

# Waldzustandsbericht 2024



## Vorwort



Sehr geehrte Leserinnen und Leser,

der Wald ist ein wichtiger Partner, um dem Klimawandel zu begegnen. Ein lebendiger, artenreicher und gesunder Wald bedeutet für uns Heimat, stiftet Identität und liefert uns Rückzugsorte. Die Trockenheit, die Sturmschäden und der Schädlingsbefall der vergangenen Jahre belasten dieses wertvolle Ökosystem – unser Wald hat zu kämpfen.

Der Aufbau, der langfristige Erhalt und die schonende Nutzung unseres Waldes mit all seinen Facetten sind handlungsleitend für unser Tun. In den zurückliegenden Jahren wurde durch vielfältiges Engagement bereits ein wichtiger Beitrag geleistet, etwa durch gezielte Wiederbewaldungsmaßnahmen. Dennoch leidet unser Wald erheblich unter Wetterextremen und den Folgeschäden. Die Auswirkungen von Hitze und Trockenheit der Vorjahre halten weiterhin an. Die Stabilität und die Anpassungsfähigkeit unserer Wälder sind sichtbar beeinträchtigt – das zeigen auch die aktuellen Daten des Waldzustandsberichtes 2024, die im Sommer erhoben wurden. Wir sehen hier, dass die Schadentwicklung weiter anhält und über alle Baumarten und Altersstufen hinweg erkennbar ist.

Die Hessische Landesregierung ist sich hierbei ihrer Verantwortung bewusst. Der Aufbau strukturreicher, klimaresilienter Wälder und die Wiederbewaldung der großen Schadflächen in Hessen haben daher höchste Priorität.

Der Wald in Hessen ist Natur-, Erholungs- und Wirtschaftsraum und erfüllt wichtige Funktionen für den Klimaschutz und die Biodiversität. Es gilt daher, unseren Wald in Hessen auch in Zukunft zu erhalten. Private und körperschaftliche Forstbetriebe brauchen unsere volle Unterstützung. Dazu bedarf es zielgerichteter Unterstützungsmaßnahmen – finanziell, durch innovative Forschungsansätze und durch ein umfassendes Beratungsangebot von unseren Försterinnen und Förstern.

Angesichts der großen Herausforderungen ist es umso wichtiger, dass der Wald der Zukunft nicht nur naturnah, stabil und artenreich ist, sondern auch weiterhin den Rohstoff liefert, der unter Umwelt- und Klimagesichtspunkten unübertroffene Vorteile bietet: Holz, das in der Region und unter hohen Standards heranwachsen und schonend geerntet werden kann.

Ihr

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Ingmar Jung'.

Ingmar Jung

Hessischer Minister für Landwirtschaft und Umwelt, Weinbau, Forsten, Jagd und Heimat  
Wiesbaden, im November 2024



Foto: J. Evers

## Inhaltsverzeichnis

	Seite
Vorwort	2
<b>Hauptergebnisse</b>	4
<b>Forstliches Umweltmonitoring und Klimaplan Hessen</b> Ulrike Talkner, Uwe Paar, Caroline Klinck und Ronald Bialozyt	6
<b>WZE-Ergebnisse für alle Baumarten</b> Uwe Paar und Caroline Klinck	10
Buche	12
Eiche	14
Fichte	16
Kiefer	17
Andere Laub- und Nadelbäume	18
<b>Wald in der Rhein-Main-Ebene</b> Uwe Paar und Caroline Klinck	20
<b>Witterung und Klima</b> Johannes Suttmöller	22
<b>Insekten und Pilze</b> Martin Rohde, Rainer Hurling, Gitta Langer, Johanna Bußkamp und Pavel Plašil	27
<b>Stoffeinträge</b> Birte Scheler	32
<b>Auswirkung von extremer Witterung auf die Vitalität und Produktivität der Hauptbaumarten in Nordwestdeutschland</b> Anja Gröning, Caroline Klinck und Uwe Paar	34
<b>Wildobstarten: Erhaltung und nachhaltige Nutzung wertvoller genetischer Ressourcen</b> Katharina Birgit Budde, Nicole Opfermann, Katharina Volmer und Aki Michael Höltken	38
<b>Trockenjahre und Buchenmortalität: Geschlossenes Kronendach mindert Schäden</b> Peter Meyer, Andreas Mölder und Ralf-Volker Nagel	42
<b>Boden des Jahres: Waldboden</b> Jan Evers, Oliver van Straaten und Felix Grün	45
Impressum	48

# Hauptergebnisse

## Waldzustandserhebung (WZE)

Die Ergebnisse der Waldzustandsaufnahmen 2024 belegen für den hessischen Wald einen seit 2019 weiterhin anhaltend schlechten Vitalitätszustand. Die mittlere Kronenverlichtung der Waldbäume in Hessen (alle Baumarten) hat sich von 29 % (2023) nur geringfügig auf nunmehr 28 % verringert.

Bei den älteren Bäumen hat sich die Kronenverlichtung von 33 % (2023) auf 32 % leicht verbessert. Die mittlere Kronenverlichtung der jüngeren Bäume hat sich von 18 % (2023) auf 16 % verringert.

In den Jahren 2019–2024 ist eine sehr starke Schädigung der hessischen Wälder eingetreten. Im Vergleich zum Vorjahr hat sich der Vitalitätszustand 2024 nur geringfügig verbessert.

## Die Baumarten im Einzelnen

Bei der älteren Fichte hat sich nach der deutlichen Verschlechterung der Kronenverlichtung von 29 % (2018) auf 38 % (2019) der Kronenzustand 2020 nochmals erheblich verschlechtert (50 %). Auch 2021 und 2022 lag die mittlere Kronenverlichtung mit 49 % bzw. 47 % auf nahezu gleichem Niveau. Die Werte von 44 % für 2023 bzw. 48 % für 2024 sind statistisch nicht abgesichert, da sich das Gesamtkollektiv der Fichten infolge der hohen Absterbe- und Ausfallraten der letzten Jahre von 631 (2018) Bäumen auf 286 (2023) bzw. 316 (2024) verringert hat. Die Kronenverlichtung der älteren Buche hat sich im Vergleich zum Vorjahr geringfügig verbessert (2023: 35 %; 2024: 34 %), die der älteren Kiefer bleibt mit 26 % auf dem Niveau der Vorjahre (2022: 27 %; 2023: 26 %).

Die Kronenverlichtung der älteren Eiche hat sich 2024 im Vergleich zum Vorjahr um 3 Prozentpunkte verschlechtert (2023: 28 %; 2024: 31 %).

## Rhein-Main-Ebene

Die Waldzustandserhebung weist auch für 2024 einen schlechten Vitalitätszustand für die Wälder in der Rhein-Main-Ebene auf.

Nach der deutlichen Verschlechterung des Kronenzustandes der älteren Bäume in der Rhein-Main-Ebene von 30 % (2018) auf 38 % (2019) bzw. 39 % (2020) ist die mittlere Kronenverlichtung 2021 (42 %) und 2022 (41 %) auf hohem Niveau verblieben und in den letzten beiden Jahren nochmals angestiegen (2023: 44 %; 2024: 45 %).

## Witterung und Klima

Das Vegetationsjahr 2023/2024 war rekordwarm und sehr nass. Mit einer Mitteltemperatur von 11,0 °C wurde das langjährige Mittel um 2,8 K übertroffen und war damit das mit Abstand wärmste Jahr seit Auswertungsbeginn. In allen Monaten betrug die Abweichung mehr als 1 K. Die Nieder-



Foto: J. Evers

schlagssumme von 1008 mm im Flächenmittel des Landes übertraf das langjährige Mittel um knapp 30 %. Damit war das vergangene Vegetationsjahr zusammen mit 1961 das niederschlagsreichste Jahr seit Beginn der Auswertungen. Infolge der unbeständigen Witterung kam es zu keiner ausgeprägten Trockenperiode, sodass das pflanzenverfügbare Wasser in den Waldböden während der Vegetationszeit ausreichte, um die Wasserversorgung der Waldbestände zu gewährleisten.

## Insekten und Pilze

Die insgesamt reichlichen Niederschläge seit dem Sommer des letzten Jahres haben die Abwehrbereitschaft der Waldbäume gegenüber biotischen Schaderregern zwar grundsätzlich erhöht, aber aufgrund deren vorausgegangenen starken Schwächung und immer noch hohen Populationsdichten einiger Schaderreger noch nicht zu einer durchgreifenden Entspannung der Waldschutzsituation geführt. Die feucht-warmen Bedingungen im ersten Halbjahr 2024 begünstigten die Entwicklungsmöglichkeiten von potenziell pathogenen Pilzen, die bei komplexen Erkrankungen eine Schädigung entfalten und wahrscheinlich auch als Auslöser für Blatt- und Nadelfleckenerkrankungen an verschiedenen Baumarten verantwortlich sind.

Trotz eines insgesamt deutlichen Rückgangs des Buchdruckerbefalls kam es in einigen Regionen erneut sowie lokal auch erstmals zu stärkerem Befall durch diese Borkenkäferart an Fichte. Blatt oder Nadeln fressende Insekten traten in diesem Jahr nur in sehr geringem Umfang auf und verursachten keine größeren Schäden. Viele Kiefernbestände leiden nach wie vor unter dem *Diplodia*-Triebsterben. Weiterhin Sorge bereitet die Zunahme der Schädigung von Eichen durch den Eichenprachtkäfer, zum Teil in Verbindung mit weiteren pilzlichen und eventuell auch bakteriellen Schaderregern. Die Buche ist weiterhin stark von der Buchen-Vitalitätsschwäche betroffen.

## Stoffeinträge

2023 war ein überdurchschnittlich niederschlagsreiches Jahr. Im Freiland wurden zwischen 116 % und 148 %, unter dem Kronendach zwischen 110 % und 155 % des jeweiligen 10-jährigen Flächenmittels des Niederschlags (2013–2022) registriert. Durch die konsequente Umsetzung von Luftreinhaltemaßnahmen konnte der Sulfatschwefeleintrag seit Mitte der

1980er Jahre drastisch gesenkt werden. Auf sieben von acht Bestandesmessflächen hat er trotz des bereits erreichten, sehr niedrigen Niveaus in den vergangenen 10 Jahren noch weiter signifikant abgenommen. 2023 betrug er im Hessenmittel unter Buche 1,9 kg je Hektar und unter Fichte 2,9 kg je Hektar (Fürth im Odenwald). Die hohen Niederschlagsmengen verursachten einen Anstieg der Gesamtdeposition von anorganischem Stickstoff (Ammonium und Nitrat) gegenüber 2022. Der Stickstoffeintrag betrug 2023 im Bestand zwischen 6,3 kg und 16,5 kg je Hektar. Trotz des Anstiegs war er auf sieben der acht untersuchten Flächen geringer als im Mittel 2013–2022.

### Auswirkung von extremer Witterung auf die Vitalität und Produktivität der Hauptbaumarten in Nordwestdeutschland

Um baumartenspezifische Trockenheitsgrenzen als Referenz für die Waldbewirtschaftung festzulegen, wird in den Anbauempfehlungen unter anderem die Standortwasserbilanz (SWB) genutzt. Auf dieser Grundlage werden baumartenspezifische Schwellenwerte für das Trockenstressrisiko definiert. Um die definierten Schwellenwerte im Gelände zu evaluieren, untersucht das Teilprojekt L11 des „Klimaplanes Hessen“ entlang artspezifischer Standortwasserbilanzgradienten die Vitalität und das Wachstum der vier Hauptbaumarten Buche, Eiche, Fichte und Kiefer mittels Jahrringanalyse. Es wurden ausschließlich Flächen ausgewählt, die sich innerhalb des Probenetzes der WZE (Waldzustandserhebung) und der BZE (Bodenzustandserhebung) befinden. So können zusätzlich zu den Jahrringmessungen sowohl plotspezifische Informationen über den Standort als auch baumindividuelle Informationen über den Kronenzustand in die Betrachtung einbezogen werden.

### Wildobstarten: Maßnahmen zur Erhaltung wertvoller forstgenetischer Ressourcen

Aufgrund prognostizierter Klimaveränderungen sind vermehrt auch Baumarten aus der Familie der Rosengewächse (Wildobstarten wie Wildbirne, Wildapfel, Vogelkirsche, Elsbeere, Speierling) in den Fokus des Interesses gerückt. Diese weisen eine vergleichsweise hohe Trockenheits- und Hitzetoleranz auf und tragen gleichzeitig zu einer Erhöhung der Biodiversität unserer Wälder bei.

Der steigenden Nachfrage an hochwertigem Vermehrungsgut stehen allerdings teilweise große Herausforderungen bei der Saatgutbeschaffung gegenüber. Denn anthropogene Einflüsse haben die Populationsstrukturen der von Natur aus seltenen bis zerstreuten Vorkommen zum Teil sehr stark verändert. Habitatverluste führten zum Verlust der reproduktiven Vernetzung und infolgedessen auch zu Verlusten an genetischer Vielfalt und damit Anpassungsfähigkeit an sich ändernde Umweltbedingungen. Zusätzlich hybridisieren ver-

schiedene Arten mit häufig verbreiteten Kultursorten. Dies kann zur Verdrängung bzw. zum Verlust arttypischer und anpassungsrelevanter Eigenschaften führen und die ökologische Integrität der jeweiligen Art gefährden.

In diesem Beitrag werden wissenschaftliche Grundlagen und daraus abgeleitete praxisrelevante Maßnahmen aufgezeigt, die sowohl der Erhaltung wertvoller genetischer Ressourcen als auch der nachhaltigen Produktion von genetisch vielfältigem Vermehrungsgut dienlich sind.

### Trockenjahre und Buchenmortalität: Geschlossenes Kronendach mindert Schäden

Eine umfangreiche Studie in elf hessischen unbewirtschafteten Naturwaldreservaten und ihren weiterhin bewirtschafteten Vergleichsflächen gibt Auskunft über den Einfluss von Dürre und Bewirtschaftung auf die Buchenmortalität. Die Untersuchung zeigt, dass in den jüngsten Trockenjahren zwar ein Anstieg der Mortalität von Buchen zu beobachten ist, dieser aber auf den untersuchten Standorten überraschend moderat ausfiel. Zwischen bewirtschafteten und unbewirtschafteten Beständen ergaben sich signifikante Unterschiede. Zum einen ist in den bewirtschafteten Waldbeständen die Mortalität höher, zum anderen fallen hier dominantere Bäume mit höherer Wahrscheinlichkeit aus als in den vergleichsweise dicht geschlossenen Naturwaldreservaten. Die Untersuchungen weisen darauf hin, dass Auflichtungen des Kronendaches älterer Buchenbestände in Dürrejahren das Ausfallrisiko oberständiger Bäume erhöhen.

Aufgrund dieser Befunde hat das Land Hessen für den Staatswald die Bewirtschaftung in Buchenbeständen angepasst. So werden die Hiebsmaßnahmen punktuell in sogenannten Femeln konzentriert, um eine gleichmäßige Auflichtung zu vermeiden und die Etablierung von lichtbedürftigeren, klimaresilienten Mischbaumarten zu ermöglichen.

### Boden des Jahres: Waldboden

Der Waldboden als Boden des Jahres 2024 soll mit verschiedenen Beispielen in seiner Vielfalt, seinen Funktionen und seiner Bedeutung für eine klimaangepasste Baumartenwahl dargestellt werden. Dabei wird auch auf seine Funktion als Kohlenstoffspeicher, die Folgen seiner Belastung und die Aktualität der forstlichen Standortkartierung eingegangen.



Foto: J. Evers

# Forstliches Umweltmonitoring und Klimaplan Hessen

Ulrike Talkner, Uwe Paar, Caroline Klinck und Ronald Bialozyt

<https://doi.org/10.5281/zenodo.13865899>

Das Forstliche Umweltmonitoring hat eine langjährige Geschichte und eröffnet damit einen guten Einblick in die Veränderung der Waldökosysteme. Die Umweltbedingungen haben sich in den vergangenen Jahrzehnten kontinuierlich verändert, aber das Ausmaß und die Geschwindigkeit der aktuellen Klimaveränderungen sind in der Geschichte des Forstlichen Umweltmonitorings einmalig. Die Waldschäden zu Zeiten des sauren Regens waren deutlich zu sehen, doch übertreffen die aktuellen Schäden in bestimmten Regionen und für einige Baumarten das damalige Ausmaß. In den 1990er Jahren wurden erfolgreich politische Maßnahmen ergriffen, um die versauernden Einträge in die Wälder zu minimieren. Aktuell stehen die Wälder angesichts des in den letzten Jahren unübersehbaren Klimawandels und der zunehmenden Extremwetterereignisse vor riesigen Herausforderungen. Die heutige große Aufgabe ist die Eindämmung des Klimawandels. Fest steht, dass die Reduzierung der CO<sub>2</sub>-Emissionen notwendig ist, um den menschengemachten Klimawandel abzumildern und damit den Zustand des Waldes zu stabilisieren.

Das Forstliche Umweltmonitoring ist aus der Waldökosystemforschung entstanden. Die Ergebnisse der Untersuchungen dienen der Erarbeitung von Entscheidungshilfen für die forstliche Praxis und der Beratung der Politik auf fachlicher Grundlage.

Grundsätzlich werden im Forstlichen Umweltmonitoring folgende Kategorien unterschieden:

- Level I: waldflächenrepräsentative Übersichtserhebungen auf einem systematischen Stichprobenraster (Waldzustands- und Bodenzustandserhebung)
- Level II: Untersuchung von ausgewählten Waldökosystemen mit erhöhter Messintensität (Intensives Forstliches Umweltmonitoring)
- Level III: Erforschung der Auswirkungen von Waldbewirtschaftungsmaßnahmen auf den Nährstoff- und Wasserhaushalt von Wäldern (Experimentalflächen)

Die Verknüpfung und Kombination von Level I, II und III eröffnet die Möglichkeit der Übertragung von Ergebnissen aus dem Forstlichen Umweltmonitoring auf Waldflächen ohne Beobachtungen (Regionalisierung). Für die Beantwortung von komplexen forst- und umweltpolitischen Fragen ist die Vernetzung aller drei Kategorien des Forstlichen Umweltmonitorings zweckmäßig.

Die methodischen Instrumente des Forstlichen Umweltmonitorings sind europaweit nach den Grundsätzen des ICP Forests (2016) harmonisiert. Die Waldzustandserhebung (WZE) liefert als Übersichtserhebung Informationen zur Vitalität der Waldbäume unter dem Einfluss sich ändernder Umweltbedingungen. Das Stichprobenraster der Waldzustandserhebung ist darauf ausgelegt, die gegenwärtige Situation des Waldes landesweit repräsentativ abzubilden. Das Ergebnis ist

das Gesamtbild des Waldzustandes für das Bundesland. Die Stichprobe der Waldzustandserhebung vermittelt ein zahlenmäßiges Bild zu dem Einfluss von Stürmen, Witterungsextremen sowie Insekten- und Pilzbefall. Lokale Befunde, wie sturmgefallene Bäume oder ein extremer Befall der Kiefer durch Pilze, können allerdings von dem landesweiten Ergebnis abweichen. Zahlreiche Auswertungen belegen eine hohe Repräsentativität des Rasternetzes für verschiedene Fragestellungen.

## Waldzustandserhebung – Methodik und Durchführung

Die Waldzustandserhebung ist Teil des Forstlichen Umweltmonitorings in Hessen. Sie liefert als Übersichtserhebung Informationen zur Vitalität der Waldbäume unter dem Einfluss sich ändernder Umweltbedingungen. Die Aufnahmen zur Waldzustandserhebung erfolgten im Juli und August 2024. Sie sind mit qualitätssichernden Maßnahmen sorgfältig überprüft.

## Aufnahmeumfang

Die Waldzustandserhebung erfolgt auf mathematisch-statistischer Grundlage. Auf einem systematisch über Hessen verteilten Rasternetz werden seit 1984 an jedem Erhebungspunkt Stichprobenbäume begutachtet.

Die Rasterweite des landesweiten Stichprobennetzes beträgt 8 km x 8 km, in der Rhein-Main-Ebene werden zusätzlich Erhebungen im 4 km x 4 km-Raster durchgeführt. Die landesweite Auswertung erfolgte 2024 auf der Basis von 135 Erhebungspunkten, für die Rhein-Main-Ebene wurden 47 Erhebungspunkte ausgewertet. Dieser Aufnahmeumfang ermöglicht repräsentative Aussagen zum Waldzustand auf Landesebene.



WZE-Aufnahmeteams bei der Schulung im Juli 2024

Foto: C. Klinck



Foto: J. Evers

Level II-Buchenfläche Kellerwald

Für den Parameter mittlere Kronenverlichtung zeigt die Tabelle unten den Standardfehler und die 95 %-Konfidenzintervalle (= Vertrauensbereiche) für die Baumarten und Altersgruppen der WZE-Stichprobe 2024. Je weiter der Vertrauensbereich, desto unschärfer sind die Aussagen. Ab einem Standardfehler von > 5 werden die Werte in den Grafiken nicht mehr dargestellt. Die Weite des Vertrauensbereiches wird im Wesent-

*Baumanzahl, Plotanzahl, Raster sowie Standardfehler und 95 %-Konfidenzintervall der Kronenverlichtung für alle Baumarten und Altersgruppen der Waldzustandserhebung 2024 in Hessen. Das 95 %-Konfidenzintervall (=Vertrauensbereich) gibt den Bereich an, in dem der wahre Mittelwert mit einer Wahrscheinlichkeit von 95 % liegt. Das berechnete Konfidenzintervall kann jenseits der logischen Parametergrenzwerte (0 bzw. 100) liegen.*

Baumarten-gruppe	Alters-gruppe	Anzahl Bäume	Anzahl Plots	Raster	Standardfehler	95%-Konfidenzintervall
Buche	alle Alter	1302	106	8x8 km	1,94	26–34
	bis 60 Jahre	228	30	8x8 km	1,86	6–14
	über 60 Jahre	1074	81	8x8 km	2,02	30–38
Eiche	alle Alter	376	61	8x8 km	2,52	23–33
	bis 60 Jahre	53	12	8x8 km	3,61	6–22
	über 60 Jahre	323	50	8x8 km	2,52	25–36
Fichte	alle Alter	316	45	8x8 km	4,81	25–45
	bis 60 Jahre	133	22	8x8 km	4,66	7–26
	über 60 Jahre	183	26	8x8 km	6,11	36–61
Kiefer	alle Alter	532	52	8x8 km	1,47	23–29
	bis 60 Jahre	41	8	8x8 km	6,13	7–36
	über 60 Jahre	491	44	8x8 km	1,53	23–29
andere Laubbäume	alle Alter	446	51	8x8 km	2,94	16–28
	bis 60 Jahre	319	33	8x8 km	3,15	13–26
	über 60 Jahre	127	24	8x8 km	6,98	13–42
andere Nadelbäume	alle Alter	268	45	8x8 km	2,88	17–29
	bis 60 Jahre	135	22	8x8 km	3,89	10–26
	über 60 Jahre	133	24	8x8 km	3,9	19–36
alle Baumarten	alle Alter	3240	135	8x8 km	1,25	25–30
	bis 60 Jahre	909	51	8x8 km	1,83	13–20
	über 60 Jahre	2331	105	8x8 km	1,36	30–35

lichen beeinflusst durch die Anzahl der Stichprobenpunkte in der jeweiligen Auswerteeinheit und die Streuung der Kronenverlichtungswerte. Für relativ homogene Auswerteeinheiten (z. B. Buche bis 60 Jahre) mit relativ gering streuenden Kronenverlichtungen sind enge Konfidenzintervalle auch bei einer geringen Stichprobenanzahl sehr viel leichter zu erzielen als für heterogene Auswerteeinheiten, die sowohl in der Altersstruktur als auch in den Kronenverlichtungswerten ein breites Spektrum umfassen (z. B. Fichte, alle Alter).

### Aufnahmeparameter

Bei der Waldzustandserhebung erfolgt eine visuelle Beurteilung des Kronenzustandes der Waldbäume, denn Bäume reagieren auf Umwelteinflüsse u. a. mit Änderungen in der Belaubungsdichte und der Verzweigungsstruktur. Wichtigstes Merkmal ist die Kronenverlichtung der Waldbäume, deren Grad für jeden Stichprobenbaum in 5 %-Stufen erfasst wird. Die Kronenverlichtung wird unabhängig von den Ursachen bewertet, lediglich mechanische Schäden (z. B. das Abbrechen von Kronenteilen durch Wind) gehen nicht in die Berechnung der Ergebnisse der Waldzustandserhebung ein. Die Kronenverlichtung ist ein unspezifisches Merkmal, aus dem nicht unmittelbar auf die Wirkung von einzelnen Stressfaktoren geschlossen werden kann. Sie ist daher geeignet, allgemeine Belastungsfaktoren der Wälder aufzuzeigen. Bei der Bewertung der Ergebnisse stehen nicht die absoluten Verlichtungswerte im Vordergrund, sondern die mittel- und langfristigen Trends der Kronenentwicklung. Zusätzlich zur Kronenverlichtung werden weitere sichtbare Merkmale an den Probestämmen wie der Vergilbungsgrad der Nadeln und Blätter, die aktuelle Fruchtbildung sowie Insekten- und Pilzbefall erfasst.

## Mittlere Kronenverlichtung

Die mittlere Kronenverlichtung ist der arithmetische Mittelwert der in 5 %-Stufen erhobenen Kronenverlichtungswerte der Einzelbäume.

## Starke Schäden

Unter den starken Schäden werden Bäume mit Kronenverlichtungen über 60 % (inkl. abgestorbener Bäume) sowie Bäume mittlerer Verlichtung (30–60 %), die zusätzlich Vergilbungen über 25 % aufweisen, zusammengefasst.

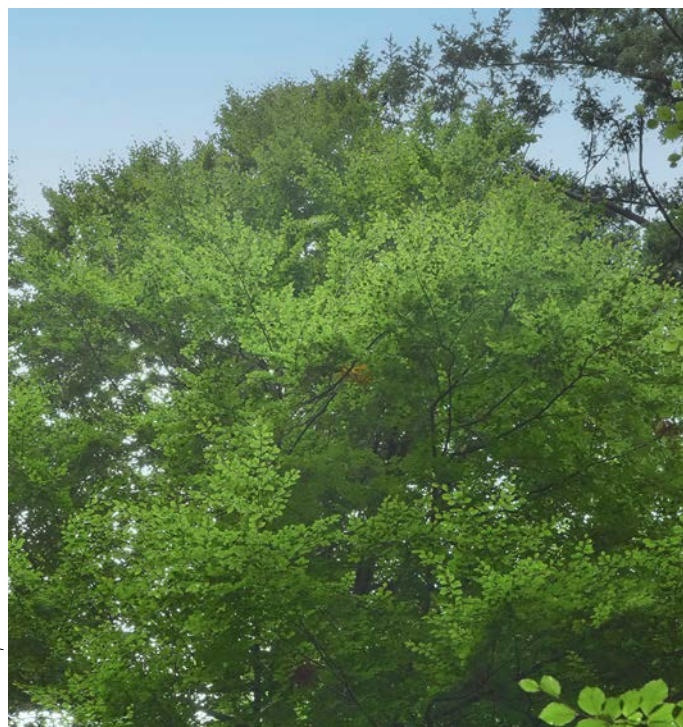


Foto: M. Spielmann

Ungeschädigte Buche



Foto: J. Weymar

Geschädigte Buche



Foto: M. Spielmann

Ungeschädigte Fichte



Foto: J. Evers

Geschädigte Fichte

## Absterberate

Die Absterberate ergibt sich aus den Bäumen, die zwischen der letzten und der aktuellen Erhebung abgestorben sind und noch am Stichprobenpunkt stehen, bezogen auf die im Vorjahr noch lebenden Bäume. Durch Windwurf und Durchforstung ausgefallene Bäume gehen nicht in die Absterberate, sondern in die Ausfallrate ein.

## Ausfallrate

Das Inventurverfahren der WZE ist darauf ausgelegt, die aktuelle Situation der Waldbestände unter realen (Bewirtschaftungs-) Bedingungen abzubilden. Daher scheidet in jedem Jahr ein Teil der Stichprobenbäume aus dem Aufnahme-



kollektiv aus. Der Ausfallgrund wird für jeden Stichprobenbaum dokumentiert. Gründe für den Ausfall sind u. a. Durchforstungsmaßnahmen, methodische Gründe (z. B. wenn der Stichprobenbaum nicht mehr zu den Baumklassen 1–3 gehört), Sturmschäden oder außerplanmäßige Nutzung aufgrund von Insektenschäden.

Dort, wo an den WZE-Punkten Stichprobenbäume ausfallen, werden nach objektiven Vorgaben Ersatzbäume ausgewählt. Sind aufgrund großflächigen Ausfalls der Stichprobenbäume keine geeigneten Ersatzbäume vorhanden, ruht der WZE-Punkt, bis eine Wiederbewaldung vorhanden ist.

Die im Bericht aufgeführte Ausfallrate ergibt sich aus den infolge von Sturmschäden, Trockenheit und Insekten- oder Pilzbefall (insbesondere durch Borkenkäfer) am Stichprobenpunkt entnommenen Bäumen.

## Klimaplan Hessen

Der Klimaplan Hessen sucht Lösungsansätze zum Schutz des Klimas und zu Möglichkeiten der Anpassung in allen Lebensbereichen. Es geht nicht nur um die Analyse der Situation, sondern ganz wesentlich um eine Umsetzung von Maßnahmen und einer einheitlichen Dauerbeobachtung (Monitoring) der weiteren Entwicklungen in Hessen.

Zum Konzept des Klimaplans Hessen tragen verschiedene forstliche Projekte bei. Eines der als prioritär eingestuften Projekte ist: „Klimarisikokarten Forst – Verbesserte Beratungsgrundlagen für neue Herausforderungen an hessische Waldbesitzer“. Ziel des Projektes ist es, die Effekte des Klimawandels auf die Stabilität hessischer Wälder abzuschätzen und auf dieser Grundlage die Waldbesitzenden aller Besitzarten bei der Planung und Pflege ihrer Waldflächen zu unterstützen und zu beraten. Um einen klimaresilienten Wald der Zukunft aufbauen zu können, sind flächendeckend Informationen zum Klimawandel und zu forstlichen Standorten zu erheben. Dazu wurden im Verbund zwischen der NW-FVA, Hessen-Forst und dem Hessischen Waldbesitzerverband unterschiedliche Informationen zu Waldböden zusammengeführt und in Karten

dargestellt. Auf der Grundlage der Daten sowie bestehender und neuer Modellentwicklungen der NW-FVA werden Anpassungsstrategien für den Waldbau unter den veränderten Rahmenbedingungen entwickelt. Für die Projektion des Klimawandels werden die vom ReKliEs-De Projekt (Regionale Klimaprojektionen Ensemble für Deutschland) erstellten Klimaszenarien genutzt.

Ein weiteres Projekt („Anbauwürdigkeit und ökologische Zuträglichkeit alternativer Baumarten in Hessen“) des Klimaplans Hessen hat u. a. zum Ziel, alternative Baumarten und bisher seltene heimische und unter den bisherigen Bedingungen weniger konkurrenzstarke Baumarten auf ihre Eignung für den Anbau im Klimawandel zu überprüfen. Es wird insbesondere Wert auf eine standortgerechte Baumartenwahl und Bestandesbehandlung unter Berücksichtigung des Standorts-Leistungsbezuges, aber auch mit Blick auf biotische oder abiotische Risiken gelegt. Dazu werden die Flächen in ganz Hessen, die mit diesen Baumarten bestockt sind, systematisch erfasst und wissenschaftlich ausgewertet.

Insgesamt haben die Maßnahmen zum Ziel, dazu beizutragen, gut durchmischte und artenreiche Wälder langfristig zu sichern, die klimaangepasst und klimaresilient sind. Die Ergebnisse fließen in ein Entscheidungsunterstützungssystem zur Baumartenwahl für Waldbesitzende aller Besitzarten ein, welches auf der Homepage der NW-FVA in einem Webportal (<https://www.nw-fva.de/BaEm/>) öffentlich zur Verfügung steht. Mittlerweile wurde die von der NW-FVA bereitgestellte Webseite mehr als 309.000 mal aufgerufen (Stand: Anfang Oktober 2024). In diesem kann man die Baumartenempfehlungen im Klimawandel für jeden Waldstandort in Hessen abrufen. Zusätzlich steht eine mobile App zur Verfügung, um diese Empfehlungen auch im Gelände zur Hand zu haben.

## Literatur

ICP Forests (2016): Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests. UNECE, ICP Forests, Hamburg



# WZE-Ergebnisse für alle Baumarten

**Uwe Paar und Caroline Klinck**

<https://doi.org/10.5281/zenodo.13866262>

Im Vergleich zum Vorjahr hat sich der Vitalitätszustand hessischer Wälder 2024 geringfügig verbessert. Insgesamt belegen die Ergebnisse der Waldzustandsaufnahmen 2024 aber einen seit 2019 weiter anhaltend schlechten Vitalitätszustand. Seit sechs Jahren hält eine starke Destabilisierung der hessischen Wälder an.

## Mittlere Kronenverlichtung

Die mittlere Kronenverlichtung der Waldbäume in Hessen (alle Baumarten) hat sich von 29 % (2023) auf 28 % (2024) leicht verbessert. Bei den älteren Bäumen hat sich die Kronenverlichtung von 33 % (2023) auf aktuell 32 % geringfügig verringert. Die mittlere Kronenverlichtung der jüngeren Bäume hat sich von 18 % (2023) auf 16 % verbessert.

### Mittlere Kronenverlichtung in %

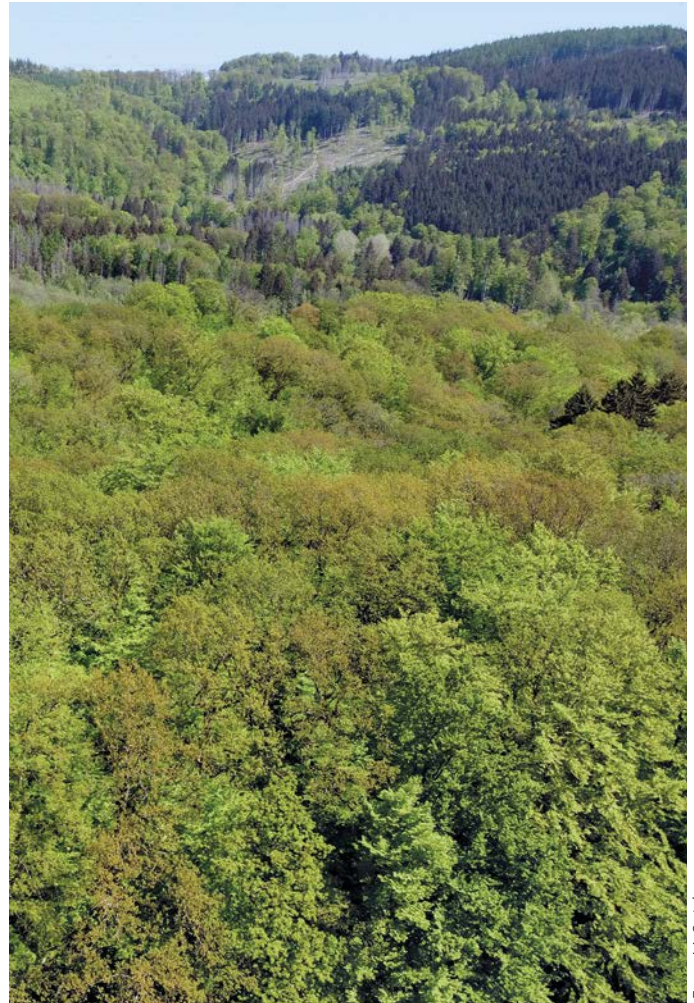
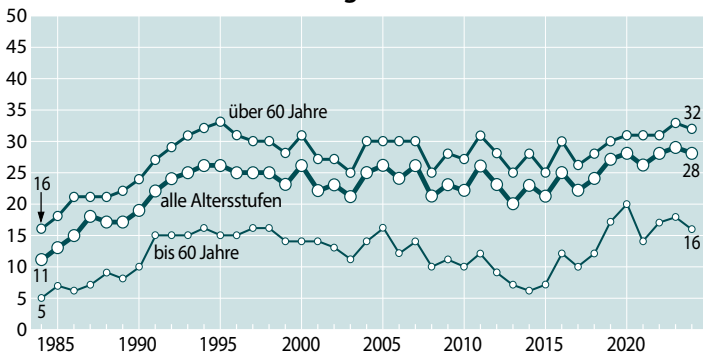


Foto: M. Spielmann



Foto: J. Evers

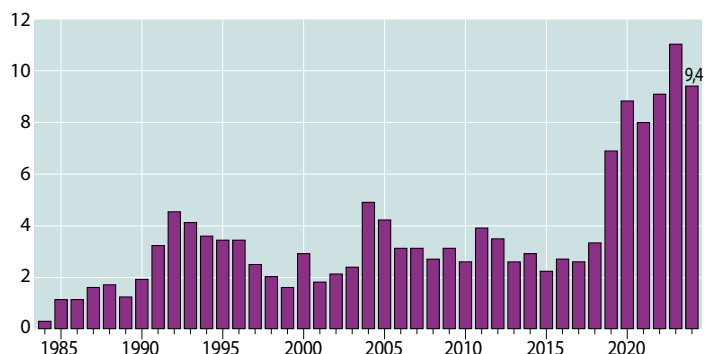
## Anteil starker Schäden

Der Anteil starker Schäden hat sich im Vergleich zum Vorjahr (11 %) auf 9,4 % verringert.

Er liegt 2024 ca. zweieinhalb Mal so hoch wie im Mittel der Jahre 1984–2024. Die Jahre 2019–2024 sind durch weit überdurchschnittliche Anteile starker Schäden im hessischen Wald gekennzeichnet.

Mit einer Kronenverlichtung über 60 % sind im Vergleich zu einer vollbelaubten Baumkrone Begrenzungen der Versorgung der Bäume mit Wasser und Energie verbunden. Das Vermögen der Bäume, sich an wechselnde Bedingungen anzupassen, wird eingeschränkt.

### Anteil starker Schäden (inkl. abgestorbener Bäume), alle Alter in %



## Absterberate

Die Absterberate (alle Bäume, alle Alter) hat sich von 1,4 % 2023 auf 1 % 2024 verringert. Die Absterberate (alle Bäume, alle Alter) liegt mehr als doppelt so hoch wie im langjährigen Mittel. Die extrem hohen Absterberaten in den Jahren 2019 (2,3 %) und 2020 (2,9 %) werden in den letzten vier Jahren aber nicht mehr erreicht.

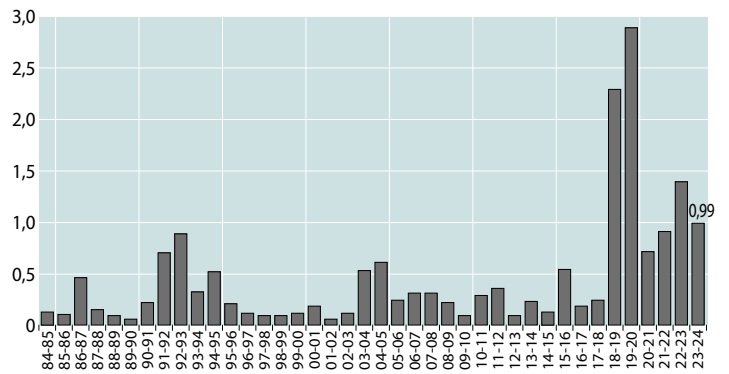
## Ausfallrate

Die Ausfallrate beschreibt die infolge von Sturmwurf, Trockenheit und Borkenkäferbefall außerplanmäßig genutzten Bäume. Sie ist nach dem starken Anstieg 2019 (6 %) tendenziell rückläufig; im Vergleich zum Vorjahr (1,7 %) ist sie jedoch 2024 auf 2,7 % angestiegen. In den Jahren 2007 (Sturm „Kyrill“), 1990/1991 (Stürme „Vivian“ und „Wiebke“) und 1988 wurden deutlich höhere Ausfallraten als in den letzten fünf Jahren festgestellt.

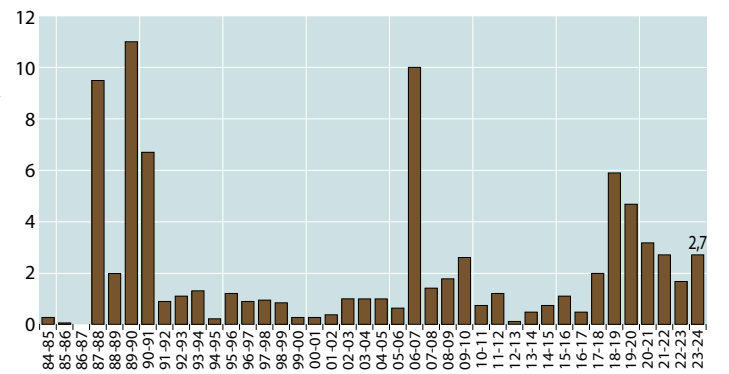
## Vergilbungen

Vergilbungen der Nadeln und Blätter sind häufig ein Indiz für Magnesiummangel in der Nährstoffversorgung der Waldbäume. Mit Ausnahme des Jahres 1985 liegt der Anteil von Bäumen mit Vergilbungen der Blätter und Nadeln durchgehend auf einem eher geringen Niveau. Seit Mitte der 1990er Jahre gingen die Vergilbungserscheinungen nochmals deutlich zurück. Der Wert für 2024 liegt bei 0,2 %. Die von den Waldbe-

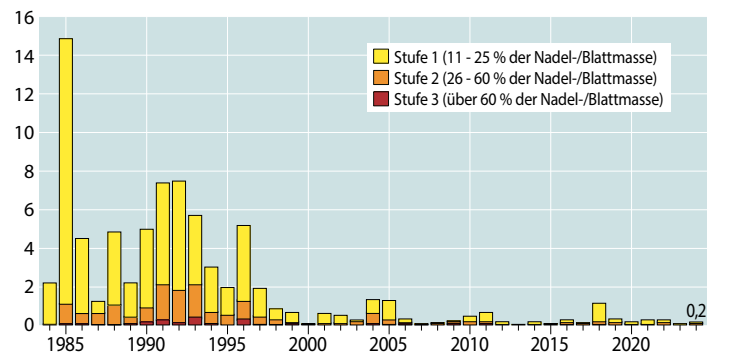
**Jährliche Absterberate (stehende Bäume), alle Alter in %**



**Jährliche Ausfallrate (als Schadholz entnommene Bäume), alle Alter in %**



**Anteil an den Vergilbungsstufen, alle Baumarten, alle Alter in %**



sitzenden und Forstbetrieben durchgeführten Waldkalkungen mit magnesiumhaltigen Kalken und der Rückgang der Schwefelemissionen haben dazu beigetragen, das Auftreten dieser Mangelerkrankung zu reduzieren.

## Fazit

Die anhaltend extremen Witterungsbedingungen und deren Folgen (Sturmwurf, Trockenheit und Schädlingsbefall wie Borkenkäfer, Mistel oder *Diplodia*) zwischen 2018 und 2022 haben den Wald in Hessen destabilisiert und zeigen auch 2024, trotz günstigerer Witterungsbedingungen, erhebliche Nachwirkungen.

Die Ergebnisse der Waldzustandserhebung zeigen für den Zeitraum 2019–2024 die seit 1984 höchsten Anteile an stark geschädigten und abgestorbenen Bäumen.

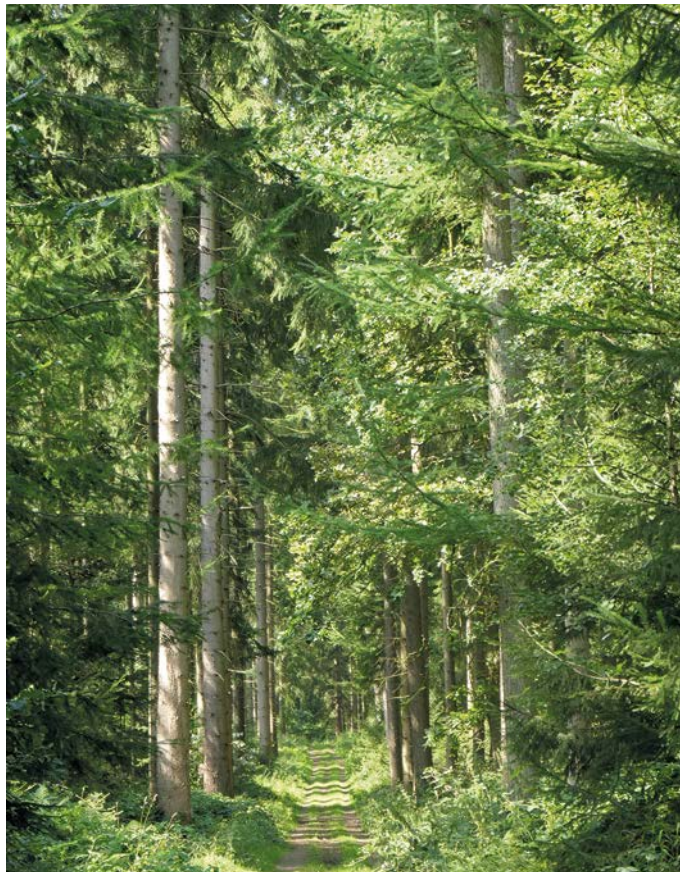


Foto: P. Gawehn

# Buche

## Ältere Buche

Nach dem deutlichen Anstieg der Kronenverlichtung im Zeitraum von 1984–1992 und einer Stagnation auf nahezu gleichbleibendem Niveau in der Zeit bis 1999 sind ab 2000 deutliche Schwankungen in der Ausprägung des Kronenzustandes der Buche festzustellen. Einen wesentlichen Einfluss dürften hierbei stärkere Fruktifikationsereignisse gehabt haben. Aktuell hat sich die Kronenverlichtung im Vergleich zum Vorjahr geringfügig verbessert (2023: 35 %; 2024: 34 %).

## Jüngere Buche

Bei der jüngeren Buche liegt die mittlere Kronenverlichtung mit 10 % auf dem Niveau des Vorjahres.

### Mittlere Kronenverlichtung in %

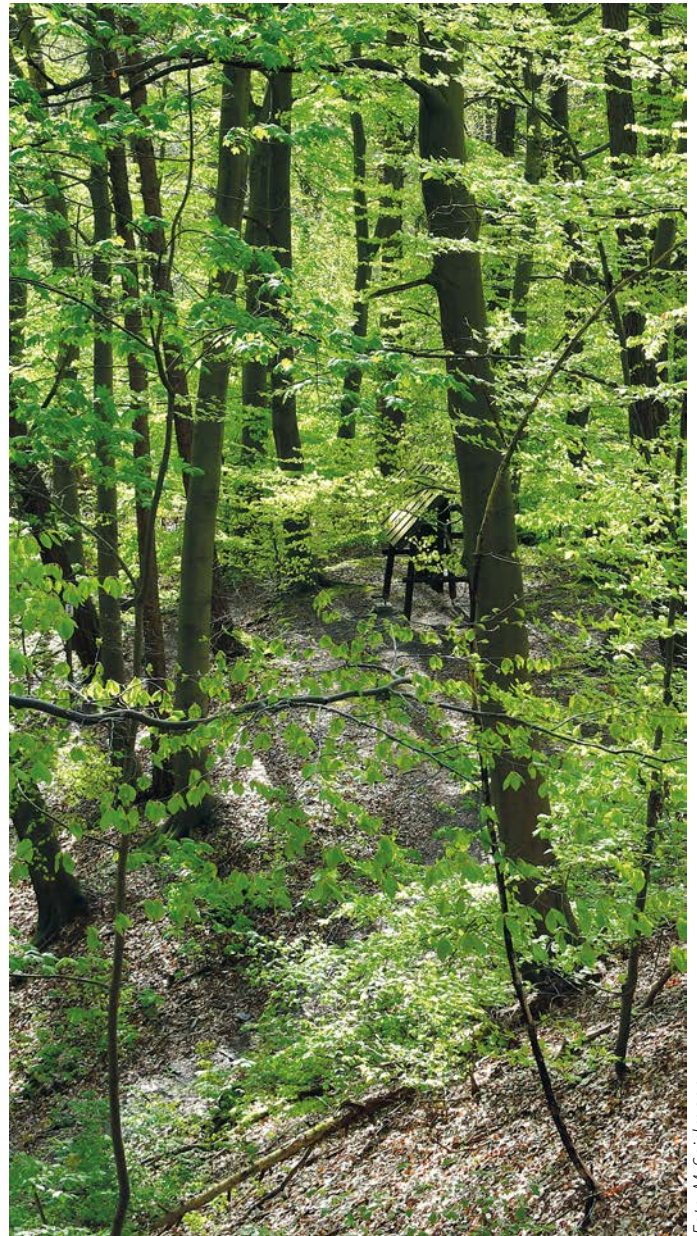
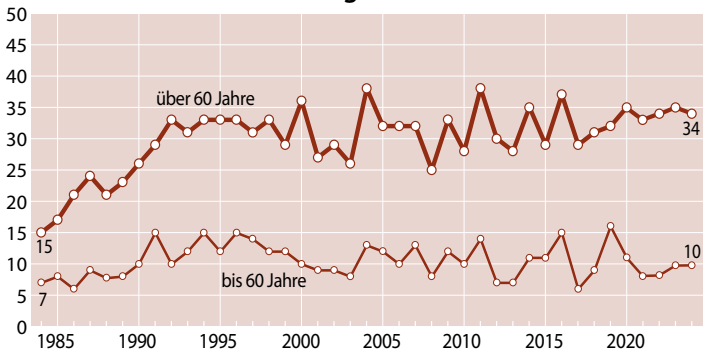


Foto: M. Spielmann

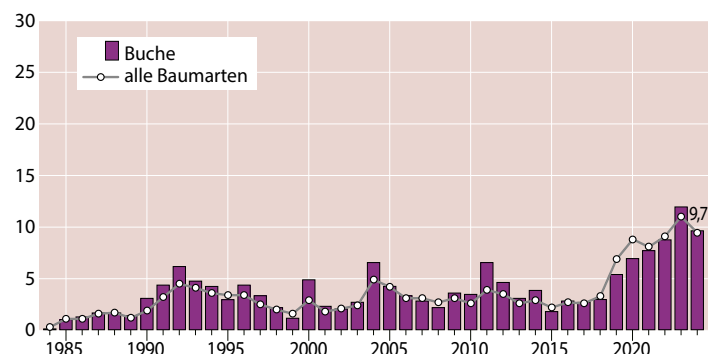


Foto: M. Spielmann

## Starke Schäden

Der Anteil der Buchen (alle Alter) mit über 60 % Kronenverlichtung hat sich von 12 % (2023) auf 9,7 % verringert. Im Vergleich zum langjährigen Durchschnitt (1984–2024: 4 %) zeigt die Buche seit 2019 weit überdurchschnittliche Anteile starker Schäden.

### Anteil starker Schäden (inkl. abgestorbener Bäume), alle Alter in %



## Absterberate

Ein Vergleich mit anderen Baumarten in Hessen belegt, dass die Buche im Mittel der bisherigen Beobachtungsreihe (1984–2024) eine vergleichsweise geringe Absterberate (0,1 %) aufweist. 2024 sind in der Stichprobe 0,5 % der Buchen abgestorben. Gerade weil in den letzten Jahrzehnten kaum Buchen abgestorben sind, sind die Absterbeerscheinungen in den letzten fünf Jahren auffällig.

### Jährliche Absterberate (stehende Bäume), alle Alter in %

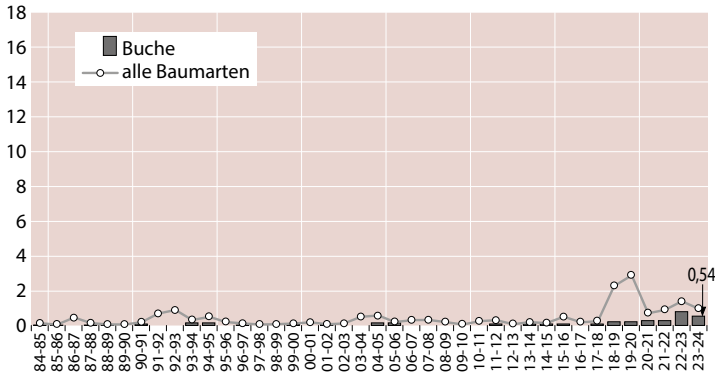


Foto: M. Spielmann

## Fruchtbildung

Nach den starken Fruktifikationsjahren (2004, 2009, 2011, 2014, 2016) ist seit 2017 – mit Ausnahme des Jahres 2022 – keine stärkere Fruktifikation der Buche zu beobachten. 2024 haben 33 % der Buchen mittel oder stark fruktifiziert.

### Anteil mittel und stark fruktifizierender älterer Buchen in %

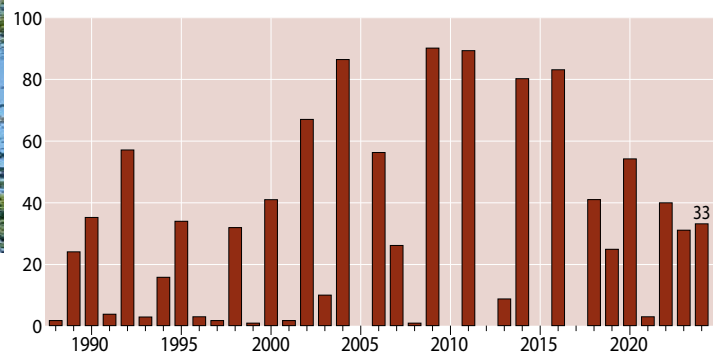


Foto: U. Klinck

## Ausfallrate

Die aktuell sturm- und trockenheitsbedingten Ausfälle der Buche in Hessen haben sich 2024 von 1,1 % (2023) auf 1,8 % leicht erhöht. Sie liegen aktuell aber weiterhin auf einem eher niedrigen Niveau.

### Jährliche Ausfallrate (als Schadholz entnommene Bäume), alle Alter in %

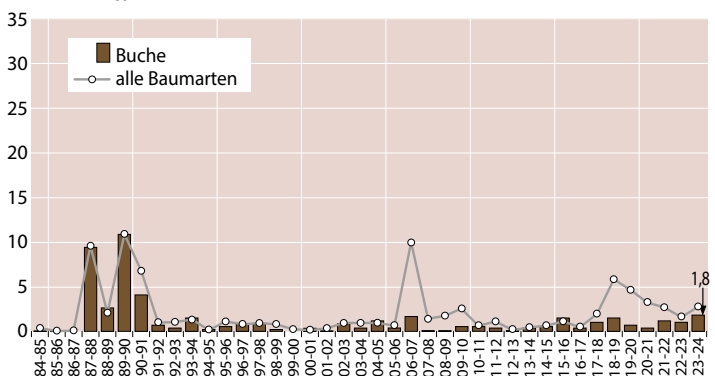


Foto: M. Spielmann

# Eiche

## Ältere Eiche

Die Kronenverlichtung der älteren Eiche hat sich 2024 im Vergleich zum Vorjahr um 3 Prozentpunkte verschlechtert (2023: 28 %; 2024: 31 %).

Die Entwicklung der Kronenverlichtung der Eiche wird insgesamt stark durch das unterschiedlich ausgeprägte Vorkommen der Eichenfraßgesellschaft bestimmt. In der Zeit von 2018–2022 wurden sehr geringe Fraßschäden festgestellt. Auch 2023 und 2024 ist der Anteil mittlerer und starker Fraßschäden mit 7 % bzw. 5 % nur geringfügig erhöht.

## Jüngere Eiche

Die Kronenverlichtung der jüngeren Eiche hat sich geringfügig verschlechtert (2023: 13 %, 2024: 14 %).

Mittlere Kronenverlichtung in %

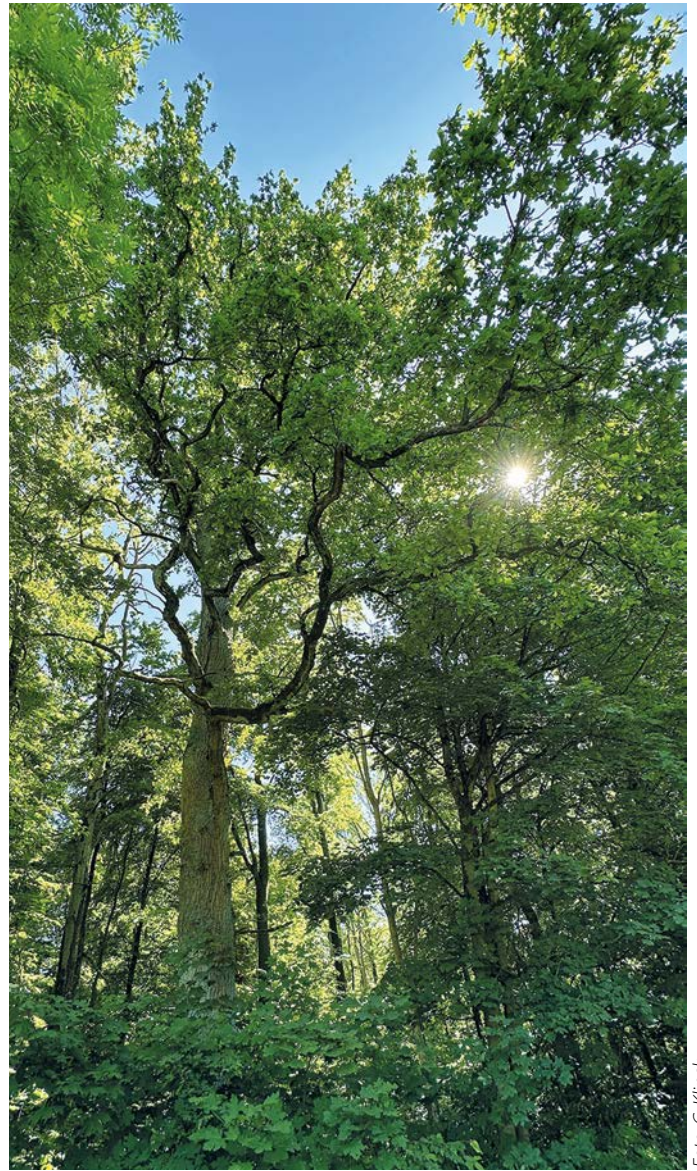
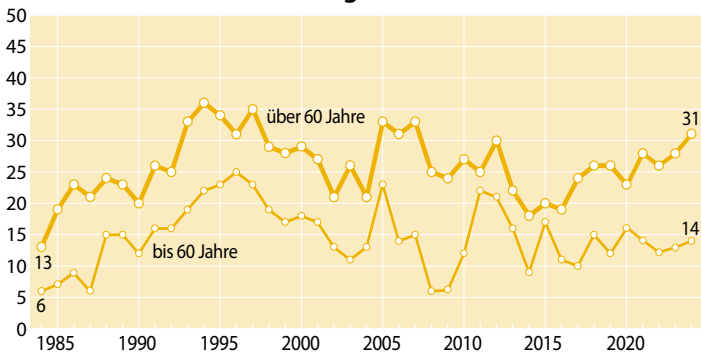


Foto: C. Klirck

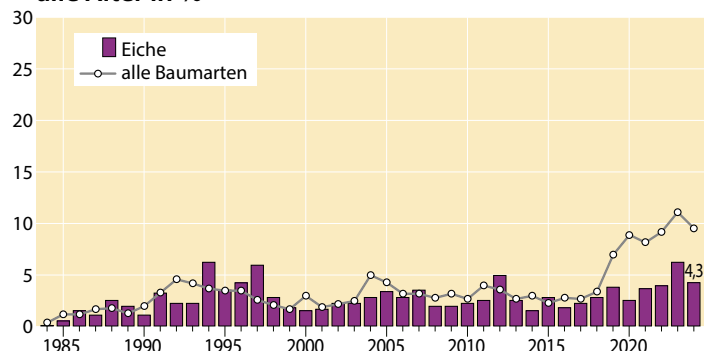


Foto: J. Evers

## Starke Schäden

Phasen mit erhöhten Anteilen starker Schäden (über 5 %) an Eichen stehen in der Regel in Verbindung mit intensivem Insektenfraß. 2023 liegt der Anteil starker Schäden für die Eiche bei 6 %, obwohl der Insektenfraß mit einem Anteil von 7 % wenig auffällig war. 2024 hat sich der Anteil starker Schäden auf 4 % verringert (Insektenfraß: 5,3 %, siehe Abb. Seite 15 rechts).

Anteil starker Schäden (inkl. abgestorbener Bäume), alle Alter in %



## Absterberate

Die Absterberate der Eiche liegt im langjährigen Mittel bei 0,3 %. Auch 2024 sind 0,3 % der Eichen abgestorben.

### Jährliche Absterberate (stehende Bäume), alle Alter in %

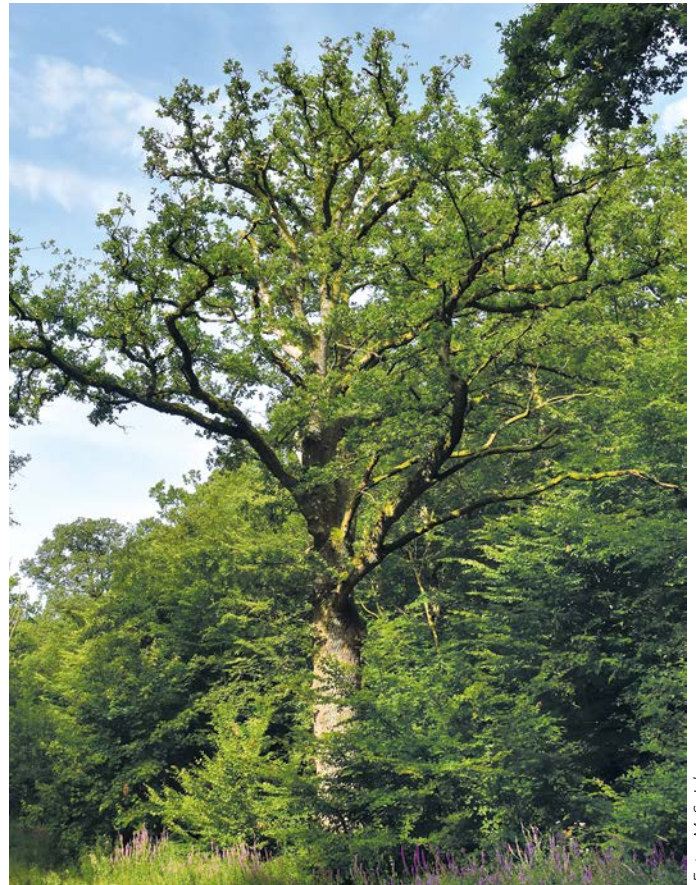
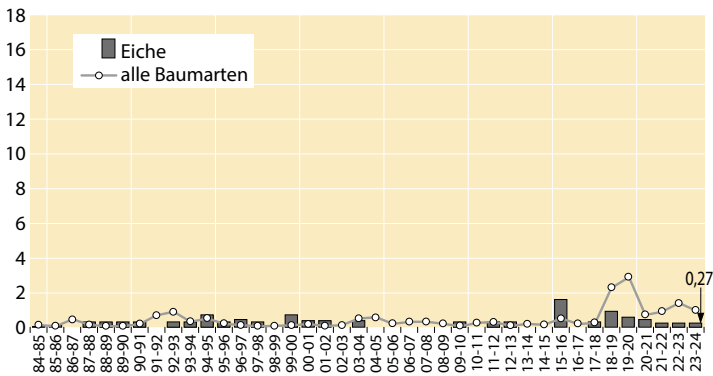
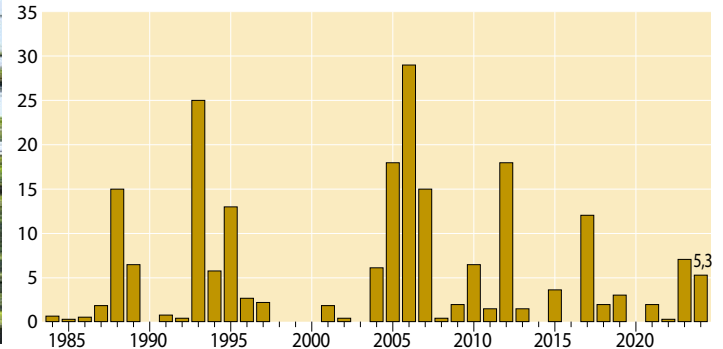


Foto: M. Spielmann



Foto: M. Spielmann

### Anteil mittlerer und starker Fraßschäden an älteren Eichen in %



## Ausfallrate

2024 sind im WZE-Kollektiv in Hessen 1,6 % der Eichen durch Sturm oder Insektenbefall ausgefallen.

### Jährliche Ausfallrate (als Schadholz entnommene Bäume), alle Alter in %

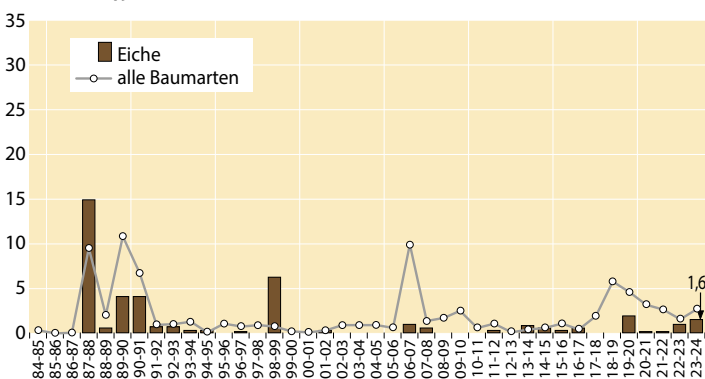


Foto: P. Gawehn

# Fichte

Erhebliche Schäden sind seit 2018 in den Fichtenbeständen durch Sturm, Trockenheit und Borkenkäferbefall entstanden. Seit 2019 ist die Fichte die mit Abstand am stärksten geschädigte Baumart im hessischen Wald. Der Fichtenanteil im WZE-Kollektiv ist von 27,6 % 2006 auf 9,8 % 2024 zurückgegangen. Die nachfolgenden Zahlen für die Fichte sind aufgrund des geringen Stichprobenkollektivs und der großen Wertespannen nicht statistisch abgesichert. Die Zahlenwerte werden deshalb in den Grafiken nicht dargestellt, in der textlichen Ergebnisbeschreibung aber erwähnt.

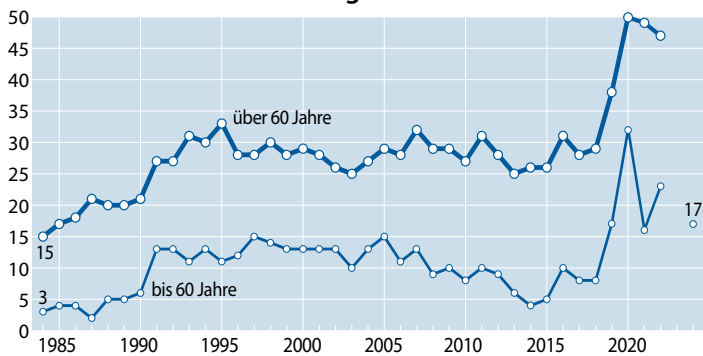
## Ältere Fichte

Bei der älteren Fichte hat sich nach der deutlichen Verschlechterung der Kronenverlichtung von 29 % (2018) auf 38 % (2019) der Kronenzustand 2020 nochmals erheblich verschlechtert (50 %). Auch 2021 und 2022 lag die mittlere Kronenverlichtung mit 49 % bzw. 47 % auf nahezu gleichem Niveau. Die Werte von 44 % für 2023 bzw. 48 % für 2024 sind statistisch nicht abgesichert.

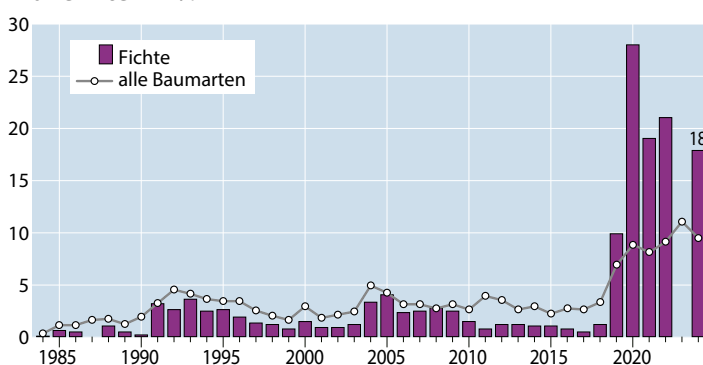
## Jüngere Fichte

Der Kronenzustand der jüngeren Fichte (Alter bis 60 Jahre) hatte sich von 8 % 2018 auf 32 % 2020 deutlich verschlechtert. Danach verbleibt die Kronenverlichtung der jüngeren Fichte mit Werten von 16 % 2021 bzw. 23 % 2022 auf einem hohen Niveau. Der Wert von 20 % für 2023 ist statistisch nicht abgesichert. 2024 liegt er bei 17 %.

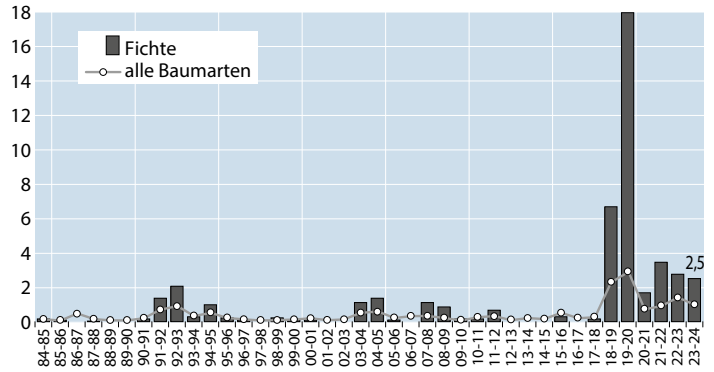
### Mittlere Kronenverlichtung in %



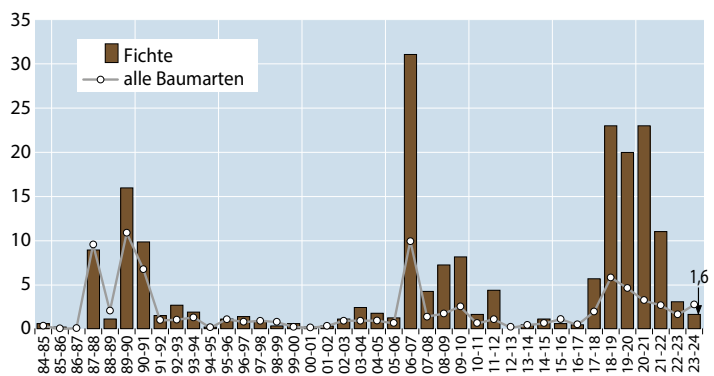
### Anteil starker Schäden (inkl. abgestorbener Bäume), alle Alter in %



### Jährliche Absterberate (stehende Bäume), alle Alter in %



### Jährliche Ausfallrate (als Schadholz entnommene Bäume), alle Alter in %



## Starke Schäden

Im Mittel aller Erhebungsjahre liegt der Anteil starker Schäden bei 4 %. Aktuell sind dagegen 18 % der Fichten stark geschädigt. Nach dem Anstieg der starken Schäden von 1 % 2018 auf 10 % 2019, bzw. 28 % 2020 liegt der Anteil starker Schäden seit 2021 mit ca. 20 % weiterhin auf einem sehr hohen Niveau. Trockenstress, Windwürfe und starker Borkenkäferbefall seit 2018 haben zu einer sehr ungünstigen Vitalitätsentwicklung der Fichte geführt.

## Absterberate

Die Absterberate der Fichte liegt im Mittel der Jahre 1984–2017 bei 1 %. Die Absterberate ist von 7 % 2019 auf 18 % 2020 angestiegen. Sie ist in den vier letzten Jahren wieder deutlich zurückgegangen (2021: 1,7 %, 2022: 3,5 %, 2023: 2,8 %, 2024: 2,5 %).

## Ausfallrate

2018 und 2019 haben Frühjahrsstürme vor allem Wälder im Norden des Landes getroffen. Vielerorts sind 2019 Fichten durch Sturm und Borkenkäferbefall ausgefallen (23 %). Auch 2020 und 2021 sind knapp 20 % bzw. 23 % ausgefallen. Danach sank die Ausfallrate. Sie lag 2022 bei 11 % und 2023 bei 3 %. 2024 sind nur noch 1,6 % der Fichten ausgefallen.



# Kiefer

## Ältere Kiefer

Die mittlere Kronenverlichtung der älteren Kiefer liegt 2024 mit 26 % annähernd auf dem Niveau der Vorjahre 2021–2023.

## Jüngere Kiefer

Die mittlere Kronenverlichtung der jüngeren Kiefer hat sich von 25 % (2023) auf 22 % verbessert. Die Werte für 2023 und 2024 sind aufgrund der weiten Konfidenzintervalle statistisch nicht abgesichert.

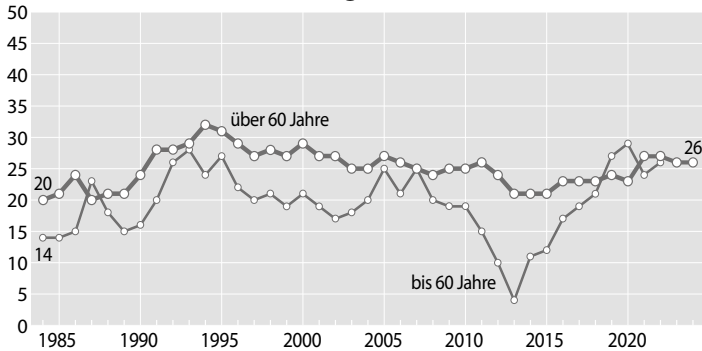
## Starke Schäden

Bei starken Verlichtungen ist die Anfälligkeit gegenüber Risiken erhöht. Der Anteil starker Schäden (alle Alter) liegt für Kiefer 2024 bei 7 % . Damit werden in den letzten sechs Jahren die Höchstwerte in der Zeitreihe erreicht.



Foto: P. Gawehn

**Mittlere Kronenverlichtung in %**



**Anteil starker Schäden (inkl. abgestorbener Bäume), alle Alter in %**

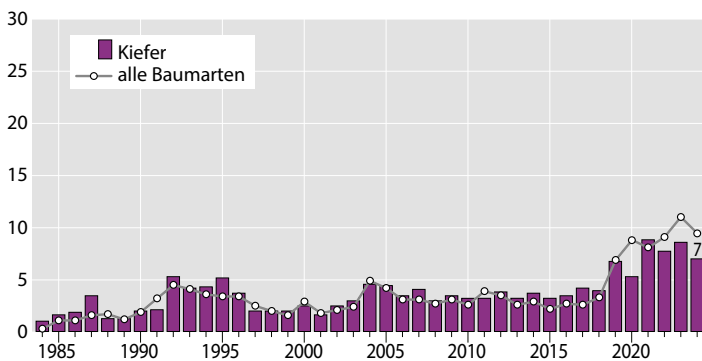


Foto: P. Gawehn

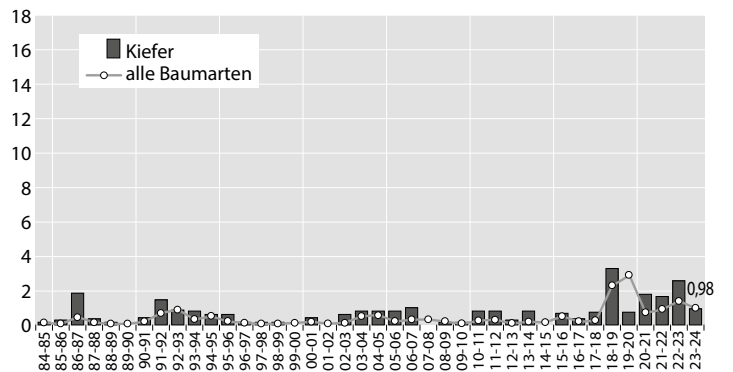
## Absterberate

Die Absterberate der Kiefer (alle Alter) schwankt im Erhebungszeitraum zwischen 0 % und 3 %, der Mittelwert 1984–2024 liegt bei 0,7 %. 2024 beträgt der Wert 1 %. Seit 2019 zeigt die Kiefer eine tendenziell leicht höhere Rate als das langjährige Mittel.

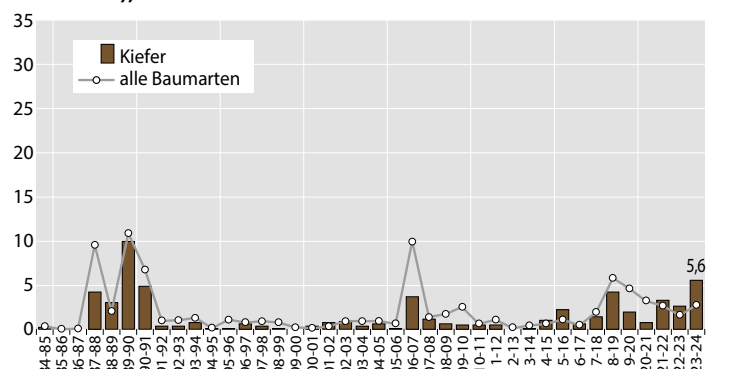
## Ausfallrate

Die Ausfallrate der Kiefer ist von 2,6 % (2023) auf 5,6 % (2024) angestiegen. Der Wert für 2024 ist der zweithöchste in der gesamten Zeitreihe.

**Jährliche Absterberate (stehende Bäume), alle Alter in %**



**Jährliche Ausfallrate (als Schadholz entnommene Bäume), alle Alter in %**



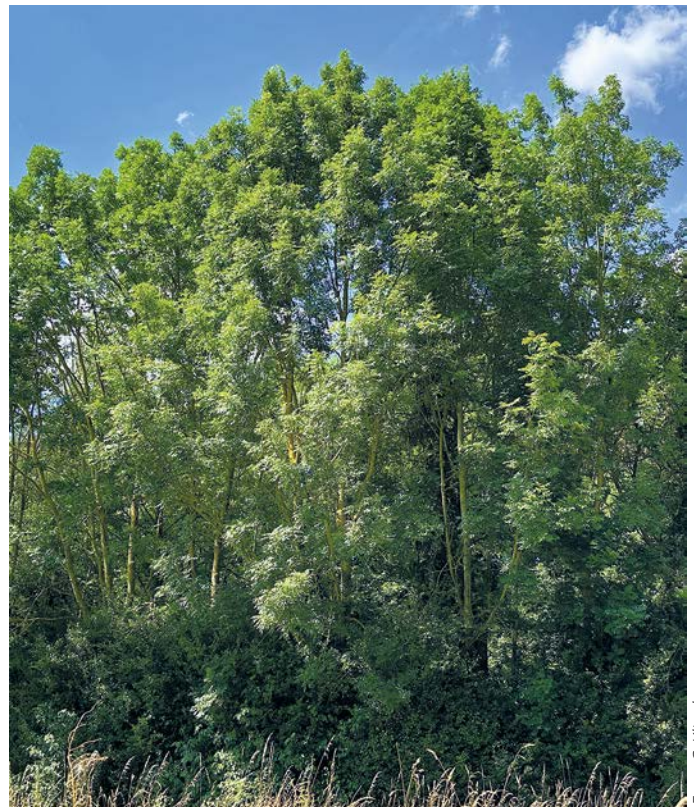
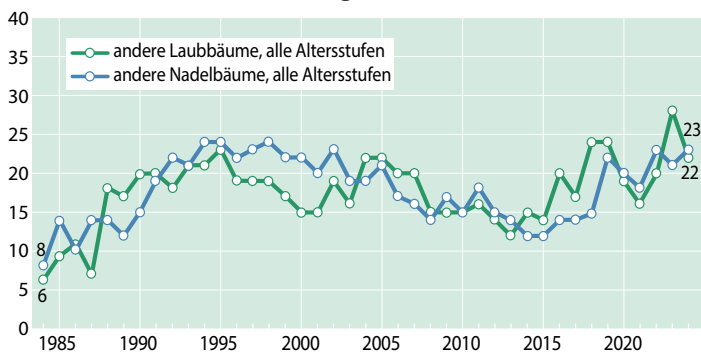
# Andere Laub- und Nadelbäume

## Mittlere Kronenverlichtung

Die anderen Laubbäume (Bergahorn, Hainbuche, Birke, Esche, Kirsche etc.) zeigten einen Anstieg der Kronenverlichtung von 2017 (17 %) auf 2018 (24 %). Bis 2021 verringerte sich die Kronenverlichtung wieder auf einen Wert von 16 %. Nach einem Anstieg der mittleren Kronenverlichtung auf 28 % 2023 ist sie 2024 wieder auf einen Wert von 22 % zurückgegangen.

Die anderen Nadelbäume (Douglasie, Lärche, Küstentanne etc.) zeigen einen deutlichen Anstieg der Kronenverlichtung von 2018 (15 %) auf 2019 (22 %). Danach stabilisiert sich die mittlere Kronenverlichtung wieder. Sie liegt in der Zeit von 2020–2023 zwischen 18 % und 23 %. 2024 erreicht die mittlere Kronenverlichtung den Wert von 23 %.

### Mittlere Kronenverlichtung in %



Eschen

Foto: C. Klinck

## Starke Schäden

Die anderen Laubhölzer zeigen hinsichtlich der Entwicklung starker Schäden weniger auffällige Reaktionen auf die Trockenjahre 2018–2022 als andere Baumarten. Nach dem Anstieg der starken Schäden von 5 % (2017) auf 9 % (2018) lag deren Anteil in der Zeit von 2020–2022 ohne gerichtete Tendenz zwischen 4 % und 7 %. 2023 erhöhte sich der Anteil von 7 % (2022) auf 11 %. Mit einem Anteil von 10 % starker Schäden 2024 wird das Niveau des Vorjahres erreicht.

Der Anteil starker Schäden bei den anderen Nadelbäumen hat sich von 2018 auf 2019 von 1 % auf 9 % erhöht. Seit dieser Zeit liegt das Niveau mit Werten zwischen 5 % und 11 % deutlich über dem langjährigen Durchschnitt (4 %). 2024 beträgt der Wert 9 %.

### Anteil starker Schäden (inkl. abgestorbener Bäume), alle Alter in %

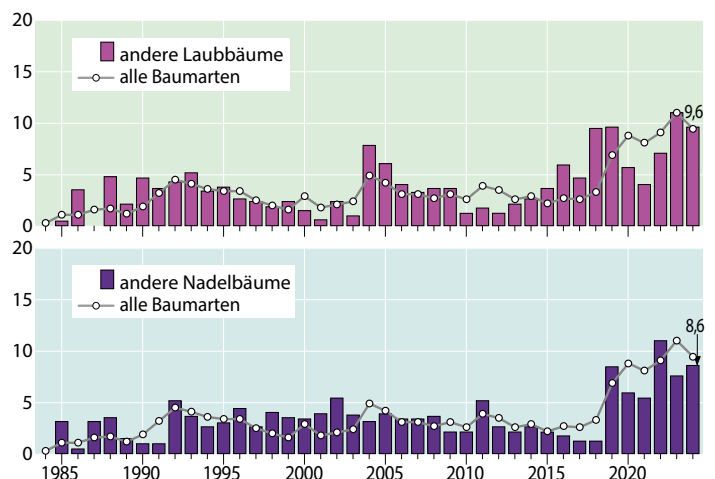


Foto: P. Gawehn

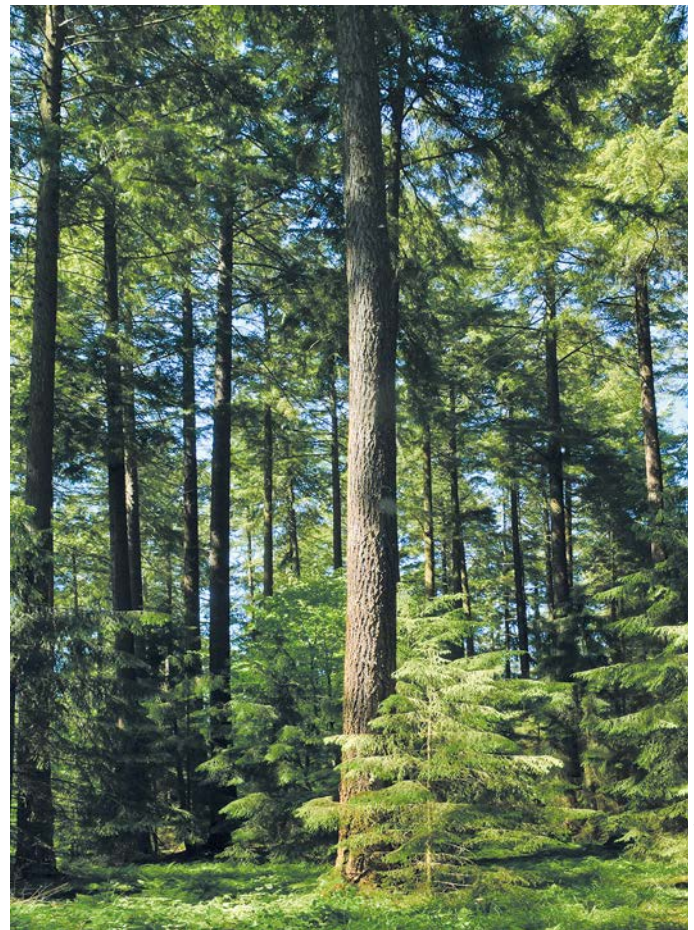
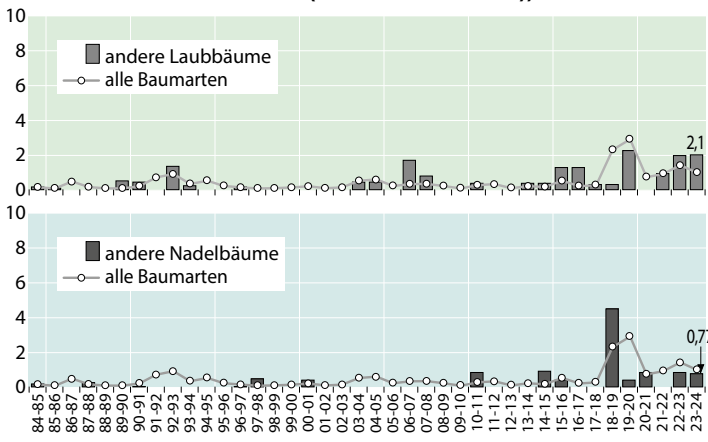
Lärche

## Absterberate

Der Anteil abgestorbener anderer Laubbäume ist von 0,3 % (2019) auf 2,3 % (2020) angestiegen. Danach hat sich der Anteil wieder verringert (2021: 0 %, 2022: 1 %). 2023 und 2024 sind wieder leicht erhöhte Anteile abgestorbener anderer Laubbäume festzustellen (2,0 % bzw. 2,1 %).

Der Anteil abgestorbener anderer Nadelbäume zeigt einen kurzfristigen Anstieg von 0 % (2018) auf 4,5 % (2019). Danach stabilisiert sich die jährliche Absterberate auf einem geringen Niveau und liegt in der Zeit von 2020–2024 zwischen 0 % und 0,9 %. 2024 erreicht die jährliche Absterberate den Wert von 0,8 %.

### Jährliche Absterberate (stehende Bäume), alle Alter in %



Douglasie

Foto: M. Spielmann



Birke

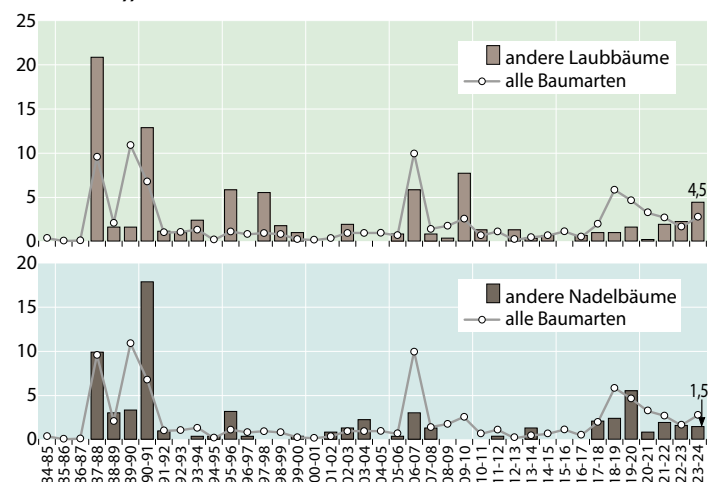
Foto: C. Klinck

## Ausfallrate

Die jährliche Ausfallrate für die anderen Laubbäume zeigt für die Trockenperiode von 2018–2022 nur geringfügig erhöhte Werte von 1–2 %. 2024 ist die Ausfallrate von 2,2 % auf 4,5 % angestiegen.

Die jährliche Ausfallrate der anderen Nadelbäume liegt im langjährigen Durchschnitt bei 1,7 %. Sie ist in der Trockenperiode 2018–2022 nur im Jahr 2020 mit 5,6 % deutlich erhöht. 2024 sind nur 1,5 % der anderen Nadelbäume ausgefallen.

### Jährliche Ausfallrate (als Schadholz entnommene Bäume), alle Alter in %



# Wald in der Rhein-Main-Ebene

Uwe Paar und Caroline Klink

<https://doi.org/10.5281/zenodo.13866328>

Nach der deutlichen Verschlechterung des Kronenzustandes der älteren Bäume in der Rhein-Main-Ebene von 30 % (2018) auf 38 % (2019) bzw. 39 % (2020) ist die mittlere Kronenverlichtung 2021 (42 %) und 2022 (41 %) auf hohem Niveau verblieben und in den letzten beiden Jahren nochmals angestiegen (2023: 44 %; 2024: 45 %).

Die mittlere Kronenverlichtung der jüngeren Bäume verbleibt 2024 mit 29 % auf dem hohen Niveau des Vorjahres. Insbesondere die jüngeren Bäume zeigen in der langen Zeitreihe einen deutlich schlechteren Kronenzustand als in Gesamthessen. Aber auch für die älteren Bäume in der Rhein-Main-Ebene hat sich der Unterschied zu Gesamthessen in den letzten fünf Jahren vergrößert.

## Mittlere Kronenverlichtung in % alle Baumarten, über 60 Jahre

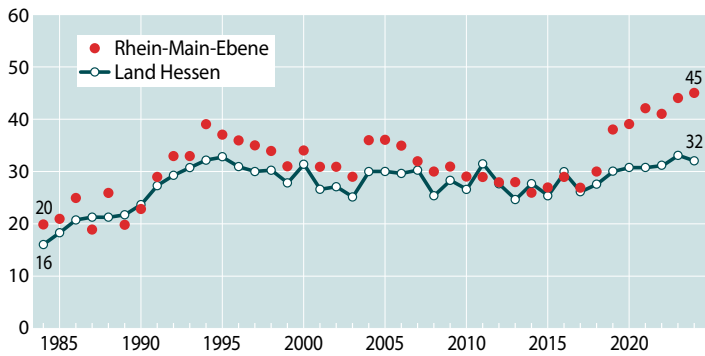


Foto: P. Gawehn

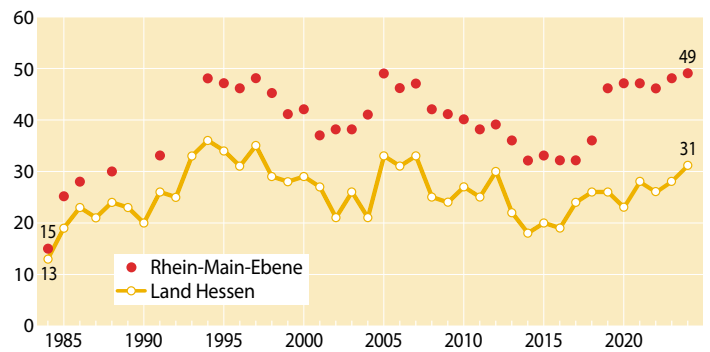
Die Eiche zählt zu den charakteristischen Baumarten dieser Region. Sie ist an die dortigen Klimabedingungen grundsätzlich gut angepasst.

Von 2018 auf 2019 hat sich der Kronenzustand der älteren Eiche sprunghaft verschlechtert (2018: 36 %, 2019: 46 %). In den letzten 5 Jahren werden Werte zwischen 46 % (2022) und 49 % (2024) erreicht.

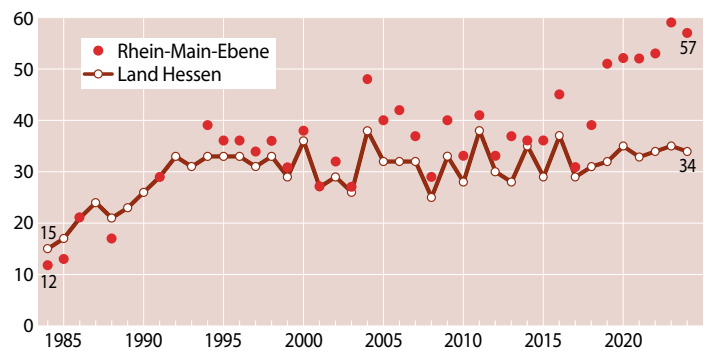
Die kritische Situation der Eiche in der Rhein-Main-Ebene wird besonders in einem Vergleich zum landesweiten Eichenergebnis deutlich. Der Kronenverlichtung der älteren Eiche in Gesamthessen erreicht 2024 31 %. Im Vergleich dazu ist die Situation in der Rhein-Main-Ebene um 18 Prozentpunkte ungünstiger.

Der Kronenzustand der älteren Buche hat sich seit 2019 ebenfalls erheblich verschlechtert. Die mittlere Kronenverlichtung ist von 39 % (2018) auf 51 % (2019) angestiegen. Sie lag von 2020 bis 2022 zwischen 51 % und 53 %. 2023 ist sie nochmals

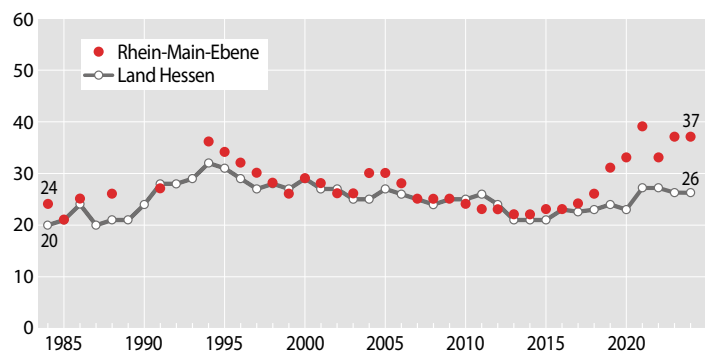
## Mittlere Kronenverlichtung in % Eiche, über 60 Jahre



## Mittlere Kronenverlichtung in % Buche, über 60 Jahre

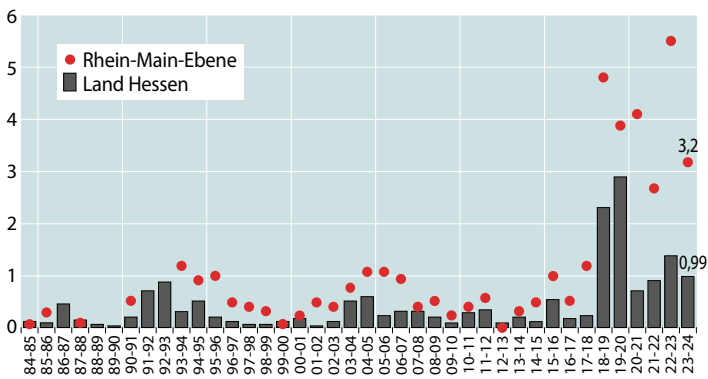


## Mittlere Kronenverlichtung in % Kiefer, über 60 Jahre



erheblich auf 59 % angestiegen. 2024 verbleibt die mittlere Kronenverlichtung auf dem sehr hohen Niveau von 57 %. Auch die Buche zeigt in der Rhein-Main-Ebene einen deutlich schlechteren Vitalitätszustand als der Landesdurchschnitt. Wie die Eiche zählt auch die Kiefer zu den Baumarten, die an die ökologischen Bedingungen der Tieflagen besonders angepasst sind. Sorge entsteht vor allem aus dem Befund ei-

### Jährliche Absterberate (stehende Bäume), alle Baumarten, alle Alter in %



ner deutlichen Verschlechterung der älteren Kiefer seit 2018 (26 %) auf maximal 39 % 2021. 2024 liegt die mittlere Kronenverlichtung bei 37 %.

Bereits im Rahmen der ersten Aufnahme zum Mistelbefall an der Kiefer im Jahr 2002 wurde für rund ein Drittel der Kiefern in der Rhein-Main-Ebene Mistelbefall festgestellt.

Seitdem erhöhte sich der Anteil von Kiefern mit Mistelbefall auf 49 % (2024). Misteln profitieren vom Stoffhaushalt der Wirtsbäume. Ihr Vorkommen verringert die Widerstandsfähigkeit der Kiefer gegenüber anderen Schadfaktoren.

Die Waldzustandserhebung weist auch für 2024 einen schlechten Vitalitätszustand für die Wälder in der Rhein-Main-Ebene nach. Die Absterberate hat sich von 5,5 % (2023) auf 3,2 % verringert, liegt aber immer noch dreimal höher als der Wert für Gesamthessen. Bisher ergriffene Maßnahmen haben nicht dazu geführt, die Walderhaltung wesentlich zu fördern. Die Stabilisierung der Wälder in der Rhein-Main-Ebene bleibt eine weiterhin vorrangige und anspruchsvolle Aufgabe.



Foto: P. Gawehn

# Witterung und Klima

Johannes Suttmöller

<https://doi.org/10.5281/zenodo.13866352>

Für eine flächenhafte Aussage für das Land Hessen werden die klimatologischen Größen Niederschlag und Temperatur anhand der Messstationen des Deutschen Wetterdienstes (DWD) ausgewertet. Die Messwerte werden mit einem kombinierten Regionalisierungsverfahren (Inverse Distance Weighting, Höhenregression) auf ein einheitliches 50-Meter-Raster interpoliert. Die Mitteltemperaturen werden in Grad Celsius (°C) und die Abweichung in Kelvin (K, entspricht °C) angegeben. Im Waldzustandsbericht wird die Witterung des aktuellen Vegetationsjahres beschrieben. Das Vegetationsjahr umfasst die Monate Oktober des Vorjahres bis einschließlich September des aktuellen Jahres. Um den anthropogen verursachten Erwärmungstrend zu verdeutlichen, werden die Monatsmittelwerte des Vegetationsjahres mit den langjährigen Werten der international gültigen Klimareferenzperiode 1961–1990 verglichen. Neben eigenen Auswertungen werden die Ergebnisse aus den Klimastatusberichten des DWD berücksichtigt. Das Vegetationsjahr 2023/24 war mit 11,0 °C im Landesmittel von Hessen das mit Abstand wärmste seit Auswertungsbeginn. Es war damit 2,8 K wärmer als das langjährige Mittel der Klimanormalperiode 1961–1990 bzw. 1,7 K im Vergleich zur aktuellen Referenzperiode 1991–2020. Mit 1008 mm Jahresniederschlag wurde gleichzeitig zusammen mit dem Jahr 1961 die höchste Niederschlagsmenge seit Auswertungsbeginn gemessen und das langjährige Mittel von 790 mm um fast 30 % übertroffen. Dabei waren alle Monate teilweise deutlich wärmer als im langjährigen Mittel und fast alle Monate feuchter als normal. Von Oktober 2023 bis September 2024 kam es zu keiner ausgeprägten Trockenperiode, sodass das pflanzenverfügbare Wasser in den Waldböden während der Vegetationszeit ausreichte, um die Wasserversorgung der Waldbestände zu gewährleisten.

Das Kalenderjahr 2023 war in Hessen das wärmste Jahr seit Beginn regelmäßiger Messungen im Jahr 1881. Die Jahresmitteltemperatur betrug knapp 10,7 °C (2022: 10,6 °C). Die wärmsten Jahre traten alle seit dem Jahr 2000 auf. Dies verdeutlicht, dass die globale Erwärmung sich ungebremst fortsetzt und weiter beschleunigt.

## Witterungsverlauf von Oktober 2023 bis September 2024

Zu Beginn des Vegetationsjahres führten im **Oktober** 2023 Westwindwetterlagen zu häufigen und flächendeckenden Niederschlägen. Mit 88 mm im Flächenmittel von Hessen war der Monat sehr nass (knapp +50 %). Besonders niederschlagsreich war es im Rhein-Main-Gebiet. Trotz der hohen Niederschläge lagen die Werte für die Bodenfeuchte im Gebietsmittel unter den Werten des langjährigen Mittels. Mit einer Monatsmitteltemperatur von 11,9 °C war der Oktober 3,1 K wärmer als im Durchschnitt der Klimanormalperiode 1961–1990 (Abb.

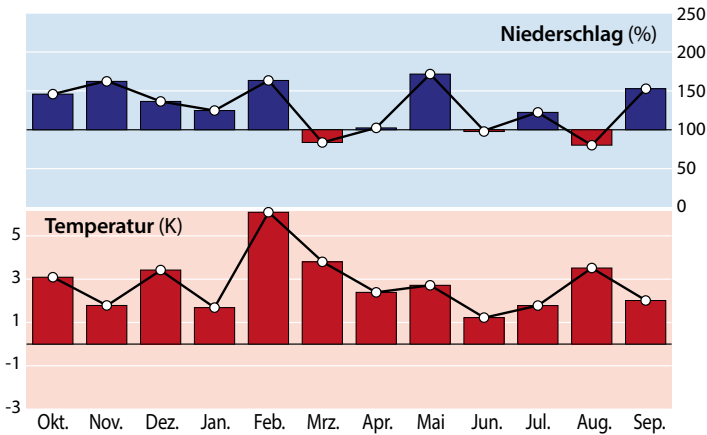
und Tabelle Seite 23). Im **November** setzte sich die milde und sehr niederschlagsreiche Witterung fort. Dabei war es häufig trüb und zeitweise stürmisch. Es fielen 114 mm Niederschlag und damit 60 % mehr als im langjährigen Mittel. Infolgedessen übertraf der Wassergehalt im Oberboden (bis 60 cm Tiefe) häufig die nutzbare Feldkapazität (nFK) von 100 %. Zum Monatsende führte ein erster Kaltlufteinbruch zu Schneefällen und regional mäßigen Nachtfrösten. Die Monatsmitteltemperatur betrug 5,6 °C (+1,8 K). Trotz eines kühlen Starts in den **Dezember** war der Monat sehr mild und mit 4,3 °C um 3,4 K wärmer als üblich. Gleichzeitig fiel mit 105 mm deutlich mehr Niederschlag als normal (+30 %). Angesichts anhaltender Regenfälle und dadurch bedingt gesättigter Böden kam es ab Weihnachten zu einer Hochwasserlage, die besonders den Norden Deutschlands betraf. Aber auch in Hessen kam es an Lahn, Fulda und Weser zu steigenden Pegelständen mit lokalen Überschwemmungen.

Die niederschlagsreiche Witterung setzte sich zu Beginn des Jahres 2024 fort. So war auch der **Januar** überdurchschnittlich nass. Das langjährige Niederschlagssoll wurde mit 78 mm im Flächenmittel deutlich übertroffen (+25 %). Gleichzeitig war der Monat sehr sonnig und mild. Die Monatsmitteltemperatur von 1,4 °C lag um 1,7 K über dem Mittel der Klimanormalperiode. Es folgte der wärmste **Februar** seit Aufzeichnungsbeginn. Die Monatsmitteltemperatur betrug 6,6 °C und lag um 6,1 K über dem langjährigen Mittel. Während des gesamten Monats dominierten Westwindwetterlagen, die feuchte und milde Atlantikluft nach Hessen führten. Im Landesmittel fielen 85 mm Niederschlag und damit 60 % mehr als üblich. Es war der fünfte Monat in Folge, der deutlich zu nass war. Nach dem rekordwarmen Februar wurde im **März** 2024 mit 7,5 °C ebenfalls ein neuer Höchstwert bei der Monatsmitteltemperatur für diesen Monat erzielt (Abweichung +3,8 K). Die für die Jahreszeit hohen Temperaturen ließen den Vegetationsbeginn um 2 bis 3 Wochen früher starten als normal. Während die erste Monathälfte unter Hochdruckeinfluss trocken war, folgte in der



Foto: M. Spielmann

### Abweichungen von Niederschlag und Temperatur 2023/24

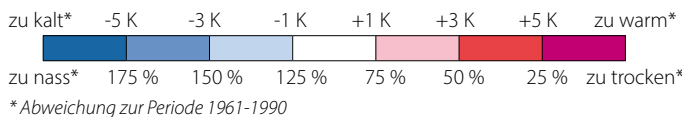


Abweichungen von Niederschlag und Temperatur vom Mittel der Klimareferenzperiode 1961–1990 (durchgezogene schwarze Linie) in Hessen, Monatswerte für das Vegetationsjahr 2023/2024 (Oktober 2023–September 2024).

Daten des Deutschen Wetterdienstes, Offenbach

Temperaturmittelwerte und Niederschlagssummen für das Vegetationsjahr 2023/2024 (Oktober 2023–September 2024) sowie die langjährigen Mittelwerte der Referenzperioden 1961–1990 und 1991–2020

	Temperatur (°C)			Niederschlag (mm)		
	2023/24	1961–1990	1991–2020	2023/24	1961–1990	1991–2020
Oktober	11,9	8,8	9,2	88	60	62
November	5,6	3,8	4,8	114	70	66
Dezember	4,3	0,9	1,8	105	77	75
Januar	1,4	-0,3	0,9	78	63	67
Februar	6,6	0,5	1,5	85	52	53
März	7,5	3,7	4,9	51	62	56
April	9,9	7,5	9,0	59	58	44
<b>Nicht-vegetationszeit</b>	<b>6,7</b>	<b>3,6</b>	<b>4,6</b>	<b>580</b>	<b>442</b>	<b>423</b>
Mai	14,7	12,0	13,0	120	70	68
Juni	16,4	15,2	16,2	77	80	65
Juli	18,6	16,8	18,2	89	73	79
August	19,9	16,4	17,8	54	68	68
September	15,2	13,2	13,6	88	57	60
<b>Vegetationszeit</b>	<b>17,0</b>	<b>14,7</b>	<b>15,8</b>	<b>428</b>	<b>348</b>	<b>340</b>
<b>Vegetationsjahr</b>	<b>11,0</b>	<b>8,2</b>	<b>9,3</b>	<b>1008</b>	<b>790</b>	<b>763</b>



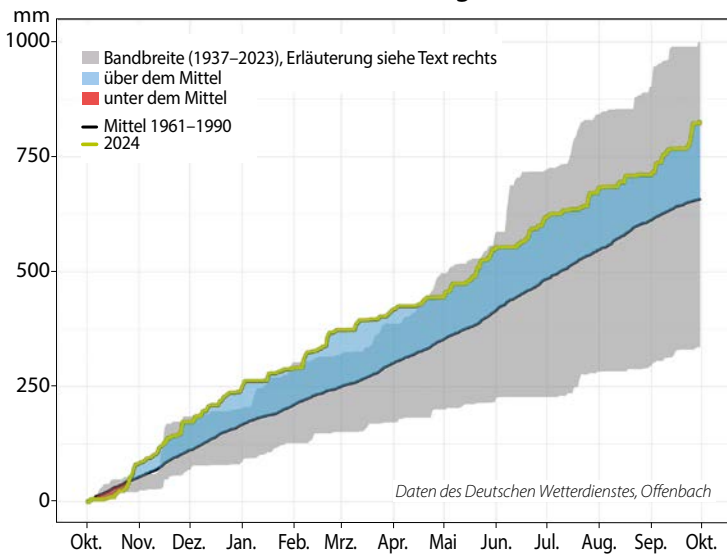
zweiten Monatshälfte ein unbeständiger Witterungsabschnitt. Mit 51 mm wurde das langjährige Niederschlagssoll um knapp 20 % unterschritten. Trotz der unterdurchschnittlichen Niederschlagsmenge trockneten die Oberböden nur langsam ab. Die wechselhafte Witterung setzte sich im **April** fort. Zu Beginn des Monats erreichte mit einer kräftigen Südströmung Warmluft, die in den höheren Luftschichten enorme Mengen an Saharastaub mitführte, Hessen. Es wurden erste Sommertage mit einer Tageshöchsttemperatur von mehr als 25 °C gemessen. Infolge der warmen Vormonate war die Vegetations-

entwicklung bereits weit fortgeschritten, sodass in der letzten Monatsdekade leichte, regional sogar mäßige Luftfröste mit einer Minimumtemperatur von unter -5 °C zu verbreiteten Frostschäden führten. Die Monatsmitteltemperatur von 9,9 °C lag um 2,4 K über dem Mittelwert der Klimanormalperiode 1961–1990. Die Niederschlagshöhe betrug im Flächenmittel des Landes 59 mm und entsprach damit dem Niederschlags-soll. Die Böden waren landesweit gut durchfeuchtet und die Wassergehalte im Oberboden lagen über dem Mittel des Vergleichszeitraumes von 1961–1990. Der **Mai** war in Hessen überdurchschnittlich sonnenscheinreich und warm, aber gleichzeitig auch sehr nass. Während in der ersten Monatshälfte stabile Hochdruckwetterlagen dominierten, setzten sich in der zweiten Monatshälfte feucht-warme und instabile Luftmassen durch. Es fielen 120 mm Regen, dies entspricht einem Überschuss von rund 70 %. Die hohe Niederschlagssumme wurde vielfach durch Starkregenereignisse verursacht. Mit einer Mitteltemperatur von 14,7 °C war der Mai einer der wärmsten seit Aufzeichnungsbeginn in Hessen. Die positive Abweichung betrug +2,7 K. Trotz der hohen Verdunstungsleistung der Vegetation waren die Wasserspeicher im Oberboden landesweit aufgrund der niederschlagsreichen Witterung gut gefüllt. Der **Juni** war ebenfalls wärmer als das klimatologische Mittel der Periode 1961–1990. Die Monatsmitteltemperatur betrug 16,4 °C und lag damit 1,2 K über dem langjährigen Monatsmittelwert. Zum Ende des Monats wurden die ersten Hitzetage (Tagesmaximumtemperatur > 30 °C) des Jahres an vielen Messstationen in Hessen registriert. Ein wechselhafter Witterungscharakter dominierte den ersten Sommermonat des Jahres 2024. Die Niederschlagshöhe betrug 77 mm und entsprach damit annähernd dem langjährigen Mittel. Die Böden wiesen weiterhin überdurchschnittlich hohe Wassergehalte auf. Der **Juli** war in Hessen sehr abwechslungsreich. Obwohl mit 89 mm 20 % mehr Niederschlag fiel als im langjährigen Mittel, war der Monat sonnenscheinreich, da die Niederschläge häufig in Form von Starkregen auftraten. So fielen bspw. am 26. Juli an der Station Burgwald-Bottendorf innerhalb weniger Stunden rund 62 mm Niederschlag. Entsprechend gab es regional große Unterschiede bei den Niederschlagsmengen. Trotz eines kühlen Starts in den Monat lag die Monatsmitteltemperatur bei 18,6 °C und damit um 1,8 K über dem Mittelwert der Klimanormalperiode von 1961–1990. Im **August** dominierten feucht-warme Luftmassen die Witterung in Hessen. Im Landesmittel fielen 54 mm Niederschlag und damit rund 20 % weniger als



Foto: P. Klinck

### Akkumulierter Niederschlag im Vegetationsjahr an der Klimastation Frankfurt/Flughafen



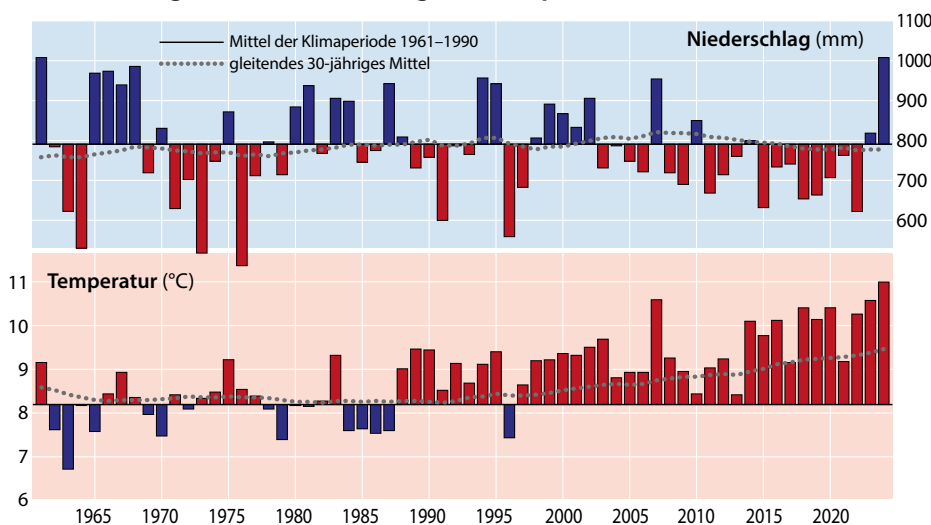
im langjährigen Durchschnitt. Allerdings gab es regional sehr große Unterschiede in den Niederschlagsmengen. Insbesondere in den nördlichen Landesteilen von Hessen war es infolge von Starkregen und Unwettern teilweise sehr nass. So kam es an der Grenze zu Niedersachsen zu mehreren Unwetterereignissen, die kleinräumig Überflutungen auslösten. Die Region nördlich von Kassel war am 1. August besonders von extremen Unwettern betroffen. An der Station Trendelburg fielen innerhalb weniger Stunden 170 mm Niederschlag, davon mehr als 130 mm innerhalb einer Stunde. In einigen Gemeinden kam es zu massiven Überflutungen. Am 3. August war dann die NW-FVA direkt betroffen, als infolge von extremem Starkregen die Gebäude am Standort Hann. Münden verwüstet wurden. Es entstand ein Millionenschaden. In der Mitte des Landes fiel dagegen häufig nur die Hälfte der durchschnittlichen Niederschlagsmenge. Das Temperaturmittel lag mit 19,9 °C um 3,5 K

über dem Wert der international gültigen Referenzperiode 1961–1990. Damit war der August 2024 einer der wärmsten der letzten Jahrzehnte. Am 13. August wurde an den Stationen Bad Nauheim und Frankfurt/Flughafen mit 35,9 °C die höchste Temperatur des Sommers in Hessen gemessen. Im **September** setzte sich die hochsommerliche Witterung fort, bevor ab der zweiten Monatsdekade ein erster Herbstgruß zu einer markanten Abkühlung führte. Anfang des Monats wurden nochmal einige heiße Tage mit einer Höchsttemperatur von über 30 °C gemessen. Die Monatsmitteltemperatur betrug 15,2 °C und übertraf damit das langjährige Mittel um 2,0 K. Auch der letzte Monat des Vegetationsjahres war sehr nass. Das langjährige Niederschlagsoll wurde mit 88 mm im Flächenmittel deutlich übertroffen (+50 %).

In der Abbildung links oben ist der aufsummierte Niederschlag an der DWD-Klimastation Frankfurt/Flughafen für das vergangene Vegetationsjahr im Vergleich zu den Jahren 1937 (Messbeginn) bis 2023 dargestellt. In der Zeitreihe wurden teilweise Lücken gefüllt, sodass im gesamten Messzeitraum nur wenige Jahre aufgrund von Datenausfall unberücksichtigt blieben. Die Bandbreite wird durch das im Beobachtungszeitraum trockenste Jahr (1976) und das bisher niederschlagsreichste Jahr (1965) aufgespannt.

Das Vegetationsjahr 2023/2024 war an der Klimastation Frankfurt/Flughafen sehr niederschlagsreich. Bereits im Oktober 2023 wurde das Maximum aus dem Jahr 1965 deutlich übertroffen. Im weiteren Verlauf führten wiederholte Niederschläge dazu, dass während des gesamten Vegetationsjahres die aufsummierten Niederschläge deutlich über dem Mittel der Klimanormalperiode 1961–1990 lagen. Während des gesamten Jahres trat keine längere niederschlagsfreie Periode auf. Die Trockenheit der letzten Jahre wurde damit durch eine sehr feuchte zwölfmonatige Phase abgelöst, die dazu führte, dass die Boden- und Grundwasserspeicher nachhaltig aufgefüllt wurden.

### Abweichungen von Niederschlag und Temperatur 1961–2024



Abweichungen von Niederschlag und Temperatur vom Mittel der Klimaperiode 1961–1990 (durchgezogene schwarze Linie) und gleitendes Mittel der letzten 30 Jahre (gepunktete graue Linie) in Hessen, Jahreswerte für das Vegetationsjahr (Oktober bis September)

Daten des Deutschen Wetterdienstes, Offenbach

### Temperatur und Niederschlag im langjährigen Verlauf

Das Vegetationsjahr 2023/24 war das wärmste Jahr seit Messbeginn. Die Mitteltemperatur betrug 11,0 °C und lag damit 2,8 K über dem Mittelwert der international gültigen Klimanormalperiode 1961–1990 bzw. 1,7 K über der aktuellen Klimareferenzperiode 1991–2020 (Tab. Seite 23). Der langfristige Erwärmungstrend setzt sich ungehindert fort, wie das gleitende 30-jährige Mittel verdeutlicht (gepunktete Linie in der Abb. links). Alle Monate waren teilweise deutlich wärmer als im Vergleich zur Klimanormalperiode und kein Monat



kühler als im Mittel der Periode 1991–2020. Das vergangene Vegetationsjahr war sehr niederschlagsreich. Im Flächenmittel von Hessen fielen 1008 mm Niederschlag (+30 %). Dabei fiel in fast allen Monaten deutlich mehr Niederschlag als im langjährigen Mittel. Im Vergleich zu den letzten Jahren kam es aufgrund der unbeständigen Witterung zu keiner ausgeprägten Bodentrockenheit.

Die **Nichtvegetationszeit** von Oktober 2023 bis April 2024 war außergewöhnlich mild und nass. Die Mitteltemperatur betrug 6,7 °C und lag 3,1 K über dem Wert der Klimareferenzperiode von 1961–1990 (Abb. unten, Tab. Seite 23). Dabei gab es ein West-Ost-Gefälle bei der Temperaturabweichung in Hessen. Während in der Rhein-Main-Ebene, im Taunus und Westerwald die positive Abweichung weniger als 3 K betrug, wurden in den östlichen Mittelgebirgen (Rhön, Spessart) mehr als 3,2 K Temperaturanomale gemessen (Abb. Seite 26 oben links). Die Niederschlagssumme erreichte im Flächenmittel 580 mm und damit rund 30 % mehr als im langjährigen Mittel. Besonders nass war es in weiten Teilen der Mittelgebirge, wo regional mehr als 50 % der normalen Niederschlagsmenge fiel (Abb. Seite 26 unten links).

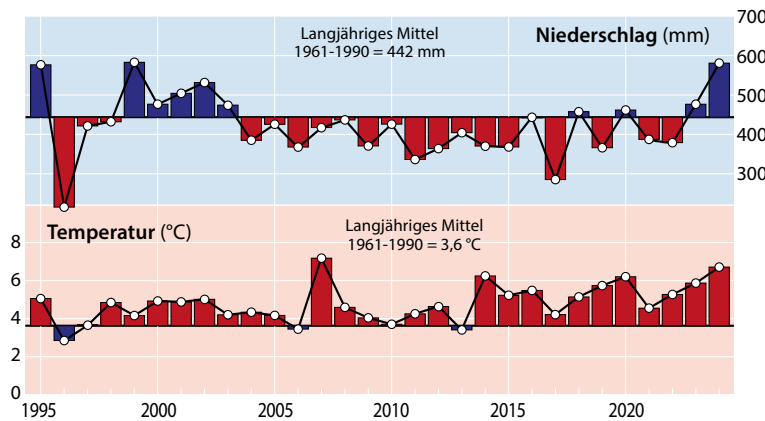
Auch die **Vegetationszeit** von Mai bis September 2024 zeichnete sich durch ein ausgeprägtes Temperaturgefälle bei den Abweichungen aus. Diesmal war die positive Temperaturabweichung in den mittleren und höheren Lagen der Mittel-



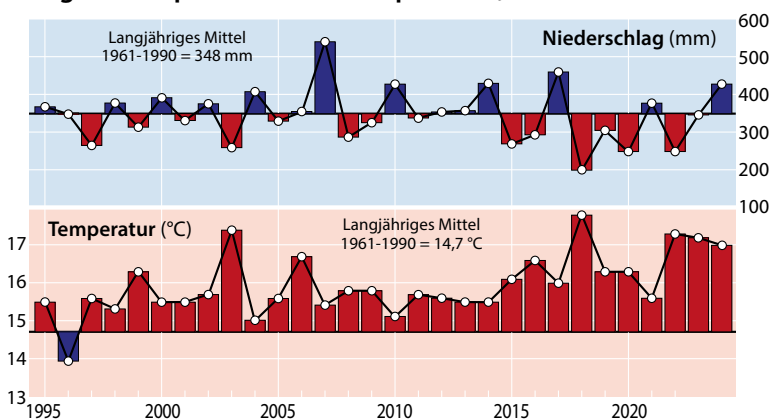
Foto: C. Klinck

gebirge mit teilweise mehr als 2,5 K deutlich höher als in den tiefen Lagen von Hessen, insbesondere der Rhein-Main-Ebene. Hier betrug die Abweichung weniger als 2,0 K (Abb. Seite 26 oben rechts). Im Landesmittel war es um 2,3 K wärmer als der langjährige Durchschnitt der Klimaperiode 1961–1990. Die Mitteltemperatur betrug 17,0 °C (Abb. unten, Tab. Seite 23). In der Vegetationszeit fielen 428 mm Niederschlag und damit rund 20 % mehr als im langjährigen Durchschnitt (Abb. unten, Tab. Seite 23). Gebiete, in denen es besonders nass war, wechselten kleinräumig mit Bereichen, die nur einen geringen Niederschlagsüberschuss verzeichneten. In den Regionen, die von Starkregenereignissen betroffen waren (Nordhessen), wurde teilweise mehr als die doppelte Niederschlagsmenge gemessen im Vergleich zum langjährigen Durchschnitt (Abb. Seite 26 unten rechts).

### Langjährige Klimawerte (1995–2024) Nichtvegetationsperiode Oktober bis April, Hessen



### Langjährige Klimawerte (1995–2024) Vegetationsperiode Mai bis September, Hessen



Daten des Deutschen Wetterdienstes, Offenbach

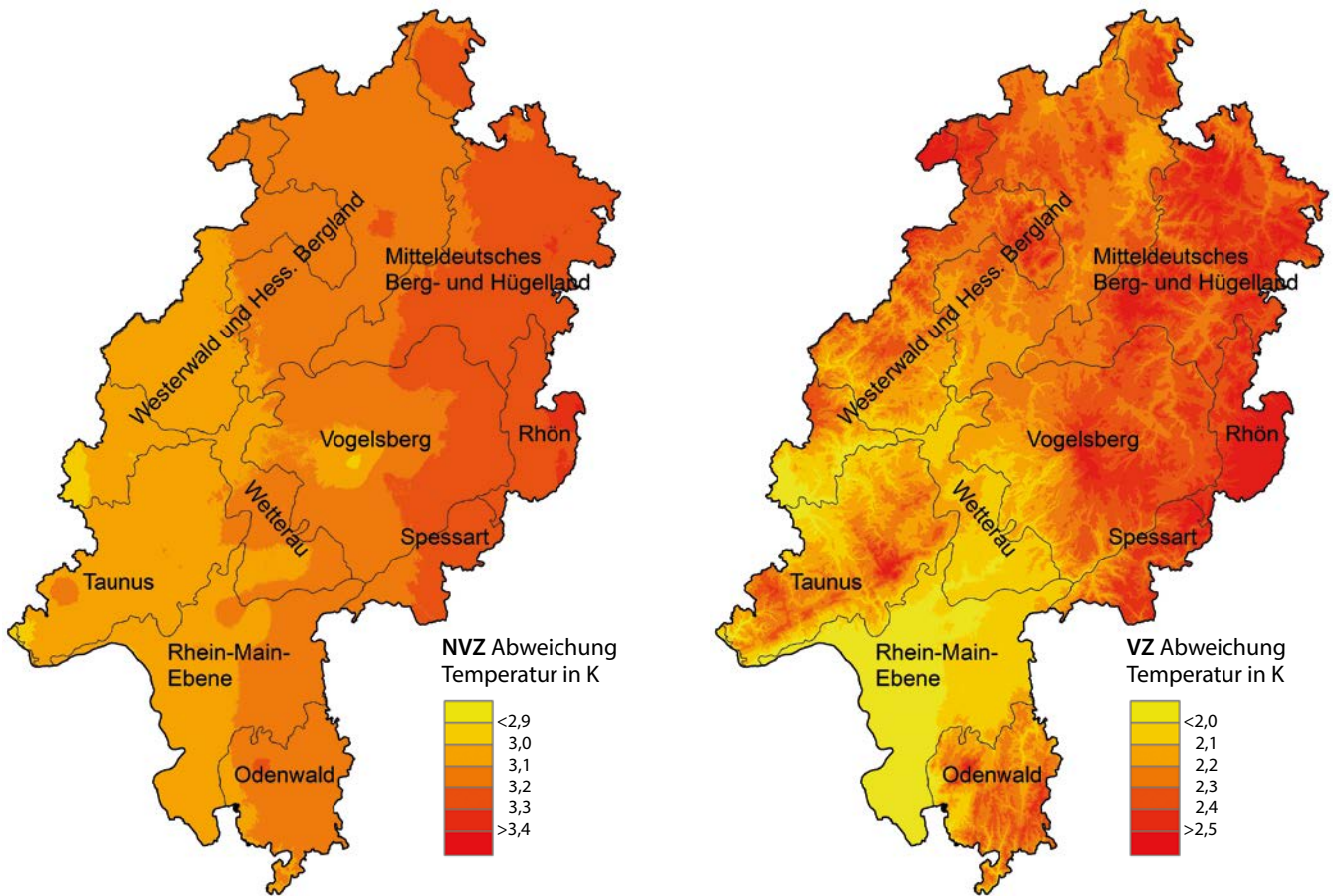
## Fazit

- Das Vegetationsjahr 2023/2024 war rekordwarm und sehr nass. Mit einer Mitteltemperatur von 11,0 °C wurde das langjährige Mittel um 2,8 K übertroffen und war damit mit Abstand das wärmste Jahr seit Auswertungsbeginn. Der langjährige Erwärmungstrend setzte sich unvermindert fort.
- Alle Monate waren im Vergleich zur international gültigen Klimareferenzperiode 1961–1990 wärmer. In allen Monaten betrug die Abweichung mehr als 1 K.
- Die Niederschlagssumme von 1008 mm im Flächenmittel des Landes übertraf das langjährige Mittel um rund 30 %. Damit wurde erstmalig seit 2007 die mittlere Niederschlagsmenge in Hessen wieder deutlich übertroffen.
- Infolge der unbeständigen Witterung kam es zu keiner ausgeprägten Trockenperiode, sodass das pflanzenverfügbare Wasser in den Waldböden während der Vegetationszeit ausreichte, um die Wasserversorgung der Waldbestände zu gewährleisten.

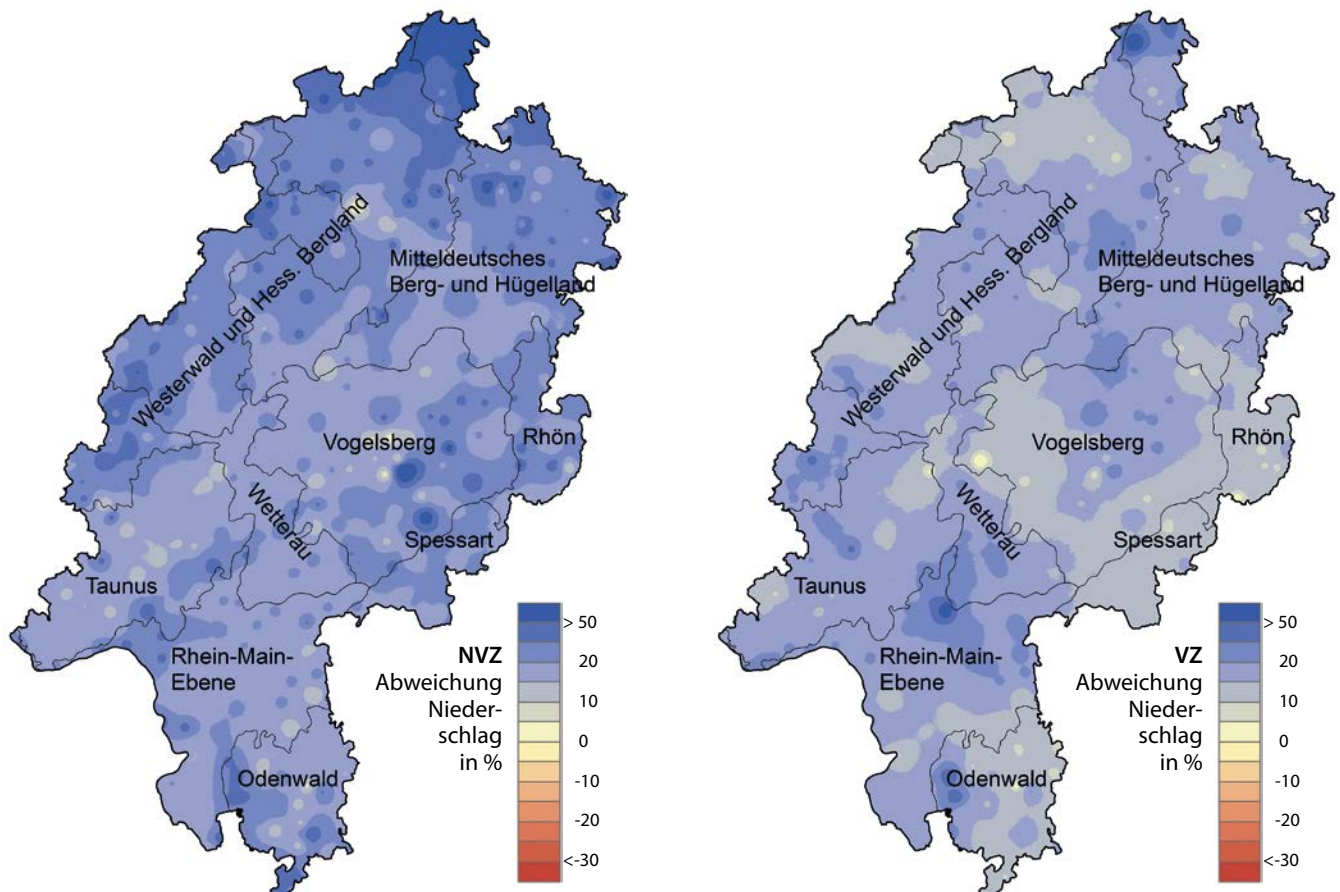
## Literatur

- Deutscher Wetterdienst (2023): Monatlicher Klimastatus Deutschland. DWD, Geschäftsbereich Klima und Umwelt, Offenbach, [www.dwd.de/klimastatus](http://www.dwd.de/klimastatus)
- Deutscher Wetterdienst (2024): Monatlicher Klimastatus Deutschland. DWD, Geschäftsbereich Klima und Umwelt, Offenbach, [www.dwd.de/klimastatus](http://www.dwd.de/klimastatus)

Abweichung der Temperatur vom langjährigen Mittel (1961–1990)  
in der Nichtvegetationszeit (NVZ) 2023/2024 und in der Vegetationszeit (VZ) 2024



Abweichung der Niederschlagssumme vom langjährigen Mittel (1961–1990)  
in der Nichtvegetationszeit (NVZ) 2023/2024 und in der Vegetationszeit (VZ) 2024



Martin Rohde, Rainer Hurling, Gitta Langer, Johanna Bußkamp und Pavel Plašil

<https://doi.org/10.5281/zenodo.1386665>

## Borkenkäfer

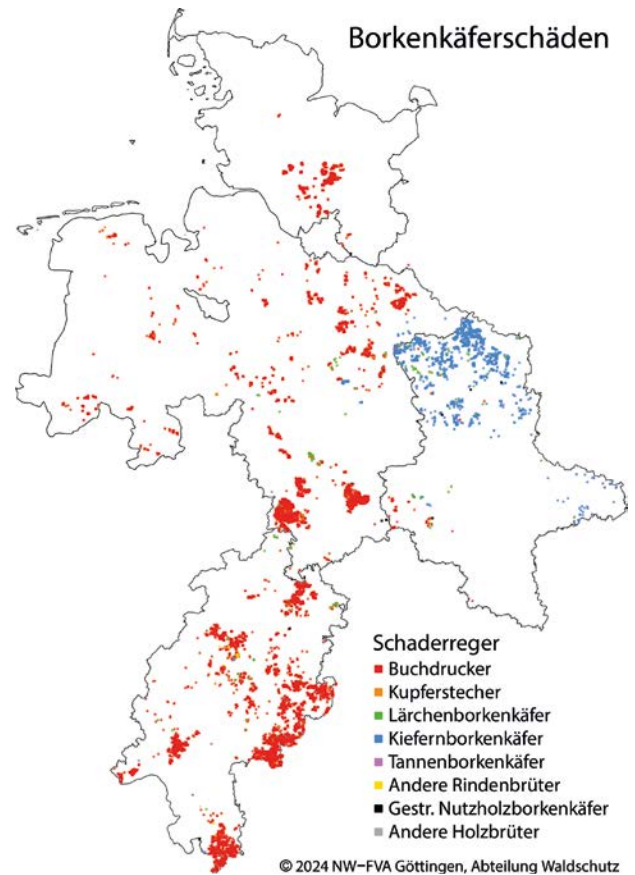
Im Jahr 2023 kam es teilweise weiterhin zu stärkerem Befall durch Borkenkäfer. In nicht vollständig aufgearbeiteten Bereichen konnten teils größere Mengen an Borkenkäfern in die Überwinterung entkommen. Der Winter 2023/2024 verlief bezogen auf Temperaturen und Niederschläge unauffällig. Es konnte davon ausgegangen werden, dass überwinternde Käferbruten weder nennenswert gefördert noch beeinträchtigt wurden. Daher bestand für Bereiche mit größeren Mengen überwinternder Borkenkäfer weiterhin ein hohes Befallsrisiko im Frühjahr 2024. Die Käfersaison 2024 startete früh Anfang April, verlief dann ab Mitte April bei eher kühlem, oft auch feuchtem Wetter aber verhalten. Ab Ende April bis in den Sommer hinein blieb es niederschlagsreich und es wurde überdurchschnittlich warm.

Anfang April kam es bereits zu erstem verhaltenem Stehendbefall, ab Ende April bis weit in den Mai hinein wurde umfangreicherer frischer Befall im Liegenden und im Stehenden festgestellt. Geschwisterbruten traten weniger in Erscheinung als in den Vorjahren. Vielerorts flogen ab etwa Ende Juni bis weit in den Juli große Mengen an Jungkäfern aus.

Insgesamt sind die im Zuständigkeitsgebiet der NW-FVA bisher gemeldeten Schäden durch Borkenkäfer deutlich verhaltener als in den Vorjahren seit 2018. Die in der Tabelle unten für die erste Hälfte der Käfersaison 2024 (01.04. bis 08.07.) aufgeführten Meldeanzahlen und zugehörigen Schadvolumina fassen Borkenkäferschäden über alle Baumarten, liegend und stehend, zusammen. Getrennt wird nach Bundesländern sowie nach Befall durch rindenbrütende bzw. holzbrütende Borkenkäferarten. Außerdem führt die Tabelle unten länderspezifisch die ab Anfang Januar gemeldeten Schadvolumina an Windwurf bzw. Windbruch auf. Bis zum Stichtag hatte Hessen etwa doppelt so hohe Sturmschäden zu verzeichnen wie Sachsen-Anhalt und Niedersachsen. Die sturmbeding-

ten Schadvolumina sind insgesamt nur noch wenig geeignet, um die Fortsetzung des Käferbefalls und das Entstehen neuer Befallsbereiche zu erklären. Durch den mehrjährigen Trockenstress bedingte Schäden dürften inzwischen an Bedeutung verlieren, da die Fichten und Kiefern sich aufgrund zunehmender Niederschläge wieder erholen.

Neben immer noch deutlichem Neubefall von Fichten durch den Buchdrucker spielt der Umfang des Befalls von Kiefern durch die **Kiefernborkearten** in der ersten Jahreshälfte 2024 eine gegenüber 2023 wieder abnehmende Rolle. In Hessen gab es kaum Schadmeldungen.



Lage und Verteilung der Borkenkäferschäden in den Trägerländern für die erste Hälfte der Borkenkäfersaison 2024 (Meldungen im Waldschutzmeldeportal bis 08.07.2024)

Gemeldetes Schadvolumen durch rinden- und holzbrütende Borkenkäfer vom 01.04.2024–08.07.2024 sowie Windwurf und Windbruch vom 01.01.2024–08.07.2024

Land	Rindenbrütende Borkenkäfer		Holzbrütende Borkenkäfer		Windwurf/-bruch	
	Anzahl Meldungen	Schadvolumen (m <sup>3</sup> )	Anzahl Meldungen	Schadvolumen (m <sup>3</sup> )	Anzahl Meldungen	Schadvolumen (m <sup>3</sup> )
Hessen	6.576	62.341	6	307	6.633	38.165
Niedersachsen	6.243	27.119	60	226	7.707	20.361
Sachsen-Anhalt	1.496	25.902	6	110	228	16.425
Schleswig-Holstein	800	2.784	0	0	1.809	3.434
Nationalpark Harz	0	0	0	0	0	0
Bundesforsten	9	84	0	0	0	0
<b>Summe</b>	<b>15.124</b>	<b>118.230</b>	<b>72</b>	<b>643</b>	<b>16.377</b>	<b>78.385</b>

**Kupferstecher** (*Pityogenes chalcographus*) an Fichte spielen im ersten Halbjahr laut Meldelage praktisch keine Rolle, während **Lärchenborkenkäfer** (*Ips cembrae*) an Lärche in den Ländern Hessen und Sachsen-Anhalt mit je etwas über 1.000 m<sup>3</sup>, in Niedersachsen noch mit weniger als 1.000 m<sup>3</sup> Schadumfang gemeldet wurden.

Die nach dem **Waldschutz-Meldeportal der NW-FVA** vorliegenden Daten spiegeln insbesondere die tendenzielle Schadentwicklung in den jeweiligen Trägerländern wider.

### Großer Brauner Rüsselkäfer

Fraßschäden an Nadelbaumkulturen durch den **Großen Braunen Rüsselkäfer** (*Hylobius abietis*) traten wie in den Vorjahren regional sehr unterschiedlich auf. Wiederum wurde vor allem auf und in der Umgebung ehemaliger Käferflächen zum Teil massiver Fraß beobachtet.

### Prachtkäfer und Kernkäfer an Eiche

Der Befall durch **Eichenprachtkäfer** (*Agrilus biguttatus* u. a.) hat in einigen Regionen inzwischen bedrohliche Ausmaße angenommen. Überwiegend großflächige Schadverläufe können vor allem im südwestlichen Sachsen-Anhalt und in weiten Teilen Südhessens beobachtet werden. Die bereits mehrjährigen Schadverläufe werden bei schnell zunehmendem Schadumfang immer deutlicher wahrnehmbar.

Zum Eichenprachtkäfer werden insbesondere seit dem Jahr 2023 stark ansteigende Schäden gemeldet. Dieser Anstieg setzte sich auch im bisherigen Jahr 2024 weiter fort.

Starker Befall durch Eichenprachtkäfer führt unter den derzeitigen Bedingungen häufig bereits kurzfristig zum Absterben der Eichen. Es wird empfohlen, stark von Prachtkäfern besetzte Eichen aus sanitären Gründen vor Ausflug der Jungkäfer zu entnehmen und unschädlich zu machen, um den verbleibenden Bestand zu schützen. Nach derzeitigem Stand muss davon ausgegangen werden, dass in fast allen betroffenen Regionen die Befallslage weiter angespannt ist.

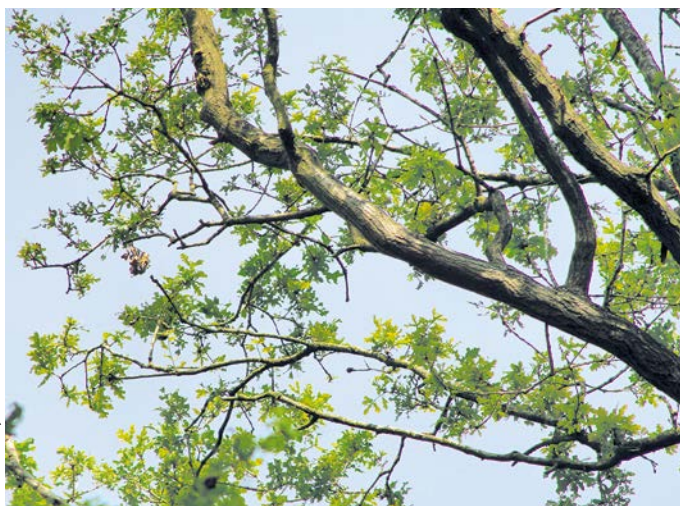


Foto: J. Weymar

Fraßschäden an Eiche

Neben Eichenprachtkäferbefall wurden in absterbenden Eichen erstmals auch verschiedene Bakterienarten nachgewiesen, denen eine pathogene Rolle im komplexen Schadensgeschehen des Eichensterbens zugeschrieben wird. Umfang und genauere Zusammenhänge müssen jetzt intensiver untersucht werden.

Von Eichenprachtkäfern geschädigte Eichen werden oft in direkter Folge durch den **Eichenkernkäfer** (*Platypus cylindrus*) besiedelt, oft in Vergesellschaftung mit dem **Eichenholzbohrer** (*Xyleborus monographus*) und weiteren im Kernholz brütenden Arten. Für den Waldbesitz ist dieser Befall problematisch, da er meist zu einer mehr oder weniger vollständigen Entwertung des Holzes führt. Kernbesiedeltes Eichenholz ist zurzeit kaum noch vermarktbar, i. d. R. werden nur geringe Preise erzielt. Der Schadumfang durch kernbesiedelnde Käferarten verläuft wie in den Vorjahren auf ähnlich hohem Niveau.

### Waldmaikäfer

Im Hauptflugjahr des Waldmaikäfers im Raum Hanau fanden zur Schlupfzeit im Mai Monitoringmaßnahmen zur Ermittlung der Schlupfphänologie und der Entwicklung der Geschlechterverhältnisse statt. Diese Erhebungen finden periodisch alle vier Jahre im Flugjahr des Maikäfers statt und liefern zusätzliche Hinweise zu Dichte und Ausbreitungstendenzen dieser wurzelschädigenden Art.

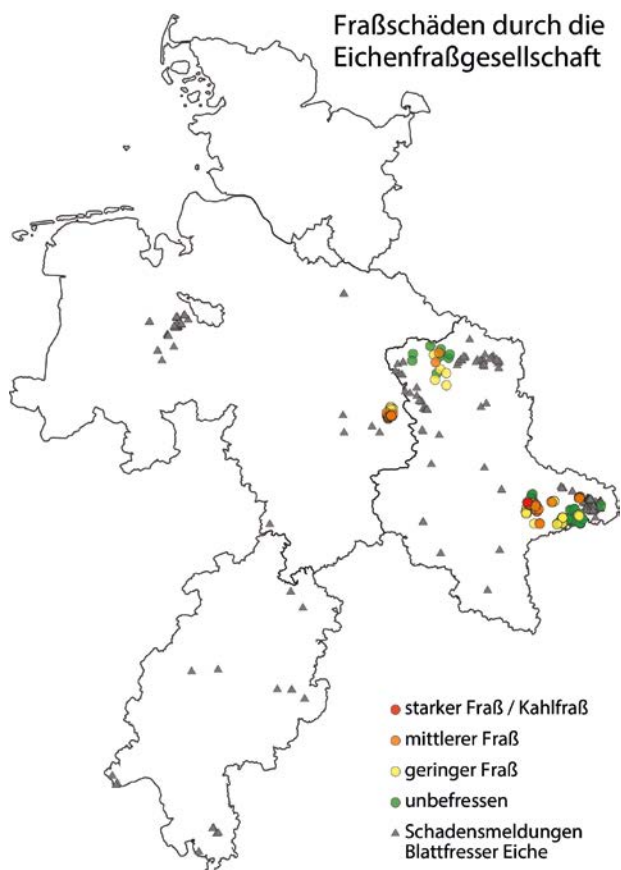
An elf ausgesuchten Standorten mit bekanntem Besatz von Waldmaikäfern wurden insgesamt 43 Netze installiert. In der Zeit vom 28.03. bis 10.06.2024 wurden 35 Absammlungen und Bestimmungen von Maikäfern durchgeführt, die unterhalb der Netze geschlüpft waren. Die Datenerhebung ist beendet, die Auswertungen laufen über die Sommer- und Herbstmonate und die Berichterstattung sollte bis Spätherbst abgeschlossen sein.

### Eichenfraßgesellschaft und Kieferngroßschädlinge

In der Abb. Seite 29 wird die Verteilung der im ersten Halbjahr 2024 im Waldschutz-Meldeportal (WSMP) erfassten Fraßschäden (Fraßbonitur und Schadensmeldung) durch blatt- und nadelnagende Schadinsekten in Eichenbeständen der Trägerländer der NW-FVA Hessen, Niedersachsen, Sachsen-Anhalt und Schleswig-Holstein dargestellt. In der Tabelle Seite 29 sind die im ersten Halbjahr 2024 im WSMP dokumentierten Fraßereignisse in Eichenbeständen für die in den jeweiligen Trägerländern relevanten Schadorganismen aufgeführt. Sofern die fraßverursachenden Schadorganismen bei der Erfassung im WSMP nicht eindeutig benannt werden konnten, sind diese unter dem Oberbegriff „Eichenfraßgesellschaft“ (EFG) erfasst worden. Aus Hessen wurden lediglich von insgesamt acht hessischen Forstämtern kleinere Fraßschäden in Eichenbeständen durch

Ergebnisse der Fraßbonituren und gemeldete Schäden in Eichenbeständen in den von der NW-FVA betreuten Bundesländern im ersten Halbjahr 2024, Stand: 03.07.2024 (Quelle: Waldschutz-Meldeportal der NW-FVA)

Bundesland	Fraßverursacher	Ergebnisse der Fraßbonituren				Gesamtfläche der Fraßbonituren [ha]	Gesamtfläche der Schadensmeldungen [ha]
		unbefressen [ha]	geringer Fraß [ha]	mittlerer Fraß [ha]	starker Fraß bis Kahlfraß [ha]		
Hessen	Eichenfraßgesellschaft	–	–	–	–	0	2,1
	Eichenprozessionsspinner	–	–	–	–	0	0,1
	gesamt	–	–	–	–	0	2,1
Niedersachsen	Eichenfraßgesellschaft	16,0	400,1	26,0	–	442,1	192,8
	Eichenprozessionsspinner	–	–	–	–	0	55,0
	gesamt	16,0	400,1	26,0	–	442,1	247,8
Sachsen-Anhalt	Eichenfraßgesellschaft	339,4	108,9	131,2	8,3	587,8	551,8
	Eichenprozessionsspinner	–	14,1	32,0	–	46,1	701,0
	Eichenwickler	–	–	–	–	0	49,6
	Kleiner Frostspanner	–	–	–	–	0	178,0
	gesamt	339,4	123,0	163,2	8,3	633,9	1.480,4
Schleswig-Holstein	Eichenfraßgesellschaft gesamt	– –	– –	– –	– –	– –	– –
<b>Summe</b>		<b>355,4</b>	<b>523,1</b>	<b>189,2</b>	<b>8,3</b>	<b>1.076</b>	<b>1.730,3</b>



Auftreten blattfressender Schadinsekten (Kleiner Frostspanner, Eichenwickler, Eichenprozessionsspinner, Eichenfraßgesellschaft) in Eichenbeständen in den Trägerländern der NW-FVA Hessen, Niedersachsen, Sachsen-Anhalt und Schleswig-Holstein im Zeitraum vom 01.01. bis 30.06.2024, Stand: 03.07.2024 (Quelle: Waldschutz-Meldeportal der NW-FVA)

die EFG und den Eichenprozessionsspinner (EPS) auf einer Gesamtfläche von rund 2 ha dokumentiert (Tab. oben). Fraßereignisse in Kiefernbeständen wurden im ersten Halbjahr 2024 in Hessen nicht gemeldet. Bei geringfügig unterschiedlichen Tendenzen befinden sich die Populationsdichten der Kieferngrößschädlinge in allen Trägerländern auf niedrigem Niveau.

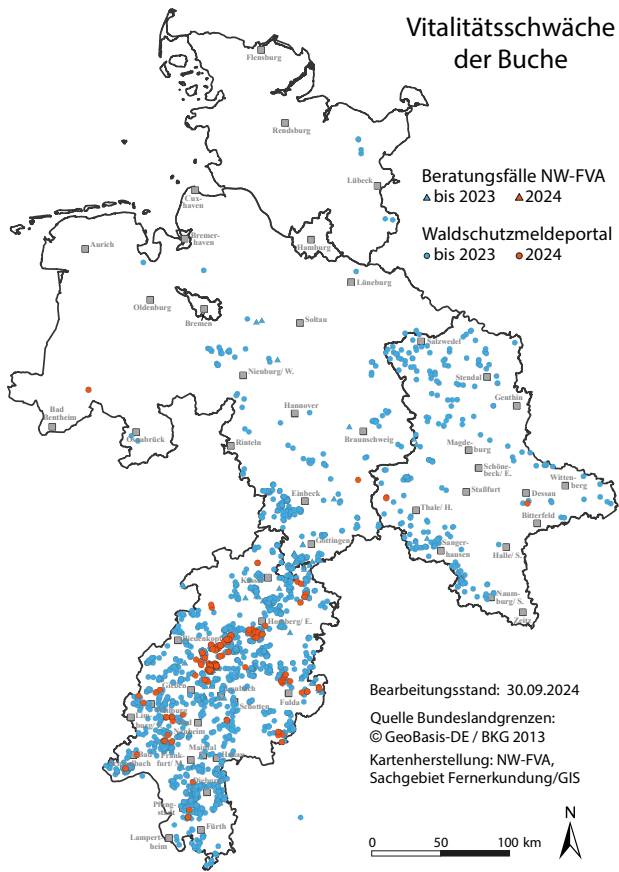
### Mäuse

Die Populationsdichten der oberirdisch fressenden Kurzschwanzmäuse nehmen in der mehrjährigen Betrachtung seit einigen Jahren stetig zu. Die Dichten sind weiterhin auf einem hohen Niveau und nehmen aktuell zu. Allerdings spielten Schadensmeldungen durch forstschädliche Kurzschwanzmäuse eine untergeordnete Rolle. Im 1. Halbjahr 2024 wurden insgesamt 23 Ereignisse gemeldet, wovon 19 aus Hessen und vier aus Sachsen-Anhalt stammen. Schäden durch Kurzschwanzmäuse wurden überwiegend an Eiche dokumentiert. Hier traten Schäden in beiden Trägerländern und durch alle Kurzschwanzmausarten verursacht auf, wohingegen Schäden an Buche nur durch Schermäuse gemeldet wurden.

### Komplexe Schäden an Rotbuche

Wie in den vergangenen Jahren wurden weiterhin verbreitet und teilweise bestandesbedrohend Absterbeerscheinungen als Langzeitwirkung von Hitze und Trockenheit bei Rotbuchen in Niedersachsen, Hessen und Sachsen-Anhalt beobachtet, die sich dem Schadbild der sogenannten Buchen-Vitalitätsschwäche zuordnen lassen.

Typische Symptome sind: Vorzeitiger Blattfall, frühzeitiges Verbraunen und Absterben des Laubes in der Krone, Feinreisigverlust, Rindenrisse, Schleimflussflecken, Bildung von Pilzfruchtkörpern verschiedener Arten auf, in und unter der Rinde, Rindennekrosen, abblätternde Rinde, ausbleibender Austrieb im Frühjahr, Absterben von Kronenästen und Stammbereichen, massive Holzverfärbungen sowie zum Teil sekundärer Befall mit Pracht- und Borkenkäfern. Insbesondere der Pilzbefall führt zu einem schnellen Absterben der Bäume und einer schnellen Holzersetzung. Häufig zeigte sich dabei auch eine



Schadensmeldungen zur Rotbuche bis zum 30.09.2024. Zusammengestellt aus den teilweise zusammengefassten Einzelmeldungen, Quelle: Waldschutzmeldeportal der NW-FVA (WSMP) und Meldungen/Untersuchungen im SG Mykologie und Komplexkrankheiten der NW-FVA.

seiner Einschleppung in Mitteleuropa schnell verbreitete und schwerwiegende Folgen für die heimischen Eschen-Populationen hervorgerufen hat. Es führt örtlich im Zuständigkeitsbereich der NW-FVA zur Auflösung von Bestandesteilen und zum Absterben von Eschen. Nahezu alle Bestände sind betroffen, und auf den Beobachtungsflächen der NW-FVA finden sich keine gesunden Bäume mehr.

### Rußrindenerkrankung des Ahorns (Erreger: *Cryptostroma corticale*)

Rußrindenerkrankung an Ahorn wird durch den ursprünglich aus Nordamerika stammenden, invasiven Schlauchpilz *Cryptostroma corticale* ausgelöst. 2014 wurde diese, in Deutschland weit verbreitete Erkrankung, in einem Waldbestand in den Trägerländern der NW-FVA erstmals festgestellt. Es handelte sich um einen Bergahorn-Jungbestand in Niedersachsen. Als Folge der trockenen Sommer 2018–2020 und 2022 kam es in Hessen, Sachsen-Anhalt und Niedersachsen vermehrt zum Auftreten der Rußrindenerkrankung in Ahornbeständen. Vornehmlich war Bergahorn (*Acer pseudoplatanus*), seltener auch Spitzahorn (*Acer platanoides*) betroffen. Zudem wurde *C. corticale* einzelfallweise auch im Gewebe von Stammfußnekrosen bei Gemeinen Eschen (*Fraxinus excelsior*) im Schadprozess des Eschentriebsterbens in Niedersachsen nachgewiesen. Mittlerweile kommt die Erkrankung in Wäldern aller Trägerländer der NW-FVA vor.



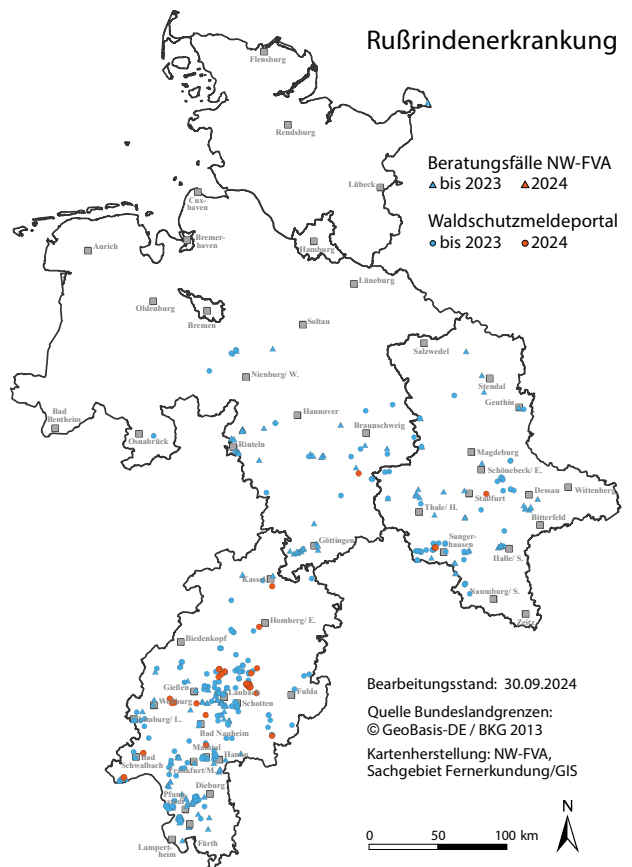
Foto: J. Evers

Stark geschädigte Buchenkrone

starke Beteiligung des Hallimasch. Es sind fast alle Altersklassen der Buche betroffen. Die Schäden treten auch bei jüngeren Baumhölzern und in geschlossenen Beständen und sogar in Nordhanglagen auf. Trotz der auch für die Buche günstigen, feuchten Witterung seit dem Herbst letzten Jahres zeichnet sich noch keine grundlegende Erholung bei den Buchen ab. Der Befallsfortschritt verläuft lediglich verlangsamt.

### Eschentriebsterben (ETS, Erreger: *Hymenoscyphus fraxineus*)

Das Eschentriebsterben wird in Europa und in den Trägerländern der NW-FVA weiterhin auf großer Fläche beobachtet. Der Erreger *Hymenoscyphus fraxineus* ist ein aggressives und höchst erfolgreiches, invasives Pathogen, das sich nach



Rußrindenerkrankung des Ahorns bis zum 30.09.2024 – Schadensfälle in den Trägerländern der NW-FVA

## Tannen-Rindennekrose

Die komplexe Erkrankung der Tannen-Rindennekrose, die seit dem Frühjahr 2017 regional im Zuständigkeitsbereich der NW-FVA (Niedersachsen, Hessen) beobachtet wird, ist auch 2024 noch nicht zum Stillstand gekommen. Auslösende Faktoren dieser Erkrankung sind die Witterungsbedingungen sowie ein Befall mit (Stamm) Läusen (in der Regel *Adelges piceae*) und nachfolgendem Befall mit dem Mikropilz *Neonectria neomacrospora*. Erkrankte Bäume (*Abies alba* und *A. grandis*) der letzten Jahre sind weiterhin betroffen und fallen durch abnehmende Vitalität auf oder starben teilweise ab. Auch 2024 wurden ähnliche oder entsprechende Absterbeerscheinungen an Küstentannen in Niedersachsen sowie Weiß- und Küstentannen in Hessen mit Beteiligung von Tannenborkenkäfern gemeldet.

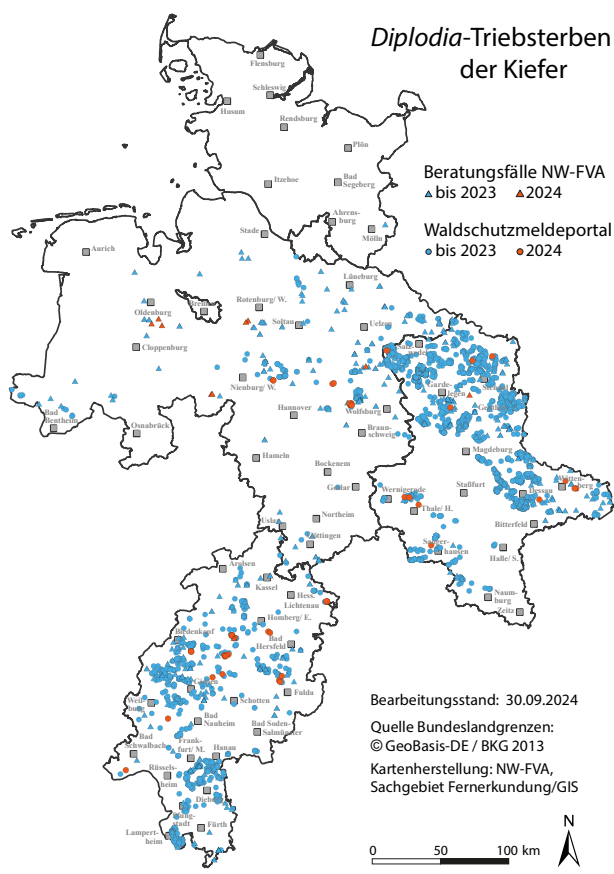
## Diplodia-Triebsterben der Kiefer (Erreger: *Sphaeropsis sapinea*)

Der wärmeliebende Pilz *Sphaeropsis sapinea* (Synonym: *Diplodia sapinea*) tritt seit den letzten 20 Jahren verstärkt in Kiefernbeständen des Zuständigkeitsgebietes der NW-FVA auf. Dieser Pilz ist endophytisch in allen Kiefernbeständen des Zuständigkeitsbereichs der NW-FVA und bundesweit sehr verbreitet. Schaden löst er erst aus, wenn der Pilz bei vorgeschädigten oder geschwächten Wirtspflanzen in seine parasitische Phase übergeht und das *Diplodia*-Triebsterben verursacht. Dem Auftreten

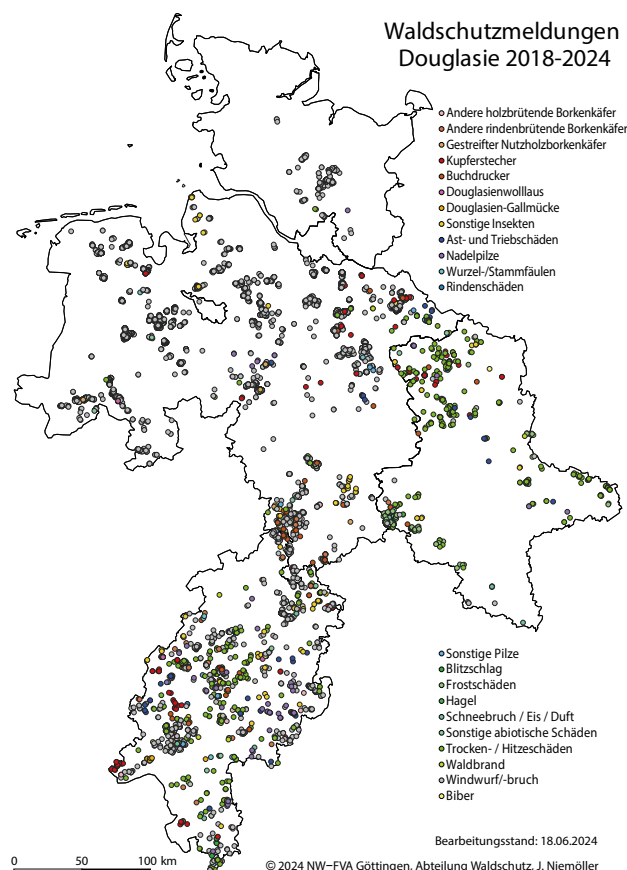
des *Diplodia*-Triebsterbens geht in der Regel eine Schwächung der Kiefer voraus. Auslösende Faktoren können nach derzeitiger Einschätzung sein: Wasserdefizite durch Trockenheit / Hitze / starke Besonnung oder Verletzungen der Triebe durch Hagel-schlag. Ein prädisponierender Faktor kann Mistelbefall sein, der ebenfalls Trockenstress hervorruft bzw. verstärkt. Trockenstress kann auf flachgründigen, südexponierten Standorten oder in Kuppenlagen entstehen. Zahlreiche Schadensfälle stehen mit Wurzelfäulen wie dem Wurzelschwamm in Verbindung, der auch als prädisponierender Faktor in Erscheinung tritt. Ferner wird angenommen, dass anhaltende Wärmephasen im Winter im Wechsel mit Kälteperioden zu einer physiologischen Schwächung der Kiefer beitragen. Vermutlich führt eine Kombination mehrerer schwächender Faktoren eher zu Krankheitsfällen als ein einzelner der genannten Faktoren.

## Schäden an Douglasien

Regional wurden starke Vitalitätsverluste bei mittelalten und alten Douglasien festgestellt (Abb. unten). Als Ursache gelten Hitze und Dürre in den Vorjahren 2018–2020. Sowohl bei Jungpflanzen als auch älteren Douglasien wurde Befall mit Hallimasch und dem Erreger des Kiefertriebsterbens festgestellt. Regional kam es nach dem Barfrostereignis im Januar 2024 zum vorzeitigem Nadelverlust infolge eines Befalls mit der Rußigen Douglasienschütte (*Nothophaeocryptopus gaeumannii*).



Diplodia-Triebsterben in den Trägerländern der NW-FVA, Quellen: Beratungsfälle und Auswertung des Waldschutzmeldeportals (WSMP) der NW-FVA bis zum 30.09.2024.



Auswertung zu Schadensmeldungen bezüglich Douglasie in den Trägerländern der NW-FVA, Quellen: Beratungsfälle und Auswertung des Waldschutzmeldeportals (WSMP) der NW-FVA von 2014 bis zum 18.06.2024.

# Stoffeinträge

Birte Scheler

<https://doi.org/10.5281/zenodo.13866770>

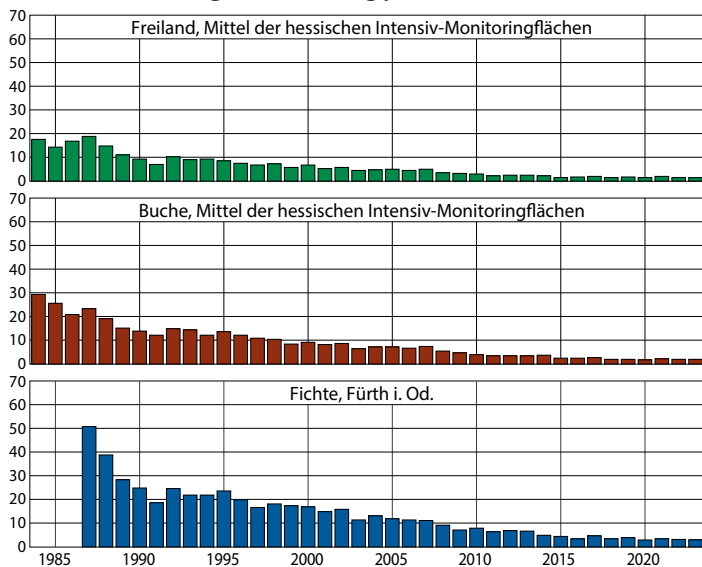
Nähr- und Schadstoffe werden in gelöster Form mit dem Niederschlag sowie gas- und partikelförmig mit der Luft in Wälder eingetragen. Aufgrund der großen Kronenoberflächen ist der atmosphärische Stoffeintrag in Wäldern höher als bei allen anderen Landnutzungsformen. Diese sogenannte Immissionschutzfunktion stellt für das Ökosystem Wald eine Belastung dar, da Schwefel- und Stickstoffverbindungen (Nitrat und Ammonium) das chemische Bodenmilieu durch Versauerung und Eutrophierung verändern. Die Höhe der Stoffeinträge wird durch Faktoren wie Niederschlagsmenge, -intensität und -verteilung, Windgeschwindigkeit, Baumart, Bestandeshöhe und Bestockungsgrad, Kronenrauigkeit oder lokale Emittenten bestimmt. So sind die Stoffeinträge in den niederschlagsreichen Lagen der Mittelgebirge höher als beispielsweise in der niederschlagsarmen Wetterau oder Rhein-Main-Ebene. Fichten- und Douglasienbestände sind wegen der ganzjährigen und im Vergleich mit Kiefern dichteren Benadelung stärker durch Stoff-

einträge belastet als Buchen, Eichen- und Kiefernbestände. In Hessen werden seit 1984 die Stoffeinträge in Wälder erfasst, aktuell in sechs Buchenbeständen, je einem Fichten- und Kiefernbestand sowie auf zugeordneten Freiflächen. Mittels eines Kronenraumbilanzmodells (Ulrich 1991) werden aus den gemessenen Stoffflüssen Gesamtdositionsraten berechnet.

## Niederschlag

2023 war ein überdurchschnittlich niederschlagsreiches Jahr. Im Freiland fiel zwischen 700 mm (Hess. Ried) und 1293 mm (Spessart) Niederschlag, im Vergleich zum 10-jährigen Mittel (2013–2022) wurden zwischen 97 mm (Hess. Ried) und 365 mm (Spessart) mehr Niederschlag registriert. Der Bestandesniederschlag der Buchenflächen betrug 2023 zwischen 627 mm (Krofdorf) und 1050 mm (Fürth im Odenwald). Unter Fichte wurden 861 mm (Fürth im Odenwald) erfasst und unter Kiefer im Hessisches Ried 603 mm. Damit lag der Bestandesniederschlag zwischen 54 mm (Hess. Ried, Kiefer) und 280 mm (Spessart, Buche) über dem Mittel der Jahre 2013–2022.

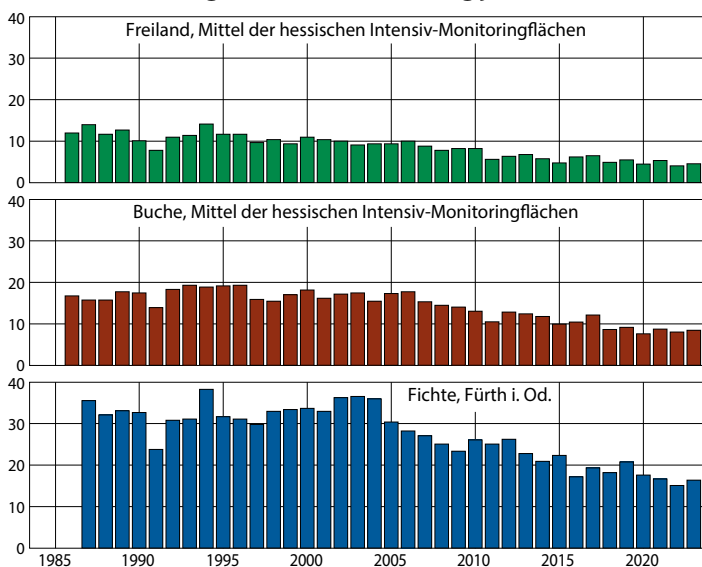
## Schwefeleintrag (SO<sub>4</sub>-S) in kg je Hektar und Jahr



## Schwefeleintrag

Durch die Umsetzung zahlreicher Maßnahmen zur Luftreinhaltung wie Rauchgasentschwefelung und die Einführung schwefelarmer Kraft- und Brennstoffe seit Mitte der 1980er Jahre ging der Sulfatschwefeleintrag in Wälder drastisch zurück. Auf sieben von acht Bestandesmessflächen hat sich die deutliche Abnahme in den vergangenen 10 Jahren weiter fortgesetzt. So war 2023 die Schwefelgesamtdosition trotz deutlich höherer Niederschläge auf vier Flächen gleich hoch, auf drei Flächen geringer und auf einer Fläche geringfügig höher (+0,1 kg/Hektar) als 2022. 2023 betrug der Sulfatschwefeleintrag je Hektar unter Buche zwischen 1,4 kg (Kellerwald) und 2,7 kg (Fürth im Odenwald), unter Fichte 2,9 kg (Fürth im Odenwald) und unter Kiefer 1,2 kg (Hessisches Ried). Im Freiland lag er im Hessenmittel bei 1,5 kg je Hektar mit Einträgen zwischen 1,1 kg (Hessisches Ried) und 2,0 kg je Hektar (Fürth).

## Stickstoffeintrag (NH<sub>4</sub>-N + NO<sub>3</sub>-N) in kg je Hektar und Jahr



## Stickstoffeintrag

Stickstoff wird als Nitrat (oxidierte Form, Quellen: Kfz-Verkehr, Verbrennungsprozesse) und als Ammonium (reduzierte Form, landwirtschaftliche Quellen) in das Ökosystem eingetragen. Im Freiland lag der Ammoniumanteil am anorganischen Stickstoffeintrag im Mittel der Jahre 2014–2023 bei 51 %, unter Buche und Fichte bei 53 % und unter Kiefer bei 57 %. Seit Untersuchungsbeginn ist der Ammoniumanteil am Stickstoffeintrag auf den meisten Fläche gestiegen. 2023 betrug der Nitratstickstoffeintrag je Hektar im Freiland 2,0 kg (Hessenmittel). Die Gesamtdosition unter Buche lag im Hessenmittel bei 4,0 kg je Hektar mit Werten zwischen 2,5 kg



(Hessisches Ried) und 5,1 kg (Zierenberg). Im Fichtenbestand in Fürth im Odenwald betrug sie 7,9 kg und im Hessischen Ried unter Kiefer 2,1 kg je Hektar.

Der Ammoniumstickstoffeintrag je Hektar betrug 2023 im Hesse-mittel im Freiland 2,6 kg mit einer Spannweite zwischen 1,4 kg (Spessart) und 4,2 kg (Fürth im Odenwald). Die Gesamtdeposition von Ammoniumstickstoff belief sich unter Buche auf 4,5 kg je Hektar mit Werten zwischen 3,1 kg (Krofdorf) und 5,7 kg (Zierenberg). Unter Fichte lag sie bei 8,6 kg (Fürth im Odenwald) und unter Kiefer bei 2,9 kg je Hektar (Hessisches Ried).

Der anthropogen bedingte anorganische Stickstoffeintrag hat seit Beginn der Untersuchungen deutlich abgenommen. Im Mittel der letzten 5 Jahre (2019–2023) lag er je Hektar und Jahr unter Buche zwischen 7 kg (Kellerwald) und 11,1 kg (Zierenberg), unter Fichte (Fürth im Odenwald) bei 17,4 kg und unter Kiefer bei 6 kg. Trotz des Rückgangs des Stickstoffeintrags ist er auf einigen Flächen nach wie vor höher als der Bedarf des Waldbestands.

Stickstoff, der nicht für das Wachstum der Vegetation benötigt wird, reichert sich im Ökosystem an. Im Fall von Störungen der Stoffkreisläufe durch Kalamitäten wie Windwurf oder Schädlingsbefall, wie sie seit 2018 großflächig auftraten, wird der Stickstoff rasch mineralisiert und es kommt zu erhöhten Nitratausträgen. Nitrat wird im Bodenwasser von Nährstoffkationen wie Calcium, Magnesium oder Kalium sowie sauren und schädlichen Kationen wie Aluminium begleitet. Dadurch verliert das Ökosystem wichtige Nährstoffe aus den ohnehin meist nährstoffarmen Waldböden. Angrenzende Ökosysteme wie Oberflächen- und Grundgewässer werden ggf. durch hohe Nitratausträge gefährdet. Eine weitere Reduktion der Stickstoffemissionen ist zum Schutz der Ökosysteme wichtig.

### Gesamtsäureeintrag

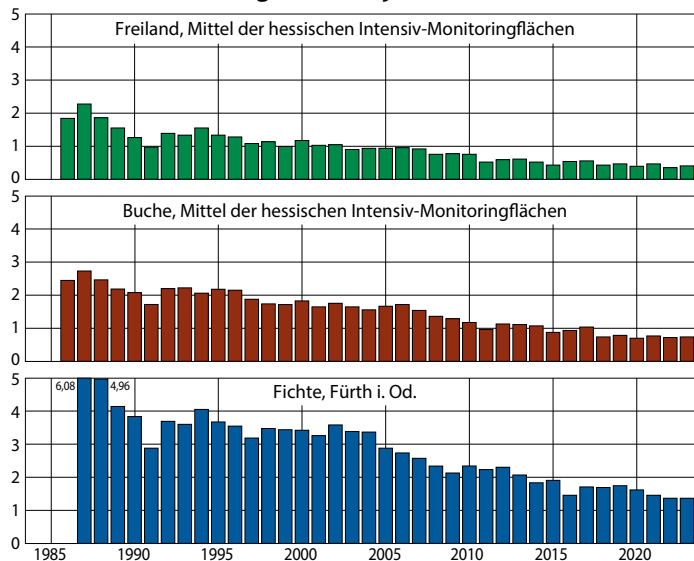
Der Gesamtsäureeintrag in Ökosysteme berechnet sich als Summe der Gesamtdeposition von Nitrat, Ammonium, Sulfat und Chlorid (jeweils nicht seesalzbürtige Anteile, Gauger et



Foto: J. Evers

Level II-Buchenfläche Kellerwald

### Gesamtsäureeintrag in kmol<sub>c</sub> je Hektar und Jahr



al. 2002). Durch den deutlichen Rückgang insbesondere des Schwefel-, aber auch des Stickstoffeintrags hat die Säurebelastung der Wälder deutlich abgenommen. 2023 betrug der Gesamtsäureeintrag je Hektar im Freiland 0,4 kmol<sub>c</sub> (Hessenmittel), unter Buche (Hessenmittel) 0,7 kmol<sub>c</sub> und unter Fichte 1,4 kmol<sub>c</sub> (Fürth im Odenwald). Mit 1,0 (Zierenberg) bzw. 0,9 kmol<sub>c</sub> je Hektar (Fürth im Odenwald) lag der Gesamtsäureeintrag 2023 auf diesen beiden Buchenflächen deutlich über dem Buchenmittel von Hessen. Die Säureneutralisationskapazität durch ebenfalls mit dem Niederschlag eingetragene Basen und die nachhaltige Säurepufferkapazität aus der Verwitterung reichen auf nährstoffarmen Waldstandorten in der Regel nicht aus, um die Säureinträge vollständig zu kompensieren. Eine standortangepasste Kalkung zum Schutz der Waldböden und der Erhaltung ihrer Filterfunktion für das Grundwasser kann empfohlen werden.

*anthropogen = durch menschliche Aktivitäten verursacht*  
*Deposition = Ablagerung von Stoffen*  
*Eutrophierung = Nährstoffanreicherung*  
*kmol<sub>c</sub> (Kilomol charge) = Menge an Ladungsäquivalenten. Sie berechnet sich wie folgt: Elementkonzentration multipliziert mit der Wertigkeit des Moleküls (= Ladungsäquivalente pro Molekül), dividiert durch das Molekulargewicht. Multipliziert mit der Niederschlagsmenge ergibt sich die Fracht an Ladungsäquivalenten in kmol<sub>c</sub> je Hektar.*

### Literatur

Gauger, T.; Anshelm, F.; Schuster, H.; Draaijers, G. P. J.; Bleeker, A.; Erismann, J. W.; Vermeulen, A. T. & Nagel, H.-D. (2002): Kartierung ökosystembezogener Langzeittrends atmosphärischer Stoffeinträge und Luftschadstoffkonzentrationen in Deutschland und deren Vergleich mit Critical Loads und Critical Levels. Forschungsvorhaben im Auftrag des BMU/UBA, FE-Nr. 299 42 210, Institut für Navigation, Univ. Stuttgart. 207 S.

Ulrich, B. (1991): Beiträge zur Methodik der Waldökosystemforschung. Berichte des Forschungszentrums für Waldökosysteme/Waldsterben. Reihe B, Bd. 24, 204-210.

# Auswirkung von extremer Witterung auf die Vitalität und Produktivität der Hauptbaumarten in Nordwestdeutschland

Anja Gröning, Caroline Klinck und Uwe Paar

<https://doi.org/10.5281/zenodo.13866834>

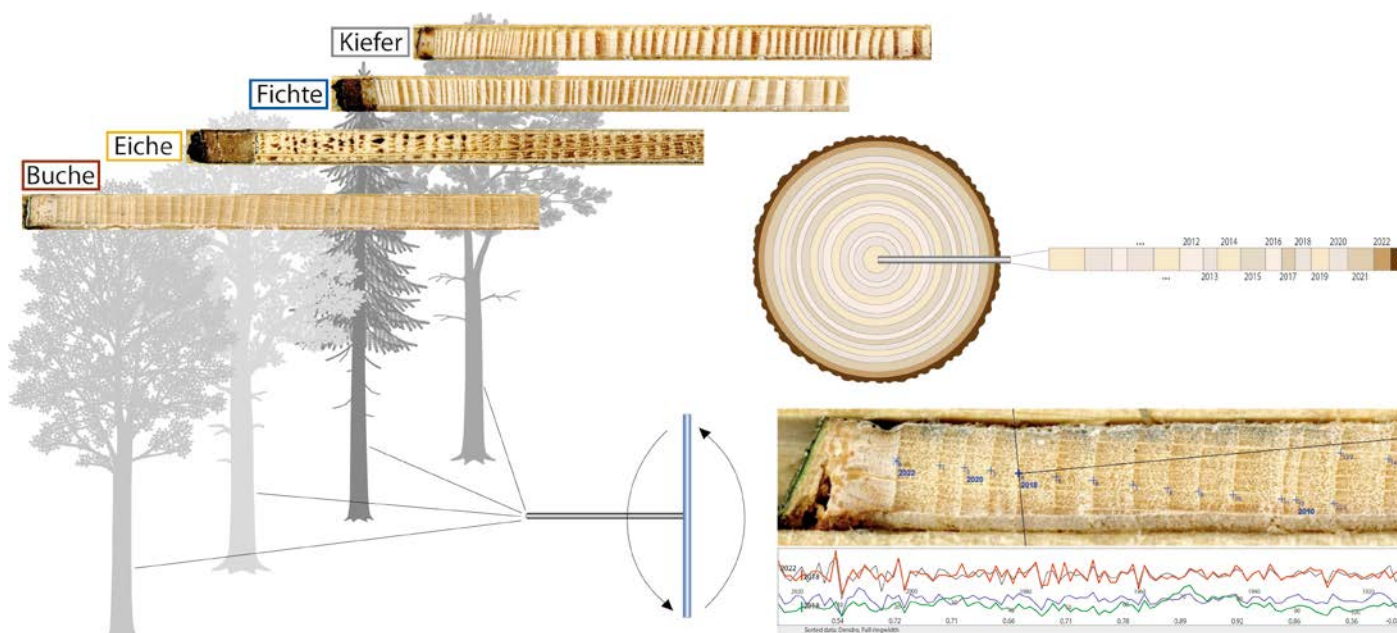
## Hintergrund des Projekts

Die sich ändernden klimatischen Bedingungen führen zu einer Zunahme extremer Wetterereignisse. Besonders höhere Sommertemperaturen und reduzierte Niederschläge während der Vegetationsperiode, die zu intensiveren und länger andauernden Dürreperioden führen, hinterlassen in den Wäldern Nordwestdeutschlands deutliche Schäden (Ruhk et al. 2023). In der Waldzustandserhebung kann eine abnehmende Vitalität der Hauptbaumarten dokumentiert werden. Es wird allgemein angenommen, dass häufigerer Trockenstress die Vitalität der Bäume auf bestimmten Standorten reduziert, was wiederum eine geringere Produktivität und ein insgesamt höheres Risiko für weitere abiotische und biotische Stressfaktoren zur Folge hat. Für eine langfristige forstliche Planung müssen diese Bedingungen berücksichtigt werden. Ein Ansatz dabei ist, baumartenspezifische Trockenheitsgrenzen als Referenz für die Waldbewirtschaftung festzulegen. Die Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt bezieht sich in ihren Anbauempfehlungen daher unter anderem auf die Standortwasserbilanz (SWB) nach Grier und Running (1977). Diese verrechnet den Mittelwert der klimatischen Wasserbilanz in der Vegetationszeit (Verhältnis zwischen Verdunstungsanspruch und zur Verfügung stehenden Niederschlägen) mit der nutzbaren Feldkapazität des Bodens (pflanzenverfügbares Wasser) für eine Bezugstiefe von 1 m. Auf dieser Grundlage wurden baumartenspezifische Schwellenwerte für das Trockenstressrisiko als Entscheidungshilfe für die klimaangepasste Baumartenwahl festgelegt (Albert et al. 2017; Spellmann et al. 2011). Diese Schwellenwerte dienen zur Be-

wertung der Vitalität, Widerstandsfähigkeit und Leistungsgrenzen der Baumarten. Um die definierten Schwellenwerte im Gelände zu überprüfen, untersucht das Projekt die Vitalität und das Wachstum der vier Hauptbaumarten Eiche (*Quercus petraea* + *Q. robur*), Kiefer (*Pinus sylvestris*), Fichte (*Picea abies*) und Buche (*Fagus sylvatica*) entlang artspezifischer Standortwasserbilanz-Gradienten mithilfe von Jahrringanalysen. Es wurden ausschließlich Flächen ausgewählt, die innerhalb des Probenetzes der Waldzustandserhebung (WZE) und der Bodenzustandserhebung (BZE) liegen. Dadurch können neben den Jahrringmessungen auch plotspezifische Informationen über den Standort aus der BZE sowie baumindividuelle Informationen über den Kronenzustand aus der WZE in die Analysen mit einbezogen werden.

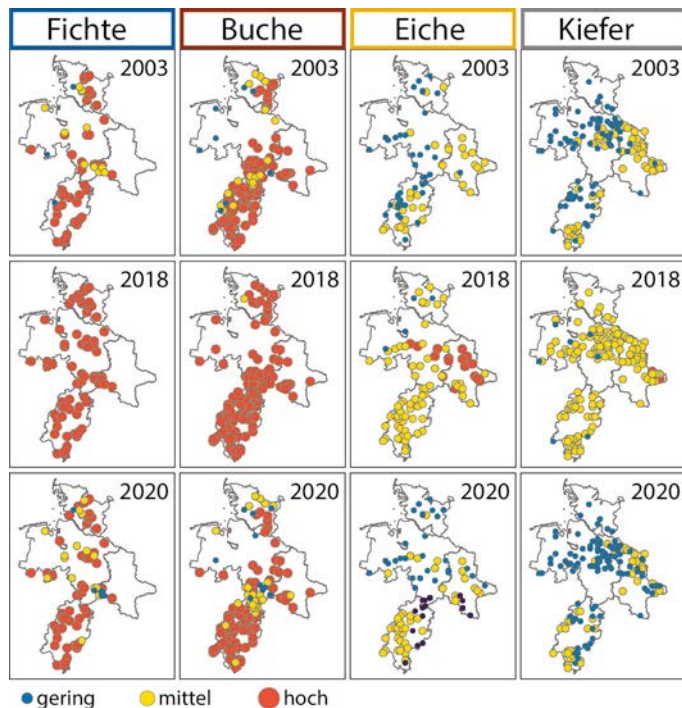
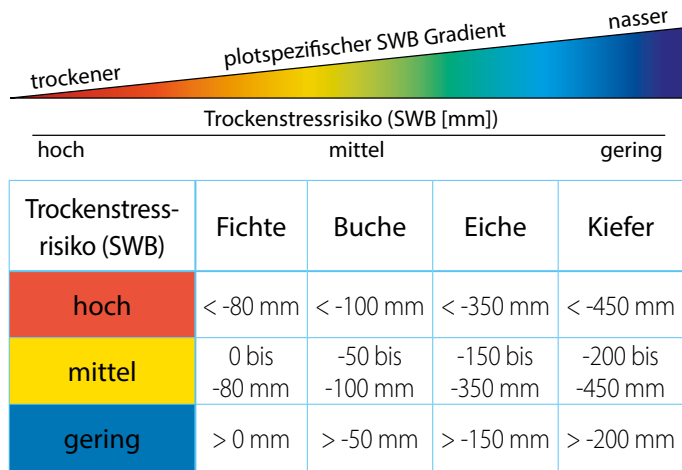
## In Bäumen lesen – Jahrringanalyse als Werkzeug

Das Baumwachstum der gemäßigten Zone zeigt sich in jährlichen Ringen, die durch den Wechsel von Vegetations- und Nicht-Vegetationsperiode geprägt sind. Die einzelnen Jahrringe können durch Unterschiede in der Zellgröße und -dicke zwischen Frühholz (in der Regel großporiger und heller) und Spätholz (in der Regel kleinporiger und dunkler) differenziert werden (Fritts 2001). Die Breite und Dichte der Jahrringe variiert in Abhängigkeit von diversen Umweltfaktoren, wodurch die Wuchsbedingungen eines Baumes wiedergespiegelt werden. In der Regel lässt sich festhalten: Je besser die Bedingungen, desto größer die Jahrringe – und umgekehrt. Zur Bestimmung der Jahrringe wurden den Bäumen sogenannte Bohrkerne (von 5 mm Durchmesser) mit einem Zuwachsbohrer entnommen. Die Bohrkerne werden



Übersicht der Bohrkernentnahme und Aufbereitung. An Plots der WZE/BZE werden 10–15 Bäume beprobt. Die einzelnen Bohrkerne werden aufbereitet, sodass die Jahrringe eingemessen werden können. Die sich daraus ergebenden Wachstumskurven sind Grundlage für die weiteren Analysen.

so aufbereitet, dass die einzelnen Jahrringe sichtbar werden. Die einzelnen Jahrringe können per Software für jeden Bohrkern und jedes Baumindividuum millimetergenau eingemessen werden. Für jeden Baum erhält man so eine individuelle Wachstumskurve. Einzelne Wachstumskurven können zu Standortchronologien zusammengefasst werden und sind ein guter Indikator für das allgemeine Wachstumsverhalten auf bestimmten Standorten bzw. für eine Baumart. In Extremjahren zeigen die Kurven überregionale Reaktionen, die als Zeigerjahre identifiziert werden können. Beispiele für solche Zeigerjahre sind die sehr trockenen Jahre 2003 und 2018, was sich in einem verringerten Wachstum der Hauptbaumarten widerspiegelt. Wie stark und auf welche Art und Weise Bäume auf Extremereignisse reagieren, hängt dabei zum einem vom Standort, zum anderen von der Baumart selbst ab. So zeigen beispielsweise Buchen oft eine zeitversetzte Reaktion



Baumartenspezifischer Gradient der Standortwasserbilanz entlang der Schwellenwerte des Trockenstressrisikos. Eine Übersicht der WZE-Punkte zeigt, welche Plots der Baumarten Buche, Eiche, Fichte und Kiefer für die Trockenjahre 2003, 2018 und 2020 ein geringes, mittleres und hohes Risiko nach den Schwellenwerten aufwiesen.



Fotos: A. Gröning

Probennahme eines Bohrkerns mit Hilfe eines Zuwachsbohrers

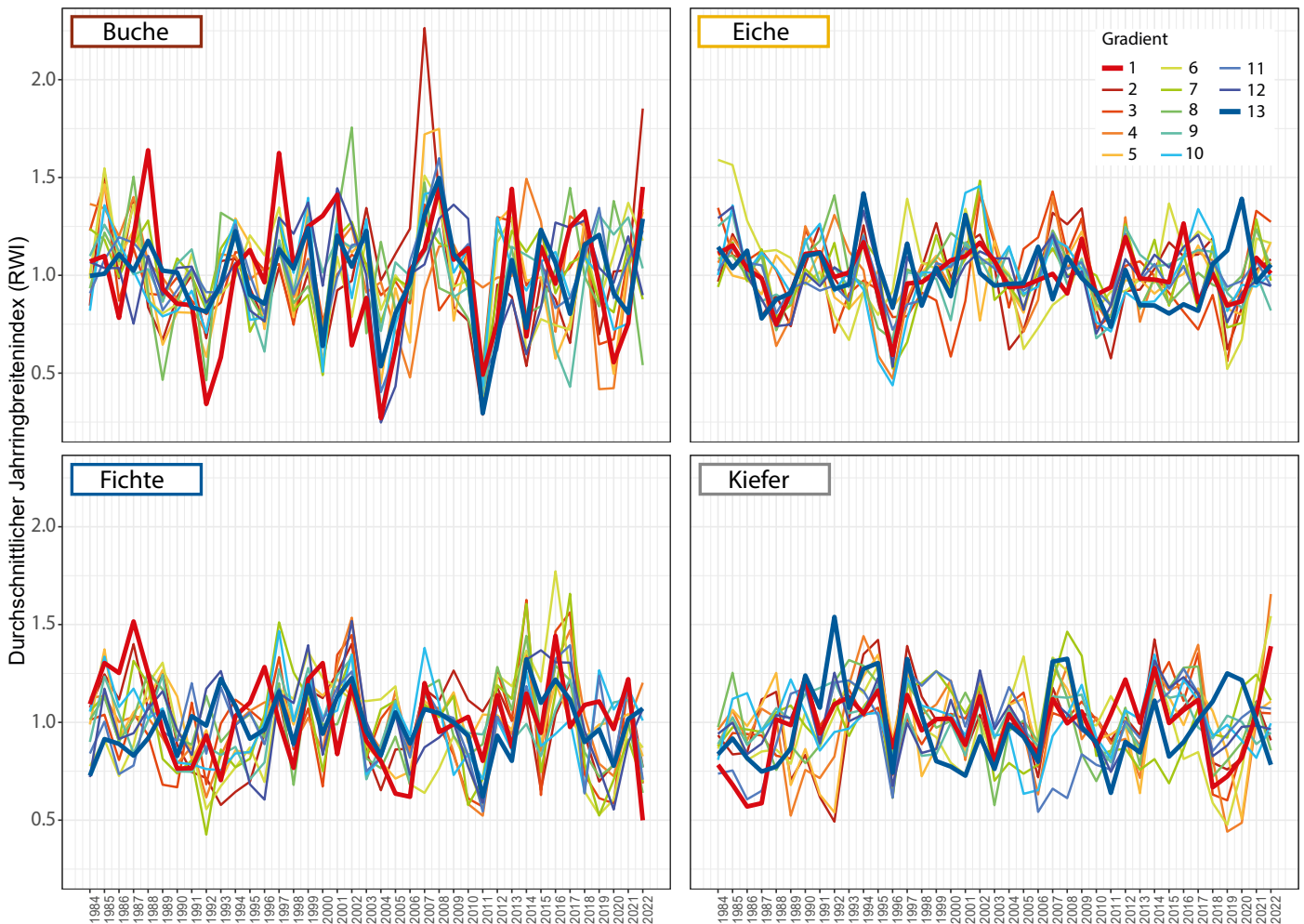
auf Trockenstress, was sich sowohl im Wachstum als auch in der Kronenverlichtung äußert (Meyer et al. 2020). Eichen und Kiefern gelten bisher als relativ trockenresistent, weshalb sie erst ab einem deutlich negativeren Standortwasserbilanz-Defizit in eine hohe Risikoklasse eingeordnet werden (Spellmann et al. 2011). Im Jahr 2018 wurden jedoch auch für die Eiche und die Kiefer Plots identifiziert, die ein hohes Risiko aufwiesen.

### Gradienten-Design

Um zu identifizieren, wie sich die verschiedenen Baumarten entlang eines Gradienten der Standortwasserbilanz unterscheiden, wurden für das Projekt im Winter 2022/2023 insgesamt 1340 Bohrkern von 670 Bäumen auf jeweils 13 Plots pro Baumart gewonnen. Der Gradient für jede Baumart ist dabei so gewählt, dass die baumartenindividuellen Trockenstressgrenzen (durchschnittliche Standortwasserbilanz in der Vegetationsperiode im Zeitraum 1990–2020) abgebildet werden. So erstrecken sich die einzelnen Gradienten von trockenen Plots (mit höherem Risiko) zu feuchten Plots (mit geringerem Risiko).

### Wachstumsverläufe

Da die Jahrringbreite von Bäumen sowohl durch klimatische als auch durch nicht-klimatische Faktoren beeinflusst wird, wird der Jahrringbreitenindex (RWI) verwendet, um das Wachstum von Bäumen vergleichbar zu machen (Fritts 2001). Der Jahrringbreitenindex wird durch die Standardisierung der Rohdaten (die gemessenen Jahrringbreiten in mm)



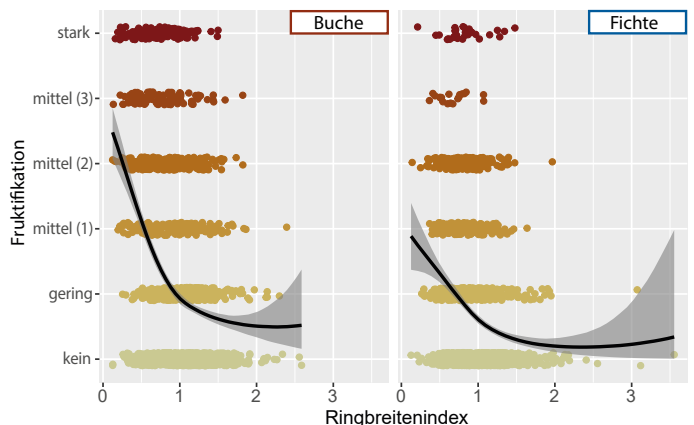
Durchschnittlicher Jahringbreitenindex (RWI) für die einzelnen Baumarten im Zeitraum der WZE entlang des Gradienten. 1 = trockenster Plot, 13 = feuchtester Plot einer Baumart.

berechnet. Ein Indexwert > 1 bedeutet, dass das Wachstum in diesem Jahr über dem erwarteten Wert lag (z. B. günstige Bedingungen) und umgekehrt. Im Zeitraum der WZE von 1984–2022 zeigten sich unterschiedliche Wachstumsverläufe der Baumarten. Die Buche zeigt die größten Wachstumschwankungen, während Eiche, Kiefer und Fichte weniger ausgeprägte Schwankungen aufweisen. Insbesondere in oder nach den Trockenjahren 2003 und 2018 sind kleinere Werte des RWI für alle Baumarten zu verzeichnen, was ein reduziertes Wachstum beschreibt. In der Betrachtung der Plots entlang des Gradienten zeigten besonders die trockeneren Plots ein gesteigertes Wachstum im Feuchtejahr 2007, wohingegen feuchtere Plots in Trockenjahren (2003 und 2019) ein deutlich reduziertes Wachstum zeigten.

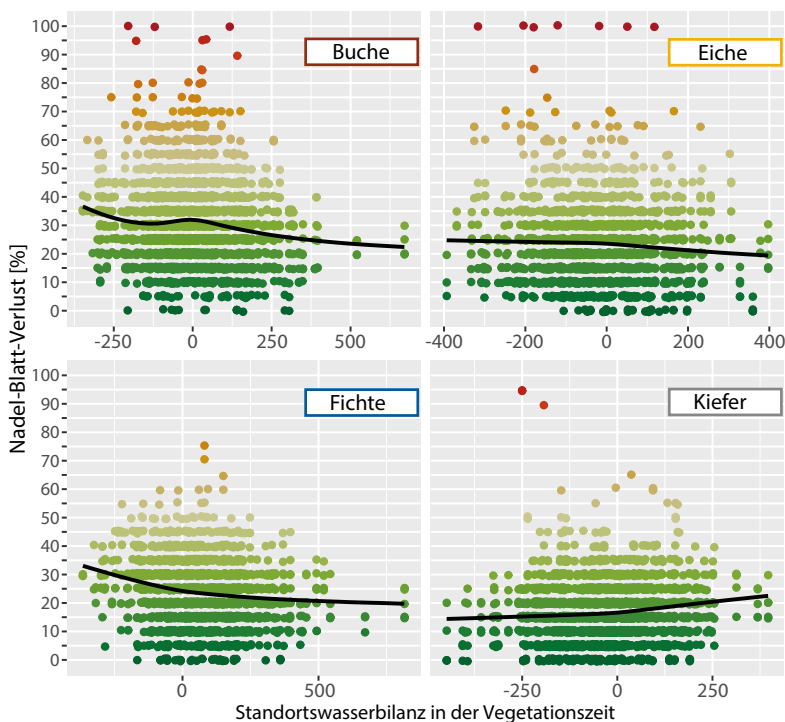
### Zusammenhänge zwischen Vitalität und Wachstum

Die Kronenverlichtung, die Fruktifikation und das Wachstum beschreiben als Vitalitätsindikatoren den Gesundheitszustand von Bäumen und stehen in direkter Beziehung zueinander. Der Zusammenhang von Kronenverlichtung bzw. Fruktifikation und jährlicher SWB in der Vegetationszeit sowie

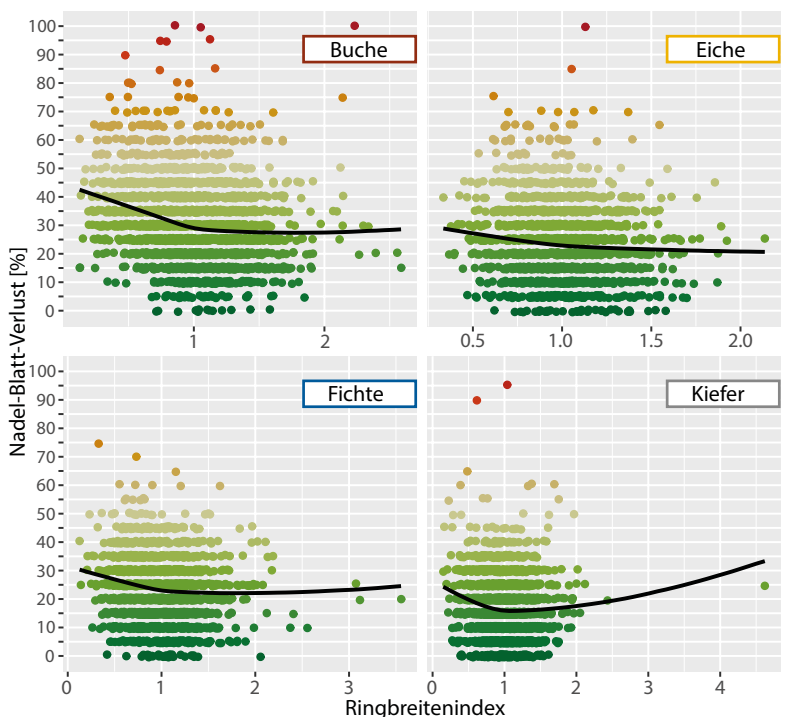
dem Ringbreitenindex kann durch ein nicht-lineares ordinales Modell beschrieben werden. Während Buche, Fichte und auch Eiche eine tendenziell höhere Kronenverlichtung bei negativeren SWB-Werten aufwiesen, wurde für Kiefer der gegenteilige Trend beobachtet. Für Buche, Fichte und Eiche ließ sich daraus schließen, dass Bäume auf trockeneren Standorten eine höhere Kronenverlichtung vorwiesen. Bei Bäumen mit höherer Kronenverlichtung wiederum wurde ein



Zusammenhang zwischen Fruktifikation nach Stärkestufen und dem Ringbreitenindex, für Buche und Fichte.



Kronenverlichtung in % in Abhängigkeit von der jährlichen Standortwasserbilanz (SWB) in der Vegetationszeit im Zeitraum der WZE



Zusammenhang zwischen Kronenverlichtung (in %) und Ringbreitenindex (RWI)



Foto: A. Gröning

geringerer Ringbreitenindex gemessen und somit geringeres Wachstum nachgewiesen. Dieser Trend war besonders deutlich für Buche und Fichte zu beobachten. Auch der Zusammenhang zwischen der Fruktifikation und dem Wachstum zeigte sich am deutlichsten in der Buche und der Fichte. Die Fruktifikation wird durch unterschiedliche Stärkestufen innerhalb der WZE im Sommer (Juli/August) erfasst. Je mehr die Bäume fruktifizieren, desto höher die Stufe. Umso höher die Stufe, desto geringer war auch das Wachstum. Für die Kiefer und die Eiche konnte kein so deutlicher Zusammenhang festgestellt werden. Für Eiche finden die Aufnahmen innerhalb der WZE zu früh statt, um die Ausprägung der Fruktifikation gut erfassen zu können.

### Ausblick

Das Projekt bietet die Möglichkeit, wertvolle Zusammenhänge zwischen dem Wachstum und der Vitalität zu analysieren. Die Beprobung entlang eines Gradienten der SWB für die einzelnen Baumarten gibt Aufschluss über die Wirkungsweise von Trockenstress auf unterschiedlichen Standorten. Es zeigte sich, dass die Bäume entlang des Gradienten unterschiedlich auf Trockenstress reagieren. Diese Beobachtungen lassen sich besonders durch die Vitalitätsindikatoren der Kronenverlichtung und des Wachstums beschreiben. Im weiteren Verlauf des Projekts werden die verschiedenen ökologischen Zusammenhänge in einem multi-kriteriellen Ansatz betrachtet.

### Literatur

Albert, Matthias; Nagel, Ralf-Volker; Nuske, Robert; Suttmöller, Johannes; Spellmann, Hermann (2017): Tree Species Selection in the Face of Drought Risk—Uncertainty in Forest Planning. In: *Forests* 8 (10), S. 363. DOI: 10.3390/f8100363.

Fritts, Harold C. (2001): *Tree rings and climate*. Reprint of second printing 1976. London: The Blackburn Press.

Grier, Charles G.; Running, Steven W. (1977): Leaf Area of Mature Northwestern Coniferous Forests: Relation to Site Water Balance. In: *Ecology* 58 (4), S. 893–899. DOI: 10.2307/1936225.

Meyer, Benjamin F.; Buras, Allan; Rammig, Anja; Zang, Christian S. (2020): Higher susceptibility of beech to drought in comparison to oak. In: *Dendrochronologia* 64, S. 125780. DOI: 10.1016/j.dendro.2020.125780.

Rukh, Shah; Sanders, Tanja G. M.; Krüger, Inken; Schad, Tobias; Bolte, Andreas (2023): Distinct Responses of European Beech (*Fagus sylvatica* L.) to Drought Intensity and Length—A Review of the Impacts of the 2003 and 2018–2019 Drought Events in Central Europe. In: *Forests* 14 (2), S. 248. DOI: 10.3390/f14020248.

Spellmann, Hermann; Albert, Matthias; Schmidt, Matthias; Suttmöller, Johannes; Overbeck, Marc (2011): Waldbauliche Anpassungsstrategien für veränderte Klimaverhältnisse. In: *AFZ/Der Wald* 66 (11).

# Wildobstarten: Erhaltung und nachhaltige Nutzung wertvoller genetischer Ressourcen

Katharina Birgit Budde, Nicole Opfermann, Katharina Volmer und Aki Michael Höltken

<https://doi.org/10.5281/zenodo.13866934>

Damit Waldökosysteme auch unter den prognostizierten Klimaveränderungen ihre vielfältigen Funktionen erfüllen können, werden auf vielen Standorten Veränderungen der Artenzusammensetzung und der Waldstrukturen unumgänglich sein. In dem Zuge werden vermutlich viele der heute noch seltenen Nebenbaumarten deutlich an Bedeutung gewinnen. Denn diese besitzen bereits häufig anpassungsrelevante Eigenschaften, die unter künftigen Umweltbedingungen von Vorteil sein können.

Im Fokus des Interesses stehen vermehrt auch Baumarten aus der Familie der Rosengewächse. Diese sind ausnahmslos wärmeliebende Lichtbaumarten und weisen eine vergleichsweise hohe Trockenheits- und Hitzetoleranz auf, sodass sie sich auch auf exponierten (Risiko-) Standorten gut behaupten können. Sie tragen zum Erhalt der Biodiversität unserer Wälder bei, da sie von einer Vielzahl von Insekten, insbesondere Bienen, Hautflüglern und Fliegen bestäubt werden und ihre Früchte einer Vielzahl von Tierarten als Nahrung dienen.

Unsere Wildobstarten verbindet eine Eigenschaft: Aufgrund ihres hohen Licht- und Wärmebedürfnisses ist ihr Vorkommen meist auf Sonderstandorte wie sonnige Hänge, Lichtungen, Waldränder oder lichte Auwälder begrenzt. Allerdings haben menschliche Eingriffe diese natürlichen Lebensräume in den letzten Jahrhunderten erheblich dezimiert, sodass ihr Flächenanteil im Wald heute deutlich unter 1 % der Gesamtbestockung ausmacht. Dies hat nicht nur die Bestandsgrößen, sondern auch populationsbiologische Prozesse zum Teil sehr stark beeinflusst: Räumliche Isolation der ohnehin von Natur aus seltenen bis zerstreuten Vorkommen führten zum Verlust der reproduktiven Vernetzung (Genfluss) und, in der Folge, auch zu Verlusten an genetischer Vielfalt und damit Anpassungsfähigkeit an sich ändernde Umweltbedingungen.



Foto: NWFVA-Archiv

Früchte der Wildbirne auf einer Wildbirnen-Samenplantage

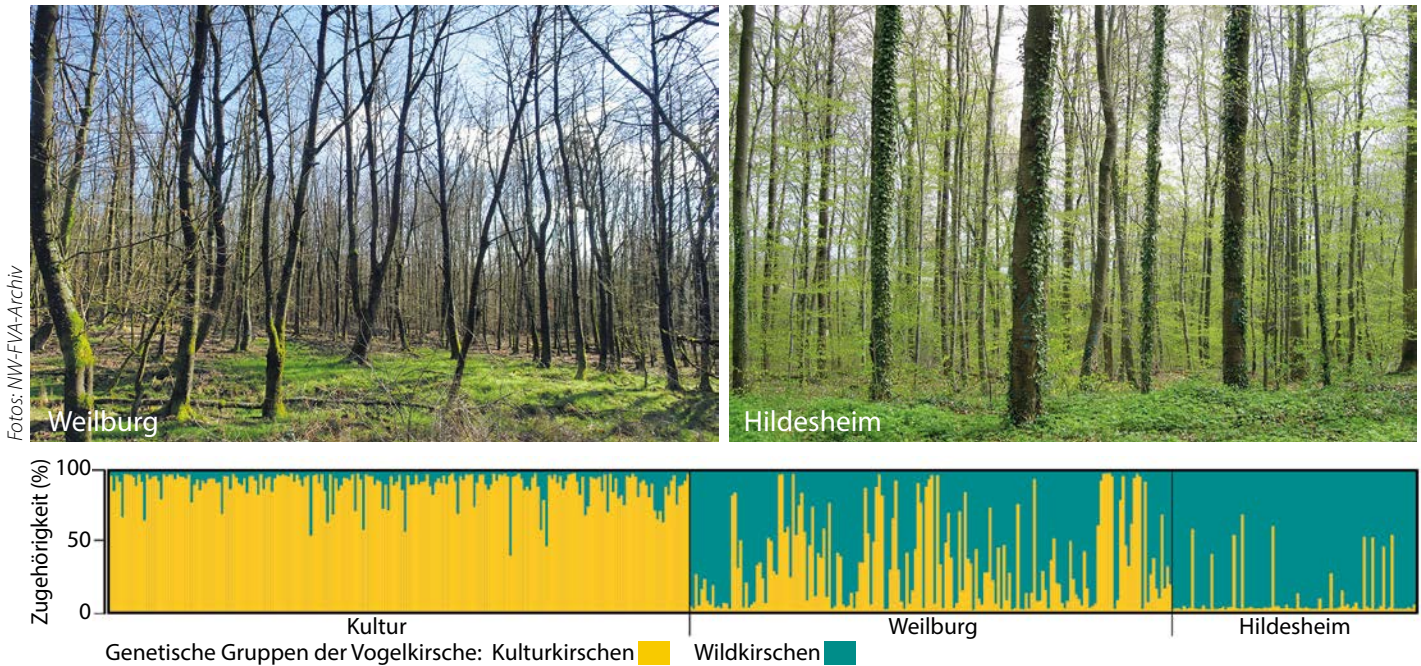
Für eine Reihe von Baumarten stellt die ausbleibende Naturverjüngung und die damit verbundene Überalterung der Bestände eine ernste Bedrohung dar. Für Wildbirne, Wildapfel und Elsbeere wird für nur 2 % bis 7 % der Vorkommen eine gute In-situ-Erhaltungsfähigkeit beschrieben, beim Speierling trifft dies auf kein einziges Vorkommen mehr zu (Schröder et al. 2013). Bei vielen Arten tritt noch ein weiteres Problem auf: Hybridisierung mit häufig verbreiteten Kultursorten aus dem Obstbau. Dies kann zur Verdrängung bzw. zum Verlust arttypischer Eigenschaften führen und die ökologische Integrität der jeweiligen Art gefährden.

Der gestiegenen Nachfrage nach Pflanzmaterial stehen demnach größere Herausforderungen bei der Beschaffung hochwertiger Vermehrungsguts gegenüber. Deshalb werden an der NW-FVA wissenschaftliche Grundlagen erarbeitet und daraus praxisrelevante Maßnahmen abgeleitet, die sowohl der Erhaltung wertvoller genetischer Ressourcen als auch der nachhaltigen Produktion von genetisch vielfältigem Vermehrungsgut dienlich sind.

## Beispiel Vogelkirsche

**Vorkommen:** In mitteleuropäischen Waldgesellschaften ist die Vogelkirsche meist nur einzelstammweise oder zerstreut in kleinen Gruppen anzutreffen. Eine dauerhafte Existenz ist nur an Standorten gegeben, an denen die Konkurrenzkraft von dominierenden Baumarten, wie der Buche, deutlich nachlässt (Ausweichstrategie). Als licht- und wärmeliebende Art kommt sie deshalb in lichten, submediterran bis subkontinental geprägten Wäldern vor (thermophile Mischwälder, Linden-Mischwälder, Kiefern-Stieleichen- und Eichen-Hainbuchenwälder etc.). Ferner spielen historische Betriebsformen wie die Nieder- und Mittelwaldwirtschaft auch für ihre heutige Verbreitung noch eine entscheidende Rolle. Denn ihre Fähigkeit, nach einem Nutzungshieb erneut auszutreiben (Stockausschlag), brachte ihr einen enormen Vorteil gegenüber der Buche. Die Vogelkirsche konnte sich durch ihre Fähigkeit zur Ausbildung von Wurzelbrut auch vegetativ auf der Fläche ausbreiten, sodass noch heute größere, genetisch identische Baumgruppen (Klongruppen) in ehemaligen Mittelwäldern vorzufinden sind.

Als Pionierbaumart vermag die Vogelkirsche größere Lücken und Freiflächen im Waldbestand schnell zu besiedeln. Ihr rasches Jugendwachstum bei vergleichsweise hoher Trockenheits- und Spätfrosttoleranz ermöglicht ihr in den ersten Lebensjahren einen deutlichen Wuchsvorsprung gegenüber vielen Wirtschaftsbaumarten. Vitale Jungpflanzen können in den ersten Lebensjahren wipfelschäftige, aufrechte Triebe von mehr als einem Meter Länge erreichen, was sie auch stark gegenüber Konkurrenzvegetation macht. So kann die Vogelkirsche frühe sukzessionale Waldstadien besetzen, bis sie wieder durch Klimaxgesellschaften ersetzt wird (Lückenstrategie).



Fotos: Unterschiedliche Wuchsformen eines kulturkirschenbeeinflussten Vogelkirschenbestands (Weilburg) und eines Bestands bestehend aus annähernd reinen Wildkirschen (Hildesheim); Balkendiagramm: Anteil der Zugehörigkeit einzelner Bäume zur Wild- und Kulturform der Vogelkirsche in den Beständen Weilburg und Hildesheim im Vergleich zu Referenzmaterial von Kultursorten nach DNA-Analyse

Damit besitzt die Vogelkirsche Eigenschaften, welche aufgrund der veränderten Störungsregime im Rahmen des Klimawandels künftig von immer größerer Bedeutung sein werden.

**Vermehrungsgut:** Die Vogelkirsche ist nicht nur ökologisch wertvoll, sie ist für die Produktion von Wertholz auch von forstwirtschaftlichem Interesse. Deshalb unterliegt sie seit dem Jahr 2003 auch dem Forstvermehrungsgutgesetz (FoVG). Bis zu diesem Zeitpunkt war Kirschensaatgut ohne Herkunftsnachweis handelbar. Entsprechend hoch war damit vermutlich auch der Anteil an Kirschen aus dem Obstbau, wo die Kerne oft als Abfallprodukt anfallen. Ferner besteht aufgrund des großflächigen Anbaus der Kulturkirsche in der freien Landschaft auch heute noch die Gefahr der Einkreuzung über Polleneinträge. Damit sind sowohl ökologische als auch ökonomische Auswirkungen verbunden, denn das Ziel der Züchtung von Süßkirschen-sorten ist die Produktion von starkastigen Bäumen mit hohen Fruchtträgen. Diese Form der menschlichen Selektion geht aufgrund einer veränderten Ressourcenverteilung von Höhenwuchs in Fruchtbildung oft auch mit einer Reduktion des Höhenwuchses einher. Deshalb zeichnen sich Vogelkirschenbestände nicht selten durch hohe Anteile krummer Stämme bzw. Bäumen mit vielen Steillästen oder sich schon früh auflösenden Kronen aus. Es besteht die Gefahr, dass die veränderten Wuchseigenschaften der Vogelkirsche zu einem weiteren Verlust ihrer Konkurrenzkraft führen.

Deshalb wird empfohlen, bei der Förderung der Naturverjüngung auf einen ausreichenden Abstand zu Kulturkirschenpflanzungen zu achten und gegebenenfalls auf Vermehrungsgut der Wildform aus den Kategorien „qualifiziert“ (Samenplantagen) oder „ausgewählt“ (Saatguterntebestände) zurück zu greifen. Vogelkirschen-Samenplantagen der NW-FVA stocken auf 5 Flächen mit insgesamt 7,1 ha in den Bundesländern Hessen und

Niedersachsen. Im Zuge des genetischen Qualitätsmanagements werden diese Plantagen auf Kulturkirschen-Anteile kontrolliert und Individuen mit Kultureinfluss nachträglich entfernt. Zusätzlich erfolgt in einigen Fällen auch eine Kontrolle des Saatgutes. Dies ermöglicht eine frühzeitige Erkennung potenzieller Fremdpolleneinträge und damit eine dauerhafte Sicherung der genetischen Qualität des Vermehrungsgutes (Erhaltung der Wildform und deren genetischer Vielfalt). Diese Form der Qualitätssicherung ist auch für zugelassene Saatguterntebestände in Bearbeitung. Hier sollte zusätzlich auf natürliche Verklonung durch Wurzelbrut geachtet werden. Nimmt diese Form der Ausbreitung größere Ausmaße an, kann es nicht nur zu einer Verringerung der genetischen Vielfalt des Bestandes, sondern auch zu einer erhöhten Anfälligkeit gegenüber Pollenübertragung aus Kulturkirschenvorkommen führen. Denn genetisch identische Bäume können sich nicht auf generativem Wege vermehren (Selbststerilität) und sind auf externe Pollenspender angewiesen.

Neben generativ erzeugtem Vermehrungsgut ist auch vegetativ vermehrtes Pflanzgut der Kategorie „geprüft“ verfügbar. Diese Klon-Mischung (silvaSELECT) hat sich in Feldprüfungen hinsichtlich Wuchs- und Qualitätsmerkmalen als überlegen gegenüber Sämlingen aus herkömmlichen Saatgutquellen erwiesen (Janßen et al. 2010).

## Beispiele Wildbirne und Wildapfel

**Vorkommen:** Wildbirne (*Pyrus pyraster*) und Wildapfel (*Malus sylvestris*) sind von Natur aus seltene Baumarten und gehören zweifellos zu den forstbotanischen Raritäten. Da sie gegenüber dominanten (Wirtschafts-) Baumarten sowohl deutlich lichtbedürftiger als auch geringwüchsiger sind, sind ihre Hauptvor-

Foto: A. M. Höfken



Vegetative, buschartige Ausbreitung der Wildbirne auf einem sehr trockenen Felsstandort mit extremen sommerlichen Oberflächentemperaturen

kommen natürlicherweise nur an die äußersten Grenzen ihrer weiten Standortsamplitude begrenzt (Ausweichstrategie). Dazu zählen u. a. wärmeliebende Gebüsch- und Eichenwaldgesellschaften, aber auch Standorte mit starken Schwankungen zwischen periodischen Überflutungen und extremen Trockenphasen (Hartholzauen).

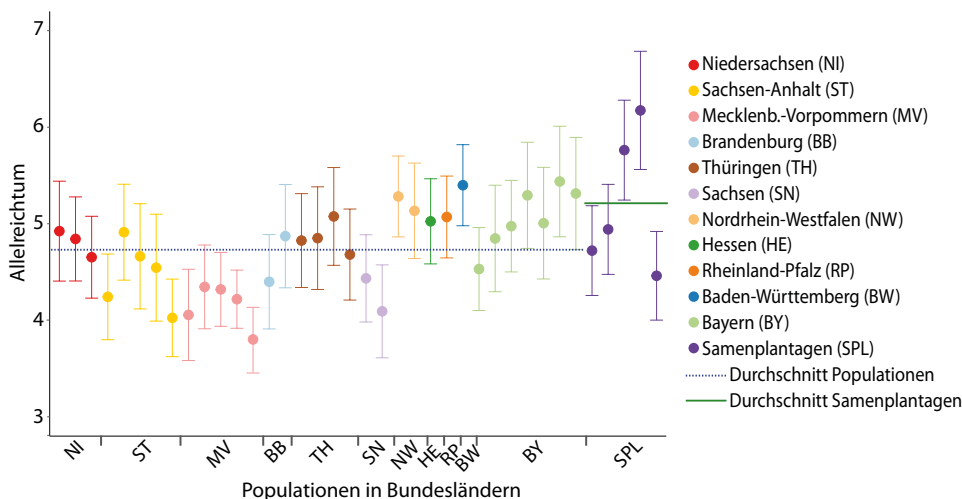
**Gefährdung:** Beide Arten stehen in einigen Bundesländern auf der Roten Liste und sind als gefährdet eingestuft. Denn die für ihre Vorkommen typischen extrazonalen Sonderstandorte stellen meist Relikte wärmezeitlicher Eichenwälder dar und sind in Mitteleuropa heute sehr selten. Auch die Wälder der Hartholzauen sind aufgrund von Flussbegradigungen und Trockenlegungen bis auf sehr vereinzelte Restvorkommen nahezu vollständig verschwunden. Ferner haben Veränderungen der forstwirtschaftlichen Betriebsformen, insbesondere die Umstellung von lichten Nieder- und Mittelwäldern auf den Hoch-

waldbetrieb mit meist geschlossenen Kronendächern, dazu beigetragen, dass diese beiden Arten heute nur sehr vereinzelt oder in kleinen, stark fragmentierten Populationen vorzufinden sind. Aus genetischer Sicht verringert die damit einhergehende Isolierung der Vorkommen die effektiven Populationsgrößen und fördert Drift- und Inzuchteffekte, die zu einer Reduktion der genetischen Vielfalt und herabgesetzter Fitness führen können. Zur Gefährdung durch Habitatverluste kommt aber noch eine weitere Bedrohung hinzu: Aufgrund der starken räumlichen Isolation vereinzelter Vorkommen, kombiniert mit Eigenschaften wie Selbststerilität und vegetativer Vermehrung über Wurzelbrut, sind viele der heutigen Reliktvorkommen auf externe Pollenspende angewiesen. Deshalb tendieren Wildapfel und Wildbirne noch stärker zur Hybridisierung mit weit verbreiteten Zuchtsorten als die häufigere Vogelkirsche. Dabei handelt es sich vielfach auch um andere Arten, aus denen unsere Zuchtsorten hervorgegangen sind. Bei der Kulturbirne werden bis zu acht asiatische Arten genannt, beim Wildapfel sind es im Wesentlichen zwei, ebenfalls aus dem asiatischen Raum stammende Arten.

Daraus resultieren weitere Probleme, denn die Vermischung des heimischen Genpools mit dem der Kultursorten birgt die Gefahr der Beeinträchtigung der genetischen und ökologischen Artintegrität. Studien am Wildapfel haben u. a. ergeben, dass die Einkreuzung von Kultursorten zu einer Abnahme der Überflutungs- und Beschattungstoleranz und damit zum Verlust der typischen Eigenschaften einer Auwaldbaumart führt (Ahl et al. 2021).

**Vermehrungsgut:** Um die heimische genetische Vielfalt (Anpassungspotenzial) und damit bestehende Populationen auch langfristig in ihrer Existenz zu sichern, sind aus forstgenetischer Sicht Maßnahmen zur Erhaltung der Artreinheit der Wildbirne und des Wildapfels dringend geboten. Da die morphologische Unterscheidung in sehr vielen Fällen kaum möglich ist, werden im genetischen Labor der NW-FVA DNA-basierte Verfahren eingesetzt. Diese ermöglichen nicht nur eine Unterscheidung von Wild- und Kulturformen, sondern auch eine recht genaue Einschätzung des Hybridstatus.

Für die Rekonstruktion natürlicher Vegetationsgesellschaften im Zuge von Renaturierungsmaßnahmen (z. B. Hartholzauen) oder für die Erhaltung von Waldstrukturen auf Extremstandorten muss auch die Bereitstellung hochwertigen Pflanzguts gewährleistet werden. In dem Zusammenhang sollte aber nicht ausschließlich der Erhalt der Wildform dieser Baumarten im Vordergrund stehen. Auch die Erhaltung der genetischen Vielfalt ist von großer Bedeutung. Hier birgt die Verwendung von Vermehrungsgut aus In-situ-Beständen die Gefahr,



Genetische Vielfalt von In-situ-Vorkommen (nur Bestände ab 10 Individuen) und Samenplantagen reiner Wildbirnen nach DNA-basierter taxonomischer Bestimmung





Foto: NWFA-Archiv

Samenplantage der Vogelkirsche zur Erzeugung hochwertigen forstlichen Vermehrungsgutes

dass die genetische Vielfalt des Saatgutes aufgrund der oft sehr geringen Populationsgrößen für die Etablierung überlebensfähiger Populationen in vielen Fällen nicht ausreicht (Höltken et al. 2024).

Wildbirne und Wildapfel unterliegen nicht dem Forstvermehrungsgutgesetz (FoVG). Daher besteht zusätzlich das Problem, dass durch Einbringung ungeeigneten Pflanzguts aufgrund fehlender rechtlicher Bestimmungen auch noch lokale genetische Strukturen und Anpassungsmuster verloren gehen. Samenplantagen stellen hier ein wichtiges Instrument dar, um für diese (wie auch andere seltene) Baumarten die Produktion von artreinem und herkunftsgesichertem Vermehrungsgut höchster Qualität zu gewährleisten. Auch die genetische Vielfalt kann auf einem regionaltypisch hohen Niveau gehalten werden (siehe Abb. Seite 40). Die NW-FVA ist führend in der Samenplantagen-Forschung und verfügt über ein deutschlandweit einzigartiges Flächenportfolio des Wildapfels und der Wildbirne. Insgesamt stehen 18 Flächen auf 24,1 ha als Genarchiv oder für die Beerntung zur Verfügung. Zur Vermeidung von Kulturpolleneintrag können einige dieser Flächen vollständig mit Insektennetzen abgedeckt werden. Die Bestäubung der Blüten innerhalb dieser Netze übernehmen dann kommerziell erhältliche Hummelvölker (Höltken et al. 2017, 2024).

### Vorteile von Samenplantagen

Naturverjüngung und die damit verbundenen natürlichen Anpassungsprozesse sollten, wo immer möglich, gefördert werden. Jedoch ist die In-situ-Erhaltung vieler Wildobstbestände aufgrund fehlender Naturverjüngung und damit Überalterung der Bestände, Hybridisierung mit Kultursorten oder auch fehlender genetischer Vielfalt in vielen Fällen kaum realisierbar. Allgemein ist ein steigender Bedarf an hochwertigem Vermehrungsgut dieser Baumartengruppe zu verzeichnen, da die Sicherung einer dauerhaften Existenz vieler Vorkommen nur

durch künstliche Einbringung gesichert werden kann. Deshalb werden spezielle Samenplantagen mit hohen Qualitätsstandards eingerichtet. Insgesamt werden 30 Samenplantagen für die Baumarten Vogelkirsche, Wildbirne, Wildapfel, Elsbeere und Speierling von der NW-FVA bewirtschaftet. Gegenüber Freilandabsaaten können Samenplantagen für die Produktion von Vermehrungsgut sowohl ökologisch-genetisch als auch ökonomisch von großem Vorteil sein (Höltken et al. 2017):

- Garantie der Artreinheit bzw. der Erhaltung der Wildform bei Arten, die durch Einkreuzung nicht heimischer Arten bzw. Kultursorten gefährdet sind
- Schaffung von vergleichsweise großen Reproduktionseinheiten (Populationen) und damit Aufrechterhaltung einer hohen genetischen Vielfalt im Vermehrungsgut, insbesondere bei Arten, die von Natur aus selten sind und/oder teilweise ausgeprägte klonale Strukturen über vegetative Ausbreitung entwickeln
- Möglichkeit der optimalen Rekonstruktion der genetischen Ausstattung einer Region bzw. eines Vorkommensgebietes (genetische Vielfalt, Differenzierung)
- deutlich gesteigerte Erntemengen bei zeitlich-technisch einfacheren Beerntungsmöglichkeiten im Gegensatz zu In-situ-Beständen (Kostenoptimierung)
- Möglichkeit einer DNA-basierten Herkunfts- und Identitätskontrolle (Zertifizierung) von gehandeltem Vermehrungsgut.

Samenplantagen verschiedener Wildobstarten im Zuständigkeitsbereich der NW-FVA

	Vogelkirsche	Wildbirne	Wildapfel	Elsbeere	Speierling
Hessen	1	3	4	1	1
Niedersachsen	4	4	3	2	–
Sachsen-Anhalt	–	1	1	2	1
Schleswig-Holstein	–	1	1	–	–

### Literatur

Ahl L., Aas G., Walentowski H., Höltken A. M., Feulner M. (2021): Niche differentiation between *Malus sylvestris* and its hybrid with *Malus domestica* indicated by plant community, soil and light. *Journal of Vegetation Science*, 32:e13078, <https://doi.org/10.1111/jvs.13078>.

Höltken A. M., Hennig A., Kleinschmit J. R. G., Arndt H. J., Steiner W. (2017): Erhaltung und Produktion gebietseigener genetischer Vielfalt in Ex-situ-Populationen. *Naturschutz und Landschaftsplanung* 49, 126-134.

Höltken A. M., Budde K. B., Šeho M., Steiner W. (2024): Die Wildbirne [*Pyrus pyraeaster* (L.) Burgsd.]: Eine forstbotanische Rarität unter der genetischen Lupe. *Forstliche Forschungsberichte München*, in Druck.

Janßen A., Meier-Dinkel A., Steiner W., Degen B. (2010): Forstgenetische Ressourcen der Vogelkirsche. *Forst und Holz* 65, 19-24.

Schröder J., Kätzel R., Schulze T., Kamp T., Huber G., Höltken A. M., Steiner W., Konnerth M. (2013): Seltene Baumarten in Deutschland: Zustand und Gefährdung. *AFZ-DerWald* 12, 4-6.

# Trockenjahre und Buchenmortalität: Geschlossenes Kronendach mindert Schäden

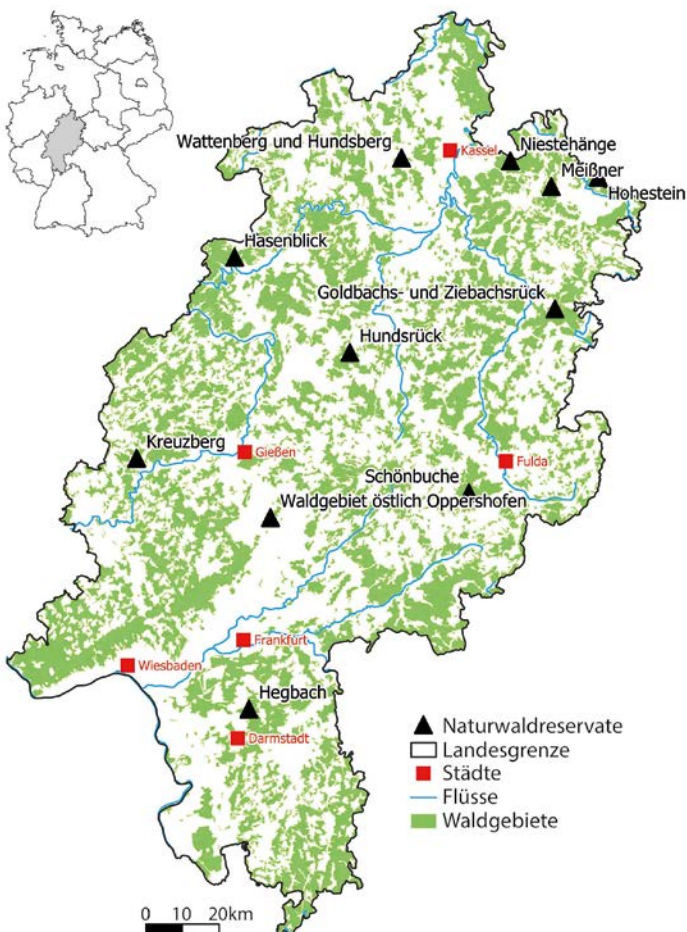
Peter Meyer, Andreas Mölder und Ralf-Volker Nagel

<https://doi.org/10.5281/zenodo.13867024>

Das im Zuge der jüngsten Dürrejahre beobachtete Absterben von Rotbuchen lässt befürchten, dass diese wichtige einheimische Baumart künftigen Trockenperioden nicht gewachsen ist. Um das Ausmaß des Absterbens in den Dürrejahren der Periode 2018–2022 genauer zu quantifizieren und das Verständnis der Mortalitätsursachen zu verbessern, haben wir das Absterben von Buchen in elf hessischen Naturwaldreservaten jährlich erfasst.

## Untersuchungen in hessischen Naturwaldreservaten

Die meisten hessischen Naturwaldreservate wurden in den späten 1980er Jahren eingerichtet. Sie bestehen aus einem nicht mehr forstlich bewirtschafteten Totalreservat und einer weiterhin genutzten Vergleichsfläche. Ziel dieses Vergleichsflächen-Konzeptes ist es, den Einfluss der forstlichen Bewirtschaftung bzw. der Nutzungsaufgabe langfristig zu untersuchen. Dies bietet uns heute die Möglichkeit, das dürrebedingte Absterben von Buchen auf bewirtschafteten und nutzungsfreien Flächen unter sonst weitgehend gleichen Bedingungen zu analysieren. Da die Naturwaldreservate zudem bereits seit dem Ende der 1980er Jahre zweimal



Lage der elf untersuchten Naturwaldreservate in Hessen. Geodaten: Hessische Verwaltung für Bodenmanagement und Geoinformation – © 2024

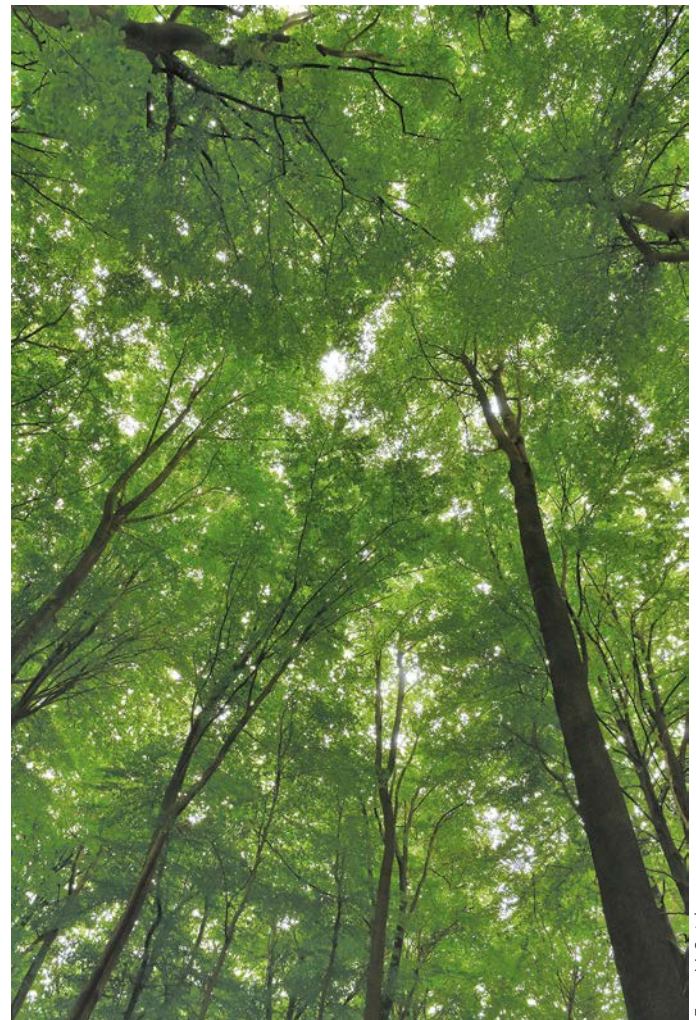


Foto: M. Spielmann

waldkundlich untersucht worden sind, kann das Mortalitätsgeschehen über einen ungewöhnlich langen Zeitraum von 35 Jahren analysiert werden.

Nach einem standardisierten Verfahren fanden in den 21 bis 69 Hektar großen Teilflächen der ausgewählten Naturwaldreservate Inventuren des Gehölzbestandes auf 0,1 Hektar großen Probekreisen statt, die in einem Raster von 100 m x 100 m über die Gesamtfläche verteilt sind. Da jeder Baum ab 7 cm Durchmesser in Brusthöhe anhand seiner Koordinaten bei Folgeinventuren wieder auffindbar ist, kann sein individuelles „Schicksal“ über den Gesamtzeitraum verfolgt werden.

Für die hier vorgestellte Studie wurden Buchenbestände ab einem Alter von 100 Jahren auf frischen bis mäßig trockenen Standorten ausgewählt. Damit werden hinsichtlich des Geländewasserhaushaltes mehr als 95 % der Standorte der hessischen Waldfläche repräsentiert. In den elf ausgewählten Naturwaldreservaten (Abb. links) wurden 276 Probeflächen in den Jahren 2020 bis 2023 jährlich erfasst.

Zur Berechnung der Absterberaten wird die Beobachtungszeit in drei Perioden unterteilt: 1.) Der Zeitraum von der ersten zur zweiten Inventur, 2.) der Zeitraum von der zweiten Inventur bis zum Jahr 2017 und 3.) die Periode der dürregeprägten

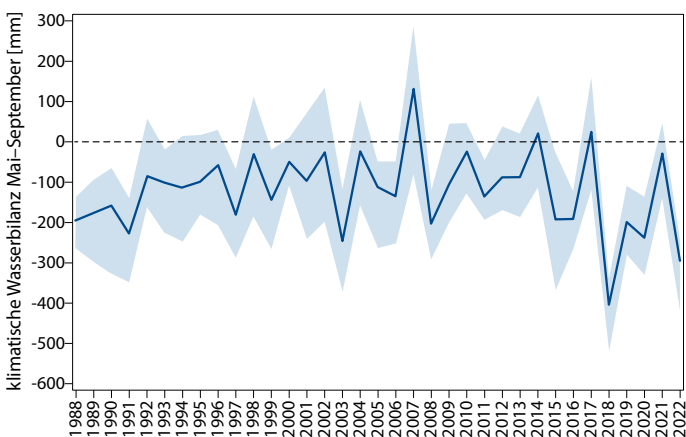
Jahre 2018–2022. Für jede abgestorbene Buche, die bei der Erstinventur erfasst worden war, wurde ermittelt, in welcher der drei Perioden sie abgestorben war. Bei der Datenanalyse wurde ausschließlich die natürliche Mortalität von Buchen betrachtet.

Um der Frage nachzugehen, ob eher dominante oder unterdrückte Bäume abgestorben waren, wurde ein Dominanzindex errechnet, der die Stellung eines Baumes im Kollektiv des Gesamtbestandes beschreibt. Der Dominanzindex ist der Quotient aus dem Grundflächen- und dem Stammzahlanteil des abgestorbenen Baumes bezogen auf den Bestand aller lebenden Bäume  $\geq 7$  cm Brusthöhendurchmesser.

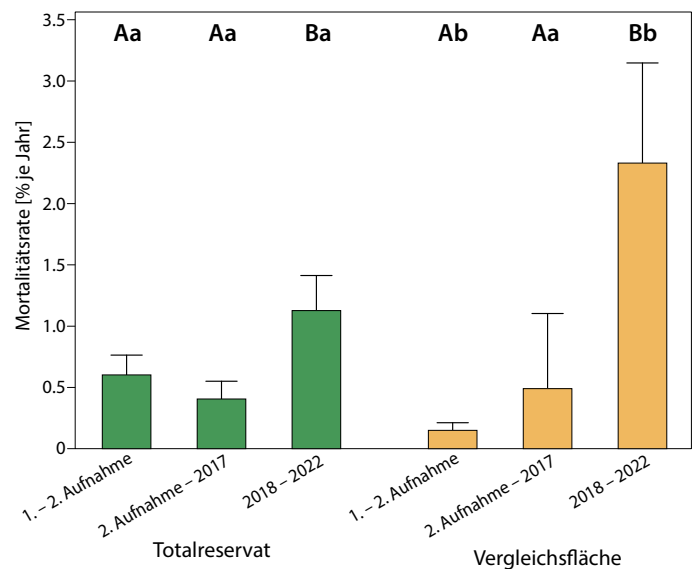
### Dürrebedingte Mortalität in moderatem Umfang

Die Dichte des lebenden Baumbestandes (gemessen in Form der Grundfläche je Hektar) stieg in den Totalreservaten seit Ende der 1980er Jahre deutlich an, während sie – bei gleichem Ausgangsniveau – auf den Vergleichsflächen infolge von Durchforstungen und Ernteeingriffen erheblich abgesunken ist. Der Verlauf der klimatischen Wasserbilanz im Untersuchungszeitraum verdeutlicht den ausgeprägten Wassermangel in den Dürrejahren der Periode 2018–2022 (Abb. unten). Hierdurch ist sowohl in den Totalreservaten als auch in den Vergleichsflächen die natürliche Mortalitätsrate signifikant angestiegen (Abb. rechts oben). Insgesamt bewegen sich die Absterberaten jedoch auf einem moderaten Niveau. In den bewirtschafteten Vergleichsflächen erreicht die mittlere Absterberate einen mehr als doppelt so hohen Wert wie in den Totalreservaten. Dieser Unterschied zwischen den Teilflächen ist statistisch signifikant.

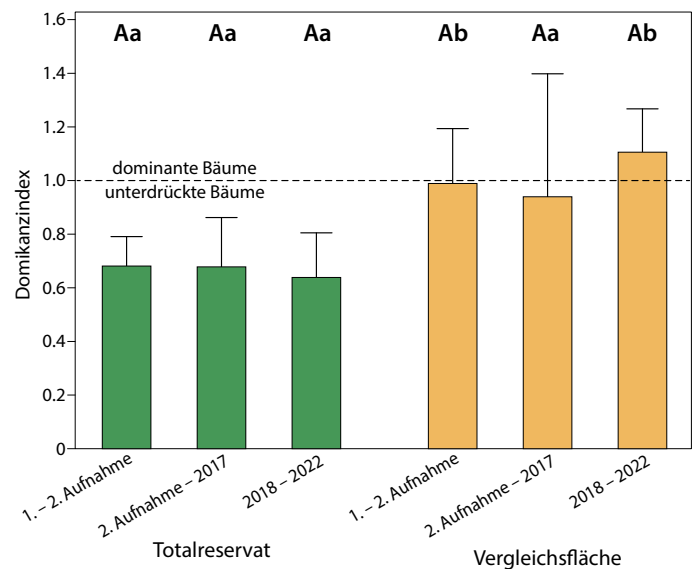
Allerdings erlaubt die alleinige Betrachtung der Mortalitätsraten keine Aussage darüber, ob lediglich unter- und zwischenständige Bäume abgestorben sind oder das obere Kronendach durch das Absterben dominanter Bäume aufge-



Klimatische Wasserbilanz in der Vegetationsperiode für die Jahre von 1988 bis 2022 in den Untersuchungsflächen. Dunkelblaue Linie: Mittelwert der Probeflächen, hellblau unterlegt: 95%-Konfidenzintervall.



Mittelwerte und Obergrenze des 95%-Konfidenzintervalls der natürlichen Mortalitätsraten der Buche in den Untersuchungsperioden und Varianten. Unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante ( $p < 0,05$ ) Unterschiede zwischen den Perioden innerhalb einer bestimmten Behandlung (Großbuchstaben) und zwischen den Behandlungen innerhalb eines bestimmten Zeitraums (Kleinbuchstaben) nach einem Scheffé-Test.



Mittelwerte und Obergrenze des 95%-Konfidenzintervalls des Dominanzindex der natürlich abgestorbenen Buchen in den Untersuchungsperioden und Varianten. Unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante ( $p < 0,05$ ) Unterschiede zwischen den Perioden innerhalb einer bestimmten Behandlung (Großbuchstaben) und zwischen den Behandlungen innerhalb eines bestimmten Zeitraums (Kleinbuchstaben) nach einem Scheffé-Test.

lichtet wurde. Daher wurde zusätzlich zu den Mortalitätsraten der Dominanzindex berechnet. Für herrschende Bäume ist ein Wert über 1 und für unterdrückte Bäume ein Wert unter 1 kennzeichnend. Der Dominanzindex zeigt, dass sich Totalreservate und Vergleichsflächen erheblich hinsichtlich der Art der Mortalität voneinander unterscheiden (Abb. oben). Während in den unbewirtschafteten, geschlossenen Beständen vorrangig unterdrückte Bäume abgestorben sind, ist die Mortalität in den bewirtschafteten Vergleichsflächen auf die herrschende Kronenschicht konzentriert.



Foto: J. Weymar

### Schlussfolgerungen

Die nur mäßig erhöhte Sterblichkeit während der Dürreperiode zwischen 2018 und 2022 gibt eine gewisse Entwarnung für die typischen Buchenstandorte im Zentrum des Verbreitungsgebietes dieser Baumart. Die Ergebnisse können jedoch nicht ohne weiteres auf andere Standorte mit geringeren Niederschlägen und ungünstigerer Wasserspeicherkapazität übertragen werden. Außerdem zeigte sich nach früheren Trockenperioden wie in den 1970er Jahren ein weiteres Anhalten des Schadgeschehens selbst in darauffolgenden Jahren mit günstigerem Witterungsverlauf.

Die Auswirkungen von Trockenheit, standörtlicher Ausgangssituation, Befall mit Pathogenen und der Auflichtung des Kronendaches auf die Mortalität von Buchen sind sehr komplex und erst teilweise aufgeklärt. In unserer Untersuchung konnten Dürre und Konkurrenz (vorrangiges Absterben unterdrückter Bäume in den Totalreservaten) als wichtige Mortalitätsursachen bestätigt werden. Ebenso zeigte sich, dass das Risiko des Absterbens herrschender Bäume in den aufgelichteten Vergleichsflächen während der Dürrejahre erhöht war. Vermutlich ist der Zusammenhang zwischen der Eingriffsstärke, dem Baumalter, der Vorbehandlung und der Witterung in den Folgejahren des Eingriffs von entscheidender Bedeutung für das Mortalitätsgeschehen. Wie eine Reihe von Untersuchungen zeigt, kann eine hohe Einzelbaumvitalität, die im Zuge von Auslesedurchforstungen in jüngeren Beständen angestrebt wird, auch in Dürrejahren zu einer geringeren Sterbewahrscheinlichkeit führen. Bei günstiger Witterung reagieren die geförderten Buchen mit einem erheblichen Lichtungszuwachs. Dies zeigt die grundsätzlich hohe Reaktionsfähigkeit der Baumart Buche auf forstliche Eingriffe. Gleichzeitig führt der dabei erhaltene Buchenunterstand zu einem günstigeren Bestandesklima, höherer Luftfeuchte und sorgt für die Beschattung der gegenüber extremer Hitze und Strahlung empfindlichen, glattrindigen Buchenstämme. In älteren Beständen ohne diese Vorpflege

sind solche Bestandesstrukturen nicht mehr erreichbar, erst recht, wenn sie bereits stärker aufgelichtet sind. Hier steigt in Trockenperioden die Wahrscheinlichkeit, dass auch oberständige Bäume absterben und sich der Bestand weiter auflöst. Es entspricht dem waldbaulichen Erfahrungswissen, dass ältere, vormals geschlossene Buchenwälder auf starke schirmschlagartige Auflichtungen oftmals mit einer schütterten Belaubung und Absterbeerscheinungen reagieren. Unsere Untersuchung weist darauf hin, dass ein aufgelichtetes Kronendach älterer Buchenbestände in Dürrejahren das Ausfallrisiko oberständiger Bäume erhöht.

Ein Umgang mit älteren noch weitgehend geschlossenen Buchenbeständen muss dies berücksichtigen. Vollflächige schirmschlagartige Auflichtungen sind deshalb nicht zielführend. Auch vollflächige Sanierungshiebe, die in gleiche Strukturen führen, sollen vermieden werden, soweit Belange des Arbeitsschutzes und der Verkehrssicherung dies zulassen. Verfahren des Femel- und Lochhiebes, die auch die Verjüngung trockenoleranterer, lichtbedürftiger Baumarten ermöglichen, sind auf die Verhältnisse zu kalibrieren, während die restlichen Bestandesteile im Zuge gestreckter Nutzungs- und Verjüngungszeiträume lange geschlossen gehalten werden. Ein solches behutsames und adaptives Vorgehen kann langfristig auch zu mutmaßlich resilienteren Bestandesstrukturen beitragen.

### Weiterführende Literatur

Hoppmann T., Mölder A., Meyer P. (2022): Welche Folgen hat die Dürre seit 2018 für hessische Buchenwälder? Jahrbuch Naturschutz in Hessen 21: 53–58.

Meyer P., Mölder A., Spínu A. P., Bauhus J., Hoppmann T. (2022): Einfluss von Dürre und Bewirtschaftung auf die Buchenmortalität. AFZ-DerWald 177(24): 16–20.

Meyer P., Spínu A. P., Mölder A., Bauhus J. (2022): Management alters drought-induced mortality patterns in European beech (*Fagus sylvatica* L.) forests. Plant Biology 24(7): 1157–1170.

## Boden des Jahres: Waldboden

Jan Evers, Oliver van Straaten und Felix Grün

<https://doi.org/10.5281/zenodo.13867077>

Die Waldböden bilden das Fundament unserer Wälder und sind eine bedeutende, begrenzte sowie schützenswerte natürliche Ressource, die viele ökologische Funktionen im Naturhaushalt erfüllt. Sie dienen nicht nur als Wasser- und Nährstoffspeicher, sondern übernehmen auch Filter- und Pufferfunktionen sowie die Bereitstellung von Lebens- und Wurzelraum. Insbesondere in Zeiten sich stark verändernder klimatischer Bedingungen leisten Waldböden einen wichtigen Beitrag zur Kohlenstoffspeicherung, zum Erhalt der Biodiversität und zum effektiven Hochwasserschutz. Neben Mooren stellen Wälder den größten Kohlenstoffspeicher in Deutschland dar, wobei rund die Hälfte der Kohlenstoffvorräte von Wäldern in den Waldböden gebunden ist.

Damit die ökologischen Funktionen unserer Waldböden auch in Zukunft gesichert sind, ist ein funktionierendes Zusammenspiel von wissenschaftlichen Erkenntnissen und einer naturnahen sowie nachhaltigen Waldwirtschaft erforderlich. Ungefähr ein Drittel der Landesfläche in Deutschland besteht aktuell aus Waldböden, was einer Gesamtfläche von insgesamt 11,4 Mio. Hektar entspricht. Die Waldflächen der Bundesländer Niedersachsen, Hessen, Sachsen-Anhalt und Schleswig-Holstein betragen zusammen 2,8 Mio. Hektar. Das sind 25 % der bundesweiten Waldfläche. Damit sind Waldböden allein schon wegen ihres Flächenanteils ein zentrales Element im Naturhaushalt. Sie finden sich überwiegend dort,



Fotos: J. Evers

*Gut durchwurzelter, humoser Oberboden*

wo es für die landwirtschaftliche Nutzung oder menschliche Besiedlung zu nährstoffarm, zu trocken oder zu nass, zu steil oder zu steinig ist. Wenn man bedenkt, dass Deutschland früher bis auf wenige Regionen (z. B. die Marschen an der Küste, Moore) komplett bewaldet war, finden alle Landnutzungen auf ehemaligem Waldboden statt. Der Mensch hat über die Epochen hinweg Wälder intensiv genutzt, die Spuren und Folgen von Baustoffgewinnung, Brennstoffherstellung, Waldweidennutzung, Köhlerei sowie Glashütten und Erzgewinnung sind bis heute deutlich erkennbar. Der Waldboden als Archiv hält noch immer wertvolle Informationen zur Archäologie und Erforschung menschlicher Kulturgeschichte bereit. Verlässt man befestigte Wege, geht es schnell über herabgefallenes Laub, Nadelreste, Zweige, Zapfen und dem, was davon übrig ist. Man bewegt sich auf dem Teil des Bodens, der Auflagehumus genannt wird. Er liegt dem Mineralboden auf, besteht aus Pflanzenteilen und organischer Feinsubstanz und hat je nach Standort und seinen Bedingungen unterschiedliche Eigenschaften.

Der Auflagehumus ist typisch für den Wald und seine Böden. Er kann sich ausbilden, weil Wald im Unterschied zu landwirtschaftlichen Böden kaum bearbeitet wird und die Anhäufung von Laub- und Nadelstreu recht hoch sein kann. Der Humus ist locker, weich und gut durchwurzelt, von Pilzmycel durchzogen und sehr belebt: Käfer, Regenwürmer, Milben, Asseln und Milliarden von Kleinstlebewesen. Daher findet man auch in einer Handvoll Waldhumus mehr Lebewesen, als es Menschen auf der Welt gibt – ein Alleinstellungsmerkmal unserer Waldböden.

Der Auflagehumus, der hauptsächlich von den Faktoren Standort und Bestand beeinflusst wird, hat wiederum großen Einfluss auf den darunter liegenden Mineralboden. Die Humifizierung von organischem Material führt in den oberen Bodenschichten zu den für Waldböden üblichen stark humosen obersten Schichten. Eine Bodenbearbeitung oder Düngung wird in der Regel im Wald nicht durchgeführt. Organisches



Foto: INW-FVA-Archiv, Abt. Umweltkontrolle

*Pseudogley-Parabraunerde aus tertiärem Ton*

Material wird daher allein aufgrund von Durchwurzelung und das Durchmengen und Vermischen durch Lebewesen (Bioturbation, wie z. B. durch Regenwürmer) in tiefere Bodenschichten verlagert. Dies geschieht vorwiegend im Oberboden bis etwa 30 cm Bodentiefe. In tieferen Bodenschichten nehmen die Humusanteile und damit die Kohlenstoffgehalte deutlich ab, wodurch dort auch die Kohlenstoffvorräte zurückgehen. Im Oberboden bis 30 cm Bodentiefe mit Auflagehumus befinden sich bezogen auf 90 cm Bodentiefe rund drei Viertel des Kohlenstoffvorrats.

Grundsätzlich entstehen auch Waldböden aus Verwitterung und Verlagerung der jeweils anstehenden geologischen Ausgangssubstrate und bilden ein Gemisch aus Mineralboden, Luft und Wasser sowie organischen Bestandteilen. Mineralverwitterung, Niederschlag, Grundwasser und die Zersetzung organischer Substanz führen Nährstoffe zu, die von den Baumwurzeln aufgenommen und durch die Streu sowie die absterbende Wurzelmasse wieder zurückgeführt werden. Durch die zahlreichen physikalischen, chemischen und biologischen Prozesse entwickeln und verändern sich Waldböden ständig, sie sind offene und poröse Systeme. Waldböden entwickeln sich jedoch sehr langsam: Als Faustregel werden etwa 100 Jahre für die Bildung von einem Zentimeter Waldboden veranschlagt. Alte Waldstandorte können somit mehrere 10.000 Jahre alt sein. Dennoch sind der jeweilige Zustand und die ökologische Beschaffenheit des Waldbodens dynamisch; er reagiert zum Teil sehr empfindlich auf Veränderungen des Klimas, der Waldbewirtschaftung und der Stoffeinträge. Jeder dieser Faktoren beeinflusst die Bodenbiologie sowie das ökologische Gleichgewicht, den Nährstoffkreislauf und den Wasserhaushalt im Wald.



Braunerde-Regosol aus Tonschiefer



Pseudogley aus Lösslehm

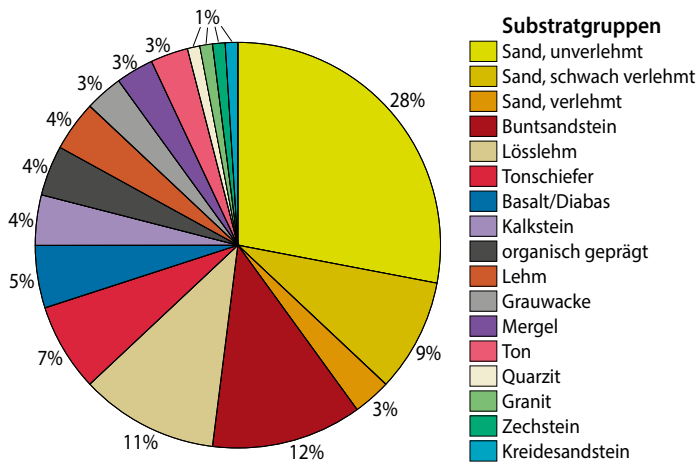
Foto: NW-FVA-Archiv, Abt. Umweltkontrolle

Jeder Waldboden hat sich nach den spezifischen Bedingungen des Standortes entwickelt und ist damit einzigartig. Unterschiedliche Ausgangsgesteine, Klimafaktoren, Gelände-relief sowie der Einfluss von Wasser, Vegetation, Mensch und Zeit bringen eine enorme Vielfalt an Waldböden hervor. Von den periglazial geprägten Landschaften des Norddeutschen Tieflandes, über die Lössböden bis hin zu den Mittelgebirgen bieten die vier Bundesländer Niedersachsen, Hessen, Sachsen-Anhalt und Schleswig-Holstein geologisch ein sehr breites Spektrum.

Von den „reicheren“ Gesteinen wie Geschiebemergel, Kalkstein, Basalt oder Diabas, die deutlich basenreicher verwittern, reicht die Vielfalt an Ausgangsgesteinen über Sande, Beckentone, Lösslehme und Tonschiefer bis hin zu eher silikatärmeren Gesteinen wie Bundsandstein, Grauwacke oder Granit.

Je nach Bodenbildungsprozessen, die das Material umwandeln, verlagern oder durchmischen, über Frostspaltung zerkleinern, chemisch verwittern oder lösen und durch Anreicherung von organischer Substanz und Bioturbation Kohlenstoff einbinden, entstehen verschiedene Bodentypen unter Wäldern.

In Schleswig-Holstein, Niedersachsen und Sachsen-Anhalt überwiegen mit Abstand die Sande mit ihren verschiedenen Verlehmungsgraden. Im Hessischen Bergland sind Buntsandstein, Basalt oder Tonschiefer am häufigsten. Waldmoore befinden sich überwiegend in Niedersachsen, obwohl sie vereinzelt überall vorkommen können. Reichere Mergelstandorte sind typisch für den Osten Schleswig-Holsteins, Lösslehm dagegen in den anderen drei Bundesländern.



Verteilung der wichtigsten geologischen Ausgangssubstratgruppen im Bereich der NW-FVA

Die nachhaltige und naturnahe Waldwirtschaft richtet sich nach den von der Natur gegebenen Bedingungen. Nur mit Kenntnis der Möglichkeiten und Grenzen der jeweiligen Waldböden kann ein langfristiger Walderhalt sichergestellt werden. Grundlage dafür ist die forstliche Standortskartierung, die flächig die erforderlichen Informationen zum Waldboden und seiner Nährstoff- und Wasserversorgung liefert. Vor dem Hintergrund des Klimawandels sind fundierte Informationen zum Wasserspeichervermögen des Bodens bedeutend, um eine möglichst klimaangepasste Baumartenwahl umsetzen zu können. Sich schnell verändernde klimatische Verhältnisse und daraus resultierende Schadereignisse wie Trockenstress, Borkenkäferbefall und Befall durch weitere Schaderreger fordern die forstliche Standortskartierung, Waldbauplanung und Waldforschung mit fachlich abgestimmten Baumartenempfehlungen stark heraus, um sowohl einen klimaangepassten und robusten Wald sicherzustellen als auch tragfähige Empfehlungen zur Aufforstung großer Schadflächen abgeben zu können.

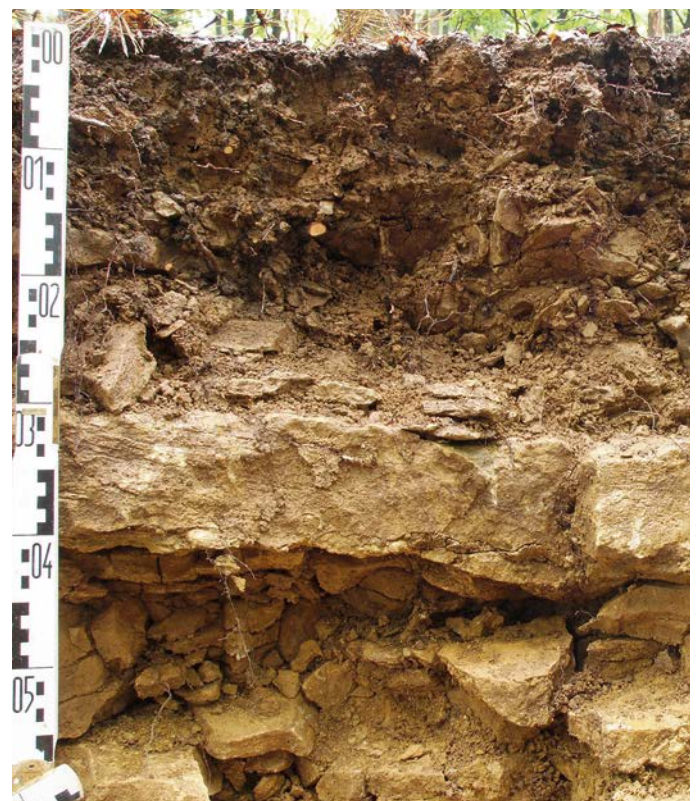
Neben der Standortskartierung ist das forstliche Umweltmonitoring ein wichtiges Instrument, um länderübergreifend den Zustand und die Veränderung von Waldböden zu erfassen und zu bewerten. Diese Untersuchungen belegen, dass die atmosphärischen Säureeinträge seit dem Beginn der Industrialisierung neben einer Versauerung auch eine erhebliche Verarmung der Waldböden an Nährstoffen wie Calcium, Magnesium und Kalium verursacht haben. Eine Verknappung dieser essentiellen Nährstoffe kann die Bodenfruchtbarkeit deutlich herabsetzen, was zu verringerten Zuwächsen führen kann und Waldbestände anfälliger für Krankheiten und Schädlinge macht. Zusätzlich führten Stickstoffeinträge zu einer deutlichen Eutrophierung und weiteren Versauerung von Waldböden.

Um den Waldboden vor zunehmender Versauerung und Basenverarmung zu schützen, wurden großflächig Bodenschutzkalkungen durchgeführt. Außerdem konnten zusätzliche Säureeinträge durch eine deutlich strengere Luftreinhaltepolitik reduziert werden; die Stickstoffeinträge sind jedoch

vieleorts immer noch zu hoch und führen zu einer Schädigung der Ökosysteme. Zudem wirken die hohen Einträge noch viele Jahre nach, während ausgewaschene Nährstoffvorräte irreversibel verloren sind. Zusätzlich gelangen vor allem aus Industrie und der Schädlingsbekämpfung organisch persistente Schadstoffe und Ewigkeitschemikalien (PFAS) in den Waldboden und reichern sich dort an. Hier ist mit langfristigen negativen Auswirkungen auf die Bodenökologie zu rechnen, eindeutige Risikobewertungen gibt es jedoch noch nicht. Seit 2022 bis Ende 2024 läuft die dritte Bodenzustandserhebung im Wald als zweite Wiederholungsinventur auf fast 2.000 Punkten in allen Bundesländern gleichzeitig. Aktuelle Ergebnisse zum Zustand und zur Veränderung der Waldböden können erst nach Fertigstellung und Auswertung der umfangreichen Analysen erwartet werden.

Neben Säure- und Schadstoffeinträgen, Basenverarmung und Eutrophierung kann intensive Bewirtschaftung mit zu schweren Maschinen Waldböden schaden. Verdichtungen beeinträchtigen die Wasser- und Luftdurchlässigkeit der Waldböden, hemmen das Wurzelwachstum der Bäume sowie die biologische Aktivität.

Der Waldboden ist ein komplexes und sensibles System, das sowohl zahlreiche Funktionen erfüllt als auch erheblichen Risiken ausgesetzt ist. Durch eine nachhaltige Bewirtschaftung und gezielte Schutzmaßnahmen können die Potenziale des Waldbodens optimal genutzt und negative Einflüsse minimiert werden. Ein bewusster Umgang mit diesem wertvollen Ökosystem ist entscheidend, um die Gesundheit unserer Wälder langfristig zu sichern und ihre vielfältigen Funktionen zu erhalten.



Terra fusca-Rendzina aus Kalkstein



## Impressum:

Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt  
Abteilung Umweltkontrolle  
Sachgebiet Wald- und Bodenzustand  
Grätzelstraße 2, 37079 Göttingen  
Tel.: 0551/69401-0  
Fax: 0551/69401-160  
Zentrale@nw-fva.de  
www.nw-fva.de



Redaktion: Paar U, Klinck C,  
Gawehn P, Spielmann M und Talkner U

Titelfoto: Evers J

Layout: Starick E

Herstellung: Nordwestdeutsche  
Forstliche Versuchsanstalt

Druck: Printec Offset Kassel

## Zitervorschlag

Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt,  
Hessisches Ministerium für Landwirtschaft und  
Umwelt, Weinbau, Forsten, Jagd und Heimat  
(Hrsg.) (2024): Waldzustandsbericht 2024 für  
Hessen, 48 S  
<https://doi.org/10.5281/zenodo.13865674>

Zitate der Einzelbeiträge bitte nach  
folgendem Schema:

Paar U, Klinck C (2024): WZE-Ergebnisse  
für alle Baumarten. In: Nordwestdeutsche Forst-  
liche Versuchsanstalt, Hessisches Ministerium für  
Landwirtschaft und Umwelt, Weinbau, Forsten,  
Jagd und Heimat (Hrsg.): Waldzustandsbericht  
2024 für Hessen. S 10–19  
<https://doi.org/10.5281/zenodo.13866262>

Dieses Werk ist lizenziert unter einer Creative  
Commons Namensnennung 4.0 International  
Lizenz. (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0>)

Der Waldzustandsbericht 2024  
ist abrufbar unter  
<https://www.nw-fva.de> und  
<https://landwirtschaft.hessen.de>

Hauptverantwortliche für die Waldzustandserhebung in Hessen,  
Niedersachsen, Sachsen-Anhalt und Schleswig-Holstein:



Dr. Ulrike Talkner  
Abteilungsleiterin  
Umweltkontrolle



Dr. Uwe Paar  
Sachgebietsleiter Wald- und  
Bodenzustand, Redaktion



Dr. Caroline Klinck  
Leiterin der Außenaufnahmen,  
Auswertung, Redaktion



Dr. Jan Evers  
Bodenzustandserhebung



Andreas Hafner  
Datenmanagement



Dr. Uwe Klinck  
Datenmanagement



Birte Scheler  
Stoffeinträge



Johannes Suttmöller  
Witterung und Klima



Peter Gawehn  
Außenaufnahmen, Kontrollen



Michael Spielmann  
Außenaufnahmen, Kontrollen



Dr. Bernd Westphal  
Außenaufnahmen, Kontrollen

Diese Druckschrift wird im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit der Hessischen Landesregierung herausgegeben. Sie darf weder von Parteien noch von Wahlwerberinnen und Wahlwerbern, Wahlhelferinnen und Wahlhelfern während eines Wahlkampfes zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für Europa-, Bundestags-, Landtags- und Kommunalwahlen.

Missbräuchlich ist insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen, an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken oder Aufkleben parteipolitischer Informationen oder Werbemittel. Untersagt ist gleichfalls die Weitergabe an Dritte zum Zwecke der Wahlwerbung. Auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl darf die Druckschrift nicht in einer Weise verwendet werden, die als Parteinahme der Landesregierung zugunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden könnte. Die Beschränkungen gelten unabhängig davon, wann, auf welchem Weg und in welcher Anzahl diese Druckschrift dem Empfänger zugegangen ist. Den Parteien ist jedoch gestattet, die Druckschrift zur Unterrichtung ihrer eigenen Mitglieder zu verwenden.