts ist der SLÖ-Wert II dargestellt.*

Die Flächenanteile mit „sehr geringen“ und „geringen“ Klassen sind bundesweit bei 32 Prozent (SLÖ-Wert I) bzw. 29 Prozent (SLÖ-Wert II) (siehe Abbildung 88). Im Privatwald (40 Prozent bzw. 38 Prozent) und Bundeswald (39 Prozent bzw. 37 Prozent) sind sie deutlich häufiger vertreten als im Landeswald (24 Prozent bzw. 22 Prozent). Auch Wald ohne Schutzstatus (38 Prozent bzw. 37 Prozent) hat deutlich geringere Anteile mit strukturell-ökologisch wertvollen Flächen als Wald mit Schutzstatus (28 Prozent bzw. 24 Prozent). Am höchsten sind die Anteile geringer Werte in Sachsen-Anhalt (47 Prozent bzw. 43 Prozent), am niedrigsten in Hessen (21 Prozent bzw. 17 Prozent). Analog zu den Werten mit hohen und sehr hohen Flächenanteilen zeigen die Privatwälder und die Bundeswälder in den Ländern höhere Werte auf als Landes- und Körperschaftswald.

Beim SLÖ-Wert I gehört das Saarland mit 46 Prozent geringer Werte zu den Ländern mit dem höchsten Anteil. Beim SLÖ-Wert II sinkt dieser Anteil auf 28 Prozent und liegt damit unter dem Bundesdurchschnitt (29 Prozent). Kein anderes Land zeigt zwischen den Indizes einen so großen Unterschied (–18 Prozentpunkte). Der Rückgang betrifft auch alle Eigentumsarten. Die Bestände im Saarland sind somit strukturell häufig gering bewertet. Wird der Anteil ökosystemtypischer Baumarten einbezogen, fällt die Bewertung dagegen deutlich günstiger aus. Sachsen-Anhalt hat in beiden Indizes den höchsten Anteil geringer Werte aller Länder (47 Prozent bzw. 43 Prozent). Auffällig ist vor allem der Wald ohne Schutzstatus: 59 Prozent (SLÖ-Wert I) bzw. 61 Prozent (SLÖ-Wert II) dieser Fläche sind gering bewertet. Beim Wald mit Schutzstatus sind es 40 Prozent bzw. 33 Prozent. Der Unterschied von 28 Prozentpunkten beim SLÖ-Wert II ist der größte aller Länder. Im Privatwald ist etwa jede zweite Fläche gering bewertet (52 Prozent bzw. 51 Prozent). Zu berücksichtigen ist, dass in Sachsen-Anhalt ein überdurchschnittlicher Teil der Waldfläche keinen Indexwert aufweist, vor allem auf Schadflächen. Die Anteile beziehen sich nur auf die verbleibenden Bestände.

5.2 Strukturell-landschaftsökologischer Wert in den Nationalparks

Folgen und Auswirkungen von Waldmanagement lassen sich aufgrund von fehlenden Daten nur indirekt ableiten. Insbesondere naturbasierte Ansätze des Waldmanagements, wie sie die Wald-Allianz im sozial-ökologischen Waldmanagement befürwortet, lassen

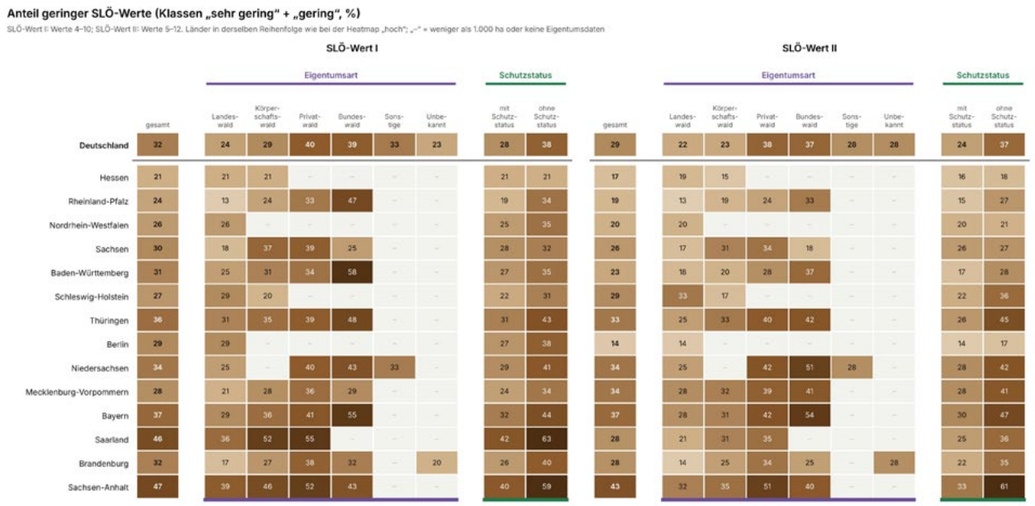


Abbildung 88 *Anteil geringer SLÖ-Werte (Klassen „sehr gering“ + „gering“, in Prozent). Anteil der Waldfläche mit geringen SLÖ-Werten (Klassen „sehr gering“ und „gering“, in Prozent) nach Bundesland, Eigentumsart und Schutzstatus. Links ist der SLÖ-Wert I, rechts ist der SLÖ-Wert II dargestellt.*

sich in Prozessschutzflächen sehr gut ablesen. Hier können natürliche Prozesse und Dynamiken, nahezu vom Menschen unbeeinflusst, ablaufen. Daher werden hier nur die Strukturell-landschaftsökologischen Werte der Nationalparks untereinander sowie mit ihren jeweiligen Waldflächen innerhalb der Bundesländer verglichen, um das Potenzial solcher Prozessschutzflächen im Vergleich aufzuzeigen. Abbildungen 89 und 90 zeigt beide Varianten der SLÖ-Werte. Beim SLÖ-Wert I erreichen 34 Prozent der Nationalparkfläche mit Indexwert die Klassen „hoch“ oder „sehr hoch“. Das ist mehr als doppelt so viel wie im Gesamtwald mit Schutzstatus (15 Prozent) und fast das Vierfache des Waldes ohne Schutzstatus (9 Prozent). Geringe Werte sind entsprechend seltener. 14 Prozent in den Nationalparks gegenüber 28 Prozent bzw. 38 Prozent in den Referenzen. Die einzelnen Nationalparks unterscheiden sich stark. Müritz hat mit 67 Prozent den höchsten Anteil hoher Werte. Danach folgen Hainich, Schwarzwald und Bayerischer Wald mit je 40 Prozent sowie die Sächsische Schweiz mit 30 Prozent. Fast keine hohen Werte zeigen dagegen Unteres Odertal (3 Prozent) und Vorpommersche Boddenlandschaft (2 Prozent). Dort entfällt mehr als ein Drittel der Fläche auf geringe Klassen (36 Prozent bzw. 35 Prozent). Den höchsten Anteil geringer Werte hat der Harz mit 49 Prozent, darunter 10 Prozent „sehr gering“. Bei mehreren Nationalparks dominiert die Klasse „mittel“, so in Jasmund (84 Prozent), Hunsrück-Hochwald (72 Prozent) und Eifel (68 Prozent).

Beim SLÖ-Wert II unter Berücksichtigung ökosystemtypischer Baumarten steigt der Anteil hoher Werte in den Nationalparks auf 41 Prozent. Der Abstand zu den Referenzen bleibt ähnlich groß. Wald mit Schutzstatus erreicht 22 Prozent, Wald ohne Schutzstatus 13 Prozent. Geringe Werte machen in den Nationalparks 12 Prozent aus, gegenüber 24 Prozent (Wald mit Schutzstatus) bzw. 37 Prozent (Wald ohne Schutzstatus) in den Referenzen. An der Spitze stehen Jasmund (72 Prozent), Bayerischer Wald und Hainich (je 71 Prozent) sowie Kellerwald-Edersee (62 Prozent). Ganz unten liegen weiterhin die vergleichsweise waldarmen Nationlparks Vorpommersche Boddenlandschaft (8 Prozent) und Unteres Odertal (16 Prozent). Diese beiden Parks haben zusammen mit dem Harz (31 Prozent) auch die höchsten Anteile geringer Werte (38 Prozent bzw. 32 Prozent).

INFO: UNESCO-Buchenwälder in Deutschland

Die deutschen Teilgebiete der paneuropäischen UNESCO-Weltnaturerbestätte „Alte Buchenwälder und Buchenurwälder der Karpaten und anderer Regionen Europas“ gehören sämtlich zu den Wäldern mit den höchsten Strukturell-landschaftsökologischen Werten: Jasmund (Jasmund-Nationalpark), Serrahn (Müritz-Nationalpark) und Kellerwald (Nationalpark Kellerwald-Edersee) sowie Grumsin (Biosphärenreservat Schorfheide-Chorin).

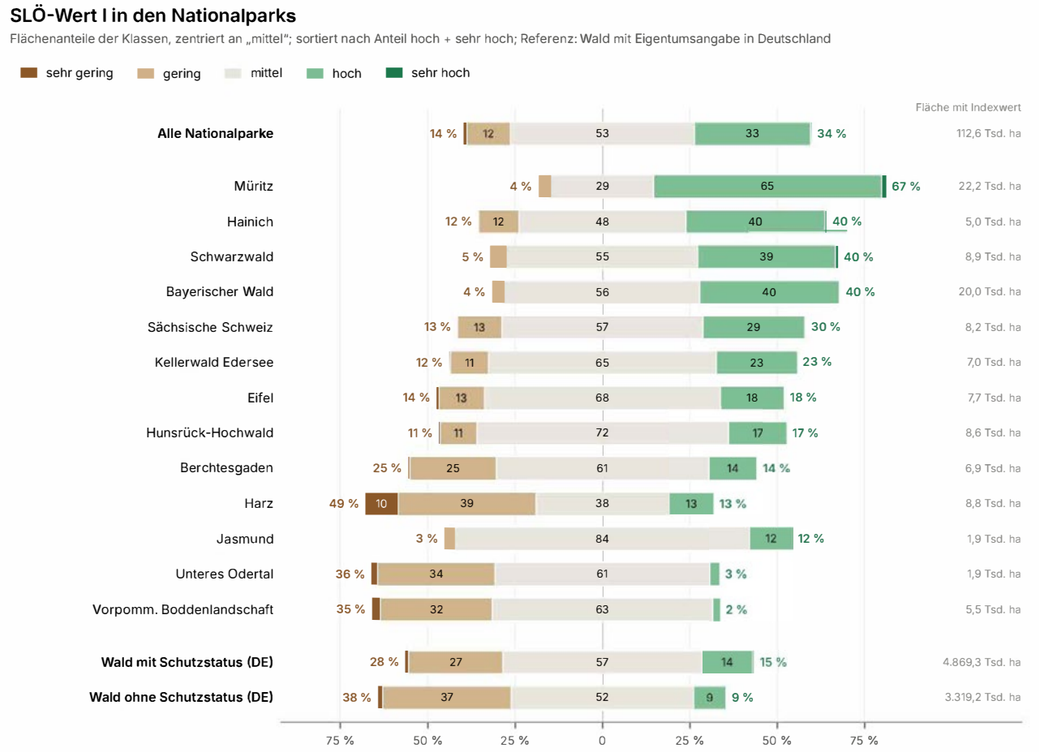


Abbildung 89 *Anteil der Waldfläche in den Nationalparks mit SLÖ-Werten I für alle Klassen (Klassen „sehr gering“ bis „sehr hoch“, in Prozent) im Vergleich mit Wäldern mit Schutzstatus und ohne Schutzstatus.*

Die Nationalparks haben insgesamt deutlich häufiger hohe und seltener geringe Werte als Wald mit und ohne Schutzstatus. Der Abstand zum Wald ohne jeglichen Schutzstatus beträgt in beiden Varianten etwa 25 bis 28 Prozentpunkte in der hohen und sehr hohen Klasse und 24 bis 25 Prozentpunkte in der Klasse „sehr gering“ und „gering“.

In Abbildung 91 ist jedem Nationalpark die Klassenverteilung des Waldes in seinem Bundesland gegenübergestellt. Zusammengenommen erreichen die Nationalparks deutlich häufiger hohe Werte als Wald ohne Schutzstatus, ersichtlich in den SLÖ-Werten I bei 34 Prozent zu 9 Prozent und bei den SLÖ-Werten II 41 Prozent gegenüber 13 Prozent. Geringe Werte sind dort nur etwa ein Drittel so häufig (14 Prozent gegenüber 38 Prozent beim SLÖ-Wert I bzw. 12 Prozent gegenüber 37 Prozent beim SLÖ-Wert II). Beim SLÖ-Wert I liegt der Anteil hoher Werte in elf von dreizehn Nationalparks über dem des Vergleichswalds ohne Schutzstatus, beim SLÖ-Wert II ebenfalls in elf. Nur die beiden Nationalparks Unteres Odertal und Vorpommersche Boddenlandschaften liegen darunter. Am größten ist der Vorsprung beim SLÖ-Wert I im Müritz-Nationalpark (+60 Prozentpunkte), im Hainich (+36) und im Bayerischen Wald (+35). Beim SLÖ-Wert II sind es Jasmund und Bayerischer Wald (je +63) sowie der Hainich (+61). In diesen Nationalparks entfallen zugleich nur 1 bis 12 Prozent der Fläche auf geringe Klassen, im jeweiligen Land dagegen 34 bis 47 Prozent. Bei mehreren Nationalparks ist der Unterschied zum Land gering oder kehrt sich um. Unteres Odertal (3 Prozent gegenüber 7 Prozent) und Vorpommersche Boddenlandschaft (2 Prozent gegenüber 7 Prozent) liegen beim SLÖ-Wert I unter dem Vergleichswald ohne Schutzstatus. Ihre Anteile geringer Werte (36 Prozent bzw. 35 Prozent) entsprechen in etwa dem Landesniveau. Beim SLÖ-Wert II betrifft das die Sächsische Schweiz (17 Prozent gegenüber 27 Prozent) und erneut die Vorpommersche Boddenlandschaft (8 Prozent gegenüber 9 Prozent). Auch die Eifel unterscheidet sich hier kaum vom Wald in Nordrhein-Westfalen (28 Prozent gegenüber 27 Prozent). Der Harz hat beim SLÖ-Wert I mit 49 Prozent sogar einen höheren Anteil geringer Werte als der Wald ohne Schutzstatus in Niedersachsen und Sachsen-Anhalt (46 Prozent). Beim SLÖ-Wert II liegt er mit 31 Prozent darunter (48 Prozent).

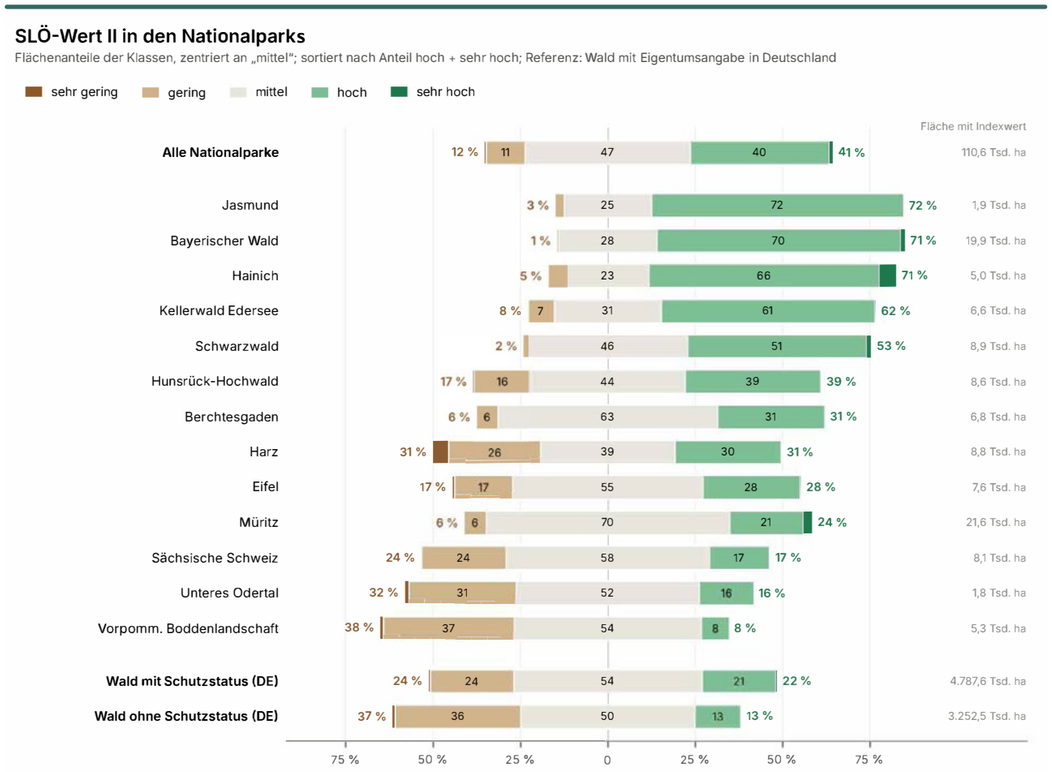


Abbildung 90 *Anteil der Waldfläche in den Nationalparks mit SLÖ-Werten II für alle Klassen (Klassen „sehr gering“ bis „sehr hoch“, in Prozent) im Vergleich mit Wäldern mit Schutzstatus und ohne Schutzstatus.*

Auffällig ist außerdem die Klasse „mittel“. Beim SLÖ-Wert I ist sie in einigen Nationalparks deutlich stärker besetzt als im jeweiligen Land: Jasmund 84 Prozent, Hunsrück-Hochwald 72 Prozent und Eifel 68 Prozent, gegenüber 51 bis 6 Prozent Prozent im Vergleichswald. Durch die Integration der ökosystemtypischen Baumarten verschieben sich diese Flächen beim SLÖ-Wert II in Jasmund und im Hunsrück-Hochwald überwiegend in die Klasse „hoch“. Im Müritz-Nationalpark kehrt sich dagegen das Muster um. Der Anteil „mittel“ steigt dort von 29 Prozent auf 70 Prozent. Die Klasse „sehr hoch“ bleibt in Nationalparks wie Vergleichswald durchweg unter 6 Prozent. Unterschiede zeigen sich daher fast ausschließlich in der Klasse „hoch“.

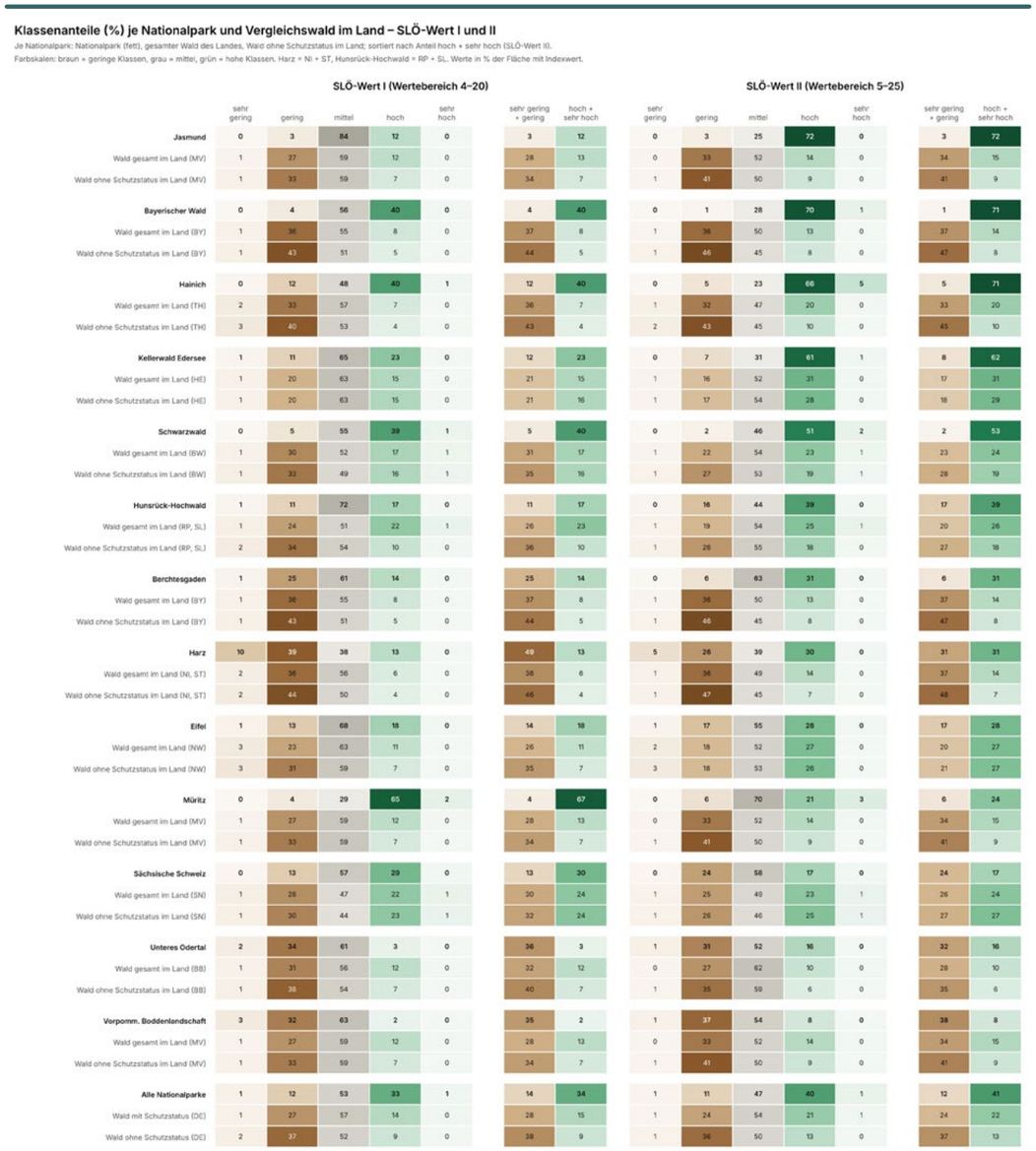


Abbildung 91 *Klassenanteile (%) des SLÖ-Werts I und des SLÖ-Werts II je Nationalpark. Klassenanteile (%) des SLÖ-Werts I (links) und des SLÖ-Werts II (rechts) je Nationalpark (fett) im Vergleich zum gesamten Wald und zum Wald ohne Schutzstatus im jeweiligen Bundesland. Die Nationalparks sind nach dem Anteil „hoch“ + „sehr hoch“ beim SLÖ-Wert II sortiert. Unten stehen die Werte für alle Nationalparks zusammen sowie für Deutschland. Die Anteile beziehen sich auf die Fläche mit Indexwert. Harz = Niedersachsen + Sachsen-Anhalt, Hunsrück-Hochwald = Rheinland-Pfalz + Saarland. Der Wald mit Schutzstatus (DE) enthält die Nationalparks.*



© Pierre L. Ibisch

6. Schlussbemerkung und Ausblick

Dieser erste Waldökosystembericht beweist, dass satellitenbasierte Fernerkundungsdaten in Kombination mit anderen Geodaten nicht nur erlauben, den aktuellen Zustand von Wäldern flächendeckend mit hoher räumlicher Auflösung zu bewerten, sondern auch Trends aufzuzeigen und komplexe Analysen durchzuführen, wie sie bislang nicht vorlagen. Damit ergibt sich eine neuartige Grundlage für das Verständnis von Waldbewirtschaftung und -governance. Die bisher von Bund und Ländern vorgelegten Waldzustandsberichte, die auf der Beurteilung des Kronenzustands ausgewählter Bäume beruhen und nicht räumlich explizit ausgewertet wurden bzw. werden konnten, sind als Entscheidungsgrundlage für Waldstrategien in der Klimakrise nicht mehr geeignet. Wir versuchen außerdem zu zeigen, dass auch relativ einfache Analysen der Veränderung von Vitalität von Bäumen nicht mehr hinreichend sind.

In diesem Bericht sind nicht allein die Daten zur Zusammensetzung und zur räumlichen Integrität der Wälder bedeutsam, sondern auch die sozialökologischen Zusammenhänge, die exemplarisch aufgezeigt werden. Die Ergebnisse ermöglichen ein neues Transparenzniveau und können die Bemühungen von Zivilgesellschaft und Waldeigentümer:innen stärken, sich für den Wald und seine Gesundheit einzusetzen. Letztlich sollten alle Waldakteur:innen davon profitieren, dass der Wald auf Grundlage einer detaillierten und exakteren Faktengrundlage eine angemessene Aufmerksamkeit erhält.

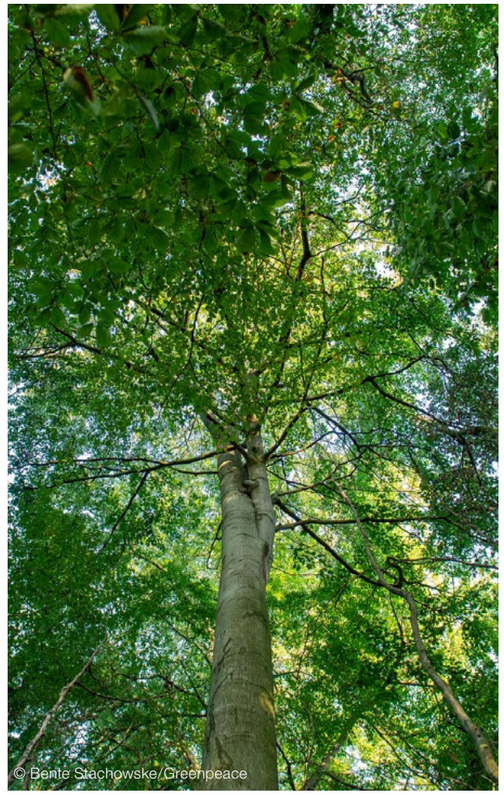
Derartige sozialökologische Waldökosystemberichte mit hoher zeitlicher und räumlicher Auflösung sind in der aktuellen Klimakrise mit sehr schnellen und oft überraschenden Veränderungen für ein gut informiertes adaptives Waldmanagement unerlässlich. Sie helfen auch, die Wertschätzung der Leistungen der Wälder zu verbessern und das Verständnis von Wäldern als komplexe Systeme zu befördern. Die Ergebnisse weisen eindeutig darauf hin, dass der Zustand der Wälder nicht allein vom Klima, aber auch nicht nur von der Bewirtschaftung abhängt. Vor allem wird klar, dass die Entwicklung der Wälder nicht allein Angelegenheit der vor allem auf Holzproduktion fokussierenden Akteur:innen sein kann.

Der Bericht soll die Qualität der Diskussionen im Ringen um den bestmöglichen Umgang mit den Wäldern in Deutschland voranbringen. Dabei geht es auch um das stete Einfordern einer angemessenen Faktengrundlage zur Untermauerung von Hypothesen und Strategien, aber auch zur notwendigen Weiterentwicklung des gesetzlichen Rahmens für die Erhaltung und Förderung der Waldökosysteme.

Der vorliegende Bericht beruht auf einer derartig reichen Datengrundlage, dass noch nicht alle denkbaren Analysen durchgeführt werden konnten. Gleichzeitig wird diese erste Studie im Bewusstsein abgeschlossen, wie viele Daten zu weiteren Ökosystemkomponenten und ökologischen Prozessen noch nicht erhoben und eingebracht werden konnten. Dieses Dokument kann nur einen Anfang darstellen und hoffentlich einen Diskurs anstoßen sowie eine neue Phase der deutschlandweiten Beschäftigung mit den Waldökosystemen anregen.

Der vorliegende Bericht ist ein erstes umfassendes Ergebnis der Wald-Allianz, einer einzigartigen zivilgesellschaftlichen Initiative, die Akteur:innen aus Wissenschaft, Unternehmen und Nichtregierungsorganisationen zusammengeführt hat. Er ist Beweis dafür, was von Institutionen jenseits der zuständigen Fachbehörden und großer Institute beigetragen werden kann.

Die Wald-Allianz freut sich auf eine öffentliche Diskussion der Befunde und Empfehlungen und strebt an, weiterhin den Kenntnisstand der Waldökosysteme in Deutschland zu verbessern.


© Bente Stachowske/Greenpeace

ANHANG: METHODIK

© Pierre L. Ibisch

7.1 Waldfläche und dominierende Baumarten

7.1.1 Waldflächen und Baumartenzusammensetzung

Die Baumartenzusammensetzung ergibt sich aus der Kombination der fernerkundungsbasierten Baumartenkarte des DLR und aus dem Waldmonitor-Deutschland. Die DLR-Baumartenkarte 2016 (Wegler et al., 2025) hat eine differenzierte Aufteilung in 10 Baumartengruppen, während der Waldmonitor-Datensatz für das Jahr 2017 (Welle et al., 2022) mit 7 Baumartengruppen eine breitere Flächenabdeckung des Baumbestands aufweist. Aus dieser Größe leitet sich auch die Waldfläche mit 12,4 Millionen Hektar an bestockter Holzbodenfläche ab. Durch die Kombination beider Quellen werden die Stärken beider Modelle vereint, um sowohl eine hohe thematische Detailtiefe als auch eine umfassende flächige Abdeckung der Hauptbaumarten zu gewährleisten. Zunächst werden die Flächenanteile insgesamt auf Deutschland dargestellt. Danach erfolgt eine Aufteilung der Hauptbaumarten auf die Bundesländer. Zu beachten ist, dass sich die Flächenanteile auf das Jahr 2016 und 2017 beziehen, also ohne die danach auftretenden Schadflächen.

7.1.2 Waldstruktur – Vielfalt der Baumartenzusammensetzung

Die zwei Indikatoren, die zur Vielfalt der Baumartenzusammensetzung beitragen sind die Baumartenvielfalt, basierend auf dem Shannon-Index, und die Flächen, die mutmaßlich eine Monokultur darstellen. Grundlage ist eine deutschlandweite Baumartenkarte mit 10 m Pixelgröße und zehn Baumartenklassen. Die Indikatoren wurden pixelweise in einem Gleitfenster von 11 × 11 Pixeln (1,21 Hektar) berechnet, mit dem R-Paket landscapemetrics[91]. Innerhalb jedes Fensters wurde der Flächenanteil p_i jeder Baumartenklasse i bestimmt. Der Shannon-Index (Shannon 1948[92]) ergibt sich als:

$$H' = -\sum_{i=1}^{s} p_i \cdot ln(p_i)$$

mit S als Anzahl der im Fenster vorkommenden Klassen. Zur Vergleichbarkeit wurde er auf den Wertebereich 0–1 normiert:

$$H_{norm} = H' / ln(S$$

mit S = [Klassenanzahl, z. B. 10]. Hohe Werte zeigen eine gleichmäßige Mischung mehrerer Baumarten, niedrige Werte die Dominanz einzelner Arten. Als Dominanzanteil wurde zusätzlich der höchste Flächenanteil einer Baumart im Fenster in Prozent berechnet. Überschreitet er 80 Prozent, wird das Pixel als mutmaßliche Monokultur markiert (binäres Band). Die Schwelle ist eine Konvention und kein ökologischer Grenzwert. Pixel der Klassen „Andere“ und „Unsichere“ wurden [ausgeschlossen/als eigene Klasse behandelt].

7.1.3 Waldstruktur – Vielfalt der vertikalen Kronenhöhenstruktur

Die Kronenhöhen stammen aus einem Canopy Height Model (CHM) für das Jahr 2025, das aus Sentinel-2-Daten abgeleitet wurde (Aschenbrenner et al.)[93]. Das CHM ist auf Waldflächen maskiert, Nichtwald wurde ausgeschlossen. Zur Ableitung der Kronenhöhenflächen wurde das CHM in Höhenklassen von 5 Meter reklassifiziert, wobei Höhen über 30 Meter die oberste Klasse bilden. Für jede Klasse wurde die Fläche je Bundesland mit der Funktion Tabulate Area (ArcGIS Pro) berechnet und als Anteil an der Gesamtwaldfläche ausgedrückt. Dies ergänzt die Median-Werte des Strukturindex um die Verteilung der Bestandshöhen.

Der Kronenhöhen-Strukturvielfaltsindex (KHSI) beschreibt die vertikale Waldstruktur und kombiniert zwei komplementäre Maße, die jeweils im Gleitfenster [Fenstergröße] aus dem CHM berechnet wurden. (1) Rao's Q (Rao 1982[94]) misst die Höhenheterogenität als mittlere paarweise Höhendifferenz d_{ij} zwischen den Pixeln des Fensters,

$$Q = \sum_{i=1}^{N} \sum_{j=1}^{N} d_{ij} \cdot p_i \cdot p_j$$

mit N als Pixelanzahl und p_i, p_j als relativen Häufigkeiten; es wird in Metern angegeben. (2) Der Rumple-Index[95] misst die Rauheit der Kronenoberfläche als Verhältnis der dreidimensionalen Oberfläche des CHM zur projizierten Grundfläche:

$$Rumple = A_{Oberfläche} / A_{Grundfläche}$$

Ein glattes Kronendach ergibt Werte nahe 1, ein raues entsprechend höhere Werte. Beide Maße wurden vor der Kombination auf 0–1 normiert (Min-Max-Normierung über den gesamten Datensatz, vor jeder Zonierung nach Bundesländern oder Beständen). Die Kombination erfolgt adaptiv anhand der Korrelation beider Indizes: Bei starker Korrelation (|r| ≥ 0,6) werden sie per

Hauptkomponentenanalyse (PCA) zusammengeführt und die erste Hauptkomponente erneut auf 0–1 skaliert, andernfalls wird das gleichgewichtete Mittel gebildet. So wird verhindert, dass redundante Information doppelt gewichtet wird. Hohe KHSI-Werte stehen für mehrschichtige, vertikal heterogene Bestände, niedrige für einheitliche, glatte Kronendächer. Für den Vergleich von Bundesländern und Beständen wurde der KHSI per zonaler Statistik (Median) aggregiert.

7.2 Datensatz zum Waldeigentum

Der aggregierte Datensatz der Waldeigentumsarten basierend auf Geodaten aus 16 Bundesländern (siehe Tabelle 12) wurden in QGIS bearbeitet. Folgende Schritte wurden unternommen, um einen einheitlichen Datensatz für Deutschland zu erstellen. Die Daten wurden in das Koordinatenbezugsystem (KBS) EPSG:25832 überführt. Die unterschiedlichen Attributtabellen der Geodaten aus den Bundesländern wurden auf ein einheitliches Minimum reduziert: (1) Bundesland, (2) harmonisierte Eigentumsart Ea_final, (3) Fläche in Hektar Flaeche_ha, (4) die ursprüngliche Eigentumsart des Bundeslandes Ea_original, (5) Quelle und (6) Stand der Daten. Der Stand der Daten wurde pro Datenquelle angegeben. Es handelt sich nicht um eine Angabe pro Objekt. Für die Waldeigentumsarten wurde eine einheitliche Klassifizierung festgelegt. Die Einteilung erfolgte in sechs Klassen: die vier Klassen nach Bundeswaldgesetz (Bundeswald, Landeswald, Körperschaftswald, Privatwald) und die Klassen Sonstige und Unbekannt (Tabelle 13). Letztere wurden jeweils ergänzt für Mischklassen und unklare Eigentumsverhältnisse. Falls die Zuordnung zu den Klassen bundesweit nicht einheitlich war, wurde nach den jeweiligen Landeswaldgesetzen entschieden. Das führt in Einzelfällen zu einer unterschiedlichen Klassenzugehörigkeit in den Bundesländern. So wird in einigen Bundesländern Kirchenwald als Privatwald und in anderen als Körperschaftswald kategorisiert. Auch Flächen aus der Treuhand (BVVG) werden je nach Bundesland mal dem Privatwald und mal dem Bundeswald zugeordnet (vgl. Tabelle 13). Eine automatisierte Zuordnung der Eigentumsklassen der Datensätze der Bundesländer erfolgte mit SQL im QGIS-Feldrechner. Vor dem Zusammenführen der Geodaten der Bundesländer zu einem bundesweiten Datensatz wurden zur Gewährleistung der mathematischen Validität der Vektordaten alle Geometrien mit dem Werkzeug Geometrien reparieren korrigiert sowie einheitliche Daten- und Geometrietypen festgelegt.

Um den Datensatz von kleinteiligen Bestandsgrenzen und Doppelzählungen zu bereinigen, wurden angrenzende Geometrien anhand der harmonisierten Felder der Attributtabelle (Bundesland, finale und originale Eigentumsart, Quelle, Stand) verschmolzen. Die daraus resultierenden mehrteiligen Objekte wurden in separate Einzelobjekte aufgetrennt (Mehrteilig zu einteilig). Es folgte die Reparatur der Geometrie (Geometrien reparieren). Die nach dem Verschmelzen verbliebenen topologischen Binnenlücken unterhalb einer Schwelle von 5 m² (Löcher löschen) sowie Digitalisierungs- und Schnittartefakte mit einer Fläche von weniger als 1 m² wurden gelöscht. Abschließend wurden die Objektflächen neu berechnet. Nach den aufgeführten Operationen gab es einen Flächenrückgang in den Privatwaldflächen von Niedersachsen, der sich mithilfe geometrischer Differenzbildung auf Doppelzählungen zurückführen ließ.

In Einzelfällen existieren Datenüberlappungen mit unterschiedlicher Eigentumsart. Dies tritt insbesondere in den Grenzregionen zwischen den Bundesländern auf. Existierende Datenüberlagerungen mit unterschiedlichen Klassifizierungen der Bundesländer verbleiben unverändert im Datensatz.

7.2.1 Nichtamtliche Datensätze für Schleswig-Holstein

Die Behörden des Bundeslandes Schleswig-Holstein lieferten ausschließlich Geodaten zum Landeswald. Aus diesem Grund wurden Teildatensätze des Körperschaftswaldes ergänzt. Die Geodaten einiger Körperschaftswälder Schleswig-Holsteins stammen aus anonymer Quelle. Darüber hinaus wurden Geodaten der Waldflächen der Stiftung Naturschutz auf Basis öffentlich verfügbarer Datensätze erstellt. Dafür wurde der Datensatz Eigentum der Stiftung Naturschutz mit dem ATKIS Basis-DLM Waldflächen verschnitten. Das Ergebnis zeigt das Waldeigentum der Stiftung Naturschutz in Schleswig-Holstein (ohne Gehölz und Gebüsch). Zur Beseitigung von Artefakten, Binnenlinien und kleinflächigen Fehlschnittkanten aus der Datenverschneidung wurde ein mehrstufiger Aufbereitungsprozess in QGIS durchgeführt: Im ersten Schritt wurden räumlich angrenzende Flächensegmente über das Werkzeug Verschmelzen anhand identischer Attributwerte zusammengeführt. Dadurch wurden Binnengrenzen innerhalb homogener Waldkomplexe aufgelöst. Im zweiten Schritt wurden aggregierte Multipolygone über den Algorithmus Mehrteilig zu einteilig zu eigenständigen, räumlich getrennten Objekten aufgetrennt. Alle Geometrien wurden mit dem Werkzeug Geometrien reparieren korrigiert. Im dritten Schritt wurde eine Puffer-Methode angewendet, um die Daten von verbliebenen Schnittkanten zu bereinigen. Hierbei wurden die Polygone zunächst um einen Wert von –5 m negativ gepuffert (Schrumpfung), um schmale Artefakte unterhalb der Mindestbreite zu entfernen. Anschließend wurden die verbliebenen Kernflächen um denselben Wert positiv gepuffert, wodurch die ursprünglichen Außengrenzen wiederhergestellt und scharfkantige Außenwinkel bewahrt wurden. Abschließend erfolgte eine Neuberechnung der Geometrieflächen.

7.2.2 Vergleich mit Daten der Bundeswaldinventur

Um einen Eindruck der Qualität des bundesweit aggregierten Datensatzes zum Waldeigentum zu bekommen, wurden die Flächen je Bundesland und Eigentumsart summiert und mit den hochgerechneten Stichprobenergebnissen der Bundeswaldinventur (BWI 2022) unter Berücksichtigung des 95-%-Vertrauensintervalls (SE 95) verglichen (siehe Tabelle 14). Während die Flächen des Landeswaldes in 14 von 15 Bundesländern (Hamburg und Bremen wurden zusammengefasst) innerhalb der statistischen Fehlerbereichs der BWI liegen, zeigen die anderen Eigentumsarten zum Teil signifikante Abweichungen. Die deutlichsten Abweichungen weisen von den vorhandenen Bundeslanddaten die Geodaten aus Sachsen-Anhalt auf. Der Grund ist, dass es sich um Flurstücksflächen handelt, die neben Wald auch andere Landbedeckungen einschließen.

Tabelle 12 *Quellen und Aktualität der amtlichen Daten aus 16 Bundesländern. Darüber hinaus wurde ein Teil des Körperschaftswaldes in Schleswig-Holstein auf Basis von Geodaten des Ministeriums für Energiewende, Klimaschutz, Umwelt und Natur aus dem Jahr 2023 erstellt oder stammt aus anonymer Quelle mit unbekanntem Erstellungsdatum.*

Bundesland	Quelle	Stand der Daten
Baden-Württemberg	Landesforstverwaltung (LFV), Fachbereich Forsteinrichtung und Forstliche Geoinformation; Bundesanstalt für Immobilienaufgaben, Zentrale Bundesforst; Landesamt für Geoinformation und Landentwicklung Baden-Württemberg, AZ.: 2851.9-1/19	2022
Bayern	Bayerische Forstverwaltung	2014, Revision 2018
Berlin	Berliner Forsten	2014
Brandenburg	Landesbetrieb Forst Brandenburg	2024
Bremen	Landesamt Geoinformation Bremen	2026
Hamburg	Freie und Hansestadt Hamburg, Behörde für Umwelt, Klima, Energie und Agrarwirtschaft	2019
Hessen	HessenForst	2026
Mecklenburg-Vorpommern	Landesforstanstalt Mecklenburg-Vorpommern	2024
Niedersachsen	LGLN Landesamt für Geoinformation und Landesvermessung Niedersachsen	2026
Nordrhein-Westfalen	Landesbetrieb Wald und Holz Nordrhein-Westfalen	2025
Rheinland-Pfalz	Landesforsten Rheinland-Pfalz	2024
Saarland	GDI-SL	2019
Sachsen	Staatsbetrieb Sachsenforst	2026
Sachsen-Anhalt	Landeszentrum Wald Sachsen-Anhalt	2025
Schleswig-Holstein	Landesamt für Umwelt des Landes Schleswig-Holstein	2026
Thüringen	Thüringen Forst	2025

[91] Hesselbarth, M. H. K., Sciaini, M., With, K. A., Wiegand, K., Nowosad, J. (2019): landscapemetrics: an open-source R tool to calculate landscape metrics. Ecography 42(10): 1648–1657.

[92] Shannon, C. E. (1948): A mathematical theory of communication. Bell System Technical Journal 27(3): 379–423.

[93] Aschenbrenner, L., Ha Van, T., Welle, T., Franke, J. in preparation. Forest canopy height and crown cover modelling combining Sentinel-2 with high resolution reference data in a context-informed deep learning approach.

[94] Rao, C. R. (1982): Diversity and dissimilarity coefficients: a unified approach. Theoretical Population Biology 21(1): 24–43.

[95] Parker, G. G., Harding, D. J., Berger, M. L. (2004): A portable LIDAR system for rapid determination of forest canopy structure. Journal of Applied Ecology 41(4): 755–767.

Tabelle 13 *Harmonisierung der Eigentumsklassen: Die unterschiedliche Klassifizierung der Waldeigentumsarten in den Bundesländern wurde für den bundesweiten Datensatz vereinheitlicht.*

Bundesland	Eigentumsart Original	Eigentumsart Final	Anmerkungen
Baden-Württemberg	Staat Bund	Bundeswald	
Baden-Württemberg	Staat Land	Landeswald	
Baden-Württemberg	Staat Nationalpark	Landeswald	
Baden-Württemberg	Körperschaft, Gemeinde	Körperschaftswald	
Baden-Württemberg	Privat, Gemeinschaft	Privatwald	
Baden-Württemberg	Staat Sonstige	Sonstige	
Bayern	Bundeswald BW	Bundeswald	
Bayern	Staatswald ST	Landeswald	
Bayern	Körperschaftswald KW	Körperschaftswald	
Bayern	Privatwald PW	Privatwald	
Berlin	Landeswald	Landeswald	
Brandenburg	B	Bundeswald	
Brandenburg	L	Landeswald	
Brandenburg	W	Landeswald	
Brandenburg	A	Körperschaftswald	
Brandenburg	C	Körperschaftswald	
Brandenburg	G	Privatwald	
Brandenburg	K	Privatwald	
Brandenburg	M	Privatwald	
Brandenburg	N	Privatwald	
Brandenburg	P	Privatwald	
Brandenburg	T	Privatwald	Treuhand, vgl. LwaldG BB
Brandenburg	X	Privatwald	
Brandenburg	U	Unbekannt	
Bremen	Staatswald nach § 3 Abs. 1	Bundeswald	
Bremen	Staatswald nach § 3 Abs. 1	Landeswald	
Bremen	Körperschaftswald nach § 3 Abs. 2	Körperschaftswald	
Bremen	Privatwald nach § 3 Abs. 3	Privatwald	
Hamburg	Stadtwald Hamburg	Landeswald	beförsterter Landeswald
Hamburg	Übrige Landeswaldfläche	Landeswald	
Hamburg	übriges Eigentum	Sonstige	überwiegend Privatwald
Hessen	Landeswald	Landeswald	
Hessen	Körperschaftswald	Körperschaftswald	
Mecklenburg-Vorpommern	Staatswald Bund	Bundeswald	
Mecklenburg-Vorpommern	Staatswald Land	Landeswald	
Mecklenburg-Vorpommern	Körperschaftswald	Körperschaftswald	
Mecklenburg-Vorpommern	Privatwald	Privatwald	
Mecklenburg-Vorpommern	keine Angabe	Unbekannt	
Niedersachsen	Bund	Bundeswald	
Niedersachsen	Land	Landeswald	
Niedersachsen	privat	Privatwald	
Niedersachsen	andere	Sonstige	überwiegend Körperschaftswald
Niedersachsen	unklar	Sonstige	gemischte Klasse, u.a. Firmen
Rheinland-Pfalz	Bundeswald	Bundeswald	
Rheinland-Pfalz	Staatswald	Landeswald	
Rheinland-Pfalz	Körperschaftswald	Körperschaftswald	
Rheinland-Pfalz	Privatwald	Privatwald	
Saarland	Staatsforst	Landeswald	
Saarland	Kommunalwald	Körperschaftswald	
Saarland	Privatwald	Privatwald	
Sachsen	BuW	Bundeswald	
Sachsen	LW	Landeswald	
Sachsen	KW	Körperschaftswald	
Sachsen	KiW	Körperschaftswald	Kirchenwald, vgl. SächsWaldG
Sachsen	KöW	Körperschaftswald	
Sachsen	PW	Privatwald	
Sachsen	TW	Privatwald	Treuhand, vgl. SächsWaldG
Sachsen	Ubk	Unbekannt	
Sachsen-Anhalt	Eigentum des Bundes	Bundeswald	
Sachsen-Anhalt	Verwertungsflächen des Bundes (BVVG)	Bundeswald	Treuhand, vgl. LwaldG LSA
Sachsen-Anhalt	Eigentum anderer Bundesländer	Landeswald	
Sachsen-Anhalt	Flächen in Verwaltung LFB	Landeswald	
Sachsen-Anhalt	Sonstiges Landeseigentum	Landeswald	
Sachsen-Anhalt	Eigentum komm. Gebietskörperschaften	Körperschaftswald	
Sachsen-Anhalt	Eigentum sonst. komm. Körperschaften	Körperschaftswald	
Sachsen-Anhalt	öffentlich rechtliche Anstalten	Körperschaftswald	
Sachsen-Anhalt	öffentlich rechtliche Stiftungen	Körperschaftswald	
Sachsen-Anhalt	Privateigentum	Privatwald	
Sachsen-Anhalt	Religionsgemeinschaften	Privatwald	
Sachsen-Anhalt	Eigentum nicht geklärt	Unbekannt	
Sachsen-Anhalt	Keine Angabe	Unbekannt	
Schleswig-Holstein	Landeswald	Landeswald	
Schleswig-Holstein (anonym)	Kreisforsten	Körperschaftswald	
Schleswig-Holstein (anonym)	Stadtwald	Körperschaftswald	
Schleswig-Holstein (SNSH)	Eigentum Stiftung Naturschutz	Körperschaftswald	
Thüringen	Bundesforst	Bundeswald	
Thüringen	Verwertungswald der BVVG	Bundeswald	Treuhand, vgl. ThürWaldG
Thüringen	Staatswald	Landeswald	
Thüringen	Körperschaftswald	Körperschaftswald	
Thüringen	Besitz der WGT/LEG	Privatwald	
Thüringen	Privatwald	Privatwald	
Thüringen	Unbekannt	Unbekannt	

Tabelle 14 *Vergleich der summierten Flächen der bundesweiten Vektordaten je Bundesland und Eigentumsart mit den Stichprobenergebnissen der Bundeswaldinventur aus dem Jahr 2022.*

Land	Eigentumsart	WEA Fläche [ha]	BWI Fläche [ha]	BWI SE95 ± [%]	BWI Untergrenze [ha]	BWI Obergrenze [ha]	Abweichung WEA – BWI [ha]	Abweichung [%]	Abweichung innerhalb SE95
Baden-Württemberg	Bundeswald	7827	6203	40	3695	8711	1624	26	Ja
Baden-Württemberg	Landeswald	332183	324335	6	304802	343868	7848	2	Ja
Baden-Württemberg	Körperschaftswald	569190	558632	4	535244	582021	10558	2	Ja
Baden-Württemberg	Privatwald	512857	489303	4	468346	510260	23553	5	Nein
Baden-Württemberg	Sonstige	2031							N/A
Baden-Württemberg	Alle Eigentumsarten	1424087	1378473	2	1346794	1410151	45615	3	Nein
Bayern	Bundeswald	32706	52585	28	37752	67419	-19879	-38	Nein
Bayern	Landeswald	770085	778821	7	721080	836562	-8736	-1	Ja
Bayern	Körperschaftswald	262391	327901	10	293742	362060	-65510	-20	Nein
Bayern	Privatwald	1382509	1457562	4	1392855	1522269	-75053	-5	Nein
Bayern	Alle Eigentumsarten	2447691	2616869	3	2535431	2698306	-169178	-6	Nein
Berlin	Landeswald	28481	17002	24	12874	21129	11479	68	Nein
Berlin	Körperschaftswald		489	141	-202	1179			N/A
Berlin	Privatwald		98	196	-94	289			N/A
Berlin	Alle Eigentumsarten	28481	17588	24	13433	21743	10893	62	Nein
Brandenburg	Bundeswald	72259	61026	14	52255	69797	11233	18	Nein
Brandenburg	Landeswald	285591	285385	6	266909	303862	205	0	Ja
Brandenburg	Körperschaftswald	70037	78975	12	69862	88088	-8937	-11	Ja
Brandenburg	Privatwald	682243	702594	4	677495	727694	-20352	-3	Ja
Brandenburg	Unbekannt	8528							N/A
Brandenburg	Alle Eigentumsarten	1118658	1127980	3	1098502	1157459	-9322	-1	Ja
Hessen	Bundeswald		9598	67	3153	16043			N/A
Hessen	Landeswald	345150	340317	11	301455	379178	4833	1	Ja
Hessen	Körperschaftswald	200342	325920	11	289411	362429	-125578	-39	Nein
Hessen	Privatwald		222346	14	192035	252656			N/A
Hessen	Alle Eigentumsarten	545492	898180	6	847715	948645	-352688	-39	Nein
Mecklenburg-Vorpommern	Bundeswald	36634	35999	19	29220	42778	635	2	Ja
Mecklenburg-Vorpommern	Landeswald	228771	236335	7	220050	252620	-7564	-3	Ja
Mecklenburg-Vorpommern	Körperschaftswald	57323	62424	13	54540	70308	-5102	-8	Ja
Mecklenburg-Vorpommern	Privatwald	238615	247603	6	232567	262640	-8989	-4	Ja
Mecklenburg-Vorpommern	Unbekannt	2233							N/A
Mecklenburg-Vorpommern	Alle Eigentumsarten	563575	582361	4	559786	604937	-18786	-3	Ja
Niedersachsen	Bundeswald	36000	53650	29	38257	69042	-17649	-33	Nein
Niedersachsen	Landeswald	304204	339757	11	301652	377861	-35553	-10	Ja
Niedersachsen	Körperschaftswald		122009	16	102211	141807			N/A
Niedersachsen	Privatwald	398032	693091	6	648853	737329	-295059	-43	Nein
Niedersachsen	Sonstige	233795							N/A
Niedersachsen	Alle Eigentumsarten	972030	1208506	5	1152579	1264434	-236476	-20	Nein
Nordrhein-Westfalen	Bundeswald		27566	20	22087	33044			N/A
Nordrhein-Westfalen	Landeswald	120288	127642	10	114929	140355	-7354	-6	Ja
Nordrhein-Westfalen	Körperschaftswald		198354	7	184303	212405			N/A
Nordrhein-Westfalen	Privatwald		598957	4	576020	621895			N/A
Nordrhein-Westfalen	Alle Eigentumsarten	120288	952519	3	924750	980288	-832231	-87	Nein
Rheinland-Pfalz	Bundeswald	14456	13441	29	9610	17272	1014	8	Ja
Rheinland-Pfalz	Landeswald	212837	212768	7	196835	228700	69	0	Ja
Rheinland-Pfalz	Körperschaftswald	387883	391584	5	372642	410525	-3701	-1	Ja
Rheinland-Pfalz	Privatwald	232117	235966	6	222060	249872	-3849	-2	Ja
Rheinland-Pfalz	Alle Eigentumsarten	847292	853758	3	830203	877313	-6466	-1	Ja
Saarland	Bundeswald		699	128	-197	1594			N/A
Saarland	Landeswald	39491	40617	17	33914	47321	-1126	-3	Ja
Saarland	Körperschaftswald	29805	28841	18	23737	33946	964	3	Ja
Saarland	Privatwald	27281	28642	16	23957	33326	-1361	-5	Ja
Saarland	Alle Eigentumsarten	96577	98799	8	90664	106934	-2222	-2	Ja
Sachsen	Bundeswald	21331	21161	25	15809	26513	170	1	Ja
Sachsen	Landeswald	205997	207317	8	191585	223050	-1321	-1	Ja
Sachsen	Körperschaftswald	55740	56995	14	49153	64837	-1255	-2	Ja
Sachsen	Privatwald	241288	245746	6	230887	260606	-4458	-2	Ja
Sachsen	Alle Eigentumsarten	524356	531219	4	509942	552496	-6863	-1	Ja
Sachsen-Anhalt*	Bundeswald	63700	41853	17	34540	49167	21847	52	Nein
Sachsen-Anhalt*	Landeswald	150266	153462	9	139684	167239	-3196	-2	Ja
Sachsen-Anhalt*	Körperschaftswald	69513	41853	15	35652	48055	27660	66	Nein
Sachsen-Anhalt*	Privatwald	497130	283705	6	267219	300192	213425	75	Nein
Sachsen-Anhalt*	Unbekannt	125							N/A
Sachsen-Anhalt*	Alle Eigentumsarten	780735	520874	4	499119	542628	259861	50	Nein
Schleswig-Holstein	Bundeswald		5674	38	3499	7848			N/A
Schleswig-Holstein	Landeswald	50846	57733	14	49576	65890	-6887	-12	Ja
Schleswig-Holstein	Körperschaftswald	20670	27174	19	21908	32441	-6505	-24	Nein
Schleswig-Holstein	Privatwald		91875	10	82951	100800			N/A
Schleswig-Holstein	Alle Eigentumsarten	71516	182457	7	169493	195421	-110941	-61	Nein
Thüringen	Bundeswald	13576	13864	42	8042	19686	-288	-2	Ja
Thüringen	Landeswald	203047	205732	10	185131	226334	-2685	-1	Ja
Thüringen	Körperschaftswald	94127	86307	15	73214	99401	7820	9	Ja
Thüringen	Privatwald	247701	249916	9	228342	271490	-2215	-1	Ja
Thüringen	Unbekannt	324							N/A
Thüringen	Alle Eigentumsarten	558775	555819	5	527287	584352	2956	1	Ja
Hamburg + Bremen	Bundeswald	209							N/A
Hamburg + Bremen	Landeswald	3916	9890	61	3901	15878	-5973	-60	Ja
Hamburg + Bremen	Körperschaftswald	225	1978	161	-1208	5163	-1753	-89	Ja
Hamburg + Bremen	Privatwald	592	1187	145	-537	2910	-595	-50	Ja
Hamburg + Bremen	Sonstige	1460							N/A
Hamburg + Bremen	Alle Eigentumsarten	6402	13054	52	6223	19886	-6653	-51	Ja
Deutschland (alle Länder)	Alle Eigentumsarten	10105954	11538455	1	11404094	11672817	-1432501	-12	Nein

* Die WEA-Flächen in Sachsen-Anhalt beinhalten neben Wald auch andere Landbedeckungsarten.

7.3 Berechnungsgrundlage für den Ökologischer Kernwert

Der Ökologische Kernwert (engl. Ecological Coreness) wurde als Kombination aus der Distanz eines jeden Waldpixels zur nächstgelegenen Waldkante und der Fläche des zugehörigen zusammenhängenden Waldpolygons (Patch) ermittelt. Beide Eingangsgrößen wurden auf ein dimensionslosen Werteintervall von 0 bis 1 standardisiert. Unter Invertierung der Distanzmetrik erfolgte die Berechnung des Ökologischen Kernwert nach folgender Gleichung:

$$EC = (1 - D^*) \times A^*$$

wobei D* den standardisierten Distanzwert und A* die standardisierte Fläche der Waldfläche repräsentiert. Hohe Ökologische Kernwerte indizieren somit ausgedehnte, unfragmentierte Waldpolygone mit geringer Exposition gegenüber Kantenartikulationen, wohingegen niedrige Ökologische Kernwerte Werte auf kleinflächige, stark fragmentierte oder randliniendominierte Waldbestände hinweisen.

In Vorbereitung für die Analysen wurden Daten des Ökologischen Kernwert-Index und Landnutzungsdaten (Corine Land Cover, 2018) harmonisiert. Für bewaldete Gebiete wurde zusätzlich eine optimierte, binäre Waldmaske genutzt. Rasterzellen wurden dabei als Wald definiert, wenn mindestens 50 Prozent eines 10 Meter Pixels mit Wald bedeckt waren. Anschließend wurde von 10 Meter Rasterellen auf 100 Meter aggregiert. Kontinuierliche Werte des Ökologischen Kernwertes wurden auf 100 Meter aggregiert, indem der Mittelwert der gültigen 10-Meter-Waldpixel innerhalb jeder 100-Meter-Zelle berechnet wurde.

Rasterzellen wurden als Waldrand definiert, sobald eine der acht angrenzenden Rasterzellen (innerhalb eines 3 x 3 Pixel-Rasters) als Nichtwald nach Corine klassifiziert war, dabei wurden Ökologische Kernwerte von 0 als gültige Waldrandwerte beibehalten. Für jede Waldrandrasterzelle wurden die unmittelbar angrenzenden Nichtwald-Rasterzellen ebenfalls identifiziert. Gemäß dem Fall, dass mehrere Landnutzungstypen auftraten, wurde der jeweilige Modaltyp zugewiesen.

Zur Erfassung des weiteren räumlichen Kontextes wurde ein kreisförmiger Puffer von 1 km Radius um jede Waldrandzelle gelegt. In die Pufferanalyse flossen ausschließlich zuvor nach Corine Land Cover definierte Nichtwald-Pixel ein, während die als Wald definierten Rasterzellen ausgeschlossen wurden. Innerhalb des 1-km-Radius wurden die absolute Fläche sowie die prozentualen Anteile verschiedener Nichtwald-Landnutzungstypen berechnet. Die Landnutzungstypen umfassten hierbei Ackerland, Grünland, Siedlungsflächen, Industrie- und Gewerbeflächen, Gewässer, natürliche Flächen (z. B. Felsbereiche, hochalpine Zonen, Gletscher oder Sanddünen) und naturnahe Flächen (z. B. Heideflächen, Naturlandschaftsweiden oder Übergangsgebüsche) sowie Feuchtgebiete.

Für die statistische Auswertung wurde ein zweistufiger analytischer Ansatz angewandt, indem parametrische gemischte Modelle mit nicht-parametrischen Verfahren des maschinellen Lernens kombiniert wurden.

Um Repräsentativität für alle Landnutzungstypen zu gewährleisten, wurde zunächst eine stratifizierte Zufallsstichprobe von maximal 5.000 Waldrandrasterzellen je Nutzungstyp gezogen. Nutzungstypen mit weniger als 5.000 Rasterzellen wurden vollständig übernommen, was eine Gesamtstichprobengröße von 107.676 ergab.

Die Stichprobenpunkte wurden räumlichen Blöcken von 20 km × 20 km zugewiesen, um den Einfluss räumlicher Autokorrelation zu verringern. Die jeweiligen Landnutzungstypen wurden nur dann beibehalten, wenn sie mindestens 200 Rasterzellen aufwiesen, die sich auf mindestens 10 räumliche Blöcke verteilten. Der finale Evaluierungsdatensatz umfasste somit 107.440 Stichprobenpunkte aus 28 Landnutzungstypen innerhalb von 1.001 räumlichen Blöcken.

Anschließend wurde ein Beta-Regressionsmodell (Beta Mixed-Effects Regression) für die statistische Analyse angewandt, da die Ökologischen Kernwerte eine Spanne von 0 bis 1 und eine rechtsschiefe Verteilung aufwiesen. Die Nichtwald-Landnutzungstypen aus CORINE wurden als fixierter Effekt (Fixed Effect) integriert, der 20 km räumliche Radius als zufällige Achsenabschnitt (Random Intersept).

[96] Thünen-Institut: Vierte Bundeswaldinventur (2022) > Wem gehört der Wald > Streuungsmaß SE 95. Link: https://bwi.info. Letzter Zugriff: 10.09.2026.

[97] Thünen-Institut: Aufnahmeanweisung für die vierte Bundeswaldinventur (BWI 2022). https://bwi.info/Download/de/Methodik/Aufnahmeanweisung_BWI2022_20210629.pdf. Letzter Zugriff: 05.10.2026.
Anmerkung: Die Stichproben werden innerhalb eines Gitternetzes mit einer Quadratgröße von 4 x 4 km verteilt. In manchen Landesteilen sind die Quadrate im Gitternetz auf eine Größe von bis zu 2 x 2 km verdichtet.

Für den Gesamtsignifikanztest wurde das vollständige Modell mittels eines Likelihood-Ratio-Tests mit einem Nullmodell verglichen, um festzustellen, ob der angrenzende CORINE-Landbedeckungstyp die Modellanpassung signifikant verbessert. Dabei wurden paarweise Vergleiche mit geschätzte Randmittel berechnet und auf die ursprüngliche ökologische Wertespanne zurücktransformiert. Um die CORINE-Landnutzungstypen zu vergleichen, wurden wiederum paarweise Tukey-adjustierte Tests und Kompakte-Buchstaben-Gruppen angewandt. Die Modellleistung wurde mithilfe von DHARMa-simulationsbasierten Residualdiagnostiken, einschließlich Tests auf Gleichverteilung, Dispersion, Ausreißer und Unterschiede zwischen den CORINE-Landnutzungytypen durchgeführt. Anhand einer maschinellen Lernanalyse wurde eine separate Stichprobe von etwa 200.000 Waldrandzellen für die XGBoost-Regression vorbereitet, wobei die prozentuale Landbedeckung in einem Umkreis von 1 km als Prädiktoren für den Ökologischen Kernwert verwendet wurde. Nicht zuletzt wurden SHAP-Werte verwendet, um die Richtung und den relativen Beitrag der umgebenden Landbedeckungsvariablen zum vorhergesagten EC am Waldrand zu bewerten. Sowohl die Analysen mit gemischten Effekten als auch die SHAP-Analysen wurden dahingehend interpretiert, dass sie statistische und räumliche Assoziationen aufzeigen und keine direkten kausalen Zusammenhänge.

Tabelle 15 *Verlust von geschütztem Laubwald im Vergleich zu nicht geschütztem Laubwald. Waldverlust und -veränderungen des Ökologischen Kernwerts in geschützten und ungeschützten Laubwäldern in Deutschland (2017–2025).*

Schutzstatus	Laubwald 2017	Flächenverlust bis 2025 (km²)	Flächenverlust bis 2025 (%)
Geschützter Laubwald	31.908,77 km²	2.632,41	8,25
Ungeschützter Laubwald	23.494,92 km²	3.252,02	13,84

Tabelle 16 *Veränderungen des Ökologischen Kernwerts für geschützte und ungeschützte Laubwälder in Deutschland zwischen 2017 und 2025.*

Indikator	Geschützter Wald	Ungeschützter Wald
Verlust Laubwald (2017-2025)	-8,25 %	-13,84 %
Mittlerer Ökologischer Kernwert, 2017	0,0318	0,0167
Mittlerer Ökologischer Kernwert, 2025	0,0287	0,0159
Mittlere Veränderung Ökologischer Kernwert , 2017–2025	-9,83 %	-4,69 %
Interpretation	Niedrige Waldflächenverluste und höhere Ökologische Kernwerte	Höhere Waldflächenverluste und niedrigere Ökologische Kernwerte

7.4 Waldvitalität und Schadflächenentwicklung

Der NDVI ist der am häufigsten verwendete fernerkundliche Vegetationsindex (Tucker 1979[98]) und ist besonders geeignet, um die fotosynthetische Aktivität und somit die Vitalität von Pflanzenbeständen abzuleiten. Um die beste Vergleichbarkeit zwischen Jahren zu ermöglichen, wurden aus vielen einzelnen Satellitenszenen Jahreskomposite erstellt, welche jeweils den Jahreshöhepunkt der Vitalität für jedes 10 Meter Pixel wiedergibt. Dieses jährliche Saisonmaximum ist wenig anfällig für Wolken und jahreszeitliche Schwankungen.

Für die Auswertung wurde für jedes Jahr von 2016 bis 2026 der maximale NDVI der Vegetationsperiode (Mai bis September) verwendet. Als Bezugsjahr dienen dabei die Jahre 2016/2017, die letzten beiden Jahre vor der Dürreperiode 2018–2020. Der Referenzzeitraum basiert aus einer Kombination aus 2016 und 2017, im Folgenden

[98] Tucker, C. J. (1979): Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. In: Remote Sensing of Environment, Band 8, Heft 2, S. 127–150.

vereinfacht als 2017 bezeichnet. Die Zeitreihe wurde mit der Baumartenkarte verschnitten. Für jede dominante Baumart und jedes Jahr wurden per zonaler Statistik Median, 25. und 75. Perzentil sowie die Flächengröße berechnet.

Die Ableitung der Schadflächen erfolgt auf Basis der jährlichen NDVI-Änderungen. Berücksichtigt wurden dabei nur Waldbestände mit einer sehr deutlichen Vitalitätsverschlechterung im jeweiligen Zeitraum und repräsentieren meist Kahlflächen, Holzentnahmeflächen oder Flächen komplett abgestorbener Bestände (größer als 0,03 Hektar). Flächen mit Laubbäumen werden bei einer NDVI-Veränderung von <= -0,12 zwischen zwei aufeinanderfolgenden Jahren als Schadfläche klassifiziert, Flächen mit Nadelbäumen bei einer Veränderung von <= -0,10. Die gewählten Schwellenwerte liegen innerhalb der in der internationalen Literatur für feldvalidierte NDVI-Störungsdetektion berichteten Spanne (–0,05 bis –0,2 absolute Jahresdifferenz; Gao et al 2022[99]). Eine einheitliche, allgemeingültige Schwellenwertkonvention existiert in der Literatur nicht, da die geeignete Schwelle stark von Sensor, Kompositierungsverfahren und Untersuchungsgebiet abhängt.

7.5 Waldstabilitätsindex

Der Waldstabilitätsindex basiert auf einer Sentinel-2-NDVI-Zeitreihe seit 2017. Pro Pixel wird dargestellt, wie stark sich die Waldvitalität über die Jahre 2017 bis 2026 verändert hat. Dafür wurde für jedes Pixel die mittlere absolute Veränderung des NDVI-Saisonmaximums von Jahr zu Jahr berechnet.

Als Maß für die Stabilität dient die mittlere absolute Veränderung des NDVI von Jahr zu Jahr (MAD):

$$MAD = 1/9 \cdot \sum |NDVI_t - NDVI_{t-1}|,\ t = 2018, \ldots, 2026$$

Für jedes Pixel werden die neun jährlichen Differenzen als Beträge gemittelt. Ein niedriger Wert beschreibt einen über die Jahre gleichbleibenden Vegetationszustand und damit eine hohe Stabilität. Ein hoher Wert weist auf starke Schwankungen hin, etwa durch Absterben, Holzeinschlag, Kalamitäten oder Wiederbewaldung. Da Beträge verwendet werden, erfasst der Index Abnahmen und Zunahmen gleichermaßen. Er beschreibt somit die Dynamik eines Bestands, nicht die Richtung der Veränderung. Da beim MAD niedrige Werte eine hohe Stabilität bedeuten, wurde aus Gründen der besseren Kommunikation der Kehrwert gebildet und anschließend linear auf den Wertebereich 0 bis 1 normiert (Min-Max-Normierung über alle Waldpixel):

$$WS = (1/MAD - \min(1/MAD)) / (\max(1/MAD) - \min(1/MAD))$$

Der resultierende Waldstabilitätsindex (WS) nimmt somit Werte zwischen 0 und 1 an. Hohe Werte kennzeichnen eine hohe Stabilität, niedrige Werte eine starke Dynamik des Vegetationszustands. Durch die Umkehrung ist der Index direkt mit den übrigen Komponenten vergleichbar, bei denen hohe Werte ebenfalls eine günstige Ausprägung bedeuten.

Für die Darstellung wurde der Index in fünf Klassen eingeteilt (mit dem Verfahren Natural Breaks), von „sehr instabil“ bis „sehr stabil“. Die Klassengrenzen ergeben sich dabei aus der Verteilung der Daten selbst. Sie sind daher als relative Einteilung zu verstehen, nicht als feste Schwellenwerte. Das Klassenraster wurde in ArcGIS Pro mit der Baumartenkarte (10 m, identisches Raster), den Grenzen der Bundesländer, den Eigentumsdaten und den Schutzgebieten verschnitten (Werkzeuge „Kombinieren“ und „Fläche tabellieren“). Für jede Kombination aus Bundesland, Baumart, Eigentumsart und Schutzstatus wurden die Flächenanteile aller fünf Klassen berechnet. Gruppen mit weniger als 1.000 Hektar werden nicht als eigener Anteil ausgewiesen.

Für die Analysen zum Waldstabilitätsindex nach Bundesland, Eigentumsart, Schutzstatus und Baumart wurden alle Daten miteinander kombiniert, um eine Aussage in den Bundesländern treffen zu können und hier eine Vergleichbarkeit herzustellen. Diese basieren auf den Stabilitätsklassen der NDVI-Zeitreihe, der Baumartenkarte und den Informationen aus Eigentum und Schutzstatus. Alle Daten wurden in ein 10-Meter-Raster überführt und mit der Waldfläche der Baumartenkarte, den Ländergrenzen und den Schutzgebietsmasken verschnitten. Für die Auswertung standen somit 9,16 Millionen Hektar Wald mit Eigentumsangabe zur Verfügung. Die Differenz zur Polygonfläche ergibt sich vor allem daraus, dass die Eigentumspolygone auch Nichtholzboden enthalten (z. B. Wege, Blößen, Gewässer). Für einzelne Länder sind die Eigentumsdaten unvollständig (kein Privatwald in Hessen, Nordrhein-Westfalen, Schleswig-Holstein und Berlin; kein Körperschaftswald in Niedersachsen).

[99] Gao, Y., Quevedo, A., & Loya, J. (2020). Forest Disturbance Detection By Landsat-Based Ndvi Time Series For Ayuquila River Basin, Jalisco, Mexico. 2020 IEEE Latin American GRSS & ISPRS Remote Sensing Conference (LAGIRS), 82–86. https://doi.org/10.1109/LAGIRS48042.2020.9165583

7.6 Wald und Bevölkerungszahlen

Die Einwohnerzahl pro Hektar Wald wurde berechnet, indem die Gesamteinwohnerzahl des Bundeslandes durch die kartierte Waldfläche geteilt wurde. „Die Bevölkerung in 100-Meter-Rasterzellen mit Waldüberlappung“ entspricht der Gesamtzahl der Einwohner, die denjenigen 100-Meter-Bevölkerungsrasterzellen zugeordnet wurden, die sich räumlich mit der kartierten Waldmaske überschneiden.

7.7 Wälder und Ökosystemleistungen (Kühlung)

Die Oberflächentemperatur (Land Surface Temperature, LST) an heißen Tagen für Deutschland im Jahr 2026 wurde mithilfe von Google Earth Engine aus Landsat-8- und Landsat-9-Satellitenbildern abgeleitet. Ein heißer Tag wurde als ein Tag definiert, an dem mindestens ein valider Pixel innerhalb Deutschlands eine Oberflächentemperatur von über 40 °C aufwies. Entsprechende Landsat-Beobachtungen dieser ausgewählten Tage wurden gemittelt, um ein Raster mit einer Auflösung von 30 Metern zu erstellen. Wolken, Wolkenschatten und andere ungültige Beobachtungen wurden mithilfe von Filtern ausgeschlossen. Einige Pixel wiesen aufgrund von Bewölkung und begrenzten Satellitenbeobachtungen fehlende Temperaturwerte auf. Diese Lücken wurden mithilfe eines Random-Forest-Modells gefüllt, welches Sentinel-2-NDVI- sowie Dynamic-World-Landbedeckungsdaten und SRTM-Höhendaten als Prädiktoren nutzte. Abgeleitete Landsat-Temperaturen blieben hierbei erhalten. Das Random-Forest-Modell wurde mittels zufälliger und räumlicher Validierung evaluiert und erzielte RMSE-Werte von 2,84 °C bzw. 3,09 °C. Bei weniger Lückenfüllung war jedoch für weniger als 0,5 Prozent der Waldfläche erforderlich, somit ist der Einfluss der modellbasierten Schätzungen auf die Gesamtanalyse der Waldtemperatur sehr begrenzt. Die finale LST-Analyse umfasste etwa 2,87 Millionen Waldpixel. Etwa 28,0 Prozent der Stichprobe stammen aus Daten für die Kiefer, 22,2 Prozent für Buche, 22,0 Prozent für Fichte und 12,9 Prozent für Eiche. Damit machen die vier Baumarten etwa 85 Prozent aller beprobten Waldpixel aus. Die übrigen Arten waren weniger häufig vertreten: Douglasie 4,4 Prozent, sonstiges Laubholz 3,1 Prozent, Lärche 2,6 Prozent, Erle 1,9 Prozent, Birke 1,7 Prozent und Tanne 1,0 Prozent.

7.8 Wald- und Forstbrandrisiko

Für die Entwicklung des neuartigen Wald- und Forstbrandrisikoindexes wurden fünf Indikatoren miteinander verrechnet. Zum einen die Veränderung der Vegetationsgrünheit (NDVI) (2024–2026), zum anderen der Niederschlag (Oktober 2025–September 2026) sowie der Ökologische Kernwert (2025), die Landoberflächentemperatur an heißen Tagen (LST) (2026) und das baumartspezifische Kalamitätsgewicht (2025). Heiße Tage wurden als Tage definiert, an denen die Landoberflächentemperatur in mindestens einem Pixel in Deutschland 40 °C erreichte oder überschritt. Ein erhöhtes Risiko war mit sinkendem NDVI, geringerem Niederschlag, einem geringeren Ökologischen Kernwert und höherer LST an heißen Tagen verbunden. Die artenspezifische Störungsanfälligkeit wurde mithilfe von Kalamitätsgewichten von 100 für Kiefern und andere Nadelgehölze, 80 für Fichten und 40 für Laubwälder berücksichtigt. Gemeinsam repräsentieren diese Indikatoren den Vegetationszustand, die Feuchteverfügbarkeit, die Waldvernetzung, die thermische Belastung und die artbezogene Störungsanfälligkeit.

7.9 Strukturelle und landschaftsökologische Bewertung des Waldes

Ziel der Strukturell-landschaftsökologischen (SLÖ) Werte ist es, die ökologische Wertigkeit von Waldflächen flächendeckend und pixelgenau aus Fernerkundungsdaten abzubilden. Dazu werden mehrere Merkmale, die jeweils einen Aspekt der Waldstruktur und -dynamik beschreiben, zu einem additiven Gesamtwert zusammengeführt. Die Werte sollen zeigen, wo strukturreiche, stabile und zusammenhängende Wälder liegen und ob diese in bestimmten Eigentumsarten, Schutzgebieten oder Bundesländern gehäuft auftreten.

Beide Werte setzen sich aus gleich gewichteten Komponenten zusammen (Tab. 1). Der SLÖ-Wert I umfasst vier Komponenten, die ausschließlich die Struktur und Dynamik der Bestände beschreiben. Der SLÖ-Wert II ergänzt diese um die ökosystemtypischen Baumarten und bezieht damit zusätzlich die Baumartenzusammensetzung mit ein.

Tabelle 17 *Komponenten der SLÖ-Werte I und II.*

Komponente	Datengrundlage und Aussage	SLÖ-Wert I	SLÖ-Wert II
Ökologischer Kernwert	Lage im Waldinneren bzw.Abstand zum Waldrand (Kernflächen)	X	X
Stabilität	NDVI-Zeitreihe 2017–2026; normierter Stabilitätsindex S (Kehrwert des MAD)	X	X
KHSI	Kronenhöhenmodell 2025 (aus Sentinel-2); vertikale Strukturvielfalt aus Rao's Q und Rumple-Index	X	X
Kronenhöhe	Kronenhöhenmodell 2025 (aus Sentinel-2); Bestandshöhe	X	X
Ökosystemtypische Baumarten	Baumartenkarte und Karte der potentiellen natürlichen Vegetation; Naturnähe derBaumartenzusammensetzung	–	X

Klassifikation der Komponenten und Berechnung

Jede Komponente wurde zunächst in fünf Klassen von 1 (sehr gering) bis 5 (sehr hoch) eingeteilt [Klassifikationsverfahren: Natural Breaks]. Die Klassen sind so ausgerichtet, dass hohe Werte jeweils eine ökologisch günstige Ausprägung bedeuten, also große Kernflächen, hohe Stabilität, hohe vertikale Strukturvielfalt, hohe Bestände und hohe Naturnähe. Die Stabilität geht als normierter Stabilitätsindex S ein, bei dem hohe Werte eine geringe Dynamik des NDVI anzeigen. Anschließend wurden die Klassenwerte je Pixel ohne zusätzliche Gewichtung aufsummiert:

SLÖ-Wert I =
Coreness + Stabilität + KHSI + Kronenhöhe (4–20)

SLÖ-Wert II =
SLÖ-Wert I + Ökosystemtypische Baumarten (5–25)

Pixel, für die mindestens eine Komponente keinen Wert hat, erhalten keinen Indexwert. Dies betrifft rund 11–12 Prozent der Waldfläche, vor allem Schadflächen in Sachsen-Anhalt und Thüringen.

Klassen der Gesamtwerte

Um beide Werte trotz unterschiedlicher Wertebereiche vergleichbar zu machen, wurden die Klassen des Gesamtwerts über die mittlere Komponentenklasse (Indexwert ÷ Anzahl der Komponenten) abgeleitet (Tab. 2). Die Klasse „mittel" entspricht damit im Mittel der Klasse 3 in allen Komponenten, die Klassen „hoch" und „sehr hoch" einer mittleren Komponentenklasse von mindestens 3,4 bzw. über 4.

Tabelle 18 *Klassengrenzen der SLÖ-Werte I und II.*

Klasse	SLÖ-Wert I	SLÖ-Wert II
sehr gering	4–7	5–8
gering	8–10	9–12
mittel	11–13	13–16
hoch	14–16	17–20
sehr hoch	17–20	21–25

Begründung für zwei Varianten

Die Kategorie „ökosystemtypischen Baumarten" unterscheidet sich in ihrer Art von den übrigen Komponenten: Sie hängt unmittelbar von der Baumartenwahl und damit stark von der bisherigen Bewirtschaftung ab. Ein strukturell vielfältiger, stabiler Bestand aus nicht ökosystemtypischen Baumarten kann im SLÖ-Wert I hoch und im SLÖ-Wert II deutlich niedriger bewertet werden. Der Vergleich beider Varianten dient daher als Robustheitsprüfung: Er zeigt, welche Aussagen unabhängig von der Baumartenzusammensetzung gelten und welche erst durch die ökosystemtypischen Baumarten entstehen. Die Übereinstimmung der Rangfolgen wurde mit der Rangkorrelation nach Spearman (ρ) geprüft. Eine Auswertung des SLÖ-Werts II nach Baumarten unterbleibt, da die Baumart über die ökosystemtypischen Baumarten bereits im Index enthalten ist (Zirkelschluss).

Räumliche Auswertung

Die SLÖ-Raster wurden in ArcGIS Pro mit den Bundesländern, den Eigentumsdaten (Landes-, Körperschafts-, Privat-, Bundeswald, Sonstige, Unbekannt) und einem Datensatz des Waldes ohne Schutzstatus kombiniert (Werkzeuge „Kombinieren" und „Fläche tabellieren"). Wald mit Schutzstatus ergibt sich je Zone als Differenz aus gesamtem Wald und Wald ohne Schutzstatus. Bezugsfläche ist der Wald mit Eigentumsangabe (9,16 Millionen Hektar). Die Nationalparke wurden getrennt über ihre Grenzpolygone ausgewertet und dem Wald desselben Bundeslandes gegenübergestellt. Für alle Gruppen wurden die Flächenanteile der fünf Klassen bezogen auf die Fläche mit Indexwert berechnet. Gruppen unter 1.000 Hektar werden nicht als eigener Anteil ausgewiesen.

Methodische Einschränkungen

Die gleiche Gewichtung der Komponenten ist eine Setzung; andere Gewichtungen können zu anderen Rangfolgen führen. Kronenhöhe und KHSI beruhen auf demselben Kronenhöhenmodell und sind daher nicht vollständig unabhängig voneinander. Fehlende Indexwerte auf Schadflächen führen dazu, dass die Anteile in stark geschädigten Regionen nur die verbleibenden Bestände beschreiben. Die Werte bilden fernerkundlich erfassbare Strukturmerkmale ab; Totholz, Bodenvegetation oder Artenvorkommen sind nicht enthalten.

7.10 Komplexe statistische Analysen

Für die komplexen statistischen Analysen wurde zunächst ein räumlich verteiltes Stichprobenverfahren angewendet, um die Landoberflächentemperatur von Wäldern in ganz Deutschland an heißen Tagen im Jahr 2026 zu untersuchen. Um direkte Randeffekte zu minimieren, wurden dabei Waldpixel im Umkreis von 30 Meter um Waldränder ausgeschlossen. Anschließend wurde eine räumliche Ausdünnung (Spatial Thinning) angewendet, um räumliche Cluster zu reduzieren und die geografische Repräsentativität zu verbessern. Aus den verbleibenden Stichprobenstandorten wurden 120.000 Waldpixel zufällig ausgewählt, um die Variationen in der Waldstruktur, der Landschaftskonfiguration und den Umweltbedingungen zu erfassen.

Um die Beziehung zwischen der Waldoberflächentemperatur und dem Ökologischen Kernwert herzustellen, wurde ein Regressionsmodell auf bundesweiter und lokaler räumlicher Ebene angewandt. Nicht-lineare Effekte vom Ökologischen Kernwert wurden unter Berücksichtigung von dominierender Baumart, Kronenhöhe, NDVI-Veränderung, Niederschlag, Höhenlage und Waldstabilität ausgewertet. Um die geografische Heterogenität zu kontrollieren, wurden feste Effekte für räumliche Blöcke (Spatial-Block Fixed Effects) auf drei räumlichen Auflösungen einbezogen: 5 × 5 km, 10 × 10 km und 20 × 20 km. Dabei wurden Cluster-robuste Standardfehler verwendet, um räumliche Abhängigkeiten innerhalb der Blöcke zu berücksichtigen.

Die Gesamtsignifikanz vom Ökologischen Kernwert wurde mithilfe von gemeinsamen Wald-Tests bewertet, wobei die statistische Signifikanz als $p < 0,05$ definiert wurde. Vom Modell vorhergesagte Temperaturdifferenzen wurden entlang des Kernwert-Gradienten relativ zu einem Referenzwert von Ökologischer Kernwert = 0,10 zusammen mit 95-%-Konfidenzintervallen geschätzt. Die Modellgüte wurde anhand des Akaike-Informationskriteriums (AIC), des mittleren quadratischen Fehlers (RMSE) und einer fünfstufigen räumlichen Kreuzvalidierung bewertet. Zusätzliche wurde eine Analyse anhand einer ausgewogenen Stichprobe durchgeführt, um die Sensitivität der Ergebnisse gegenüber der Stichprobenstrategie beurteilen zu können.

Um den Einfluss von Wald- und Umwelteigenschaften auf die LST zu beurteilen, wurde ein lineares gemischtes Modell (LMM) verwendet. Somit konnten die Zusammenhänge zwischen der Wald-LST und den strukturellen, landschaftlichen sowie umweltbezogenen Eigenschaften des Waldes quantifiziert werden. Das verwendete Modell enthielt dabei den Ökologische Kernwert (2025), die NDVI-Veränderung (2024–2026), die Kronendachhöhe (2025), den Niederschlag (2026), die Höhenlage, die Waldstabilität und den dominierenden Waldtyp als feste Effekte. Räumliche Variationen wurden durch die Einbeziehung zufälliger Achsenabschnitte (Random Intercepts) für räumliche Blöcke von 20 × 20 km berücksichtigt.

Alle kontinuierlichen Prädiktoren wurden auf z-Werte standardisiert, wodurch geschätzte Koeffizienten auf einer gemeinsamen Skala verglichen werden konnten. Infolgedessen repräsentieren die Koeffizienten die geschätzte Differenz der LST in Grad Celsius, die mit einem Anstieg des jeweiligen Prädiktors um eine Standardabweichung verbunden ist, während die übrigen Variablen konstant gehalten werden. Der Waldtyp wurde als kategorialer Prädiktor einbezogen, wobei Nadelwälder als Referenzkategorie dienten. Modellanpassung und Erklärungsgehalt wurden mittels AIC, marginalem und konditionalem R^2 sowie dem Intraklassen-Korrelationskoeffizienten (ICC) bewertet, welcher den Anteil der Varianz quantifizierte, der auf Unterschiede zwischen den räumlichen Blöcken zurückzuführen ist.

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: *Die Wald-Allianz mit sieben Gründungsorganisationen (blau) und zehn Waldpartnern (grüne Kreise).* **S. 17**

Abb. 2: *Bundesweit harmonisierter Datensatz der Waldeigentumsarten mit unterschiedlicher Vollständigkeit der Bundesländer.* **S. 27**

Abb. 3: *Baumartenzusammensetzung in Deutschland.* **S. 31**

Abb. 4: *Karte der dominanten Baumarten in Deutschland (2017).* **S. 32**

Abb. 5: *Baumartenzusammensetzung in Bayern.* **S. 33**

Abb. 6: *Baumartenzusammensetzung in Baden-Württemberg.* **S. 33**

Abb. 7: *Baumartenzusammensetzung in Brandenburg.* **S. 34**

Abb. 8: *Baumartenzusammensetzung in Niedersachsen.* **S. 34**

Abb. 9: *Baumartenzusammensetzung in Hessen.* **S. 35**

Abb. 10: *Baumartenzusammensetzung in Nordrhein-Westfalen.* **S. 35**

Abb. 11: *Baumartenzusammensetzung in Rheinland-Pfalz.* **S. 36**

Abb. 12: *Baumartenzusammensetzung in Sachsen.* **S. 36**

Abb. 13: *Baumartenzusammensetzung in Mecklenburg-Vorpommern.* **S. 37**

Abb. 14: *Baumartenzusammensetzung in Thüringen.* **S. 37**

Abb. 15: *Baumartenzusammensetzung in Sachsen-Anhalt.* **S. 38**

Abb. 16: *Baumartenzusammensetzung in Schleswig-Holstein.* **S. 38**

Abb. 17: *Baumartenzusammensetzung im Saarland.* **S. 39**

Abb. 18: *Baumartenzusammensetzung in Berlin.* **S. 39**

Abb. 19: *Baumartenzusammensetzung in Hamburg.* **S. 40**

Abb. 20: *Baumartenzusammensetzung in Bremen.* **S. 40**

Abb. 21: *Baumartenvielfalt je Bundesland.* **S. 42**

Abb. 22: *Anteil der Waldfläche mit mutmaßlichen Monokulturen je Bundesland.* **S. 43**

Abb. 23: *Baumartenvielfalt nach Eigentumsart.* **S. 44**

Abb. 24: *Anteil der Waldfläche mit mutmaßlichen Monokulturen nach Eigentumsart.* **S. 44**

Abb. 25: *Flächenanteile der Eigentumsarten an der Waldfläche der Bundesländer.* **S. 45**

Abb. 26: *Baumartenvielfalt je Bundesland und Eigentumsart.* **S. 46**

Abb. 27: *Anteil der Waldfläche mit mutmaßlicher Monokultur je Bundesland und Eigentumsart.* **S. 47**

Abb. 28: *Karte der Baumkronenhöhe Stand 2025.* **S. 48**

Abb. 29: *Kronenhöhenklassen im Wald der Bundesländer.* **S. 49**

Abb. 30: *Kronenhöhenklassen im Wald nach Eigentumsart.* **S. 50**

Abb. 31: *Kronenhöhenklassen im Wald nach Schutzgebietskategorie.* **S. 51**

Abb. 32: *Anteil der Waldfläche mit mutmaßlicher Monokultur nach Kronenhöhenklasse.* **S. 51**

Abb. 33: *Anteil der Waldfläche mit mutmaßlicher Monokultur je Kronenhöhenklasse und Bundesland.* **S. 52**

Abb. 34: *Vertikale Waldstruktur je Bundesland.* **S. 53**

Abb. 35: *Vertikale Waldstruktur je Eigentumsart.* **S. 54**

Abb. 36: *Vertikale Waldstruktur je Schutzgebietskategorie* **S. 55**

Abb. 37a: *Ökologischer Kernwert für den Gesamtwald in Deutschland für das Jahr 2017.* **S. 58**

Abb. 37b: *Ökologischer Kernwert für den Gesamtwald in Deutschland für das Jahr 2025.* **S. 59**

Abb. 38a: *Ökologischer Kernwert für Laubwald in Deutschland für das Jahr 2017.* **S. 62**

Abb. 38b: *Ökologischer Kernwert für Laubwald in Deutschland für das Jahr 2025.* **S. 63**

Abb. 39: *Hotspotkarte des ökologischen Kernwerts für Laubwald in Deutschland (2025).* **S. 64**

Abb. 40: *Ökologischer Kernwert geschützter und nicht geschützter Wälder in Deutschland (2025).* **S. 65**

Abb. 41: *Ökologischer Kernwert von Wäldern in Nationalparks.* **S. 66**

Abb. 42: *Ökologischer Kernwert von Wäldern in Biosphärenreservaten.* **S. 67**

Abb. 43: *Ökologische Kernwerte der Wälder nach Bundesländern und Waldeigentumsarten.* **S. 68–69**

Abb. 44: *Landbedeckungszusammensetzung im Umfeld von Waldrändern.* **S. 72**

Abb. 45: *An Wäldern angrenzende Flächen und ihre Ökologischen Kernwerte.* **S. 73**

Abb. 46: *Dichte des Hauptstraßennetzes der Bundesländer mit Bezug auf die Waldfläche.* **S. 75**

Abb. 47: *Anzahl der Waldfragmente in den verschiedenen Bundesländern in der Nähe von Hauptstraßen.* **S. 75**

Abb. 48: *Flächengröße der Waldfragmente in den verschiedenen Bundesländern in der Nähe von Hauptstraßen.* **S. 76**

Abb. 49: *(a–j) Jährliche NDVI Maximum Komposite (2017–2026) basierend auf Sentinel-2-Daten für bestockte Waldbestände.* **S. 77–86**

Abb. 50: *Entwicklung des saisonalen Grünheitsmaximums (NDVI) nach Baumart, 2017–2026.* **S. 87**

Abb. 51: *Abweichung des Median-NVDI vom Referenzjahr 2017 je Baumart (× 1000).* **S. 88**

Abb. 52: *Sentinel-2 Satellitenbild-Zeitreihe 2017-2023 eines Gebiets im Nationalpark Harz südlich des Brocken.* **S. 90**

Abb. 53: *Karte der Baumartenverteilung in Deutschland im Jahr 2017.* **S. 92**

Abb. 54: *Karte der Schadflächen (2017–2026) nach Periode des Auftretens.* **S. 93**

Abb. 55a: *Entwicklung der Schadflächen nach Baumarten – Deutschland.* **S. 95**

Abb. 55b: *Der Anteil der Baumarten an der gesamten Schadfläche.* **S. 95**

Abb. 56: *(a–f) Entwicklung der Schadflächen nach Baumarten in den Bundesländern und Anteil der Baumarten an der gesamten Schadfläche.* **S. 96–101**

Abb. 57: *Stabilitätsindex des NDVI (2017–2026) nach dominanter Baumart.* **S. 102**

Abb. 58: *Der Waldstabilitätsindex berechnet sich aus der NDVI-Zeitreihe von 2017–2026.* **S. 103**

Abb. 59: *Flächenanteile der fünf Stabilitätsklassen je Baumart.* **S. 104**

Abb. 60: *Flächenanteile der fünf Stabilitätsklassen (Natural Breaks) nach Bundesländern.* **S. 105**

Abb. 61: *Waldvitalität und Baumarten – das Beispiel des Arnsberger Walds (Nordrhein-Westfalen).* **S. 107**

Abb. 62: *Flächenanteile der fünf Stabilitätsklassen (Natural Breaks) nach den Eigentumsarten.* **S. 108**

Abb. 63: *Flächenanteile der fünf Stabilitätsklassen (Natural Breaks) nach Schutzgebietskategorie.* **S. 109**

Abb. 64: *Anteil stabiler Waldfläche (%) nach Bundesland, Eigentumsart, Schutzstatus und Baumart.* **S. 111**

Abb. 65: *Anteil instabiler Waldfläche (%) nach Bundesland, Eigentumsart, Schutzstatus und Baumart.* **S. 111**

Abb. 66: *Stabilität der Buche je Bundesland.* **S. 112**

Abb. 67: *Stabilität der Buche je Eigentumsart.* **S. 113**

Abb. 68: *Stabilität der Buche je Schutzgebietskategorie.* **S. 114**

Abb. 69: *Stabilität der Buche je Bundesland, Eigentumsart, und Schutzgebietsstatus.* **S. 116**

Abb. 70: *Abweichung vom Median aller Buchen des jeweiligen Bundeslandes.* **S. 116**

Abb. 71a: *Waldstabilitätsindex nach Wuchsgebieten.* **S. 118**

Abb. 71b: *Waldstabilitätsindex nach Wuchsgebieten.* **S. 119**

Abb. 72: *Bevölkerung in Deutschland und ihre räumliche Nähe zum Wald.* **S. 124**

Abb. 73: *Eigentumsstruktur der Wälder im Umkreis von 1 km von besiedelten Gebieten (2025).* **S. 124**

Abb. 74: *Verteilung von Oberflächentemperaturen 2026 im intakten Wald, auf Schadflächen sowie Grasland, Ackerland und urbanen Flächen im Vergleich.* **S. 126**

Abb. 75: *Oberflächentemperaturen der Waldflächen in Deutschland an heißen Tagen im Jahr 2026 (zur Mittagszeit).* **S. 127**

Abb. 76: *Ökologischer Kernwert und Oberflächentemperatur im Wald.* **S. 128**

Abb. 77: *Kronenhöhe und Waldoberflächentemperatur an heißen Tagen 2026.* **S. 129**

Abb. 78: *Statistisch geschätzte Temperaturänderungen im Zusammenhang mit verschiedenen Umwelt- und Waldparametern.* **S. 129**

Abb. 79: *Relative Kühlung der Waldökosysteme gemäß der verschiedenen dominierenden Baumarten.* **S. 130**

Abb. 80: *Wald- und Forstbrandrisiko im Jahr 2027.* **S. 132**

Abb. 81: *Verteilung der Wald- und Forstbrandrisikoklassen in den Bundesländern.* **S. 133**

Abb. 82: *Ökosystemtypische Baumarten.* **S. 136**

Abb. 83: *Der Strukturell-landschaftsökologische Wert I fasst den Stabilitätsindex (oben links), den Baumkronenhöhe 2025 (oben rechts), die vertikale Strukturvielfalt (unten links) und den Ökologischen Kernwert 2025 (unten links) zusammen.* **S. 137**

Abb. 84: *Strukturell-landschaftsökologischer Wert der Wälder (ohne Berücksichtigung von ökosystemtypischen Baumarten; SLÖ-Wert I).* **S. 138**

Abb. 85: *Strukturell-landschaftsökologischer Wert der Wälder (mit Berücksichtigung von ökosystemtypischen Baumarten; SLÖ-Wert II).* **S. 139**

Abb. 86: *SLÖ-Wert nach Eigentumsart und Schutzstatus – Deutschland.* **S. 140**

Abb. 87: *Anteil hoher SLÖ-Werte nach Bundesland, Eigentumsart und Schutzstatus.* **S. 141**

Abb. 88: *Anteil geringer SLÖ-Werte nach Bundesland, Eigentumsart und Schutzstatus.* **S. 142**

Abb. 89: *Anteil der Waldfläche in den Nationalparks mit SLÖ-Werten II im Vergleich mit Wäldern mit Schutzstatus und ohne Schutzstatus.* **S. 143**

Abb. 90: *Anteil der Waldfläche in den Nationalparks mit SLÖ-Werten I im Vergleich mit Wäldern mit Schutzstatus und ohne Schutzstatus.* **S. 144**

Abb. 91: *Klassenanteile (%) des SLÖ-Werts I und des SLÖ-Werts II je Nationalpark.* **S. 145**

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: *Waldflächenanteile in Deutschland und in den Bundesländern.* **S. 30**

Tabelle 2: *Zerschneidung beziehungsweise Verbundsituation (Ökologischer Kernwert) der Waldflächen Deutschlands und deren Veränderung (2017–2025).* **S. 57**

Tabelle 3: *Statistik der Ökologischen Kernwerte der Waldflächen Deutschlands.* **S. 57**

Tabelle 4: *Veränderungen der Waldflächenverteilung über Klassen des Ökologischen Kernwerts in Deutschland zwischen 2017 und 2025.* **S. 57**

Tabelle 5: *Zerschneidung beziehungsweise Verbundsituation (ökologischer Kernwert) der Laubwälder Deutschlands und deren Veränderung 2017–2025.* **S. 61**

Tabelle 6: *Statistik der Ökologischen Kernwerte der Laubwaldflächen Deutschlands.* **S. 61**

Tabelle 7: *Veränderungen der Laubwaldflächenverteilung über Klassen des ökologische Kernwerts in Deutschland zwischen 2017 und 2025.* **S. 61**

Tabelle 8: *Artspezifische Veränderungen von Waldfläche, Fragmentierung und des Ökologischen Kernwerts sowie die zugehörige Vulnerabilitätsklassifizierung ausgewählter Baumarten in Deutschland.* **S. 71**

Tabelle 9: *Rangfolge der Bundesländer mit Schadflächen nach Anteilen an der Waldfläche.* **S. 94**

Tabelle 10: *Bevölkerung und Waldfläche in den deutschen Bundesländern.* **S. 125**

Tabelle 11: *Zeitliche Veränderungen der Waldbedeckung in Deutschland (2017–2025).* **S. 131**

Tabelle 12: *Quellen und Aktualität der amtlichen Daten aus 16 Bundesländern.* **S. 151**

Tabelle 13: *Harmonisierung der Eigentumsklassen: Die unterschiedliche Klassifizierung der Waldeigentumsarten in den Bundesländern wurde für den bundesweiten Datensatz vereinheitlicht.* **S. 152–153**

Tabelle 14: *Vergleich der summierten Flächen der bundesweiten Vektordaten je Bundesland und Eigentumsart mit den Stichprobenergebnissen der Bundeswaldinventur aus dem Jahr 2022.* **S. 154–155**

Tabelle 15: *Verlust von geschütztem Laubwald im Vergleich zu nicht geschütztem Laubwald.* **S. 157**

Tabelle 16: *Veränderungen des Ökologischen Kernwerts für geschützte und ungeschützte Laubwälder in Deutschland zwischen 2017 und 2025.* **S. 157**

Tabelle 17: *Komponenten der SLÖ-Werte I und II.* **S. 160**

Tabelle 18: *Klassengrenzen der SLÖ-Werte I und II.* **S. 160**

Impressum

Wald-Allianz, Naturwald Akademie gGmbH,
Roeckstraße 40, 23568 Lübeck,
0451/30 50 29 50, info@wald-allianz.de,
www.wald-allianz.de V. i. S. d. P. Torsten Welle

Inhalte
Pierre L. Ibisch, Torsten Welle, Yojana Adhikari,
Inga M. Engelhardt, Jonas Franke, Katharina Heider
und Kevin Kuonath

Fotos
© im jeweiligen Foto vermerkt

Gestaltung
Spektral3000, www.spektral3000.com

Druck
Druckwelten GmbH, Bahrenfelder Str. 101 A,
22765 Hamburg

Stand 11/2026


WALD
ALLIANZ