



Waldzustandsbericht 2025

IMPRESSUM

Herausgeberin:

Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg (FVA)

Autor/-innen:

Kapitel 1:

Stefan Meining (Büro für Umweltüberwachung), Dr. Heike Puhlmann, Dr. Horst Delb (alle FVA)

Kapitel 2:

Dominik Wonsack, Jenny Wietschorke, Dr. Horst Delb (alle FVA)

Kapitel 3, 6 und 7:

Stefan Meining (Büro für Umweltüberwachung), Dr. Heike Puhlmann (FVA)

Kapitel 4:

Stefan Meining (Büro für Umweltüberwachung), Dr. Heike Puhlmann, Dr. Peter Hartmann, Dr. Sarah Bluhm (alle FVA)

Kapitel 5:

Stefan Meining (Büro für Umweltüberwachung), Dr. Heike Puhlmann, Dr. Kerstin Nätke (alle FVA)

Titelfoto:

Lisa Anhäuser

Bestellung an:

Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg
Wonnhaldestraße 4
79100 Freiburg

Tel.: (0761) 40 18 - 0
fva-bw@forst.bwl.de
www.fva-bw.de

ISSN: 1862-863X

Download:

Hier können Sie den Waldzustandsbericht herunterladen:

www.fva-bw.de/waldzustandserhebung

Alternativ können Sie den folgenden QR-Code scannen:



Druckprodukt mit finanziellem
Klimabeitrag
ClimatePartner.com/14604-2509-1026

VORWORT



Liebe Leserinnen und Leser,

jedes Jahr im Herbst werden die Ergebnisse über den Zustand der Wälder in Baden-Württemberg veröffentlicht. Dies ist auch wieder ein Anlass, auf die Notwendigkeit eines aktiven Waldumbaus hinzuweisen. Denn eine aktive Waldpflege ist der Schlüssel, um die Gesundheit und Widerstandskraft unserer Wälder im Klimawandel zu stärken.

Im Waldzustandsbericht wird jährlich der aktuelle Gesundheitszustand der Wälder anhand der Nadel- und Blattverluste aufgezeigt. Dank der gut wasserversorgten Waldböden zu Beginn der Vegetationsperiode konnten die Bäume gesunde Blätter entfalten und die Dürreperiode im Juni war kürzer als in den letzten Jahren.

Als Folge dieser günstigen Witterung haben die mittleren Nadel- und Blattverluste im Vergleich zum Vorjahr um 1,6 Prozent auf 26,4 Prozent abgenommen. Viele Baumkronen konnten sich von den Trockenschäden der letzten Jahre leicht erholen.

Der deutliche Rückgang der Kronenverlichtung der Fichten, Buchen, Eichen und des Bergahorns ist erfreulich. Neben den jungen konnten sich auch die Kronen der älteren Bäume leicht erholen. Sorge bereitet uns dagegen die Erhöhung der Kronenverlichtung der Douglasie, der Tanne und der Esche sowie in geringem Umfang auch der Kiefer. Diese Entwicklung zeigt, dass neben der Witterung auch weitere Faktoren Einfluss auf die Gesundheit der Waldbäume haben. Bei der Douglasie treten seit einigen Jahren verstärkt die Douglasien-Gallmücke und ein pilzlicher Erreger, der die Douglasien-Schütte verursacht, auf. Der Tanne und der Kiefer macht unter anderem der gestiegene Parasitierungsgrad durch die Mistel zu schaffen. Bei der Esche sorgt der eingeschleppte pilzliche Erreger, der das Eschentriebsterben verursacht, für einen Anstieg der Kronenverlichtung.

Auch wenn die mittlere Kronenverlichtung dank der feuchten Witterung in diesem Jahr leicht zurückgeht, fallen die Ergebnisse über den Gesundheitszustand unserer Wälder durchwachsen aus. Das ist darauf zurückzuführen, dass die langlebigen Waldbäume nur bedingt von kurzfristigen Änderungen der Witterung profitieren können.

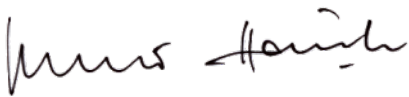
Das gesamte Waldökosystem ist insbesondere von unzähligen Wechselwirkungen zwischen dem sich verändernden Klima und dem Zusammenspiel der Organismen geprägt. So begünstigt der langfristige Trend der Klimaerwärmung die Etablierung und massenhafte Vermehrung von Schadorganismen, die bislang nur eine geringe Bedeutung in unseren Wäldern gespielt haben.

Der Blick auf die jüngeren Waldbestände macht mir Hoffnung. Die Kronenverlichtung der Bäume bis 60 Jahre liegt bei rund 15 Prozent und hat damit wieder das Niveau von vor den Extremwetterjahren ab 2018 erreicht. Es wächst eine neue Waldgeneration heran, die noch gemischter ist als die bisherige und von der wir annehmen, dass sie sich besser an die zukünftigen klimatischen Verhältnisse anpassen kann.

Um dies zu unterstützen müssen wir aber weiterhin klimalabile Wälder aktiv verjüngen und die neue Waldgeneration durch eine aktive Waldpflege auf dem Weg zu klimastabilen Wäldern begleiten.

Die Landesregierung unterstützt die Waldbesitzerinnen und Waldbesitzer bei der Bewältigung der großen Aufgabe des Waldumbaus. Wir müssen diese kurzfristige leichte Erholung des Gesundheitszustands der Wälder als eine Chance sehen, den Wandel weiter aktiv zu gestalten. Denn der Trend der Klimaerwärmung mit häufigeren Hitze- und Dürreperioden wird sich weiter fortsetzen.

Stuttgart, im November 2025

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Peter Hauk'.

Peter Hauk MdL
Minister für Ernährung, Ländlichen Raum und Verbraucherschutz

INHALT

1	ERGEBNISSE DER WALDZUSTANDSERHEBUNG	5
	NADEL-/BLATTVERLUST	6
	REGIONALE VERTEILUNG	7
	ABGESTORBENE UND AUSGEFALLENE BÄUME	9
	VERGILBUNG	9
	SCHADSTUFEN	10
	FRUKTIFIKATION	10
	FICHTE	12
	TANNE	12
	KIEFER	15
	DOUGLASIE	15
	SONSTIGE NADELBÄUME	16
	BUCHE	17
	EICHE	19
	BERGAHORN	20
	ESCHE	21
	SONSTIGE LAUBBÄUME	21
2	DIE DOUGLASIE IM WANDEL: CHANCEN UND RISIKEN	22
	ERSTE UNTERSUCHUNGSERGEBNISSE	23
	WIE GEHT'S WEITER?	24
3	WITTERUNG	26
	WITTERUNGSVERLAUF	26
	WITTERUNGSEXTREME	28
	BODENFEUCHTE	30
	WASSERRÜCKHALT IM WALD	30
	BEISPIEL FÜR WASSERRÜCKHALT: DIE RIGOLE	31
4	STOFFEINTRÄGE UND BODENZUSTAND	32
	BEDEUTUNG VON STOFFEINTRÄGEN FÜR DIE BODENFAUNA	33
	BODENZUSTANDSERHEBUNG IM WALD – EIN ERSTER BLICK AUF DIE ERGEBNISSE	34
5	DAS FORSTLICHE UMWELTMONITORING	36
	METHODISCHER AUFBAU	37
	INTERNATIONALE EINBINDUNG	37
	KOHLENSTOFFBILANZIERUNG AN DEN LEVEL II-VERSUCHSFLÄCHEN IN BADEN-WÜRTTEMBERG	38
6	METHODIK DER WALDZUSTANDSERHEBUNG	42
	DURCHFÜHRUNG DER WZE 2025	42
	VERGLEICH MIT DER BUNDESWALDINVENTUR	43
	QUALITÄTSSICHERUNG	44
	AUSWERTUNGSMETHODEN	44

7	ZUSAMMENFASSUNG UND FAZIT	46
	FEUCHTE WITTERUNG SORGT FÜR ZEITWEISE ERHOLUNG	46
	VITALITÄT DER DOUGLASIEN	47
	FAZIT	47
8	LITERATURVERZEICHNIS	50
ANLAGEN		52

1 ERGEBNISSE DER WALDZUSTANDS- ERHEBUNG

In den vergangenen drei Vegetationsperioden konnte sich der Zustand der Wälder in weiten Teilen Baden-Württembergs erholen. Die Witterungsverhältnisse der letzten Jahre förderten sowohl das Wachstum als auch die Abwehrkräfte der Bäume, vor allem im Vergleich zu den Dürrejahren ab 2018. Die Wasserversorgung war meist ausreichend, und längere Hitzeperioden blieben aus. Insgesamt führte dies zu einer spürbaren Entlastung der Wälder vom Klimastress und zu einer merklichen Verbesserung des Kronenzustands bei vielen Baumarten (Abb. 1).

Die Bodenwasserspeicher in den Wäldern waren dank der zahlreichen Niederschläge im Herbst und Winter 2024/2025 gut aufgefüllt. Dadurch waren die Bäume zu Beginn der Vegetationsperiode 2025 trotz anfänglich geringen Regenmengen zunächst ausreichend mit Wasser versorgt. Allerdings zeigten sich bereits während der ersten Hitzeperiode im Juni erste Symptome von Hitze- und Trockenstress an den Bäumen. Besonders auf den trocken-heißen Standorten des Oberrheins und im Neckarland kam es zu einer zu-

nehmenden Austrocknung des Waldbodens. Die Bäume litten sichtlich unter der intensiven Hitze und dem Wassermangel. Zudem wurden um diese Zeit ein Höhepunkt des Schwärmfluges und eine beschleunigte Entwicklung des Borkenkäfers verzeichnet. Im Juli sorgten einsetzende Regenfälle für eine Entspannung der Situation, sodass sich der Waldzustand auch in diesem Jahr insgesamt leicht erholen konnte. Eine deutliche Verbesserung des Kronenzustands im Vergleich zum Vorjahr ist für die Baumarten Buche, Eiche und Fichte zu verzeichnen. Andere Baumarten wie Tanne, Douglasie und Esche zeigen hingegen eine Verschlechterung des Kronenzustands.

Die Folgen der Hitze- und Dürrejahre 2018 bis 2023 – mit einer kurzen Erholungspause im Jahr 2021 – sind in den Wäldern vieler Regionen Baden-Württembergs nach wie vor sichtbar. Größere Kalamitätsflächen beginnen sich erst allmählich wieder zu schließen. Junge Sträucher und Bäume wachsen nach und besiedeln die Flächen neu. In älteren Waldbeständen sind in vielen Baumkronen noch abgestorbene Kro-



Abb. 1: Gut belaubte Buchenkronen, Landkreis Schwäbisch Hall (Foto: S. Meinung).

nenteile und Totholz erkennbar. Durch Wind und andere natürliche Prozesse brechen diese Trockenäste allmählich heraus, sodass sich der Kronenzustand der Bäume mit der Zeit wieder regenerieren kann.

Trotz der in den letzten Jahren beobachteten Erholungstendenzen muss festgehalten werden, dass die Wälder weiterhin vor immensen Herausforderungen stehen. Der Klimawandel schreitet weiter voran und extreme Witterungssituationen, wie langanhaltende Hitze- und Dürreperioden, werden die Wälder auch in Zukunft stark belasten. Zudem steigt die Gefahr weiterer Kalamitäten insbesondere durch Käferbefall. Es ist daher umso wichtiger, die Widerstandsfähigkeit des Ökosystems Wald zu stärken, um die Resilienz der Wälder zu erhöhen und sie besser auf zukünftige klimatische Bedingungen und Witterungsextreme vorzubereiten.

Nadel-/Blattverlust

Der Nadel-/Blattverlust ist ein wichtiger Indikator, der schnell und nachvollziehbar Aufschluss über den aktuellen Zustand der Wälder gibt (Abb. 2 und 3). Anhand der mittlerweile 40 Jahre umfassenden, einzigartigen Messzeitreihe lassen sich langfristige Veränderungen im Zeitverlauf darstellen und interpretieren. Bezugnehmend auf andere Großrauminventuren, wie der Bundeswaldinventur (BWI), werden in regelmäßigen Abständen methodische Anpassungen vorgenommen, um die Baumartenanteile und deren Unterschiede im Rasternetz zwischen den verschiedenen Inventuren zu berücksichtigen.

Die Waldzustandserhebung untersucht den Kronenzustand der Waldbäume. Dazu werden auf einem systematisch angelegten Stichprobenetz Probestämme ausgewählt und dauerhaft markiert. Im Jahr 2025 wurden in Baden-Württemberg 316 Stichprobenpunkte mit insgesamt 7.582 Bäumen untersucht (siehe Kapitel „Methodik der Waldzustandserhebung“ ab S. 42).

Die Ergebnisse der Waldzustandserhebung in Baden-Württemberg zeigen mittlerweile im dritten Jahr in Folge eine leichte Verbesserung des Kronenzustands der Waldbäume. Im Vergleich zum Vorjahr ist der mittlere Nadel-/Blattverlust um 1,6 Prozentpunkte auf 26,4 Prozent gesunken (Abb. 2, links). Damit liegt die mittlere Kronenverlichtung, nach dem bisherigen Höchstwert im Jahr 2020, erstmals wieder unter dem Schadniveau des Trockenjahres 2018.

Eine Verbesserung des Waldzustands ist bei den jüngeren und den älteren Bäumen gleichermaßen zu erkennen. Während junge Bäume in der Regel vitalere Baumkronen aufweisen, ist die Kronenverlichtung bei älteren Bäumen im Mittel deutlich höher (Abb. 2, rechts). In der zeitlichen Entwicklung zeigt sich jedoch ein weitgehend paralleler Verlauf der mittleren Kronenverlichtung beider Altersgruppen. Der mittlere Nadel-/Blattverlust verringert sich in diesem Jahr bei der jüngeren Altersgruppe „bis 60 Jahre“ auf 15,2 Prozent und bei der älteren Altersgruppe „ab 61 Jahre“ auf 32,6 Prozent.

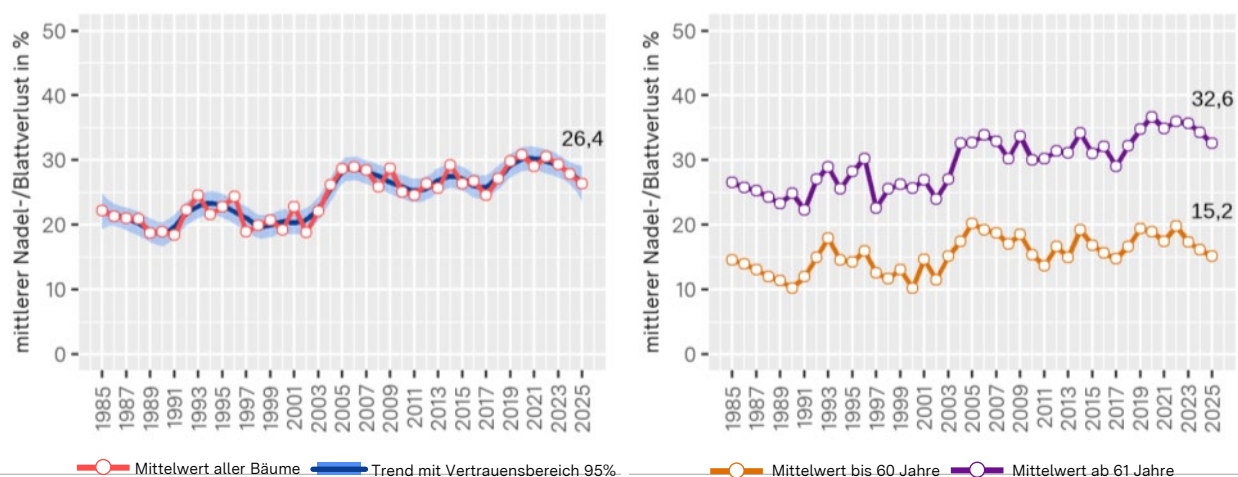


Abb. 2: Mittlerer Nadel-/Blattverlust in den Jahren 1985 bis 2025 für alle Bäume (links) sowie für die Altersgruppen „bis 60 Jahre“ und „ab 61 Jahre“ (rechts).



Abb. 3: Fichten mit unterschiedlicher Kronenverlichtung. Links: besser benadelte Fichte, rechts: schlechter benadelte Fichte (Fotos: S. Meinung).

Über alle Altersstufen hinweg können die meisten Bäume den Nadel-/Blattverluststufen 10 bis 30 Prozent zugeordnet werden (Abb. 4). Über 60 Prozent aller Bäume liegen in diesem Bereich. Mit zunehmender Verluststufe nimmt die Häufigkeit deutlich ab. Die Verluststufen 60 bis 95 Prozent beinhalten

ten jeweils weniger als ein Prozent aller Bäume. In der Verluststufe 100 Prozent sind 1,5 Prozent der Bäume als stehend abgestorben vertreten. Demgegenüber weisen lediglich zwei Prozent aller aufgenommenen Bäume eine ungeschädigte Krone ohne sichtbaren Nadel-/Blattverlust auf.

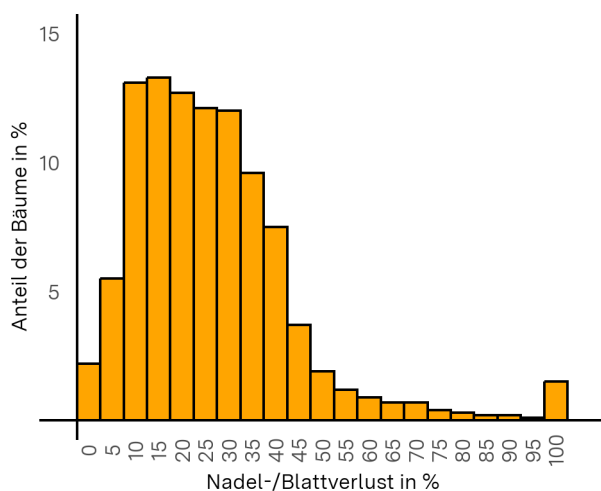


Abb. 4: Häufigkeitsverteilung der Nadel-/Blattverluste aller bewerteten Bäume der Waldzustandserhebung 2025.

Regionale Verteilung

Im Rahmen der diesjährigen Waldzustandserhebung wurden, mit Ausnahme der nadelholzreicheren Landkreise Waldshut und Rems-Murr-Kreis, vor allem in den laubholzgeprägten Landkreisen Baden-Württembergs höhere Anteile an stark geschädigten bzw. abgestorbenen Bäumen (Schadstufe 3 und 4) festgestellt (Abb. 5). Besonders betroffen sind die Wachstumsgebiete Neckarland und Odenwald. Die höchsten Anteile wurden mit über zehn Prozent in den Landkreisen Enzkreis, Tübingen und Ludwigsburg gemessen. In den übrigen Landkreisen sind die Anteile an Waldbäumen mit starken Schäden hingegen meist gering.

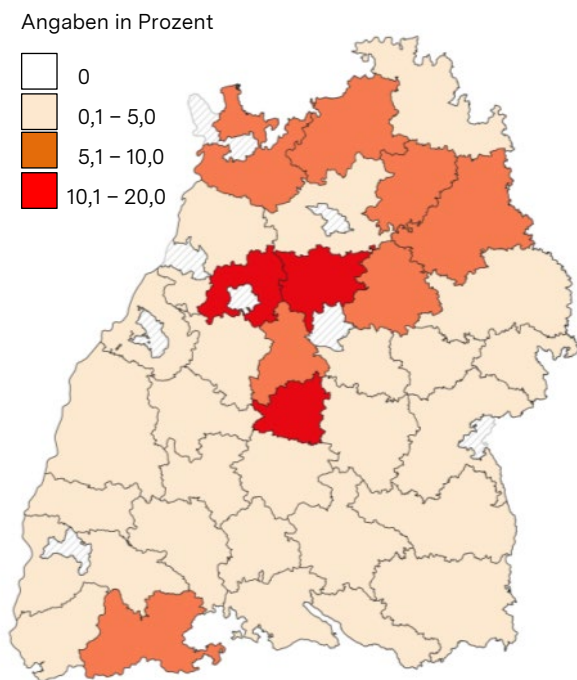


Abb. 5: Anteil an stark geschädigten und abgestorbenen Bäume (Schadstufen 3 und 4) in den Landkreisen. Landkreise mit weniger als 50 Bäumen in der Stichprobe wurden nicht berücksichtigt (grau gestreift).

Die Oberrheinebene ist besonders stark von Klimaschäden betroffen. Witterungsextreme wie hohe Temperaturen und lange Trockenperioden haben dort in den letzten Jahren massive Waldschäden verursacht. Vor allem die Kiefer zeigt auf den häufig kiesigen bis sandigen und wenig wasserspeichernden Standorten in den letzten Jahren eine hohe Mortalität. Aber auch andere Baumarten wie Buche, Eiche und Hainbuche weisen zum Teil erhebliche Schäden in den Baumkronen auf. Hohe Populationsdichten des Maikäfers sowie die hohe Konkurrenzkraft invasiver Pflanzenarten, wie der Kermesbeere und der Spätblühenden Traubenkirsche, erschweren zudem vielerorts die Waldverjüngung mit heimischen Baumarten erheblich.

Im Mittelpunkt der aktuellen Anstrengungen steht daher der Erhalt des Waldes in der Oberrheinebene. Ziel ist es, seine ökologischen Funktionen und die damit verbundenen Ökosystemleistungen auch unter den fortschreitenden klimatischen Veränderungen dauerhaft sichern.

Waldstrategie Baden-Württemberg 2050

Adaptive Bonitierung vor dem Hintergrund der klimabedingten Wachstumsveränderungen (Projekt ABO)

Klimatische Veränderungen und extreme Witterungsbedingungen beeinflussen zunehmend das Wachstum und die Mortalität der Waldbestände. Aktuelle Betriebsinventurdaten aus Baden-Württemberg deuten darauf hin, dass bislang verwendete Vorhersagemodelle das Waldwachstum unter den veränderten Rahmenbedingungen nicht mehr verlässlich abbilden.

Im Projekt ABO wird ein neues Instrument für die mittelfristige forstliche Betriebsplanung entwickelt, das eine verbesserte Vorhersage von Zuwachs und Produktionspotenzial ermöglicht. Dabei wird der methodische Ansatz der „periodischen Bonität“ auf die speziellen Bedürfnisse der Forsteinrichtungsplanung in Baden-Württemberg angepasst und in die Verfahrensabläufe integriert. Das geplante adaptive Bonitierungssystem ermöglicht eine flexible Anpassung an veränderte Wachstumsbedingungen, indem es durch regelmäßige Rekalibrierung der Modelle mit aktuellen Inputdaten (u. a. periodischen Holzvolumenzuwächsen aus Betriebsinventuren, forstlichen Versuchsflächen sowie wiederholten Befliegungen) aktualisiert wird.

Das Projekt wird von der Professur für Waldwachstum und Dendroökologie der Universität Freiburg koordiniert und in Zusammenarbeit mit der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg und der Forstdirektion Freiburg durchgeführt.

Abgestorbene und ausgefallene Bäume

Im Jahr 2025 sind mehr Bäume aus der Stichprobe ausgefallen als in den Vorjahren. Die Gesamtausfallrate erhöht sich auf aktuell 4,7 Prozent (Abb. 6). Sie setzt sich aus der Ausfallrate und der Mortalitätsrate zusammen. Der Anstieg ist hauptsächlich auf den höheren Anteil an Bäumen zurückzuführen, die seit der letzten Erhebung aufgrund von planmäßiger forstlicher Nutzung aus dem Bestand entfernt wurden. Daneben sind zufällige Nutzungen (Käferbefall, Sturmwurf) oder eine veränderte Konkurrenzsituation weitere Gründe für das Ausscheiden der Bäume aus der Stichprobe.

Mit 11,8 Prozent ist die Ausfallrate der Esche im Vergleich zu allen anderen Baumarten besonders hoch. Diese Baumart wird seit Jahren durch den pilzlichen Erreger des Eschentriebsterbens befallen, der weiterhin landesweit zahlreiche Eschen zum Absterben bringt. Deutlich angestiegen ist die Ausfallrate bei der Fichte. Der mit 7,4 Prozent vergleichsweise hohe Wert in diesem Jahr kann mit einer stärkeren forstlichen Nutzung auch im Rahmen des Borkenkäfer-Managements auf den Stichprobenpunkten der Waldzustandserhebung zusammenhängen. Bei den

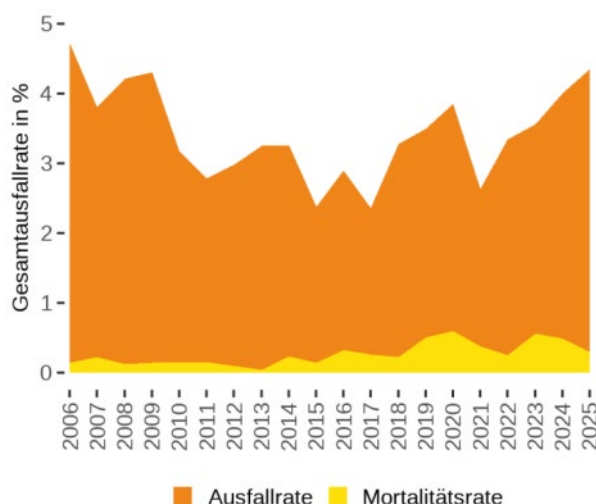


Abb. 6: Anteil der Gesamtausfallrate unterteilt in Ausfall- und Mortalitätsrate (berechnet auf dem einheitlichen 8x8 km-Netz ab 2006).

Baumarten Tanne, Kiefer, Buche und Eiche liegen die Ausfallraten mit 2,3 bis 2,6 Prozent dagegen im niedrigen Bereich.

Die Mortalitätsrate ist gegenüber dem Vorjahr von 0,5 auf 0,3 Prozent weiter gesunken. Sie beschreibt den Prozentsatz der Bäume, die seit der letzten Erhebung abgestorben sind, aber noch im Waldbestand stehen. Der Rückgang der Mortalitätsrate ist vor allem auf eine geringere Borkenkäferbelastung im Jahr 2025 zurückzuführen. In den vergangenen Jahren hatte diese noch eine erhöhte Mortalität besonders der Fichten und Tannen verursacht.

Vergilbung

Die typischen Vergilbungssymptome, die in den 1980er- und 1990er-Jahren als unmittelbare Reaktion der Waldbäume auf hohe Säureeinträge, insbesondere in immissionsbelasteten Nadelwäldern, zu beobachten waren, spielen heute kaum noch eine Rolle. Lediglich 0,5 Prozent der untersuchten Bäume zeigen eine Vergilbung ihrer Nadeln oder Blätter.

Die Vergilbung ist ein typischer Hinweis auf einen Nährstoffmangel der Bäume. Vor allem ein Magnesiummangel kann für die typische Gelbverfärbung der Blattorgane verantwortlich sein. Der signifikante Rückgang der Schadstoffbelastung sowie die durchgeführten Regenerationskalkungen auf stark versauerten Standorten haben in vielen Gebieten Baden-Württembergs für eine Verbesserung der Nährstoffversorgung und einen deutlichen Rückgang von Vergilbungssymptomen gesorgt.

In den letzten Jahren rücken bei Nadelbaumarten vermehrt andere Verfärbungen in den Fokus, die insbesondere bei Tanne und Kiefer zu beobachten sind. Zunächst zeigen sich diese Verfärbungen in Form von rötlich-braunen Nadeln, die häufig mit einem späteren Absterben der Nadeln oder des gesamten Triebes einhergehen. Neben abiotischen Ursachen sind hierbei oft auch biotische Schadursachen oder eine Kombination beider Faktoren verantwortlich.

Schadstufen

Aus der Kombination von Nadel-/Blattverlust und Vergilbung lassen sich sogenannte Schadstufen bestimmen, die einen schnellen und zusammenfassenden Überblick über die Entwicklung des Waldzustands ermöglichen.

Im Jahr 2025 ist ein weiterer Anstieg des Anteils ungeschädigter Bäume (Schadstufe 0) zu verzeichnen (Abb. 7). Nach dem bisherigen Tiefststand im Jahr 2022 konnte der Anteil seither jährlich leicht zunehmen. Umgekehrt verringert sich der Anteil der deutlich geschädigten Bäume (Schadstufe 2 bis 4) seit 2022 kontinuierlich und liegt aktuell mit 42 Prozent sogar unter dem Niveau des Trockenjahres 2018.

Insgesamt hat sich der Waldzustand in Baden-Württemberg in den letzten 25 Jahren aber erheblich verschlechtert. Ab dem Jahr 2003 ist ein sprunghafter Anstieg an deutlich geschädigten Bäumen zu beobachten. Besonders der Anteil an stark geschädigten Bäumen (Schadstufe 3) hat sich seitdem auf einem hohen Niveau stabilisiert. Die Trockenjahre ab 2018 führten zu einer Verschärfung der Waldschäden, die in dieser Zeit Höchstwerte erreichten. Seit etwa zwei Jahren ist eine leichte Verbesserung der Situation zu verzeichnen, die sich in diesem Jahr fortsetzt.

Fruktifikation

Eine starke Fruktifikation stellt für die Bäume eine hohe physiologische Belastung dar, die sich häufig in einer verringerten Belaubungsdichte äußert. Die Bildung von Fruchtständen ist mit großem Energie- und Nährstoffaufwand verbunden. In Jahren mit besonders intensiver Fruktifikation (Mastjahre) investieren Bäume verstärkt in die Fortpflanzung und schränken daher ihr vegetatives Wachstum ein. Dies hat zur Folge, dass die Bäume kleinere oder weniger Nadeln bzw. Blätter ausbilden und den jährlichen Triebblanzuwachs reduzieren, um die notwendigen Ressourcen für die Fruchtproduktion bereitzustellen.

Im Jahr 2025 ist vor allem bei Tanne, Bergahorn und Esche eine stärkere Fruchtbildung zu beobachten (Abb. 8). Beim Bergahorn zeigen über 50 Prozent aller Bäume im blühfähigen Alter eine mittelstarke bis starke Fruktifikation, was besonders bemerkenswert ist, da bereits im letzten Jahr eine starke Fruktifikation beobachtet wurde. Bei der Tanne und der Esche hat sich die Fruchtausbildung gegenüber dem Vorjahr deutlich erhöht. Knapp 40 Prozent der Tannen und 30 Prozent der Eschen weisen in diesem Jahr eine verstärkte Bildung von Zapfen bzw. Flügelnüssen auf. Eine etwas stärkere Fruchtausbildung ist dieses Jahr auch bei der Eiche zu verzeichnen.

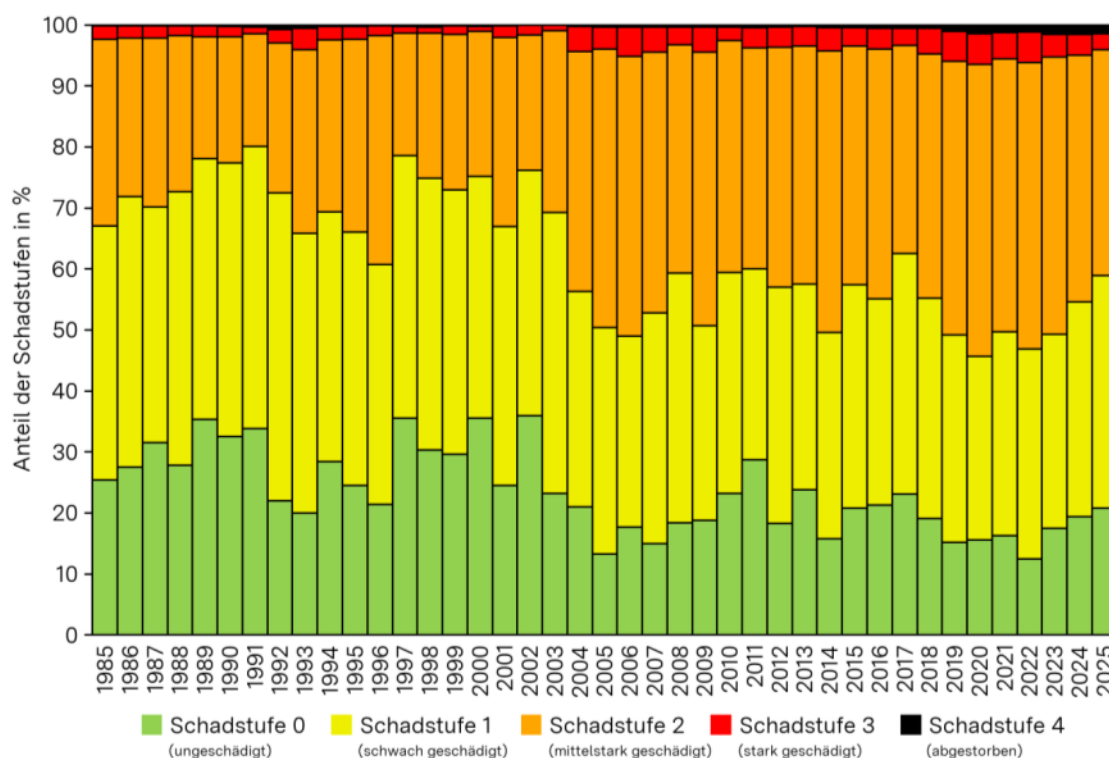
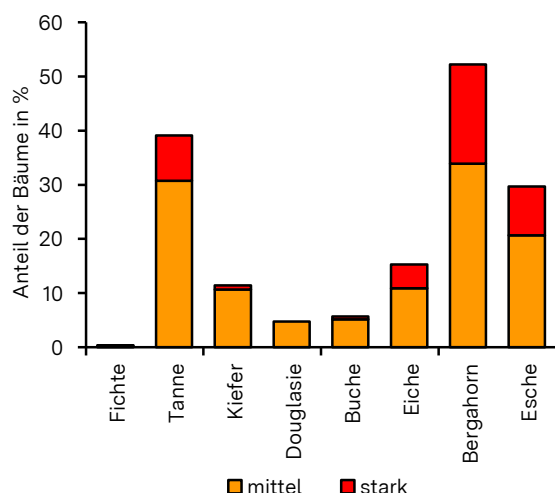


Abb. 7: Schadstufenverteilung der Waldzustandserhebung von 1985 bis 2025.



Demgegenüber ist bei den Baumarten Fichte, Douglasie und Buche die Fruktifikation in diesem Jahr vergleichsweise gering. Insbesondere an der Fichte, die im vergangenen Jahr eine ausgesprochen starke Fruktifikation aufwies, ist in diesem Jahr kaum frischer Zapfenbehang vorhanden.

Abb. 8: Anteil der Bäume mit mittlerer und starker Fruktifikationsintensität der Hauptbaumarten im Jahr 2025. Nur Bäume im blühfähigen Alter (ab 50 Jahren).

Waldstrategie Baden-Württemberg 2050

Mortalität, Baumartenwechsel und erweiterte Kohlenstoffmodellierung im Wachstumssimulator WEHAM

Empirische Waldwachstumssimulatoren wie WEHAM (**W**ald**E**ntwicklungs- und **H**olz**A**ufkommens**M**odellierung) bilden wichtige Informationsquellen für Politik, Forstwirtschaft und Industrie. WEHAM modelliert auf Basis der Bundeswaldinventurdaten die Waldentwicklung und das Holzaufkommen über einen Zeitraum von bis zu 40 Jahren und kann so als Planungsgrundlage für Forstwirtschaft und Sägeindustrie sowie für Treibhausgasberichterstattungen oder naturschutzfachliche Fragestellungen genutzt werden.

Seit der Entwicklung von WEHAM vor ca. 25 Jahren haben sich die Wachstumsbedingungen, der Waldzustand und damit auch die Waldbewirtschaftung stark verändert. Die Anforderungen an Waldwachstumssimulatoren wie WEHAM werden zunehmend durch den Klimawandel beeinflusst, insbesondere aufgrund von Sturm, Trockenheit und Dürre sowie den notwendigen Waldumbau zu klimastabilen (Misch-)Beständen. Zugleich besteht auf politischer Ebene ein dringender Bedarf an belastbareren Zahlen zu den Kohlenstoffvorräten in Wäldern.

Im Projekt WEHAM MBK (2025-2026), das als Kooperationsprojekt der Abteilung für Biometrie und Informatik an der FVA und der Professur für Waldwachstum und Dendroökologie der Universität Freiburg durchgeführt wird, werden exemplarisch für Baden-Württemberg umfangreiche Änderungen im Modell implementiert. Dazu gehören die Integration klimabedingter Mortalität, ein Bodenkohlenstoffmodell, die Modellierung von Totholz, genutzter Holzprodukte und deren Substitutionseffekte sowie die Möglichkeit eines aktiven Waldumbaus. Das Projekt schafft damit die Grundlagen eines zukunftsfähigen Waldwachstumssimulators als Teil einer klimaangepassten Waldbewirtschaftung und Waldpolitik.



Das Projekt WEHAM MBK auf der Website der FVA:
www.fva-bw.de/weham-2

Fichte

Der Kronenzustand der Fichte hat sich im Vergleich zum vergangenen Jahr verbessert. Der mittlere Nadelverlust verringert sich um 2,3 Prozentpunkte auf 26,9 Prozent (Abb. 11). Nach vier Jahren mit nahezu unverändert hohem Schadniveau ist nun erstmals wieder eine deutliche Erholung des Kronenzustands der Fichte zu verzeichnen. Die mittlere Kronenverlichtung verringert sich in diesem Jahr bei den jüngeren und bei den älteren Fichten gleichermaßen. Allerdings ist innerhalb der letzten 25 Jahre bei den älteren Bäumen ein deutlich stärkerer Anstieg der Kronenschäden erkennbar als bei den jüngeren Bäumen. Der Anteil deutlich geschädigter Fichten in der Stichprobe der Waldzustandserhebung liegt bei 44,6 Prozent (Abb. 9). Dagegen gelten 32,9 Prozent als schwach geschädigt und 22,5 Prozent als ungeschädigt.

Nach der Massenvermehrung der Fichtenborkenkäfer Buchdrucker (*Ips typographus*) und Kupferstecher (*Pityogenes chalcographus*), die infolge der Hitze- und Dürrejahre seit 2018 auftrat, zeigte sich in diesem Jahr ein deutlich geringerer Befall. Das Ausbleiben größerer Sturmschäden und der insgesamt günstige

Witterungsverlauf führten zu einer spürbaren Reduktion des aufgrund von Borkenkäferbefall angefallenen Schadholzes. Die kühleren Temperaturen im Mai verzögerten zunächst den Schwärmbeginn. Obwohl danach, während der heißen Witterung im Juni, ein deutlicher Anstieg der Befallsaktivität zu verzeichnen war, konnten die Fichten aufgrund der vielen Sommerniederschläge und des dadurch erhöhten Harzflusses Käferattacken vielerorts besser widerstehen.

Neben der geringeren Borkenkäferbelastung und der überwiegend ausreichenden Wasserversorgung hat sich die auffallend geringe Fruktifikation der Fichte in diesem Jahr förderlich auf die Entwicklung der Baumkronen ausgewirkt. Dadurch konnte die gesamte Energie- und Nährstoffkapazität in das vegetative Wachstum investiert werden, was sich in einer dichteren Benadelung und in längeren Trieben zeigt.

Tanne

Nachdem sich der Kronenzustand der Tanne im vergangenen Jahr deutlich verbessert hatte, ist in diesem Jahr ein Anstieg der Kronenschäden zu beobachten. Der mittlere Nadelverlust erhöht sich um 2,4 Prozentpunkte auf 24,7 Prozent (Abb. 11). Ein Anstieg der Kronenverlichtung ist sowohl bei der jüngeren als auch bei der älteren Altersgruppe zu erkennen. Insgesamt sind 36,4 Prozent aller Tannen deutlich geschädigt und damit weniger als bei allen anderen Nadelbaumarten (Abb. 9). Mit 41,4 Prozent gilt der größte Teil der Tannen als schwach geschädigt, während 22,2 Prozent als ungeschädigt eingestuft wurden.

Im Vergleich zur Fichte gilt die Tanne gemeinhin als klimastabilere Baumart. Dank ihres tiefreichenden Wurzelwerks kann sie auch über längere Zeiträume wasserführende Bodenschichten erreichen. Belastend wirkt sich allerdings der hohe Parasitierungsgrad durch die Tannenmistel (*Viscum album ssp. abietis*) aus, die dem Baum Wasser und darin gelöste Nährstoffe entzieht. 21 Prozent aller aufgenommenen Tannen sind in den Baumkronen mit Misteln besiedelt. Da die Mistel ihre Spaltöffnungen später schließt als ihre Wirtspflanze, kann dies bei stärkerem Befall die Wasserregulierung der Bäume stark beeinflussen und so zu Dürrestress und einem schlechteren Kronenzustand führen.

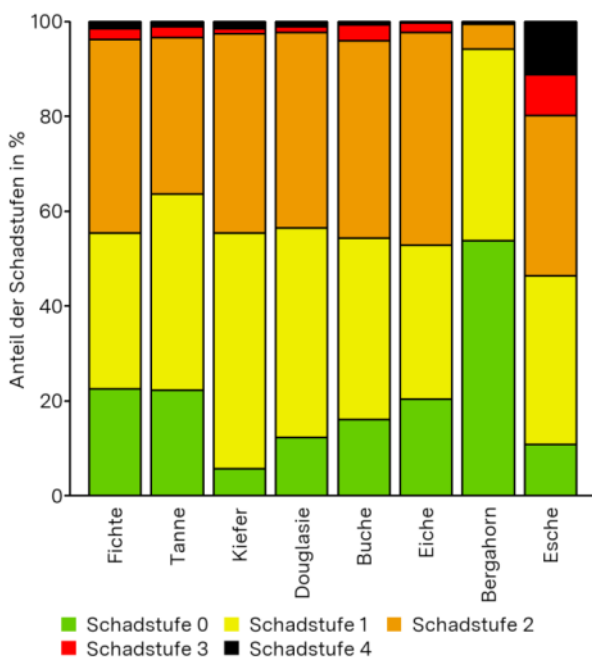


Abb. 9: Anteil der Schadstufen für die Hauptbaumarten im Jahr 2025. Die Schadstufen 2 bis 4 werden zu den deutlich geschädigten Bäumen zusammengefasst.

Zudem ist in den letzten Jahren insbesondere bei älteren Tannen ein vorzeitiges Absterben älterer Nadeljahrgänge zu beobachten. Durch die frühzeitige Verbraunung und das Abfallen der innenliegenden Nadeln, was auf eine Kombination von Trockenstress, Nährstoffmangel und/oder Pilzbefall zurückgeführt werden kann, verkahlen die Bäume von innen heraus. Dies führt in der Regel zu einer erhöhten Kronentransparenz (Abb. 10).

In den letzten Dürrejahre hat die Tanne ganz besonders auch unter dem Befall durch Borkenkäfer (Krummzahniger *Pityokteines curvidens*, Westlicher *Pityokteines spinidens*, Mittlerer *Pityokteines*

vorontzovi und Kleiner Tannenborkenkäfer *Cryphalus piceae*) sowie den Weißtannenrüssler (*Pissodes piceae*) gelitten, sodass der Umfang insektenbedingter Schadhölzer auch bei dieser Baumart auf einem hohen Niveau lag. Aufgrund einer während der Vegetationsperiode besseren Wasserversorgung ist diese Tendenz analog zu den Fichtenborkenkäfern in den letzten beiden Jahren jedoch wieder rückläufig.

In diesem Jahr stellt aber die starke Fruktifikation eine zusätzliche physiologische Belastung für die Tannen dar, da ein hoher Anteil der Energie- und Nährstoffvorräte für die Produktion der zahlreichen Tannenzapfen benötigt wurde.



Abb. 10: Tannen mit höherer Kronenverlichtung und hohem Anteil an Trockenreisig in den Baumkronen, Landkreis Breisgau-Hochschwarzwald. Einzelne Tannen weisen zahlreiche Zapfen in der Oberkrone auf (Foto: S. Meining).

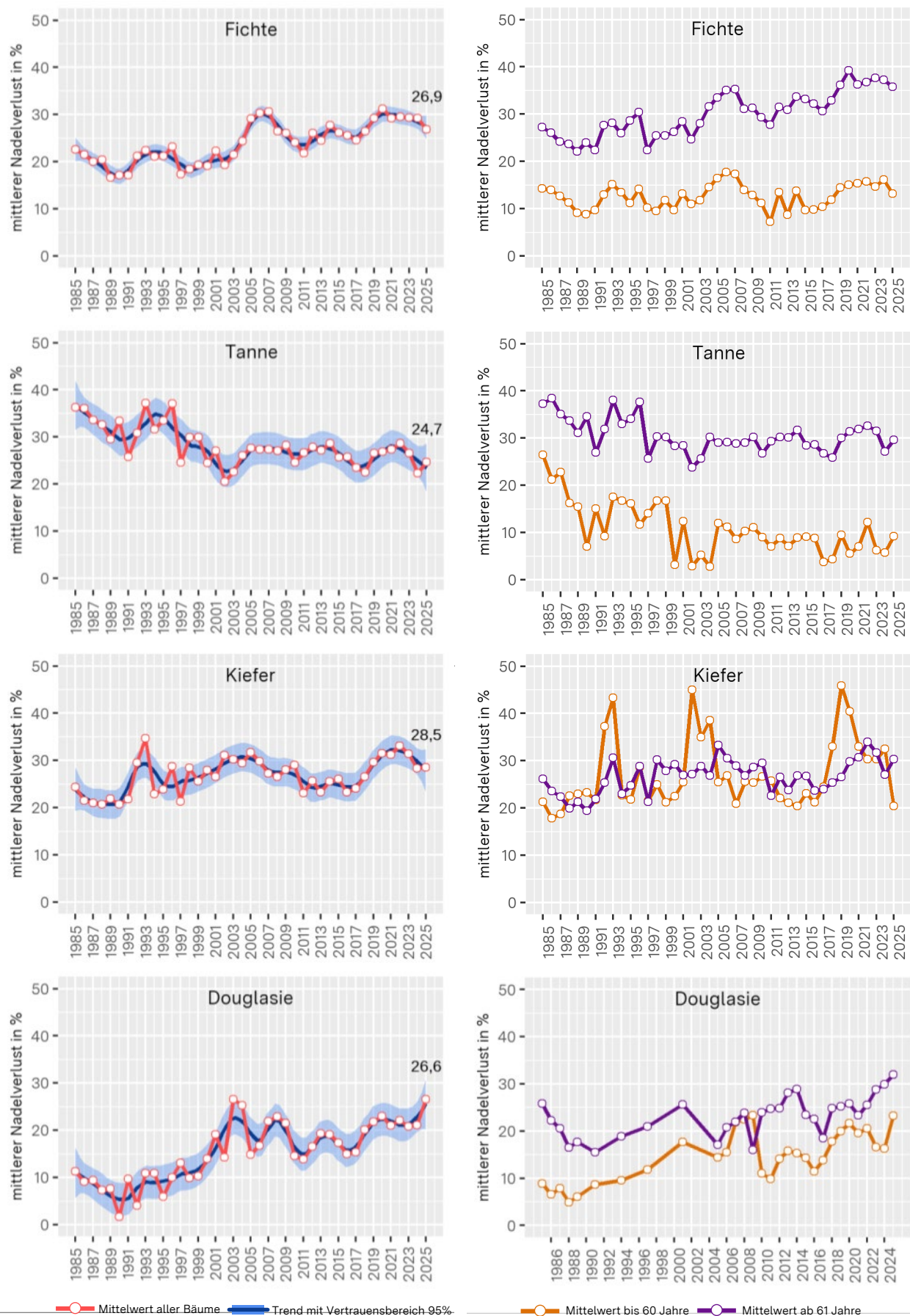


Abb. 11: Mittlerer Nadelverlust der Jahre 1985 bis 2025 der Baumarten Fichte, Tanne, Kiefer und Douglasie. Links: alle Bäume, rechts: Altersgruppen „bis 60 Jahre“ und „ab 61 Jahre“.

Kiefer

Der Kronenzustand der Kiefer bleibt in diesem Jahr relativ konstant, nachdem er sich in den vergangenen beiden Jahren deutlich verbessert hatte. Der Nadelverlust erhöht sich geringfügig um 0,2 Prozentpunkte auf 28,5 Prozent (Abb. 11). Auffällig ist die starke Verbesserung des Kronenzustands in jungen Kiefernbeständen, wohingegen bei älteren Bäumen der Nadelverlust im Mittel leicht ansteigt. Während 44,6 Prozent aller Kiefern als deutlich geschädigt gelten, wurden lediglich 5,6 Prozent als ungeschädigt eingestuft (Abb. 9). 49,8 Prozent der Kiefern sind schwach geschädigt.

In den mittleren und höheren Lagen Baden-Württembergs weist die Kiefer meist nur geringe Kronenverlichtungen auf. Demgegenüber sind auf den trockenen, sandig-kiesigen Standorten der Oberrheinebene seit Jahren starke Schädigungen sowie außergewöhnlich hohe Ausfallraten zu verzeichnen. Schadensverstärkend wirkt sich analog zur Tanne auch der Befall durch die Kiefernmistel (*Viscum album ssp. austriacum*) aus, die sich besonders stark in der Rheinebene ausgebreitet hat (Abb. 12). Geschwächte Kiefern sind zudem anfällig gegenüber dem pilzlichen Erreger des Diplodia-Triebsterbens (*Sphaeropsis sapinea*), der zunächst einzelne, junge Kiefertriebe befällt und dann aber auch zum Absterben der ganzen Krone führen kann. Diesen Schwächezustand nutzen oft auch Kiefernborckenkäfer (z. B. Zwölzfähriger Kiefernborckenkäfer *Ips sexdentatus*) oder Prachtkäfer (z. B. Blauer Kiefernprachtkäfer *Phaenops cyanea*) aus, deren Befall zu irreversiblen Schäden und zum Absterben der Bäume führen.

Douglasie

Bei der Douglasie ist in diesem Jahr ein deutlicher Anstieg der Kronenschäden zu erkennen. Der mittlere Nadelverlust erhöht sich gegenüber dem Vorjahr um 5,5 Prozentpunkte auf 26,6 Prozent und liegt gleichauf mit dem bisherigen Höchststand aus dem Jahr 2003 (Abb. 11). Während bei den älteren Douglasien bereits in den letzten Jahren ein Anstieg der mittleren Kronenverlichtung zu beobachten war, blieb der Kronenzustand im letzten Jahr bei der jüngeren Altersgruppe noch stabil. In diesem Jahr steigt die Kronenverlichtung jedoch auch bei den jüngeren Douglasien



Abb. 12: Kiefer mit Mistelbefall und stark verlichteter Oberkrone, Landkreis Karlsruhe (Foto: S. Meining).

deutlich an. Insgesamt sind 43,5 Prozent aller aufgenommenen Douglasien deutlich geschädigt (Abb. 9). Demgegenüber ist der Anteil der ungeschädigten Bäume mit 12,3 Prozent vergleichsweise gering. 44,2 Prozent der Douglasien gelten als schwach geschädigt.

Seit wenigen Jahren treten an Douglasien zwei unterschiedliche Schadursachen verstärkt auf, die zu einer zunehmenden Verlichtung der Baumkronen führen. Hierbei handelt es sich einerseits um die Rußige Douglasienschütte und andererseits um die Douglasien-Gallmücke. Die Rußige Douglasienschütte wird durch den pilzlichen Erreger *Phaeocryptopus gaeumannii* verursacht und führt zunächst zu einer

Verfärbung und anschließend zu einem Abfallen der Nadeln. Auf der Unterseite der betroffenen Nadeln sind dabei die Fruchtkörper des Pilzes als schwarze kleine Punkte erkennbar. Betroffen sind nur die älteren Nadeljahrgänge der Douglasie. Dadurch lichten sich die inneren Bereiche der Krone auf, die Kronentransparenz erhöht sich und die Stammachse wird zunehmend sichtbar. Bei starkem Befall bleibt lediglich der aktuelle Nadeljahrgang am Baum erhalten. Insbesondere für Jungbestände kann ein auftretender Schüttelefalle eine erhebliche Belastung darstellen.

Auch die aus Nordamerika stammende Douglasien-Gallmücke (*Contarinia pseudotsugae*) verursacht Nadelschäden an der Douglasie. Dabei sind im Gegensatz zu der pilzlich hervorgerufenen Douglasien-schütte vor allem die jungen Nadeljahrgänge betroffen, in die sich die Larven der Gallmücke einbohren und dort minieren. Nach der Eiablage verdicken sich die Nadeln, verkrümmen und verfärben sich und fallen schließlich zu Boden. Im nächsten Sommer schlüpfen hieraus adulte Gallmücken, die ihre Eier wiederum an den jungen Douglasientrieben ablegen. Weiterführende Informationen über den Zustand der Douglasie, beruhend auf verschiedenen Forschungsprojekten der FVA Baden-Württemberg sind in diesem Bericht im Kapitel „Die Douglasie im Wandel: Chancen und Risiken“ ab S. 22 zusammengetragen.

Sonstige Nadelbäume

Die Gruppe der sonstigen Nadelbäume setzt sich in der Stichprobe der Waldzustandserhebung im Wesentlichen aus den beiden Lärchenarten Europäische und Japanische Lärche zusammen. Daneben finden sich einzelne Bäume von Schwarzkiefer und Thuja. Der Kronenzustand der sonstigen Nadelbaumarten bleibt in diesem Jahr weitgehend unverändert. Mit 27,7 Prozent verharret der mittlere Nadelverlust in etwa auf dem Niveau der letzten beiden Jahre (Abb. 13).

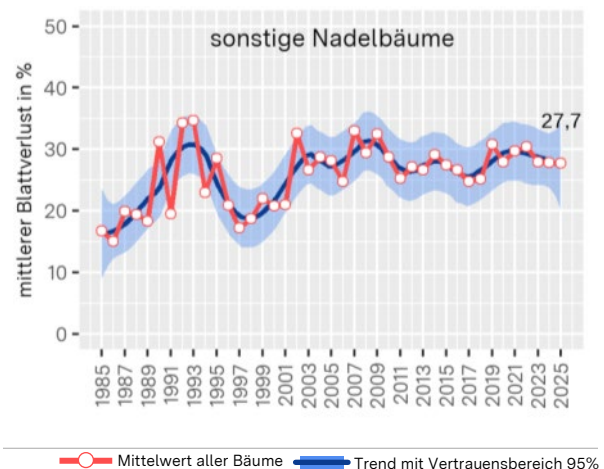


Abb. 13: Mittlerer Nadelverlust der Jahre 1985 bis 2025 der sonstigen Nadelbäume.

Waldstrategie Baden-Württemberg 2050

Holzkonservierungs- & Nasslager-Konzeption Baden-Württemberg

Eine Vielzahl intensiver Schadereignisse hat in den vergangenen Jahren große Mengen an Schadholz verursacht, was die Forst- und Holzwirtschaft vor Herausforderungen stellt, unter anderem bei der Lagerung von Rundholz. Nasslagerplätze haben sich als wichtiges Element des Krisenmanagements bewährt und sind entscheidend für die Qualitätssicherung des Holzes. Um den Ausbau von Nasslagerkapazitäten zu unterstützen, haben das Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft und das Ministerium für Ernährung, Ländlichen Raum und Verbraucherschutz im Rahmen der Waldstrategie 2050 landesweit geeignete Flächen für die Nasslagerung ermittelt.

Hierfür wurden eigentumsunabhängig Potenzialflächen mit Wasserversorgung aus nahen Fließ- oder Stillgewässern identifiziert und auf Basis landesweit verfügbarer Daten analysiert: Ausgeschlossen wurden beispielsweise Überschwemmungsgebiete, Gewässerrandstreifen und Schutzgebiete. Ebenso wurden die Zufahrtsmöglichkeit für LKW und ein Puffer zu Wohnbebauungen berücksichtigt. Parallel dazu wurde jede Fläche hinsichtlich des Risikos für die Wasserverfügbarkeit bewertet. Die Flächen wurden für jeden Landkreis entsprechend ihrer Eignung priorisiert und kartographisch erfasst, sodass nun eine fundierte Vorarbeit für die Einrichtung neuer Nasslager vorliegt.

Buche

Der Kronenzustand der Buche hat sich dieses Jahr deutlich verbessert. Der mittlere Blattverlust verringert sich gegenüber dem Vorjahr um 4,1 Prozentpunkte auf 27,7 Prozent (Abb. 15). Damit liegt die mittlere Kronenverlichtung erstmals wieder unter dem Wert von 2018. Während die Erholung des Kronenzustands bei den jüngeren Bäumen vergleichsweise gering ausfällt, ist dieses Jahr vor allem bei den älteren Buchen eine deutliche Regeneration der Baumkronen zu erkennen. Der Anteil der ungeschädigten Buchen ist mit 16,0 Prozent dennoch vergleichsweise klein. 38,3 Prozent der Buchen gelten als schwach geschädigt und 45,7 Prozent sind deutlich geschädigt (Abb. 9).

Neben anderen Faktoren machen sich die überwiegend günstigen Witterungsbedingungen der vergangenen Jahre mit ausreichend Niederschlägen und weniger Belastung durch Hitze- und Dürrephasen dieses Jahr in einem verbesserten Kronenzustand der Buchen bemerkbar (Abb. 14). Der gute Blattaustrieb, teilweise mit auffallend großen und vitalen Blättern, trägt zu einer spürbaren Regeneration vor allem älterer Buchen bei. Zudem sind die Dürreschäden der vergangenen Jahre zunehmend weniger sichtbar, da immer mehr Totäste aus den Baumkronen herausbrechen und sich eine neue Verzweigung aufbauen kann. Außerdem wirken sich die geringe Fruktifikation sowie geringere Blattschäden durch den Buchenspringrüssler (*Rhynchaenus fagi*) in diesem Jahr positiv auf die Vitalität der Buchen aus.



Abb. 14: Buchenstichprobenpunkt der Waldzustandserhebung mit dichter Buchennaturverjüngung, Landkreis Heilbronn. Hier: Stichprobenbaum Süd 11 (Foto: S. Meining).

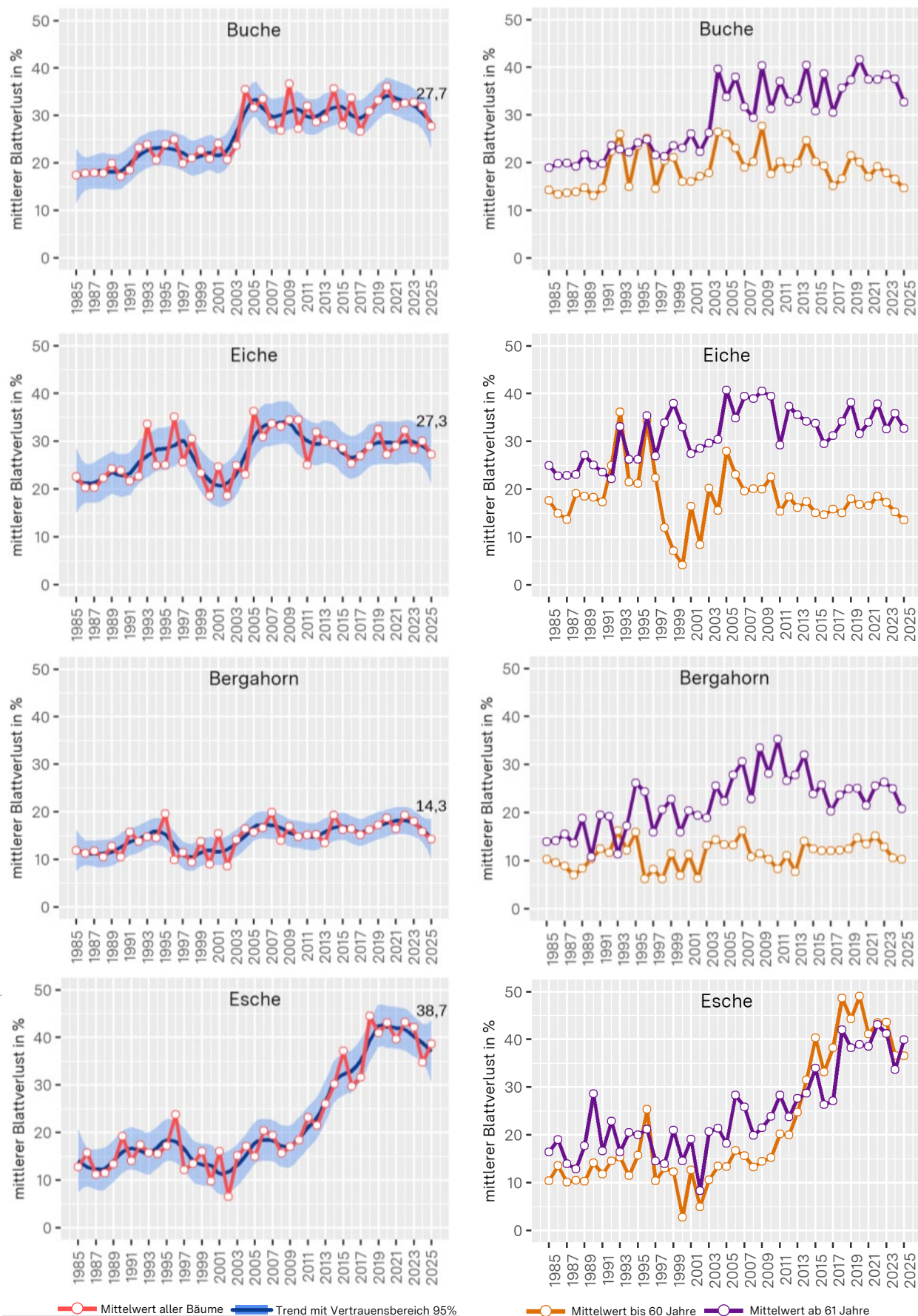


Abb. 15: Mittlerer Blattverlust der Jahre 1985 bis 2025 der Baumarten Buche, Eiche, Bergahorn und Esche. Links: alle Bäume, rechts: Altersgruppen „bis 60 Jahre“ und „ab 61 Jahre“.

Waldstrategie Baden-Württemberg 2050

Beratungstag in klimageschädigten Laubholzbeständen

Die Arbeiten in Waldbeständen werden durch klimawandelbedingte Dürreschäden gefährlicher. Besonders betroffen sind Forstwirtinnen und Forstwirte bei der motormanuellen Holzernte in klimageschädigten Laubholzbeständen. Mit technischen Lösungen wie beispielsweise hydraulischen, funkgesteuerten Keilen kann auf die veränderten Bedingungen reagiert werden. Aber auch mit angepassten Fällmethoden und Holzernteverfahren kann das Unfallrisiko gesenkt werden.

Diese dynamischen Entwicklungen sind in der täglichen Praxis oft nicht überschaubar. ForstBW bietet daher forstfachliche Fortbildungen für alle Waldbesitzarten an, die den aktuellen Stand der Technik vermitteln. Um die Umsetzung in der Praxis sicherzustellen, unterstützt ForstBW betriebsinterne Veränderungsprozesse zudem mit einem etablierten Sicherheitscoaching, welches sich auf den Arbeits- und Gesundheitsschutz fokussiert.

In körperschaftlichen oder privaten Forstbetrieben fehlt diese Möglichkeit jedoch oft. Im Rahmen der Waldstrategie 2050 erhalten private und körperschaftliche Forstbetriebe daher die Möglichkeit zur Teilnahme an eintägigen Beratungen, die auf die Herausforderungen bei der Holzernte in klimageschädigten Laubholzbeständen eingehen. In der Holzerntesaison 2024/2025 wurden bereits 25 Beratungstage von ForstBW-Sicherheitscoaches durchgeführt. Da das Angebot sehr positiv aufgenommen wurde, soll es in der Holzerntesaison 2025/2026 mit gleicher Intensität fortgeführt werden.

Eiche

Bei der Eiche ist in diesem Jahr, ähnlich wie bei der Buche, eine Verbesserung des Kronenzustands festzustellen. Allerdings geht die Kronenverlichtung bei der Eiche etwas weniger stark zurück. Der mittlere Blattverlust verringert sich gegenüber dem Vorjahr um 2,7 Prozentpunkte auf 27,3 Prozent (Abb. 15). Dabei ist sowohl für die jüngeren als auch für die älteren Eichen eine Verbesserung zu beobachten. Insgesamt gelten 47,2 Prozent aller aufgenommenen Eichen als deutlich geschädigt (Abb. 9). Dagegen sind 32,5 Prozent der Eichen als schwach geschädigt und 20,3 Prozent als ungeschädigt eingestuft.

Während der Kronenzustand der Eichen im vergangenen Jahr noch stark durch das Auftreten blattfressender Schmetterlingsraupen, wie zum Beispiel den Frostspannerarten (*Operophtera brumata* und *Erannis defoliaria*), beeinflusst wurde, waren in diesem Jahr in den Eichenkronen insgesamt deutlich weniger Fraßschäden festzustellen. Korrespondierend dazu trat weniger Befall durch den Mehltaupilz (*Erysiphe alphitoides*) auf, der vor allem die Regenerationsbelaubung, welche Eichen nach stärkerem Blattfraß



Abb. 16: Stieleiche mit zahlreichen grünen Eicheln (Foto: S. Schmidt).

ausbilden, befällt. Im Vorjahr hatte der Mehltaupilz ebenfalls noch zu erheblichen Schäden an den Eichenkronen geführt.

In diesem Jahr ist eine etwas stärkere Fruktifikation der Eichen zu beobachten, was sich aufgrund der hohen physiologischen Belastung negativ auf den Belaubungszustand auswirken kann (Abb. 16). Allerdings ist der Anteil an stärker fruktifizierenden Eichen landesweit nur leicht erhöht, sodass sich dies auf die mittlere Kronenverlichtung kaum auswirkt.

Bergahorn

Der Kronenzustand des Bergahorns hat sich gegenüber dem Vorjahr erneut verbessert. Der mittlere Blattverlust verringert sich um 1,6 Prozentpunkte auf 14,3 Prozent (Abb. 15). Damit ist im dritten Jahr in Folge für den Bergahorn eine Verbesserung des Kronenzustands erkennbar. Während der mittlere Blatt-

verlust bei den jüngeren Bäumen dieses Jahr nur leicht zurückgeht, zeigt sich bei den älteren Bäumen eine deutlich stärkere Abnahme. Der Bergahorn weist im Vergleich zu allen anderen Hauptbaumarten mit Abstand den geringsten Anteil an deutlich geschädigten Bäumen auf (Abb. 9). Lediglich 5,8 Prozent sind dieser Schadstufengruppe zugeordnet. Dagegen ist der Anteil an ungeschädigten Bäumen mit 53,7 Prozent ausgesprochen hoch. 40,5 Prozent gelten als schwach geschädigt.

Der geringe Schädigungsgrad des Bergahorns gegenüber allen anderen Laubbaumarten ist auf den hohen Anteil an jüngeren Bäumen in der Stichprobe zurückzuführen. In der Jugend weist der Bergahorn auf vielen Standorten eine höhere Konkurrenzkraft gegenüber anderen Baumarten auf. Ab einem Alter von etwa 30 bis 40 Jahren wird er jedoch oft von anderen Baumarten überwachsen. In Altbeständen stellt er als typische Baumart des Bergmischwalds indes eine wichtige Bereicherung dar (Abb. 17).

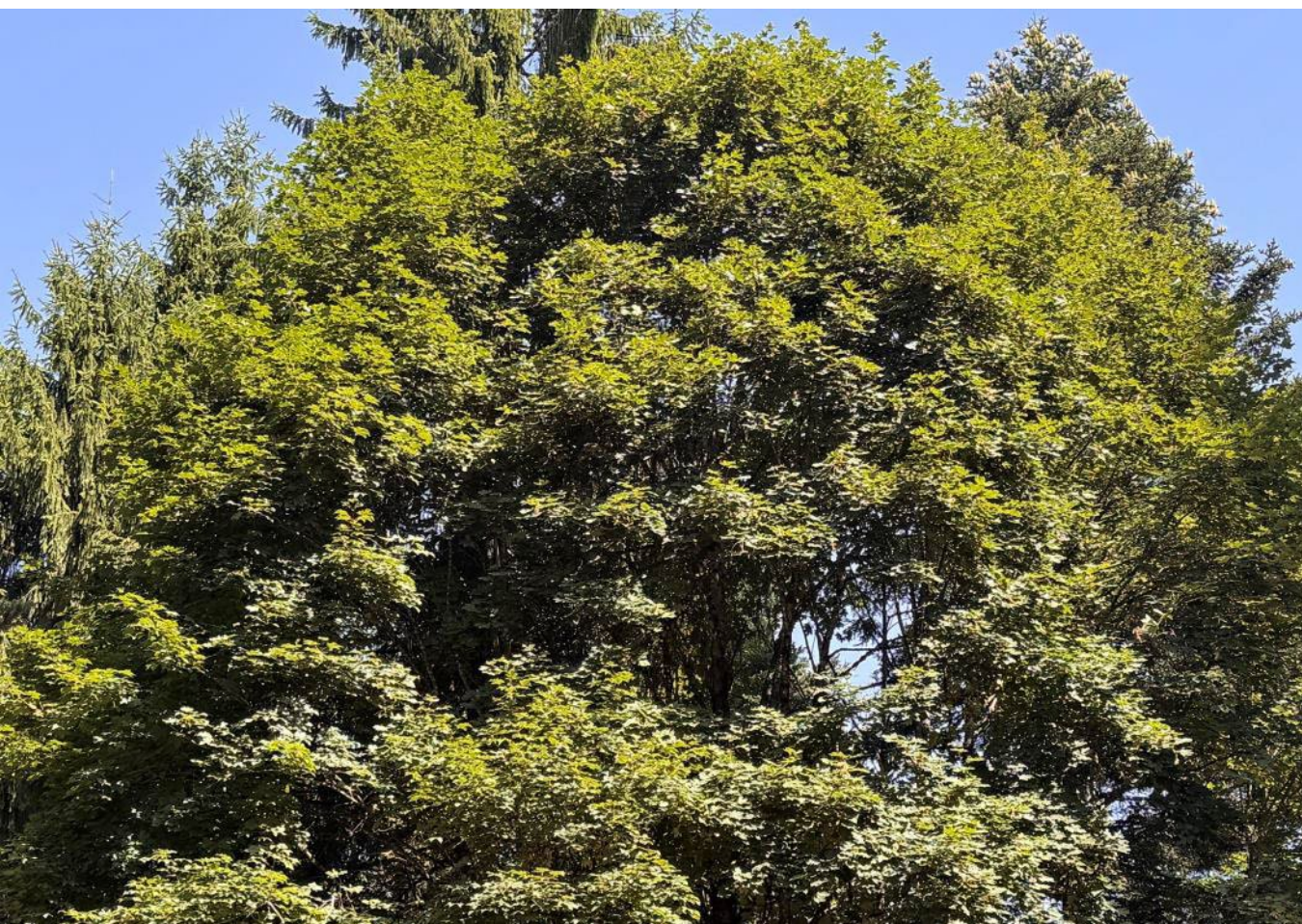


Abb. 17: Dicht belaubter Bergahorn in Mischung mit Fichte und Tanne, Schwarzwald-Baar-Kreis (Foto: S. Meining).

Dieses Jahr wurde an den Blättern des Bergahorns wieder ein verstärktes Auftreten der sogenannten Teerfleckenkrankheit festgestellt, die durch den Schlauchpilz *Rhytisma acerinum* hervorgerufen wird. Dabei entstehen auf der Oberseite der Blätter schwarze, kreisrunde Blattflecken. Ein vorzeitiger Blattfall im Sommer wird dabei allerdings nicht beobachtet.

Esche

Der Vitalitätszustand der Esche wird seit einigen Jahren durch das Eschentriebsterben stark belastet. In diesem Jahr erhöht sich der mittlere Blattverlust um 3,9 Prozentpunkte auf 38,7 Prozent (Abb. 15). Dabei sind es vor allem die älteren Eschen ab 61 Jahren, die gegenüber dem Vorjahr einen schlechteren Kronenzustand aufweisen. Der hohe Schädigungsgrad der Esche spiegelt sich auch in der Schadstufenverteilung wider (Abb. 9). Insgesamt sind 53,6 Prozent aller Eschen deutlich geschädigt. Insbesondere der Anteil an stark geschädigten und abgestorbenen Eschen (Schadstufe 3 und 4) ist dabei mit knapp 20 Prozent sehr hoch. Demgegenüber sind nur 10,8 Prozent der Eschen ungeschädigt und 35,6 Prozent schwach geschädigt.

Der pilzliche Erreger des Eschentriebsterbens mit dem Namen Falsches Weißes Stängelbecherchen (*Hymenoscyphus fraxineus*) dringt über die Blätter der Esche in die Triebe des Baumes ein und bringt diese zum Absterben. Im weiteren Verlauf der Krankheit können sich zudem am Stammfuß Nekrosen ausbilden, die zu einer akuten Bruchgefahr der Eschen führen.

Seitdem das Eschentriebsterben 2009 erstmalig in Baden-Württemberg festgestellt worden war, ist die Mortalitätsrate der Eschen erheblich angestiegen, was zu einem signifikanten Rückgang des Eschenanteils in den Wäldern geführt hat.

Sonstige Laubbäume

Die Gruppe der sonstigen Laubbäume setzt sich aus einer Vielzahl verschiedener Baumarten zusammen. Die Hainbuche ist dabei mit großem Abstand die häufigste Art, gefolgt von der Roteiche, der Linde und dem Spitzahorn. In diesem Jahr verschlechtert sich der Kronenzustand der sonstigen Laubbäume wieder leicht, nachdem er sich in den vergangenen beiden Jahren deutlich erholt hatte. Der mittlere Blattverlust erhöht sich etwas auf 22,1 Prozent (Abb. 18), bleibt jedoch weiterhin deutlich unter dem bisherigen Höchststand von 2022.

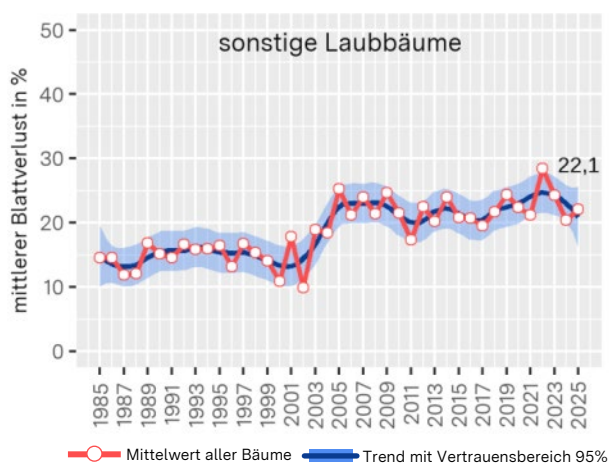


Abb. 18: Mittlerer Blattverlust der Jahre 1985 bis 2025 der sonstigen Laubbäume.

2 DIE DOUGLASIE IM WANDEL: CHANCEN UND RISIKEN

Angesichts des fortschreitenden Klimawandels steigt die Nachfrage nach Baumarten, die langfristig mit den spürbaren Veränderungen zurechtkommen. In diesem Zusammenhang wird besonders häufig die Douglasie diskutiert (Abb. 19). Die ursprünglich aus Nordamerika stammende Baumart zeichnet sich durch hohe Zuwachsraten aus, kann große Mengen an Kohlendioxid speichern und scheint eine etwas höhere Resistenz gegenüber längeren Trockenperioden zu besitzen als andere Nadelbaumarten.

In den sehr trocken-heißen Jahren seit 2018 hat jedoch auch die Douglasie unter den teilweise extremen Witterungsverhältnissen gelitten. Die über das digitale Waldschutzmeldewesen insgesamt von 2018 bis 2024 als bestandesbedrohend gemeldeten Trockenschäden an Douglasien lagen in Baden-Württemberg mit Schwerpunkten in der nördlichen Oberrheinebene sowie in den nördlichsten Landkreisen vor (Abb. 20). Diese Darstellung zeigt anhand aktueller Schadmeldungen bereits, was die Baumarteneignung auch für die Zukunft prognostiziert: Die Douglasie ist nicht überall in Baden-Württemberg als führende Baumart geeignet, vor allem nicht im Hinblick auf die fortschreitenden Klimaveränderungen.

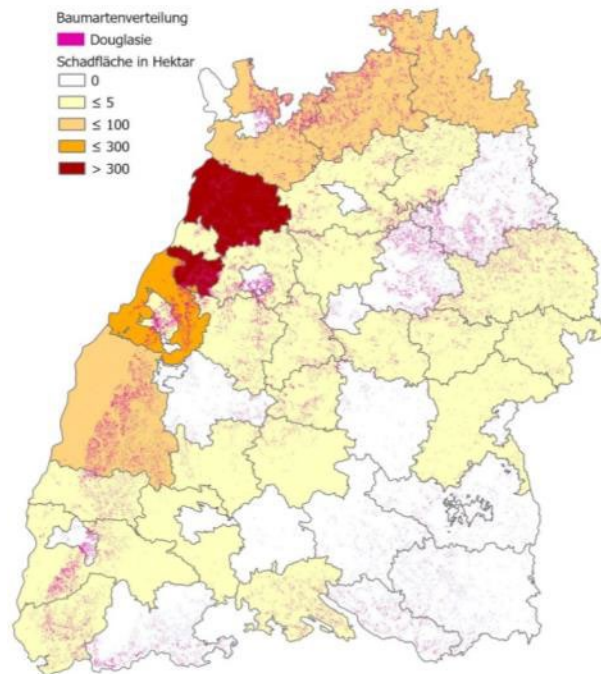


Abb. 20: Karte der als bestandesbedrohend gemeldeten Trockenschäden an Douglasie nach Landkreisen und aufsummiert über die Jahre 2018–2024 (Digitales Waldschutzmeldewesen BW). Die lilafarbenen Punkte zeigen das Vorkommen von Douglasienbeständen an (Datengrundlage: Thünen, 2025).

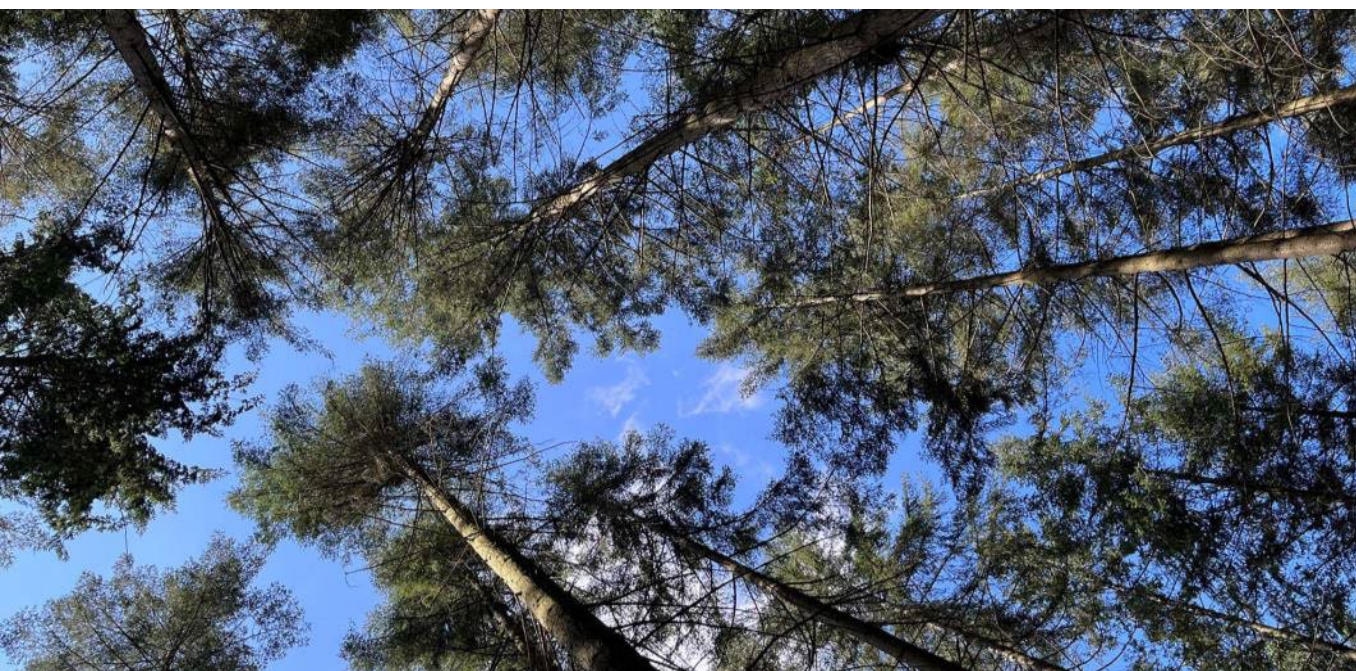


Abb. 19: Blick von unten in Douglasienkronen (Foto: D. Wonsack).

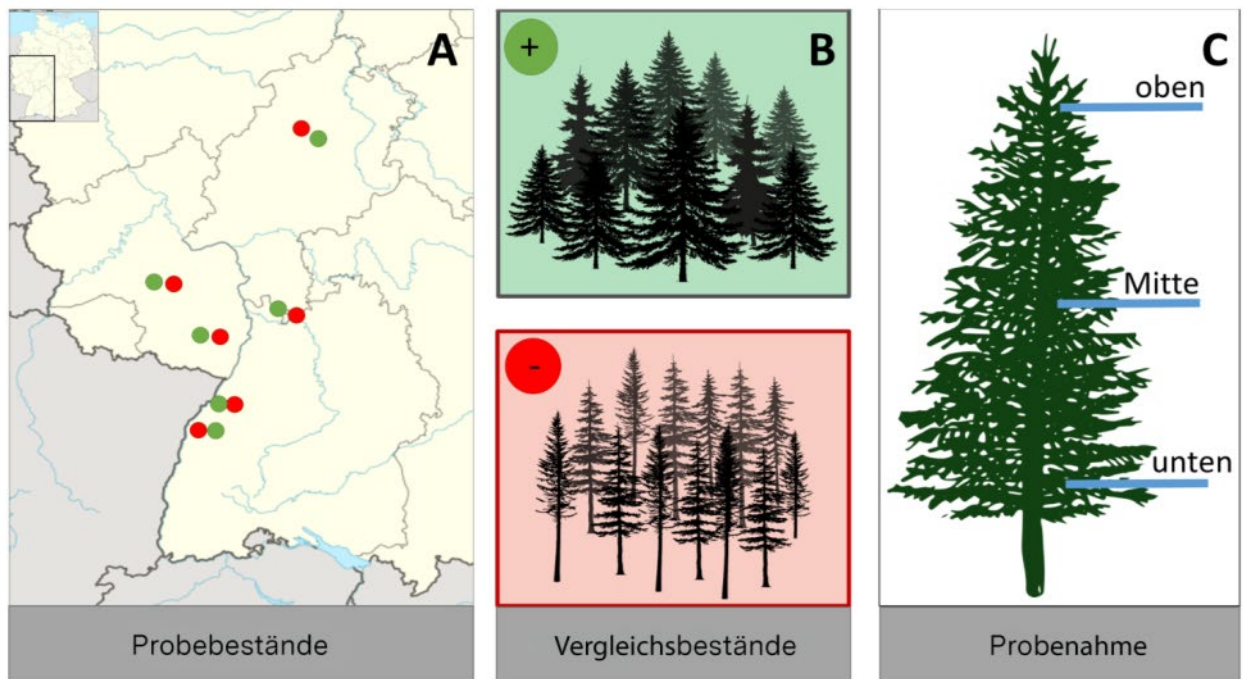


Abb. 21: Probebestände und Probenahme. A: Es wurden 12 Probebestände in Hessen, Rheinland-Pfalz und Baden-Württemberg untersucht. B: Die Bestände sind als Vergleichspaare mit unterschiedlicher Vitalität organisiert. C: Die Probenahme wurde mittels Fällung an vier Bäumen pro Bestand in unterschiedlichen Kronenhöhen durchgeführt.

Im Rahmen des Verbundprojekts „Eine optimale Vitalität der Douglasie für multifunktionale Wälder“ (Vi-taDou) hat die Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg die Beteiligung biotischer Schadorganismen an der zu beobachtenden Vitalitätsschwäche untersucht. In den Bundesländern Hessen, Rheinland-Pfalz und Baden-Württemberg wurden insgesamt zwölf Douglasienbestände mit unterschiedlicher Ausgangsvitalität ausgewählt und in den Jahren von 2022 bis Januar 2025 untersucht (Abb. 21 A + B).

Die Vitalität der Bestände und der dort ausgewählten Probabäume wurde in Anlehnung an das Verfahren der Waldzustandserhebung jährlich hinsichtlich des Kronenzustands bewertet. Zusätzlich zu dieser Kronenansprache wurden im Jahr 2022 aus jedem Bestand vier Probabäume gefällt und auf den Befall durch Douglasien-Gallmücken und/oder Rußiger Douglasienschütte eingehend untersucht. Dafür wurden Zweigproben aus unterschiedlichen Kronenhöhen entnommen und der Befall bzw. die Infektion quantifiziert (Abb. 21 C). Vorhandene Nadeln mit Gallen wurden gezählt und die Intensität der Rußigen Douglasienschütte anhand der auf der Nadelunterseite sichtbaren Pseudothecien (Fruchtkörper) geschätzt.

Erste Untersuchungsergebnisse

Bei der Anlage der Versuchsflächen wurden gezielt Bestände schlechterer Vitalität sowie Kontrollbestände besserer Vitalität ausgewählt. Daher ist der erhobene Kronenzustand nicht repräsentativ für die drei Bundesländer. Im Ausgangsjahr 2022 variierte die mittlere Kronenverlichtung auf den Versuchsflächen zwischen Werten von sieben Prozent (HE03) bis zu 82 Prozent (RLP02). Über den gesamten Versuchszeitraum hinweg zeigten alle Bestände eine Verschlechterung des Kronenzustands, wobei im Herbst 2024 eine leichte Erholungstendenz auf nahezu allen Flächen zu verzeichnen war (Abb. 22). Sechs Douglasien sind innerhalb des Untersuchungszeitraums stehend abgestorben.

Wie erwartet, wurde anhand der Probenahme 2022 an allen Bäumen der Versuchsflächen eine Ausbreitung der Rußigen Douglasienschütte festgestellt. Überraschenderweise wurde zudem an allen Bäumen ein Befall durch Douglasien-Gallmücken verzeichnet. Außerdem zeigte sich, dass die Bestände mit schlechterer Vitalität stärker von der Rußigen Douglasienschütte betroffen waren. Im Gegensatz dazu wiesen die vitaleren Bestände einen stärkeren Befall durch Gallmücken auf. Somit ergibt sich für das Pro-

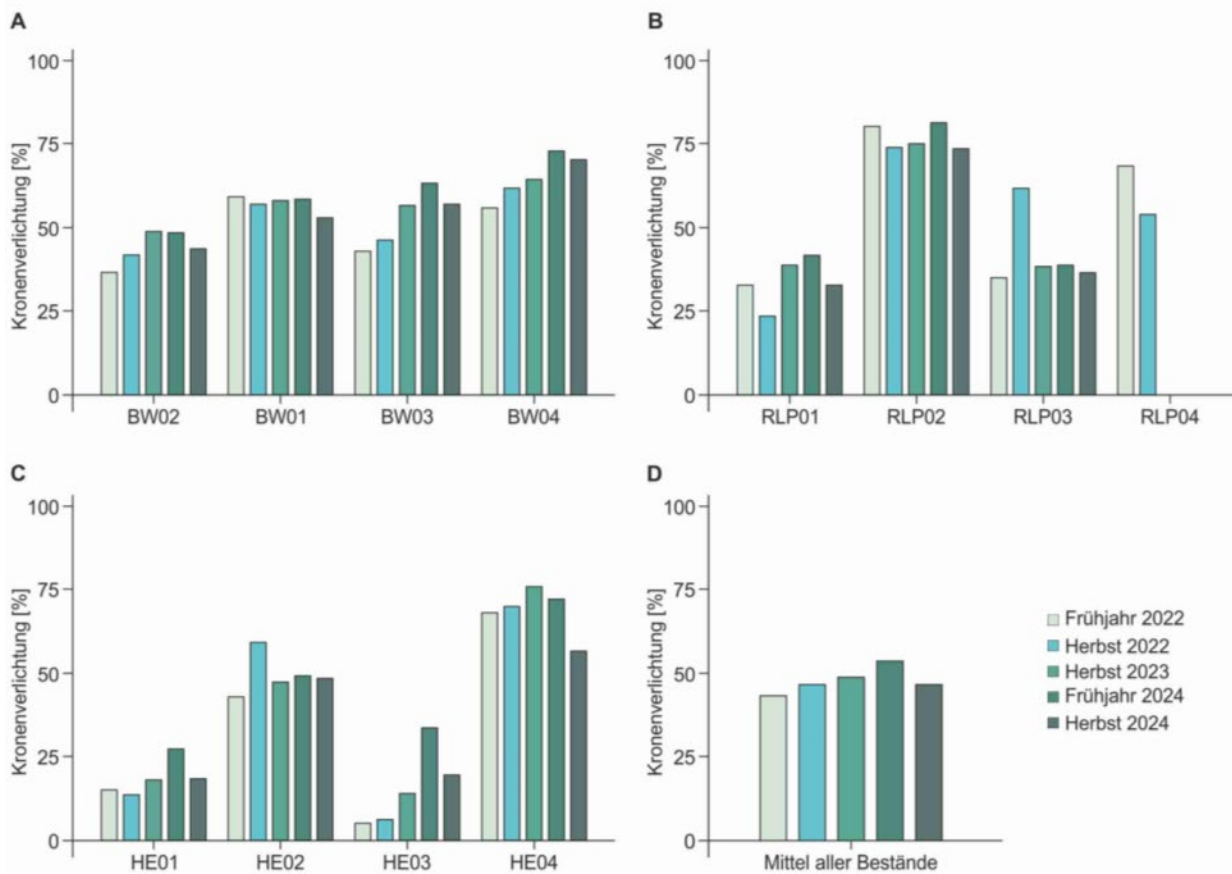


Abb. 22: Kronenverlichtung der Probebestände BW01-04 (A), RLP01-04 (B) und HE01-04 (C) von Anfang 2022 bis Ende 2024. (D) veranschaulicht den Mittelwert aller begutachteten Bestände. Die Kronenverlichtung ist für alle Probebestände außer RLP04 halbjährlich (außer Frühjahr 2023) dargestellt. Aufgrund von Fällungen wurden im Zeitverlauf eine unterschiedliche Anzahl von Bäumen untersucht: 2022 (Frühjahr und Herbst) $n = 229$ Bäume, Herbst 2023 bis Herbst 2024 $n = 163$ Bäume. D: $n = 163$ Bäume.

bejahr 2022 ein gegensätzliches Befallsmuster der zwei biotischen Schadfaktoren.

Um genetische Einflüsse auf die Vitalität zu klären, wurde 2023 in Zusammenarbeit mit der Universität für Bodenkultur Wien (BOKU) ein Teilprojekt zur genetischen Herkunftsanalyse durchgeführt. Dazu wurden Nadelproben von elf der ursprünglich zwölf Untersuchungsbestände molekulargenetisch untersucht. Mittels Mikrosatelliten-Markern (Simple Sequence Repeats, SSR) wurde die Zugehörigkeit der Douglasien zu den verschiedenen Varietäten bestimmt. Die Analyse zeigte, dass neben der erwarteten Küstenvarietät (*Pseudotsuga menziesii* var. *menziesii*) auch zwei Bestände der Inlandsvarietät (*Pseudotsuga menziesii* var. *glauca*) sowie ein Mischbestand aus beiden Varietäten vorkamen. Die Reinbestände der Inlandsvarietät wiesen einen deutlich stärkeren Befall durch die Rußige Douglasienschildmücke und auch höhere Nadelverluste auf. Dies deutet auf eine genetisch bedingte Veranlagung hin.

Wie geht's weiter?

Sowohl die Projektergebnisse als auch die Beobachtungen und Erfahrungen aus der Beratungstätigkeit der Abteilung Waldschutz der FVA Baden-Württemberg weisen darauf hin, dass mittlerweile von einer flächigen Verbreitung der Douglasien-Gallmücken in Südwestdeutschland auszugehen ist. Inwieweit stärker befallene, bislang jedoch vitale Bestände im Verlauf eines mehrjährigen Befalls langfristig maßgeblich geschwächt werden, muss in künftigen Untersuchungen überprüft werden.

Der negative Einfluss der Rußigen Douglasienschildmücke auf das Baumwachstum ist bereits nachgewiesen. Das Zusammenspiel beider Schadorganismen, insbesondere unter dem Einfluss von Witterungsextremen, konnte auf Basis der vorliegenden Ergebnisse jedoch noch nicht abschließend beurteilt werden. Aus diesem Grund hat die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR) jüngst das eingereichte Folge-

projekt mit dem Titel „Douglasien – Resistenz und Vitalität für die Praxis“ (DouReVital) bewilligt. Hier sollen mehrjährige Zeitreihen Aufschluss darüber geben, wie sich die beiden Organismen in Kombination auf die Vitalität auswirken und ob Managementmaßnahmen die Vitalität der Douglasien verbessern können. Inwieweit darüber hinaus auch die Nährstoffversorgung die Vitalität der Douglasien beeinflusst, wird derzeit im Forschungsprojekt „DoNut“ untersucht.

Zum aktuellen Zeitpunkt lassen sich Handlungsempfehlungen für ältere Bestände nur eingeschränkt ableiten. Die Kronenansprache auf den Versuchsflächen hat gezeigt, dass selbst stark geschädigte Douglasien nicht zwangsläufig innerhalb kurzer Zeit absterben, sondern teilweise deutliche Erholungstendenzen aufweisen. Solche Bäume sollten daher nicht großflächig entnommen werden, sondern soweit möglich, nur gezielt zur Lichtsteuerung im Rahmen der Waldüberführung genutzt werden. Bei der Auswahl geeigneter Flächen für zukünftige Bestockungen sollte die prognostizierte Baumarteneignung aber unbedingt in

Bei der Abteilung Waldschutz der FVA Baden-Württemberg gehen auch in diesem Jahr wieder gehäuft Anfragen zu möglichem Borkenkäferbefall an Douglasie ein. Astspitzen oder ganze Kronen, die sich im Frühjahr plötzlich rot verfärben, werden schnell mit Borkenkäferbefall assoziiert. Auch wenn vereinzelt eine erfolgreiche Brutentwicklung heimischer Borkenkäferarten an der Douglasie festzustellen war, wurde der Befall in den bisherigen Beratungsfällen in aller Regel als deutlich sekundär eingestuft. Diese Einschätzung wird durch Laboruntersuchungen an der FVA Baden-Württemberg gestützt.

die weitere Planung einbezogen werden. Die unterschiedliche Anfälligkeit der verschiedenen Herkunftseingänge verdeutlicht zudem, dass auch in Zeiten erhöhten Bedarfs an Saat- und Pflanzgut keine Abstriche bei der Varietät der Douglasien hingenommen werden dürfen.

Aktuelle FVA-Projekte

Verbundprojekte „VitaDou“ und „DoNut“

Das abgeschlossene Verbundprojekt „Eine optimale Vitalität der Douglasie für multifunktionale Wälder“ (VitaDou) untersuchte, in welchem Maße neben Witterungseinflüssen und klimatischen Veränderungen auch weitere Faktoren zur seit einigen Jahren beobachteten Vitalitätsschwäche der Douglasie beitragen. Das noch laufende Projekt „Wechselwirkungen zwischen der Douglasie und dem Nährstoffhaushalt des Standorts“ (DoNut) untersucht, wie die Douglasie auf verschiedene Boden- und Nährstoffbedingungen reagiert. Beide Projekte entspringen einer starken und umfassenden Kooperation der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg, der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz und der Nordwestdeutschen Forstliche Versuchsanstalt. In der intensiven Zusammenarbeit zwischen den Versuchsanstalten zeigt sich ein großer Mehrwert für die einzelnen Projekte. Die Zusammenarbeit verdeutlicht die Bedeutung der Douglasie und trägt durch den intensiven Austausch dazu bei, das Interesse an weiteren länderübergreifenden Forschungsprojekten mit ähnlichen Schwerpunkten zu stärken.



Abschlussveranstaltung des Projekts VitaDou unter Deutschlands höchster Douglasie:
www.fva-bw.de/abschlussveranstaltung-vitadou

3 WITTERUNG

Die Witterung hat einen maßgeblichen Einfluss auf den Zustand der Wälder. Besonders extreme Witterungsereignisse, wie langanhaltende Trockenperioden, Hitzephasen, Spätfröste oder Starkregenereignisse, können die Vitalität der Wälder erheblich beeinträchtigen. In den letzten Jahren ist der Einfluss des Klimawandels auf die Wälder immer deutlicher geworden, und die Folgen extremer Witterungsbedingungen sind inzwischen in vielen Wäldern unübersehbar. Insbesondere führten die Trockenjahre ab 2018 in weiten Teilen Deutschlands und auch in Baden-Württemberg zu gravierenden Waldschäden, die sich regional in einem hohen Anteil abgestorbener Bäume und stark geschädigter Baumkronen zeigten. Im Zuge des Klimawandels ist mit einer Zunahme von Witterungsextremen zu rechnen, was die Waldbewirtschaftung vor große Herausforderungen stellt.

Die Klimareferenzperiode ist ein 30-jähriger Zeitraum, der zur Analyse von Klimadaten wie Temperatur und Niederschlag verwendet wird. Sie dient dazu, langfristige Trends zu identifizieren und aktuelle Klimaveränderungen zu bewerten. Derzeit gilt die Referenzperiode 1991 bis 2020, mit der die Monatsdurchschnittswerte der Temperatur bzw. des Niederschlags des aktuellen Jahres verglichen werden.

Witterungsverlauf

Nachdem das Jahr 2023 bereits als das wärmste seit Beginn der Wetteraufzeichnungen im Jahr 1881 für Baden-Württemberg verzeichnet wurde, haben die Temperaturen im Jahr 2024 diesen Rekord nochmals

übertroffen (DWD, 2025). Mit einer landesweiten Jahresdurchschnittstemperatur von 10,8° Celsius gilt 2024 damit als das bislang wärmste Jahr. In allen Monaten lagen die Mitteltemperaturen über dem Durchschnitt der Klimareferenzperiode. Und auch im Jahr 2025 setzte sich dieser Trend bislang weiter fort. Lediglich im Mai und Juli näherte sich die mittlere Lufttemperatur dem Referenzwert an, während alle anderen Monate deutlich zu warm waren (Abb. 23). Vor allem der Juni präsentierte sich als ausgesprochen warm und geht als zweitwärmster Juni nach 2003 in die bisherige Messhistorie ein.

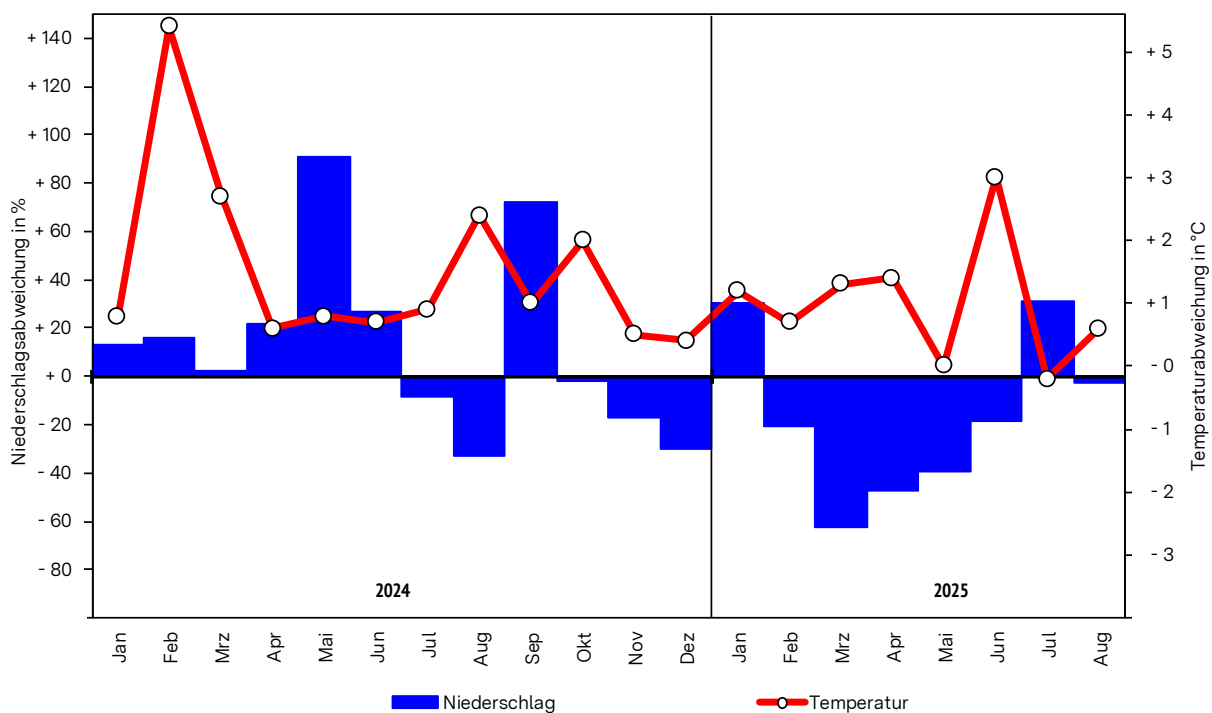


Abb. 23: Niederschlags- und Temperaturabweichung vom Mittel der Referenzperiode (1991 bis 2020) für Baden-Württemberg (Datengrundlage: Deutscher Wetterdienst, DWD).

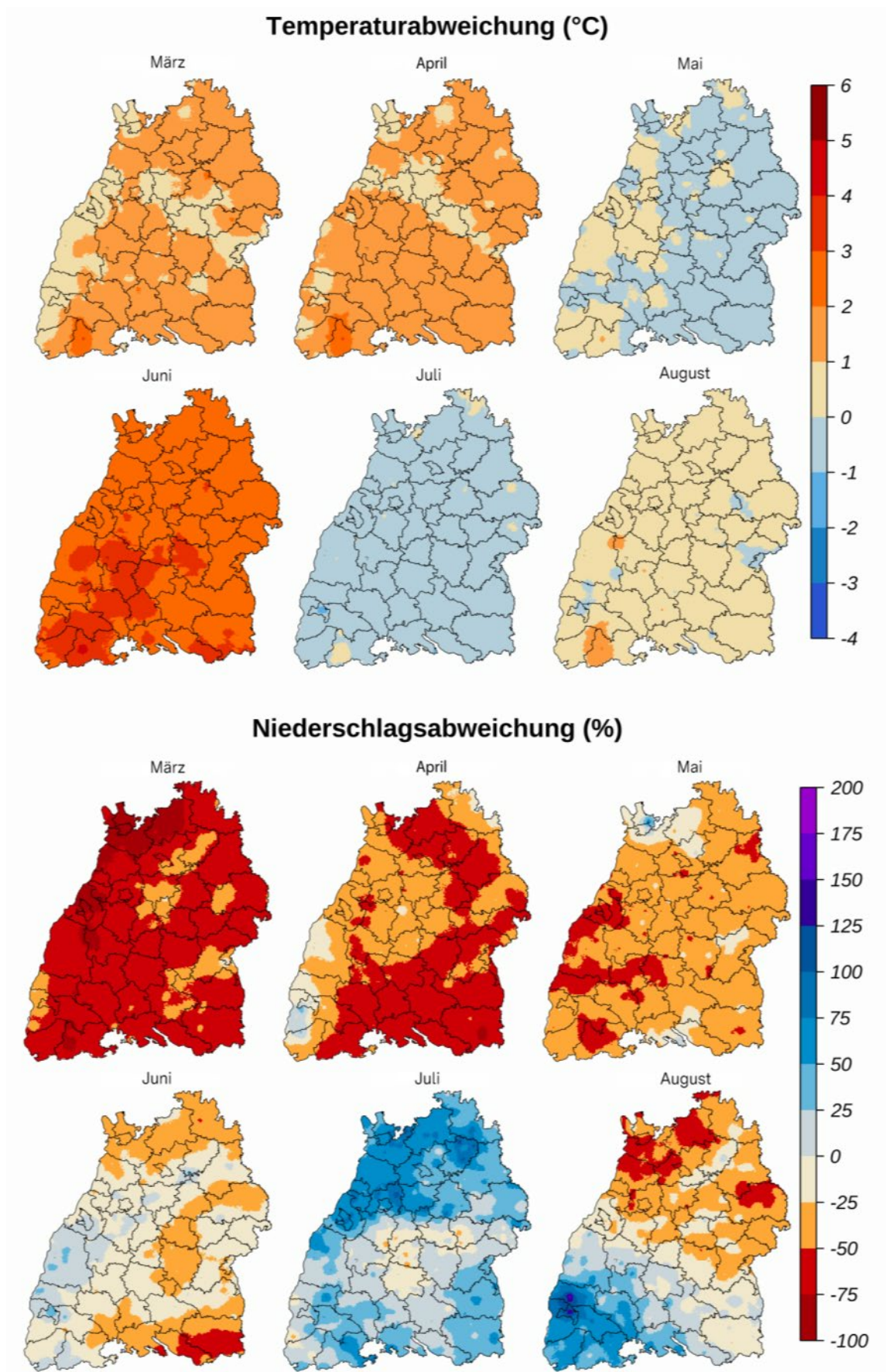


Abb. 24: Regionale Temperatur- (oben) und Niederschlagsabweichung (unten) der Monate März bis August 2025 vom Mittel der Referenzperiode (1991 bis 2020) für Baden-Württemberg (Datengrundlage: Deutscher Wetterdienst, DWD).

In der ersten Hitzewelle des Jahres wurde in Waghäusel-Kirrlach (Landkreis Karlsruhe) eine Lufttemperatur von 38,7° Celsius erreicht. Im Verlauf des Julis gingen in weiten Teilen des Landes die Temperaturen und die Sonnenstunden etwas zurück, bevor Mitte August eine zweite Hitzewelle zeitweilig wieder zu hohen Temperaturen führte. Allerdings stieg die Monatsmitteltemperatur im August nur leicht über den Wert der langfristigen Klimareferenzperiode.

Durch das nasse Jahr 2024 waren die Bodenwasserspeicher im Wald ausreichend gefüllt, sodass den Bäumen zum Zeitpunkt des Austriebs trotz erhöhter Temperaturen und eines Niederschlagsdefizits im Frühjahr 2025 zunächst genug Wasser zur Verfügung stand. Die anhaltend geringen Niederschläge führten jedoch im Juni, in Kombination mit den überaus hohen Temperaturen und Transpirationsraten, regional

zu einer angespannten Situation mit ersten Trocken- und Hitzestresssymptomen an den Waldbäumen. In weiten Teilen des Landes stieg die Waldbrandgefahr und auch die Schwärmaktivität der Borkenkäfer erreichte landesweit ihren Höhepunkt. Erst im Juli setzten Schauer und Gewitter mit zum Teil heftigem Starkregen der trocken-heißen Phase schlagartig ein Ende. Der Juli war damit der erste Monat seit Januar 2025 mit überdurchschnittlich hohen Niederschlägen. Jedoch konnten die Waldböden häufig so viel Regenwasser, welches in kürzester Zeit auf den Boden fiel, nur in geringem Umfang aufnehmen und in tieferen Bodenschichten speichern. Oberflächennaher Abfluss nach zum Teil erheblichen Starkregen führte im Juli regional zu Überschwemmungen und Erosionsschäden (Abb. 25). Auch im August fiel zumindest im Süden des Landes vergleichsweise viel Niederschlag, während es im nördlichen und nordöstlichen Baden-Württemberg wiederum deutlich zu trocken blieb (Abb. 24).



Abb. 25: Erosionsschäden an einem Waldweg entlang einer Kahlfläche nach einem Starkregenergebnis (Foto: H. Puhlmann).

Witterungsextreme

Kennzahlen von Witterungsextremen sind spezifische Messgrößen, die zur Beschreibung und Quantifizierung von extremen Witterungsereignissen wie besonders heißen/kalten oder trockenen/nassen Phasen verwendet werden. Besonders bei der Anzahl heißer Tagen (Tagesmaximum ≥ 30 °Celsius) zeigt sich in Baden-Württemberg seit Anfang der 1960er-Jahre ein deutlicher Anstieg (Abb. 26, oben). Während zu Beginn der Beobachtungsperiode nur vereinzelt heiße Tage auftraten, hat ihre Zahl im Lauf der Jahre erheblich zugenommen. Insbesondere in den letzten zehn Jahren ist eine deutliche Häufung von extremen Hitzetagen festzustellen. Demgegenüber zeigen die Frosttage (Tagesminimum ≤ 0 °Celsius) landesweit einen leicht rückläufigen Trend (Abb. 26, Mitte). In den letzten Jahren wurden nur noch selten 100 oder mehr Frosttage pro Jahr registriert, was in den weiter zurückliegenden Jahren noch häufig zu beobachten war. Für die Anzahl der Starkregentage (Niederschlag ≥ 20 mm) ist in Baden-Württemberg eine leichte Zunahme im Beobachtungszeitraum erkennbar, wobei die trendhafte Veränderung im Vergleich zu den Hitze- oder Frosttagen hier am geringsten ausgeprägt ist (Abb. 26, unten).

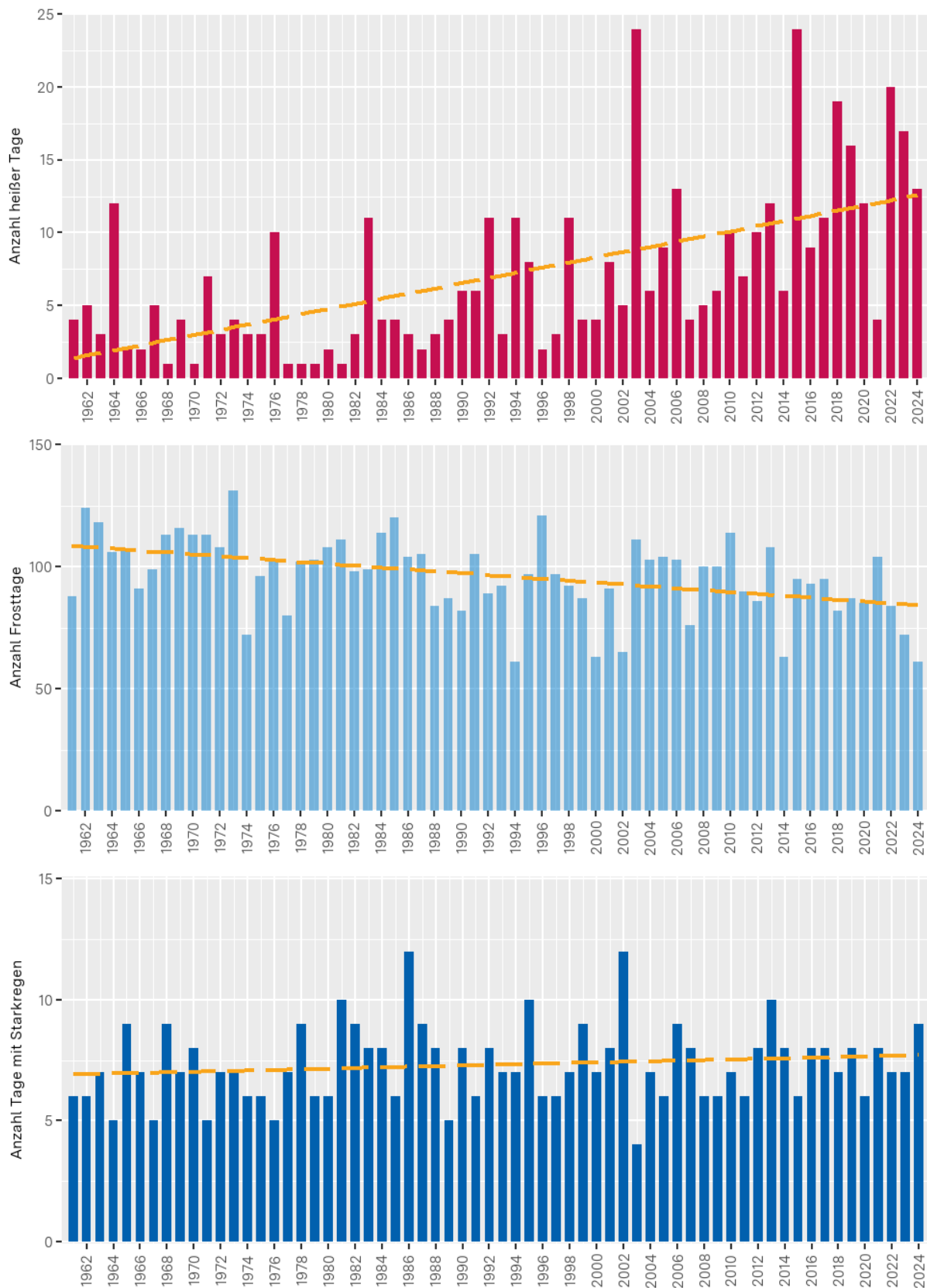


Abb. 26: Kennzahlen der Witterungsextreme von 1961 bis 2024 in Baden-Württemberg. Oben: Anzahl heißer Tage ($T_{\max} \geq 30$ °Celsius), Mitte: Anzahl Frosttage ($T_{\min} \leq 0$ °Celsius), unten: Anzahl Tage mit Starkregen ($N \geq 20$ mm). Die orangefarbene Linie kennzeichnet jeweils den linearen Trend über den Beobachtungszeitraum (Datengrundlage: Klimaatlas BW, LUBW).

Bodenfeuchte

Die Bodenfeuchte ist ein entscheidender Faktor für die Wasserversorgung und damit für das Wachstum und die Vitalität von Waldbäumen. Abbildung 27 zeigt die Bodenfeuchte der Level II-Fläche „Esslingen (Buche)“ für die Bodentiefen 15, 30 und 60 cm im Zeitraum von Januar bis Oktober 2025. Nach einer mehrmonatigen Phase mit ausreichender Bodenfeuchte nahm diese in allen drei Bodentiefen ab Mitte Mai signifikant ab. Zwar kam es Anfang Juni im Oberboden durch kleinere Niederschlagsereignisse zu einem kurzzeitigen Anstieg der Bodenfeuchte, doch setzte sich die trockene Phase in den folgenden Wochen fort. Im Juli wurden die niedrigsten Bodenfeuchtwerte gemessen, bevor starke Regenfälle ab Mitte des Monats zu einem deutlichen Anstieg führten. Bis Mitte August trocknete der Boden in allen Tiefenstufen erneut stärker aus, wobei regelmäßige Regenfälle die Austrocknungstendenz immer wieder unterbrechen.

In den oberen Bodenschichten ist im Jahresverlauf weniger Wasser gespeichert als in den tiefer gelegenen Bodenschichten. Auch zeigen sich in der obersten Bodenschicht stärkere Schwankungen zwischen

Austrocknung und Befeuchtung, während diese Veränderungen in den tieferen Schichten weniger stark ausgeprägt sind.

Wasserrückhalt im Wald

Der gezielte Wasserrückhalt im Wald gewinnt seit einigen Jahren immer mehr an Bedeutung. Dabei liegt der Fokus darauf, einen schnellen Abfluss der Niederschläge zu verhindern. Das Wasser soll nach Möglichkeit im Wald gehalten werden und durch natürliche Prozesse langsam in den Boden versickern. Dadurch können die Auswirkungen von Starkregenereignissen wie Hochwasser und Erosion abgemildert werden. Gleichzeitig trägt der Wasserrückhalt dazu bei, Trockenphasen abzuf puffern, sodass die Waldbäume länger mit Wasser versorgt sind. Durch die verstärkte Versickerung wird die Bodenqualität verbessert und die Wasserspeicherfähigkeit langfristig erhöht. Ein verstärkter Wasserrückhalt im Wald kommt nicht nur dem Baumbestand zugute, sondern verbessert auch den Lebensraum zahlreicher Tier- und Pflanzenarten, wie zum Beispiel verschiedener Amphibien, die auf stehendes Wasser im Wald angewiesen sind.

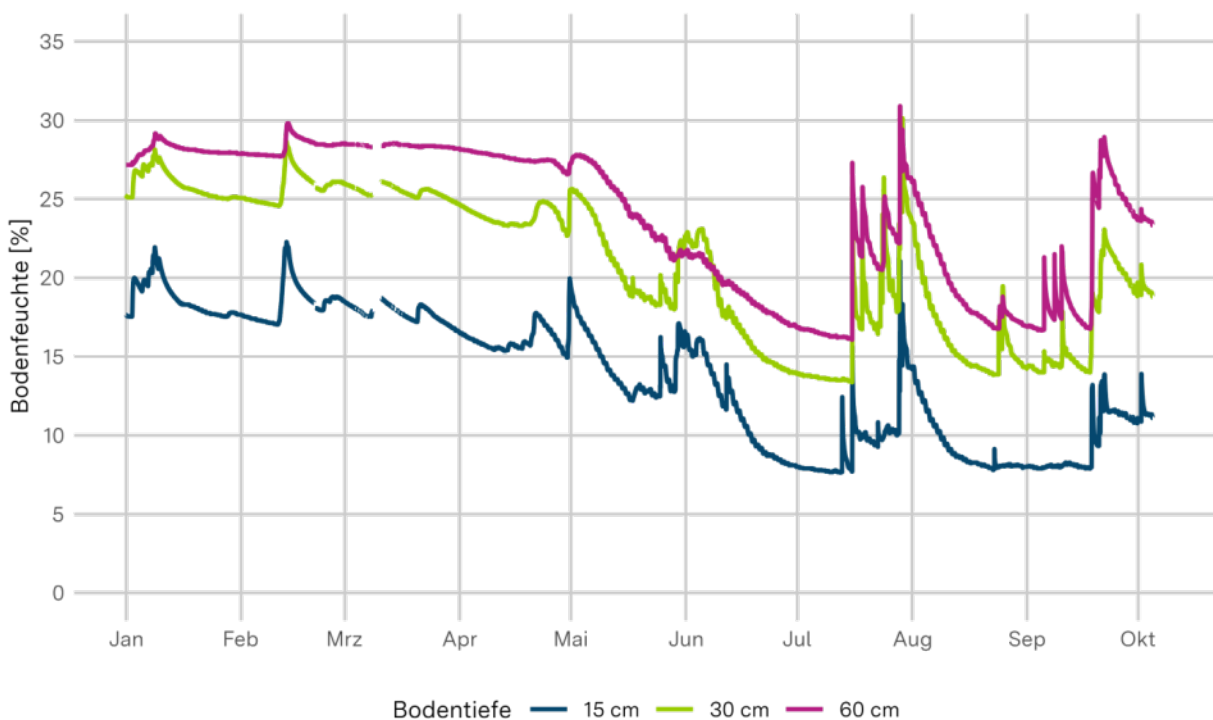


Abb. 27: Bodenfeuchte der Level II-Fläche „Esslingen (Buche)“ für die Bodentiefen 15, 30 und 60 cm im Zeitraum von Januar bis Oktober 2025.

Beispiel für Wasserrückhalt: die Rigole

Eine Rigole ist eine durchlässige Schotterstruktur im Unterbau von Waldwegen, die dazu dient Wasser aus bergseitigen Gräben aufzunehmen und kontrolliert auf der Talseite versickern zu lassen (Abb. 28). Im Gegensatz zu den üblichen Rohrdurchlässen wird bei der Rigole der Abfluss deutlich verlangsamt und über eine breite Fläche abgeleitet. Bei durchlässigem Untergrund versickert ein Teil des Wassers bereits unter dem Weg. Rigolen führen so zu einem verringerten und verlangsamen Abfluss auf der Talseite und beugen einer Rinnenbildung und somit einer erneuten Abflussbeschleunigung vor. Um eine lange Funktionstüchtigkeit der Rigolen zu sichern, sollte auf der Bergseite ein Sedimentationsbecken angelegt werden, in dem sich Schwebstoffe absetzen können. Bei hohen Abflussmengen empfiehlt sich zudem auf der Talseite eine Versickerungsmulde, in die das Wasser einfließen und von dort langsam ins Erdreich versickern kann.

Aktuelle FVA-Projekte

Dezentraler Wasserrückhalt

Die FVA Baden-Württemberg erarbeitet derzeit in dem Projekt „Dezentraler Wasserrückhalt“ zahlreiche Maßnahmen, die zur einer Verbesserung des Wasserrückhalts im Wald geeignet sind. Informationen hierüber werden in übersichtlichen, praxistauglichen Steckbriefen zusammengefasst und können auf der Webseite der FVA heruntergeladen werden. Zusätzlich finden vielfältige Informationsveranstaltungen, Schulungen und Beratungsangebote im Wald statt.



Veröffentlichungen im Projekt: www.fva-bw.de/wasserspeicher-wald-veroeffentlichungen



Abb. 28: Rigole mit Sedimentationsbecken auf der Bergseite (Foto: H. Puhlmann).

4 STOFFEINTRÄGE UND BODENZUSTAND

Im Depositionsmessnetz der FVA Baden-Württemberg werden Stoffeinträge mit dem Niederschlag auf verschiedenen Waldstandorten im Land gemessen (siehe Abb. 34 auf S. 38). Erste Depositionsmessflächen wurden bereits Anfang der 1980er-Jahre eingerichtet, sodass mittlerweile auf über 40-jährige Beobachtungsreihen zurückgegriffen werden kann. Wälder filtern mit ihrer großen Blatt- und Nadeloberfläche besonders viele Schadstoffe und Feinstäube aus der Luft, die zum überwiegenden Teil mit dem Regen in den Waldboden eingetragen werden. In Wäldern ist daher der Eintrag für viele Schadstoffe im Mittel ca. zwei- bis dreimal so hoch wie im benachbarten Freiland. Dabei ist der Eintrag in reine Nadelbaumbestände aufgrund ihrer ganzjährigen Benadelung gegenüber Laub- bzw. Mischbeständen besonders hoch.

Der übermäßige Eintrag von Schwefel- und Stickstoffverbindungen in die Wälder führte in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts zu einer erheblichen Versauerung der Waldböden und zu regional massiven Waldschäden. Durch den „sauren Regen“ werden wichtige basische Nährelemente ausgewaschen, was vor allem auf ärmeren Böden zu einer Störung der Waldernährung führen kann. Dies schwächt nicht nur die Vitalität der Bäume, sondern mindert auch die Filter- und Pufferfunktion der Böden, mit negativen Folgen für das Grundwasser. Zudem verschiebt sich die Zusammensetzung der Bodenvegetation zugunsten säureliebender Arten.

Seit den 1990er-Jahren ist ein stetiger Rückgang der atmosphärischen Säureeinträge zu verzeichnen. Während 1984 auf den Versuchsflächen des Depositionsmessnetzes noch Eintragswerte zwischen 0,7 und 5,0 kg/ha gemessen wurden, sind diese mittlerweile auf 0,2 bis 0,7 kg/ha und Jahr abgesunken (Abb. 29). Vor allem der Eintrag von Schwefelverbindungen konnte durch effektive Filterungsmaßnahmen und die Optimierung von Verbrennungsprozessen deutlich gesenkt werden. Auch die Stickstoffeinträge aus Verkehr und Landwirtschaft zeigen einen leicht rückläufigen Trend. Dennoch sind viele Waldböden Baden-Württembergs infolge der jahrzehntelangen Säureeinträge nach wie vor über das natürliche Maß hinaus versauert. Zur Wiederherstellung der ursprüngli-

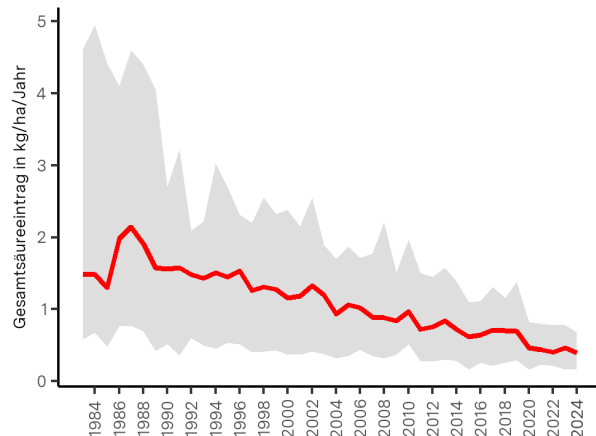


Abb. 29: Gesamtsäureeintrag der Flächen des Depositionsmessnetzes von 1984 bis 2024. Rote Linie: Mittelwert der Gesamtsäuredeposition, graue Fläche: Spanne der Minimal- und Maximalwerte der einzelnen Flächen.

chen Bodenfunktionen werden daher regenerationsorientierte Bodenschutzkalkungen durchgeführt. Diese Maßnahmen zielen darauf ab, den aktuellen Säureeintrag zu kompensieren und das durch Versauerung verursachte Basendefizit im Boden auszugleichen, um die Widerstandsfähigkeit der Wälder langfristig zu fördern.

Hohe Stickstoffeinträge tragen nicht nur zur Bodenversauerung bei, sondern führen auch zu einer zunehmenden Eutrophierung von Waldstandorten. Eine unmittelbare Folge sind erhöhte Stickstoffausträge mit dem Sickerwasser, wenn große Waldflächen plötzlich freigestellt werden. Dies war in den letzten Jahren vermehrt auf Kalamitätsflächen zu beobachten, wo es durch die verstärkte Sonneneinstrahlung zu einer intensiveren Zersetzung des Humus im Waldboden und somit zu einer erhöhten Freisetzung von Stickstoff kommt. Ohne Baumvegetation wird dieser „freie“ Stickstoff nicht mehr in ausreichendem Maß aufgenommen, was zu einer Auswaschung wichtiger basischer Nährelemente wie Calcium, Magnesium oder Kalium führt und die Versauerung des Oberbodens verstärkt. Bei hoher Belastung gelangt der Stickstoff als Nitrat mit dem Sickerwasser in tiefere Bodenschichten und kann so in das Grundwasser übergehen. Dies gefährdet nicht nur die Wasserqualität, sondern beeinträchtigt auch den Nährstoffhaushalt der Waldböden.

Bedeutung von Stoffeinträgen für die Bodenfauna

Stoffeinträge in Wälder, insbesondere durch atmosphärische Depositionen von Stickstoff, Schwefel und anderen Substanzen, haben tiefgreifende Auswirkungen auf die Bodenökosysteme. Sie beeinflussen nicht nur die physikalischen und chemischen Eigenschaften des Bodens, sondern wirken sich auch stark auf die Bodenfauna aus, die wiederum eine Schlüsselrolle für die Bodenfruchtbarkeit, in Nährstoffkreisläufen und für die Struktur von Waldökosystemen spielt.

Die Bodenfauna umfasst eine Vielzahl von Organismen, darunter Regenwürmer, Milben, Springschwänze, Nematoden und viele weitere (Abb. 30). Diese Organismen sind wesentlich für die Zersetzung organischer Stoffe, die Humusbildung sowie die Belüftung und Strukturierung des Bodens verantwortlich. Die Bedeutung der Bodenfauna wird oft durch ihre Rolle in der sogenannten Bioturbation hervorgehoben, bei der Bodenpartikel durch das Graben und Bewegen von Organismen durchmischt werden. Dies fördert die Durchlässigkeit und die Verteilung von Nährstoffen im Boden.

Aktuelle FVA-Projekte

Bodenorganismen

Im Rahmen des Sonderprogramms zur Stärkung der biologischen Vielfalt des Landes Baden-Württemberg untersucht die Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt (FVA) die Bodenfauna an landesweit verteilten Waldstandorten. Ergänzt wurden diese Aufnahmen durch Untersuchungen zum Waldbodenmikrobiom, welche durch die Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR) gefördert wurde. Diese Erhebungen ermöglichen nicht nur landesweite Einblicke in das Bodenleben, sondern stellen auch Bezüge zu forstlichen Bewirtschaftungsmethoden, zu naturräumlichen Gegebenheiten und zu Auswirkungen des Klimawandels her.



Zur Projektseite:
www.fva-bw.de/klima-bodenorganismen



Abb. 30: Aufnahme eines Pseudoskorpions (Pseudoscorpiones) (Foto: J. Stillo).

Eine Bodenversauerung infolge erhöhter Säureeinträge verschlechtert die Lebensbedingungen vieler bodenbewohnender Organismen. So reagieren beispielsweise Regenwürmer, die eine zentrale Rolle bei der Zersetzung von organischem Material spielen, besonders empfindlich auf niedrige pH-Werte. Eine Abnahme ihrer Populationen aufgrund von Bodenversauerung kann die Bodenfruchtbarkeit erheblich beeinträchtigen, da weniger organisches Material in verfügbare Nährstoffe umgewandelt wird.

Darüber hinaus kann eine verringerte Nährstoffverfügbarkeit, die durch eine Versauerung des Bodens verursacht wird, die Struktur und Zusammensetzung der Bodenfauna verändern. Untersuchungen haben auch gezeigt, dass hohe Stickstoffeinträge das Verhältnis zwischen Pilzen und Bakterien im Boden verschieben können, was wiederum die Zusammensetzung der Nahrungsketten im Boden beeinflusst (ZEG-LIN et al., 2009). Viele bodenbewohnende Organismen, wie Springschwänze und Nematoden, sind direkt oder indirekt von der mikrobiellen Aktivität abhängig, da sie sich von Pilzen und Bakterien ernähren. Eine Störung dieses Gleichgewichts kann daher auch auf die höheren trophischen Ebenen in der Bodenfauna weitergegeben werden.

Neben Stickstoff- und Schwefeleinträgen können auch andere Schadstoffe, wie Schwermetalle, erhebliche Auswirkungen auf die Bodenfauna haben. Schwermetalle reichern sich im Boden an und sind für viele Organismen toxisch. Sie können die Fortpflanzung und das Wachstum von Bodentieren hemmen und zu einem Rückgang der Biodiversität führen. Dies hat wiederum Auswirkungen auf die Funktionalität des Bodens, da eine verringerte Biodiversität oft mit einer geringeren Stabilität und Anpassungsfähigkeit des Ökosystems verbunden ist.

Ein weiteres Problem im Zusammenhang mit Stoffeinträgen ist die Überdüngung des Bodens, insbesondere durch Stickstoff. Diese Überdüngung kann zu einer schnelleren Zersetzung von organischem Material führen (sogenannter „priming effect“), was die langfristige Speicherung von Kohlenstoff im Boden beeinträchtigen kann. Organismen, die sich auf langsam zersetzbare organische Materialien spezialisiert haben, könnten in einem solchen Umfeld zurückgedrängt werden, was zu einer weitgehenden Homogenisierung der Bodenfauna führt.

Langfristige Veränderungen der Bodenfauna können die Funktionsfähigkeit von Waldökosystemen bedrohen und deren Widerstandsfähigkeit gegenüber weiteren Umweltveränderungen verringern. Es ist daher von entscheidender Bedeutung, die Auswirkungen von Stoffeinträgen auf die Bodenfauna weiter zu erforschen und geeignete Maßnahmen zum Schutz der Bodenökosysteme zu entwickeln.

Bodenzustandserhebung im Wald – ein erster Blick auf die Ergebnisse

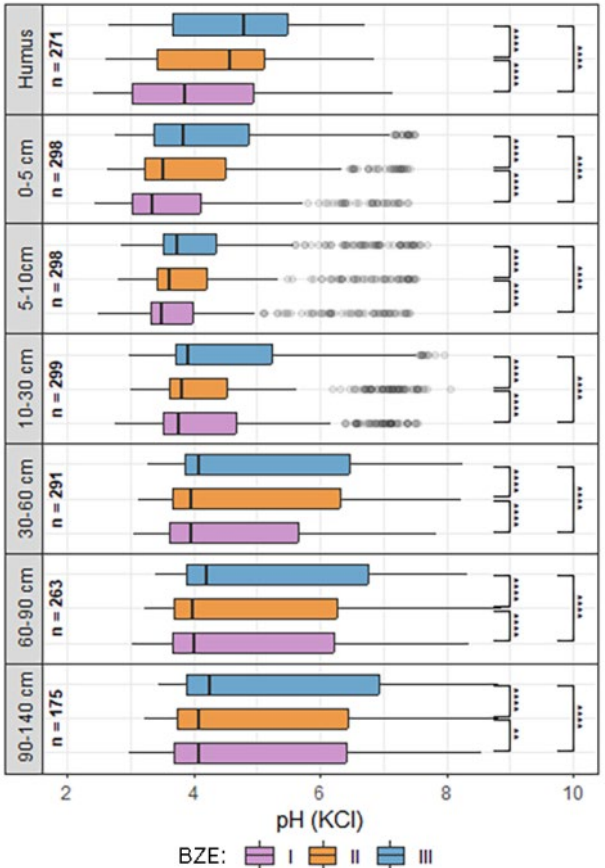
Nach den beiden ersten Bodenzustandserhebungen (BZE I: 1989 bis 1992, BZE II: 2006 bis 2008) wird aktuell die dritte Erhebung an über 300 Punkten in ganz Baden-Württemberg durchgeführt. Die Feldaufnahmen begannen im Jahr 2022 und wurden 2024 abgeschlossen. Neben der aufwendigen wiederholten Untersuchung des Bodenzustands wurden bei der BZE III Aufnahmen der Bestände, der Bodenvegetation und des Totholzes erhoben sowie Nadel- und Blattproben entnommen. Das umweltanalytische Labor der FVA ist mit den Analysen noch bis 2026 intensiv gefordert. Erste Ergebnisse zu den Entwicklungen der Waldböden in den vergangenen mehr als 30 Jahren liegen aber bereits vor.

Ein zentrales Thema der Bodenzustandserhebung ist die starke, insbesondere anthropogen angetriebene, Versauerung der Waldböden. Hierbei zeigen sich erfreuliche Trends: Die Erholung der Waldböden schreitet signifikant voran, wenn auch im moderaten Rahmen. Im Oberboden haben sich die pH-Werte (in KCl gemessen) seit der BZE I im Mittel um etwa eine halbe pH-Einheit erhöht (Abb. 31). Dies stellt im sauren Bereich eine sehr große Veränderung dar, da der pH-Wert ein logarithmisches Maß für die Bodenversauerung ist und niedrige Werte eine hohe Protonenkonzentration anzeigen (eine pH-Stufe entspricht einer Veränderung um den Faktor 10). Auch im Unterboden (ab 60 cm) zeigen sich nun höhere pH-Werte, was bei der BZE II noch nicht der Fall war. Damals wurde an vielen Standorten sogar noch ein leichter Rückgang der pH-Werte festgestellt.

Die pH-Werte dienen als wichtiger Indikator für die Bodenversauerung und liefern wertvolle Hinweise auf die ökologischen Rahmenbedingungen für die Nähr-

stoffversorgung, die Durchwurzelbarkeit und die Bodenfauna. Detaillierte, regional differenzierte Auswertungen sind daher unbedingt notwendig, insbesondere zu den Themen Nährstoffkonzentrationen, Baumvitalität und Humusveränderungen. Auch die Wirkungen der Bodenschutzkalkungen, die seit der BZE I an etwa einem Drittel der BZE-Standorte regulär durchgeführt wurden, können auf der Basis der aktuellen Bodenzustandserhebung differenziert bewertet werden. Bodenschutzkalkungen sind ein wichtiges Instrument zur Regeneration der Bodenfruchtbarkeit und zur Verringerung der Bodenversauerung. Gleichzeitig haben aber auch die deutlich verringerten Einträge an schwefelsauren Verbindungen für die beobachtete Erholung der Böden gesorgt.

Abb. 31: Boxplots der pH-Werte (in 1 M KCl-Lösung gemessen) in den sieben beprobten Tiefenstufen zur jeweiligen Bodenzustandserhebung (BZE I: 1989–1992; BZE II: 2006–2008; BZE III: 2022–2024).
*** = signifikant unterschiedlich mit $p < 0,001$;
** = signifikant unterschiedlich mit $p < 0,01$. Analysestand BZE III: 08.10.2025.



O (cm)	U (cm)	Horizont	Beschreibung
7	5	Ol	Nadelstreu, locker, keine Wurzeln
5	2	Of	Nadelstreu, biegefähig, sehr stark durchwurzelt
2	0	Oh	schwarz, bröckelig, sehr stark humos, carbonatfrei, stark durchwurzelt
0	-8	Ee-Ah	schwarz, Sandkörner, ausgebleicht, mittel lehmiger Sand, schwach grusig, stark steinig, Summe Skelett= 30 %, Einzelkorngefüge (2–5 mm), (mittel) humos, carbonatfrei, sehr stark durchwurzelt
-8	-33	Ee	blassrosa grau, feinsandiger Mittelsand, mittel grusig, stark steinig, Summe Skelett= 35 %, Einzelkorngefüge (2–5 mm), sehr schwach humos, carbonatfrei, stark durchwurzelt
-33	-50	Kh	schwarz, stark sandiger Lehm, mittel grusig, stark steinig, Summe Skelett= 35 %, Kohärentgefüge (5–20 mm), stark humos, carbonatfrei, mittel durchwurzelt
-50	-75	Ks	rot, stark lehmiger Sand, mittel grusig, sehr stark steinig, Summe Skelett= 80 %, Kohärentgefüge (5–20 mm), schwach humos, carbonatfrei, sehr schwach durchwurzelt (in Klüften und Spalten)

Abb. 32: Bodenprofil der Bodenzustandserhebung (links) mit entsprechender Profilsprache der einzelnen Bodenhorizonte (rechts). Hier: Bodentyp Podsol auf Ausgangsgestein Sandstein (Foto: H. Buberl).

5 DAS FORSTLICHE UMWELTMONITORING

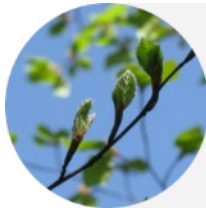
Das Forstliche Umweltmonitoring ist ein zentrales Instrument zur frühzeitigen Erkennung und Bewertung von Veränderungen in Waldökosystemen, die durch verschiedene Umweltfaktoren bedingt sind. Der Klimawandel stellt hierbei eine besondere Herausforderung dar, da er sowohl abiotische als auch biotische Einflussfaktoren auf den Wald in bisher unbekannter Dynamik verändert. Abiotische Stressfaktoren wie erhöhte Trockenheit, außergewöhnliche Hitzeperioden, Stürme und Überschwemmungen nehmen zu und beeinträchtigen die Stabilität und Resilienz der Wälder. Diese extremen Wetterereignis-

se führen zu einer erhöhten Anfälligkeit der Wälder und landesweit zu hohen Waldschäden. Zugleich begünstigen sie biotische Stressfaktoren, etwa das verstärkte Auftreten von verschiedenen Borkenkäferarten oder blattfressenden Schmetterlingsraupen, die durch die veränderten klimatischen Bedingungen eine größere Verbreitung finden. Darüber hinaus sind viele Waldstandorte in Baden-Württemberg nach wie vor durch die Spätfolgen einer erhöhten Säurebelastung und durch eine Eutrophierung durch Stickstoffeinträge belastet, was unter anderem die Nährstoffversorgung der Bäume einschränkt und zu einer Stö-



Kronenzustand

Erhebung des Nadel-/Blattverlusts, der Vergilbung sowie aller biotischen und abiotischen Schäden



Phänologie

Zeitliche Bestimmung der Blüte, des Austriebs, der Herbstverfärbung und des Blattfalls



Zuwachs

Bestimmung des Zuwachses in verschiedener zeitlicher Auflösung (Einzelbaum und Bestand)



Ozon

Untersuchung von Ozonschäden an LESS-Flächen und Blattprobenahmen



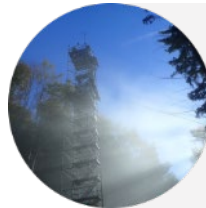
Ernährung

Untersuchung der Versorgung der Bäume mit Nährelementen und deren Relation zueinander



Bodenzustand

Erhebung des chemischen und physikalischen Bodenzustands und dessen Veränderung



Witterung

Erfassung meteorologischer Größen (u. a. Temperatur und Niederschlag)



Deposition

Erhebung von Stickstoff, Säure sowie von Nährelementen und Schadstoffen



Biodiversität

Erfassung der Arten- und Strukturvielfalt im Wald (u. a. Bodenfauna und Bodenbiom)



Sickerwasser

Untersuchung der Speicher- und Auswaschungsprozesse, Folgewirkungen für die Hydrosphäre



Bodengase

Untersuchung der Gasbestandteile im Boden zur Bilanzierung der Treibhausgase im Wald

Abb. 33: Untersuchungsthemen des Forstlichen Umweltmonitorings.

rung der natürlichen Nährstoffkreisläufe führt. All diese Entwicklungen erfordern ein kontinuierliches Monitoring, um eine nachhaltige Waldbewirtschaftung und den Schutz der Waldökosysteme langfristig sicherzustellen.

In Baden-Württemberg werden Daten zum Waldzustand seit über 40 Jahren systematisch erhoben und kontinuierlich erweitert sowie auf aktuelle Fragestellungen angepasst. So ist ein umfassendes Beobachtungsprogramm für die Wälder entstanden, welches wertvolle Ergebnisse zu Zustand und Entwicklung der Wälder in Baden-Württemberg liefert und eine differenzierte Ursachenanalyse für beobachtete Veränderungen erlaubt.

Das Forstliche Umweltmonitoring fokussiert sich zum einen auf den Waldbestand selbst. Dabei werden die Themenfelder Kronenzustand, Phänologie, Zuwachs, Ozon und Ernährung in unterschiedlicher Intensität untersucht. Zum anderen werden aber auch weitere Umweltfaktoren und Prozesse, die den Waldstandort und dessen abiotische bzw. biotische Einflussfaktoren charakterisieren, erhoben. Hierunter zählen die Themenfelder Bodenzustand, Witterung, Deposition, Biodiversität, Sickerwasser und Bodengase (Abb. 33).

Methodischer Aufbau

Das Forstliche Umweltmonitoring ist ein abgestimmtes System bestehend aus zwei unterschiedlichen Untersuchungsebenen: den Rasterstichproben und den Versuchsflächen.

Die Rasterstichproben bilden die Grundlage für flächenrepräsentative Ergebnisse für die gesamte Waldfläche Baden-Württembergs. Hierbei wird über die gesamte Landesfläche ein Aufnahmeraster gelegt, bei dem jeder Schnittpunkt im Wald als Aufnahme-punkt angelegt wird. Zu den Rasterstichproben zählt die Waldzustandserhebung (WZE), die Bodenzustandserhebung (BZE) und die Immissionsökologische Waldernährungsinventur (IWE). Seit dem Jahr 2005 werden alle Erhebungen der Rasterstichproben einheitlich auf dem 8x8 km-Netz sowie auf dem europäischen 16x16 km-Netz (Level I) durchgeführt (Abb. 34).

Das Forstliche Umweltmonitoring liefert seit über 40 Jahren belastbare Daten und Erkenntnisse über den Zustand und die Entwicklung der Wälder. Die unterschiedlichen Messnetze der Rasterstichproben und Versuchsflächen sind Datenbasis für themenspezifische Auswertungen verschiedenster Arbeitsbereiche, insbesondere für Fragestellungen zum Stoffhaushalt von Wäldern und für die Klimafolgenforschung.

Auf der zweiten Untersuchungsebene werden auf gezielt ausgewählten Versuchsflächen prozessorientierte Untersuchungen durchgeführt, die qualifizierte Aussagen zu ausgewählten Standorten und Waldbeständen ermöglichen. Diese Flächen dienen der detaillierten Analyse von Wechselwirkungen zwischen verschiedenen abiotischen und biotischen Faktoren. Dabei werden viele verschiedene Umweltparameter mit hoher zeitlicher und räumlicher Auflösung erhoben und deren Einfluss auf das Ökosystem Wald bewertet. Zu den Versuchsflächen zählen die Flächen des intensiven Ökosystemmonitorings (Level II), die Waldklimastationen, die Depositionsflächen und die Dauerbeobachtungsflächen Waldschäden (Abb. 34).

Internationale Einbindung

Das Forstliche Umweltmonitoring ist sowohl in nationale als auch in internationale Umweltprogramme eingebunden. Von den Rasterstichproben gehören die 52 Stichprobenpunkte des 16x16 km-Netzes zum internationalen Aufnahmeprogramm „Level I“. Daneben sind sechs Versuchsflächen des intensiven Ökosystemmonitorings in Baden-Württemberg, mit sechs Fichten- und fünf Buchenteilflächen, Bestandteil des europäischen Aufnahmeprogramms „Level II“. Alle Ergebnisse fließen in das internationale Umweltprogramm ICP-Forests (International Co-operative Programme on Assessment and Monitoring of Air Pollution Effects on Forests) ein und werden regelmäßig für unterschiedlichste Fragestellungen nationaler und internationaler Forschergruppen bereitgestellt.

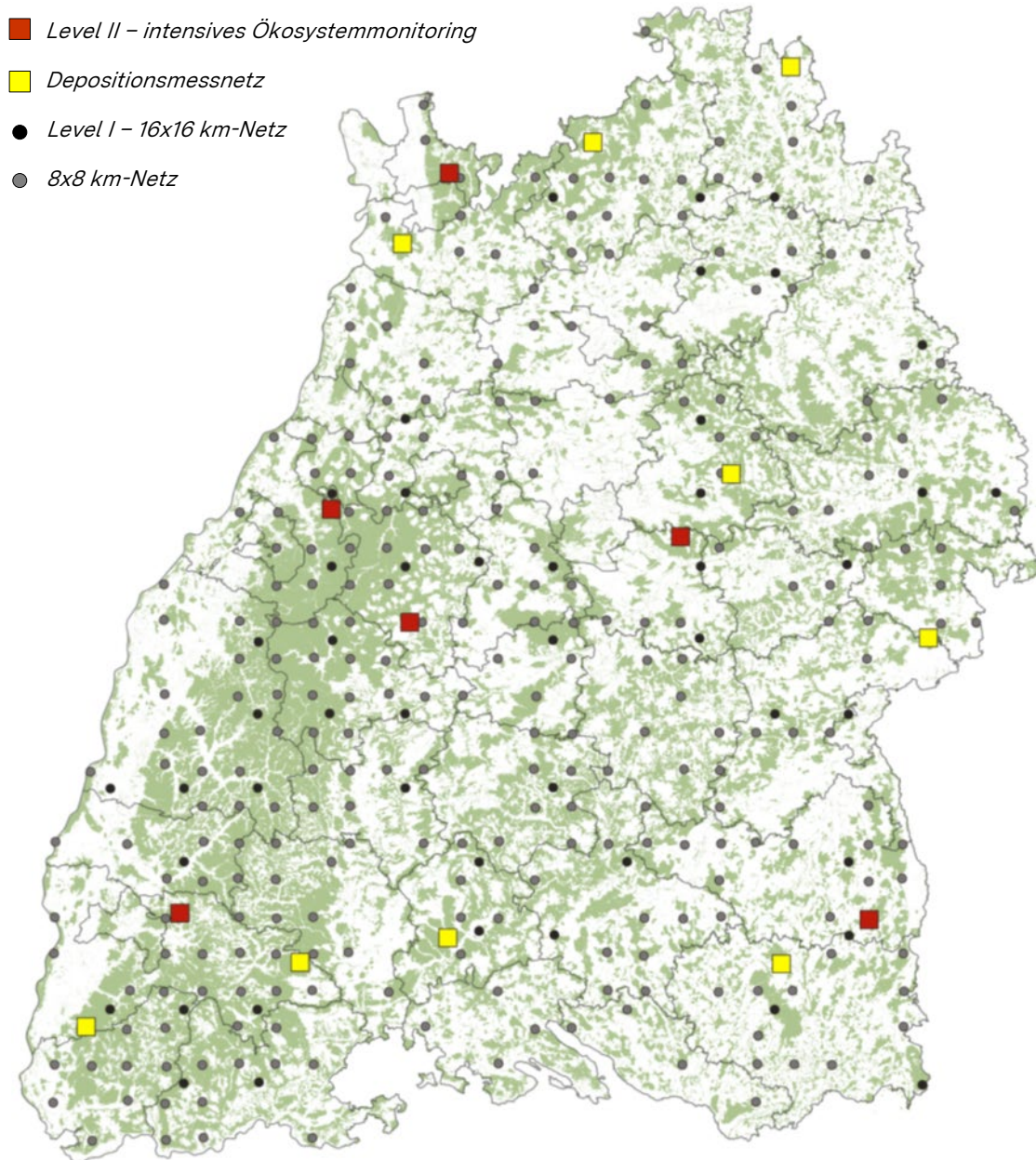


Abb. 34: Räumliche Lage der Rasterstichproben des 16x16 km- bzw. 8x8 km-Netzes und der Versuchsflächen des intensiven Ökosystemmonitorings sowie des Depositionsmessnetzes.

Kohlenstoffbilanzierung an den Level II-Versuchsflächen in Baden-Württemberg

Der Kohlenstoffkreislauf ist ein hochgradig dynamisches System, das sowohl räumlich als auch zeitlich starken Schwankungen unterliegt. Neben den Ein- und Austragsgrößen umfasst er interne Speicher sowie verschiedene interne Prozesse (Abb. 35). Dadurch ist die Gesamtheit der zu bilanzierenden Komponenten sehr umfangreich und die Erstellung einer präzisen Gesamtbilanz entsprechend aufwändig. Die langjährigen Messungen auf den Flächen des

intensiven Ökosystemmonitorings (Level II) liefern einen wertvollen Datensatz, der belastbare Aussagen zum Kohlenstoffkreislauf in den untersuchten Waldbeständen ermöglicht. Im Rahmen einer Projektstudie wurden für jede Level II-Fläche die jährlichen Kohlenstoffeinträge und -austräge quantifiziert, um die benachbarten Buchen- und Fichtenbestände hinsichtlich ihrer Funktion als Kohlenstoffsенke oder -quelle zu vergleichen. Die wichtigsten Bilanzterme sowie die Gesamtbilanzen variieren zwischen den verschiedenen Level II-Flächen und weisen teilweise auch systematische Unterschiede zwischen den Baumarten auf.

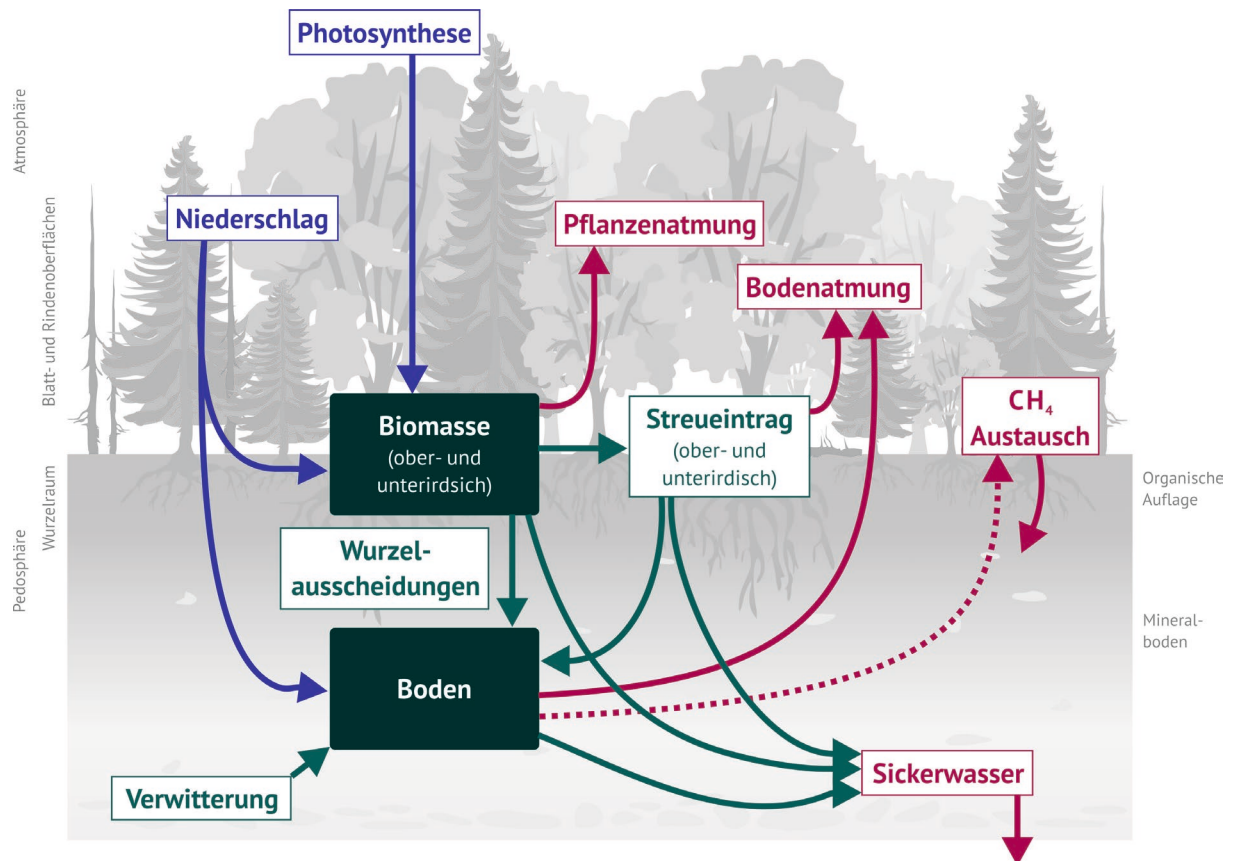


Abb. 35: Relevante Bilanzterme im Kohlenstoffkreislauf eines Waldökosystems (blau: Eintragspfade/-flüsse, rot: Austragspfade/-flüsse, grün: interne Prozesse, dunkelgrüne Kästchen: Speicher).

Eintragspfade für Kohlenstoff

Die Photosynthese ist die Hauptquelle für den Kohlenstoffeintrag in Waldökosysteme und bestimmt damit alle nachfolgenden Kohlenstoffflüsse. Über die Photosynthese wird atmosphärisches CO₂ in ober- und unterirdische Biomasse umgewandelt. Ein Teil des so gebundenen Kohlenstoffs gelangt als Streufall auf den Boden, wo er abgebaut wird und entweder als CO₂ in die Atmosphäre entweicht oder mit dem Sickerwasser als gelöste und partikuläre organische Kohlenstoffverbindungen (DOC = dissolved organic carbon, POC = particulate organic carbon) in den Boden gelangt. DOC bezeichnet die organischen Kohlenstoffverbindungen, die klein genug sind, um einen Filter mit einer Porengröße von 0,45 µm zu passieren, POC alle größeren Partikel.

Auch über den Niederschlag bzw. die atmosphärische Deposition wird Kohlenstoff in Form von DOC und POC eingetragen. Der absolute Kohlenstoffeintrag über Freilandniederschlag, Kronendurchlass und Stammabfluss ist im Verhältnis zum Eintrag über die

Photosynthese vergleichsweise niedrig: Auf den Level II-Flächen liegt er bei etwa 45 bis 100 kg Kohlenstoff pro Hektar und Jahr, während der Eintrag über die Photosynthese zwischen ca. 17.200 und 20.100 kg Kohlenstoff pro Hektar und Jahr liegen kann (OULEHLE et al, 2016). Trotz dieses Unterschieds bleibt die funktionale Rolle von DOC und POC dennoch bedeutend. Der DOC- und POC-Eintrag mit dem Niederschlag fungiert als wichtige Verbindung zwischen Vegetation und Boden und beeinflusst unter anderem Nährstoffdynamiken sowie mikrobielle Prozesse sowohl auf der Blatt- und Rindenoberfläche als auch im Boden. Vor allem Pollen und Insektenausscheidungen (z. B. der Buchenwolllaus) tragen periodisch zu erhöhten Kohlenstoffeinträgen mit dem Niederschlag bei.

Kohlenstoffausträge

Die quantitativ größten Austräge resultieren aus Pflanzen- und Bodenatmungsprozessen, bei denen erhebliche Mengen CO₂ freigesetzt werden. Bei der

Pflanzenatmung werden etwa 50 Prozent der durch die Photosynthese erzeugten Biomasse wieder durch Stoffwechselprozesse zu CO_2 oxidiert. Die Bodenatmung setzt sich dagegen aus dem mikrobiellen Abbau und der Wurzelatmung zusammen, wobei mikrobielle Abbauprozesse meist den größeren Anteil stellen. Bedingt durch die hohe Standortsabhängigkeit sowie den Einfluss von Temperatur und Wasserverfügbarkeit schwanken die gemessenen CO_2 -Emissionen auf den betrachteten Level II-Flächen im Jahresdurchschnitt zwischen 1.600 und 10.300 kg Kohlenstoff pro Hektar und Jahr. Die Buchenfläche in Ochsenhausen und die Buchen- und Fichtenflächen in Altensteig fallen durch hohe CO_2 -Bodenatmungsraten auf (mit durchschnittlich über 7.000 kg Kohlenstoff pro Hektar und Jahr). Hier bestehen Hinweise auf eine erhöhte mikrobielle Aktivität kombiniert mit einer hohen Bioturbation, die für einen hohen Kohlenstoffumsatz im Boden sorgt.

Der Gasaustausch von Methan (CH_4) nimmt eine Spezialrolle ein. Im Boden kann CH_4 sowohl gebildet (unter anaeroben bzw. wassergesättigten Bedingungen) als auch abgebaut werden. Trockene Bedingungen und sandige, grobkörnige Böden fördern die Diffusion von atmosphärischem CH_4 über das Porensystem in den Boden. Dort können methanabbauende Bakterien das CH_4 in die eigene mikrobielle Biomasse einlagern oder in CO_2 umwandeln. Das hier entstehende CO_2 wird dann teilweise wieder von den Pflanzen aufgenommen. Dieser Prozess findet hauptsächlich in den obersten Bodenschichten bis ca. 10 cm Bodentiefe statt, wo noch ausreichend Sauerstoff für die methanabbauenden Bakterien vorhanden ist. Auf den Level II-Flächen wird überwiegend ein CH_4 -Abbau beobachtet, der im Mittel 5,5 bis 8,5 kg Kohlenstoff pro Hektar und Jahr ausmacht. Die Böden fungieren hier also als CH_4 -Senke.

Ein weiterer Austragspfad stellt das Bodensickerwasser dar, mit welchem DOC und POC im Boden transportiert und ausgewaschen werden. Beeinflusst wird der Kohlenstofftransport mit dem Sickerwasser durch das hydrologische Regime, den Wechsel von Adsorptions- und Desorptionsprozessen, mikrobielle Abbauprozesse und die Konkurrenz mit Sulfat um die Sorptionsplätze im Boden. Der absolute Kohlenstoffverlust aus dem Unterboden (60 cm Bodentiefe) erscheint – im Vergleich mit den gasförmigen Austragsmengen – mit durchschnittlich 5,9 bis 29,6 kg Kohlenstoff pro Hektar und Jahr eher gering. Bedingt

durch die hohe Bindungsstärke von DOC und POC mit Nährelementen wie Stickstoff, Phosphor und Schwefel ist der Austrag von DOC und POC aber mit der Auswaschung dieser Nährelemente und damit dem Verlust aus dem Wurzelraum verbunden. Ein erhöhter Austrag von DOC und POC kann zudem die Zusammensetzung und Aktivität der Bodenmikroorganismen beeinflussen, da DOC und POC deren primäre Energiequelle darstellen.

Relevante interne Speicheränderungen

Der Biomassezuwachs beschreibt das Wachstum der Bäume bzw. die jährliche Zunahme ihrer organischen Masse in Stamm, Zweigen, Blättern und Wurzeln. Da pflanzliche Biomasse zu rund 50 Prozent aus Kohlenstoff besteht, kann der Biomassezuwachs direkt in jährliche Veränderungen des Kohlenstoffspeichers umgerechnet werden. Auf den Level II-Flächen nimmt die oberirdische Biomasse um durchschnittlich 1.500 bis 4.100 kg Kohlenstoff pro Hektar und Jahr zu. Die relativ hohe Schwankungsbreite verdeutlicht den großen Einfluss von Standort (z. B. Wasserverfügbarkeit, Temperaturen), Baumart (z. B. Holzdichte) und weiteren Bestandsgrößen (z. B. Alter des Waldbestands) auf die Kohlenstoffbindung in der Biomasse.

Die Böden stellen ebenfalls einen wichtigen Kohlenstoffspeicher in Waldökosystemen dar. Die Humusaufgabe kann an bestimmten Standorten erhebliche Mengen Kohlenstoff speichern (z. B. 58 t Kohlenstoff pro Hektar im Fichtenplot von Esslingen). Die größten Kohlenstoffvorräte weist in der Regel allerdings der Mineralboden auf (auf den Level II-Flächen bis zu 83 t Kohlenstoff pro Hektar). Der Gesamtvorrat in der Humusaufgabe und dem Mineralboden bis 30 cm variiert auf den Level II-Flächen zwischen 65 bis 83 t Kohlenstoff pro Hektar und spiegelt das Standortspektrum der Waldstandorte wider. Der Kohlenstoffvorrat im Boden wird maßgeblich von den chemischen und physikalischen Bodeneigenschaften (z. B. pH-Wert, Bodentextur), der Vegetation (z. B. Streuqualität), der mikrobiellen Zusammensetzung, den klimatischen Bedingungen (z. B. Temperatur, Bodenfeuchte) und dem Ausgangssubstrat beeinflusst. Im Mittel über alle Level II-Flächen blieben die Gesamtvorräte in den Buchenbeständen zwischen 2012 und 2024 annähernd gleich. In den Fichtenbeständen nahmen die Gesamtvorräte leicht zu, wobei in der Humusaufgabe eine Abnahme zu beobachten war, die

durch den vergleichsweise starken Anstieg im Mineralboden kompensiert wurde.

Relevante interne Prozesse

Gekoppelt an die Photosynthese und den Biomassezuwachs ist der Streueintrag, der sowohl oberirdisch (Laub/Nadeln, Früchte, Rinde, Äste etc.) als auch unterirdisch (Wurzeln, Mykorrhiza) einen wesentlichen internen Kohlenstofffluss in Waldökosystemen darstellt. Der in der oberirdischen Streu gespeicherte Kohlenstoff wird erst nach der Zersetzung allmählich in den Boden transportiert, gespeichert, veratmet oder mit dem Sickerwasser verlagert. Auf den Level II-Flächen werden im Durchschnitt zwischen 2.200 und 3.200 kg Kohlenstoff pro Hektar und Jahr über den oberirdischen Streueintrag in den Boden transportiert, wobei insbesondere in Mastjahren, bei Blatt- und Nadelverlusten durch starke Kronenverlichtungen, nach Sturmereignissen oder Trockenheit deutlich höhere Werte gemessen werden. Im Gegensatz zum oberirdischen Streueintrag erfolgt die Zufuhr des unterirdischen Streueintrags (d. h. abgestorbene Wurzeln) direkt im Wurzelraum der Waldbäume und stellt damit eine wichtige, aber oft unterschätzte Quelle für den Bodenkohlenstoff und den Nährstoffkreislauf dar. Der unterirdische Streueintrag lässt sich auf etwa 500 bis 600 kg Kohlenstoff pro Hektar und Jahr abschätzen (KONÔPKA 2017); jedoch liegen hierfür an den Level II-Flächen keine Messungen vor und auch die Datenbasis hierfür in der Fachliteratur ist hierfür bislang sehr begrenzt.

Auch Wurzelausscheidungen, die alle von den lebenden Wurzeln aktiv in den Boden abgegebenen Substanzen umfassen, stellen einen wichtigen internen Fluss im Kohlenstoffkreislauf von Wäldern dar. Wurzelausscheidungen enthalten unter anderem Zucker, Aminosäuren, organische Säuren, Phenole, sekundäre Zwischenprodukte und Mineralstoffe wie Stickstoff, Phosphor und Kalium. Sie sind wichtige Kohlenstoffquellen für die Bodenmikroorganismen, beeinflussen die Mobilisierung von Mineralstoffen, tragen zum Aufbau stabiler Ton-Humus-Komplexe bei und reagieren stark auf Umweltveränderungen wie Trockenheit. Über die Wurzelausscheidungen können im Mittel 330 bis 360 kg Kohlenstoff pro Hektar und Jahr in den Boden gelangen (BRUNN et al., 2022).

Herausforderung bei der Kohlenstoffbilanzierung

In Baden-Württemberg werden auf den Level II-Flächen die meisten relevanten Flüsse im Kohlenstoffkreislauf gemessen (Niederschlag, Sickerwasser, oberirdischer Biomassezuwachs, oberirdischer Streueintrag, Bodenatmung). Schwer messbar und deswegen im langfristigen Umweltmonitoring an den Level II-Flächen nicht erfasst sind die Photosynthese, unterirdische Streueinträge, Änderungen der unterirdischen pflanzlichen Biomasse, Wurzelausscheidungen und Gesteinsverwitterung (Abb. 35). In der aktuellen Bilanzierung fehlen des Weiteren die Einflüsse von Totholz, Bodenmikroorganismen sowie der Anteil partikulären organischen Kohlenstoffs (POC) am Eintrag mit dem Niederschlag bzw. Austrag mit dem Sickerwasser. Um dem Anspruch einer (annähernd) vollständigen Kohlenstoffbilanzierung Genüge zu tragen, werden in aktuellen Forschungsarbeiten die fehlenden Bilanzterme durch intensive Messungen bestimmt oder anhand von Literaturangaben geschätzt.

Trotz der oben genannten Einschränkungen zeigen die bisherigen Ergebnisse jedoch, dass mit Hilfe des bestehenden intensiven Umweltmonitorings schon heute die Dynamik und die räumliche Variabilität der Kohlenstoffflüsse und -speicheränderungen von Wäldern eingeschätzt werden können. Die im Monitoringprogramm erfassten Bilanzterme weisen innerhalb des 10-jährigen Beobachtungszeitraums teils erhebliche jährliche Schwankungen auf, was deutlich macht, dass die jährlichen Gesamtbilanzen dementsprechend auch stark variabel sein und je nach Jahr zwischen Senken- und Quellfunktion pendeln können. Insbesondere für die Standorte Ochsenhausen (Buche) und Altensteig (Buche- und Fichte), wo hohe Werte für die Bodenatmung ermittelt werden, scheint die Gesamtbilanz tendenziell in Richtung einer Kohlenstoffquelle verschoben zu sein. Anstehende kausalanalytische Untersuchungen sollen die bisherigen Erkenntnisse vertiefen und die Ursachen der beobachteten Kohlenstoffflüsse ermitteln. Auf dieser Grundlage können anschließend Optionen entwickelt werden, um die Kohlenstoffsinkenfunktion von Wäldern und Waldböden gezielt zu stärken.

6 METHODIK DER WALDZUSTANDS-ERHEBUNG

Die Waldzustandserhebung (WZE) untersucht den Vitalitätszustand der Wälder in Baden-Württemberg. Hauptkriterium zur Beurteilung des Waldzustands sind der Nadel-/Blattverlust (NBV) und die Vergilbung der Bäume. Diese beiden Merkmale werden in Fünf-Prozent-Stufen erfasst und anschließend zu sogenannten Schadstufen klassifiziert (Tab. 1). Darüber hinaus werden weitere Baummerkmale erhoben, die den Vitalitätszustand beeinflussen können. Dazu zählen insbesondere Schäden in der Baumkrone oder am Stamm, die durch Pilze oder Insekten verursacht wurden, sowie Auswirkungen von Witterungsereignissen wie Trockenstress oder einer unzureichenden Nährstoffversorgung.

Die Aufnahmen der Waldzustandserhebung finden auf einem systematisch angelegten 8x8 km- bzw. 16x16 km-Netz statt. An jedem Stichprobenpunkt werden 24 Bäume untersucht. Dafür werden ausgehend vom Stichprobenmittelpunkt in den vier Haupthimmelsrichtungen jeweils in 25 Metern Entfernung die sechs nächsten Bäume der Kraftschen Klasse 1 bis 3 ausgewählt (Abb. 36). Die Bäume werden dauerhaft markiert und jährlich hinsichtlich ihres Kronenzustands bewertet.

Die Bewertung der Baumkronen erfolgt terrestrisch mit Hilfe von Ferngläsern im Zwei-Personen-Verfahren. Wenn Bäume der Voraufnahme am Stichprobenpunkt nicht mehr vorhanden sind, werden sie nach Möglichkeit durch benachbarte Bäume ersetzt. Erst wenn nicht mehr ausreichend Bäume am Stichprobenpunkt zu finden sind, ruht die Aufnahme, bis sich wieder eine Verjüngung mit ausreichender Baumanzahl eingestellt hat.

Durchführung der WZE 2025

Die diesjährige Waldzustandserhebung wurde im Zeitraum vom 18. Juli bis 18. August durchgeführt. Insgesamt konnten dabei 316 Stichprobenpunkte regulär aufgenommen werden. An 23 Punkten ruht derzeit die Aufnahme, da aktuell nicht genügend Bäume in ausreichender Höhe am Stichprobenpunkt zur Verfügung stehen.

Tab. 1: Klassifikation des Nadel-/Blattverlusts und der Vergilbung sowie daraus abgeleitete Schadstufen.

Klasse	Nadel-/Blattverlust in %	Vergilbung in %
0	0 - 10	0 - 10
1	11 - 25	11 - 25
2	26 - 60	26 - 60
3	61 - 99	> 60
4	100	

Berechnung der Schadstufen				
Nadel-/Blattverlustklasse	Vergilbungsklasse			
	0	1	2	3
0	0	0	1	2
1	1	1	2	2
2	2	2	3	3
3	3	3	3	3
4	4			

Schadstufe 0:	ungeschädigt	
Schadstufe 1:	schwach geschädigt	Warnstufe
Schadstufe 2:	mittelstark geschädigt	
Schadstufe 3:	stark geschädigt	deutlich geschädigt
Schadstufe 4:	abgestorben	

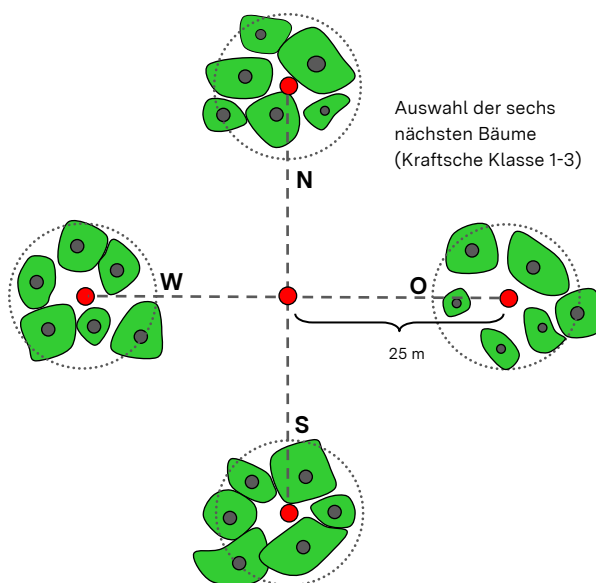


Abb. 36: Schematischer Aufbau eines Stichprobenpunktes der Waldzustandserhebung.

Tab. 2: Anzahl untersuchter Probestämme der Waldzustandserhebung 2025 und prozentuale Anteile nach Baumarten.

Baumart	bis 60 Jahre	ab 61 Jahre	Gesamt	Anteil %
Fichte	919	1.415	2.334	30,8%
Tanne	224	705	929	12,3%
Kiefer	55	250	305	4,0%
Douglasie	102	61	163	2,1%
sonstige Nadelbäume	17	120	137	1,8%
Buche	561	1.445	2.006	26,5%
Eiche	172	438	610	8,0%
Bergahorn	180	109	289	3,8%
Esche	74	139	213	2,8%
sonstige Laubbäume	397	199	596	7,9%
Gesamt	2.701	4.881	7.582	100,0%

Für die Waldzustandserhebung 2025 wurden insgesamt 7.582 Bäume untersucht (Tab. 2). Den landesweiten Baumartenanteilen entsprechend sind Fichte und Buche am häufigsten in der Stichprobe vertreten. Dahinter folgen mit größerem Abstand Tanne, Eiche (Stiel- und Traubeneiche), Kiefer, Bergahorn, Esche und Douglasie. Alle anderen Baumarten sind mit geringeren Anteilen in der Stichprobe der Waldzustandserhebung vertreten und werden daher in die Gruppen „sonstige Nadelbäume“ und „sonstige Laubbäume“ zusammengefasst.

Da das Baumalter einen signifikanten Einfluss auf den Kronenzustand hat, werden die Ergebnisse der Waldzustandserhebung nach den Altersgruppen „bis 60 Jahre“ und „ab 61 Jahre“ ausgewertet. Gut ein Drittel aller Bäume fallen derzeit in die Altersgruppe „bis 60 Jahre“ und knapp zwei Drittel in die Altersgruppe „ab 61 Jahre“ (Tab. 2). Lediglich bei Douglasie, Bergahorn und den sonstigen Laubbäumen überwiegt der Anteil der jüngeren Bäume. Im Gegensatz dazu ist bei Kiefer, Tanne und den sonstigen Nadelbäumen der Anteil älterer Bäume besonders hoch.

Vergleich mit der Bundeswaldinventur

Im Vergleich zu den Baumartenanteilen, die im Rahmen der vierten Bundeswaldinventur (BWI4) in Baden-Württemberg erhoben wurden, lässt sich landesweit insgesamt eine hohe Übereinstimmung zwischen den verschiedenen Erhebungen feststellen (Abb. 37). Besonders bei der nach wie vor dominierenden Baumart Fichte zeigen sich kaum Unterschiede zwischen den beiden Großrauminventuren. Gleiches gilt für die Anteile von Eiche, Bergahorn, Esche und den sonstigen Nadelbaumarten, deren Anteile in beiden Inventuren nahezu identische Werte aufzeigen. Leichte Unterschiede ergeben sich hingegen bei Tanne und Buche, die in der Stichprobe der Waldzustandserhebung etwas häufiger vorkommen. Dagegen sind Kiefer, Douglasie und die Gruppe der sonstige Laubbaumarten etwas geringer vertreten.

Die Bundeswaldinventur (BWI) wird alle zehn Jahre auf einem 2x2 km-Netz in Baden-Württemberg durchgeführt und ermittelt neben den Baumartenanteilen umfangreiche Parameter, wie zum Beispiel Holzvorrat, Altersaufbau, Totholzmenge oder Naturnähe. An jedem Gitterpunkt der BWI werden jeweils vier Traktecken aufgenommen, sodass bei der BWI 2022 (BWI4) über 13.000 Traktecken erfasst werden konnten.

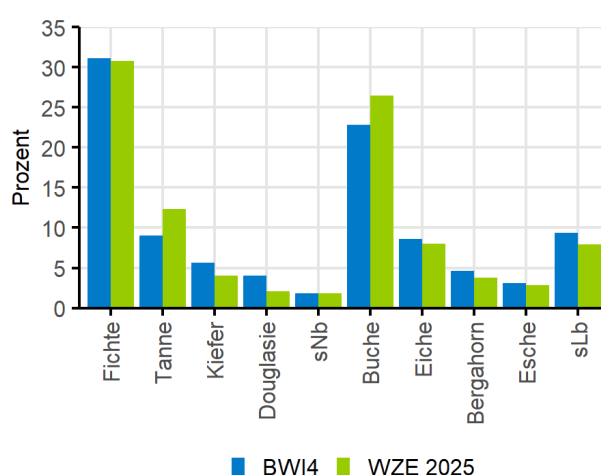


Abb. 37: Vergleich der Baumartenanteile zwischen Bundeswaldinventur (BWI4) und Waldzustandserhebung (WZE 2025) (sNb: sonstige Nadelbäume, sLb: sonstige Laubbäume).

Qualitätssicherung

Seit dem Beginn der Waldzustandserhebung in Baden-Württemberg wird mit zahlreichen Maßnahmen zur Qualitätssicherung eine kontinuierlich hohe Datenqualität sichergestellt. So findet jährlich auf Bundesebene ein Abstimmungskurs der Länder-Inventurleitungen statt, der sicherstellt, dass der Kronenzustand in ganz Deutschland einheitlich erfasst wird. Im Anschluss werden die Aufnahmeteams in Baden-Württemberg vor der eigentlichen Waldzustandserhebung intensiv auf eigens hierfür eingerichteten Schulungspfaden der FVA Baden-Württemberg geschult (Abb. 38).

Darüber hinaus wird die Qualität der Erhebung durch eine umfassende fachliche Begleitung während der Aufnahmen und stichprobenartige Kontrollen der Aufnahmepunkte sichergestellt. Auf internationaler Ebene finden ebenfalls regelmäßig Abstimmungskurse statt. Zudem wurde im Jahr 2025 wiederholt ein Foto-Vergleichstest zur Waldzustandserhebung für Deutschland durchgeführt, dessen Ergebnisse derzeit ausgewertet werden. All diese Maßnahmen dienen dazu, die Datenqualität der Waldzustandserhebung national als auch international abzusichern.

Auswertungsmethoden

Die aktuelle Erhebung der Bundeswaldinventur (BWI) zeigt eine hohe Übereinstimmung der Baumartenanteile mit dem Stichprobennetz der Waldzustandserhebung in Baden-Württemberg. Trotz der geringeren Stichprobenanzahl kann das Aufnahmeraster der Waldzustandserhebung (WZE) somit als flächenrepräsentativ für die Waldfläche Baden-Württembergs betrachtet werden. Mit über 7.500 Bäumen, die jährlich an den 329 potentiell zur Verfügung stehenden Punkten des 8x8 km-Rasters aufgenommen werden, wird mittlerweile eine ausreichende räumliche Abdeckung der Waldfläche Baden-Württembergs erreicht. In der Vergangenheit wurden die Ergebnisse der WZE mit den Baumartenanteilen der BWI gewichtet, um insbesondere in Jahren mit geringerer Aufnahmedichte eine Flächenrepräsentanz der Ergebnisse zu gewährleisten. Die Genauigkeit des aktuellen WZE-Rasters macht eine zusätzliche Gewichtung mit den Baumartenanteilen der BWI nicht mehr erforderlich. Die Berechnungen der mittleren Kronenverlichtung, Schadstufenanteile und aller anderen vorgestellten Ergebnisse erfolgen daher über die originären Daten der Waldzustandserhebung. Die Ergebnisse sind ausreichend präzise und spiegeln den Zustand der Wäl-



Abb. 38: Schulung der Aufnahmeteams vor dem Beginn der Waldzustandserhebung 2025 (Foto: S. Schmidt).

der auf Landesebene zuverlässig wider. Dieses Vorgehen sorgt für eine transparente und stringente Auswertung, ohne die Qualität der Waldzustandserhebung zu beeinträchtigen. Eine geringe Niveaushift ist durch den ausschließlichen Bezug auf die empirisch erfassten Daten der WZE feststellbar, die Zeitreihenanalyse und die jährlichen Veränderungen sind davon jedoch ausgenommen. Bei der Darstellung des mittleren Nadel-/Blattverlusts über die

Zeit wird der langfristige Trend durch eine Glättungslinie mit einem 95%-Konfidenzintervall dargestellt. Dies bedeutet, dass mit einer Wahrscheinlichkeit von mindestens 95 Prozent der wahre Verlauf des Trends innerhalb dieses Bereiches liegt. Zur Darstellung der Fruchtigkeitsintensität werden ausschließlich Bäume berücksichtigt, die ein Mindestalter von 50 Jahren haben, um die Gewährleistung ihrer Reproduktionsfähigkeit sicherzustellen.

Waldstrategie Baden-Württemberg 2050

PRIMA-WALD – Strategien für klimastabile Wälder im Privat und Kommunalwald

Der Klimawandel verändert den Wald schneller als je zuvor: Trockenheit, Stürme und Borkenkäfer stellen Waldbesitzende vor große Herausforderungen. 2021 bis 2022 traten im Modellgebiet Renchtal im mittleren Schwarzwald großflächige Kalamitätsschäden auf. Besonders die erhöhte Borkenkäferdynamik sorgt für Spannungen zwischen Forstverwaltung, Nationalpark, Politik und Waldbesitz.

Im Projekt PRIMA-WALD werden verschiedene Akteure aus Praxis, Politik, Verwaltung und Wissenschaft vernetzt, um innovative Lösungen für ein zukünftiges Waldmanagement zu entwickeln, das ökologische und sozio-ökonomische Ziele berücksichtigt. Koordiniert von der Universität Freiburg, werden digitale Instrumente für das Wald- und Risikomanagement entwickelt und erprobt. Ziel ist es, digitale Innovationen direkt in die Praxis zu übertragen, neue Kooperationsstrukturen zu schaffen und Risikoanalysen in die Strategieentwicklung zu integrieren – für vitale und resiliente Wälder im Klimawandel. Vier Handlungsfelder stehen dabei im Mittelpunkt:

- 1.) digitale Betriebsgutachten zur risikoorientierten und nutzerfreundlichen Betriebsplanung mittels Fernerkundung (unique land use)
- 2.) KI-Plattformen zur Erfassung von Mortalität und Vitalität in Echtzeit (Geosense, Uni Freiburg)
- 3.) Optimierung der Holzbereitstellungsprozesse (HFR Rottenburg)
- 4.) Pufferstreifenmanagement, Risikomodelle für Borkenkäferdynamik und Klimaszenarien und Entwicklung robuster Strategien (Forstökonomie & Forstplanung, Uni Freiburg)

7 ZUSAMMENFASSUNG UND FAZIT

Nach den erheblichen Waldschäden, welche die Hitze- und Dürrephasen der Jahre ab 2018 ausgelöst hatten, ist in den vergangenen Jahren eine leichte Erholung im Kronenzustand der Waldbäume festzustellen. Die überwiegend günstigen Witterungsbedingungen führten innerhalb der letzten Jahre vielerorts zu einer zunehmenden Regeneration der Baumkronen. Der positive Trend setzt sich in diesem Jahr fort. Die Schäden der Trockenjahre in den Wäldern Baden-Württembergs sind aber weiterhin sichtbar. Die derzeitige Erholungsphase darf nicht darüber hinwegtäuschen, dass die Wälder und deren Bewirtschaftung angesichts des ungebremsten Temperaturanstiegs und zunehmender Witterungsextreme weiterhin vor enormen Herausforderungen stehen.

Feuchte Witterung sorgt für zeitweise Erholung

Zu Beginn der Vegetationsperiode 2025 waren die Wälder zunächst ausreichend mit Wasser versorgt, was zu einem vitalen Austrieb der Bäume führte. Aufgrund geringer Niederschläge im Frühjahr zeigten sich in den Wäldern aber bereits im Juni, während der ersten Hitzewelle des Jahres, Anzeichen von Trockenstress. Besonders betroffen waren dabei die trocken-heißen Standorte des Oberrheins und des Neckarlands. Zunehmender Wassermangel und die Ausbreitung von Borkenkäfern verschärfte die Situation, bevor ausgiebige Regenfälle im Juli eine Entspannung brachten.

Die mittlere Kronenverlichtung der Wälder in Baden-Württemberg verringert sich im Jahr 2025 um 1,6 Prozentpunkte auf 26,4 Prozent. Auch der Anteil deutlich geschädigter Bäume geht, wie bereits in den vergangenen Jahren, zurück und liegt mit 42 Prozent erstmals unter dem Schadniveau des Trockenjahres 2018. Demgegenüber erhöht sich der Anteil ungeschädigter Bäume in der Stichprobe der Waldzustandserhebung auf mittlerweile 21 Prozent.

Für die Fichte ist nach vier Jahren auf gleichbleibendem Schadniveau wieder eine Verbesserung des Kronenzustands festzustellen. Der mittlere Nadelverlust verringert sich um 2,3 Prozentpunkte auf 26,9 Prozent. Nachdem es in den vergangenen Jahren zu

einer Massenvermehrung der Borkenkäfer gekommen war, konnte in diesem Jahr ein deutlich geringerer Käferbefall an Fichten festgestellt werden. Ausschlaggebend hierfür waren die weitgehend ausgebliebenen Sturmschäden sowie die kühlen Temperaturen im Mai, die den Schwärmbeginn merklich verzögerten. Zudem trugen die hohen Sommerniederschläge und der dadurch begünstigte Harzfluss der Bäume wesentlich dazu bei, die Ausbreitung der Borkenkäfer abzuschwächen. Im Gegensatz zur Fichte hat sich der Kronenzustand der Tanne in diesem Jahr verschlechtert. Der mittlere Nadelverlust erhöht sich um 2,4 Prozentpunkte auf 24,7 Prozent. Neben der ausgeprägten Fruktifikation wirkt sich vor allem der starke Mistelbefall negativ auf den Kronenzustand der Tanne aus. Zudem ist in den vergangenen Jahren vermehrt ein frühzeitiges Absterben älterer Nadeljahrgänge bei Altannen zu beobachten. Bei der Kiefer bleibt der Nadelverlust mit 28,5 Prozent in diesem Jahr weitgehend konstant, nachdem sich der Kronenzustand in den beiden vergangenen Jahren deutlich verbessert hatte. In der Oberrheinebene ist das Schadgeschehen der Kiefer unverändert hoch. Besonders auf trockenen Standorten zeigt die häufig stark mit Misteln befallene Kiefer nach wie vor erhebliche Kronenschäden und eine hohe Ausfallrate. Die Douglasie zeigt in diesem Jahr einen deutlichen Anstieg der Kronenverlichtung. Der mittlere Nadelverlust erhöht sich um 5,5 Prozentpunkte auf 26,6 Prozent und erreicht damit den bisherigen Höchststand aus dem Jahr 2003. Der Kronenzustand der Douglasie wird seit einigen Jahren durch zwei unterschiedliche Schadursachen beeinträchtigt: Zum einen durch die Rußige Douglassienschütte, eine Pilzkrankung, die zu einer Verfärbung und anschließend zu einem Abfallen der Nadeln führt. Zum anderen durch die Douglasien-Gallmücke, deren Larven in frischen Nadeln minieren und diese schädigen.

Der mittlere Blattverlust der Buche hat sich in diesem Jahr deutlich um 4,1 Prozentpunkte verringert und liegt mit 27,7 Prozent erstmals wieder unter dem Wert von 2018. Die Verbesserung des Kronenzustands ist vor allem auf die günstige Witterung, die geringe Fruchtausbildung sowie den schwächeren Insektenbefall zurückzuführen. Darüber hinaus sind mittlerweile weniger Dürrräste in den Baumkronen vorhanden und die Verzweigungsstruktur der Buchen

regeneriert sich. Ähnlich wie bei der Buche zeigt sich auch bei der Eiche eine positive Entwicklung, wenn gleich der Rückgang der Kronenverlichtung etwas geringer ausfällt. Der mittlere Blattverlust verringert sich um 2,7 Prozentpunkte auf 27,3 Prozent. In diesem Jahr ist die Eiche deutlich weniger von Blattfraß betroffen und auch der Befall durch den Eichenmehltau spielt nur eine untergeordnete Rolle. Die Fruktifikation ist hingegen leicht erhöht. Auch der Kronenzustand des Bergahorns hat sich weiter verbessert – bereits im dritten Jahr in Folge. Die mittlere Kronenverlichtung sinkt um 1,6 Prozentpunkte auf 14,3 Prozent. Der weiterhin niedrige Schädigungsgrad des Bergahorns ist, wie schon in den Vorjahren, auf den hohen Anteil jüngerer Bäume in der Stichprobe zurückzuführen. Im Gegensatz zu allen anderen Laubbaumarten zeigt die Esche in diesem Jahr eine deutliche Verschlechterung des Kronenzustands. Der mittlere Blattverlust erhöht sich um 3,9 Prozentpunkte auf 38,7 Prozent. Die Vitalität der Esche wird stark durch das Eschentriebsterben belastet, das seit Jahren zahlreiche Bäume zum Absterben bringt.

Vitalität der Douglasien

Ein vermehrter Anbau der ursprünglich aus Nordamerika stammenden Baumart Douglasie wird angesichts des Klimawandels zunehmend diskutiert. Sie gilt als vielversprechend, da sie hohe Zuwachsraten erzielt, mehr Kohlenstoff speichert und offenbar besser mit Trockenheit zurechtkommt als andere Nadelbaumarten. Seit den Trockenjahren ab 2018 zeigt sich jedoch, dass auch die Douglasie in einigen Regionen unter den veränderten Klimabedingungen leidet. Besonders betroffen sind die nördliche Oberrheinebene und die nördlichsten Landkreise in Baden-Württemberg.

Im Verbundprojekt VitaDou („Eine optimale Vitalität der Douglasie für multifunktionale Wälder“) untersuchten die Forstlichen Versuchsanstalten aus Baden-Württemberg, Rheinland-Pfalz und Nordwestdeutschland, welche Faktoren neben Witterungs- und Klimaeinflüssen zur Vitalitätsschwäche der Douglasien beitragen. In den Jahren 2022 bis 2024 wurde hierfür auf verschiedenen Versuchsflächen jährlich der Kronenzustand der Douglasien bewertet und Probestämme auf Schaderreger wie Rußige Douglasienschütte und Douglasien-Gallmücken untersucht.

Im Versuchszeitraum zeigte sich auf allen Flächen eine Verschlechterung des Kronenzustands. Beide Schaderreger waren verbreitet. Geschwächte Bestände litten stärker unter der Schütte, vitalere wiesen mehr Gallmückenbefall auf. Eine genetische Herkunftsanalyse stellte fest, dass neben der Küstenvarietät auch Bestände der Inlandsvarietät sowie Mischbestände vorkamen. Besonders Reinbestände der Inlandsvarietät zeigten stärkeren Schütteebefall und höhere Nadelverluste, was auf eine genetische Veranlagung schließen lässt.

Die Ergebnisse deuten auf eine zunehmend flächige Ausbreitung der Douglasien-Gallmücken in Südwestdeutschland hin. Während der negative Einfluss der Rußigen Douglasienschütte auf das Wachstum bekannt ist, bleibt das Zusammenspiel beider Schaderreger unklar. In einem Folgeprojekt sollen ihre Auswirkungen auf die Vitalität und mögliche Managementmaßnahmen weiter untersucht werden. Derzeit können nur eingeschränkte Handlungsempfehlungen für ältere Bestände gegeben werden, da selbst stark geschädigte Bäume nicht zwangsläufig innerhalb kurzer Zeit absterben, sondern es durchaus zu einer Erholung des Kronenzustands kommen kann. Für künftige Anbauten sollten jedoch konsequent die empfohlenen Varietäten verwendet werden.

Fazit

Die vergangenen beiden Jahre waren vergleichsweise niederschlagsreich, wodurch sich der Zustand vieler Wälder vorübergehend etwas verbessern konnte. Es wäre jedoch verfrüht – und angesichts des fortschreitenden Klimawandels auch fahrlässig – darin bereits eine nachhaltige Erholung zu sehen. Der Wald steht weiterhin vor enormen Herausforderungen, da die fortschreitenden Klimaveränderungen seine Entwicklung und Stabilität dauerhaft prägen werden. Auch in Zukunft ist mit extremen Wetterereignissen wie Dürre, Hitze, Stürmen und Insektenkatastrophen zu rechnen, die erhebliche Schäden verursachen können.

Die Baumart Fichte wird weiter an Bedeutung verlieren. In nennenswertem Umfang wird sie künftig vor allem in den montanen und hochmontanen Lagen des Schwarzwalds vorkommen, während sie in den tieferen Regionen Baden-Württembergs nur noch als Beimischung mit geringen Anteilen zu finden sein wird. Bereits heute ist eine ökonomisch tragfähige Fichten-

bewirtschaftung in tieferen Lagen kaum mehr möglich. Auch das Verbreitungsgebiet der Buche wird sich verändern. Zukünftig wird sie vor allem kühlere und feuchtere Standorte – etwa auf der Schwäbischen Alb – besiedeln. In wärmeren und trockeneren Lagen hingegen stößt sie zunehmend an ihre physiologischen Grenzen und wird dort möglicherweise von trockenheitsresistenteren Baumarten verdrängt werden. Der Umbau der Wälder hin zu klimaresilienteren Beständen ist eine komplexe und langfristige Aufgabe. Am Beispiel der Douglasie zeigt sich, dass selbst als widerstandsfähig geltende Baumarten keine allgemeingültige Lösung bieten.

Um den vielfältigen mittel- bis langfristigen Herausforderungen für den Wald und seine Akteure zu begegnen, hat die Landesregierung im Jahr 2020 den Prozess zur Waldstrategie 2050 gestartet. Im Rahmen dieser Strategie wurden und werden zahlreiche kurz- und mittelfristige Maßnahmen umgesetzt. Unter anderem wurde so mit der Holzkonservierungs- & Nasslager-Konzeption eine fundierte Basis geschaffen, um bei großflächigen Schadereignissen die Lagerung und Qualitätssicherung von Rundholz sicherstellen zu können. Vor dem Hintergrund zunehmender Schäden auch in Laubholzbeständen wurden im Rahmen der Waldstrategie zudem sogenannte Beratungstage eingeführt. Diese bieten insbesondere Privatwaldbesitzenden Schulungen zu sicheren Erntemethoden und Fälltechniken, um die Arbeitssicherheit zu erhöhen und den Holzeinschlag unter erschwerten Bedingungen zu unterstützen. In mehreren Projekten werden aktuell auch neue Werkzeuge zur Holzaufkommensprognose sowie zur adaptiven Bonitierung entwickelt, um klimabedingte Wachstumsveränderungen künftig besser berücksichtigen zu können. Einen aktuellen Schwerpunkt der Waldstrategie bildet das Themenfeld „Wald und Wasser“. Ziel ist es, die Wasserspeicherfähigkeit der Wälder zu stärken und durch gezielte Rückhalte- und Speichermaßnahmen den Wasserhaushalt zu stabilisieren. Auf diese Weise sollen sowohl Schäden durch Starkregenereignisse als auch Belastungen infolge längerer Trockenphasen reduziert werden. Ein verringerter Oberflächenabfluss und eine verbesserte Wasserspeicherung tragen nicht nur zur Stabilisierung des lokalen Wasserhaushalts bei, sondern wirken sich auch positiv auf angrenzende Siedlungs- und Landwirtschaftsflächen aus. So lassen sich Hochwasserabflüsse mindern, die Grundwasserneubildung fördern und die Wasserversorgung der Wälder in Trockenzeiten si-

chern. Gleichzeitig leistet ein erhöhter Wasserrückhalt einen wichtigen Beitrag zur ökologischen Aufwertung von Gewässern, Auen und Feuchtlebensräumen sowie zu deren Anpassung an den Klimawandel. Derzeit werden in 27 Gemeinden des Landes Planungen und Umsetzungen von Wasserrückhaltmaßnahmen durch die FVA fachlich begleitet und im Rahmen der Waldstrategie finanziell unterstützt.

Angesichts der fortschreitenden klimatischen Veränderungen besteht die zentrale Aufgabe darin, den Wald in all seinen ökologischen, wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Funktionen zu stärken und seine Widerstandskraft zu erhöhen. Hierfür sind ein konsequenter Waldumbau hin zu klimaangepassten Mischbeständen, ein integrierter Waldschutz sowie die Sicherung der Nährstoffversorgung durch bodenschonende Bewirtschaftung unerlässlich. Die kontinuierliche Evaluierung und Weiterentwicklung der Waldstrategie gewährleistet, dass neue Herausforderungen frühzeitig erkannt und entsprechende Maßnahmen flexibel angepasst werden können. Die konsequente Fortführung eines umfassenden Waldmonitorings stellt hierfür die notwendige Datengrundlage bereit. Als wichtiger Baustein des forstlichen Umweltmonitorings liefert die jährliche Waldzustandserhebung frühzeitig Hinweise auf mögliche Gefährdungen der Waldgesundheit. Durch die Einbindung der Waldzustandserhebung in nationale und europäische Monitoringprogramme können zudem Ursachen für beobachtete Veränderungen der Waldvitalität erfasst und bewertet werden. Wichtige Erkenntnisse hierzu wird auch die derzeit laufende dritte Bodenzustandserhebung liefern. Sie untersucht, wie sich die Böden sowie ihre Wasser- und Nährstoffspeicher entwickeln und welche Maßnahmen erforderlich sind, um deren Funktionsfähigkeit langfristig zu sichern. Auf den Versuchsflächen des intensiven Ökosystemmonitorings und des Depositionsmessnetz werden zudem über lange Zeiträume kontinuierlich Umweltdaten erhoben, die unter anderem den Schadstoffeintrag in Wälder messen und die Bewertung seiner Auswirkungen auf den Nährstoffhaushalt der Böden oder die Bodenfauna ermöglichen. Darüber hinaus fließen die Daten des Forstlichen Umweltmonitorings in die Kohlenstoffbilanzierung von Waldökosystemen ein, um die Rolle der Wälder als potenzielle Kohlenstoffsenke besser zu verstehen und zu bewerten.

Der Wald in Baden-Württemberg steht trotz einzelner Erholungsphasen weiterhin unter starkem Einfluss

des Klimawandels. Langanhaltende Trockenperioden, Extremwetterlagen oder auch neu auftretende Schadorganismen verändern die Waldökosysteme tiefgreifend und erfordern entschlossenes Handeln. Der Umbau hin zu klimaresilienten Mischbeständen ist ein langfristiger Prozess, der Wissen, Praxis und politische Unterstützung vereinen muss. Mit der Waldstrategie 2050 wurde hierfür ein tragfähiger Rahmen geschaffen, der wichtige Impulse setzt. Entscheidend wird sein, diesen Prozess kontinuierlich weiterzuent-

wickeln, neue Erkenntnisse einzubeziehen und auf neue Herausforderungen einzugehen. Nur so kann der Wald auch künftig seine vielfältigen ökologischen, ökonomischen und gesellschaftlichen Funktionen erfüllen. Ein umfassendes Monitoring aller Waldfunktionen wird dabei auch künftig eine zentrale Rolle spielen. Ziel bleibt es, die Wälder Baden-Württembergs zu stabilisieren, ihre Anpassungsfähigkeit zu stärken und sie als lebenswichtige Ressource für kommende Generationen zu bewahren.

8 LITERATURVERZEICHNIS

- ACHAT, D.L., DELEUZE, C., LANDMANN, G., POUSSE, N., RANGER, J., AUGUSTO, L. (2015): Quantifying consequences of removing harvesting residues on forest soils and tree growth – A meta-analysis. In: *Forest Ecology and Management*, 348, S. 124–141.
- AHREND, B., VON WILPERT, K., WEIS, W., VONDERACH, C., KÄNDLER, G., ZIRLEWAGEN, D., SUCKER, C., PUHLMANN, H. (2022): Merits and limitations of element balances as a forest planning tool for harvest intensities and sustainable nutrient management - A case study from Germany. *Soil Systems*, 6 (2): 41 S.
- BBODSCHG (1998): Bundes-Bodenschutzgesetz (Gesetz zum Schutz vor schädlichen Bodenveränderungen und zur Sanierung von Altlasten). Zuletzt geändert durch Art. 7 G v. 25.2.2021 I 306.
- BRUNN, M., HAFNER, B.D., ZWETSLOOT, M.J., WEIKL, F., PRITSCH, K., HIKINO, K., RUEHR, N.K., SAYER, E.J., BAUERLE, T.L. (2022): Carbon allocation to root exudates is maintained in mature temperate tree species under drought. *New Phytologist*, 235 (3), 965–977.
- BWALDG (1975): Bundeswaldgesetz (Gesetz zur Erhaltung des Waldes und zur Förderung der Forstwirtschaft). Zuletzt geändert durch Art. 112 G v. 10.8.2021 I 3436.
- DWD (2025): https://www.dwd.de/DE/presse/pressemitteilungen/pressemitteilungen_archiv_2025_node.html;jsessionid=8F6F5E8DEE5129119E10397A14F84D58.live31084. Deutscher Wetterdienst (Stand: 10.10.2025).
- ELLENBERG, H., WEBER, H. E., DÜLL, R., WIRTH, V., WERNER, W., PAULIßEN, D. (1992): Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. Verlag Erich Goltze GmbH, Göttingen, 130 S.
- ELLING, W., HEBER, U., POLLE, A., BEESE, F. (2007): Schädigung von Waldökosystemen: Auswirkungen anthropogener Umweltveränderungen und Schutzmaßnahmen. Spektrum Akademischer Verlag Heidelberg, 422 S.
- GÖTTLEIN, A., FÄTH, J., RAU, M., MELLERT, K.-H. (2020): Schwefel – vom Überschuss zum Mangel. *AFZ-DerWald*, (9), S.31–33.
- HARTMANN, P. & VON WILPERT, K. (2016): Statistisch definierte Vertikalgradienten der Basensättigung sind geeignete Indikatoren für den Status und die Veränderungen der Bodenversauerung in Waldböden. *Allgemeine Forst- und Jagdzeitung*, 187 (3/4), S. 61–69.
- HARTMANN, P., NIETHAMMER, M., HABEL, R., ZIRLEWAGEN, D., PUHLMANN, H. (2024): Regionalisierungen von Bodendaten für die Waldfläche Baden-Württembergs. *standort.wald* (53), S. 69–93.
- JOHNSON, D.W., MITCHELL, M.J. (1998): Responses of forest ecosystems to changing sulfur inputs. In: D. G. Maynard (Ed.): *Sulfur in the Environment*. Marcel Dekker Inc. New York. S. 219–262.
- KONÔPKA, B. (2017): Foliage and fine root litter: A comparative study in young, natural regenerated stands of European beech and Norway spruce. *Austrian Journal of Forest Science*, 134 (2), S. 99–118.
- LANG, F., KRÜGER, J., KAISER, K., BOL, R., LOEPPMANN, S. (2021): Editorial: Changes in forest ecosystem nutrition. *Frontiers in Forests and Global Change*, 4: 752063.

- MEESENBURG, H., AHREND, S., FLECK, S., WAGNER, M., FORTMANN, H., SCHELER, B., KLINCK, U., DAMMANN, I., EICHHORN, J., MINDRUP, M., MEIWES, K. J. (2016): Long-term changes of ecosystem services at Solling, Germany: Recovery from acidification, but increasing nitrogen saturation? *Ecological Indicators*, 65, S. 103–112.
- OULEHLE, F., RŮŽEK, M., TAHOVSKÁ, K., JIŘÍ BÁRTA, J., MYŠKA, O. (2016): Carbon and nitrogen pools and fluxes in adjacent mature norway spruce and european beech forests. *Forests*, 7(11), 282.
- ROTH, M., MICHIELS, H.-G., PUHLMANN, H., SUCKER, C., WINTER, M.-B., HAUCK, M. (2021): Responses of temperate forests to nitrogen deposition: Testing the explanatory power of modeled deposition datasets for vegetation gradients. *Ecosystems*, 24(5), S. 1222–1238.
- SAYER, E.J. (2006): Using experimental manipulation to assess the roles of leaf litter in the functioning of forest ecosystems. *Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society*, 81(1), S. 1–31.
- SCHELER, B. (2022): Auswirkungen großflächiger Schadflächen auf den Wasser- und Stoffhaushalt von Wäldern. Aus Waldzustandsbericht Hessen 2022. S.30–32. Zenodo.
- SCHMIDT, M. (2020): Standortsensitive und kalibrierbare Bonitätsfächer: Wachstumspotenziale wichtiger Baumarten unter Klimawandel. *Allgemeine Forst- und Jagd-Zeitung*, 190, (5/6), S. 136–159.
- SCHÖPFER, W., HRADETZKY, J. (1986): Zuwachsrückgang in erkrankten Fichten- und Tannenbeständen. *Forstwissenschaftliches Centralblatt*, 105, S. 446–470.
- SCHULTE, S., ALBRECHT, A. (2019): Regionalisierung forstlicher Bonitäten in Baden-Württemberg mit einem Random Forest Modell, FVA, unveröffentlicht.
- Thünen (2025): https://atlas.thuenen.de/catalogue/csw_to_extra_format/3810c144-756b-11ed-a6bf-0242ac120008/dominant-tree-species-for-germany-20172018.html. Dominant Tree Species for Germany (2017/2018). (Stand: 21.10.2025).
- ZANG, C., ROTHE, A. (2013): Effect of nutrient removal on radial growth of *Pinus sylvestris* and *Quercus petraea* in Southern Germany. *Annals of Forest Science*, 70(2), S. 143–149.
- ZEGLIN, L. H., STURSOVA, M., SINSABAUGH, R. L., COLLINS, S. L. (2009): Microbial responses to nitrogen addition in three contrasting grassland ecosystems. *Oecologia*, 159(3), S. 601–612.
- ZETHOF, J.H.T., JULICH, S., FEGER, K.-H., JULICH, D. (2024): Legacy effect of 25 years reduced atmospheric sulphur deposition on spruce tree nutrition. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 187 (6), S. 834–843.
- ZIRLEWAGEN, D. (2021): Aktualisierungen und Neuerstellungen von Regionalisierungen von Bodendaten im Rahmen des Notfallplans Wald gegen Baumschäden in Baden-Württemberg. Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg, unveröffentlicht.

ANLAGEN

Anlage 1:

Baumarten nach Altersgruppen der Waldzustandserhebung 2025

Baumart	wissenschaftlicher Name	Bäume <61 Jahre	Bäume >60 Jahre	Bäume insgesamt
Fichte	<i>Picea abies</i>	919	1.415	2.334
Tanne	<i>Abies alba</i>	224	705	929
Kiefer	<i>Pinus sylvestris</i>	55	250	305
Douglasie	<i>Pseudotsuga menziesii</i>	102	61	163
Lärche	<i>Larix spp.</i>	15	116	131
Schwarzkiefer	<i>Pinus nigra</i>	0	4	4
Lebensbaum	<i>Thuja spp.</i>	2	0	2
Buche	<i>Fagus sylvatica</i>	561	1.445	2.006
Eiche	<i>Quercus spp.</i>	172	438	610
Bergahorn	<i>Acer pseudoplatanus</i>	180	109	289
Esche	<i>Fraxinus excelsior</i>	74	139	213
Hainbuche	<i>Carpinus betulus</i>	66	42	108
Roteiche	<i>Quercus rubra</i>	74	8	82
Linde	<i>Tilia spp.</i>	25	32	57
Spitzahorn	<i>Acer platanoides</i>	34	22	56
Vogel-Kirsche	<i>Prunus avium</i>	30	17	47
Vogelbeere	<i>Sorbus aucuparia</i>	35	6	41
Schwarzerle	<i>Alnus glutinosa</i>	24	16	40
Birke	<i>Betula spp.</i>	31	6	37
Robinie	<i>Robina pseudoacacia</i>	23	8	31
Pappel	<i>Populus hybrides</i>	1	18	19
Edelkastanie	<i>Castanea sativa</i>	11	5	16
Bergulme	<i>Ulmus glabra</i>	9	6	15
Feldahorn	<i>Acer campestre</i>	6	8	14
Weide	<i>Salix spp.</i>	10	0	10
Weißerle	<i>Alnus incana</i>	6	0	6
Walnuss	<i>Juglans regia</i>	3	2	5
sonstige Laubbäume	<i>other deciduous tree</i>	3	0	3
Aspe/Zitterpappel	<i>Populus tremula</i>	2	1	3
Elsbeere	<i>Sorbus torminalis</i>	0	2	2
Eschenahorn	<i>Acer negundo</i>	2	0	2
Schwarzpappel	<i>Populus nigra</i>	1	0	1
Blauglockenbaum	<i>Paulownia tomentosa</i>	1	0	1
Gesamt		2.701	4.881	7.582

Anlage 2:

Aufnahmedichte der Waldzustandserhebung von 1985 bis 2025

Jahr	Rasternetz	Anzahl Aufnahmepunkte	Anzahl Probestämme
1985	4x4 km ^{*1}	1.874	41.102
1986	4x4 km ^{*1}	1.923	42.166
1987	8x8 km ^{*2}	784	17.025
1988	8x8 km ^{*2}	792	17.183
1989	4x4 km	703	15.572
1990	16x16 km	49	1.088
1991	4x4 km	799	19.112
1992	16x16 km	48	1.152
1993	16x16 km	48	1.152
1994	4x4 km	778	18.515
1995	16x16 km	47	1.128
1996	16x16 km	47	1.128
1997	4x4 km	796	18.882
1998	16x16 km	46	1.104
1999	16x16 km	47	1.128
2000	16x16 km	48	1.145
2001	4x4 km	727	17.297
2002	16x16 km	49	1.170
2003	16x16 km	49	1.170
2004	16x16 km	48	1.146
2005	8x8 km	275	6.524
2006	8x8 km	272	6.463
2007	8x8 km	272	6.454
2008	8x8 km	277	6.590
2009	8x8 km	279	6.641
2010	8x8 km	283	6.743
2011	8x8 km	283	6.739
2012	8x8 km	292	6.951
2013	8x8 km	294	6.978
2014	8x8 km	293	6.964
2015	8x8 km	294	6.978
2016	8x8 km	306	7.256
2017	8x8 km	304	7.202
2018	8x8 km	301	7.130
2019	8x8 km	309	7.306
2020	8x8 km	306	7.191
2021	8x8 km	305	7.226
2022	8x8 km	317	7.550
2023	8x8 km	320	7.661
2024	8x8 km	321	7.696
2025	8x8 km	316	7.582

^{*1} Flächen-/ Punkt- und Traufaufnahme^{*2} Schwarzwald verdichtet auf 4x4 km

Anlage 3:

Schadstufenanteile in Prozent von 1985 bis 2025

Jahr	Schadstufe					
	0 un- geschädigt	1 schwach geschädigt	2 mittelstark geschädigt	3 stark geschädigt	4 ab- gestorben	2 bis 4 deutlich geschädigt
1985	25	42	31	2	0	33
1986	28	44	26	2	0	28
1987	32	38	28	2	0	30
1988	28	44	26	2	0	28
1989	35	43	20	2	0	22
1990	33	44	21	2	0	23
1991	34	47	18	1	0	19
1992	22	50	25	2	1	28
1993	20	45	30	4	1	35
1994	28	42	28	2	0	30
1995	25	41	32	2	0	34
1996	21	39	38	2	0	40
1997	36	43	20	1	0	21
1998	30	45	24	1	0	25
1999	30	44	25	1	0	26
2000	36	39	24	1	0	25
2001	25	42	31	2	0	33
2002	36	40	22	2	0	24
2003	23	46	30	1	0	31
2004	21	35	40	4	0	44
2005	13	37	46	4	0	50
2006	18	31	46	5	0	51
2007	15	38	43	4	0	47
2008	18	42	37	3	0	40
2009	19	32	45	4	0	49
2010	23	36	39	2	0	41
2011	29	31	36	3	1	40
2012	18	39	40	3	0	43
2013	24	34	39	3	0	42
2014	16	34	46	4	1	51
2015	21	37	38	3	1	42
2016	21	34	41	3	1	45
2017	23	39	34	3	1	38
2018	19	36	40	4	1	45
2019	15	34	45	5	1	51
2020	16	30	47	5	2	54
2021	16	33	46	4	1	51
2022	13	34	47	5	1	53
2023	18	32	44	4	2	50
2024	19	35	41	3	2	46
2025	21	37	37	3	2	42

Anlage 4:

Ergebnisse der Waldzustandserhebung 2025 in den Landkreisen

Landkreis	Anzahl aufgenommene Bäume	bis 60 Jahre Anteil Schadstufe 2-4 [%]	ab 61 Jahre Anteil Schad- stufe 2-4 [%]	mittl. Nadel-/ Blattverlust gesamt [%]	95%-Konfidenz- intervall (+/-)	Anteil Bäume der Schad- stufe 3 und 4	Verhältnis Baumart Nh:Lh [%]	Verhältnis Alter bis 60: ab 61 [%]	mittleres Probebaum- alter
Alb-Donau-Kreis	192	k.A.	66	10,8	1,53	1,0	35:65	18:82	95
Baden-Baden	48	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
Biberach	312	18	63	19,9	2,21	4,2	71:29	56:44	61
Bodenseekreis	96	k.A.	74	16	3	2	29:71	36:64	75
Böblingen	168	8	56	18,6	2,81	6,0	20:80	39:61	95
Breisgau-Hochschwarzwald	288	13	48	14	2	1	63:38	40:60	85
Calw	264	2	48	13,9	1,67	1,5	59:41	47:53	75
Emmendingen	168	k.A.	46	12,8	1,94	1,8	52:48	22:78	87
Enzkreis	192	k.A.	73	20,1	2,84	13,5	7:93	0:100	111
Esslingen	96	k.A.	67	14,9	2,99	3,1	20:80	19:81	90
Freiburg im Breisgau	24	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
Freudenstadt	384	5	62	16,9	1,69	3,6	80:20	21:79	103
Göppingen	120	k.A.	56	13,5	2,41	1,7	63:37	20:80	81
Heidelberg	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Heidenheim	120	2	62	18,4	3,29	5,0	44:56	45:55	82
Heilbronn	96	k.A.	58	14,7	2,95	3,1	1:99	25:75	84
Heilbronn-Stadt	24	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
Hohenlohekreis	144	27	57	22,2	3,62	8,3	10:90	63:38	55
Karlsruhe	264	18	42	14,1	1,71	1,5	33:67	53:47	67
Karlsruhe-Stadt	24	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
Konstanz	94	k.A.	70	11,3	2,29	2,1	33:67	4:96	110
Lörrach	264	4	35	14,7	1,78	2,3	30:70	37:63	81
Ludwigsburg	72	k.A.	46	26,4	6,09	11,1	24:76	3:97	90
Main-Tauber-Kreis	216	8	64	12,7	1,70	1,4	17:83	25:75	85
Mannheim	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Neckar-Odenwald-Kreis	288	15	71	19,5	2,25	7,3	26:74	23:77	95
Ortenaukreis	528	12	54	16,6	1,42	2,7	65:35	54:46	71
Ostalbkreis	288	10	65	18,1	2,09	4,5	59:41	31:69	76
Pforzheim	24	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
Rastatt	192	13	52	18,2	2,57	4,2	68:32	35:65	101
Ravensburg	312	2	57	15,6	1,73	2,2	73:27	72:28	48
Rems-Murr-Kreis	168	0	60	23,2	3,51	9,5	60:40	34:66	82
Reutlingen	192	17	48	14,1	2,00	2,1	33:67	31:69	82
Rhein-Neckar-Kreis	192	48	46	16,9	2,40	5,2	28:72	31:69	91
Rottweil	216	8	52	18,5	2,47	4,2	83:17	28:72	86
Schwäbisch Hall	168	8	60	20,0	3,02	7,1	35:65	30:70	90
Schwarzwald-Baar-Kreis	264	5	46	15,9	1,92	4,9	94:6	22:78	100
Sigmaringen	288	6	75	15,5	1,79	2,4	91:9	49:51	64
Stuttgart	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tübingen	144	k.A.	82	21,5	3,51	11,8	44:56	34:66	87
Tuttlingen	144	k.A.	79	13,6	2,23	0,7	79:21	28:72	87
Ulm	24	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
Waldshut	288	6	56	21,5	2,48	8,0	61:39	28:72	95
Zollernalbkreis	192	11	76	14,6	2,07	1,6	34:66	49:51	64

k.A.: keine Angabe für Landkreise mit weniger als 50 Bäumen in der Stichprobe der Waldzustandserhebung