



# Waldzustandsbericht 2023





## Vorwort



Liebe Leserinnen, liebe Leser,

der Wald ist einer der wichtigsten Klimaschützer unseres Planeten und für uns lebensnotwendig. Zugleich ist er von den Folgen des Klimawandels besonders betroffen. Die Wetterextreme der letzten Jahre haben die hessischen Wälder geschwächt. Diese Entwicklung konnten auch die insgesamt günstigeren Witterungsbedingungen in diesem Jahr leider nicht aufhalten. Das zeigt der diesjährige Waldzustandsbericht.

Im Rahmen der jährlichen Erhebung wurden Daten von rund 4.000 Bäumen erfasst. Der Kronenzustand der Waldbäume gilt dabei als wichtiger Indikator für den Gesundheitszustand des Waldes. Die Erhebung ermöglicht einen repräsentativen Überblick. Die Ergebnisse verdeutlichen, dass die erhebliche Schädigung der hessischen Wälder, die im Zeitraum von 2019 bis 2023 eingetreten ist, sich fortsetzt. 2023 ist die mittlere Kronenverlichtung aller Baumarten und Altersstufen nochmals um einen Prozentpunkt auf 29 Prozent angestiegen und erreicht somit den höchsten Wert seit dem Beginn der Erhebungen in 1984. Auch der Anteil starker Schäden bleibt über alle Baumarten hinweg sehr hoch. Das Anpassungsvermögen der Bäume an wechselnde Bedingungen und die Stabilität des Waldes sind damit deutlich eingeschränkt.

Wir machen den Wald klimastabil – diese Aufgabe hat angesichts der Ergebnisse für die Hessische Landesregierung höchste Priorität. Die hessischen Wälder zu schützen und für kommende Generationen zu bewahren, ist für die Menschen in Hessen, die Artenvielfalt, das Klima und auch unseren Wasserhaushalt zentral. Dafür braucht es jedoch einen langen Atem. Angesichts der Intensität und des Tempos der Veränderungen ist der Aufbau klimastabiler Wälder eine Generationenaufgabe, der wir uns annehmen.

Allein für die Stärkung des Wasserrückhalts im Wald stehen 8 Millionen Euro im Doppelhaushalt 2023/2024 zur Verfügung. Diese und weitere Maßnahmen zur Stabilisierung der Wälder sind im Klimaplan Hessen verankert. Durch die Anlage von Feuchtmulden entlang von Waldwegen und die Renaturierung von Gewässern und Mooren verbessern wir den Wasserrückhalt und damit die Wasserverfügbarkeit für die Waldbäume. Große Wassermengen bei Starkregen sollen so aufgefangen, zielgerichtet weitergeleitet und langsam an die Waldböden abgegeben werden. Das dient auch dem Hochwasserschutz. Die zielgerichtete Wiederbewaldung der großen Schadflächen hat nach wie vor höchste Priorität und wird im Staatswald umfassend fortgesetzt. Auch private und kommunale Forstbetriebe brauchen in Anbetracht der anhaltenden, großen Schäden weiterhin unsere volle Unterstützung. Mehr als 60 Millionen Euro wurden bereits aus der Extremwetterrichtlinie für die Aufarbeitung von geschädigten Bäumen und zum Schutz der Wälder an sie ausgezahlt.

Wir sind auf dem Weg, den Wald von Morgen aufzubauen. Dafür braucht es nach wie vor vielfältige Maßnahmen im Wald und engagierten Klimaschutz. Nur so werden wir Hessens Waldreichtum bewahren können. Ich danke allen, die gemeinsam mit uns an dieser großen Aufgabe arbeiten.

Mit freundlichen Grüßen

Ihre

A handwritten signature in black ink that reads "Priska Hinz". The signature is written in a cursive, flowing style.

Priska Hinz

Hessische Ministerin für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz  
Wiesbaden, im November 2023



## 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	9
Buche	11
Eiche	12
Fichte	14
Kiefer	15
Andere Laub- und Nadelbäume	16
<b>Wald in der Rhein-Main-Ebene</b> Uwe Paar und Caroline Klinck	18
<b>Witterung und Klima</b> Johannes Suttmöller	20
<b>Insekten und Pilze</b> Martin Rohde, Rainer Hurling, Gitta Langer, Johanna Bußkamp und Pavel Plašil	25
<b>Stoffeinträge</b> Birte Scheler	29
<b>Waldbewässerung im Rhein-Main-Gebiet: Erste Ergebnisse des Projekts „Situative Zuwässerung in Wäldern des Hessischen Rieds (SiZuRi)“</b> Michael Köhler, Nataliya Bilyera, Heiko Gerdes und Henning Meesenburg	31
<b>Eichenarten im Klimawandel: Unterschätzte Anpassungspotenziale?</b> Aki Michael Höltken und André Hardtke	34
<b>Nieder- und Mittelwälder: Waldkulturerbe und Hotspots der Biodiversität</b> Andreas Mölder und Marcus Schmidt	37
<b>FraxForFuture: Ein Verbundprojekt zum Erhalt der Esche als Wirtschaftsbaumart</b> Sebastian Fuchs, Sandra Peters, Philip Beckschäfer, Johannes Osewold, Christina Fey, Gitta Langer, Ralf-Volker Nagel und Aki Michael Höltken	41
Impressum	44



# Hauptergebnisse

## Waldzustandserhebung (WZE)

Die Ergebnisse der Waldzustandsaufnahmen 2023 belegen für den hessischen Wald einen seit 2019 weiterhin anhaltend schlechten Vitalitätszustand.

Die mittlere Kronenverlichtung der Waldbäume in Hessen (alle Baumarten) hat sich von 28 % (2022) auf nunmehr 29 % leicht erhöht.

Bei den älteren Bäumen hat sich die Kronenverlichtung von 31 % (2022) auf 33 % erhöht. Die mittlere Kronenverlichtung der jüngeren Bäume ist von 17 % (2022) auf 18 % geringfügig angestiegen.

In den Jahren 2019 bis 2023 ist eine sehr starke Schädigung der hessischen Wälder eingetreten. Im Vergleich zum Vorjahr hat sich der Vitalitätszustand 2023 nochmals verschlechtert.

## Die Baumarten im Einzelnen

Bei der älteren Fichte hat sich der Kronenzustand von 29 % (2018) auf 50 % im Jahr 2020 erheblich verschlechtert. Auch 2021 (49 %) und 2022 (47 %) lag die mittlere Kronenverlichtung auf sehr hohem Niveau. Der aktuelle Wert liegt bei 36 %, kann aber statistisch nicht mehr abgesichert werden, da sich das Gesamtkollektiv der Fichten infolge der hohen Absterbe- und Ausfallraten der letzten Jahre von 631 (2018) Bäumen auf 286 verringert hat.

Die Kronenverlichtung der älteren Buche hat sich im Vergleich zum Vorjahr leicht verschlechtert (2022: 34 %; 2023: 35 %), die der älteren Kiefer geringfügig verbessert (2022: 27 %; 2023: 26 %). Die mittlere Kronenverlichtung der älteren Eiche hat sich von 26 % (2022) auf 28 % (2023) verschlechtert.

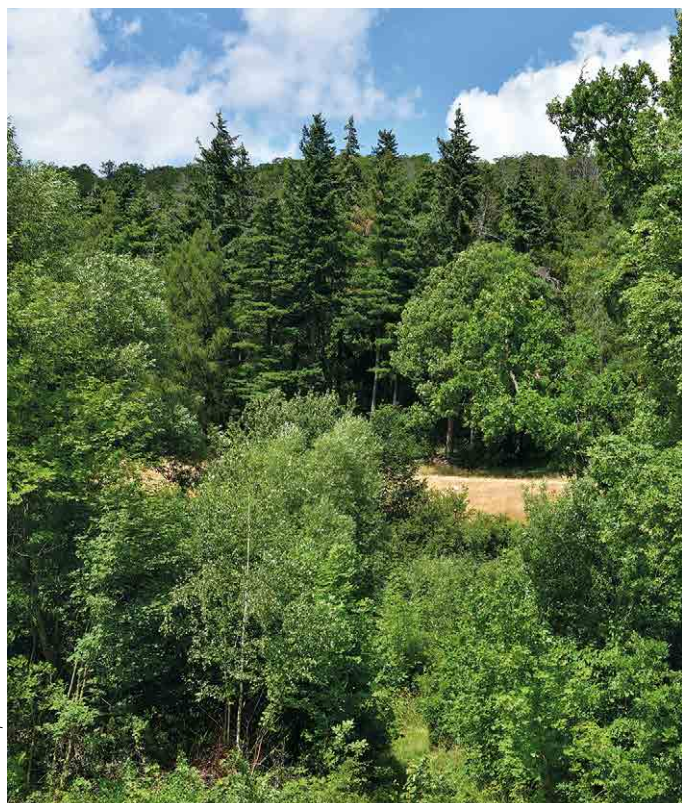


Foto: M. Spielmann

Die anderen Laubhölzer zeigen hinsichtlich der Entwicklung starker Schäden weniger auffällige Reaktionen auf die Trockenjahre 2018 bis 2022 als andere Baumarten.

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.

## Rhein-Main-Ebene

Die Waldzustandserhebung weist auch für 2023 einen sehr 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 mit 42 % und 2022 mit 41 % auf hohem Niveau verblieben und 2023 nochmals auf 44 % angestiegen.

## Witterung und Klima

Das Vegetationsjahr 2022/2023 war mit einer Mitteltemperatur von 10,6 °C wiederum eines der wärmsten seit Beobachtungsbeginn im Jahr 1881. Der langfristige Erwärmungstrend setzt sich ungehindert fort und bestätigt damit einmal mehr die beobachtete globale Erwärmung. Dabei waren alle Monate teilweise deutlich wärmer als im langjährigen Mittel der international gültigen Referenzperiode 1961–1990. Die Niederschlagssumme betrug im Flächenmittel von Hessen 820 mm und lag etwas über dem Niederschlagssoll. Infolge einer mehrwöchigen Trockenperiode zu Beginn der Vegetationszeit trockneten die Oberböden in weiten Teilen des Landes stark aus. Überdurchschnittlich hohe Niederschläge im Juli und August beendeten die Bodentrockenheit, so dass sich die Bodenfeuchtesituation während der Sommermonate günstig entwickelte.

## Insekten und Pilze (Waldschutz)

Aufgrund der vorangegangenen und sich fortsetzenden Schwächung der Waldbäume durch Witterungsextreme waren diese vielerorts weiterhin anfällig und wenig abwehrbereit gegenüber unterschiedlichen Schaderregern.

So war auch in bisher nicht stark betroffenen Regionen Borkenkäferbefall, insbesondere durch Buchdrucker an Fichte, das bestimmende Waldschutzthema in Hessen. Bei den Laubbäumen ist das verbreitet auftretende Eschentriebsterben zu erwähnen, auf das im vorliegenden Bericht in einem gesonderten Artikel eingegangen wird. Auch die Buche litt in Teilbereichen weiterhin stark unter der Buchen-Vitalitätsschwäche. Darüber hinaus kam es in vielen Eichenbeständen zu erheblichem, teilweise bestandesbedrohendem Befall durch den Eichenprachtkäfer.

## Stoffeinträge

Durch die Filterwirkung der Baumkronen für Gase und Partikel (trockene Deposition) sind die Einträge luftbürtiger Nähr- und Schadstoffe im Wald höher als im Freiland.

2022 fielen im Freiland (Hessenmittel) 684 mm Niederschlag. Damit war es das fünftrockenste Jahr in der 38jährigen Zeitreihe seit 1984. Der Bestandesniederschlag lag bei 567 mm (Hessenmittel). Der Sulfatschwefeleintrag betrug 2022 im Hessenmittel unter Buche 1,9 kg je Hektar und unter Fichte 3,3 kg je Hektar (Fürth im Odenwald). Hier zeigt sich deutlich der Erfolg verschiedener Maßnahmen zur Luftreinhaltung, durch die der Schwefeleintrag um gut 90 % gesenkt werden konnte.

Der anorganische Stickstoffeintrag betrug 2022 unter Buche 8,1 kg je Hektar (Hessenmittel), unter Fichte 15,2 (Fürth im Odenwald) und unter Kiefer 6,4 kg je Hektar.

## Waldbewässerung im Rhein-Main-Gebiet: Erste Ergebnisse des Projekts „Situative Zuwässerung in Wäldern des Hessischen Rieds (SiZuRi)“

Die Wälder im hessischen Ried sind vor allem durch die Absenkung des Grundwasserspiegels und der in den letzten Jahrzehnten vermehrt auftretenden sommerlichen Trockenheit stark geschädigt. Ein Ansatz zur Verhinderung weiterer Waldschäden wurde nach einer Forderung des Runden Tisches kleinflächig im Stadtwald von Gernsheim im Projekt „Situative Zuwässerung in Wäldern des Hessischen Rieds (SiZuRi)“ getestet. Durch Bewässerung konnte der extreme Trockenstress im Jahr 2022 im Vergleich zu Kontrollparzellen deutlich verringert werden. Der Versuch liefert Erkenntnisse über die langfristigen Auswirkungen von Bewässerung auf geschädigte Waldbestände, die den Grundwasseranschluss verloren haben.

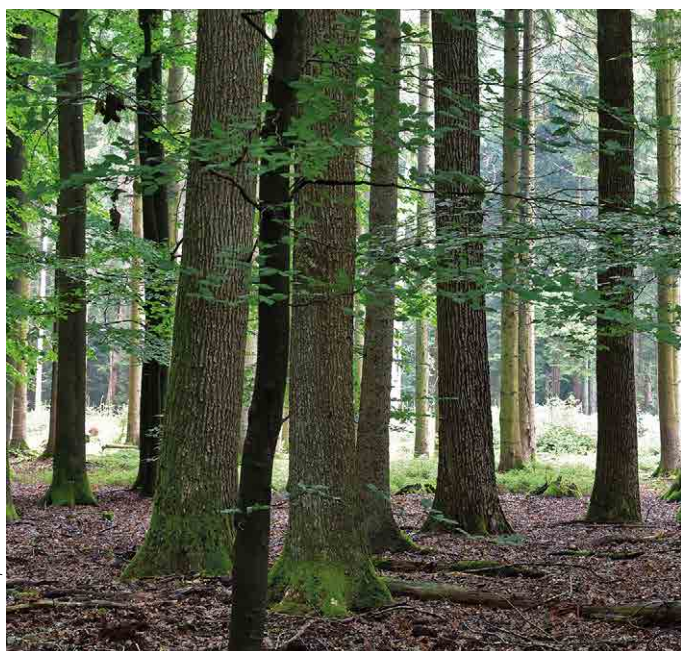


Foto: M. Spielmann

## Eichenarten im Klimawandel: Unterschätzte Anpassungspotenziale?

Das ökologische Potenzial und die damit einhergehenden morphologischen und physiologischen Anpassungen qualifizieren besonders unsere heimischen Eichenarten für den forstlichen Anbau unter prognostizierten Klimaszenarien in Mitteleuropa. Allerdings werden die hohe genetische Vielfalt und die daraus resultierenden Anpassungskapazitäten dieser Baumartengruppe vermutlich noch nicht vollständig genutzt. In diesem Beitrag werden mehrere Forschungsansätze der NW-FVA zu ökologisch-genetischen Untersuchungen an der Eiche vorgestellt. Diese stellen eine wichtige Basis dar, um wertvolle genetische Ressourcen für die Nutzung von Eichen bei künftigen Walderneuerungen identifizieren und nachhaltig vermehren zu können.

## Nieder- und Mittelwälder: Waldkulturerbe und Hotspots der Biodiversität

Die Bedeutung der historischen Waldnutzungsformen Mittel- und Niederwald für die Entstehung und Erhaltung einer schutzbedürftigen Biodiversität wird in Wissenschaft und Praxis zunehmend erkannt. Waren Mittel- und Niederwälder in der Kulturlandschaft Mitteleuropas einst weit verbreitet, so sind gegenwärtig nur noch wenige Reliktbestände vorhanden. Diese enthalten häufig Zeugnisse und Spuren von historischen Bewirtschaftungstechniken und sind damit ein wichtiger Teil unseres Waldkulturerbes, das auch traditionelles Wissen und Brauchtum als immaterielles Kulturerbe einschließt. Heute sind zeitgemäße Bewirtschaftungs- und Pflegekonzepte unabdingbar, um die für viele Tier- und Pflanzenarten essentielle Habitatkontinuität in diesen meist arten- und strukturreichen Lebensräumen zu sichern und zu entwickeln.

## FraxForFuture: Ein Verbundprojekt zum Erhalt der Esche als Wirtschaftsbaumart

Das Europäische Eschentriebsterben wird durch einen aus Asien eingeschleppten Schlauchpilz ausgelöst und führt zunehmend zum Zusammenbrechen von Eschenbeständen in ganz Deutschland. Seit 3 Jahren forscht das Verbundprojekt „FraxForFuture“ zu diesem Krankheitsbild und an Lösungsansätzen, um die Esche als Wirtschaftsbaumart erhalten zu können. Unter anderem werden dabei Infektionen am Stammfuß (Stammfußnekrosen) genauer unter die Lupe genommen und verschiedene Monitoringansätze verfolgt, um die Symptome in der Krone im Rahmen der Waldzustandserhebung oder per Luftbildauswertung zu überwachen. Außerdem geben Untersuchungen zur Naturverjüngung und Genetik der Esche Hoffnung, dass zukünftige Eschengenerationen Toleranzen gegenüber dem Pathogen entwickeln.



# Forstliches Umweltmonitoring und Klimaplan Hessen

Ulrike Talkner, Uwe Paar, Caroline Klinck und Ronald Bialozyt

<https://doi.org/10.5281/zenodo.8430816>

Das Forstliche Umweltmonitoring hat eine 40-jährige 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 1980er Jahren wurden erfolgreich politische Maßnahmen ergriffen, um die versauernden Einträge in die Wälder zu minimieren. Nun stellt sich die Frage, ob wir auch erfolgreich in der Eindämmung des Klimawandels sein werden. 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 die Beratung der Politik auf fachlicher Grundlage.

Grundsätzlich werden im Forstlichen Umweltmonitoring folgende Kategorien unterschieden:

- Level I: waldfächenrepräsentative 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 seit mittlerweile 40 Jahren 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. Verschiedene 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 2023. 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. Nach einer Rasterüberprüfung im Frühjahr 2020 wurden 6 weitere WZE-Punkte in das 8 km x 8 km-Raster integriert. Die landesweite Auswertung erfolgte 2023 auf der Basis von 128 Erhebungspunkten, für die Rhein-Main-Ebene wurden 46 Erhebungspunkte ausgewertet. Dieser Aufnahmeumfang ermöglicht repräsentative Aussagen zum Waldzustand auf Landesebene und für die Rhein-Main-Ebene.



WZE-Aufnahmeteams bei der Schulung im Juli 2023

Foto: C. Klinck

Für den Parameter mittlere Kronenverlichtung zeigt die Tabelle unten den Standardfehler und die 95 %-Konfidenzintervalle (= Vertrauensbereiche) für die Baumarten und Altersgruppen der WZE-Stichprobe 2023. 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 Wesentlichen beeinflusst durch die Anzahl der Stichprobenpunkte in der jeweiligen Auswerteeinheit und die Streuung der Kronenverlichtungswerte. Für relativ homogene Auswerteeinheiten (z. B. Eiche 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

*Baumanzahl, Plotanzahl, Raster sowie Standardfehler und 95 %-Konfidenzintervall der Kronenverlichtung für alle Baumarten- und Altersgruppen der Waldzustandserhebung 2023 in Hessen. Das 95 %-Konfidenzintervall (=Vertrauensbereich) gibt den Bereich an, in dem der wahre Mittelwert mit einer Wahrscheinlichkeit von 95 % liegt.*

Baumarten- gruppe	Alters- gruppe	Anzahl Bäume	Anzahl Plots	Raster	Standard- fehler	95%- Konfidenz- intervall
Buche	alle Alter	1228	99	8x8 km	2,2	28–36
	bis 60 Jahre	159	24	8x8 km	1,9	6–14
	über 60 Jahre	1069	78	8x8 km	2,3	31–40
Eiche	alle Alter	365	57	8x8 km	2,9	20–32
	bis 60 Jahre	48	10	8x8 km	3,9	4–22
	über 60 Jahre	317	48	8x8 km	3,1	22–35
Fichte	alle Alter	286	41	8x8 km	5,0	25–46
	bis 60 Jahre	103	17	8x8 km	5,7	8–32
	über 60 Jahre	183	26	8x8 km	6,7	31–58
Kiefer	alle Alter	533	49	8x8 km	2,1	22–30
	bis 60 Jahre	27	5	8x8 km	10,7	0–55
	über 60 Jahre	506	44	8x8 km	2,1	22–31
andere Laubbäume	alle Alter	411	47	8x8 km	2,8	22–33
	bis 60 Jahre	295	29	8x8 km	3,0	17–29
	über 60 Jahre	116	23	8x8 km	4,9	29–50
andere Nadelbäume	alle Alter	249	40	8x8 km	3,4	14–28
	bis 60 Jahre	123	18	8x8 km	4,4	8–27
	über 60 Jahre	126	23	8x8 km	5,0	14–35
alle Baumarten	alle Alter	3072	128	8x8 km	1,4	27–32
	bis 60 Jahre	755	43	8x8 km	2,2	14–23
	über 60 Jahre	2317	101	8x8 km	1,5	30–36

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.

### 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.



Foto: NW-FVA

Konstruktion zur Stammablaufmessung auf der Level II-Fläche Krofdorf

Ein weiteres Projekt („Anbauwürdigkeit und ökologische Zuträglichkeit alternativer Baumarten in Hessen“) des Klimaplans Hessen hat u. a. zum Ziel, 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 230.000 mal aufgerufen (Stand: Mitte Oktober 2023). 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



Foto: NW-FVA

Freifläche des Level II-Plots Hessisches Ried



# WZE-Ergebnisse für alle Baumarten

**Uwe Paar und Caroline Klinck**

<https://doi.org/10.5281/zenodo.8430841>

Die Ergebnisse der Waldzustandsaufnahmen 2023 belegen für den hessischen Wald einen seit 2019 weiter anhaltend schlechten Vitalitätszustand. Im Vergleich zum Vorjahr hat sich der Vitalitätszustand nochmals verschlechtert.

Nach der erheblichen Verschlechterung des Vitalitätszustandes hessischer Wälder zwischen 2019 und 2020 hat sich das Schadniveau in den drei letzten Jahren nicht verbessert. Seit fünf Jahren ist eine starke Destabilisierung der hessischen Wälder eingetreten.

## Mittlere Kronenverlichtung

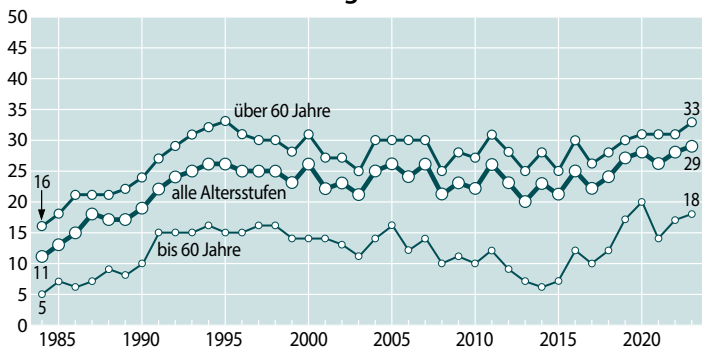
Die mittlere Kronenverlichtung der Waldbäume in Hessen (alle Baumarten) hat sich von 28 % (2022) auf 29 % (2023) nochmals leicht verschlechtert. Bei den älteren Bäumen ist die Kronenverlichtung von 31 % (2022) auf aktuell 33 % angestiegen. Die mittlere Kronenverlichtung der jüngeren Bäume hat sich von 17 % (2022) auf 18 % geringfügig verschlechtert.

## Anteil starker Schäden

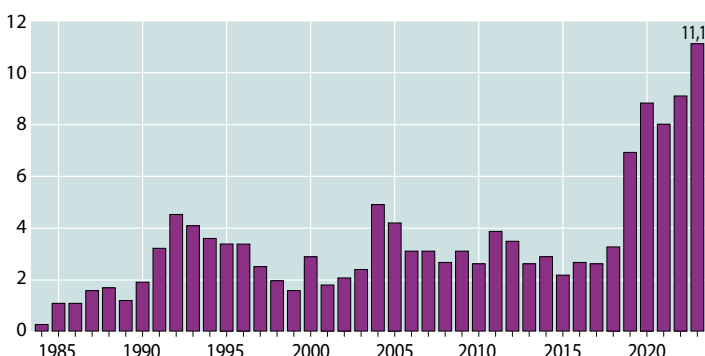
Der Anteil starker Schäden ist im Vergleich zum Vorjahr (9 %) nochmals angestiegen (2023: 11 %).

Der Anteil starker Schäden liegt 2023 mit 11 % mehr als dreimal so hoch wie im Mittel der Jahre 1984–2023. Die Jahre 2019 (7 %), 2020 (9 %), 2021 (8 %), 2022 (9 %) und 2023 (11 %) sind durch weit überdurchschnittliche Anteile starker Schäden im hessischen Wald gekennzeichnet.

### Mittlere Kronenverlichtung in %



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



Ab einer Kronenverlichtung von 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 dadurch eingeschränkt.

## Absterberate

Die Absterberate (alle Bäume, alle Alter) ist von 2022 (0,9 %) auf 2023 (1,4 %) nochmals angestiegen. Sie liegt damit dreimal so hoch wie das langjährigen Mittel von 1984–2023. Die extrem hohen Absterberaten in den Jahren 2019 (2,3 %) und 2020 (2,9 %) werden in den letzten drei Jahren aber nicht mehr erreicht.

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

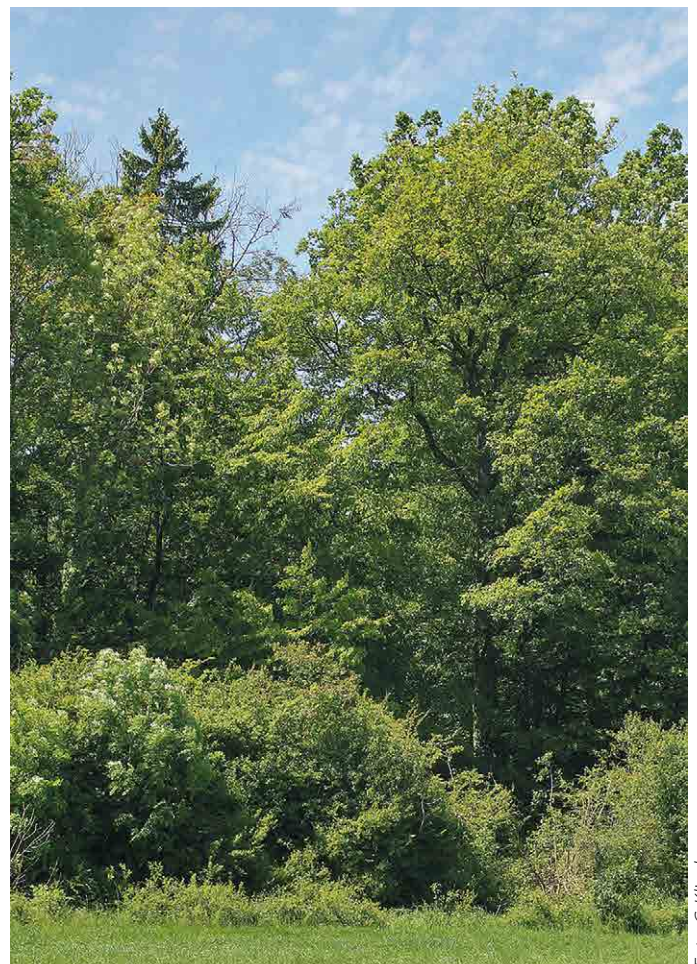
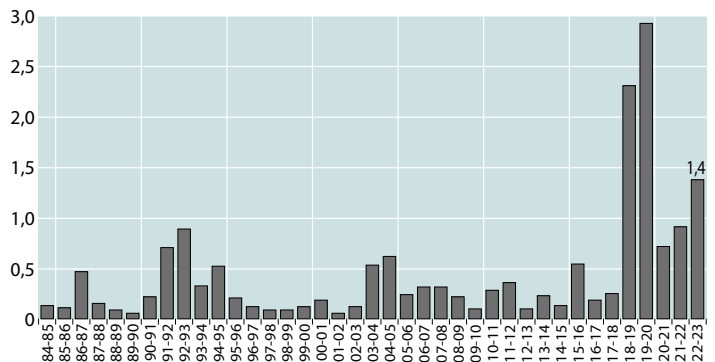


Foto: C. Klinck



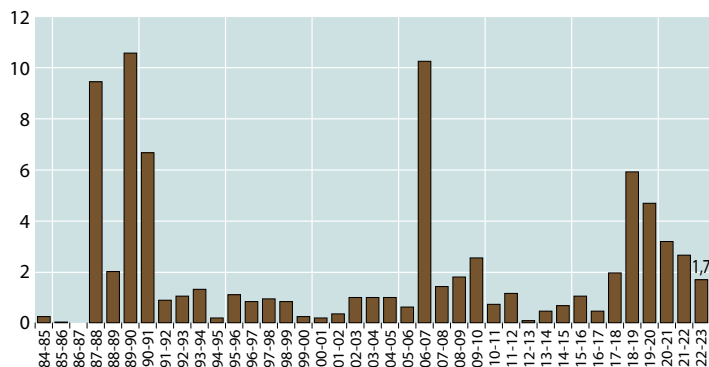
## Ausfallrate

Die Ausfallrate beschreibt die infolge von Sturmwurf, Trockenheit und Borkenkäferbefall außerplanmäßig genutzten Bäume. Sie ist nach dem starken Anstieg 2019 auf 6 % weiterhin rückläufig und erreicht 2023 1,7 %. In den Jahren 2007 (Sturm „Kyrill“), 1990 (Sturmserie mit den Stürmen „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

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



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

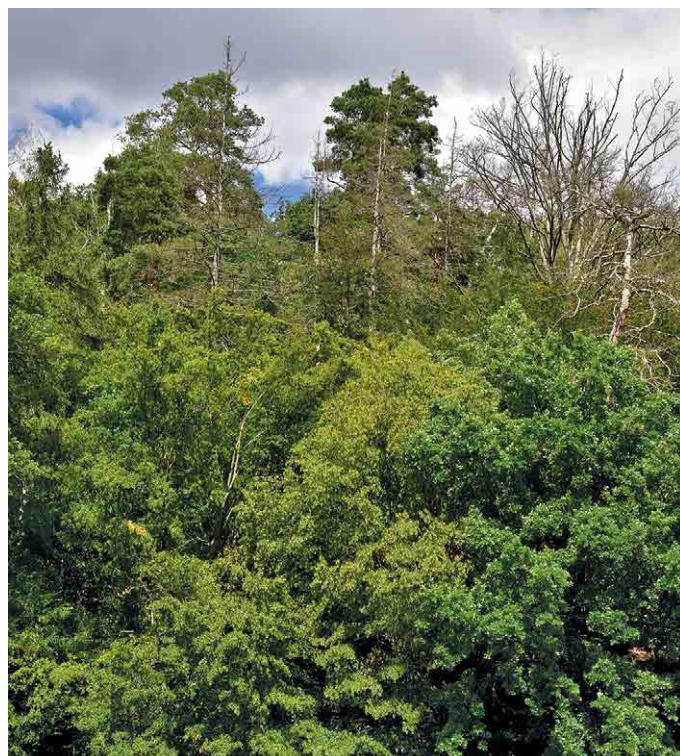
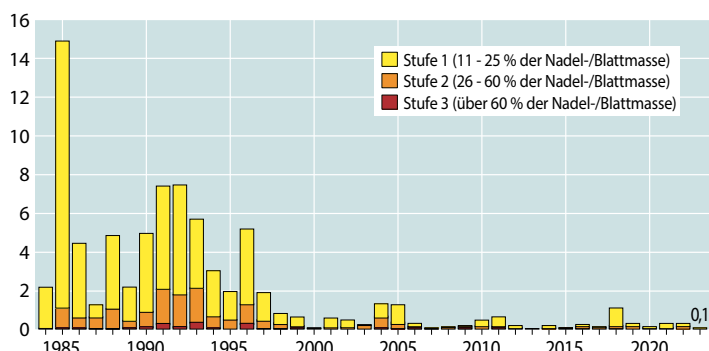


Foto: M. Spielmann

gingen die Vergilbungserscheinungen nochmals deutlich zurück. Die von den Waldbesitzenden und Forstbetrieben durchgeführten Waldkalkungen mit magnesiumhaltigen Kalken und der Rückgang der Schwefelemissionen haben dazu beigetragen, das Auftreten dieser Mangelerscheinung zu reduzieren.

## Fazit

Die anhaltend extremen Witterungsbedingungen und deren Folgen (Sturmwurf, Trockenheit und Schädlingsbefall durch z. B. Borkenkäfer, Mistel oder *Diplodia*) zwischen 2018 und 2022 haben den Wald in Hessen verändert und zeigen auch 2023, trotz günstigerer Witterungsbedingungen, erhebliche Nachwirkungen.

Die Ergebnisse der Waldzustandserhebung zeigen 2019 bis 2023 die seit 1984 höchsten Anteile an stark geschädigten Bäumen. In den letzten fünf Jahren sind strukturelle Störungen entstanden, die vielfach zu Freiflächen, Blößen und Lücken in den Waldbeständen geführt haben.



Foto: M. Spielmann



# Buche

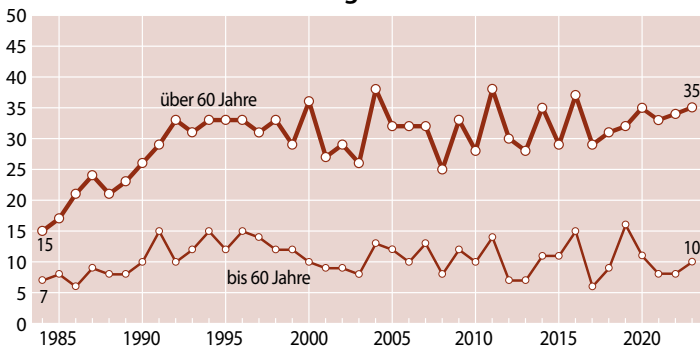
## Ältere Buche

Nach dem deutlichen Anstieg der Kronenverlichtung im Zeitraum von 1984 bis 1992 und einer Stagnation auf nahezu gleich bleibendem 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. Die Kronenverlichtung hat sich im Vergleich zum Vorjahr geringfügig erhöht (2022: 34 %; 2023: 35 %).

## Jüngere Buche

Bei der jüngeren Buche hat sich die mittlere Kronenverlichtung gegenüber dem letzten Jahr um zwei Prozentpunkte verschlechtert (2022: 8 %, 2023: 10 %).

### Mittlere Kronenverlichtung in %



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

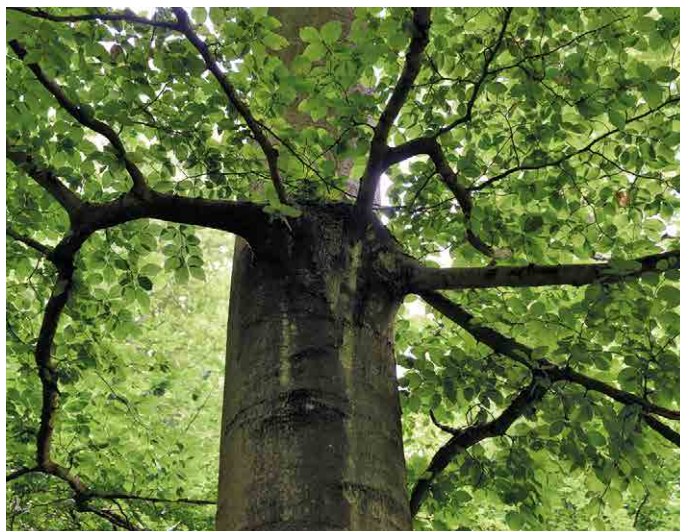
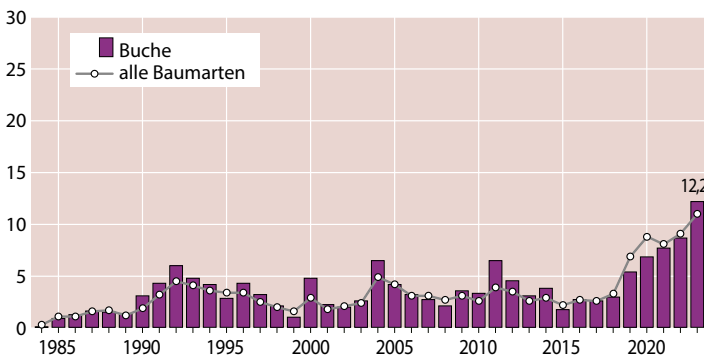


Foto: J. Evers

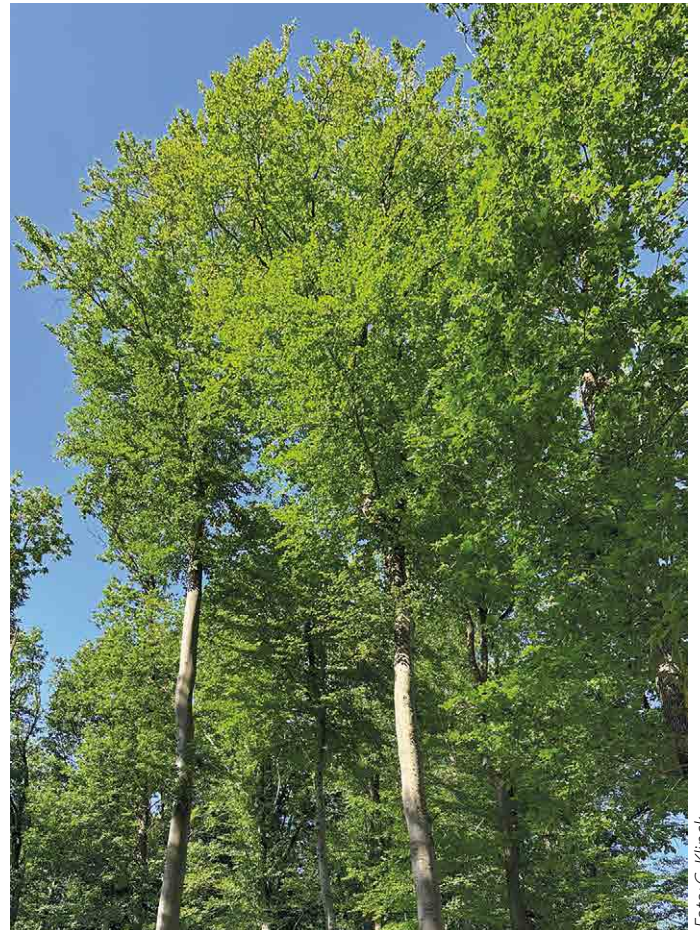


Foto: C. Klimck

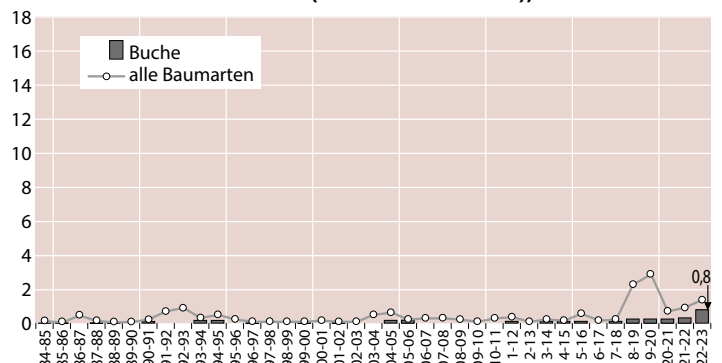
## Starke Schäden

Der Anteil der Buchen (alle Alter) mit über 60 % Kronenverlichtung erreicht 2023 mit 12 % den höchsten Wert in der 40-jährigen Zeitreihe. Er hat sich im Vergleich zum Vorjahr nochmals um 3 Prozentpunkte erhöht.

## Absterberate

Ein Vergleich mit anderen Baumarten in Hessen belegt, dass die Buche im Mittel der bisherigen Beobachtungsreihe (1984–2023) eine vergleichsweise geringe Absterberate (0,5 %) aufweist. 2023 sind in der Stichprobe 0,8 % 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 %

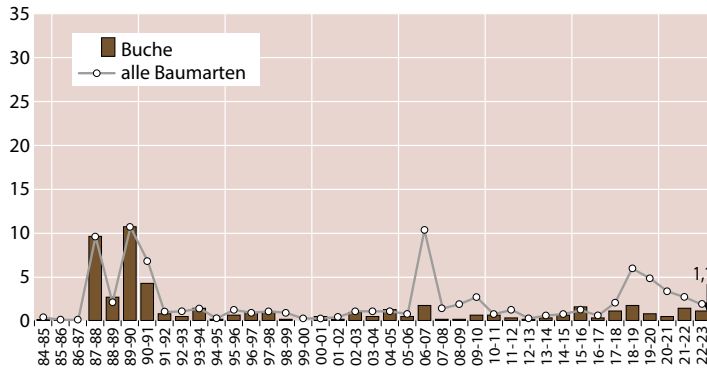




## Ausfallrate

Die aktuell sturm- und trockenheitsbedingten Ausfälle der Buche in Hessen haben sich mit 1,3 % (2022) bzw. 1,1 % (2023) nur wenig verändert. Sie liegen aktuell weiterhin auf dem Niveau des langjährigen Mittels (1,3 %).

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



## Fruchtbildung

Nach den sehr starken Fruktifikationsjahren (2004, 2009, 2011, 2014, 2016) wird seit 2017 eine etwas geringere Fruktifikationsintensität bei Buche beobachtet. 2023 haben 31 % der Buchen mittel oder stark fruktifiziert.

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

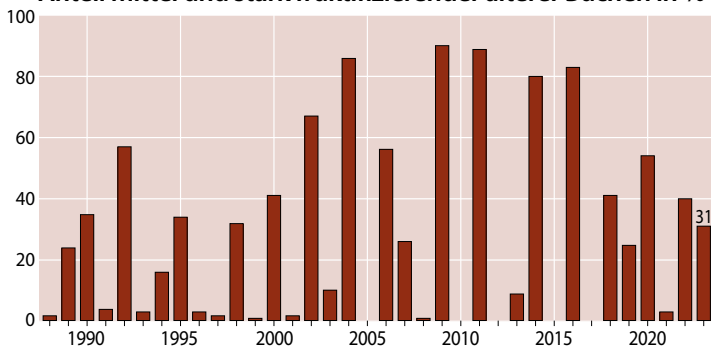


Foto: J. Evers

## Ältere Eiche

Die Kronenverlichtung der älteren Eiche hat sich 2023 im Vergleich zum Vorjahr um 2 Prozentpunkte verschlechtert (2022: 26 %; 2023: 28 %).

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

## Jüngere Eiche

Die Kronenverlichtung der jüngeren Eiche hat sich geringfügig verschlechtert. (2022: 12 %, 2023: 13 %).

### Mittlere Kronenverlichtung in %

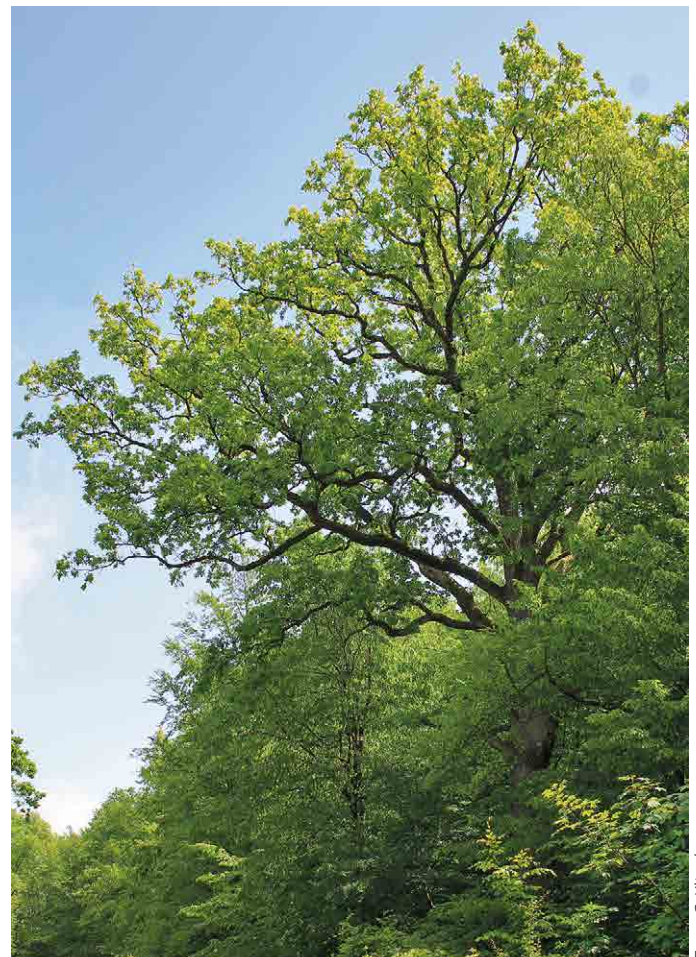
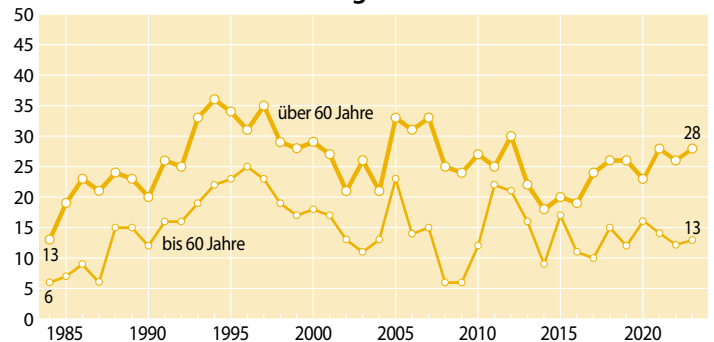


Foto: C. Klinck



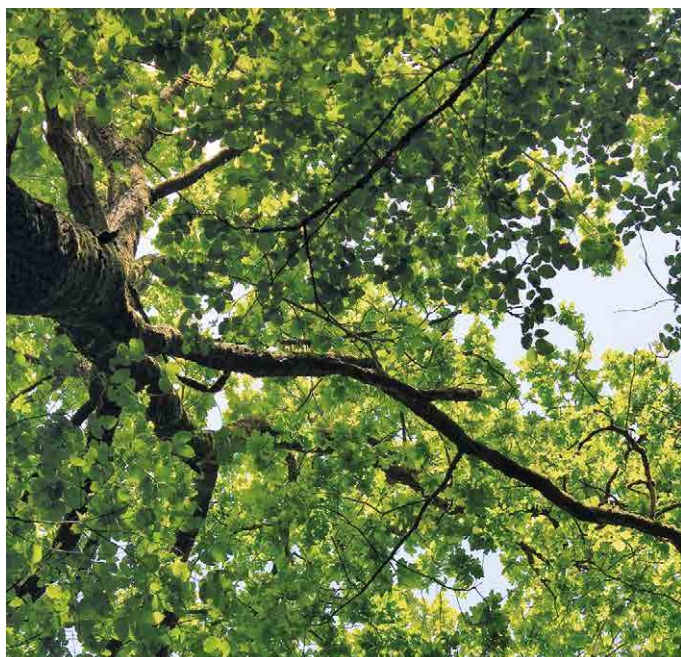
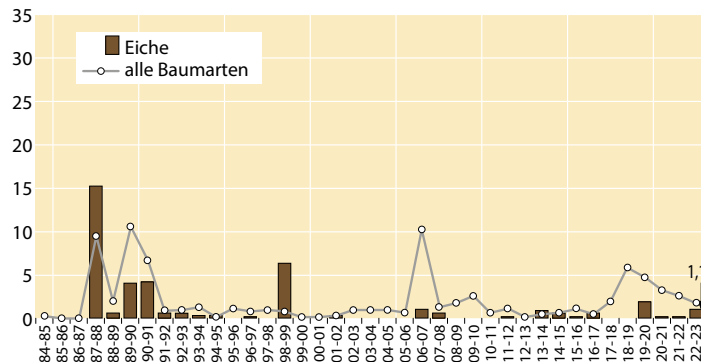


Foto: C. Kfinck

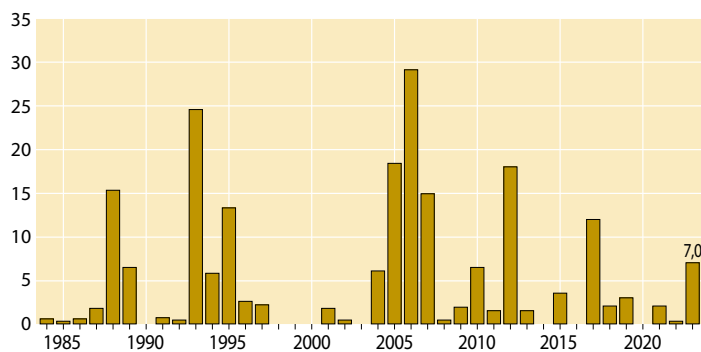
## Ausfallrate

Im Jahr 2023 sind im WZE-Kollektiv in Hessen 1,1 % der Eichen durch Sturm oder Insektenbefall ausgefallen.

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



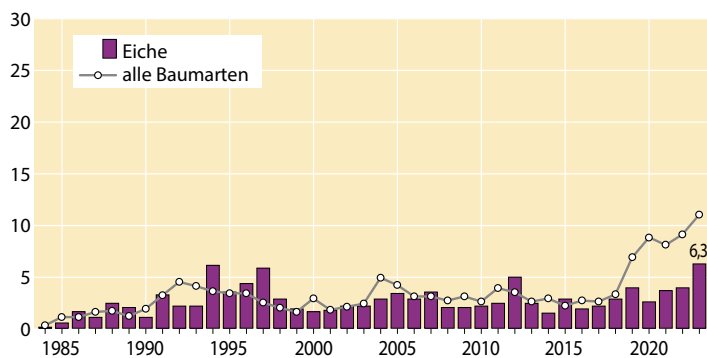
### Anteil mittlerer und starker Fraßschäden an älteren Eichen in %



## 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.

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



## Absterberate

Die Absterberate der Eiche liegt im langjährigen Mittel bei 0,3 %. Auch 2023 sind 0,3 % der Eichen abgestorben.

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

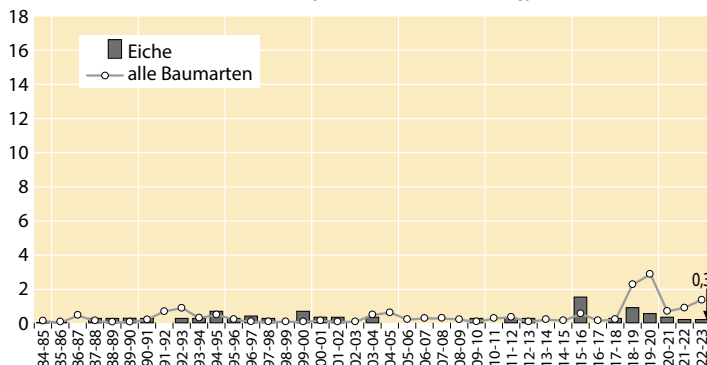


Foto: J. Evers

# 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 % 2023 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 Erhöhung 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. Der Wert von 44 % für 2023 ist statistisch nicht abgesichert.

## Jüngere Fichte

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

### Mittlere Kronenverlichtung in %

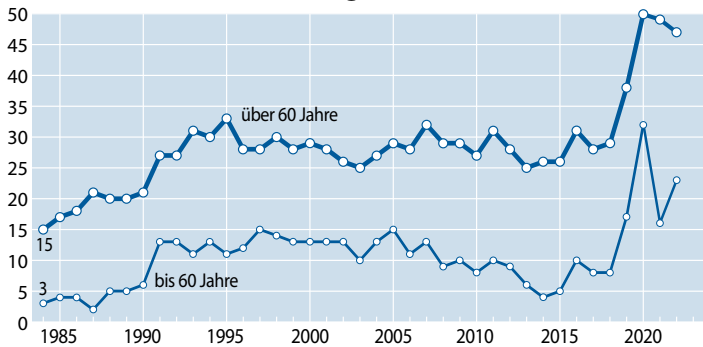


Foto: C. Klinck

## Starke Schäden

Im Mittel aller Erhebungsjahre liegt der Anteil starker Schäden bei 3 %. Aktuell sind dagegen 20 % der Fichten stark geschädigt. Nach dem Anstieg der starken Schäden von 2018 (1 %) auf 10 % in 2019, bzw. 28 % in 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.

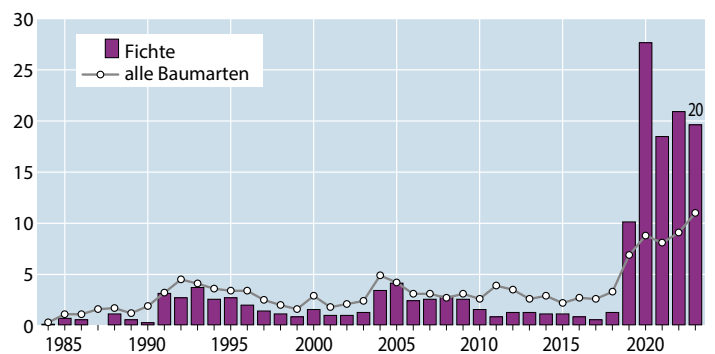
## Absterberate

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

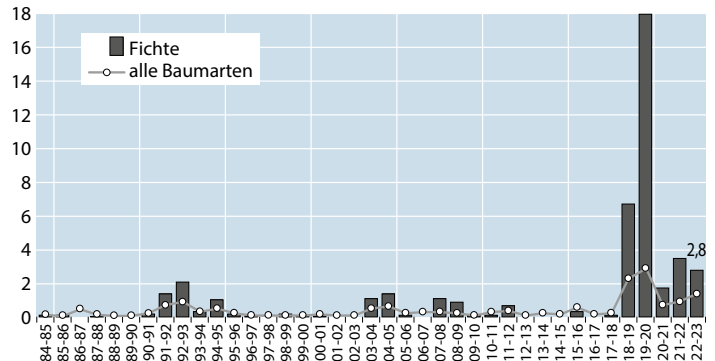
## Ausfallrate

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. 2022 sind nochmals 11 % ausgefallen, 2023 nur noch rund 3 %.

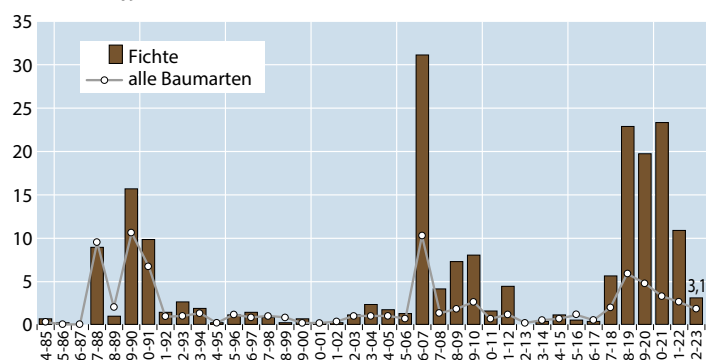
### Anteil starker Schäden (inkl. abgestorbener Bäume), alle Alter in %



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



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





# Kiefer

## Ältere Kiefer

Die mittlere Kronenverlichtung der älteren Kiefer hat sich mit 26 % im Vergleich zum Vorjahr (27 %) geringfügig verbessert.

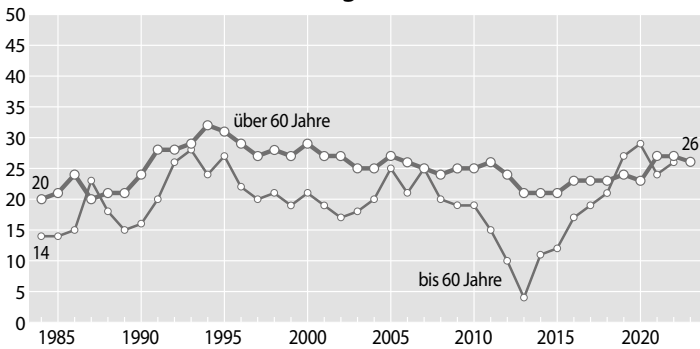
## Jüngere Kiefer

Die mittlere Kronenverlichtung der jüngeren Kiefer hatte sich von 24 % im Jahr 2021 auf 26 % 2022 verschlechtert. Der Wert von 25 % für 2023 ist aufgrund des weiten Konfidenzintervalls statistisch nicht abgesichert.

## Starke Schäden

Bei starken Verlichtungen ist die Anfälligkeit gegenüber Risiken erhöht. Der Anteil starker Schäden (alle Alter) liegt mit 9 % nahezu auf dem Niveau des Vorjahres (8 %). Damit werden in den letzten drei Jahren die Höchstwerte in der Zeitreihe erreicht.

Mittlere Kronenverlichtung in %



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

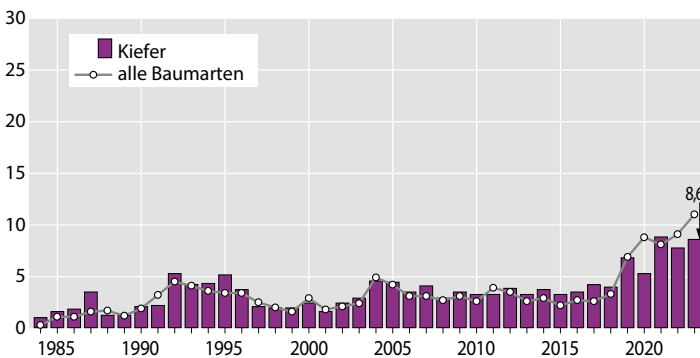


Foto: J. Evers



Foto: J. Evers

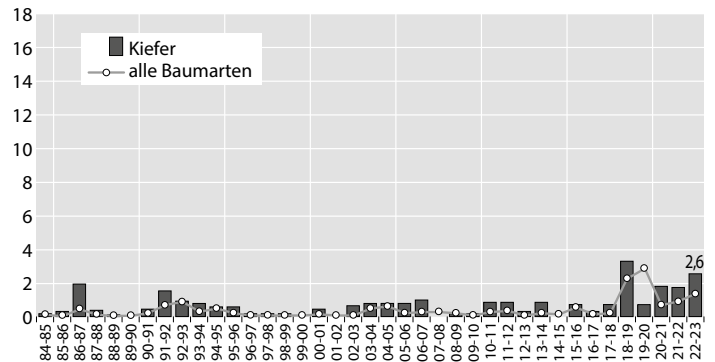
## Absterberate

Die Absterberate der Kiefer (alle Alter) schwankt im Erhebungszeitraum zwischen 0 % und 3 %, der Mittelwert 1984–2023 liegt bei 0,7 %. Die Absterberate liegt mit 2,6 % deutlich über dem Wert des Vorjahres (1,7 %).

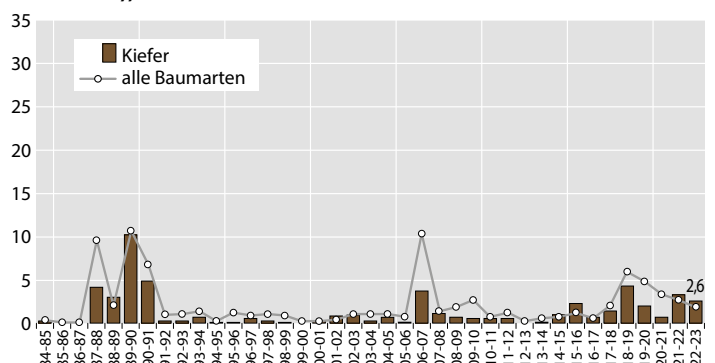
## Ausfallrate

Die Ausfallrate der Kiefer ist von 0,7 % (2021) auf 3,3 % (2022) angestiegen. 2023 liegt sie bei 2,6 %.

Jährliche Absterberate (stehende Bäume), alle Alter in %



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





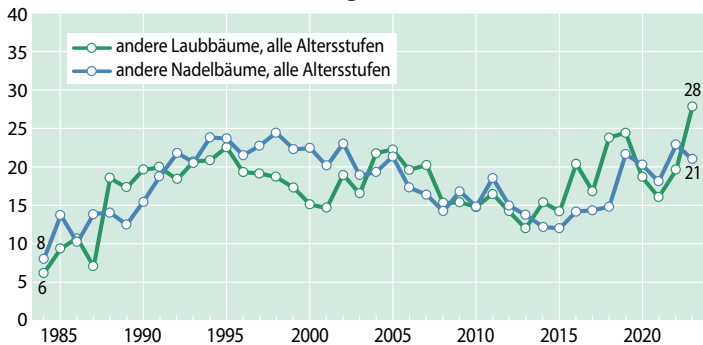
# Andere Laub- und Nadelbäume

## Mittlere Kronenverlichtung

Die anderen Laubbäume (Bergahorn, Hainbuche, Birke, Esche, Kirsche etc.) zeigen einen Anstieg der Kronenverlichtung von 2017 (17 %) auf 2018 (24 %). 2021 verringerte sich die Kronenverlichtung wieder auf einen Wert von 16 %. Mit 28 % wird 2023 der höchste Wert in der Zeitreihe erreicht.

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 bis 2022 zwischen 18 % und 23 %. 2023 erreicht die mittlere Kronenverlichtung den Wert von 21 %.

### Mittlere Kronenverlichtung in %



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

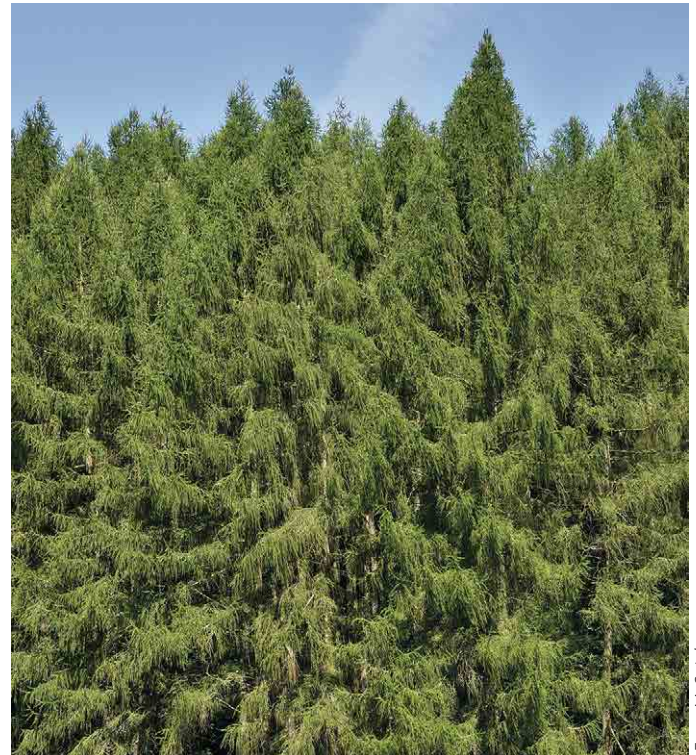
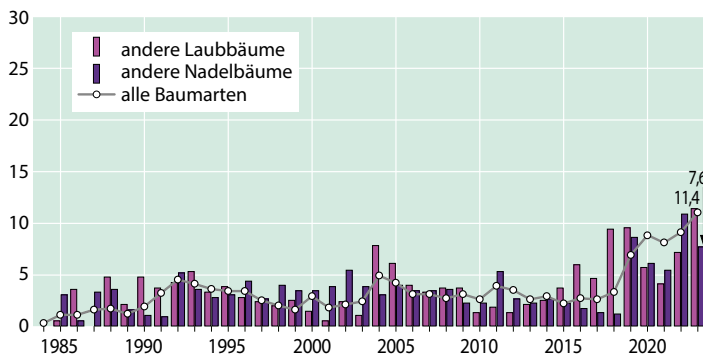


Foto: M. Spielmann

Lärchen

## Starke Schäden

Die anderen Laubbäume zeigen hinsichtlich der Entwicklung starker Schäden weniger auffällige Reaktionen auf die Trockenjahre 2018 bis 2022 als andere Baumarten. Nach dem Anstieg der starken Schäden von 5 % (2017) auf 9 % (2018) lag deren Anteil in der Zeit von 2020 bis 2022 ohne gerichtete Tendenz zwischen 4 % und 7 %. 2023 erhöhte sich der Anteil von 7 % (2022) auf 11 %.

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 %). 2023 beträgt er 8 %.



Foto: M. Spielmann





Foto: J. Weymar

Erle

### 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 sind wieder leicht erhöhte Anteile abgestorbener anderer Laubbäume festzustellen (2 %).

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 bis 2022 zwischen 0 und 0,9 %. 2023 erreicht die jährliche Absterberate den Wert von 0,8 %.

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

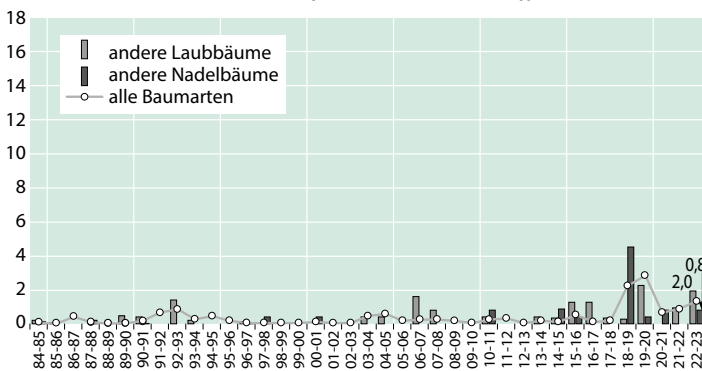


Foto: C. Klinck

Ahorn



Foto: J. Evers

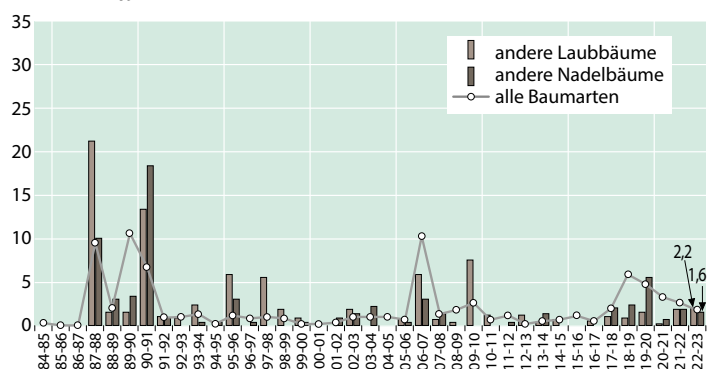
Hainbuche

### Ausfallrate

Die jährliche Ausfallrate für die anderen Laubbäume zeigt für die Trockenperiode von 2018 bis 2022 nur geringfügig erhöhte Werte von 1-2 %. 2023 liegt sie bei 2,2 %.

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. 2023 sind nur 1,6 % der anderen Nadelbäume ausgefallen.

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





# Wald in der Rhein-Main-Ebene

Uwe Paar und Caroline Klinck

<https://doi.org/10.5281/zenodo.8430859>

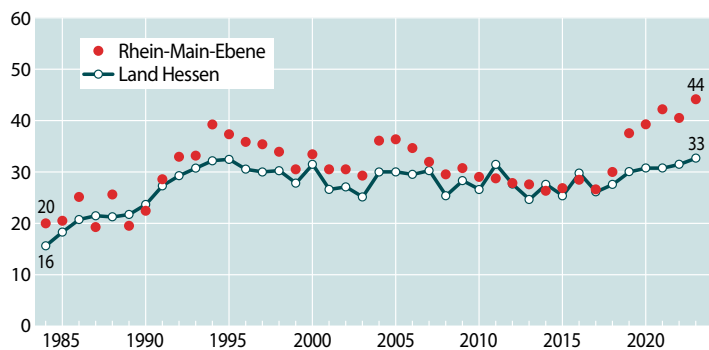
Nach der deutlichen Verschlechterung des Kronenzustandes der älteren Bäume in der Rhein-Main-Ebene von 30 % (2018) auf 38 % (2019) bzw. 39 % (2020) ist die mittlere Kronenverlichtung 2021 (42 %) und 2022 (41 %) auf hohem Niveau verblieben und 2023 nochmals angestiegen (44 %).

Jüngere Bäume unter 60 Jahren sind im Rasternetz der Rhein-Main-Ebene zu gering vertreten, um gesicherte Aussagen treffen zu können.

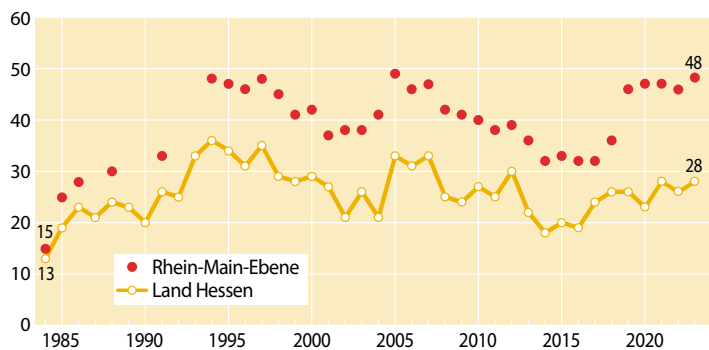
Die Eiche zählt zu den charakteristischen Baumarten dieser Region. Sie ist an die dortigen Klimabedingungen grundsätzlich gut angepasst.

Von 2018 auf 2019 hat sich der Kronenzustand der älteren Eiche sprunghaft verschlechtert (2018: 36 %; 2019: 46 %). Der sehr hohe Wert von 2019 wird auch 2020 und 2021 mit jeweils 47 % bzw. 46 % in 2022 wieder erreicht. 2023 hat sich

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



## Mittlere Kronenverlichtung in % Eiche, über 60 Jahre



## Mittlere Kronenverlichtung in % Buche, über 60 Jahre

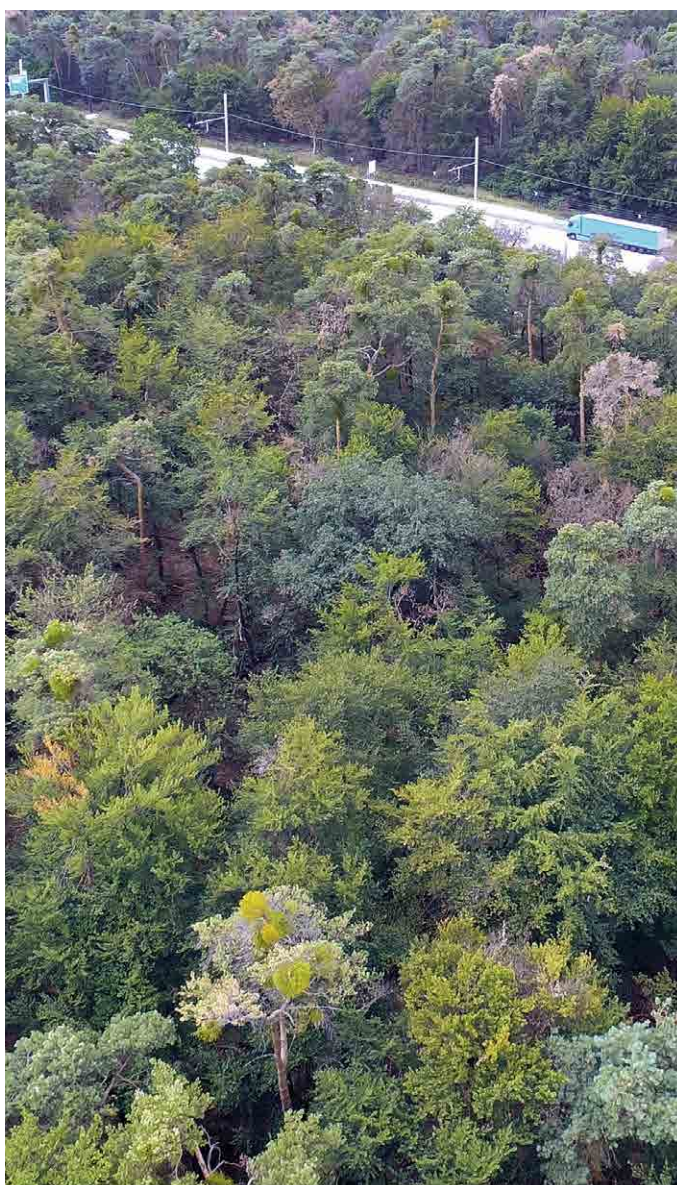
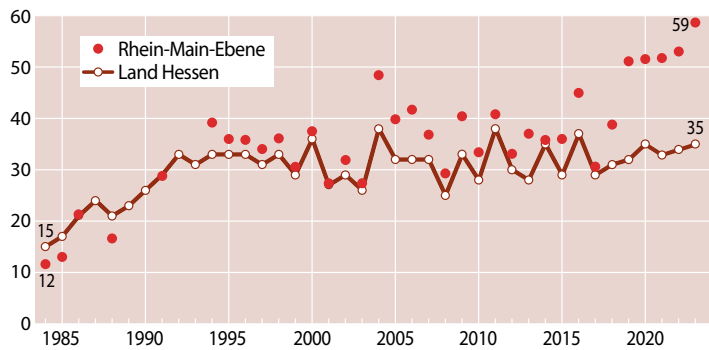
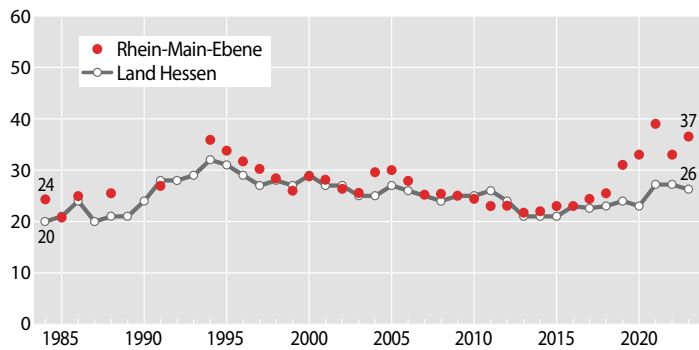


Foto: J. Weymar

der Zustand der älteren Eiche nochmals verschlechtert. Die mittlere Kronenverlichtung liegt bei 48 %. Die kritische Situation der Eiche in der Rhein-Main-Ebene wird besonders in einem Vergleich zum landesweiten Eichen-ergebnis deutlich. Die Kronenverlichtung der älteren Eiche in Gesamthessen erreicht 2023 28 %. Im Vergleich dazu ist die Situation in der Rhein-Main-Ebene um 20 Prozentpunkte ungünstiger.

## Mittlere Kronenverlichtung in % Kiefer, über 60 Jahre





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 erheblich auf 59 % angestiegen. 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 ist oder sein sollte. Sorge entsteht vor allem aus dem Befund einer deutlichen Verschlechterung der älteren Kiefer seit 2018 (26 %) auf maximal 39 % in 2021. 2023 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 44 % (2023). Misteln profitieren vom Stoffhaushalt der Wirtsbäume. Ihr Vorkommen verringert die Widerstandsfähigkeit der Kiefer gegenüber anderen Schadfaktoren.

Die Waldzustandserhebung weist auch für 2023 einen schlechten Vitalitätszustand für die Wälder in der Rhein-Main-Ebene nach. Die Absterberate erreicht mit 5,5 % den höchsten Wert in der 40jährigen Zeitreihe. 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.

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

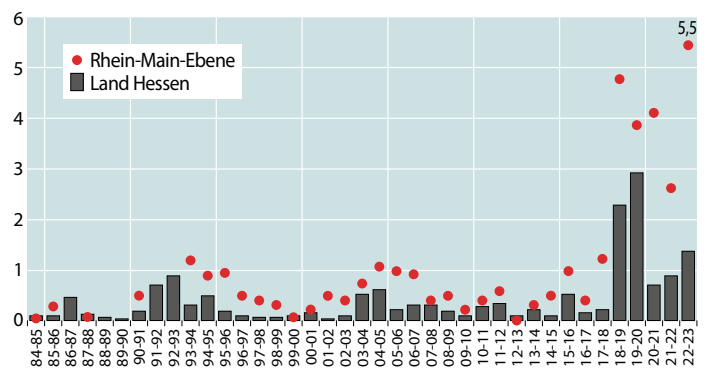


Foto: J. Evers



# Witterung und Klima

Johannes Suttmöller

<https://doi.org/10.5281/zenodo.8430871>

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 aktuellen Vegetationsjahres weiterhin mit den langjährigen Werten der international gültigen Klimareferenzperiode 1961–1990 verglichen. Neben eigenen Auswertungen werden die Ergebnisse aus den Klimastatusberichten des DWD berücksichtigt.

Auch das Vegetationsjahr 2022/2023 folgt dem Erwärmungstrend der letzten Jahre. Mit einer Mitteltemperatur von 10,6 °C im Landesmittel von Hessen war das aktuelle Vegetationsjahr um 2,4 K wärmer als im Mittel der Referenzperiode 1961–1990. Dabei waren alle Monate teilweise deutlich wärmer als im langjährigen Mittel der international gültigen Referenzperiode. Das Kalenderjahr 2022 war in Hessen nach Auswertung des Deutschen Wetterdienstes (DWD) mit einer Jahresmitteltemperatur von 10,6 °C das wärmste Jahr seit Beginn regelmäßiger Messungen im Jahr 1881.



Foto: C. Klinck

Im Vegetationsjahr 2022/2023 fielen 820 mm Niederschlag und damit etwas mehr als im Vergleich zum langjährigen Mittel. Dabei wechselten sich sehr trockene mit sehr nassen Monaten ab. Im Mai und Juni kam es zu einer längeren Trockenperiode. Dabei trockneten die oberen Bodenschichten stark aus. Ab Juli 2023 beendeten flächendeckende und ergiebige Niederschläge die Bodentrockenheit in weiten Teilen des Landes Hessen.

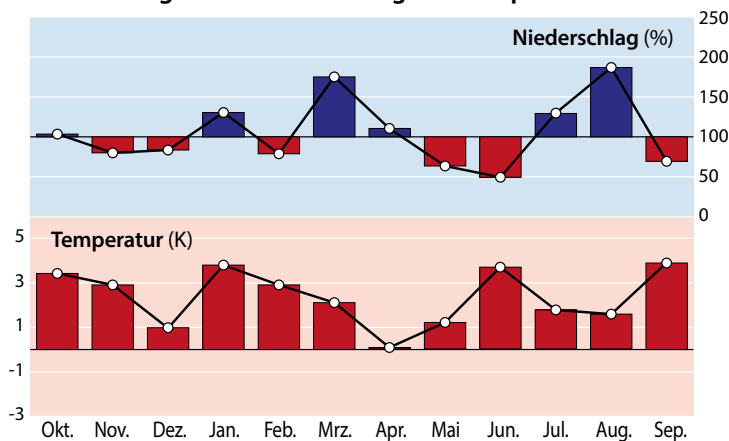
## Witterungsverlauf von Oktober 2022 bis September 2023

Im **Oktober** dominierten sehr milde Luftmassen das Wetter in Hessen. Gleichzeitig war es sehr sonnenscheinreich. Mit 62 mm wurde das Niederschlagsoll im Landesmittel erreicht, wobei es im Norden zu trocken und im Süden zu nass war. In den nördlichen Landesteilen waren die Wassergehalte im Oberboden (bis 60 cm Tiefe) deutlich niedriger als zu dieser Jahreszeit üblich. Der Oktober 2022 war der wärmste seit Messbeginn. Die Monatsmitteltemperatur betrug 12,2 °C und lag damit 3,4 K über dem langjährigen Mittelwert (Abb. und Tabelle Seite 21). Im **November** setzte sich die milde und trockene Witterung fort. Mit einer Mitteltemperatur von 6,7 °C war der Monat 2,9 K zu warm. Die Niederschlagssumme erreichte mit 56 mm rund 80 % des langjährigen Solls. Besonders trocken war es wiederum im äußersten Norden des Landes, so dass die Bodenfeuchte regional sogar weiter abnahm. Der **Dezember** zeichnete sich durch große Temperaturkontraste aus. Die Monatsmitteltemperatur von 1,9 °C lag um 1,0 K über dem Mittelwert der Referenzperiode 1961–1990. Zum Jahreswechsel verzeichneten viele Stationen des DWD in Hessen neue Rekordwerte für die Tageshöchsttemperatur (bsp. 17,6 °C am 31.12.2022 in Frankfurt/Main). Die Niederschlagshöhe betrug im Flächenmittel des Landes 64 mm und entsprach damit knapp 85 % der langjährigen Niederschlagsmenge. Der **Januar** 2023 begann wie das Jahr 2022 endete, mit neuen Rekordwerten für die Tageshöchsttemperaturen an vielen Stationen des DWD. So wurden in Eschwege mit 15,0 °C (73jährige Zeitreihe) oder in Wesertal-Lippoldsberg mit 15,5 °C (62jährige Zeitreihe) am 1.1.2023 die alten Tageshöchstwerte für Januar übertroffen. Infolge der sehr milden Witterung lag die Monatsmitteltemperatur bei 3,5 °C und damit 3,8 K über dem langjährigen Mittelwert. Der Monat war nicht nur sehr mild, sondern auch überdurchschnittlich nass. Es fielen 82 mm Niederschlag. Dies entspricht rund einem Drittel mehr als das langjährige Mittel. Die Bodenwasserspeicher waren landesweit gut gefüllt. Im **Februar** setzte sich die milde, jedoch meist trockene Witterung fort. Das langjährige Niederschlagsoll wurde mit 40 mm im Landesmittel nur zu rund 75 % erreicht. Dabei fielen in Südhessen verbreitet weniger als 50 % der üblichen Niederschlagsmenge, in der Rhein-Main-Ebene teilweise sogar weniger als 25 % des Niederschlagsolls. Die Mitteltemperatur



peratur betrug 3,4 °C und lag damit 2,9 K über dem Wert der Referenzperiode 1961–1990. Im **März** dominierten niederschlagsreiche Westwindwetterlagen die Witterung in Hessen. Im Flächenmittel des Landes fielen 108 mm Niederschlag. Dies bedeutet einen Überschuss von fast 75 % gegenüber dem langjährigen Mittelwert. In Mittelhessen wurden die durchschnittlichen Niederschlagssummen um mehr als das Doppelte überschritten. Die Monatsmitteltemperatur lag mit 5,8 °C um 2,1 K über dem langjährigen Mittelwert. Der **April** war geringfügig wärmer als im Mittel der Periode 1961–1990.

### Abweichungen von Niederschlag und Temperatur 2022/23

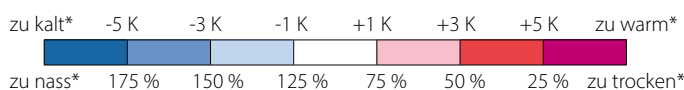


Abweichungen von Niederschlag und Temperatur vom Mittel der Klimareferenzperiode 1961–1990 (durchgezogene schwarze Linie) in Hessen, Monatswerte für das Vegetationsjahr 2022/2023 (Oktober 2022 bis September 2023).

Daten des Deutschen Wetterdienstes, Offenbach

Temperaturmittelwerte und Niederschlagssummen für das Vegetationsjahr 2022/2023 (Oktober 2022–September 2023) sowie die langjährigen Mittelwerte der Referenzperioden 1961–1990 und 1991–2020

	Temperatur (°C)			Niederschlag (mm)		
	2022/23	1961–1990	1991–2020	2022/23	1961–1990	1991–2020
Oktober	12,2	8,8	9,2	62	60	62
November	6,7	3,8	4,8	56	70	66
Dezember	1,9	0,9	1,8	64	77	75
Januar	3,5	-0,3	0,9	82	63	67
Februar	3,4	0,5	1,5	40	52	53
März	5,8	3,7	4,9	108	62	56
April	7,6	7,5	9,0	64	58	44
<b>Nicht-vegetationszeit</b>	<b>5,9</b>	<b>3,6</b>	<b>4,6</b>	<b>476</b>	<b>442</b>	<b>423</b>
Mai	13,2	12,0	13,0	44	70	68
Juni	18,9	15,2	16,2	38	80	65
Juli	18,6	16,8	18,2	94	73	79
August	18,0	16,4	17,8	129	68	68
September	17,1	13,2	13,6	39	57	60
<b>Vegetationszeit</b>	<b>17,2</b>	<b>14,7</b>	<b>15,8</b>	<b>344</b>	<b>348</b>	<b>340</b>
<b>Vegetationsjahr</b>	<b>10,6</b>	<b>8,2</b>	<b>9,3</b>	<b>820</b>	<b>790</b>	<b>763</b>



\* Abweichung zur Periode 1961–1990

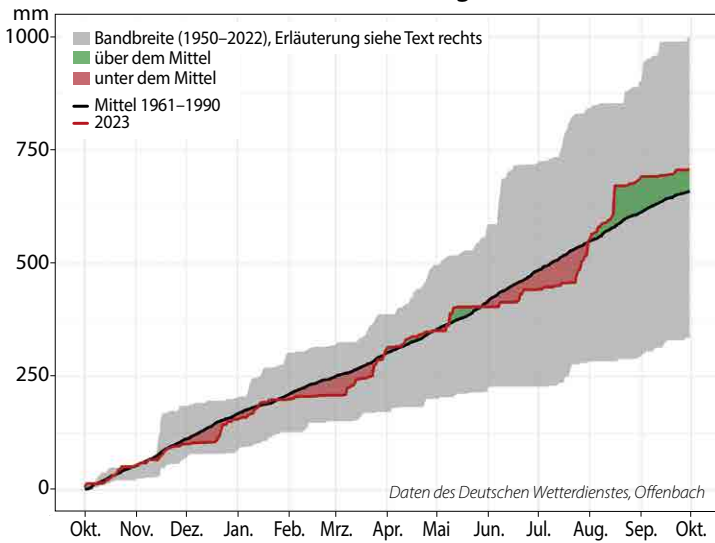


Foto: J. Evers

Die Monatsmitteltemperatur betrug 7,6 °C und es war damit 0,1 K wärmer als üblich. Mit 64 mm Niederschlag wurde das langjährige Flächenmittel etwas übertroffen (Abb. und Tab. links). Anders als in den vergangenen Jahren war zu Beginn der Vegetationszeit die Bodenfeuchte überdurchschnittlich hoch. Im ganzen Land waren die Wasserspeicher im Oberboden (bis 60 cm) komplett aufgefüllt. Im **Mai** dominierten in Hessen Hochdruckwetterlagen. Vielfach wurden mit einer östlichen Anströmung trockene Festlandsluftmassen herangeführt. Dementsprechend fielen im gesamten Monat nur 44 mm Niederschlag im Landesmittel. Dies entspricht nur rund 60 % der langjährigen Niederschlagshöhe. Dabei war es in der Osthälfte deutlich trockener als in der Westhälfte von Hessen. Die trockene Witterung führte insbesondere in den östlichen Landesteilen zu einer deutlichen Abnahme der Bodenfeuchte in den oberen Bodenschichten. Da die Nächte häufig sehr kühl waren und bis weit in den Mai Frost auftrat, lag die Monatsmitteltemperatur bei 13,2 °C und damit um 1,2 K über dem langjährigen Mittelwert. Der **Juni** war sehr sonnenscheinreich, trocken und warm. Die Monatsmitteltemperatur von 18,9 °C lag um 3,7 K über dem Wert der international gültigen Referenzperiode. Gleichzeitig fiel mit 38 mm weniger als die Hälfte der üblichen Niederschlagsmenge, so dass die Böden stark austrockneten. In weiten Teilen des Landes lagen die Werte für das pflanzenverfügbare Bodenwasser (nutzbare Feldkapazität, nFK) um



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



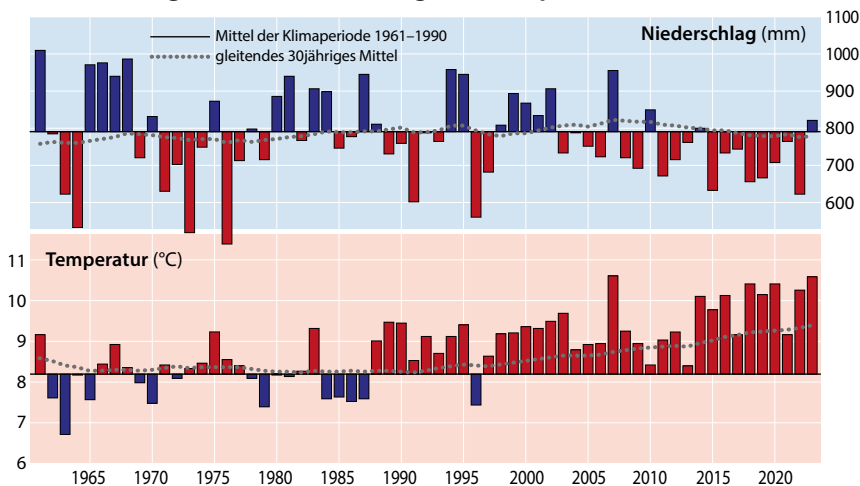
oder unter 40 % und erreichten damit ein ähnlich niedriges Niveau wie im vergangenen Jahr. Nur der äußerste Norden war von Starkregenereignissen betroffen (bspw. Trendelburg 50,3 mm am 22.6.2023), so dass sich dort die Bodenfeuchteverhältnisse deutlich günstiger darstellten. Der **Juli** war in Hessen sehr abwechslungsreich. Während in der ersten Monatshälfte warme bis heiße Luftmassen wetterbestimmend waren und teilweise Höchsttemperaturen von über 30 °C, regional 35 °C, gemessen wurden, lagen die Tageshöchsttemperaturen in der zweiten Monatshälfte insbesondere in den mittleren und nördlichen Landesteilen häufig nur um 20 °C. Mit einer Mitteltemperatur von 18,6 °C war der Juli kühler als der Juni, aber dennoch 1,8 K wärmer als im Mittel der Periode 1961–1990. In einer lebhaften Westströmung überquerten in der zweiten Monatshälfte wiederholt Tiefdruckgebiete mit ergiebigen Regenfällen das Land. Die Niederschlagssumme addierte sich zum Monatsende auf 94 mm und war damit um

fast 30 % höher als im langjährigen Mittel. Die Niederschläge reichten jedoch vielfach nicht aus, um die Bodentrockenheit zu beenden. Zwar nahm die Bodenfeuchte in den oberen 60 cm zu, aber weiterhin wiesen die Böden insbesondere in den südöstlichen Landesteilen unterdurchschnittliche Bodenwasservorräte auf. Im **August** setzte sich die zunächst kühle und feuchte Witterung fort. Ab der zweiten Monatsdekade dominierten feucht-warme Luftmassen die Witterung in Hessen. Es fielen 129 mm Niederschlag und damit fast doppelt so viel wie üblich, wobei es insbesondere in den südlichen Regionen von Hessen infolge von Starkregen und Unwettern sehr nass war. Die Monatsmitteltemperatur lag mit 18,0 °C um 1,6 K über dem langjährigen Mittelwert. Eine beständige Omega-Wetterlage (Hochdruck über Mitteleuropa) führte im **September** dazu, dass der Monat rekordwarm, sehr sonnig und trocken war. Mit einer Mitteltemperatur von 17,1 °C war der September um 3,9 K wärmer als im Mittel der Referenzperiode 1961–1990. Dabei wurden für das Landesmittel nur 39 mm Niederschlag berechnet und folglich weniger als 70 % des langjährigen Niederschlagssolls.

In der Abb. links oben ist der aufsummierte Niederschlag an der Klimastation Frankfurt/Flughafen des DWD für das vergangene Vegetationsjahr im Vergleich zu den Jahren 1950 (Messbeginn) bis 2022 dargestellt. In der Zeitreihe gibt es kaum Datenlücken, so dass der gesamte Messzeitraum berücksichtigt werden konnte. Die Bandbreite wird durch das im Beobachtungszeitraum trockenste Jahr (1976) und niederschlagreichste Jahr (1965) aufgespannt.

Von Oktober 2022 bis Ende Juli 2023 schwanken die aufsummierten Niederschläge an der Station Frankfurt/Flughafen um die langjährigen Mittelwerte der international gültigen Klimanormalperiode 1961–1990. Ab Ende Juli führten mehrere Starkniederschlagsereignisse dazu, dass bis Ende August der Niederschlagsüberschuss auf über 50 mm im

### Abweichungen von Niederschlag und Temperatur 1961–2023



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



Foto: C. Klinck



Vergleich zum langjährigen Mittel anwuchs. So fielen allein am 16.8.2023 am Frankfurter Flughafen 62,5 mm Niederschlag. Obwohl der September auch in Frankfurt deutlich trockener war als normal, lag die Niederschlagssumme im Vegetationsjahr 2022/2023 rund 30 mm über dem Mittelwert der Periode 1961–1990.

## Temperatur und Niederschlag im langjährigen Verlauf

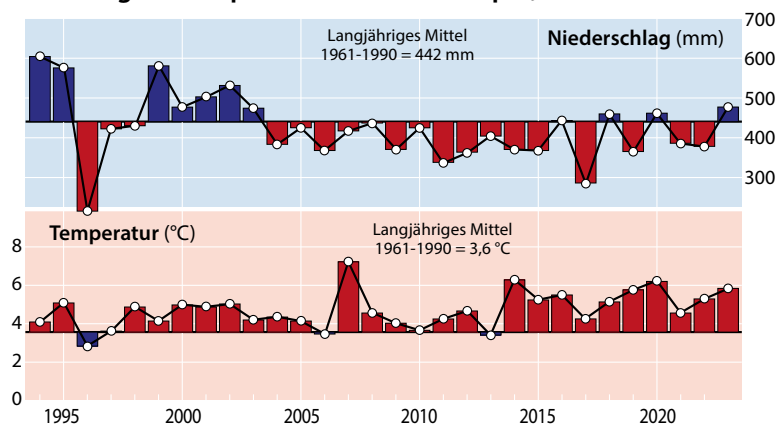
Das Vegetationsjahr 2022/2023 war mit 10,6 °C im Flächenmittel von Hessen 2,4 K wärmer als der Mittelwert der international gültigen Referenzperiode 1961–1990 und 1,3 K wärmer im Vergleich zur aktuellen Klimanormalperiode 1991–2020. Seit 1996 waren alle Vegetationsjahre wärmer als im langjährigen Mittel der international gültigen Referenzperiode 1961–1990. Alle Monate waren zum Teil deutlich wärmer als im langjährigen Mittel. Der langfristige Erwärmungstrend setzt sich ungehindert fort und bestätigt damit einmal mehr die beobachtete globale Erwärmung (Abb. unten). Im Flächenmittel von Hessen fielen 820 mm Niederschlag. Damit fiel im Vergleich zu den betrachteten Referenzperioden etwas mehr Niederschlag (Tab. Seite 21).

In der Nichtvegetationszeit von Oktober 2022 bis April 2023 wurde das Niederschlagssoll mit 476 mm um knapp 10 %

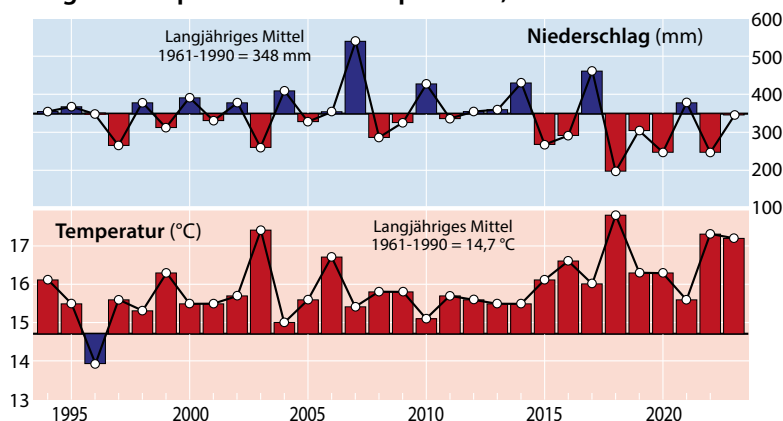
übertroffen (Abb. unten). Dabei war es im Norden und Süden des Landes um etwa 10 % trockener als üblich, während in den mittleren Landesteilen von Hessen ein leichter Niederschlagsüberschuss gemessen wurde (Abb. Seite 24 unten links). Die Mitteltemperatur der Nichtvegetationszeit betrug 5,9 °C (Abb. unten) und übertraf das langjährige Mittel um 2,3 K. Die höchsten Abweichungen traten im Taunus, Spessart, Odenwald und in der Rhön auf (Abb. Seite 24 oben links).

Auch die Vegetationszeit von Mai bis September 2023 war deutlich zu warm. Die Mitteltemperatur betrug 17,2 °C und war damit um 2,5 K wärmer im Vergleich zur international gültigen Referenzperiode 1961–1990 bzw. 1,4 K im Vergleich zur aktuellen Klimanormalperiode 1991–2020 (Abb. unten, Tab. Seite 21). Im Odenwald, Taunus, Spessart, Vogelsberg und der Rhön betrug die Abweichung regional mehr als 2,7 K, während die Abweichungen in den tiefen Lagen in Nordhessen unterdurchschnittlich waren (Abb. Seite 24 oben rechts). Während der Vegetationszeit fielen landesweit im Mittel 344 mm Niederschlag. Dies entspricht der langjährigen mittleren Niederschlagsmenge (Abb. unten). Dabei war es in den westlichen Landesteilen teilweise um bis zu 20 % trockener als im langjährigen Mittel, während im Odenwald und in der südlichen Rhein-Main-Ebene infolge von Starkregenereignissen regional ein Niederschlagsüberschuss von bis zu 50 % berechnet wurde (Abb. Seite 24 unten rechts).

### Langjährige Klimawerte (1994–2023) Nichtvegetationsperiode Oktober bis April, Hessen



### Langjährige Klimawerte (1994–2023) Vegetationsperiode Mai bis September, Hessen



Daten des Deutschen Wetterdienstes, Offenbach

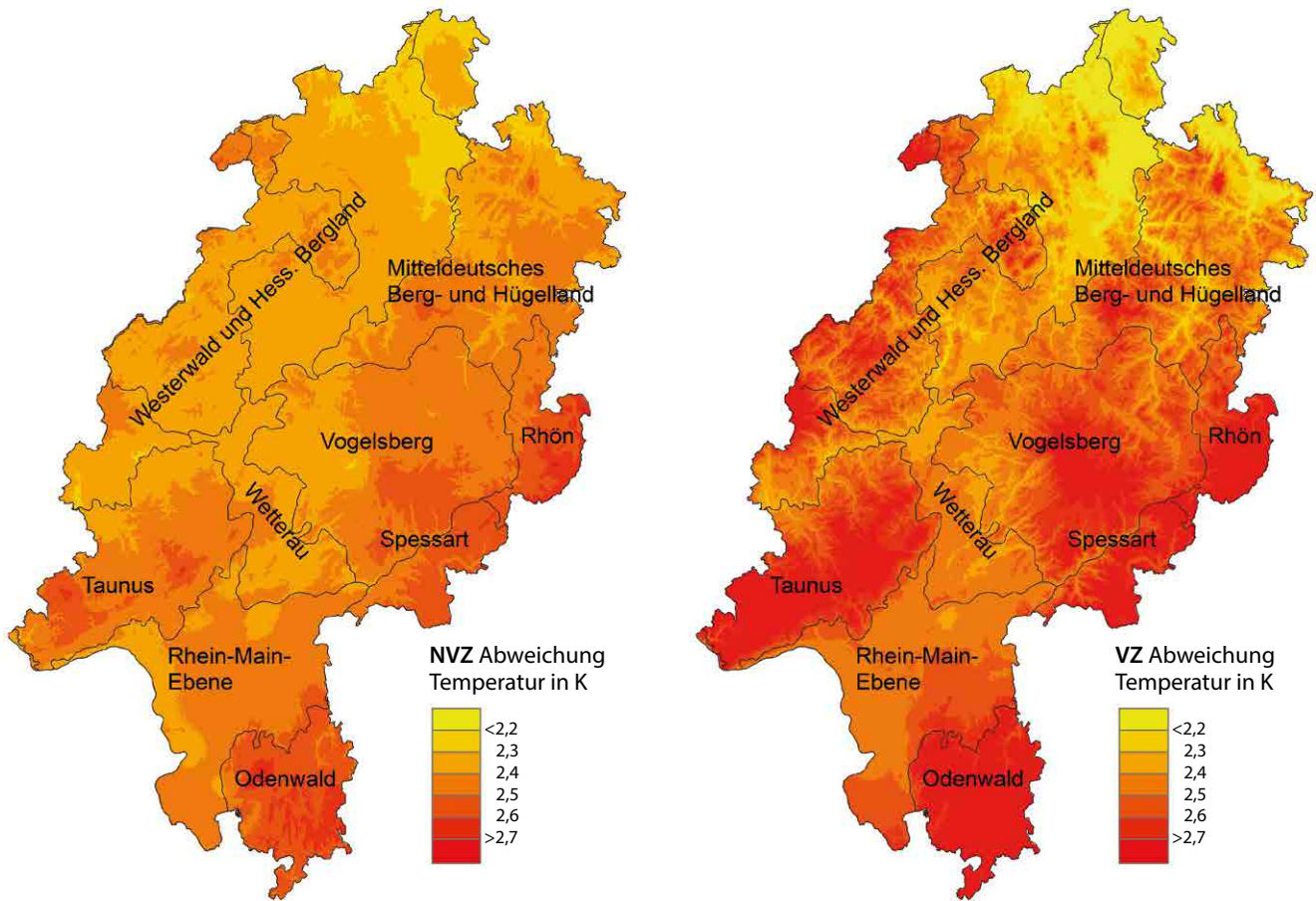
## Fazit

- Das Vegetationsjahr 2022/2023 war mit einer Mitteltemperatur von 10,6 °C um 0,3 K wärmer als das vergangene Jahr und damit eines der wärmsten Jahre seit Beobachtungsbeginn im Jahr 1881. Der langjährige Erwärmungstrend setzte sich unvermindert fort.
- Alle Monate waren teilweise deutlich wärmer als im langjährigen Mittel der Periode 1961–1990.
- Die Niederschlagsmenge von 820 mm im Flächenmittel des Landes übertraf das langjährige Mittel um knapp 5 %.
- Nur zu Beginn der Vegetationszeit trockneten die Oberböden in weiten Teilen des Landes während einer mehrwöchigen Trockenperiode deutlich aus. Die überdurchschnittlich hohen Niederschläge im Juli und August führten zu einer Auffüllung der Bodenwasserspeicher im Oberboden, so dass sich die Bodenfeuchtesituation landesweit günstig entwickelte.

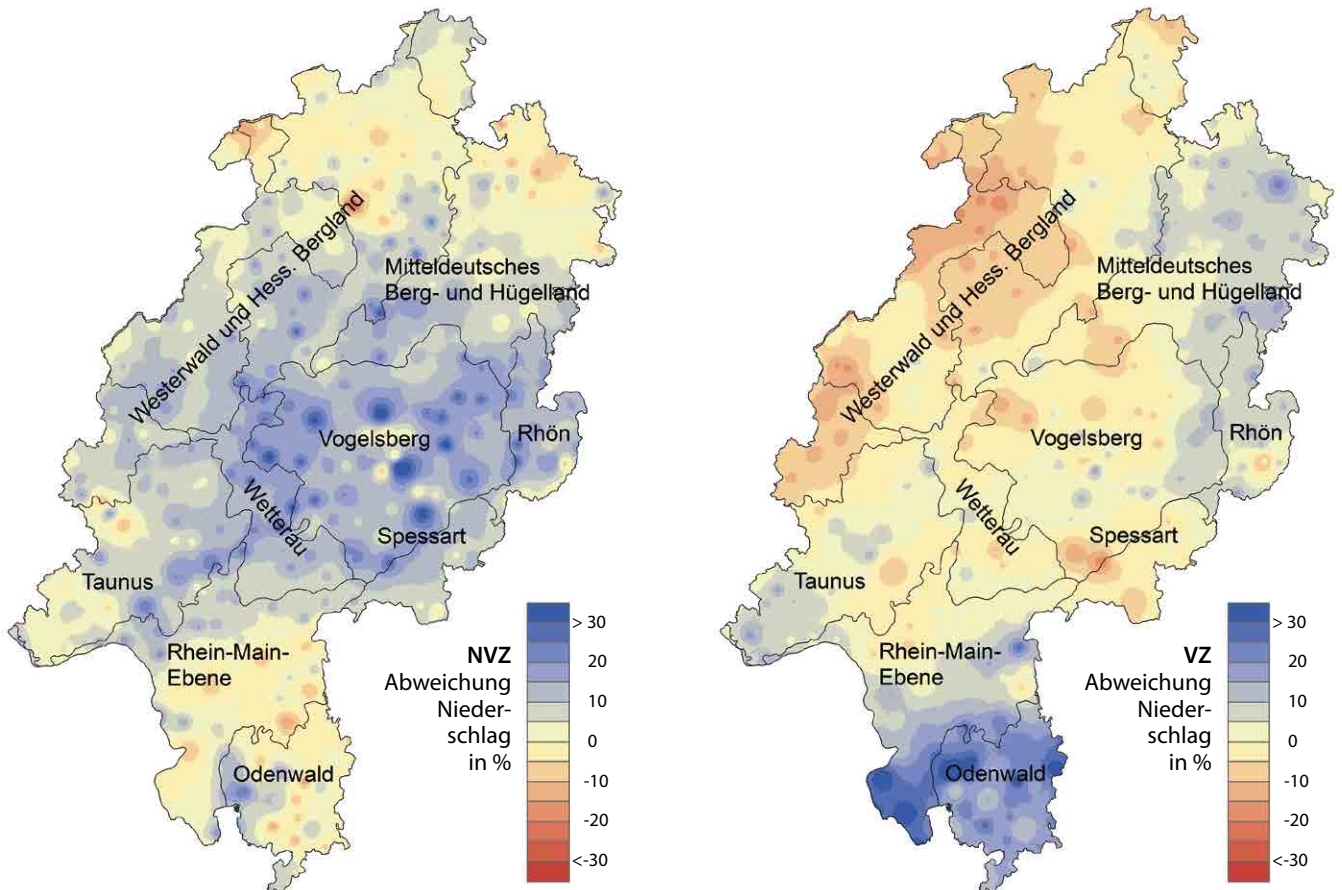
## Literatur

- Deutscher Wetterdienst (2022): Monatlicher Klimastatus Deutschland. DWD, Geschäftsbereich Klima und Umwelt, Offenbach, [www.dwd.de/klimastatus](http://www.dwd.de/klimastatus)
- Deutscher Wetterdienst (2023): 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) 2022/2023 und in der Vegetationszeit (VZ) 2023**



**Abweichung der Niederschlagssumme vom langjährigen Mittel (1961–1990)  
in der Nichtvegetationszeit (NVZ) 2022/2023 und in der Vegetationszeit (VZ) 2023**





# Insekten und Pilze

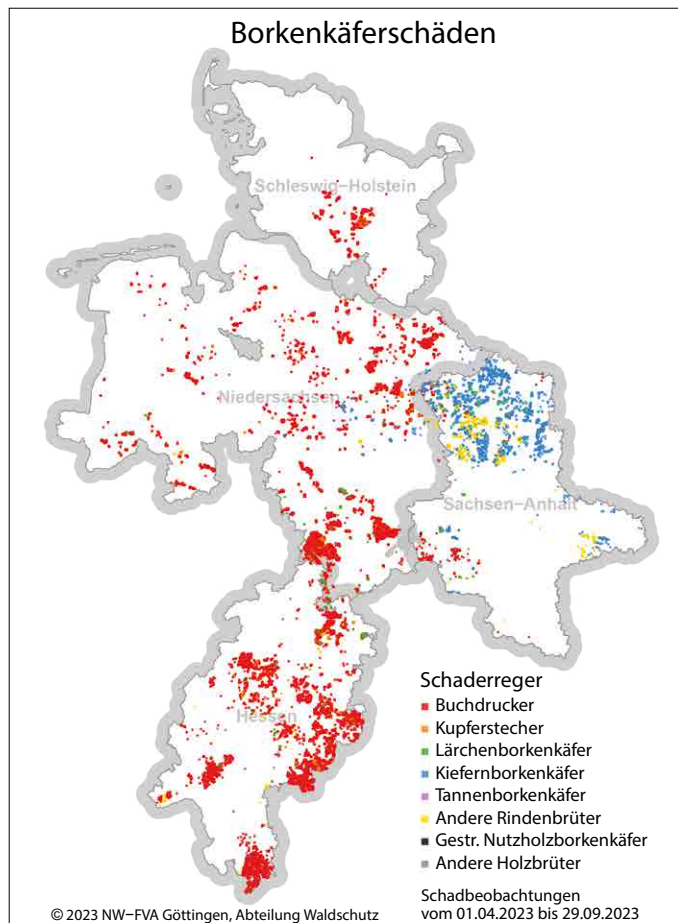
Martin Rohde, Rainer Hurling, Gitta Langer, Johanna Bußkamp und Pavel Plašil

<https://doi.org/10.5281/zenodo.8430920>

## Borkenkäfer

Nach einer wiederum sehr trockenen und warmen, käferbegünstigenden Vegetationsperiode 2022 wurden im Winter 2022/2023 deutlich mehr Niederschläge als in den Vorjahren verzeichnet. Die Käfersaison 2023 startete bei eher kühlem, oft auch feuchtem Wetter zunächst verhalten, die Nadelbäume zeigten mehr Abwehrbereitschaft gegen erste Besiedelungsversuche der Borkenkäfer. So wurde zunächst überwiegend liegendes, ausreichend frisches Holz durch die hohe Zahl der aus dem Vorjahr überwinterten Käfer oft sehr stark besiedelt, zu Stehendbefall kam es in den ersten Wochen weniger.

Das änderte sich ab etwa Ende Mai deutlich. Niederschläge blieben weitgehend aus, die Temperaturen stiegen deutlich an. Schnell wurde in vielen Bereichen umfangreicher frischer Stehendbefall durch den **Buchdrucker** (*Ips typographus*) festgestellt, teils bereits durch Geschwisterbruten und Folgebruten der Überwinterergeneration. Wieder kühlere Temperaturen ab Anfang Juli und zahlreiche, meist sehr lokale Niederschläge haben die Entwicklung der Käferbruten unter der Rinde aber kaum beeinträchtigt. Vielerorts flogen ab etwa Ende Juni große Mengen an Jungkäfern aus und begaben sich auf die Suche nach neuen Wirtsbäumen.



Lage und Verteilung der Borkenkäferschäden in den Trägerländern für die Borkenkäfersaison 2023 (Meldungen im Waldschutzmeldeportal bis 29.09.2023)



Foto: J.-M. Schmeling

Bohrmehl des Zwölfzähligen Kiefernborkekäfers

**Kupferstecher** (*Pityogenes chalcographus*) an Fichte spielten nur lokal und eine deutlich untergeordnete Rolle.

Neben dem immer noch starken Neubefall von Fichten durch den Buchdrucker nimmt der Umfang des Befalls von Kiefern durch die **Kiefernborkekäferarten** weiter zu.

Durch den **Lärchenborkenkäfer** (*Ips cembrae*) wurde nur lokal größerer Schaden verursacht.



Foto: C. Hein

Nach Borkenkäferbefall absterbende Kiefern

## Prachtkäfer und Kernkäfer an Eiche

Schäden durch **Eichenprachtkäferbefall** (*Agrilus biguttatus*) in Eichenbeständen nehmen im laufenden Jahr teils dramatische Ausmaße an. Zurzeit am schwersten betroffen sind Eichen-Regionen im mittleren und südlichen Hessen sowie im südlichen Sachsen-Anhalt. Befallen sind dort mittlerweile häufig ganze Bestände bereits ab den jüngeren Altersklassen. Ohne konsequente Gegenmaßnahmen (Sanitärhiebe) ist zu befürchten, dass solche Waldgebiete ihre – gerade auch für



den Naturschutz bedeutsamen – Eichenanteile fast restlos verlieren werden. Für einige Schutzgebiete ist bereits deren zentraler Schutzzweck, nämlich der Erhalt von Eichen-Lebensräumen, akut gefährdet. Bereits jetzt gibt es erste Beispiele starker „Enteichung“ ganzer Bestände durch den Prachtkäfer. Hinzu kommt häufig eine Besiedlung alter Eichen durch im Kernholz brütende Arten wie den **Eichenholzbohrer** (*Xyleborus monographus*), oft in Vergesellschaftung mit dem **Eichenkernkäfer** (*Platypus cylindrus*), was zu einer technischen Entwertung des Holzes führt.



Foto: R. Hurling

Prachtkäfergänge

## Waldmaikäfer

Im Raum Hanau liegt ein Vorkommensgebiet des **Waldmaikäfers** (*Melolontha hippocastanii*), das sich bis in die angrenzenden bayrischen Waldgebiete hinein erstreckt. Die Population befindet sich seit vielen Jahren in einer Massenvermehrung. Die Engerlinge des Waldmaikäfers waren im Frühjahr/Sommer 2023 im dritten Larvenstadium und verursachten in Kulturen und Jungbeständen, teilweise aber sogar in Altbeständen erhebliche Schäden durch den Wurzelfraß. Grabungen nach diesen Engerlingen, die periodisch und systematisch seit 2011 alle vier Jahre durchgeführt werden, fanden im Mai 2023 statt und liefern Aussagen zu Dichte und Ausbreitungstendenzen dieser wurzelschädigenden Art. Die vorläufigen Grabungsergebnisse ergeben im Mittel ein ähnliches Bild wie vor vier Jahren mit nach wie vor hohen Engerlingsdichten. Genauere Auswertungen stehen allerdings noch aus.

## Eichenfraßgesellschaft und Kieferngrößschädlinge

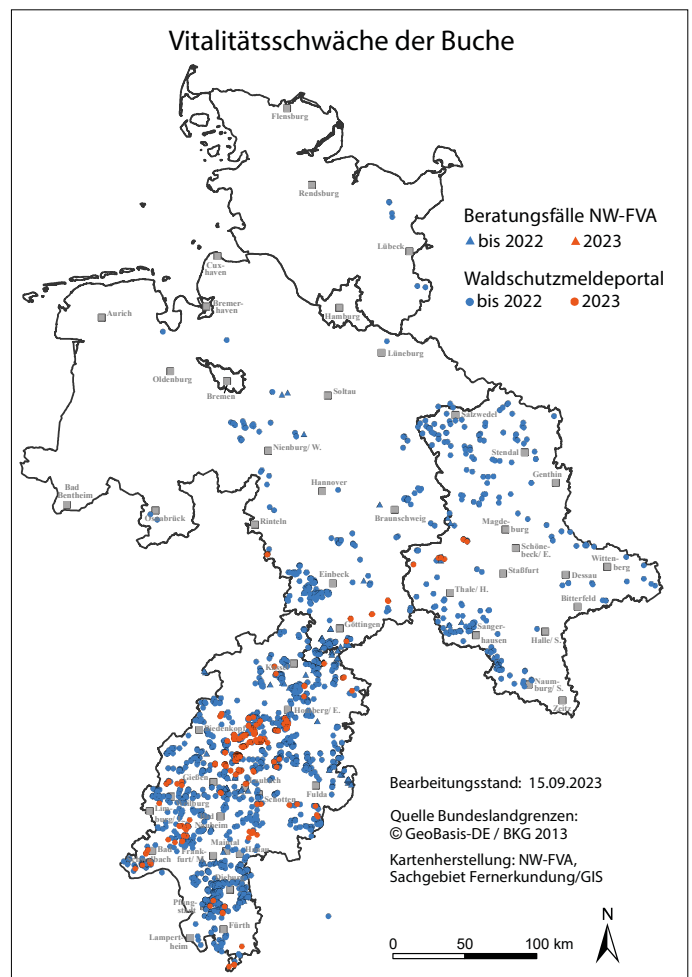
In Hessen befinden sich die Populationen der zur Eichenfraßgesellschaft gehörenden Raupen des **Kleinen Frostspanners** (*Operophtera brumata* L.), **Großen Frostspanners** (*Erannis defoliaria* Cl.), **Eichenwicklers** (*Tortrix viridana* L.) und **Schwammspinners** (*Lymantria dispar* L.) weiterhin in der Latenz.

Der **Eichenprozessionsspinner** (*Thaumetopoea processionea* L.) kommt in einzelnen Forstämtern in niedriger Dichte vor, verursacht aber derzeit keine Waldschutzprobleme. Allerdings können durch die Brennhaare der Raupen dieses Nachtfalters gesundheitliche Probleme ausgelöst werden.

## Komplexe Schäden an Rotbuche

Wie auch in den fünf vergangenen Jahren wurden weit verbreitet und in Teilbereichen bestandesbedrohend Absterbeerscheinungen infolge von Hitze und Trockenheit bei Rotbuchen in Niedersachsen, Hessen und Sachsen-Anhalt beobachtet, die sich dem Schadbild der so genannten **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



Schadensmeldungen zur Rotbuche bis zum 15.09.2023. Zusammengestellt aus teilweise zusammengefassten Einzelmeldungen  
Quelle: Waldschutzmeldeportal der NW-FVA (WSMP) und Meldungen/Untersuchungen im SG B3 der NW-FVA



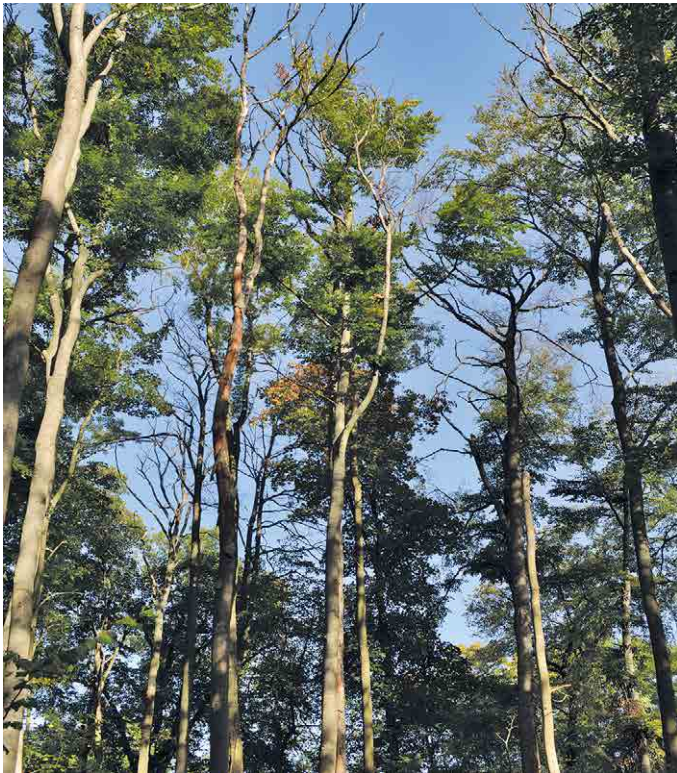


Foto: J. Evers

Geschädigte Buchenkronen

und einer schnellen Holzersetzung. Häufig zeigte sich dabei auch eine starke Beteiligung des Hallimaschs. Dabei sind fast alle Altersklassen der Buche als Folge der Hitze- und Trockenheit des Vorjahres und der vorangegangenen Jahre betroffen. Die Schäden treten auch bei jüngeren Baumhölzern und in geschlossenen Beständen und sogar in Nordhanglagen auf. Mittlerweile sind nicht nur Einzelbäume betroffen, sondern es gibt bereits Regionen, in denen sich Rotbuchenbestände in der Auflösung befinden.

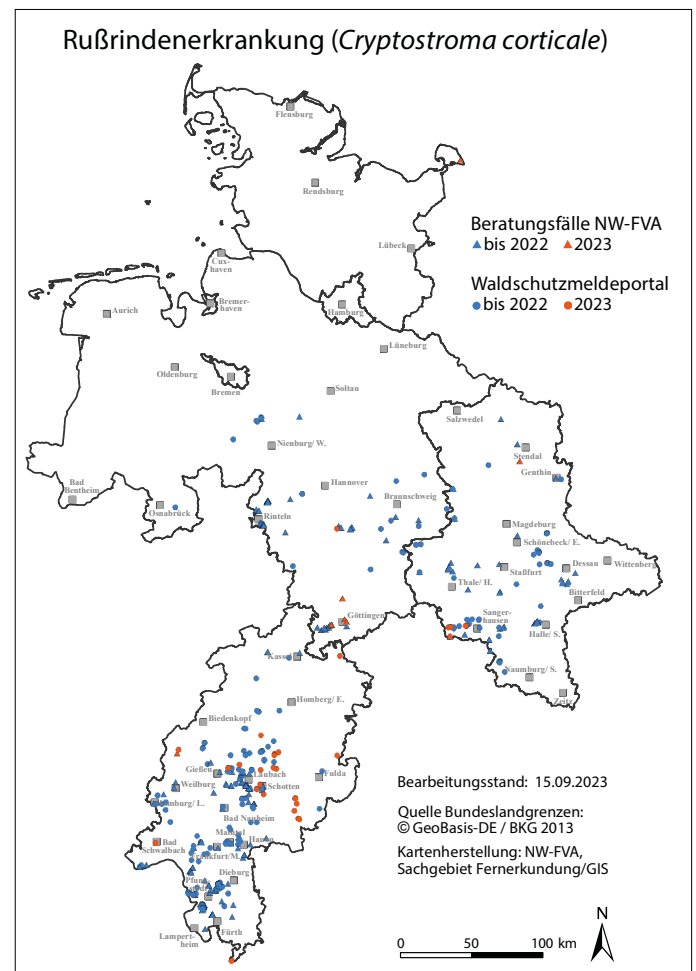
### Eschentriebsterben (ETS, Erreger: *Hymenoscyphus fraxineus*)

Auf das verbreitet auftretende Eschentriebsterben wird im vorliegenden Bericht auf Seite 41 „FraxForFuture: Ein Verbundprojekt zum Erhalt der Esche als Wirtschaftsbaumart“ eingegangen.

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

Als Folge der Hitze und Niederschlagsdefizite in den Jahren 2018 bis 2020 sowie 2022 kam es in den Trägerländern der NW-FVA, insbesondere in Niedersachsen, Hessen und Sachsen-Anhalt, vermehrt zum Auftreten der **Rußrindenerkrankung** des Ahorns. Die Rußrindenerkrankung wird durch den ursprünglich in Nordamerika beheimateten, invasiven Schlauchpilz *Cryptostroma corticale* (linkes Foto in der Abb. rechts) ausgelöst. Die Ausbreitung des Pilzes erfolgt luftgebunden über Sporen (Konidien). Die Rußrindenerkrankung tritt in Deutschland in erster Linie beim Bergahorn (*Acer pseudoplatanus*), seltener bei

Spitz- (*A. platanoides*) und Feldahorn (*A. campestre*) auf. Neben *C. corticale* führten auch andere pilzliche Folgeschaderreger zu Absterberscheinungen bei Ahorn, z. B. der Artenkomplex um *Stegosporium pyriforme* (mittleres Foto unten, Hauptfruchtform *Prosthecia pyriforme*) oder *Diaporthe pustulata*. Der Schlauchpilz *S. pyriforme* kann das sogenannte *Stegosporium*-Ahorntriebsterben meist bei jüngeren Pflanzen/Bäumen hervorrufen. Die schwarzen Sporenlager von *Stegosporium* an Ahornstämmen können gemeinsam oder unabhängig von *C. corticale* auftreten. *S. pyriforme* ist ebenso wie *C. corticale* ein Schwächepathogen, das von der trocken-warmen Witterung begünstigt war und die Bäume schädigt. Im Gegensatz zu



Rußrindenerkrankung des Ahorns bis zum 15.09.2023 – Schadensfälle in den Trägerländern der NW-FVA



Links: *Cryptostroma corticale*; Mitte: *Stegosporium pyriforme*, rechts: *Stegosporium*-Triebsterben

Fotos: NW-FVA, Abt. Waldschutz

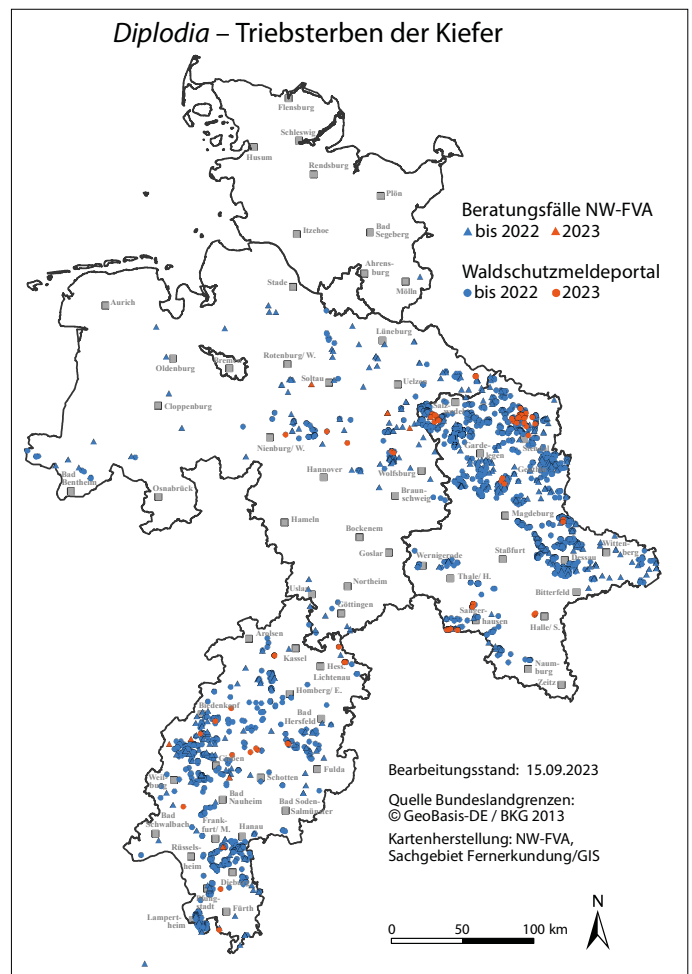


*C. corticale*, der eine flächige Sporenschicht unter der obersten Rindenschicht seiner Wirtsbäume bildet (linkes Foto Seite 27 unten rechts), fruchtet *Stegosporium* sichtbar auf der Rinde mit schwarzen, linsenförmigen, in die Rinde eingesenkten Sporenlagern (Acervuli, mittleres Foto Seite 27 unten rechts). Eine Verteilung der Schadensfälle an Ahorn assoziiert mit *C. corticale* bzw. mit *Stegosporium* zeigt die Karte auf Seite 27.

### 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. Unsere Untersuchungsergebnisse haben gezeigt, dass dieser Pilz endophytisch in allen Kiefernbeständen des Zuständigkeitsbereichs der NW-FVA und bundesweit sehr verbreitet ist. 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 (siehe Niederschlagsdefizite) oder Verletzungen der Triebe durch Hagelschlag. Ein prädisponierender Faktor kann Mistelbefall sein, der ebenfalls Trockenstress hervorruft bzw. verstärkt. Trockenstress kann zudem auf flachgründigen, südexponierten Standorten oder in Kuppenlagen entstehen. Zahlreiche Schadensfälle stehen mit Wurzelfäulen, insbesondere durch den 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.



*Diplodia*-Triebsterben in den Trägerländern der NW-FVA, Quellen: Beratungsfälle und Auswertung des Waldschutzmeldeportals (WSMP) der NW-FVA bis zum 15.09.2023.

Vermutlich führt eine Kombination mehrerer schwächender Faktoren eher zu Krankheitsfällen als ein einzelner der genannten Faktoren.

Seit 2006 werden die gemeldeten und im Labor untersuchten Schadensfälle kartiert (Karte oben).



Foto: M. Spielmann

Geschädigter Kiefernbestand



# Stoffeinträge

**Birte Scheler**

<https://doi.org/10.5281/zenodo.8430932>

Mit dem Niederschlag gelangen Nähr- und Schadstoffe in gelöster Form in den Wald. Zusätzlich werden diese Stoffe in gas- und partikelförmiger Form eingetragen. Der atmosphärische Stoffeintrag stellt für das Ökosystem Wald jedoch 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. Fichten- und Douglasienbestände sind wegen der ganzjährigen und im Vergleich mit Kiefern dichteren Benadelung stärker durch Stoffeinträge 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

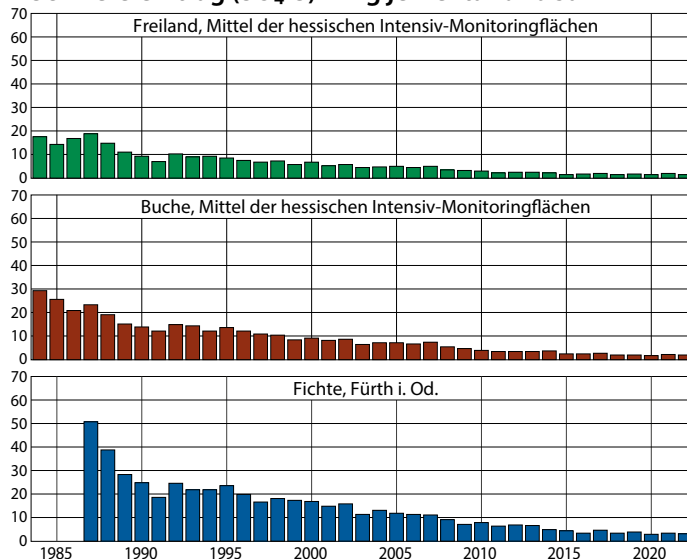
2022 war der Niederschlag auf allen untersuchten Monitoringflächen geringer als im 10-jährigen Mittel 2012–2021. Die geringsten negativen Abweichungen im Freiland wurden im Spessart (-3 % bzw. -8 mm), die höchsten im Hessischen Ried (-14 % bzw. -88 mm) gemessen.

Der Bestandesniederschlag der Buchenflächen betrug 2022 zwischen 435 mm (Kellerwald) und 765 mm (Spessart, Fürth im Odenwald). Unter Fichte wurden 616 mm (Fürth im Odenwald) registriert und unter Kiefer im Hessischen Ried 492 mm. Die Niederschlagsmengen im Freiland lagen zwischen 526 mm (Hessisches Ried) und 896 mm (Fürth im Odenwald).

## 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 sehr stark zurück. 2022 betrug er zwischen 6 und 10 % des Eintrags von 1987 und lag je Hektar unter Buche zwischen 1,5 kg (Kellerwald, Krofdorf, Hessisches Ried) und 2,7 kg (Fürth im Odenwald), unter Fichte bei 3,3 kg (Fürth im Odenwald) und unter Kiefer bei 1,2 kg (Hessisches Ried). Im Freiland betrug er im Hessenmittel 1,6 kg je Hektar mit Einträgen zwischen 1,2 kg (Krofdorf, Hessisches Ried) und 2,1 kg je Hektar (Spessart).

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



## Stickstoffeintrag

Stickstoff wird als Nitrat (oxidierte Form) und als Ammonium (reduzierte Form) in das Ökosystem eingetragen. Die größten Emittenten für Stickoxide (NO<sub>x</sub>) waren 2021 die Bereiche „Verkehr“ (37 %), „Energiewirtschaft“ (24 %) sowie „private Haushalte und Kleingewerbe“ (12 %). Die Ammoniakemissionen stammen zu ca. 95 % aus der Landwirtschaft (UBA, 2023).

Aufgrund der von 1990 bis 2021 erfolgten Reduktion der Emissionen (NO<sub>x</sub> -66 %, Ammoniak -29 %) sind die Stickstoffeinträge im Freiland und mit der Gesamtdosition im Beobachtungszeitraum deutlich zurückgegangen.

Da die Stickoxidemissionen stärker reduziert werden konnten als die Ammoniakemissionen, hat der relative Anteil des Ammoniums am anorganischen Stickstoffeintrag zugenommen. Im Mittel der Jahre 2018–2022 lag sein Anteil zwischen 47 % und 56 % (Freiland), 47 % und 63 % unter Buche bzw. 55 % unter Fichte.

2022 betrug der Nitratstickstoffeintrag je Hektar im Hessenmittel im Freiland 1,8 kg und unter Buche 3,6 kg mit Werten zwischen 2,2 kg (Hessisches Ried) und 4,6 kg (Zierenberg). Im Fichtenbestand in Fürth im Odenwald betrug er 6,7 kg und im Hessischen Ried unter Kiefer 2,2 kg je Hektar.

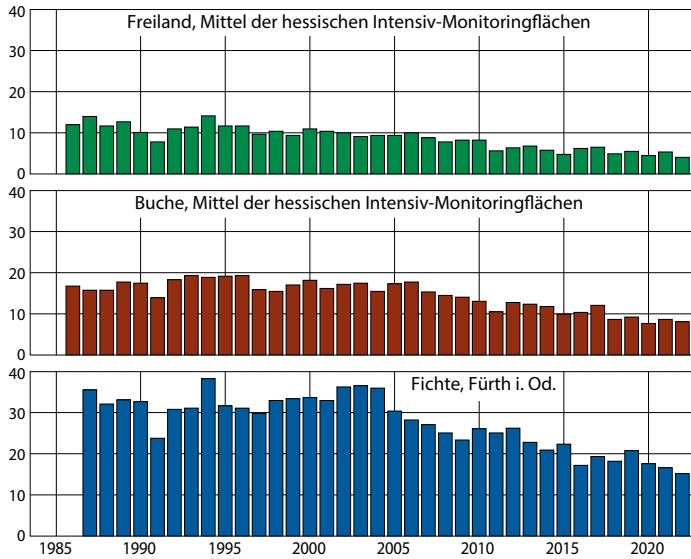


Kippsschale zur Erfassung des Stammablaufs (Zierenberg)

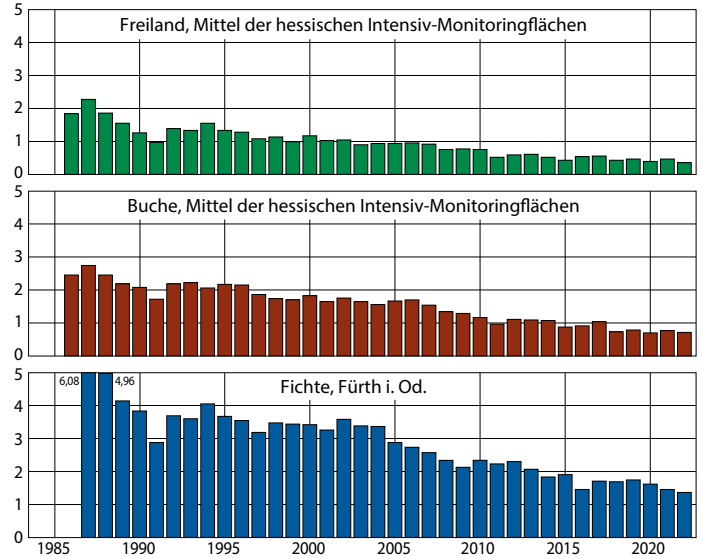
Foto: B. Scheler



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



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



Der Ammoniumstickstoffeintrag je Hektar betrug 2022 im Hessenmittel im Freiland 2,2 kg mit einer Spannweite zwischen 1,2 kg (Spessart) und 3,7 kg (Fürth im Odenwald) und unter Buche 4,5 kg mit Werten zwischen 2,8 kg (Krofdorf) und 6,4 kg (Fürth im Odenwald). Im Fichtenbestand lag er bei 8,5 kg (Fürth im Odenwald) und unter Kiefer bei 2,4 kg je Hektar (Hessisches Ried).

Obwohl der anthropogen bedingte anorganische Stickstoffeintrag seit Beginn der Untersuchungen deutlich abgenommen hat, überschreitet er im Mittel der letzten 5 Jahre (2018–2022) mit Werten bis zu 12,1 kg je Hektar und Jahr unter Buche (Zierenberg) und 17,7 kg je Hektar und Jahr unter Fichte (Fürth im Odenwald) weiterhin den Bedarf der Wälder für das Baumwachstum.

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.

### Gesamtsäure

Die Emissionen, ausgedrückt als Säure-Äquivalent, konnten, bezogen auf das Jahr 1990, um 78 % reduziert werden. Hauptverursacher waren 2020 die Landwirtschaft (54,3 %), der Verkehr (15 %) sowie die Energiewirtschaft (14 %) (UBA 2022). Der Gesamtsäureeintrag in Ökosysteme berechnet sich als Summe der Gesamtdeposition von Nitrat, Ammonium, Sulfat

und Chlorid (jeweils nicht seesalzbürtige Anteile, Gauger et al. 2002). 2022 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 kmol<sub>c</sub> (Fürth im Odenwald) bzw. 0,9 kmol<sub>c</sub> je Hektar (Zierenberg) lag der Gesamtsäureeintrag 2022 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 GPJ, Bleeker A, Erisman JW, Vermeulen AT und 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

UBA (2023): <https://www.umweltbundesamt.de/daten/luft/luftschadstoff-emissionen-in-deutschland/stickstoffoxid-emissionen#entwicklung-seit-1990>

# Waldbewässerung im Rhein-Main-Gebiet: Erste Ergebnisse des Projekts „Situative Zuwässerung in Wäldern des Hessischen Rieds (SiZuRi)“

Michael Köhler, Nataliya Bilyera, Heiko Gerdes und Henning Meesenburg

<https://doi.org/10.5281/zenodo.8430946>

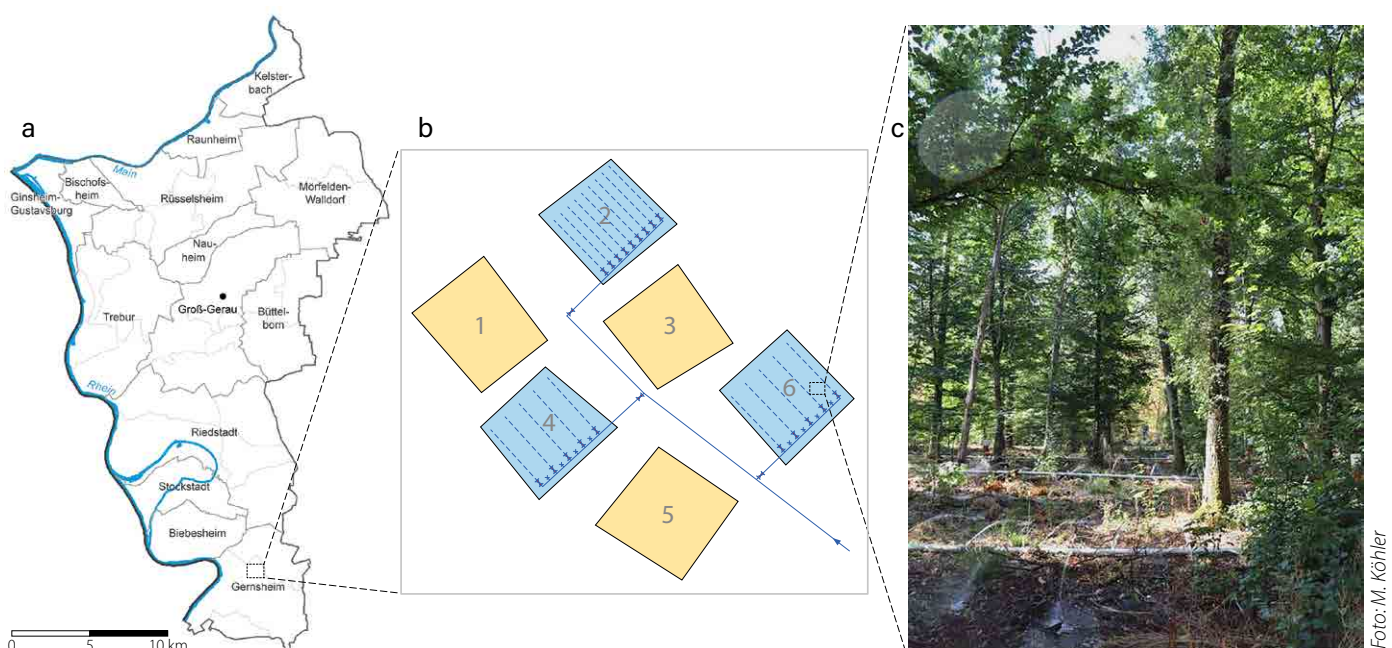
## Hintergrund

Die intensive Nutzung von Grundwasser zur Trinkwasserversorgung im Ballungsraum Rhein-Main in Hessen führte Anfang der 1970er Jahre zu einer erheblichen Absenkung des Grundwasserspiegels. In der Folge traten insbesondere in Trockenperioden schwere Dürreschäden an Waldbeständen bis hin zum vollständigen Absterben vieler Bäume auf. Zusätzlich zum fehlenden Grundwasseranschluss ist der Wald der Region durch zunehmende Sommertrockenheit bei gleichzeitiger höherer Verdunstung im Zuge des Klimawandels stark belastet. Über die Waldschäden hinaus kam es durch den Abfall des Grundwasserspiegels aber auch zu Setzungen, die zu teilweise starken Schäden an der Gebäudeinfrastruktur der Region führten. Als Reaktion darauf wurde im Auftrag der Hessischen Landesregierung der Grundwasserbewirtschaftungsplan Hessisches Ried entwickelt, der im Jahr 1999 in Kraft trat. Der Plan sieht vor, die Grundwasserstände durch die Infiltration von gereinigtem Rheinwasser in vier Regionen zu erhöhen. Seitdem sind keine Setzrisssprobleme an Gebäuden mehr aufgetreten, die durch abgesenktes Grundwasser verursacht wurden. Zwar haben auch zahlreiche grundwasserabhängige Vegetationsstandorte von dieser Maßnahme profitiert, allerdings wurden die Anforderungen des Waldes aufgrund des Siedlungsschutzes gegenüber Kellervernässung nur teilweise erfüllt. Denn das für den Wald günstige Grundwasserstands-niveau, wie es vor der starken Absenkung der 1970er Jahre vorherrschend war, würde heutzutage zu massiven Kellervernässungen in mittlerweile neugebauten Siedlungen führen (Köhler et al., 2023).

Angesichts fortschreitender Waldschäden im Hessischen Ried wurde auf Initiative des Hessischen Landtags im Jahr 2012 ein Runder Tisch mit Beteiligung aller wichtigen Akteure eingerichtet, die von der Grundwasserproblematik berührt sind. Ein besonderer Fokus lag dabei auch auf Natura-2000-Gebieten, die die Lebensraumtypen 9160 (Sternmieren-Eichen-Hainbuchen-Wald) und 9130 (Waldmeister-Buchenwald) enthalten, denn das Land Hessen ist verpflichtet, die Erhaltung dieser Lebensräume sicherzustellen. Einer der Vorschläge des Runden Tisches war die versuchsweise Etablierung einer bodenfeuchtegesteuerten Waldbewässerung, die schließlich im Rahmen des hier vorgestellten Projektes „Situative Zuwässerung in Wäldern des Hessischen Rieds (SiZuRi)“ in Zusammenarbeit mit der Stadt Gernsheim und BGS UMWELT umgesetzt werden konnte. In einem 110-jährigen Eichenbestand mit unterpflanzter Hainbuche im Stadtwald Gernsheim wurden dazu im Jahr 2021 drei Bewässerungs- und drei Kontrollparzellen angelegt und mit forsthydrologischen Messgeräten ausgestattet. Die Bewässerung ermöglicht es, die Bodenfeuchte zu steuern und damit dem Wald Wasser in Trockenphasen zur Verfügung zu stellen, ohne dabei die Grundwasserneubildung zu erhöhen (Abb. unten).

## Projektbegleitendes forstliches Umweltmonitoring

An mehreren Stellen in jeder der sechs Parzellen werden mit verschiedenen Sensoren in 20, 60 und 100 cm Bodentiefe die Bodenfeuchte und die Wasserverfügbarkeit gemessen (Abb. Seite 32). Der im Bestand unter dem Kronendach ankommende Niederschlag wird mit Regensammlern aufgefangen, die alle zwei Wochen ausgeleert werden. Eine Klimastation gibt Auskunft über alle relevanten Wetterparameter vor Ort.



Lage der Untersuchungsfläche (a), Skizze der sechs Parzellen (b), Kontrollparzellen in gelb, Zuwässerungsparzellen in blau, jeweils 50 x 50 m, laufende Bewässerung (c)

Foto: M. Köhler



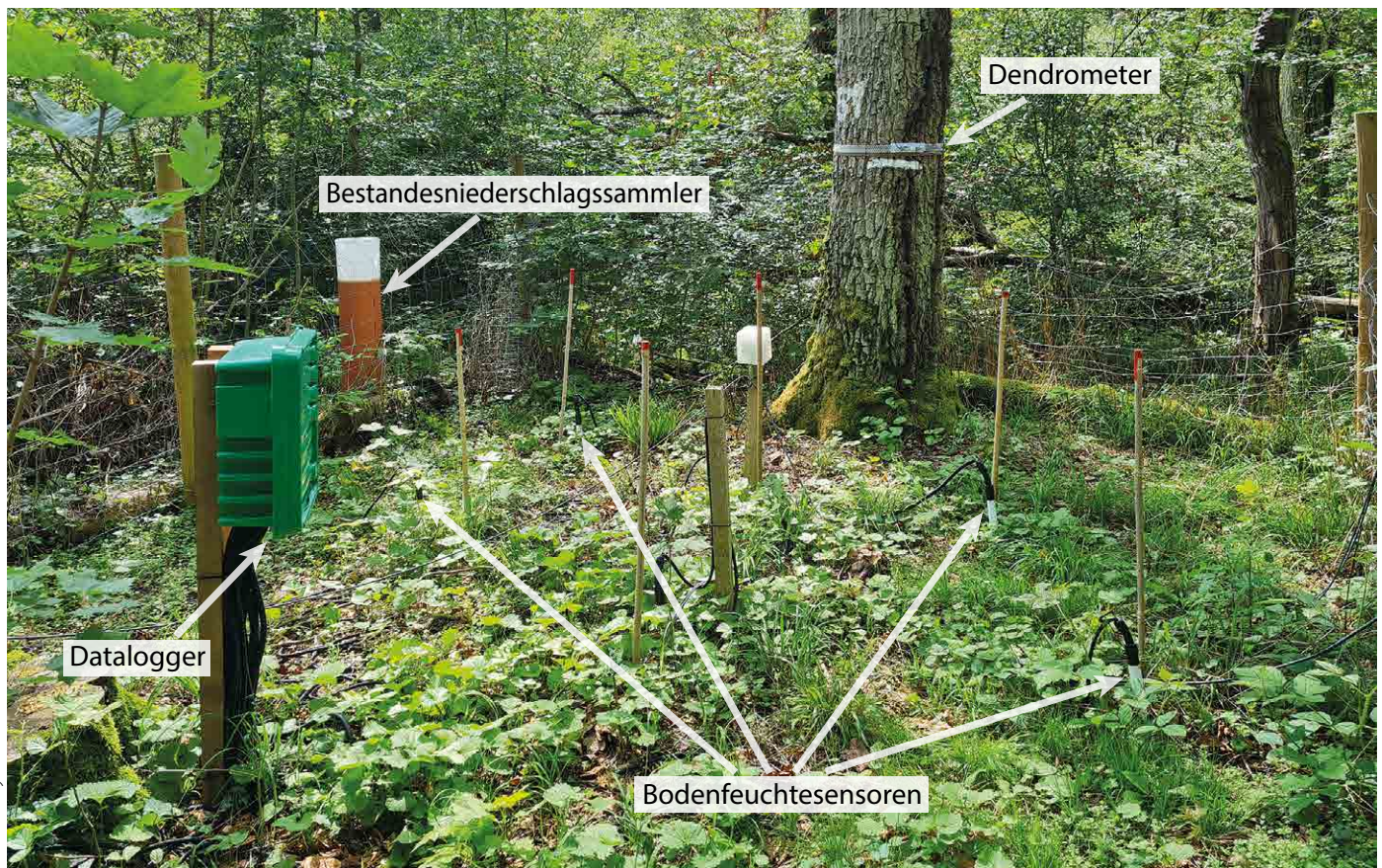


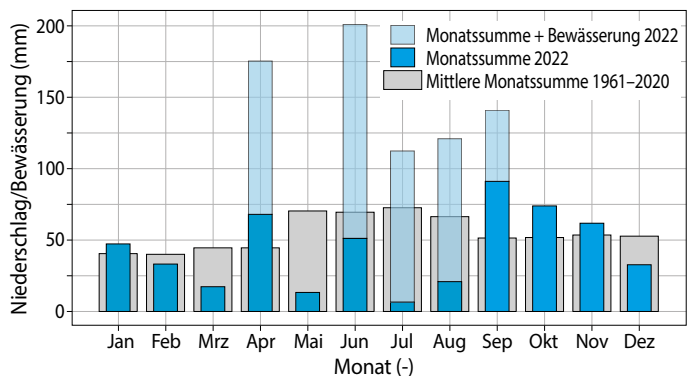
Foto: N. Bilyera

Messeinrichtungen in einer Parzelle

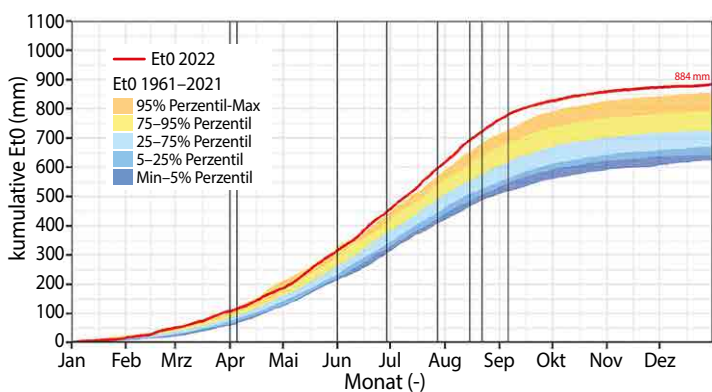
Der Durchmesserzuwachs der Bäume wird mit Dendrometern (hochauflösenden Umfangmessbändern) gemessen. Darüber hinaus werden regelmäßig Kronenzustandsansprachen durchgeführt und Veränderungen der Begleitvegetation dokumentiert.

### Der Dürresommer 2022

Das Jahr 2022 war vor allem im Sommer von sehr hohen Temperaturen und einem extremen Strahlungsangebot geprägt. Laut DWD trat 2022 der zweitwärmste und sonnenscheinreichste Sommer in Hessen seit Beginn der jeweiligen Messungen auf (Imbery et al., 2022). Die für Gernsheim berechnete kumulative Grasreferenzverdunstung, ein Maß für den



Monatsniederschläge und Bewässerung auf den SiZuRi-Parzellen (graue Balken: langjährige Monatsmittel aus Interpolation umliegender Stationen des DWD im Zeitraum 1961–2020; blaue Balken: im Bestand gemessene Monatsniederschläge 2022, hellblaue Balken: gemessene Monatsniederschläge + Bewässerungsmenge 2022).



Perzentile der kumulativen täglichen Grasreferenzverdunstung (Daten aus umliegenden Stationen des DWD von 1960-2021) und Werte für 2022 (rote Linie).

Verdunstungsanspruch der Atmosphäre, lag bis Mitte Juni im Bereich der 95 % höchsten Werte der letzten 60 Jahre, danach für den Rest des Jahres noch einmal deutlich darüber (rote Linie in der Abb. links). Das heißt, dass die Wälder in Gernsheim seit mindestens 1961 nicht mehr mit einem derartigen Verdunstungshunger konfrontiert waren wie im Jahr 2022. Gleichzeitig stand dem sehr hohen Verdunstungsbedarf ein sehr geringer Niederschlag gegenüber. Der Jahresniederschlag betrug 2022 nur 440 mm. Die bewässerten Parzellen wurden so beregnet, dass die Summe der Zuwässerungs- und Niederschlagsmengen eher im Bereich sehr nasser Jahre lagen. Dazu wurden insgesamt etwa 500 mm zusätzlich bewässert (Abb. oben).



Im Laufe der Trockenperiode fielen die Bodenwassergehalte auf den Kontrollparzellen extrem stark ab und es kam, beginnend im Spätsommer 2022, zu einem Verdorren der Begleitvegetation, zur Vergilbung der Baumkronen bis hin zu extrem starkem Laubfall. Bereits Anfang September war etwa die Hälfte der Bäume stark oder vollständig entlaubt (Abb. unten). Außerdem war die Krautschicht großflächig abgestorben und die Strauchschicht war großflächig verfärbt oder entlaubt. Auf den Bewässerungsparzellen dagegen war die Vegetation vital und die Belaubung der Bäume noch fast vollständig erhalten.

Auch die Durchmesserzuwächse der einzelnen Baumarten spiegelten deutlich die Auswirkungen der Trockenheit im Jahr 2022 wider: Stieleichen und Hainbuchen hatten 2022 auf den

Kontrollflächen signifikant geringere Zuwächse als noch 2021. Auf den Zuwässerungsparzellen wuchsen Hainbuchen 2022 sogar besser als 2021, Stieleichen dagegen gleich gut.

### Ausblick

Im Jahr 2022, einem Jahr mit extremer Hitze und Trockenheit, hat sich die Schadenslage in den Wäldern des Hessischen Rieds weiter verschlechtert. Das forstliche Umweltmonitoring im Rahmen des Projekts SiZuRi hat auf den Kontrollflächen besonders starke Stressreaktionen und Wuchsminderungen bei den Bäumen festgestellt. Auf den bewässerten Parzellen wurden erhebliche Wassermengen von etwa 500 mm eingesetzt, um den fehlenden Niederschlag auszugleichen und den hohen Verdunstungsbedarf zu decken. Infolgedessen zeigten die bewässerten Bäume keine Anzeichen von Trockenstress. Die Ergebnisse des SiZuRi-Projekts werden wichtige Einblicke liefern, um zu bewerten, wie effektiv eine langfristige Bewässerung von Wäldern in Zeiten von Dürre und niedrigem Grundwasserspiegel tatsächlich ist und ob sich stark geschädigte Bestände so regenerieren lassen und mit welchem finanziellen Aufwand dabei zu rechnen ist.

### Danksagung

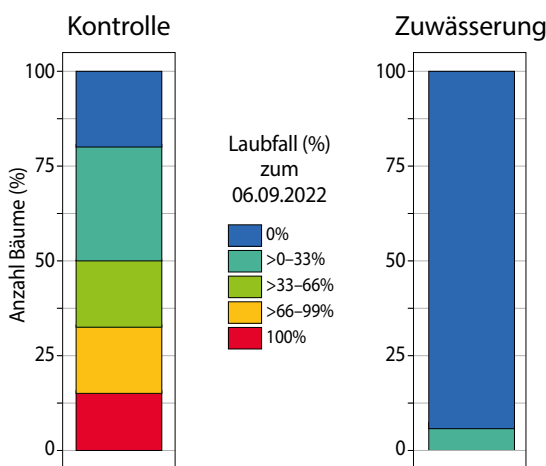
Das Projekt „Situative Zuwässerung in Wäldern des Hessischen Rieds zur Sicherung und Wiederherstellung naturverträglich genutzter feuchter Eichen-Hainbuchen-Wälder (SiZuRi)“ wird durch das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft sowie das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz im Rahmen der Fördermaßnahme Waldklimafonds (Förderkennzeichen: 2218WK24X4) und vom Hessischen Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz gefördert.

### Literatur

Imbery, F., Friedrich, K., Fleckenstein, R., Becker, A., Bissolli, P., Haeseler, S., Ziese, M., Daßler, J., Kreis, A., Janssen, W., Posada, R., Leppelt, T., Fränkling, S., Breidenbach, J.N. (2022): Klimatologischer Rückblick Sommer 2022.  
 Köhler, M., Gerdes, H., Meesenburg, H. (2023): Experimentelle Waldbewässerung im Hessischen Ried. Wasser Abfall 25, 14–21. <https://doi.org/10.1007/s35152-023-1401-2>



Fotos: M. Köhler



Kontroll- (links) und Zuwässerungsparzelle (rechts) aufgenommen entlang einer Rückegasse am 07.09.2022 (a; Foto: Michael Köhler); Kronenverlichtung auf den Kontroll- und Zuwässerungsparzellen zum 06.09.2022 (b).



Fotos: M. Hiel



# Eichenarten im Klimawandel: Unterschätzte Anpassungspotenziale?

Aki Michael Höltken und André Hardtke

<https://doi.org/10.5281/zenodo.8431013>

Klimaszenarien für Deutschland sagen nicht nur länger andauernde Hitze- und Trockenperioden voraus, es bleibt gleichzeitig auch ein Risiko schädlicher Frostereignisse bestehen. Gerade auf kalamitätsbedingt entstandenen, größeren Freiflächen werden solche Witterungsextreme künftig verstärkt zu beobachten sein. Für deren Wiederbestockung sollten also vornehmlich Baumarten ausgewählt werden, die große jährliche Temperaturschwankungen (hohe sommerliche Temperaturen, Winter- und Spätfröste), aber auch periodische Wasserdefizite in der Vegetationsperiode tolerieren können.

Eine Baumartengruppe, welche durch die klimatischen Entwicklungen begünstigt wird, sind unsere heimischen Eichenarten. Sie zeigen sich deutlich unempfindlicher gegenüber Trockenstress als viele andere mitteleuropäische Baumarten. Im Vergleich der beiden häufigsten Eichenarten (Stiel-Eiche und Trauben-Eiche) schneiden die Trauben-Eichen aufgrund einer optimierten Wassernutzungseffizienz besser ab als die Stiel-Eichen. Bis heute finden sich alte Reliktbestände der Trauben-Eiche auf sehr trockenen Standorten an schwer zugänglichen, unbewirtschafteten Blockschutt- und Felshängen. Mit noch weiter abnehmender Wasserverfügbarkeit kommt noch eine weitere heimische Eichenart ins Spiel: Die Flaum-Eiche. In sogenannten Flaum-Eichen-Transitionswäldern kommen zunächst beide Arten (Flaum- und Trauben-Eichen) sowie ihre Hybriden in Mischung vor. Diese Eichenartenkomplexe sind nicht nur – wie vielfach angenommen – auf Standorte im Südwesten Deutschlands beschränkt. Ihr Vorkommen ist bis ins östliche Brandenburg und nordwestliche Polen mit deutlich kontinentalerem Einfluss belegt (Höltken et al. 2012). Dort haben waldbauliche Beobachtungen gezeigt, dass Hybriden zwischen Trauben- und Flaum-Eiche mit hoher Vitalität in Bestandeslücken einwandern können, wo vermehrt Kiefern wegen extremer Trockenheit abgestorben sind (Kätzler et al. 2012).

Da Eichen vorwiegend künstlicher Verjüngung bedürfen, werden schon jetzt große Mengen an forstlichem Vermeh-

rungsgut benötigt. Der Auswahl geeigneter Saatgutquellen kommt deshalb eine besondere Bedeutung zu. Denn nur mit angepasstem Vermehrungsgut kann der Grundstein für vitale Bestände unter künftigen Klimabedingungen gelegt werden. Die Erfassung und nachhaltige Nutzung verfügbarer Genressourcen heimischer Eichenarten stellt nicht nur einen wichtigen Beitrag für die Entwicklung arten- und strukturreicher, klimaresilienter Mischbestände dar, sondern dient auch zur Risikovorsorge zum grundsätzlichen Walderhalt unter Extrembedingungen (Kätzler et al. 2012).



Fotos: A. Hardtke

Saatguterntebestand der Trauben-Eiche auf besser wasserversorgtem Standort (linke Abb.); Trauben-Eichen-Bestand auf sehr trockenem, sandigem Standort (rechte Abb.)

## Genetische Vielfalt und Anpassungsmuster

Genetische Vielfalt innerhalb einer Art ist die Voraussetzung für Anpassungsfähigkeit an veränderte Umweltbedingungen und daher für einzelne Populationen und die gesamte Art überlebenswichtig. Dies gilt auch für unsere Eichenarten, die schon lange vor menschlichen Einflüssen mit sehr unterschiedlichen Lebensraumbedingungen konfrontiert waren und sich an verschiedene Klimazonen (ozeanisch bis kontinental), Höhenlagen (Meereshöhe bis 1.800 m ü. NN) und Wasserhaushalte (zeitweise überflutet bis extrem trocken) angepasst und diese „Erfahrungen“ in ihrem Genpool gespeichert haben (Bonfils et al. 2015). Die so entstandenen genetischen Anpassungsmuster innerhalb der Verbreitungsgebiete haben bislang aber nur ansatzweise in der praxisrelevanten Forschung Beachtung gefunden. Da nicht alle Eichen unempfindlich auf Trockenstress reagieren, sind für die künstliche Begründung von Beständen Informationen über die Eignung von forstlichem Vermehrungsgut an heutige und künftige Standortbedingungen von besonderer Bedeutung.

## Bedeutung heimischer Herkünfte

Aktuell wird oft diskutiert, ob in Zeiten des Klimawandels fremde, mediterrane Eichenarten oder fremde Herkünfte heimischer Arten aus wärmeren und trockeneren Regionen Süd- und Südosteuropas in Deutschland eingeführt werden



Foto: A. M. Höltken

Trocken-warmes Klima an einem exponierten Südhang mit altem Trauben-Eichen-Reliktbestand im nördlichen Hessen (teilweise über 500-jährige Bäume) in Mischung mit Mehl- und Elsbeere

sollen. Viele Anbauversuche haben jedoch gezeigt, dass dies in den meisten Regionen Deutschlands nicht empfohlen werden kann. Provenienzttests mit südosteuropäischen Trauben-Eichen-Herkünften belegen die hohe Anfälligkeit gegenüber Spätfrösten. Aber nicht nur Spätfröste, auch tiefe Wintertemperaturen werden nach wie vor auch unter den prognostizierten Klimaveränderung periodisch auftreten (siehe extreme Frostperiode in der nördlichen Hälfte Deutschlands mit unter -25 °C im Februar 2021). Dafür sind insbesondere mediterrane Herkünfte nicht geschaffen. Aufgrund einiger Anbauerfahrungen besteht aus heutiger Sicht deshalb wenig Hoffnung, lokale Vorkommen Mitteleuropas durch süd- und südosteuropäische Herkünfte ersetzen zu können (vgl. Kätzel et al. 2019). Für den Aufbau neuer, klimastabiler Wälder sollte daher im Wesentlichen auf das Anpassungspotenzial einheimischer Herkünfte zurückgegriffen werden. Hier sollte auf die Verfügbarkeit unterschiedlicher, erblich bedingter Anpassungsmuster gesetzt werden, was bislang nur wenig Berücksichtigung gefunden hat.

## Anpassungspotenzial der Eichen

Eichenarten besitzen eine überdurchschnittliche genetische Variabilität. Ein Grund dafür ist der hohe Genaustausch insbesondere durch Pollenflug, wodurch neue Genvarianten aus anderen Umweltsituationen „importiert“ werden können. Dieser effiziente, innerartliche „Genfluss“ wird als ein Grund für das hohe Anpassungspotenzial der einzelnen Eichenarten hinsichtlich klimarelevanter Merkmale gewertet. Unsere heimischen Eichenarten haben aber noch eine vorteilhafte Eigenschaft: Genaustausch zwischen Arten über die Bildung von Hybriden. Da die natürliche Selektion innerhalb von Baumarten aufgrund der langen Generationszeiten nur sehr langsam verläuft, kann zwischenartlicher Genaustausch eine schnellere Anpassung an extreme Umweltverhältnisse begünstigen. Hybridisierung zwischen nah verwandten Eichenarten mit unterschiedlichen ökologischen Anpassungen tritt regelmäßig in den natürlichen Kontaktzonen verschiedener Arten auf. Dieser Vorgang ist grundsätzlich zwischen

allen drei heimischen Arten möglich, am häufigsten jedoch zwischen der Trauben- und der Flaum-Eiche auf extrem trockenen Standorten. In Überlappungszonen der beiden Arten führt das zu sogenannten „Hybridschwärmen“ (Bonfils et al. 2015, Gailing et al. 2022, Höltken et al. 2023).

## Forschung an der NW-FVA

Um das Anpassungsspektrum unserer heimischen Eichenvorkommen zu untersuchen, haben an der NW-FVA verschiedene Vorhaben begonnen, die sich mit folgenden Themenbereichen beschäftigen:

- Erfassung der genetischen Vielfalt sowie der Artzusammensetzung der ausgewählten Bestände (Trauben-, Flaum- oder Hybridformen) mit Hilfe von DNA-Untersuchungen.
- Erfassung von Eichen-Herkünften, die den Wasserhaushaltsgradienten vollständig abdecken (von gut wasserversorgt bis extrem trocken): Der Wasserhaushalt wird dabei durch die Standortwasserbilanz (SWB) beschrieben. Diese umfasst sowohl die Speichermöglichkeit des Bodens (nutzbare Feldkapazität) als auch die Differenz zwischen Niederschlag und potenzieller Verdunstung (klimatische Wasserbilanz) und wird wie Niederschlag in mm/Jahr angegeben. Je höher der Wert, desto mehr Wasser steht zur Verfügung. Insbesondere bei negativen Werten ist von einem zeitweisen Wassermangel auszugehen.
- Beerntung von Einzelbäumen an diesen Standorten und die Anzucht von Versuchsmaterial für die Anlage von Versuchsserien, welche ebenfalls den Wasserhaushaltsgradienten abdecken, sowie für gezielte Trockenstressexperimente unter Laborbedingungen.

Diese Forschungsvorhaben werden durch den Klimaplan Hessen („Anpassungspotenziale von Eichenarten“) sowie durch den Waldklimafonds des Bundes („OakZones –Dynamische Verwendungszonen für Traubeneiche“) gefördert. In den nächsten Jahren werden sie detaillierte Erkenntnisse über die Anpassungspotenziale der jeweiligen Herkünfte liefern. Auf Basis der gewonnenen Daten sollen der Forstpraxis dann fundierte Empfehlungen für die Auswahl von geeignetem forstlichem Vermehrungsgut zu Verfügung gestellt werden.

## Bäume aus dem Reagenzglas

Für Forschungszwecke werden an der NW-FVA sogar ausgewählte Altbäume unter sterilen Bedingungen im „Reagenzglas“ nachgezüchtet. Denn der Einfluss von Genetik und Umwelt auf bestimmte Eigenschaften kann nur durch die Erzeugung genetisch identischer Kopien eines Baumes eindeutig bestimmt werden. Da sich viele Baumarten in der Regel nicht oder nur sehr schwer über die konventionelle Stecklingsvermehrung vermehren lassen, hat sich die NW-FVA auf die *In-vitro*-Vermehrung (=Mikrovermehrung) spezia-



Fotos: M. Mühlbauer

Anzucht von Versuchspflanzen aus Saatgut verschiedener Trauben-Eichen-Herkünfte



liert. Die Technik ermöglicht es, Bäume von Standorten mit unterschiedlichen Umweltbedingungen (von Extremstandorten bis hin zu optimalen Standortverhältnissen) vegetativ zu vermehren und anschließend sowohl unter Laborbedingungen als auch im Freiland zu testen. Weitere Vorteile der *In-vitro*-Vermehrung: Die Produktion von Versuchsgliedern ist unbegrenzt und unabhängig von Jahreszeiten möglich. So können Pflanzen ganzjährig produziert und in ihrer jeweiligen Lebensphase für die Versuchsdurchgänge synchronisiert werden. Diese Methode bietet somit eine erhebliche zeitliche Beschleunigung von Forschungs- und Züchtungsvorhaben, was in Anbetracht des hohen Veränderungsdrucks durch die Dynamik des Klimawandels gerade bei Arten mit sehr langen Generationszyklen von großer Bedeutung ist.

Fotos: I. Wenzlitschke



Schritte der vegetativen Vermehrung von Eichen mit Hilfe der *In-vitro*-Technik: Etablierungsphase über sterile Sprosskulturen (links), Vermehrungszyklen (Mitte) und Bewurzelung (rechts) von Trauben-Eichen in verschiedenen Nährmedien

### Aktuelle Saatgutversorgung

Forstvermehrungsgut unserer heimischen Eichenarten wird hauptsächlich in zugelassenen Saatguterntebeständen (SEB) gewonnen. Diese stocken jedoch zum größten Teil auf Standorten, die eine mittlere bis gute Wasserversorgung vorweisen. Mit zunehmender Trockenheit sinkt die Fläche der für die Produktion von forstlichem Vermehrungsgut zugelassenen Bestände. Auf Marginalstandorten existieren keine SEB mehr, obwohl in diesem Bereich noch Eichenbestände, meist Trauben-Eichen oder möglicherweise sogar Hybrid-Formen mit der Flaum-Eiche, zu finden sind.

Der Grund für die Unterrepräsentanz der trockenen Standorte dürfte folgender sein: Eichenvorkommen auf sehr trockenen Standorten entsprechen meist nicht den Mindestkriterien der Forstvermehrungsgut-Zulassungsverordnung (FoVZV). Diese schreibt neben einer guten Vitalität auch einen überdurchschnittlichen Volumenzuwachs und eine überdurchschnittliche phänotypische Ausstattung vor.

Noch bedeutender als die flächen- und zahlenmäßige Unterrepräsentanz zugelassener SEB auf trockenen Standorten dürfte deren Unterrepräsentanz bei den tatsächlich durchgeführten Saatguternten sein. Da insgesamt nur ein relativ kleiner Teil der SEB regelmäßig beerntet wird, werden bei den kommerziellen Ernten die trockenen und sehr trockenen Standorte mit ihrer häufig geringeren Fruktifikation gar nicht oder nur sehr selten berücksichtigt.

Aufgrund der derzeitigen Beerntungsstrategien kann also davon ausgegangen werden, dass für Standorte mit erhöhtem

Trockenstressrisiko lediglich geringer angepasstes Material zur Verfügung steht. Dies kann zu hohen Ausfällen bei der Wiederbegründung von Waldflächen und – in der Folge – zu einem deutlichen wirtschaftlichen Minderertrag führen.

### Fazit

Über die gesamte Bandbreite des erblich bedingten Anpassungspotenzials unserer Eichenarten ist bislang nur sehr wenig bekannt. Sollten die Forschungsvorhaben der NW-FVA zu dem Ergebnis kommen, dass eine spezifische Anpassung an Trockenstandorte bereits erfolgt ist und das derzeit am Markt verfügbare Saatgut von überwiegend gut wasserversorgten Standorten hinsichtlich der erblich bedingten Trockenstresstoleranz nicht gut für Trockenstandorte geeignet ist, muss bei der Bereitstellung und Verwendung von Saatgut entsprechend reagiert werden. Denn die Verwendung von nur schlecht an Dürre- und Hitzeperioden angepasstem Vermehrungsgut erschwert nicht nur die künftige Wiederaufforstung von Waldbeständen, sondern hat womöglich auch zu deutlichen Vitalitätsschwächen in künstlich begründeten, älteren Eichenbeständen geführt. Solche Bestände stellen dann auch eine Eintrittspforte für weitere (biotische) Schädigungen dar, z. B. durch den Eichen-Prachtkäfer. Besonders in den schon jetzt trockenen Regionen sollten dann gezielt Saatguterntebestände identifiziert und zugelassen werden. Hierfür werden eine Anpassung gesetzlicher Rahmenbedingungen und die Änderung von Kriterien für die Zulassung von Saatguterntebeständen künftig dringend erforderlich. Auch bei den Herkunfts- und Verwendungsempfehlungen wird man den standörtlichen Aspekt des Trockenstresses dann differenziert berücksichtigen müssen.

### Literatur

- Bonfils P, Rigling A, Brändli UB, Brang P, Forster B, Engesser R, Gugerli F, Junod P, Müller R, Günthardt-Georg MS (2015): Die Eiche im Klimawandel – Zukunftschancen einer Baumart. Merkblatt für die Praxis. Eidg. Forschungsanstalt WSL Birmensdorf 55: 1-12.
- Gailing O, Budde KB, Müller M (2022): Veränderung genetischer Variationsmuster von Waldbäumen unter Gesichtspunkten des Klimawandels. Allg. Forst- u. J.-Ztg 192: 93-105.
- Höltken AM, Buschbom J, Kätzel R (2012): Die Artintegrität unserer heimischen Eichenarten *Quercus robur* L., *Q. petraea* (Matt.) Liebl. und *Q. pubescens* (Willd.) aus genetischer Sicht. Allg. Forst- u. J.-Ztg 5-6: 100-110.
- Höltken AM, Opfermann N, Fehrenz S (2023): Hybridisierung und genetische Introgression: Bedeutung für Waldbau, Forstpflanzenzüchtung und Naturschutz. In: Liesebach M (Hrsg.), Beiträge von Forstpflanzenzüchtung und Forstgenetik für den Wald von Morgen: 7. Tagung der Sektion Forstgenetik/Forstpflanzenzüchtung vom 12. bis 14. September 2022 in Ahrensburg: Tagungsband, Thünen Report, Bd. 105. Braunschweig, S. 134–152.
- Kätzel R, Becker F, Schröder J, Glatthorn J, Höltken AM, Löffler S (2012): Flaum- und Zerr-Eiche in Brandenburg – Alternative Baumarten im Klimawandel? Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 49: 23-36.
- Kätzel R, Becker F, Kanter G, Hlawati N, Löffler S (2019): Herkunftsversuche als Bewährungsprobe bei Witterungsextremen: Südosteuropäische Herkünfte der Trauben-Eiche (*Quercus petraea* MATT. LIEBL.) in Brandenburg – Eine erste Auswertung. In: Die Auswirkungen des Dürrejahres 2018 auf den Wald in Brandenburg. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe Band 67. 115 S.

# Nieder- und Mittelwälder: Waldkulturerbe und Hotspots der Biodiversität

Andreas Mölder und Marcus Schmidt

<https://doi.org/10.5281/zenodo.8431032>

Die Bedeutung von historischen Waldnutzungsformen für die Entstehung und Erhaltung einer schutzbedürftigen Biodiversität wird in Wissenschaft und Praxis zunehmend erkannt (Buckley 2020, Willinger 2022, Hamřík et al. 2023). Waren Mittel-, Nieder- und auch Hutewälder in der Kulturlandschaft Mitteleuropas einst weit verbreitet, so sind gegenwärtig nur noch wenige Reliktbestände vorhanden. Auf der Roten Liste der gefährdeten Biotoptypen Deutschlands sind sowohl traditionell genutzte als auch durchwachsende Niederwälder als stark gefährdet bis von vollständiger Vernichtung bedroht eingestuft, und zwar mit einer abnehmenden aktuellen Entwicklungstendenz. Traditionell genutzte Mittelwälder gelten sogar als akut von vollständiger Vernichtung bedroht (Finck et al. 2017). Dabei werden in den meisten Fällen die Nutzungsformen, die zu ihrer Entstehung geführt haben, nicht mehr ausgeübt (Unrau et al. 2018, Buckley 2020) – die Fläche der aktiv bewirtschafteten Niederwälder schätzt Kamp (2022) für Deutschland auf weniger als 12000 Hektar ein. Gemäß der dritten Bundeswaldinventur (BWI3) von 2012 nehmen alle Wälder mit Niederwaldstrukturen, also einschließlich durchgewachsener Niederwälder bis zu einem Alter von 40 Jahren, rund 32500 Hektar ein. Wälder mit Mittelwaldstrukturen finden sich gemäß der BWI3 auf einer Fläche von rund 46000 Hektar. Dabei liegt ein Schwerpunkt in Genossenschaftswäldern Frankens (Vollmuth 2021). Die verbliebenen Nieder- und Mittelwälder enthalten häufig Zeugnisse und Spuren von historischen Bewirtschaftungstechniken wie Schneitelung, Waldstreunutzung oder Absenkerverjüngung (Mölder u. Schmidt 2023, Vollmuth 2023) und sind damit ein wichtiger Teil unseres Waldkulturerbes (BMEL 2015). Damit eng verbunden ist das immaterielle Kulturerbe im Wald, das traditionelles Wissen, Handwerk und Brauchtum umfasst, welches mit der Ausübung von historischen Waldnutzungsformen eng verbunden ist. Beispielhaft zu nennen sind hier die Köhlerei, die Verlosung von Nutzungsberechtigungen in Genossenschaftswäldern oder besondere Erntetechniken in Niederwäldern, etwa zur Lohrindengewinnung (Leppin 2014, Vollmuth 2023).



Foto: A. Mölder

Durchgewachsener Niederwald mit Eiche und Rotbuche auf flachgründigem Grauwacke-Standort bei Oberrieden, Werra-Meißner-Kreis, Nordhessen

Heute sind zeitgemäße Bewirtschaftungs- und Pflegekonzepte unabdingbar, um die für viele Tier- und Pflanzenarten essenzielle Habitatkontinuität in diesen meist arten- und strukturreichen Lebensräumen zu sichern und zu entwickeln (Mölder et al. 2019, Buckley 2020, Weiss et al. 2021). Gleichzeitig gilt es, das materielle und immaterielle Kulturerbe in Wald zu erhalten und zukunftssicher zu machen. Im Hinblick auf Nieder- und Mittelwälder eröffnen sich dabei gegenwärtig große Chancen, die energetische Nutzung von Holz effektiv mit der Erhaltung und Entwicklung wertvoller Waldlebensräume zu verbinden.

## Niederwaldwirtschaft

Die Niederwaldwirtschaft ist seit der Antike bekannt und kann als die erste Form der systematischen nachhaltigen Forstwirtschaft im Hinblick auf den Holztertrag gelten, da sie das Prinzip des Flächenfachwerks konsequent umsetzt: Eine Waldfläche wird in so viele einzelne Schläge eingeteilt, wie die Umtriebszeit in Jahren beträgt (Hamberger 2003). Historisch waren dies 10 bis 40 Schläge und dementsprechend 10 bis 40 Jahre. Jährlich werden die Bäume einer Hiebsfläche auf den Stock gesetzt, in den Folgejahren verjüngen sie sich vegetativ durch Stockausschläge. Typische Baumarten der Niederwaldwirtschaft sind Eichen, Hainbuche, Linden, Ahorne, Esche, Hasel, Birken und auch die Rotbuche, wenn die Umtriebszeit länger ist und die klimatischen Rahmenbedingungen günstig sind (Suchomel et al. 2013, Bartsch et al. 2020). Eng mit der Niederwaldnutzung verwandt, ist die Schneitelung, bei der Äste und belaubte Triebe regelmäßig in einer Stammhöhe abgeschnitten werden, die außerhalb der Reichweite des Weideviehs liegt (Burrichter u. Pott 1983). Neben Brennholzgewinnung und Holzkohlerzeugung war auch die Gewinnung von Lohrinde für die Gerberei bis ins 20. Jahrhundert ein Ziel der Niederwaldnutzung. Häufig resultierte die Niederwaldwirtschaft aus dem Bedarf vor- und frühindustrieller Wirtschaftszweige nach permanenter Brennholz- bzw. Holzkohlezufuhr, etwa zur Salzsiederei oder Eisenverhüttung (Hamberger 2003, LANUV 2007). Darüber hinaus wurde diese Betriebsart auch dort eingesetzt, wo schwere Zugänglichkeit, Nässe oder steile Hänge keine andere Form der Holzherstellung erlaubten, etwa in Flusstälern oder Bruchwäldern (Manz 1993, Suchomel et al. 2013). Dem Hiebszyklus entsprechend entsteht in Niederwäldern ein sich dauerhaft wandelndes Mosaik aus unterschiedlichsten Licht- und Wärmesituationen, Verbuschungsstadien und Stangenhölzern (LANUV 2007, Suchomel et al. 2013).

## Mittelwaldwirtschaft

Ein traditionell bewirtschafteter Mittelwald ist zweischichtig aufgebaut und besteht aus einem locker-lichten Oberholz und einer Hauschicht (Unterholz) aus Stockausschlägen. Jede Mittelwaldfläche, auch Hiebszug genannt, ist in einzelne Schläge aufgeteilt, die zumeist kleiner als zwei Hektar





Hauberg mit Eiche und Birke bei Dietzhölztal-Ewersbach im mittelhessischen Lahn-Dill-Kreis, der Einschlag fand im Winter 2022/23 statt

sind und jeweils einem Nutzungszyklus von 20 bis 30 Jahren unterliegen. Dabei wird die Hauschicht des jeweiligen Schlag bis auf wenige sogenannte Lassreitell, die das zukünftige Oberholz bilden sollen, vollständig geerntet. Je nach Bedarf und Verfügbarkeit werden auch einzelne Stämme aus dem Oberholz entnommen. Dementsprechend ist der Mittelwald eine multifunktionale Betriebsart, die verschiedenste Ansprüche von der Brennholzgewinnung über die Bauholzerzeugung bis hin zur Waldweide erfüllt (Cotta 1832, Groß u. Konold 2010, Vollmuth 2021). Dadurch entsteht ein kleinräumiges Mosaik unterschiedlicher Sukzessionsstadien und Baumalter auf engem Raum, die sich durch ein verschiedenartiges Licht- und Wärmeangebot in Bodennähe auszeichnen. Typische Baumarten des Oberholzes sind Stiel- und Traubeneiche, aber auch Buche und Edellaubhölzer; das Unterholz wird wie im Niederwald von ausschlagfähigen Baumarten wie Hainbuche, Winter- oder Sommer-Linde und zahlreichen Straucharten gebildet; hier sind etwa Feld-Ahorn, Weißdorn und Hasel zu nennen (Schröder 2009, Vollmuth 2021).

Nachdem der Mittelwald seit dem 17. Jahrhundert eine angesehene Waldbauform gewesen war, führten veränderte ökonomische Rahmenbedingungen und forstliche Lehrmeinungen ab der Mitte des 19. Jahrhunderts zur Umwandlung der meisten Mittelwälder in Hochwaldbestände. In Gemeinde-, Kommunal- und kleinen Privatwäldern hielt sich die Mittel- und Niederwaldbewirtschaftung aufgrund anderer Bewirtschaftungsziele zwar länger als im Staatswald, spätestens nach dem Zweiten Weltkrieg wurde sie aber auch dort zunehmend zurückgedrängt (Mölder u. Tiemeyer 2019, Vollmuth 2021).

### Biologische Vielfalt

Zahlreiche Untersuchungen belegen die große Bedeutung von strukturreichen Mittel- und Niederwäldern mit Habitatkontinuität für licht- und wärmeliebende, aber im Hinblick auf Mittelwälder auch alt- und totholzbewohnende Arten. Dabei findet eine Vielzahl von oft spezialisierten Tier- und Pflanzenarten des Waldes, der Waldränder sowie auch des Offenlan-

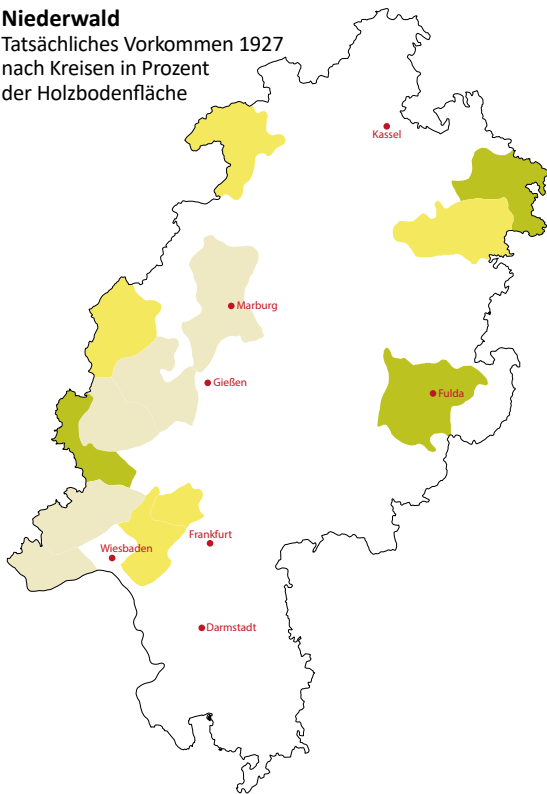
des einen vielfältigen und wertvollen Lebensraum. Hier sind neben den Gruppen der Schmetterlinge, Stechimmen, Ameisen, Spinnen, Reptilien, Singvögel und Gefäßpflanzen auch Spechte, totholzbewohnende Käfer, Moose und Flechten zu nennen (LANUV 2007, Schröder 2009, Buckley 2020, Weiss et al. 2021). In den ersten Jahren nach einer Haulung bildet sich eine dichte, artenreiche Krautschicht aus, die sich mit abermals dichter werdender Hauschicht und entsprechend abnehmendem Lichtangebot wieder ausdünn (Strubelt et al. 2019, Vollmuth 2021). Die heutige Seltenheit und Gefährdung vieler Arten der Mittel- und Niederwälder kann auf den Rückgang dieser einst flächenmäßig sehr bedeutenden Bewirtschaftungsformen in den letzten 200 Jahren zurückgeführt werden. Die Mittelwaldvergangenheit von Beständen ist jedoch auch nach Jahrzehnten nicht nur am breitkronigen Habitus der Bäume aus dem früheren Oberholz, sondern auch in der Krautschicht sowie in der Zusammensetzung der Gehölzarten noch erkennbar (Schröder 2009, Vollmuth 2021). Auch durchgewachsene Niederwälder weisen noch lange nach der Aufgabe der ursprünglichen Nutzungsweise typische Strukturen wie mehrstämmige Baumindividuen und oft totholzreiche große Wurzelstöcke auf (Helfrich u. Konold 2010, Mölder u. Tiemeyer 2019).

### Nieder- und Mittelwald in Hessen

Gemäß der BWI3 von 2012 finden sich in Hessen rund 400 Hektar an Wäldern mit Mittelwald- und etwa 4400 Hektar an Wäldern mit Niederwaldstrukturen (Vollmuth 2021). Die räumlichen Schwerpunkte dieser Betriebsarten entsprechen dabei deren Vorkommen in den 1920er-Jahren (Hesmer 1937), als sie insgesamt noch verbreiteter waren. Allerdings fand auch im heutigen Hessen bereits im Laufe des 19. Jahrhunderts ein großflächiger Umbau von Nieder- und Mittelwäldern zu Hochwald statt, und dies insbesondere im Staatswald (Maron 1862). Dementsprechend ist im 19. Jahrhundert wie auch heute eine Bindung dieser Betriebsarten an die Art des Waldeigentums auffällig, so kommen Niederwälder und deren Relikte vor allem in Genossenschafts-, Gemeinde- und kleineren Privatwäldern vor (Wedekind 1841, Hagen u. Donner 1894). Ausgedehnte Relikte von Niederwäldern, die früher insbesondere Feuerholz für die Saline in Soden und Lohrinde für Gerbereien in Eschwege lieferten (Anonymus 1865), finden sich im Umfeld des mittleren und unteren Werratal. Von besonderer naturschutzfachlicher und soziokultureller Bedeutung sind bis heute genossenschaftlich genutzte Niederwälder im Lahn-Dill-Bergland, die insgesamt etwa 2000 Hektar umfassenden Hauberge mit Eiche und Birke (Kamp 2022). Heute zur Brennholzerzeugung genutzt, war die Haubergwirtschaft historisch ein multifunktionales System mit mindestens 15- bis 18-jährigem Umtrieb der Hauschicht, einmaligem Roggen- oder seltener Buchweizenanbau sowie ausgedehnter Weide-, Gras- und Streunutzung (Schmidt et al. 2017).

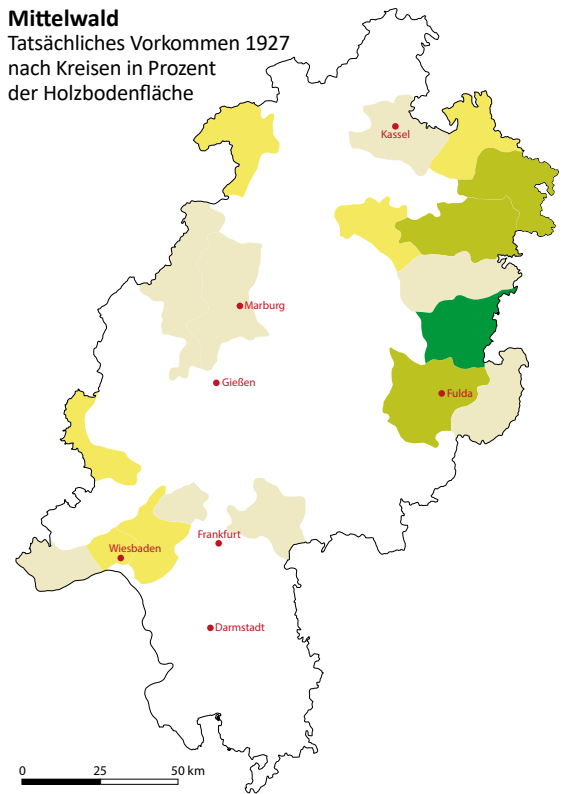
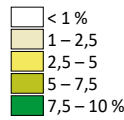
**Niederwald**

Tatsächliches Vorkommen 1927 nach Kreisen in Prozent der Holzbodenfläche



**Mittelwald**

Tatsächliches Vorkommen 1927 nach Kreisen in Prozent der Holzbodenfläche



Vorkommen von Nieder- und Mittelwald in Hessen im Jahre 1927, Flächenbezug sind die damaligen Kreise. Umgezeichnet nach Hesmer (1937).

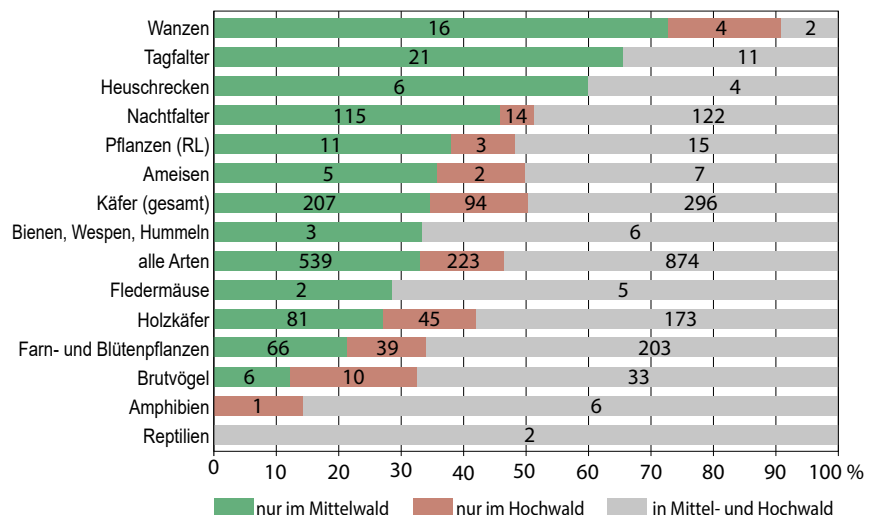
**Forschung im Mittelwald Liebenburg**

Im Mittelwald Liebenburg der Niedersächsischen Landesforsten, gelegen im Salzgitter-Höhenzug am nordwestlichen Harzrand, wurde 1986 die Mittelwaldwirtschaft auf zunächst 15 Hektar und ab 1989 auf über 200 Hektar wieder aufgenommen. Das Ziel ist die Wiederherstellung und Erhaltung eines historischen Mittelwald-Komplexes durch die Reaktivierung des traditionellen Bewirtschaftungszyklus (Mölder et al. 2022). Dies geschieht unter Beachtung der heutigen ökonomischen und technischen Rahmenbedingungen sowie veränderter Umweltverhältnisse. Ausgehend von dauerhaften Erschließungslinien wird die Hauschicht auf 20 Jahresschlägen von einem Harvester mittels Fäller-Bündler-Aggregat geerntet, am Fahrweg abgelegt, gehackt und als Energieholz vermarktet.

Diese Mittelwald-Reaktivierung wird seit 2002 von der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt wissenschaftlich begleitet. Im Rahmen dieser Forschung wurden 2015/16 Artenvielfalt, Vegetation und Waldstruktur dieses reaktivierten Mittelwaldes mit denen eines benachbarten Hochwaldes verglichen.

Der zusammenfassende Vergleich der Vorkommen von Tier- und Pflanzenarten im Mittel- und Hochwald zeigt, dass es zwar aufgrund ähnlicher standörtlicher und vegetationsökologischer Voraussetzungen eine große Schnittmenge gemeinsamer Arten gibt, dass jedoch der Artenreichtum insgesamt und vor allem die An-

zahl exklusiver Arten im Mittelwald deutlich höher ist als im Hochwald. Insgesamt dokumentieren die Untersuchungen der Tier- und Pflanzenvorkommen nach dem initialen Reaktivierungszyklus eine hohe und für Mittelwälder typische Biodiversität. Auch wird deutlich, dass eine aktive Mittelwaldbewirtschaftung sehr gut dazu geeignet ist, den günstigen Erhaltungszustand von Waldlabkraut-Eichen-Hainbuchenwäldern und damit des FFH-Lebensraumtyps 9170 dauerhaft zu sichern bzw. wiederherzustellen. Im Hinblick auf die Fauna reagieren Tag- und Nachtfalter, Holzkäfer, Heuschrecken, Wanzen, Bienen und Hummeln positiv auf das höhere Licht- und Wärmeangebot sowie den Blütenreichtum im Mittelwald (Mölder et al. 2022). Dort bewirkt der turnusmäßige



Exklusivität der Artvorkommen im Mittelwald Liebenburg und in einem benachbarten Hochwald im relativen Vergleich, die Zahlen in den Balken geben die absoluten Artzahlen an. RL = Arten der Roten Liste.



Einschlag der Hauschicht ein kleinflächiges Nebeneinander unterschiedlicher Sukzessionsstadien und damit verbunden unterschiedliche kleinklimatische Verhältnisse (vgl. Weiss et al. 2021). Diese Lebensräume fehlen im geschlossenen Hochwald. Dementsprechend umfasst auch die Vogelfauna im Mittelwald mehr Arten der Auflichtungen und Waldränder, während im Hochwald bei ähnlicher Artenzahl die Höhlenbrüter stärker vertreten sind.

Auch die Zusammensetzung von Flora und Vegetation sowie deren zeitliche Entwicklung über den Hiebszyklus hinweg spiegeln das kleinflächige Nebeneinander unterschiedlicher Sukzessionsstadien im Mittelwald wider. Der im Vergleich zum Hochwald besonders hohe Anteil von Farn- und Blütenpflanzenarten der Roten Liste unterstreicht die große naturschutzfachliche Bedeutung der Mittelwaldbewirtschaftung (Mölder et al. 2022). Als entscheidend für den Erfolg der Mittelwald-Reaktivierung im Hinblick auf Flora und Vegetation kann auch die relative kurze Unterbrechung der Mittelwaldbewirtschaftung von 30 bis 40 Jahren gelten, die das erfolgreiche Überdauern von Mittelwald-typischen Pflanzenarten in Restbeständen oder als Diasporen in der Bodensamenbank ermöglicht hat (van Calster et al. 2008).

### Literatur

- Anonymus (1865): Ueber doppelwüchsige Eichenschälwaldungen. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 41: 408–412
- Bartsch, N.; Lüpke, B. von; Röhrig, E. (2020): Waldbau auf ökologischer Grundlage. 8. Aufl. Verlag Eugen Ulmer, 676 S.
- BMEL (Hrsg.) (2015): Der Wald in der Weltgeschichte – Eine Zeitreise durch unser Waldkulturerbe. Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL), 27 S.
- Buckley, P. (2020): Coppice restoration and conservation: a European perspective. *Journal of Forest Research* 25(3): 125–133. <https://doi.org/10.1080/13416979.2020.1763554>
- Burrichter, E.; Pott, R. (1983): Verbreitung und Geschichte der Schneitelwirtschaft mit ihren Zeugnissen in Nordwestdeutschland. *Tuexenia* 3: 443–453
- Cotta, H. (1832): Grundriss der Forstwissenschaft. Arnoldische Buchhandlung, 379 S.
- Finck, P.; Heinze, S.; Raths, U.; Riecken, U.; Ssymank, A. (2017): Rote Liste der gefährdeten Biotoptypen Deutschlands – dritte fortgeschriebene Fassung 2017. *Naturschutz und Biologische Vielfalt* 156: 1–637. <https://doi.org/10.19213/973156>
- Groß, P.; Konold, W. (2010): Mittelwald als Agroforstsystem zwischen geordneter Nachhaltigkeit und Gestaltungsvielfalt – Eine historische Studie. *Allgemeine Forst- und Jagdzeitung* 181(3/4): 64–71
- Hagen, O. von; Donner, K. (1894): Die forstlichen Verhältnisse Preussens. 3. Aufl. Springer, 310 S.
- Hamberger, J. (2003): Nachhaltigkeit – eine Idee aus dem Mittelalter? *LWF aktuell* 37: 38–41
- Hamřík, T.; Košulič, O.; Gallé, R.; Gallé-Szpisjak, N.; Hédli, R. (2023): Opening the canopy to restore spider biodiversity in protected oakwoods. *Forest Ecology and Management* 541: 121064. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2023.121064>
- Helfrich, T.; Konold, W. (2010): Formen ehemaliger Niederwälder und ihre Strukturen in Rheinland-Pfalz. *Archiv für Forstwesen und Landschaftsökologie* 44(4): 157–168
- Hesmer, H. (1937): Die heutige Bewaldung Deutschlands. Paul Parey, 52 S.
- Kamp, J. (2022): Coppice loss and persistence in Germany. *Trees, Forests and People* 8: 100227. <https://doi.org/10.1016/j.tfp.2022.100227>
- LANUV (Hrsg.) (2007): Niederwälder in Nordrhein-Westfalen: Beiträge zur Ökologie, Geschichte und Erhaltung. Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV), 510 S.
- Leppin, G. (2014): Von Heidereitern, Waldfrauen und Zapfenpflückern – Historische Wald- und Holzberufe im Wandel der Zeit. Landesbetrieb Forst Brandenburg, 116 S.
- Manz, E. (1993): Vegetation und standörtliche Differenzierung der Niederwälder im Nahe- und Moselraum. *Pollichia-Buch* 28: 1–413
- Maron, E. W. (1862): Forst-Statistik der sämtlichen Wälder Deutschlands einschließlich Preußen. Springer, 356 S.
- Mölder, A.; Bedarff, U.; Lorenz, K.; Meyer, P.; Schmidt, M. (2022): Erfolgreiche Reaktivierung eines Mittelwaldes im niedersächsischen Bergland – Artenvielfalt, Vegetation und Waldstruktur. *Naturschutz und Landschaftsplanung* 54(9): 24–35. <https://doi.org/10.1399/NuL.2022.09.02>
- Mölder, A.; Meyer, P.; Nagel, R.-V. (2019): Integrative management to sustain biodiversity and ecological continuity in Central European temperate oak (*Quercus robur*, *Q. petraea*) forests: an overview. *Forest Ecology and Management* 437: 324–339. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2019.01.006>
- Mölder, A.; Schmidt, M. (2023): Integrativer Waldnaturschutz zur Sicherung des Natur- und Kulturerbes in Wäldern. In: *Kulturerbe im Wald schützen und nutzen*. Bund Heimat und Umwelt in Deutschland (BHU), S. 27–36.
- Mölder, A.; Tiemeyer, V. (2019): Die Verjüngung der Rotbuche durch Absenker: Waldbauliche Verfahren, Geschichte und Bedeutung für den Naturschutz. *Naturschutz und Landschaftsplanung* 51(5): 218–225
- Schmidt, M.; Höltken, A.; Schilling, T.; Meyer, P. (2017): Hessische Naturwaldreservate im Portrait: Zackenbruch. 12: 1–35
- Schröder, K. (2009): Der Mittelwald als waldbauliche Option in Deutschland. In: *Handbuch Naturschutz und Landschaftspflege* (22. Erg. Lfg. 1/09): 1–14. <https://doi.org/10.1002/9783527678471.hbnl2009004>
- Strubelt, I.; Diekmann, M.; Griese, D.; Zacharias, D. (2019): Inter-annual variation in species composition and richness after coppicing in a restored coppice-with-standards forest. *Forest Ecology and Management* 432: 132–139. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.09.014>
- Suchomel, C.; Konold, W.; Helfrich, T. (2013): Niederwald. In: *Handbuch Naturschutz und Landschaftspflege* (27. Erg. Lfg. 01/13): 1–24. <https://doi.org/10.1002/9783527678471.hbnl2013001>
- Unrau, A.; Becker, G.; Spinelli, R.; Lazdina, D.; Magagnotti, N.; Nicolescu, V.-N.; Buckley, P.; Bartlett, D.; Kofman, P. D. (Hrsg.) (2018): *Coppice forests in Europe*. Albert Ludwig University, 388 S.
- van Calster, H.; Chevalier, R.; van Wyngene, B.; Archaux, F.; Verheyen, K.; Hermy, M. (2008): Long-term seed bank dynamics in a temperate forest under conversion from coppice-with-standards to high forest management. *Applied Vegetation Science* 11(2): 251–260. <https://doi.org/10.3170/2008-7-18405>
- Vollmuth, D. W. (2021): Die Nachhaltigkeit und der Mittelwald: Eine interdisziplinäre vegetationskundlich-forsthistorische Analyse – oder: Die pflanzensoziologisch-naturschutzfachlichen Folgen von Mythen, Macht und Diffamierungen. *Göttinger Forstwissenschaften* 10: 1–568. <https://doi.org/10.17875/gup2021-1602>
- Vollmuth, D. W. (2023): Kulturerbe im Wald – erkennen und bewahren. In: *Kulturerbe im Wald schützen und nutzen*. Bund Heimat und Umwelt in Deutschland (BHU), S. 10–26
- Wedekind, G. W. von (1841): Übersicht der früheren Bewaldung des Großherzogthums Hessen mit Hinblicken auf die Gegenwart. *Neue Jahrbücher der Forstkunde* 22: 49–63
- Weiss, M.; Kozel, P.; Zapletal, M.; Hauck, D.; Prochazka, J.; Benes, J.; Cizek, L.; Sebek, P. (2021): The effect of coppicing on insect biodiversity. Small-scale mosaics of successional stages drive community turnover. *Forest Ecology and Management* 483: 118774. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2020.118774>
- Willinger, G. (2022): Niederwälder – Die Wiederkehr der alten Wälder. *Spektrum der Wissenschaft Kompakt* 22: 29–35

# FraxForFuture: Ein Verbundprojekt zum Erhalt der Esche als Wirtschaftsbaumart

Sebastian Fuchs, Sandra Peters, Philip Beckschäfer, Johannes Osewold, Christina Fey, Gitta Langer, Ralf-Volker Nagel und Aki Michael Höltken

<https://doi.org/10.5281/zenodo.8431068>

Das Europäische Eschentriebsterben (ETS), welches die Esche in ihrer Existenz bedroht, wird durch den aus Asien eingeschleppten, invasiven Schlauchpilz *Hymenoscyphus fraxineus* (Falsches Weißes Stengelbecherchen) ausgelöst. FraxForFuture ist ein bundesweites, interdisziplinäres Verbundprojekt zum Erhalt der Esche als Wirtschaftsbaumart (Langer et al. 2022). Die NW-FVA ist mit mehreren Vorhaben an FraxForFuture beteiligt und stellt Ergebnisse aus vier Forschungsbereichen vor.



Foto: J. Evers

Ein durch das Eschentriebsterben weitgehend zusammengebrochener Eschenbestand

## Stammfußnekrosen und assoziierte Pilze

Die primäre Eintrittspforte für die Sporen des windverbreiteten Schadpilzes sind die Blätter von Eschen. Allerdings ist *H. fraxineus* auch in der Lage, mit seinen Sporen in den Wurzelanlauf/Stammfuß der Esche einzudringen und dort Läsionen („Stammfußnekrosen“) auszulösen. Bei der Bildung von Stammfußnekrosen können neben *H. fraxineus* viele weitere Pilzarten, unter anderem auch holzerzetzende Pilze, beteiligt sein. Letztere führen zu einer raschen Holzentwertung und Bruchgefährdung der betroffenen Bäume. Stammfußnekrosen treten häufig bei an ETS erkrankten Bäumen auf und stellen derzeit den Hauptmortalitätsfaktor dar. Im Rahmen von Schadbonituren auf WZE-Rasterpunkten in Eschenbeständen wurden an 1331 (62 %) von 2180 untersuchten Eschen Stammfußnekrosen festgestellt.

Darüber hinaus wurden insgesamt 105 Eschenstammfüße von 10 über Deutschland verteilten Standorten im Labor mykologisch untersucht (Langer et al. 2023, Peters et al. 2023). Dabei wurden aus verschiedenen Gewebebereichen der Nekrosen Pilze isoliert sowie morphologisch und DNA-gestützt identifiziert. Insgesamt wurden knapp 280 verschiedene Pilzarten (Endophyten, Saprophyten und Pathogene) gefunden. Darunter befanden sich einige erstmals an Esche beschriebene Arten, wie zum Beispiel *Cryptostroma corticale*,

den Erreger der Ahorn-Rußrindkrankheit. Außerdem wurde mit *Vexillomyces fraxinicola* eine neue Pilzart entdeckt und beschrieben. Neben *H. fraxineus* waren Hallimasch-Arten und *Diplodia fraxini* die häufigsten Pilze. Die Pilzgesellschaften der Stammfußnekrosen an unterschiedlichen Standorten waren sehr verschieden, jedoch war das Spektrum der am häufigsten isolierten Pilze (meist *Armillaria* spp., *D. fraxini* und *H. fraxineus*) ähnlich. Insgesamt führen diese Untersuchungsergebnisse zu einem besseren Verständnis des Schadsymptoms Stammfußnekrose und der damit assoziierten Pilzarten.



Fotos: S. Peters

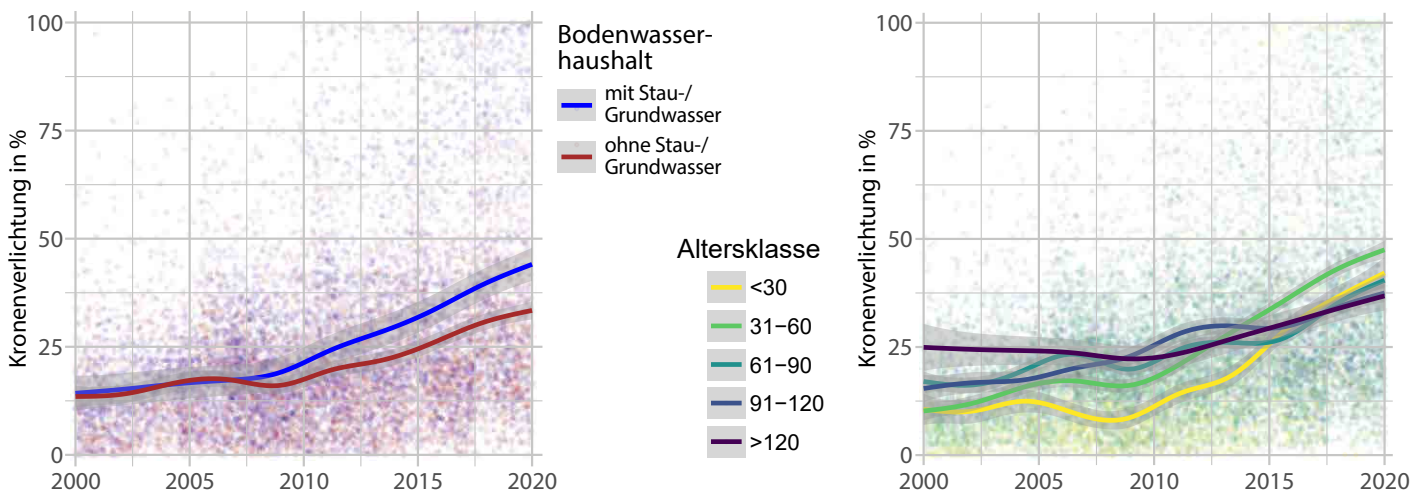
Stammfußnekrose am noch stehenden Baum (links) und im Längsschnitt mit Verfärbungen im Holzkörper, die über den von außen sichtbar geschädigten Bereich hinausgehen (rechts)

## Eschenmonitoring – terrestrisch und mittels Fernerkundung

Dringt der Erreger wiederholt über die Blätter in die Triebe und Äste ein, manifestieren sich die Symptome des ETS u. a. in den strukturellen Eigenschaften der Krone (abnehmende Belaubung, transparente Krone, zunehmender Totastanteil). Zum einen werden solche Kroneneigenschaften bei der terrestrischen Waldzustandserhebung angesprochen, zum anderen lassen sie sich mittels Luftbilddauswertung erheben. Damit bieten sich sowohl terrestrische als auch fernerkundungsgestützte Monitoringverfahren an, um die Dynamik des ETS zeitlich und räumlich zu erfassen.

Im Stichprobenraster der Waldzustandserhebung ist die Esche in Süddeutschland häufig, in Norddeutschland dagegen nur selten vertreten. Dadurch ist die Analyse der ETS-Ausbreitung erschwert. Es lassen sich jedoch Zusammenhänge zwischen Schadentwicklung und Standort sowie Bestandesstruktur ableiten. Nach der Ausbreitung des Erregers über große Teile des Bundesgebiets (etwa seit 2009) ließ sich auf grund- oder stauwasser geprägten Standorten eine stärkere Zunahme der Kronenverlichtung beobachten (Abb. Seite 38). Im Vergleich





Verlauf der bundesweiten Eschen-Kronenverlichtung seit dem Jahr 2000 (Erstnachweis ETS in Deutschland: 2002). Links ist der Einfluss des Bodenwasserhaushalts auf den zeitlichen Verlauf dargestellt, rechts der des Bestandesalters.

zu Altbeständen nahm die Kronenverlichtung junger Bestände, die vor Verbreitung des ETS naturgemäß weniger stark verlichtet waren als Altbestände, stärker zu.

Fernerkundungsgestütztes Monitoring bietet die Möglichkeit, anhand historischer und aktueller Luftbilder die Dynamik der Ausbreitung der ETS-Symptome nachzuvollziehen sowie die akute Entwicklung zu überwachen. Ein solches Monitoring muss jedoch nach einem standardisierten Verfahren erfolgen und die Eigenschaften der Luftbilddaten berücksichtigen, um qualitativ hochwertige und vergleichbare Daten zu erzeugen. Zu diesem Zweck wurden zwei Luftbildinterpretationsschlüssel entwickelt, die (a) zur Identifikation von Eschen und (b) zur Ansprache des Kronenzustands eingesetzt werden können und so eine Erfassung der ETS-Symptome ermöglichen. Mit diesen Schlüsseln können aus dem Flugzeug aufgenommene Luftbilder, die mittels eines Stereobildschirmsystems als 3D-Bilder angezeigt werden, standardisiert ausgewertet werden.

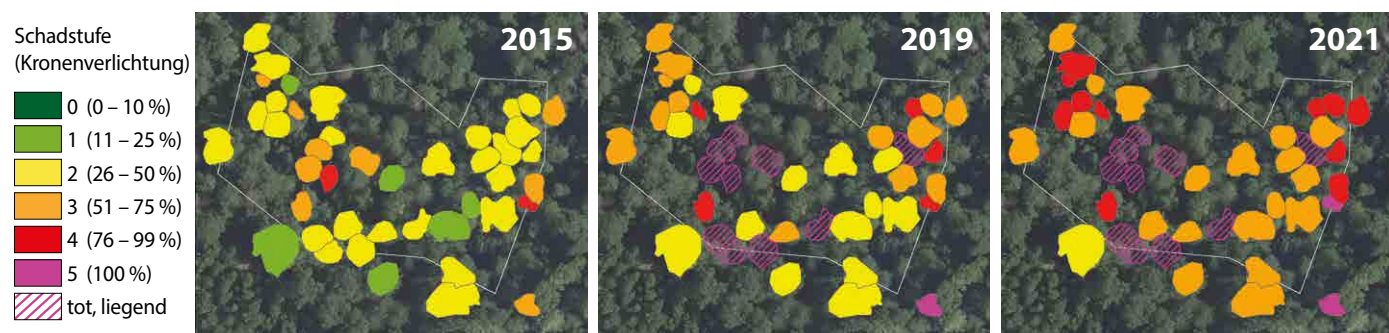
Kronenschädigungen von Eschen wurden auf einem Set von Monitoringflächen anhand von Luftbilddaufnahmen aus dem Zeitraum 2006–2022 erfasst. Insgesamt zeigte sich hierbei eine klare Tendenz zu einer Abnahme der Kronenvitalität. Die Geschwindigkeit der Verschlechterung variierte sowohl zwischen einzelnen Kronen als auch zwischen den Monitoringflächen sehr stark. Auch wurde beobachtet, dass sich der Kronenzustand temporär wieder verbessern kann. Diese Verbesserungen waren jedoch nur vorübergehend und von kurzer Dauer.

Durch die Entwicklung der Luftbildinterpretationsschlüssel zur Identifikation von Eschen und zur Kronenansprache wurde eine Grundlage geschaffen, um das Fortschreiten der ETS-Symptome auch in Zukunft per Luftbilddauswertung zu überwachen.

### Genetik

Trotz des unvermindert schweren Verlaufs des ETS und dem teilweise flächenhaften Ausfall der Esche gibt es doch Anlass zur Hoffnung: Beobachtungen einzelner nicht oder nur wenig geschädigter Eschen in stark befallenen oder schon abgestorbenen Beständen lassen vermuten, dass Unterschiede im Schädigungsgrad zwischen einzelnen Individuen zu einem großen Teil erblich bedingt sind. Verschiedene wissenschaftliche Studien lassen darauf schließen, dass zumindest ein geringer Anteil von Eschen dazu in der Lage ist, sich langfristig gegen das ETS zu behaupten bzw. in Koexistenz mit dem Pilz nahezu symptomlos zu überleben.

Im gesamten Zuständigkeitsbereich der NW-FVA (Hessen, Niedersachsen, Sachsen-Anhalt und Schleswig-Holstein) wurden Eschenvorkommen evaluiert und besonders vitale und gesunde Einzelbäume, sogenannte Plusbäume, ausgewählt. Die Sicherung dieser Plusbäume erfolgte über vegetative Vermehrung von Kronenreisern. Um die ETS-Toleranz zu validieren, wurden die vegetativen Abkömmlinge dieser Plusbäume zusätzlich standardisierten Infektionsversuchen unter



Per Luftbilddauswertung erfasste und dokumentierte Kronenverlichtung der Eschen auf der Monitoringfläche Schotten (HE1) in Hessen

Laborbedingungen mit maximalem Sporendruck des ETS-Erregers ausgesetzt. Um besonders tolerante Individuen erhalten zu können, wurden klassische Veredelungstechniken, aber auch Methoden der Gewebekultur (In-vitro-Technik) eingesetzt. Die In-vitro-Technik ist eine interessante Alternative, um auch große Individuenzahlen kostengünstig konservieren zu können. Dazu zählt u. a. die Kryokonservierung, die es ermöglicht, kleine meristematische (teilungsaktive) Gewebeteile einzelner Pflanzen in flüssigem Stickstoff einzufrieren, ohne dass an dem Pflanzenmaterial genetische oder physiologische Veränderungen stattfinden. Das so eingefrorene Material kann auch Jahrzehnte später, zu jedem beliebigen Zeitpunkt und in beliebigen Mengen, wieder „aufgeweckt“ und vermehrt werden.

Wichtiges Ziel ist der Aufbau von Erhaltungs-Samenplantagen, die sowohl der Erhaltung genetischer Ressourcen der Esche dienen, aber auch für weiterführende Züchtungsarbeiten sowie die künftige Produktion von forstlichem Vermehrungsgut genutzt werden können. Dies trägt wesentlich dazu bei, Anpassungsprozesse der Esche an den Krankheitserreger zu beschleunigen bzw. zu unterstützen.



Vegetative Vermehrung einer Esche aus Kryokonservierung (flüssiger Stickstoff) unter sterilen Laborbedingungen (In-vitro)

## Eschennaturverjüngung und waldbauliche Auswirkungen des ETS

Die waldbaulichen Auswirkungen des ETS werden an der NW-FVA bereits seit 2013 auf 33 Versuchsflächen beobachtet. Der Gesundheitszustand von zunächst 1011 Eschen im Oberstand wurde jährlich erfasst. Dabei zeigte sich, dass sich einzelne Individuen vorübergehend erholen können und auch ganze Bestände bessere und schlechtere Jahre haben. Im Jahr 2022 waren jedoch nur noch 422 Bäume vorhanden. Die höchste Mortalität trat bei jungen Eschen im Stangen- und schwachen Baumholz auf, während ältere Eschen länger mit starken Symptomen überleben konnten.

Die genetische Veranlagung von höherer Toleranz einzelner Eschen gegenüber dem ETS macht auch für die natürlichen Anpassungsprozesse Hoffnung. Bisher wurden in Eschenbeständen zwei Selektionsprozesse beobachtet, die zu gesünderen Eschenpopulationen führen können. Zum einen sind viele sehr anfällige Altbäume bereits abgestorben bzw. stark

geschädigt und bringen daher weniger Nachkommen hervor (Semizer-Cuming et al. 2021). Dieser Prozess alleine würde allerdings einige Generationen in Anspruch nehmen. Zum anderen wird auch die Naturverjüngung durch das ETS infiziert. Deshalb wurde der Frage nachgegangen, wie sich diese Infektionen auf die Entwicklung der jungen Eschen auswirken. Dazu wurde auf 11 Monitoringflächen jeweils 1 % der gesamten Naturverjüngung aufgenommen. Es zeigte sich, dass die Esche bei günstigen Bedingungen noch immer in sehr hohen Verjüngungsdichten (289.000/ha) vorkommen kann, aber nur 5–15 % der Eschen ETS-Symptome aufweisen. Dieser geringe Anteil ist hauptsächlich auf sehr junge Eschen unter 20 cm Höhe zurückzuführen, während die Wahrscheinlichkeit von Symptomen mit zunehmender Höhe erheblich steigt.

Vergleicht man infizierte mit gesunden Eschen in der Naturverjüngung, führt die Infektion sowohl zu geringerem Höhenzuwachs (hauptsächlich durch Schädigung des Leittriebes), als auch zu höherer Mortalität. Unter der konservativen Annahme, dass ein Promille der Naturverjüngung mit dem Pilz leben kann und die restlichen 99,9 % durch Konkurrenzdruck und Mortalität ausscheiden, würden von 200.000 jungen Eschen 200 gesunde Eschen übrigbleiben. Angesichts dieser Möglichkeit sollte der Waldbau dafür sorgen, dass sich auch in Zukunft Eschenverjüngung ansamen und entwickeln kann, indem auch in sehr kranken Beständen Altessen belassen werden und das Wildmanagement mit der Lichtregulierung abgestimmt wird. Allerdings beschreiben diese Daten nur 2 Jahre und nur 13.000 Eschen auf 11 Flächen. Der Eschenverjüngung sollte daher mehr Aufmerksamkeit geschenkt werden.

## Förderung

Der FraxForFuture-Verbund wird gefördert durch das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft im Rahmen des Waldklimafonds, der von der Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe e.V. administriert wird. Am vorliegenden Artikel beteiligte Teilprojekte: FraxMon 2.3 (FKZ 2219WK20C4), FraxGen 3.4 (FKZ 2219WK21D4), FraxPath/FraxCollar 4.1 (FKZ 2219WK22A4), FraxSilva 5.1 (FKZ 2219WK23A4)

## Literatur

- <https://www.fraxforfuture.de>
- Langer G.J., Fuchs S., Osewold J., Peters S., Schrewe F., Ridley M., Kätzel R., Bubner B., Grüner J. (2022): FraxForFuture—research on European ash dieback in Germany. *Journal of Plant Diseases and Protection* 129(6): 1285–1295. <https://doi.org/10.1007/s41348-022-00670-z>
- Langer G.J., Peters S., Bußkamp J., Bien S. (2023): *Cryptostroma corticale* and fungal endophytes associated with *Fraxinus excelsior* affected by ash dieback. *Journal of Plant Diseases and Protection*. <https://doi.org/10.1007/s41348-023-00750-8>
- Peters S., Fuchs S., Bien S., Bußkamp J., Langer G.J., Langer E.J. (2023): Fungi associated with stem collar necroses of *Fraxinus excelsior* affected by ash dieback. *Mycological Progress* 22(7): 52. <https://doi.org/10.1007/s11557-023-01897-2>
- Semizer-Cuming, D., Chybicki, I. J., Finkeldey, R., & Kjær, E. D. (2021). Gene flow and reproductive success in ash (*Fraxinus excelsior* L.) in the face of ash dieback: Restoration and conservation. *Annals of Forest Science*, 78(1), 14. <https://doi.org/10.1007/s13595-020-01025-0>





## 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: Klinck C

Layout: Starick E

Herstellung: Nordwestdeutsche  
Forstliche Versuchsanstalt

Druck: Printec Offset Kassel

## Zitiervorschlag

Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt,  
Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz,  
Landwirtschaft und Verbraucherschutz  
(Hrsg.) (2023): Waldzustandsbericht 2023 für  
Hessen, 44 S  
<https://doi.org/10.5281/zenodo.8430776>

Zitate der Einzelbeiträge bitte nach  
folgendem Schema:

Paar U, Klinck C (2023): WZE-Ergebnisse  
für alle Baumarten. In: Nordwestdeutsche Forst-  
liche Versuchsanstalt, Hessisches Ministerium  
für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und  
Verbraucherschutz (Hrsg.): Waldzustandsbericht  
2023 für Hessen. S 9-17  
<https://doi.org/10.5281/zenodo.8430841>

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

Der Waldzustandsbericht 2023  
ist abrufbar unter  
<https://www.nw-fva.de> und  
<https://umwelt.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



Peter Gawehn  
Außenaufnahmen und Kontrollen



Michael Spielmann  
Außenaufnahmen und Kontrollen



Dr. Bernd Westphal  
Außenaufnahmen und 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.