



# Waldzustandsbericht 2023



## Vorwort



© ML, Christian Wyrwa

Liebe Leserin, lieber Leser,  
liebe Waldinteressierte,

die aktuelle Waldzustandserhebung der Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt (NW-FVA) verdeutlicht den besorgniserregenden Gesundheitszustand der Wälder. Ich danke an dieser Stelle allen, die sich beruflich oder ehrenamtlich für den Wald einsetzen. Nur wenn wir die Klimakrise als Gesamtgesellschaft in den Griff bekommen, können wir in Bezug auf den Wald wieder aufatmen.

Zu den Fakten: Die mittlere Kronenverlichtung der Waldbäume liegt mit über 20 Prozent seit fünf Jahren auf einem hohen Niveau. Der Anteil stark geschädigter Bäume ist mehr als doppelt so hoch wie der langjährige Durchschnitt, und das bereits im vierten Jahr hintereinander. Es gibt aber auch Hoffnungsschimmer, denn die Absterbe- und Ausfallraten sinken.

Die Witterungsextreme der vergangenen Jahre haben den Wald geschwächt. Das macht die Bäume anfällig für unterschiedliche Schaderreger. In Kiefernwäldern war ein zunehmender Befall durch Kiefernborckenkäfer zu beobachten

und im nordöstlichen Niedersachsen kam es zu großflächigem Nadelfraß durch die Kiefernbuschhornblattwespe. Schmetterlingsraupen der sogenannten „Eichenfraßgesellschaft“ und wärmeliebende Prachtkäfer machten einigen Eichenwäldern zu schaffen.

Wie kann das ökologisch-genetische Potential von Eichenarten für die Walderneuerung genutzt werden? Und wie kann dem Eschentriebsterben etwas entgegengesetzt werden? Den Forschungsansätzen der NW-FVA wird in diesem Bericht ein eigenes Kapitel gewidmet.

Die Waldnutzungsformen der Mittel- und Niederwälder sind ein wichtiger Teil unseres Waldkulturerbes und – wie der vorliegende Bericht zeigt – Hotspots der Biodiversität. Zeitgemäße Bewirtschaftungs- und Pflegekonzepte sind nötig, um die Habitatkontinuität in diesen Reliktbeständen zu sichern.

Im Forstministerium wurde daher eine Koordinierungsgruppe eingerichtet, um die Auswirkungen der Klimakrise auf den Wald systematisch aufzuarbeiten. Das Land Niedersachsen setzt sich dafür ein, die Klimaanpassung unserer Wälder zu beschleunigen, die Waldfunktionen zu sichern und die Ökosystemleistungen zu steigern. Für uns und die nachfolgenden Generationen.

Ihre

Miriam Staudte  
Niedersächsische Ministerin  
für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz



Foto: J. Evers

| <b>Inhaltsverzeichnis</b>  |  | Seite |
|--|--|-------|
| Vorwort  |  | 2     |
| <b>Hauptergebnisse</b>   |  | 4     |
| <b>Forstliches Umweltmonitoring</b>  |  | 6     |
| Ulrike Talkner, Caroline Klinck und Uwe Paar   |  |       |
| <b>WZE-Ergebnisse für alle Baumarten</b>   |  | 8     |
| Caroline Klinck und Uwe Paar   |  |       |
| Kiefer   |  | 10    |
| Fichte   |  | 11    |
| Buche  |  | 13    |
| Eiche  |  | 14    |
| Andere Laub- und Nadelbäume  |  | 16    |
| <b>Witterung und Klima</b>   |  | 18    |
| Johannes Suttmöller  |  |       |
| <b>Insekten und Pilze</b>  |  | 23    |
| Martin Rohde, Rainer Hurling, Gitta Langer, Johanna Bußkamp<br>und Pavel Plašil  |  |       |
| <b>Stoffeinträge</b>   |  | 27    |
| Birte Scheler  |  |       |
| <b>Eichenarten im Klimawandel:<br/>Unterschätzte Anpassungspotenziale?</b>   |  | 30    |
| Aki Michael Höltken und André Hardtke  |  |       |
| <b>Nieder- und Mittelwälder:<br/>Waldkulturerbe und Hotspots der Biodiversität</b>   |  | 33    |
| Andreas Mölder und Marcus Schmidt  |  |       |
| <b>FraxForFuture: Ein Verbundprojekt zum Erhalt<br/>der Esche als Wirtschaftsbaumart</b>   |  | 37    |
| Sebastian Fuchs, Sandra Peters, Philip Beckschäfer,<br>Johannes Osewold, Christina Fey, Gitta Langer,<br>Ralf-Volker Nagel und Aki Michael Höltken |  |       |
| <b>Douglasie ist nicht gleich Douglasie – zur Bedeutung<br/>von Herkünften und genetischen Ressourcen</b>  |  | 40    |
| Aki Michael Höltken, Martin Hofmann und Wilfried Steiner   |  |       |
| Impressum  |  | 44    |

# Hauptergebnisse

## Waldzustandserhebung (WZE)

Für das aktuelle Jahr 2023 bestätigt die Waldzustandserhebung in Niedersachsen die anhaltend angespannte Situation der Wälder. Besonders betroffen ist nach wie vor die Fichte. Trotz allgemein hoher Kronenverlichtungen sowie hoher Anteile stark geschädigter Bäume gibt es aber dennoch Anzeichen einer vorsichtigen Verbesserung der Situation, die sich in sinkenden Absterbe- und Ausfallraten äußert.

Seit mittlerweile fünf Jahren liegt die mittlere Kronenverlichtung der Waldbäume Niedersachsens auf einem gleichbleibend hohen Niveau von über 20 % (2023: 21 %). Die Witterungsverhältnisse des vergangenen Jahres verschafften den Wäldern aber eine leichte Erholung bezüglich des Trockenstresses.

Der Anteil stark geschädigter Bäume verbleibt in Niedersachsen 2023 mit 4,1 % auf dem Niveau der letzten drei Jahre und ist damit mehr als doppelt so hoch wie das langjährige Mittel (1984–2022) von 1,7 %. Fichten haben mit 9,6 % den höchsten und Kiefern mit 1,2 % den geringsten Anteil stark geschädigter Bäume.

Die Absterberate ist gegenüber dem Vorjahr gesunken. Gegenüber 0,8 % im Jahr 2022 sank der Wert 2023 um 0,5 Prozentpunkte auf 0,3 % und liegt damit wieder fast auf dem Niveau des Mittelwertes von 1984 bis 2023 (0,2 %). Am höchsten war die Rate auch dieses Jahr bei Fichte, obwohl sie hier gegenüber dem Vorjahr um ca. 3 Prozentpunkte auf 1,7 % sank. Nur bei den anderen Laubbaumarten stieg die Absterberate um 0,1 Prozentpunkte gegenüber dem Vorjahr, bei allen anderen Baumarten sank sie. Keine neuen Absterbefälle gab es bei Buchen und Eichen des WZE-Kollektivs.

Auch die Ausfallrate sank gegenüber dem Vorjahr deutlich von 4,5 % auf 1,2 %. Sie liegt damit jedoch noch immer über dem langjährigen Mittel von 0,9 %. Die höchste Ausfallrate gab es 2023 mit 7,8 % bei Fichte, was jedoch auch gleich-

zeitig die größte Verringerung gegenüber dem Vorjahr darstellt (2022: 22 %). Die geringsten Ausfälle gab es bei Eiche mit 0,1 %.

Die Baumartenverteilung in der WZE-Stichprobe in Niedersachsen ergibt für die Kiefer einen Flächenanteil von 39 %. Die Ergebnisse der Waldzustandserhebung für den Gesamtwald in Niedersachsen werden daher stark durch die vergleichsweise niedrigen Verlichtungswerte der Kiefer geprägt. Fichten kommen nur noch auf 9 % (2017: 18 %) der Waldfläche vor. Durch diesen Rückgang und aufgrund der großen Streuung der Werte kann die Kronenverlichtung bei der jüngeren Fichte für 2023 nicht dargestellt werden.

Buche ist mit knapp 16 % und Eiche mit 8 % im 8 km x 8 km-Hauptnetz der Waldzustandserhebung vertreten. Die anderen Laub- und Nadelbäume nehmen zusammen einen Anteil von rund 27 % ein.

## Witterung und Klima

Das Vegetationsjahr 2022/2023 war mit einer Mitteltemperatur von 10,8 °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 Niedersachsen knapp 800 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 Sommer beendeten die Bodentrockenheit, so dass sich die Bodenfeuchtesituation in weiten Landesteilen günstig entwickelte.

## Insekten und Pilze

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

So waren in einigen auch bisher nicht stark betroffenen Regionen starke Schäden durch Borkenkäfer, insbesondere Buchdruckerbefall an Fichte, sowie zunehmend durch Kiefernborckenkäfer nach wie vor das bestimmende Waldschutzhema in Niedersachsen. Darüber hinaus kam es lokal zu starkem Fraß durch die Eichen-Fraßgemeinschaft und zu erheblichem Prachtkäferbefall an Eiche. Eine Besonderheit war der Fraß an den Altnadeln der Kiefer durch die Kleine Dunkle Kiefernbuschhornblattwespe auf über 1.000 Hektar im nordöstlichen Niedersachsen. Bei den Laubbäumen ist das verbreitet auftretende Eschentriebsterben zu erwähnen, auf das im vorliegenden Bericht in einem gesonderten Artikel eingegangen wird.



Foto: C. Klinck

## Stoffeinträge

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

Der Sulfatschwefeleintrag weist auf allen Flächen nach wie vor einen deutlich abnehmenden Trend auf. 2022 betrug er mit der Gesamtdosition zwischen 2,2 und 3,8 kg je Hektar. Hier zeigt sich in eindrucksvoller Weise der Erfolg verschiedener Maßnahmen zur Luftreinhaltung.

Die Gesamtdosition von anorganischem Stickstoff (Ammonium und Nitrat) hat im Zeitraum 2013 bis 2022 in sieben der neun Bestände weiter deutlich abgenommen. Sie betrug 2022 zwischen 9,0 und 17,0 kg je Hektar. In Augustendorf (Kiefer), Göttinger Wald (Buche) sowie Solling (Buche, Fichte) wurden die niedrigsten Einträge seit Beginn der Untersuchungen ermittelt.

## 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 wird die hohe genetische Vielfalt und die daraus resultierenden Anpassungskapazitäten dieser Baumartengruppe vermutlich noch nicht vollständig genutzt. An der NW-FVA werden mehrere Forschungsansätze zu ökologisch-genetischen Untersuchungen an der Eiche umgesetzt. 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.



Foto: D. Blas

## 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.

## Douglasie ist nicht gleich Douglasie – zur Bedeutung von Herkünften und genetischen Ressourcen

Die Witterungsbedingungen der letzten Jahre haben bei vielen heimischen Baumarten zu Vitalitätsverlusten bis hin zum Absterben geführt. Deshalb ist das Interesse an fremdländischen, trocken- und hitzeresistenten Baumarten gestiegen. Zur Douglasie gibt es seit über 100 Jahren Wachstums- und Herkunftsversuche. Letztere deckten teilweise große Unterschiede der Toleranz gegenüber Witterungsextremen zwischen verschiedenen Herkünften auf. Empfohlen werden in Deutschland vor allem Herkünfte aus dem nördlichen und nordöstlichen Teil oder sogar aus höheren Lagen des Verbreitungsgebietes der Küstenform.

Vermehrungsgut aus Samenplantagen ist für die forstliche Praxis vorrangig zu empfehlen, denn dies verspricht nicht nur gute Wuchseigenschaften, sondern vor allem eine besonders hohe genetische Vielfalt und damit Anpassungsfähigkeit.

# Forstliches Umweltmonitoring

Ulrike Talkner, Caroline Klinck und Uwe Paar

<https://doi.org/10.5281/zenodo.10082708>

Das Forstliche Umweltmonitoring hat eine langjährige Geschichte und eröffnet damit einen guten Einblick in die Veränderung der Waldökosysteme. Die Umweltbedingungen haben sich in den vergangenen Jahrzehnten kontinuierlich verändert, aber das Ausmaß und die Geschwindigkeit der aktuellen Klimaveränderungen sind in der Geschichte des Forstlichen Umweltmonitorings einmalig. Die Waldschäden zu Zeiten des sauren Regens waren deutlich zu sehen, doch übertreffen die aktuellen Schäden in bestimmten Regionen und für einige Baumarten das damalige Ausmaß. In den 1990er Jahren wurden erfolgreich politische Maßnahmen ergriffen, um die versauernden Einträge in die Wälder zu minimieren. 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 der 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 (Experimentalfächen)

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

### Aufnahmeumfang

Die Waldzustandserhebung erfolgt auf mathematisch-statistischer Grundlage. Die Rasterweite des landesweiten Stichprobennetzes beträgt seit 2005 8 km x 8 km, für Buche und Eiche werden zusätzliche Erhebungspunkte im 4 km x 4 km-Raster durchgeführt, wenn 2004 mindestens 6 Buchen oder Eichen am WZE-Punkt vorhanden waren. Nach einer Rasterüberprüfung im Frühjahr 2020 wurden 12 weitere WZE-Punkte in das 8 km x 8 km-Raster integriert, so dass jetzt inklusive der Verdichtung 312 Erhebungspunkte zum Stichprobenkollektiv gehören, von denen in diesem Jahr 287 Erhebungspunkte in die Inventur einbezogen werden konnten. Dieser Aufnahmeumfang ermöglicht repräsentative Aussagen zum Waldzustand auf Landesebene sowie Zeitreihen für die Baumarten Buche, Eiche, Fichte, Kiefer und die Gruppen der anderen Laub- und Nadelbäume. Die Aufnahmen zur Waldzustandserhebung erfolgten im Juli und August 2023. Sie sind mit qualitätssichernden Maßnahmen sorgfältig überprüft. Für den Parameter mittlere Kronenverlichtung zeigt die Tabelle auf Seite 7 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



WZE-Aufnahmeteams bei der Schulung im Juli 2023

Foto: C. Klinck

die Streuung der Kronenverlichtungswerte. Für relativ homogene Auswerteeinheiten (z. B. Kiefer 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 (z. B. sonstiges Laubholz über 60 Jahre), die sowohl in der Altersstruktur als auch in den Kronenverlichtungswerten ein breites Spektrum umfassen.

### 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 in 5 %-Stufen für jeden Stichprobenbaum erfasst wird. Die Kronenverlichtung wird unabhängig von den Ursachen bewertet, lediglich mechanische Schäden (z. B. das Abbrechen von Kronenteilen durch Wind) gehen nicht in die Berechnung der Ergebnisse der Waldzustandserhebung ein. Die Kronenverlichtung ist ein unspezifisches Merkmal, aus dem nicht unmittelbar auf die Wirkung von einzelnen Stressfaktoren geschlossen werden kann. Sie ist daher geeignet, allgemeine Belastungsfaktoren der Wälder aufzuzeigen. Bei der Bewertung der Ergebnisse stehen nicht die absoluten

*Baumanzahl, Plotanzahl, Raster sowie Standardfehler und 95 %-Konfidenzintervall der Kronenverlichtung für alle Baumarten- und Altersgruppen der Waldzustandserhebung 2023 in Niedersachsen. Das 95 %-Konfidenzintervall (=Vertrauensbereich) gibt den Bereich an, in dem der wahre Mittelwert mit einer Wahrscheinlichkeit von 95 % liegt. Das berechnete Konfidenzintervall kann jenseits der logischen Parametergrenzwerte (0 bzw. 100) liegen.*

| Baumarten-<br>gruppe | Alters-<br>gruppe | Anzahl<br>Bäume | Anzahl<br>Plots | Raster | Standard-<br>fehler | 95%-<br>Konfidenz-<br>intervall |
|----------------------|-------------------|-----------------|-----------------|--------|---------------------|---------------------------------|
| Buche                | alle Alter        | 2238            | 154             | 4x4 km | 1,4                 | 24–29                           |
|                      | bis 60 Jahre      | 327             | 28              | 4x4 km | 1,1                 | 5–10                            |
|                      | über 60 Jahre     | 1911            | 133             | 4x4 km | 1,4                 | 27–32                           |
| Eiche                | alle Alter        | 1062            | 114             | 4x4 km | 1,7                 | 26–33                           |
|                      | bis 60 Jahre      | 183             | 29              | 4x4 km | 1,6                 | 6–13                            |
|                      | über 60 Jahre     | 879             | 94              | 4x4 km | 1,4                 | 31–36                           |
| Fichte               | alle Alter        | 363             | 43              | 8x8 km | 2,5                 | 25–35                           |
|                      | bis 60 Jahre      | 131             | 16              | 8x8 km | 5,1                 | 14–36                           |
|                      | über 60 Jahre     | 232             | 28              | 8x8 km | 2,6                 | 27–38                           |
| Kiefer               | alle Alter        | 1529            | 86              | 8x8 km | 0,8                 | 15–18                           |
|                      | bis 60 Jahre      | 272             | 17              | 8x8 km | 1,6                 | 9–16                            |
|                      | über 60 Jahre     | 1257            | 73              | 8x8 km | 0,8                 | 16–19                           |
| andere<br>Laubbäume  | alle Alter        | 640             | 75              | 8x8 km | 2,2                 | 16–25                           |
|                      | bis 60 Jahre      | 333             | 37              | 8x8 km | 1,6                 | 16–23                           |
|                      | über 60 Jahre     | 307             | 42              | 8x8 km | 4,1                 | 13–30                           |
| andere<br>Nadelbäume | alle Alter        | 420             | 47              | 8x8 km | 2,1                 | 15–23                           |
|                      | bis 60 Jahre      | 172             | 19              | 8x8 km | 2,6                 | 11–22                           |
|                      | über 60 Jahre     | 248             | 29              | 8x8 km | 2,9                 | 15–27                           |
| alle<br>Baumarten    | alle Alter        | 3888            | 162             | 8x8 km | 0,9                 | 19–23                           |
|                      | bis 60 Jahre      | 1083            | 60              | 8x8 km | 1,2                 | 14–19                           |
|                      | über 60 Jahre     | 2805            | 132             | 8x8 km | 1,1                 | 21–25                           |

Verlichtungswerte im Vordergrund, sondern die mittel- und langfristigen Trends der Kronenentwicklung. Zusätzlich zur Kronenverlichtung werden weitere sichtbare Merkmale an den Probebäumen 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 Erhebung im Vorjahr 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 Aufnahmekollektiv 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 erfolgt 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.

### Literatur

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

# WZE-Ergebnisse für alle Baumarten

Caroline Klinck und Uwe Paar

<https://doi.org/10.5281/zenodo.10082927>

Die extremen Witterungsbedingungen der vergangenen Jahre wurden 2023 durch zwar warme, aber oft feuchte Verhältnisse abgelöst. Das löste in einigen Regionen eine leichte Verbesserung der Situation für die Wälder aus. Dennoch sind die Folgen der Trockenjahre seit 2018 vielerorts im schlechten Vitalitätszustand der Wälder erkennbar.

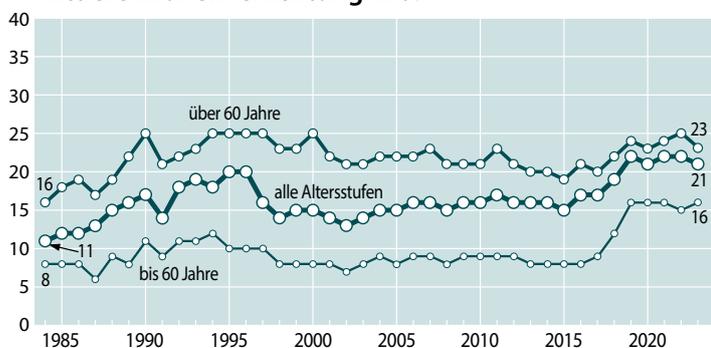
## Mittlere Kronenverlichtung

Mit einer mittleren Kronenverlichtung von 21 % für alle Baumarten und Alter kommt die Waldzustandserhebung 2023 zu einem ähnlichen Ergebnis wie die des Vorjahres (22 %). Damit liegen die Werte seit fünf Jahren in Folge auf dem höchsten Niveau in der inzwischen 40-jährigen Zeitreihe.



Foto: M. Spielmann

### Mittlere Kronenverlichtung in %



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

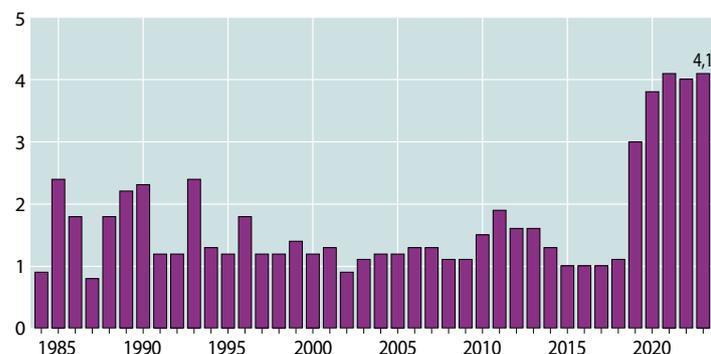


Foto: M. Spielmann

In den jüngeren (bis 60-jährigen) Beständen stieg die mittlere Kronenverlichtung mit 16 % wieder auf den Wert von 2021, die der Altersgruppe der über 60-jährigen Bestände ist leicht von 25 % auf 23 % gesunken.

Die Kronenverlichtung der Kiefern (alle Alter, ohne Grafik) ist von 20 % im Vorjahr auf 17 % zurückgegangen. Bei den Buchen (alle Alter, ohne Grafik) liegt die Kronenverlichtung mit 26 % auf dem Vorjahresniveau (2022: 27 %).

Für Fichte aller Alter (ohne Grafik) sank der Verlichtungswert um 3 Prozentpunkte auf 30 %. Bei Eiche (alle Alter, ohne Grafik) blieb die Verlichtung mit 27 % etwa auf dem Niveau der Vorjahre.

Insgesamt wird der Verlauf der mittleren Kronenverlichtung für den Gesamtwald ganz wesentlich durch die Kiefer geprägt, die als häufigste Baumart in Niedersachsen maßgeblich das Gesamtergebnis mit relativ konstant niedrigen Verlichtungswerten beeinflusst. Die anderen Laub- und Nadelbäume, die 2023 an der WZE-Stichprobe zusammen einen Anteil von 27 % einnehmen, liegen mit mittleren Verlichtungswerten von 21 % bzw. 19 % etwa auf dem Durchschnittswert aller Baumarten.

## Anteil starker Schäden

Der Anteil starker Schäden liegt für alle Baumarten im Mittel der Zeitreihe (1984–2023) bei 1,7 %. Seit 2019 wird dieser Mittelwert deutlich überschritten. 2023 liegt der Anteil starker Schäden mit 4,1 % wieder auf dem Höchstwert der gesamten Zeitreihe, der bereits 2021 erreicht wurde.

Die Spanne der starken Schäden reicht in diesem Jahr von 1,2 % bei Kiefer bis 9,6 % für Fichte.

Der hohe Anteil stark geschädigter Bäume hat negative Auswirkungen auf die Widerstandskraft der Bestände gegenüber Stresssituationen, da sich Bäume mit hoher Kronenverlichtung nicht mehr optimal mit Wasser und Nährstoffen versorgen können.

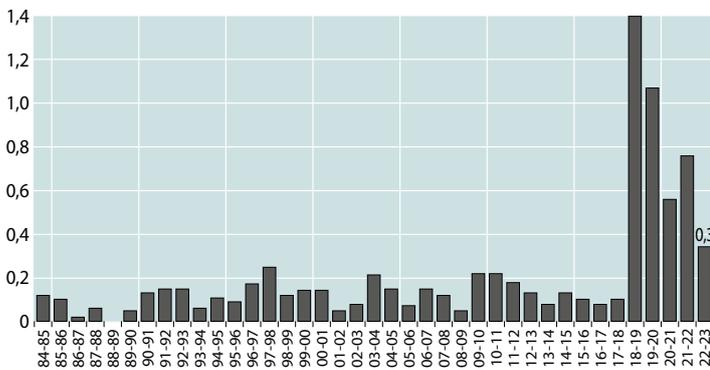
## Absterberate

Die Absterberate berechnet sich aus Bäumen, die zum Zeitpunkt der Erhebung erstmalig eine Kronenverlichtung von 100 % aufweisen, bezogen auf die Gesamtzahl lebender Bäume aus dem Vorjahr. Seit 2018 war die Absterberate nicht mehr so niedrig wie aktuell. Sie liegt 2023 bei 0,3 % und damit nur wenig über dem langjährigen Mittelwert (1984–2023: 0,2 %).

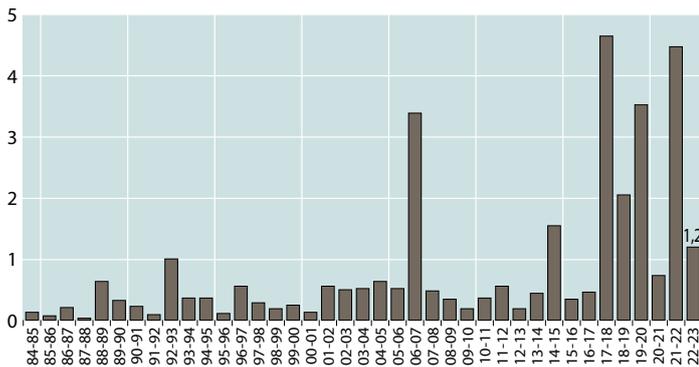
## Ausfallrate

Die im Bericht dargestellte Ausfallrate ist das Ergebnis der infolge von Sturmwurf, Trockenheit, Insekten- und Pilzbefall (z. B. Borkenkäferbefall) am Stichprobenpunkt entnommenen Bäume. Die jährlichen Ausfallraten bilden die Auswirkungen von Stürmen wie „Kyrill“ (2007) oder „Friederike“ (2018) deutlich ab. Sowohl 2007 als auch 2018 waren Sturmschäden

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



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



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

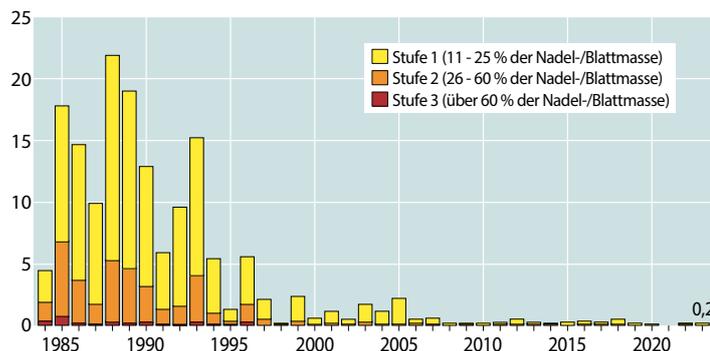


Foto: D. Blas

die Hauptausfallursache. Mit 1,2 % liegt die Ausfallrate 2023 deutlich unter dem Wert des Vorjahres (4,5 %), aber dennoch über dem Wert des langjährigen Mittelwertes von 0,9 %.

## Vergilbungen

Vergilbungen der Nadeln und Blätter sind häufig ein Indiz für Magnesiummangel in der Nährstoffversorgung der Waldbäume. Bis Mitte der 1990er Jahre waren Vergilbungen häufig beobachtet worden; seither ist das Phänomen merklich zurückgegangen. Wie im Vorjahr ist 2023 dieses Merkmal kaum aufgetreten. Nur 0,2 % der Bäume hatten leichte Vergilbungen. Die von den Waldbesitzern und Forstbetrieben durchgeführten Waldkalkungen mit magnesiumhaltigen Kalken und der Rückgang der Schwefelemissionen haben dazu beigetragen, das Auftreten dieser Mangelercheinung zu reduzieren.

## Fazit

Auch wenn die Witterung des Vegetationsjahres 2022/23 insgesamt als günstig bezeichnet werden kann, sind die Folgen von Stürmen, Hitze- und Trockenperioden seit 2018 noch immer in den Wäldern unübersehbar. Die landesweit repräsentativen Ergebnisse der Waldzustandserhebung zeigen ab 2019 die höchsten Anteile an stark geschädigten Bäumen in der Zeitreihe. Die Ausfallrate war zwischen 2018 und 2022 besonders hoch; sie sank nun 2023 auf ein moderates Niveau. Vor allem Fichtenbestände sind seit 2019 betroffen. Ihre Flächenanteile gehen dadurch stark zurück.

In den letzten Jahren sind strukturelle Störungen in Form von Blößen und Freiflächen entstanden. Für viele Waldbestände bedeutet das eine Destabilisierung. Die Situation der Wälder ist weiterhin sehr kritisch, und auch in den nächsten Jahren werden noch Folgeschäden festzustellen sein.

# Kiefer

Im Vergleich zu den anderen Baumarten zeigte sich die Kiefer relativ stabil gegenüber den extremen Witterungsbedingungen der vergangenen Jahre. Sowohl Kronenverlichtung als auch Absterbe- und Ausfallraten sind im Baumartenvergleich gering. Dennoch treten Schäden durch Sturm, Befall durch Insekten oder Pilze, aber auch direkte Schäden durch Trockenheit auf.

## Ältere Kiefer

Die älteren Kiefern weisen über den gesamten Erhebungszeitraum einen stabilen, vergleichsweise niedrigen Kronenverlichtungsgrad auf. Ihre Verlichtungswerte bleiben durchgehend unter denen von älteren Fichten, Buchen und Eichen. Die mittlere Kronenverlichtung der älteren Kiefern ist 2023 gegenüber dem Vorjahr um drei Prozentpunkte auf 17 % gesunken.

## Jüngere Kiefer

Die Unterschiede im Kronenverlichtungsgrad zwischen den Altersgruppen sind bei der Kiefer im Vergleich zu den anderen Hauptbaumarten nur gering ausgeprägt. Seit 2016 stieg die mittlere Kronenverlichtung der jüngeren Kiefern bis 2021 fast kontinuierlich an. 2023 sank sie im Vergleich zum Vorjahr um zwei Prozentpunkte auf 12 %.

Mittlere Kronenverlichtung in %

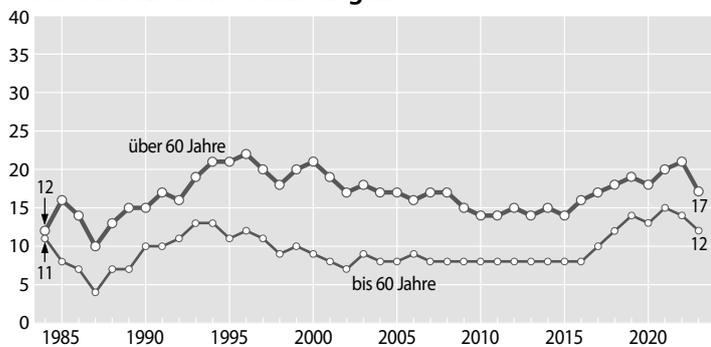


Foto: J. Evers

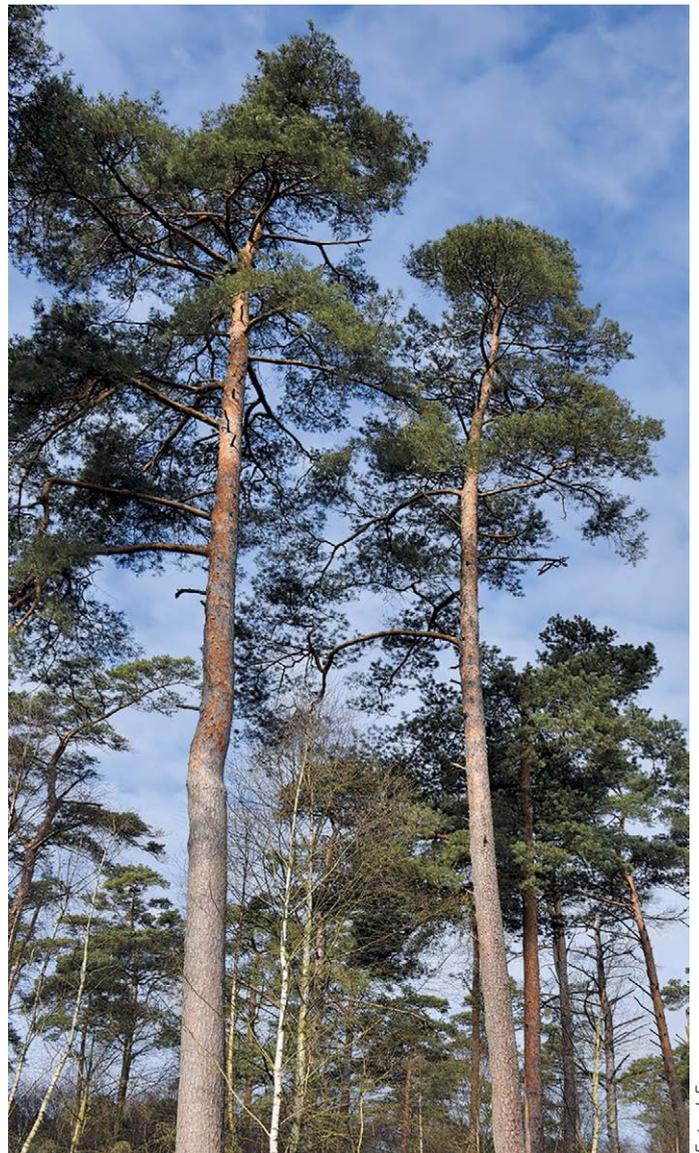
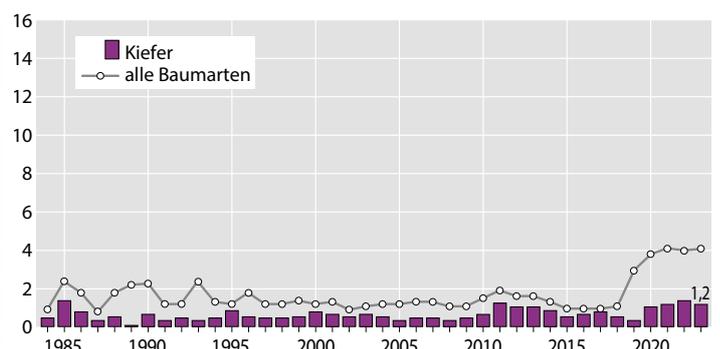


Foto: J. Evers

## Starke Schäden

Auch bei den starken Schäden heben sich die Ergebnisse der Kiefer von denen der anderen Baumarten ab. Im Erhebungszeitraum lag der Wert der Kiefer immer unter dem aller Baumarten. Mit Werten zwischen 0,1 % und 1,4 % treten insgesamt nur geringe Schwankungen auf. Im langjährigen Mittel liegt der Anteil starker Schäden (alle Alter) unter 1 % (0,7 %), 2023 sind es 1,2 %.

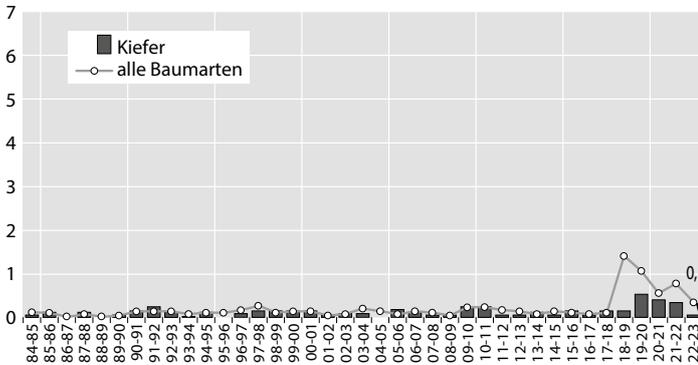
Anteil starker Schäden (inkl. abgestorbener Bäume), alle Alter in %



## Absterberate

Die Absterberate der Kiefer lag bis 2019 bemerkenswert niedrig; sie erreichte maximal 0,3 %. Zwischen 2020 und 2022 war sie mit Werten von 0,3 % bis 0,5 % erhöht. Sie sank jedoch stetig seit 2020 und liegt aktuell 2023 wieder bei 0,1 %.

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



## Ausfallrate

Im Durchschnitt fallen jährlich 0,4 % der niedersächsischen Kiefern aufgrund außerplanmäßiger Nutzung (als Schadholz entnommene Bäume) aus. Nach dem starken Anstieg auf 2,9 % im vergangenen Jahr sank die Ausfallrate 2023 wieder auf 0,4 % und damit auf das Niveau des Mittelwertes.

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

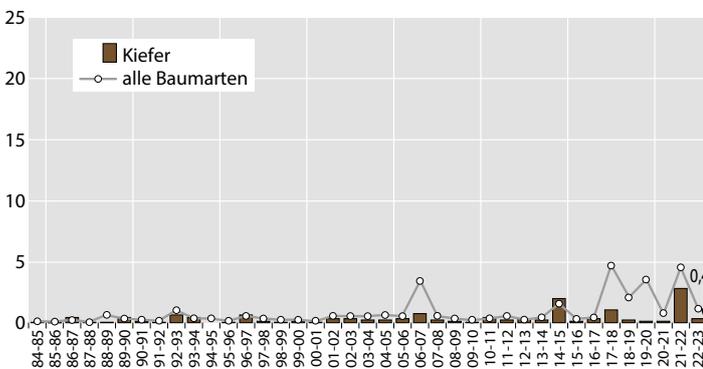


Foto: J. Evers

Die in den letzten Jahren zu beobachtende Verschlechterung der Vitalität der Fichte ist die stärkste seit Beginn der 40jährigen Zeitreihe. Sie zeigt sich vor allem in außerordentlich hohen Anteilen starker Schäden sowie in hohen Absterbe- und Ausfallraten. In der Folge geht der Fichtenanteil drastisch zurück (2017: 18 %; 2023: 9 % am WZE-Kollektiv). Die Stabilität der verbleibenden Fichtenbestände ist erheblich beeinträchtigt.



Foto: D. Blas

## Ältere Fichte

Im Zeitraum von 1984 bis 2018 werden für die älteren Fichten Kronenverlichtungswerte zwischen 24 und 30 % festgestellt. Nachdem der Wert seit 2019 stetig anstieg und 2022 mit 38 % ein neues Maximum erreichte, ging er 2023 auf 33 % zurück.

## Jüngere Fichte

Bis 2018 gab es für die Fichte einen deutlichen Alterstrend: Die mittlere Kronenverlichtung der jüngeren Fichten lag mit im Mittel 9 % weit unter den Werten der älteren. Seit 2018 stieg die Kronenverlichtung der jüngeren Fichten stark an und erreichte 2021 mit 32 % ein ähnliches Niveau wie das der älteren Fichten. 2022 sank der Wert wieder um 9 Prozentpunkte auf 23 %. 2023 liegt der Wert für jüngere Fichte bei 25 %. Aufgrund des zu geringen Stichprobenumfangs und der großen Streuung der Werte ist er jedoch statistisch nicht belastbar und wird daher im Diagramm nicht dargestellt.

**Mittlere Kronenverlichtung in %**



## Starke Schäden

Für die Fichten wurden bis 1996 wiederholt leicht erhöhte Anteile an starken Schäden (bis 5,5 %) festgestellt. Bis Mitte der 1990er Jahre haben mittlere und starke Vergilbungen von >25 % der Nadelmasse, die zur Einstufung in die nächsthöhere Schadstufe führen, eine bedeutsame Rolle gespielt. Mit dem Rückgang der Vergilbung gingen bei der Fichte auch die Anteile an starken Schäden zurück. Zwischen 1997 und 2018 traten nur leichte Schwankungen auf. Anschließend zeigt sich ein grundlegend anderes Bild: 2019 stieg der Anteil starker Schäden auf 8,4 % und 2020 wurde mit einem Anteil von 13,6 % ein neuer Höchstwert erreicht. 2021 ist der Anteil stark geschädigter Fichten nochmals angestiegen (15,3 %). In den letzten beiden Jahren sank er wieder, zunächst 2022 auf 14,5 % und 2023 auf 9,6 %.

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

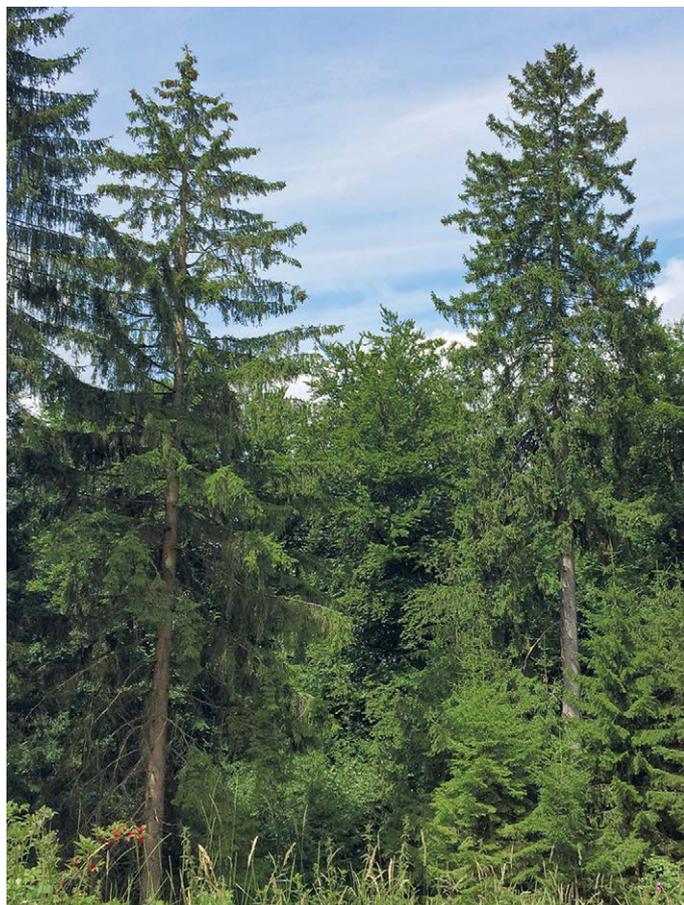
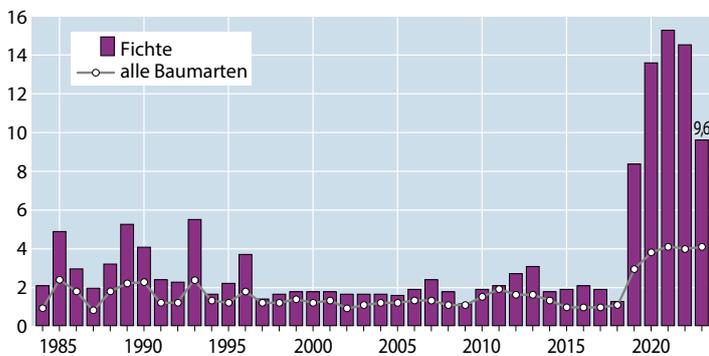


Foto: C. Klinck

## Absterberate

Die Absterberate der Fichte (alle Alter) lag im Erhebungszeitraum bis 2018 bei im Mittel 0,1 % mit Maximalwerten von 0,5 %. 2019, 2020 und 2022 sind im Vergleich dazu extrem viele Fichten abgestorben (6,1 %, 4,6 % und 4,4 %). 2023 sank der Wert wieder auf 1,7 %.

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

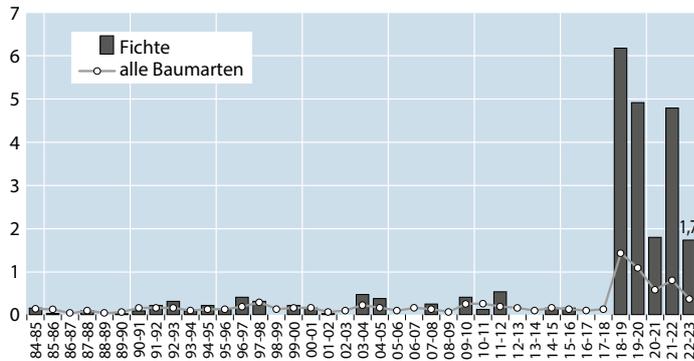
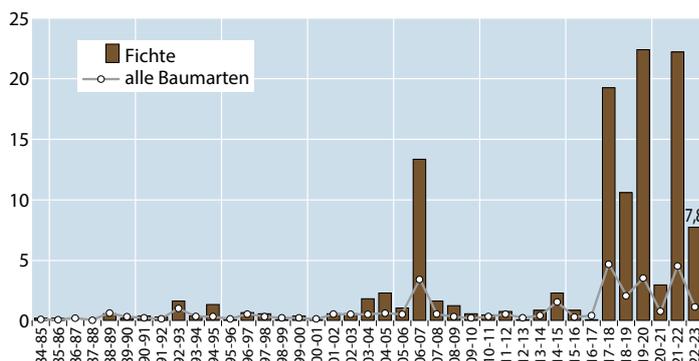


Foto: O. van Straaten

## Ausfallrate

Der Anteil als Schadholz entnommener Fichten liegt im Mittel der 40 Beobachtungsjahre bei jährlich 3,1 %. Seit 2018 mussten aufgrund von Sturmschäden und Borkenkäferbefall sehr viele Fichten außerplanmäßig genutzt werden. Nachdem die Ausfallrate 2021 mit 3 % fast durchschnittlich war, stieg sie 2022 wieder auf 22 %. 2023 liegt sie mit 7,8 % zwar deutlich niedriger, aber immer noch mehr als doppelt so hoch wie der langjährige Durchschnitt.

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



# Buche

Auf die Trockenheit 2018 reagierte die Buche mit einem Anstieg der Kronenverlichtung. Nachdem die Werte 2021 wieder leicht zurückgegangen waren, erhöhten sie sich 2022 wieder auf das Niveau von 2020 (27 %). 2023 lag der Wert auf ähnlichem Niveau bei 26 % (ohne Grafik).

## Ältere Buche

Für die älteren Buchen blieb die mittlere Kronenverlichtung 2023 bei dem Vorjahreswert von 31 % und damit auf dem hohen Niveau von 2020. Auffällig sind bei der Buche die Schwankungen von Jahr zu Jahr. Eine Ursache für die zunehmende Variabilität der Verlichtungswerte der älteren Buchen ist die Intensität der Fruchtbildung. In Jahren mit intensiver Fruchtbildung sind die Kronenverlichtungswerte erhöht, in den Folgejahren ohne Fruchtbildung weist die Buche dann wieder eine dichtere Belaubung auf.

## Jüngere Buche

Bei der Buche sind die Unterschiede in der Belaubungsdichte zwischen jüngeren und älteren Bäumen besonders stark ausgeprägt. Mit durchschnittlich 7 % wiesen die jüngeren Buchen ein fast 20 Prozentpunkte niedrigeres Verlichtungsniveau auf als die Buchen über 60 Jahre. Nach einer kurzfristigen Erhöhung 2019 und 2020 sanken die Kronenverlichtungswerte wieder ab. 2023 lag der Wert mit 6 % unter dem langjährigen Durchschnitt (7 %) und befindet sich damit weiterhin auf dem niedrigen Niveau des Zeitraums vor Beginn der Trockenjahre.

Mittlere Kronenverlichtung in %

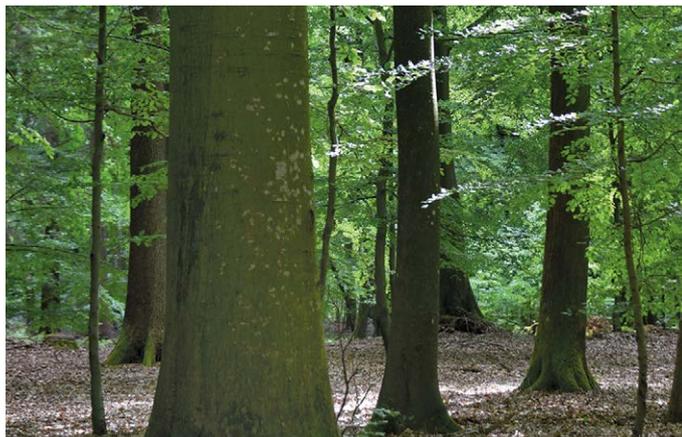
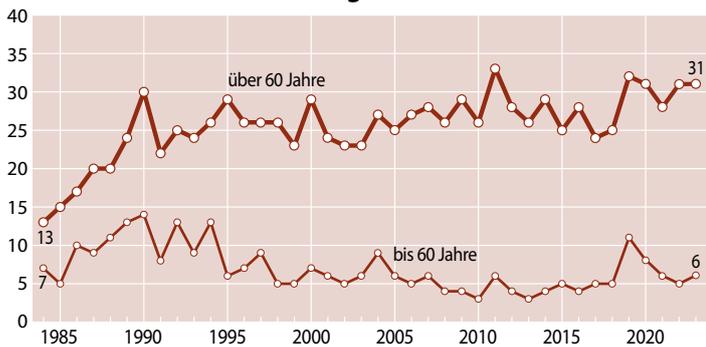
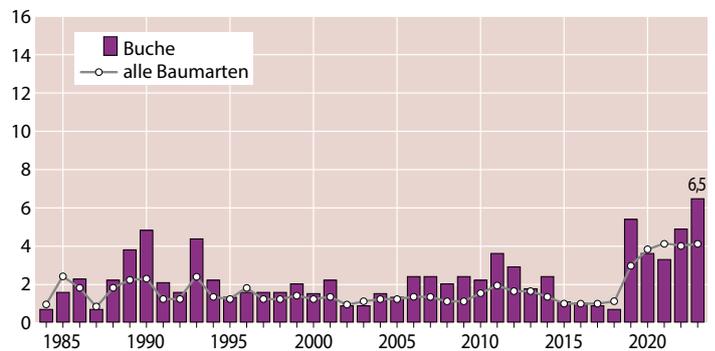


Foto: J. Evers

## Starke Schäden

Auch beim Anteil starker Schäden treten bei den Buchen im Beobachtungszeitraum starke Schwankungen auf. Seit 2019 lagen die Anteile über dem langjährigen Mittel von 2,3 %. Nach einer vorübergehenden Erholung 2020 und 2021 stieg der Anteil wieder an und erreichte 2023 einen Anteil von 6,5 %. Damit sind in diesem Jahr so viele Buchen wie noch nie stark geschädigt.

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



## Absterberate

Im Vergleich zu den anderen Baumarten weist die Buche eine auffallend niedrige Absterberate auf. Im Mittel der Zeitreihe liegt sie bei nur 0,06 %. Nach einer Erhöhung auf 0,48 % im Jahr 2019 ging der Anteil seitdem kontinuierlich zurück. 2023 starb keine der Buchen des WZE-Kollektives ab.

Jährliche Absterberate (stehende Bäume), alle Alter in %

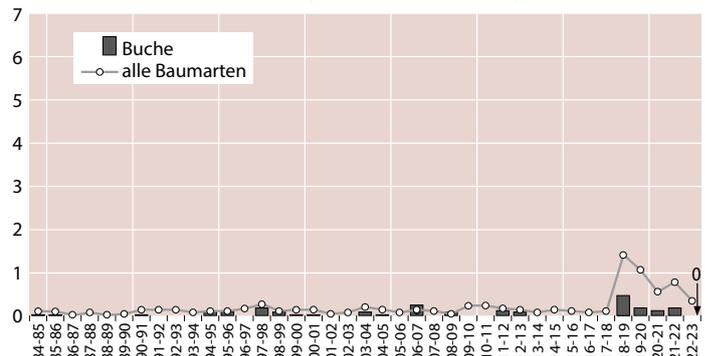
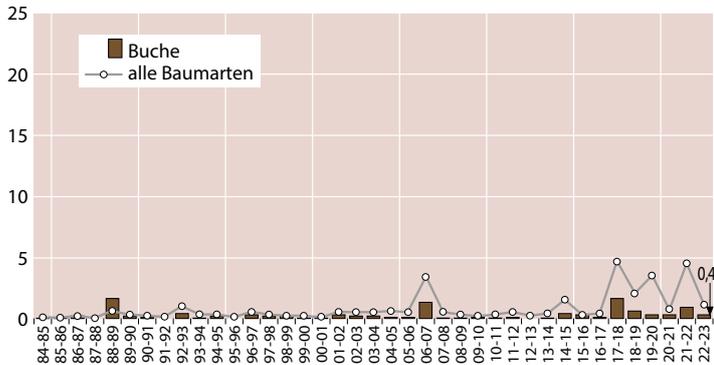


Foto: J. Evers

## Ausfallrate

Die für den 40jährigen Zeitraum 1984–2023 durchschnittliche Ausfallrate der Buchen (Bäume, die als Schadholz entnommen wurden) ist mit 0,4 % niedrig. Nach einem Anstieg 2022 auf 1 % sank sie 2023 wieder auf das durchschnittliche Niveau von 0,4 %.

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



## Fruchtbildung

Die Ergebnisse zur Fruchtbildung im Rahmen der Waldzustandserhebung zeigen die Tendenz, dass die Buchen in kurzen Abständen und vielfach intensiv fruktifizieren. Dies kann auf eine Häufung strahlungsreicher Jahre sowie eine erhöhte Stickstoffversorgung der Bäume zurückzuführen sein. Geht



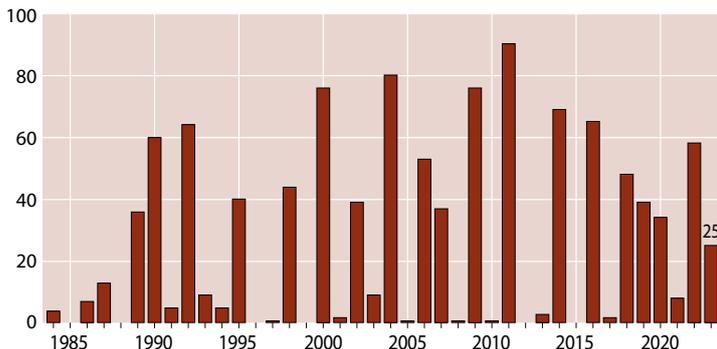
Foto: C. Klinck

man davon aus, dass eine starke Mast erreicht wird, wenn ein Drittel der älteren Buchen mittel oder stark fruktifiziert, ergibt sich rechnerisch für den Beobachtungszeitraum der Waldzustandserhebung 1984–2023 alle 2,2 Jahre eine starke Mast. Literaturrecherchen

hingegen ergaben für den Zeitraum 1839–1987 Abstände zwischen zwei starken Masten für 20-Jahresintervalle zwischen 3,3 und 7,1 Jahren.

In den Jahren 2018 bis 2020 zeigte sich erstmals im Beobachtungszeitraum eine Aneinanderreihung von drei Jahren mit intensiver Fruchtbildung. 2023 fruktifizierten ein Viertel der Buchen in Niedersachsen mittelstark oder stark.

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



Bei der Eiche war nach dem Trockenjahr 2018 keine auffällige Vitalitätsverschlechterung festzustellen. Die mittlere Kronenverlichtung befindet sich jedoch auf vergleichsweise hohem Niveau, was in den letzten Jahren nicht auf Schäden durch Insektenfraß zurückzuführen ist.

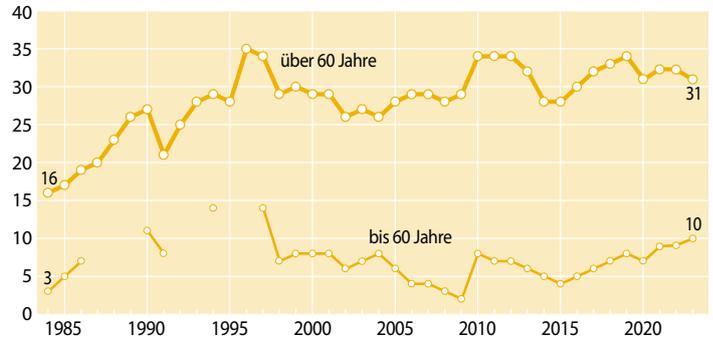
## Ältere Eiche

In der Zeitreihe der mittleren Kronenverlichtung der älteren Eichen treten die höchsten Verlichtungswerte (>30 %) in den Jahren 1996–1997 und 2010–2013 unter dem Einfluss von starkem Insekten- und Pilzbefall auf. Für den allmählichen Anstieg der Verlichtung seit 2015 spielt die Eichenfraßgesellschaft allerdings keine Rolle, da in diesem Zeitraum nur moderate Fraßschäden beobachtet wurden. 2023 lag die mittlere Kronenverlichtung bei 31 % und damit seit 2016 weiterhin auf einem hohen Niveau von über 30 %.

## Jüngere Eiche

Die Kronenentwicklung der Eichen in der Altersstufe bis 60 Jahre zeigt einen sehr viel günstigeren Verlauf als die Entwicklung der älteren Eichen. Seit 2016 stiegen allerdings die Werte zwar langsam, aber kontinuierlich an. Sie lagen 2023 mit 10 % deutlich über dem langjährigen Mittelwert von 7 %.

### Mittlere Kronenverlichtung in %



In den Jahren 1987–1989, 1992–1993 und 1995–1996 sind aufgrund des Stichprobenumfanges keine Aussagen für die Eiche bis 60 Jahre möglich.



Foto: J. Evers

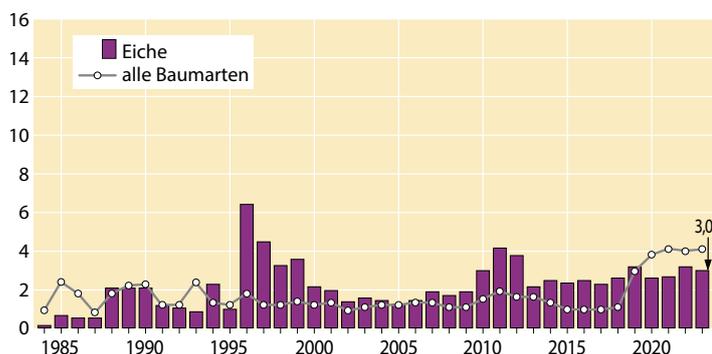


Foto: C. Klimck

## Starke Schäden

Parallel zu den erhöhten Kronenverlichtungswerten in den Jahren 1996–1997 und 2010–2013 waren in diesen Phasen auch erhöhte Anteile starker Schäden zu verzeichnen. Im Durchschnitt der Zeitreihe sind 2,2 % der Eichen als stark geschädigt eingestuft worden. Der diesjährige Anteil stark geschädigter Eichen (3 %) ist nur in sehr wenigen Fällen durch Insektenfraß bedingt.

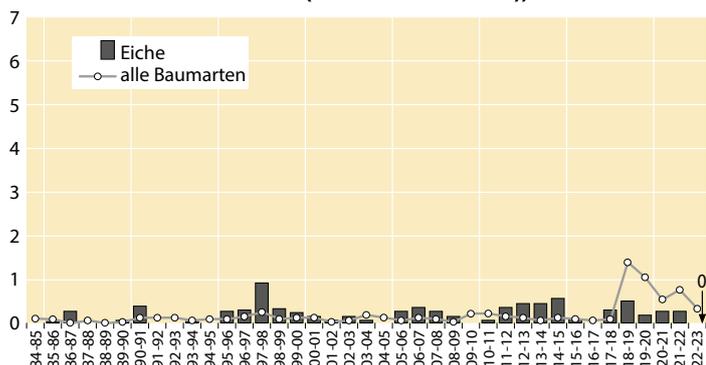
### Anteil starker Schäden (inkl. abgestorbener Bäume), alle Alter in %



## Absterberate

Die Absterberate der Eiche liegt im Mittel der Jahre 1984–2023 mit 0,2 % auf einem sehr niedrigen Niveau. Überdurchschnittliche Absterberaten wurden jeweils im Anschluss an starken Insektenfraß ermittelt. Am höchsten war die Rate 1998 mit 0,9 %. Im Jahr 2023 starb in Niedersachsen keine Eiche des WZE-Kollektives ab.

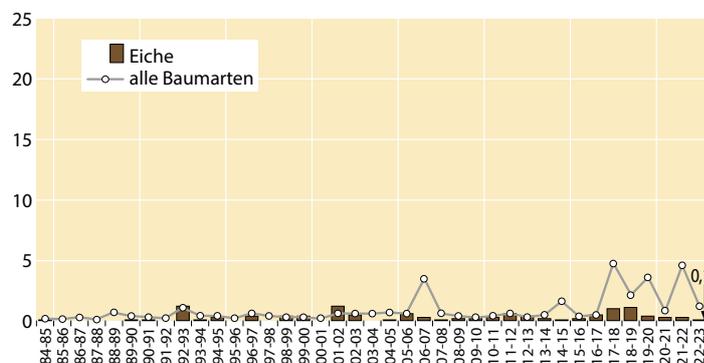
### Jährliche Absterberate (stehende Bäume), alle Alter in %



## Ausfallrate

Die Ausfallrate ist für Eiche in allen Erhebungsjahren sehr gering. Sie liegt im Mittel der Zeitreihe bei 0,3 %. Nach etwas höheren Ausfällen 2018 und 2019 sanken die Werte seitdem und erreichten 2023 mit 0,1 % wieder ein sehr niedriges Niveau.

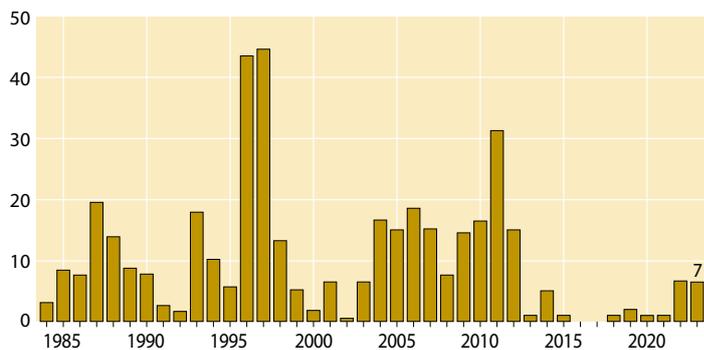
### Jährliche Ausfallrate (als Schadholz entnommene Bäume), alle Alter in %



## Fraßschäden

Die periodische Vermehrung von Insekten der so genannten Eichenfraßgesellschaft trägt maßgeblich zu den Schwankungen der Belaubungsdichte der älteren Eichen bei. Der Fraß an Knospen und Blättern durch die Eichenfraßgesellschaft wirkte sich besonders stark in den Jahren 1996–1997 und 2011 aus. Seit 2013 ist der Anteil mittlerer und starker Fraßschäden gering. Er lag 2023 bei 7 %.

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



## Fruchtbildung

Die Fruchtbildung der Eiche ist zum Zeitpunkt der Waldzustandserhebung im Juli und August nur schwer einzuschätzen, weil die Eicheln dann noch sehr klein sind. Zum Zeitpunkt der Sommeraufnahme 2023 wurde für 11 % der Eichen eine maximal mittelstarke Fruktifikation festgestellt. Es ist zu vermuten, dass dieser Wert die tatsächliche Fruktifikationsstärke unterschätzt.



Foto: M. Spielmann

## Andere Laub- und Nadelbäume

In Niedersachsen wurden 2023 bei der Waldzustandserhebung als landesweite repräsentative Stichprobeninventur 34 Baumarten erfasst. Neben den Hauptbaumarten Kiefer, Fichte, Buche und Eiche kommt in den Wäldern eine Vielzahl von anderen Baumarten vor, die insgesamt 27 % der Stichprobenbäume der Waldzustandserhebung in Niedersachsen ausmachen. Jede Baumart für sich genommen ist allerdings zahlenmäßig so gering vertreten, dass allenfalls Trendausagen zur Kronenentwicklung möglich sind. Bei den Ergebnissen der Waldzustandserhebung werden sie daher in den Gruppen andere Laubbäume und andere Nadelbäume zusammengefasst. Zu den anderen Laubbäumen gehören u. a. Birke, Esche, Ahorn, Linde und Hainbuche. Am häufigsten ist die Birke, gefolgt von Erle und Bergahorn. Die Gruppe der anderen Nadelbäume setzt sich vorwiegend aus Lärche und Douglasie zusammen.



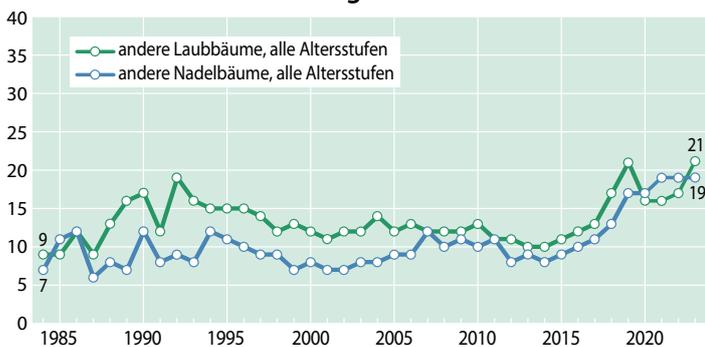
Junger Ahorn

Foto: C. Kirrck

### Mittlere Kronenverlichtung

Nach dem Trockenjahr 2018 reagierten beide Baumarten-gruppen mit einer Erhöhung der mittleren Kronenverlichtung. Nachdem sich die Kronenverlichtung der anderen Laubbäume (alle Alter) zwischen 2020 und 2022 wieder etwas verringert hatte, erreichte sie 2023 wie 2019 mit 21 % wieder den Maximalwert der 40jährigen Zeitreihe. Bei den anderen Nadelbäumen (alle Alter) ist seit 2014 ein Anstieg der Kronenverlichtung festzustellen. Der Höchstwert von 19 % wurde nun das dritte Jahr in Folge erreicht.

#### Mittlere Kronenverlichtung in %



### Starke Schäden

Für die anderen Laubbäume (alle Alter) schwanken die Anteile an starken Schäden von Jahr zu Jahr. Im langjährigen Mittel wurden 1,7 % der Bäume als stark geschädigt eingestuft. 2023 wurde mit 6,1 % ein neuer Höchstwert erreicht. Bei den anderen Nadelbäumen wurden in den ersten Jahren der Waldzustandserhebung mit Werten um 4 % hohe Anteile an starken Schäden festgestellt, anschließend gingen die Werte zurück. Im Mittel sind 1,2 % der anderen Nadelbäume stark geschädigt. 2023 betrug der Anteil 4,3 %.

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

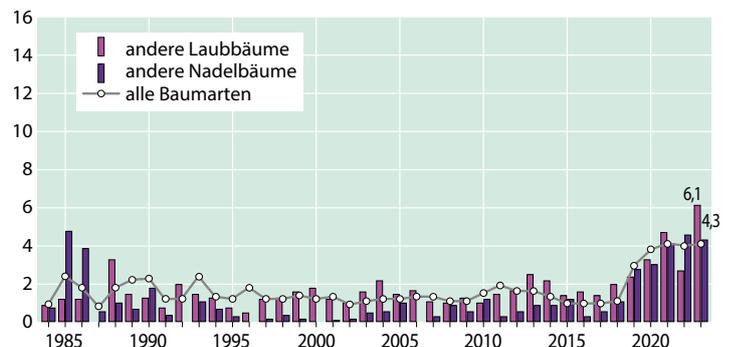
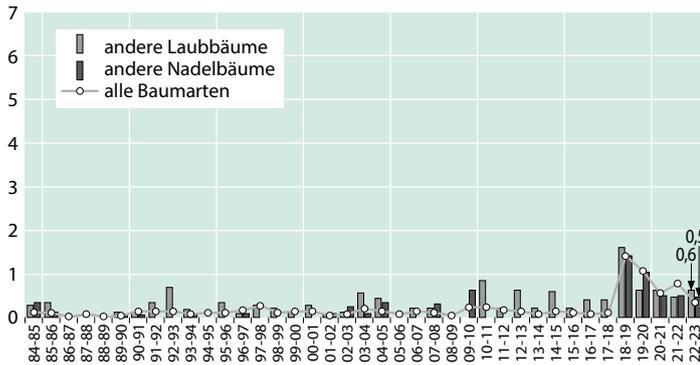


Foto: M. Spielmann

## Absterberate

Die höchsten Absterberaten im Beobachtungszeitraum seit 1984 wurden für beide Baumartengruppen im Jahr 2019 verzeichnet. 2023 starben 0,6 % der anderen Laubbäume des WZE-Kollektives ab. Die Rate ist damit seit 4 Jahren etwa gleich. Auch bei den anderen Nadelbaumarten lag die Absterberate bei 0,5 % und blieb damit auf dem Vorjahresniveau. Für beide Gruppen liegen die Werte jedoch nach wie vor über dem langjährigen Mittel (0,3 % bzw. 0,2 %).

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



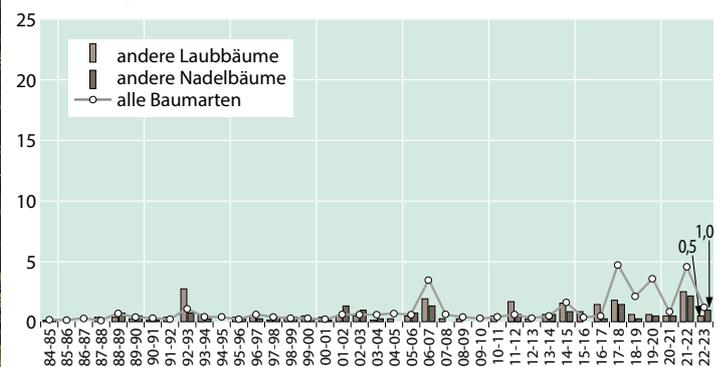
Birke

Foto: C. Klinck

## Ausfallrate

Die Gruppen der anderen Laub- und Nadelbäume weisen im Erhebungszeitraum mit 0,6 % bzw. 0,4 % relativ niedrige mittlere Ausfallraten auf. Nach Maximalwerten im Vorjahr sanken die Ausfälle 2023 in beiden Gruppen wieder: bei der Gruppe der anderen Laubbäume auf 0,5 % und bei den anderen Nadelbäumen auf 1 %.

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



Lärchen

Foto: D. Blasß



Erle

Foto: J. Weymar

# Witterung und Klima

Johannes Suttmöller

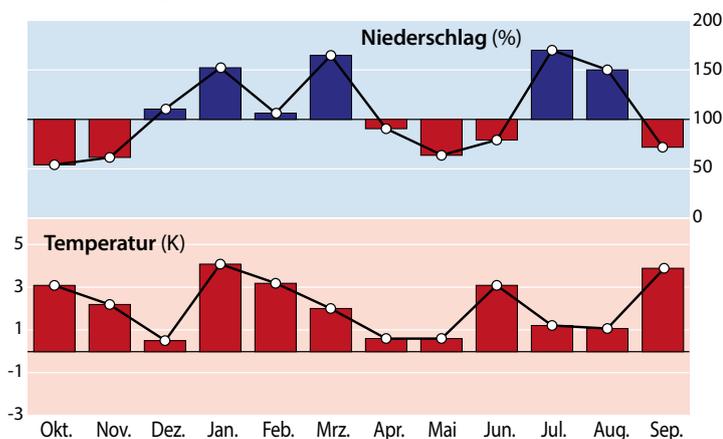
<https://doi.org/10.5281/zenodo.10082964>

Für eine flächenhafte Aussage für das Land Niedersachsen 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 10,8 °C im Landesmittel von Niedersachsen war das aktuelle Vegetationsjahr um 2,1 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 Niedersachsen nach Auswertung des Deutschen Wetterdienstes (DWD) mit einer Jahresmitteltemperatur von 10,7 °C das zweitwärmste Jahr seit Beginn regelmäßiger Messungen im Jahr 1881.

Im Vegetationsjahr 2022/2023 fielen knapp 800 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

## Abweichungen von Niederschlag und Temperatur 2022/23



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

Daten des Deutschen Wetterdienstes, Offenbach

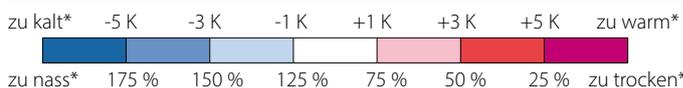
Trockenperiode. Dabei trockneten die oberen Bodenschichten stark aus. Ab Mitte Juni 2023 beendeten flächendeckende und ergiebige Niederschläge die Bodentrockenheit in weiten Teilen des Landes Niedersachsen.

## Witterungsverlauf von Oktober 2022 bis September 2023

Im **Oktober** dominierten sehr milde Luftmassen das Wetter in Niedersachsen. Gleichzeitig war es sehr sonnenscheinreich. Mit 30 mm wurde das Niederschlagsoll im Landesmittel um fast 50 % unterschritten, wobei das Niederschlagsdefizit im Nordwesten deutlich mehr als 50 % betrug. In weiten Landesteilen waren die Wassergehalte im Oberboden (bis 60 cm Tiefe) deutlich niedriger als zu dieser Jahreszeit üblich. Der Oktober 2022 war einer der wärmsten seit Messbeginn. Die Monatsmitteltemperatur betrug 12,8 °C und lag damit 3,2 K über dem langjährigen Mittelwert (Abb. und Tabelle unten). Im **November** setzte sich die milde und trockene Witterung fort. Mit einer Mitteltemperatur von 7,2 °C war der Monat 2,2 K zu warm. Die Niederschlagssumme erreichte mit 40 mm rund 60 % des langjährigen Solls. Besonders trocken war es im Nordosten des Landes und im Harz, so dass die Bodenfeuchte regional sogar weiter abnahm. Der **Dezember** zeichnete sich durch große Temperaturkontraste aus. Die Monatsmitteltemperatur von 2,4 °C lag um 0,5 K über dem Mittelwert der Referenzperiode 1961–1990 und 0,5 K unter der langjährigen Monatsmitteltemperatur der aktuellen Periode 1991–2020. Zum Jahreswechsel

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) |            |            |
|------------------------------|-----------------|-------------|-------------|-------------------|------------|------------|
|                              | 2021/22         | 1961–1990   | 1991–2020   | 2021/22           | 1961–1990  | 1991–2020  |
| Oktober                      | 12,8            | 9,6         | 9,6         | 30                | 57         | 65         |
| November                     | 7,2             | 5,0         | 5,8         | 40                | 67         | 63         |
| Dezember                     | 2,4             | 1,9         | 2,9         | 78                | 71         | 72         |
| Januar                       | 4,7             | 0,6         | 2,0         | 93                | 61         | 69         |
| Februar                      | 4,3             | 1,1         | 2,4         | 47                | 44         | 53         |
| März                         | 5,9             | 3,9         | 5,1         | 92                | 56         | 55         |
| April                        | 8,0             | 7,4         | 9,1         | 46                | 52         | 42         |
| <b>Nicht-vegetationszeit</b> | <b>6,5</b>      | <b>4,2</b>  | <b>5,3</b>  | <b>426</b>        | <b>408</b> | <b>419</b> |
| Mai                          | 12,8            | 12,2        | 13,0        | 38                | 62         | 57         |
| Juni                         | 18,4            | 15,3        | 16,1        | 59                | 76         | 68         |
| Juli                         | 17,9            | 16,7        | 18,2        | 125               | 73         | 81         |
| August                       | 17,7            | 16,6        | 17,9        | 106               | 70         | 75         |
| September                    | 17,4            | 13,5        | 14,2        | 43                | 60         | 65         |
| <b>Vegetationszeit</b>       | <b>16,8</b>     | <b>14,9</b> | <b>15,9</b> | <b>371</b>        | <b>341</b> | <b>346</b> |
| <b>Vegetationsjahr</b>       | <b>10,8</b>     | <b>8,7</b>  | <b>9,7</b>  | <b>797</b>        | <b>749</b> | <b>765</b> |



\* Abweichung zur Periode 1961–1990



Foto: M. Spielmann

verzeichneten viele Stationen des DWD in Niedersachsen neue Rekordwerte für die Tageshöchsttemperatur (bspw. 17,4 °C am 31.12.2022 in Göttingen; 90jährige Zeitreihe). Die Niederschlagshöhe betrug im Flächenmittel des Landes 78 mm und übertraf das Niederschlagssoll um 10 %. Diese reichten jedoch nicht aus, um die Bodenwasserspeicher aufzufüllen, so dass in weiten Teilen des Landes weiterhin unterdurchschnittliche Bodenwassergehalte beobachtet wurden.

Der **Januar** 2023 begann, wie das Jahr 2022 endete, mit neuen Rekordwerten für die Tageshöchsttemperaturen an vielen Stationen des DWD. So wurde in Hannover mit 17,0 °C (83jährige Zeitreihe) am 1.1.2023 der alte Tageshöchstwert für Januar übertroffen. Infolge der sehr milden Witterung lag die Monatsmitteltemperatur bei 4,7 °C und damit 4,1 K über dem langjährigen Mittelwert. Der Monat war nicht nur sehr mild, sondern auch überdurchschnittlich nass. Es fielen 93 mm Niederschlag. Dies entspricht rund 150 % des langjährigen Mittels. Im **Februar** setzte sich die milde Witterung fort. Das langjährige Niederschlagssoll wurde mit 47 mm im Landesmittel leicht übertroffen. Dabei fielen in den nordwestlichen Landesteilen teilweise weniger als 75 % der üblichen Niederschlagsmenge, während im Osten regional mehr als 25 % des Niederschlagssolls gemessen wurde. Die Mitteltemperatur betrug 4,3 °C und lag damit 3,2 K über dem Wert der Referenzperiode 1961–1990. Im **März** dominierten niederschlagsreiche Westwindwetterlagen die Witterung in Niedersachsen. Im Flächenmittel des Landes fielen 92 mm Niederschlag. Dies bedeutet einen Überschuss von fast zwei Drittel gegenüber dem langjährigen Mittelwert. Im äußersten Nordwesten von Niedersachsen wurde die durchschnittliche Niederschlagssumme regional um mehr als das Doppelte überschritten. Landesweit waren die Wasserspeicher im Oberboden gut gefüllt. Die Monatsmitteltemperatur lag mit 5,9 °C um 2,0 K über dem langjährigen Mittelwert.

Der **April** war geringfügig wärmer als im Mittel der Periode 1961–1990. Die Monatsmitteltemperatur betrug 8,0 °C und es war damit 0,6 K wärmer als üblich. Mit 46 mm wurde das langjährige Flächenmittel annähernd erreicht (Abb. und Tabelle Seite 18). Anders als in den vergangenen Jahren war zu Beginn der Vegetationszeit die Bodenfeuchte überdurchschnittlich hoch und die Bodenwasserspeicher (bis 60 cm) vielfach komplett aufgefüllt. Im **Mai** dominierten in Niedersachsen Hochdruck-

wetterlagen. Vielfach wurden mit einer östlichen Anströmung trockene Festlandsluftmassen herangeführt, so dass der Monat sehr trocken war. Für den gesamten Monat wurden im Landesmittel 38 mm Niederschlag berechnet. Dies entspricht 60 % der langjährigen Niederschlagshöhe. Die Niederschlagsverteilung zeigte ein markantes West-Ost-Gefälle. So fielen im östlichen Niedersachsen teilweise weniger als 25 % des Niederschlagssolls (Lüchow 12 mm). Die trockene Witterung führte 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 12,8 °C und damit um nur 0,6 K über dem langjährigen Mittelwert. Der **Juni** war sehr warm und in weiten Landesteilen überdurchschnittlich nass. Die Monatsmitteltemperatur von 18,4 °C lag um 3,1 K über dem Wert der international gültigen Referenzperiode. Gleichzeitig fiel mit 59 mm rund 20 % weniger als die übliche Niederschlagsmenge, wobei in einem Streifen über der östlichen Mitte des Landes die mittlere Niederschlagsmenge deutlich übertroffen wurde. So fiel in Lengede bei Salzgitter am 22. Juni 83 mm Niederschlag. Insbesondere im nordöstlichen Niedersachsen setzte sich die Trockenheit jedoch fort, so dass die Werte für das pflanzenverfügbare Bodenwasser

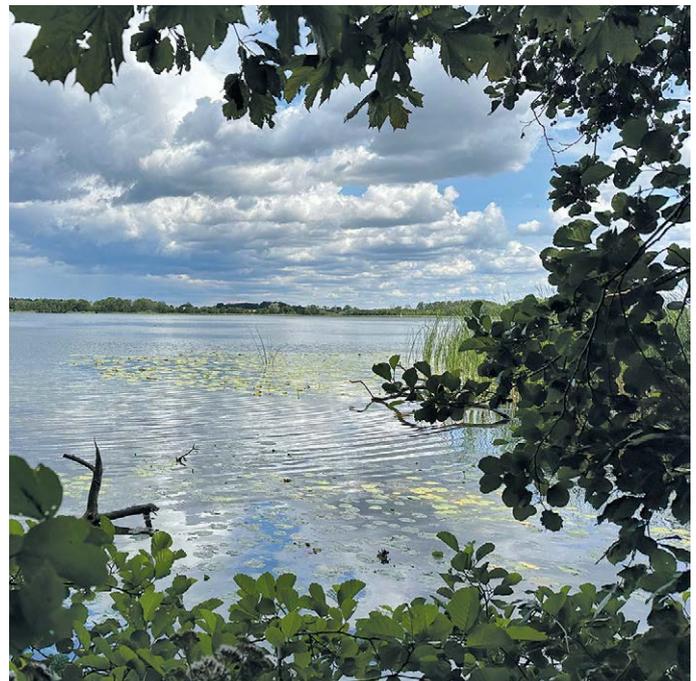
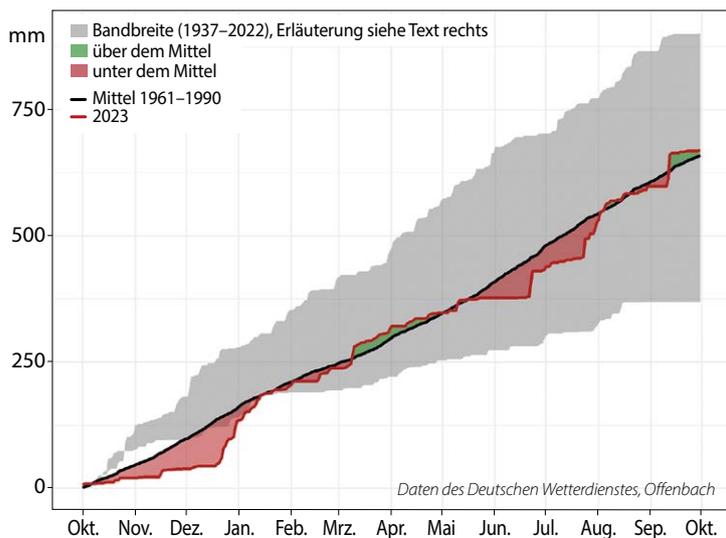


Foto: C. Klinck

### Akkumulierter Niederschlag im Vegetationsjahr an der Klimastation Hannover



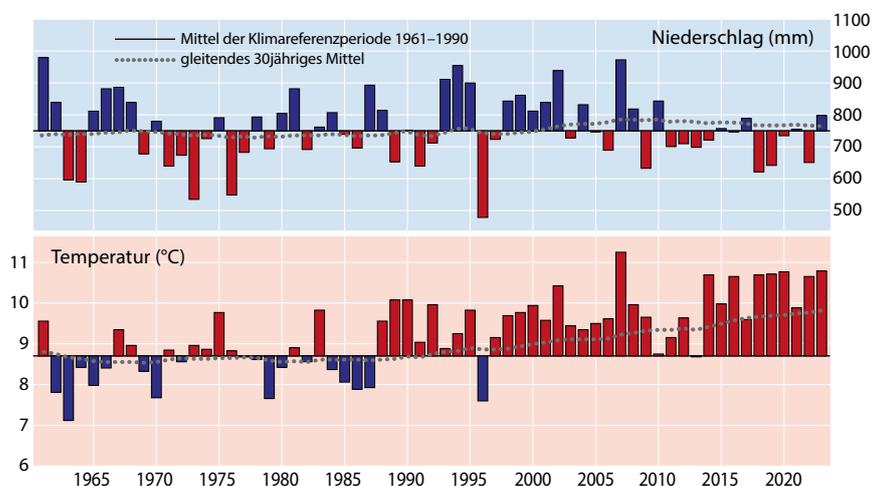
(nutzbare Feldkapazität, nFK) dort um oder unter 40 % lagen und damit ein ähnlich niedriges Niveau wie im vergangenen Jahr erreichten. In den von Starkregenereignissen betroffenen Gebieten stellten sich die Bodenfeuchteverhältnisse deutlich günstiger dar.

Der **Juli** war in Niedersachsen sehr abwechslungsreich. Während in der ersten Monatshälfte warme bis heiße Luftmassen wetterbestimmend waren und teilweise Höchsttemperaturen von über 30 °C gemessen wurden, lagen die Tageshöchsttemperaturen in der letzten Monatsdekade häufig nur um 20 °C. Mit einer Mitteltemperatur von 17,9 °C war der Juli 1,2 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 125 mm und übertraf das langjährige Mittel um 70 %. Dabei fiel im Nordwesten regional mehr als das Doppelte der lang-

jährigen Niederschlagssumme. In den mittleren und östlichen Landesteilen lag die Bodenfeuchte in den oberen 60 cm jedoch weiterhin flächendeckend unter 50 % nutzbarer Feldkapazität. Im **August** setzte sich die zunächst kühle und feuchte Witterung fort. Ab der zweiten Monatsdekade dominierten feucht-warme Luftmassen die Witterung in Niedersachsen. Es fielen 106 mm Niederschlag und damit 50 % mehr als üblich, wobei es insbesondere in den südlichen Regionen von Niedersachsen infolge von Starkregen und Unwettern sehr nass war. Die Monatsmitteltemperatur lag mit 17,7 °C um 1,1 K über dem langjährigen Mittelwert. Die hohen Niederschlagssummen beendeten die Trockenheit in den oberen Bodenschichten. Eine beständige Omegawetterlage (Hochdruck über Mitteleuropa) führte im **September** dazu, dass der Monat rekordwarm, sehr sonnig und trocken war. Mit einer Mitteltemperatur von 17,4 °C war der September um 3,9 K wärmer als im Mittel der Referenzperiode 1961–1990. Dabei wurden für das Landesmittel nur 43 mm Niederschlag berechnet. Dies entspricht rund 70 % des langjährigen Niederschlagssolls, wobei im Süden des Landes und an der Nordsee das Niederschlagsdefizit mehr als 50 % betrug.

In der Abbildung oben ist der aufsummierte Niederschlag an der DWD-Klimastation Hannover für das vergangene Vegetationsjahr im Vergleich zu den Jahren 1937 (Messbeginn) bis 2022 dargestellt. In der Zeitreihe wurden teilweise Lücken gefüllt, so dass im gesamten Messzeitraum nur wenige Jahre aufgrund von Datenausfall nicht berücksichtigt werden konnten. Die Bandbreite wird durch das im Beobachtungszeitraum trockenste Jahr (1959) und niederschlagreichste Jahr (1961) aufgespannt. Zu Beginn des Vegetationsjahres lagen die aufsummierten Niederschläge an der Station Hannover um bis zu knapp 100 mm unter dem langjährigen Mittelwert der Referenzperiode 1961–1990. Ab Ende Dezember 2022 führten die hohen Niederschläge zu einer ausgeglichenen Bilanz. Danach

### 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 Niedersachsen, Jahreswerte für das Vegetationsjahr (Oktober bis September)

Daten des Deutschen Wetterdienstes, Offenbach



Foto: C. Klinck

schwankten die aufsummierten Niederschläge bis Anfang Mai 2023 um die langjährigen Mittelwerte. Nach einer mehrwöchigen Trockenperiode im Mai und Juni führten ab Ende Juni mehrere Starkniederschlagsereignisse dazu, dass bis Anfang August das Niederschlagsdefizit der Vorwochen wieder ausgeglichen wurde. Bis zum Ende September schwankte die aufsummierte Niederschlagssumme an der Station Hannover um den langjährigen Mittelwert.

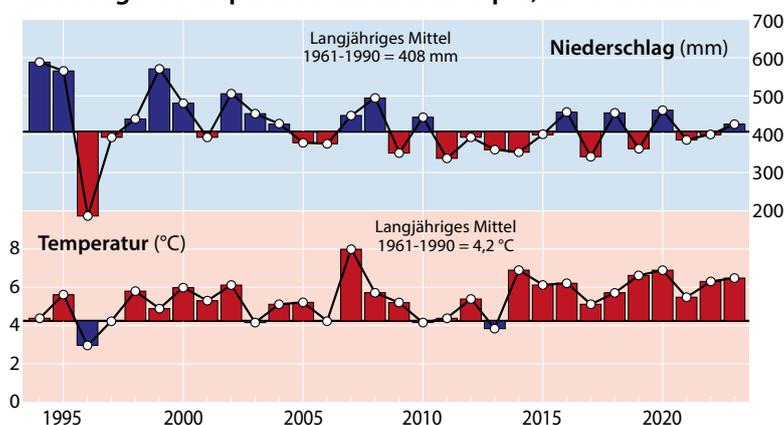
## Temperatur und Niederschlag im langjährigen Verlauf

Das Vegetationsjahr 2022/2023 war mit 10,8 °C im Flächenmittel von Niedersachsen 2,1 K wärmer als der Mittelwert der international gültigen Referenzperiode 1961–1990 und 1,1 K wärmer im Vergleich zur aktuellen Klimaperiode 1991–2020. Seit 1996 waren alle Vegetationsjahre wärmer als im langjährigen Mittel der Klimanormalperiode 1961–1990. Alle Monate des vergangenen Vegetationsjahres 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. Seite 20). Im Flächenmittel von Niedersachsen fielen 797 mm Niederschlag und damit im Vergleich zu den betrachteten Referenzperioden etwas mehr als üblich (Tabelle Seite 18).

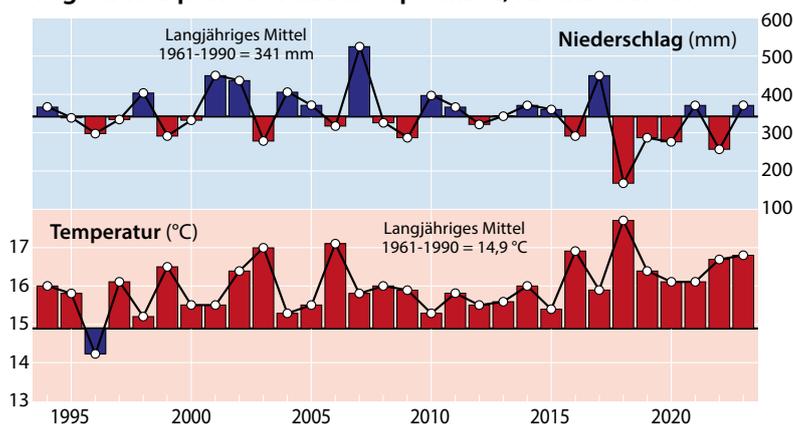
In der Nichtvegetationszeit von Oktober 2022 bis April 2023 wurde das Niederschlagsoll mit 426 mm um etwa 5 % übertraffen (Abb. unten). Dabei war es jedoch im Harz und in Teilen der Niedersächsischen Berglandes um bis zu 20 % trockener als üblich, während in den übrigen Landesteilen von Niedersachsen ein leichter Niederschlagsüberschuss gemessen wurde (Abb. Seite 22 unten links). Die Mitteltemperatur der Nichtvegetationszeit betrug 6,5 °C (Abb. unten) und übertraf das langjährige Mittel um 2,3 K. Die höchsten Abweichungen traten im Harz auf (Abb. Seite 22 oben links).

Auch die Vegetationszeit von Mai bis September 2023 war deutlich zu warm. Die Mitteltemperatur betrug 16,8 °C und war damit um 1,9 K wärmer im Vergleich zur Klimanormalperiode von 1961–1990 bzw. 0,9 K im Vergleich zur aktuellen Referenzperiode 1991–2020 (Abb. unten, Tabelle Seite 18). Wiederum war die Abweichung im Harz und im Niedersächsischen Bergland mit mehr als 2,4 K deutlich größer als in den tieferen Lagen von Niedersachsen (Abb. Seite 22 oben rechts). Während der Vegetationszeit fielen landesweit im Mittel 371 mm Niederschlag. Dies übertraf die langjährige mittlere Niederschlagsmenge um knapp 10 % (Abb. unten). Dabei war es in den westlichen Landesteilen teilweise um bis zu 20 % nasser als im langjährigen Mittel, während besonders im Harz regional ein Niederschlagsdefizit von bis zu 20 % beobachtet wurde (Abb. Seite 22 unten rechts).

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



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



Daten des Deutschen Wetterdienstes, Offenbach

## Fazit

- Das Vegetationsjahr 2022/2023 war mit einer Mitteltemperatur von 10,8 °C um 2,1 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 bis 1990.
- Die Niederschlagsmenge von 797 mm im Flächenmittel des Landes übertraf das langjährige Mittel um rund 5 %.
- Zu Beginn der Vegetationszeit trockneten die Oberböden in weiten Teilen des Landes während einer mehrwöchigen Trockenperiode deutlich aus. Die überdurchschnittlich hohen Niederschläge im Sommer führten zu einer Erhöhung des Wasserspeichers im Oberboden, so dass sich die Bodenfeuchtesituation in weiten Teilen des Landes günstig entwickelte.

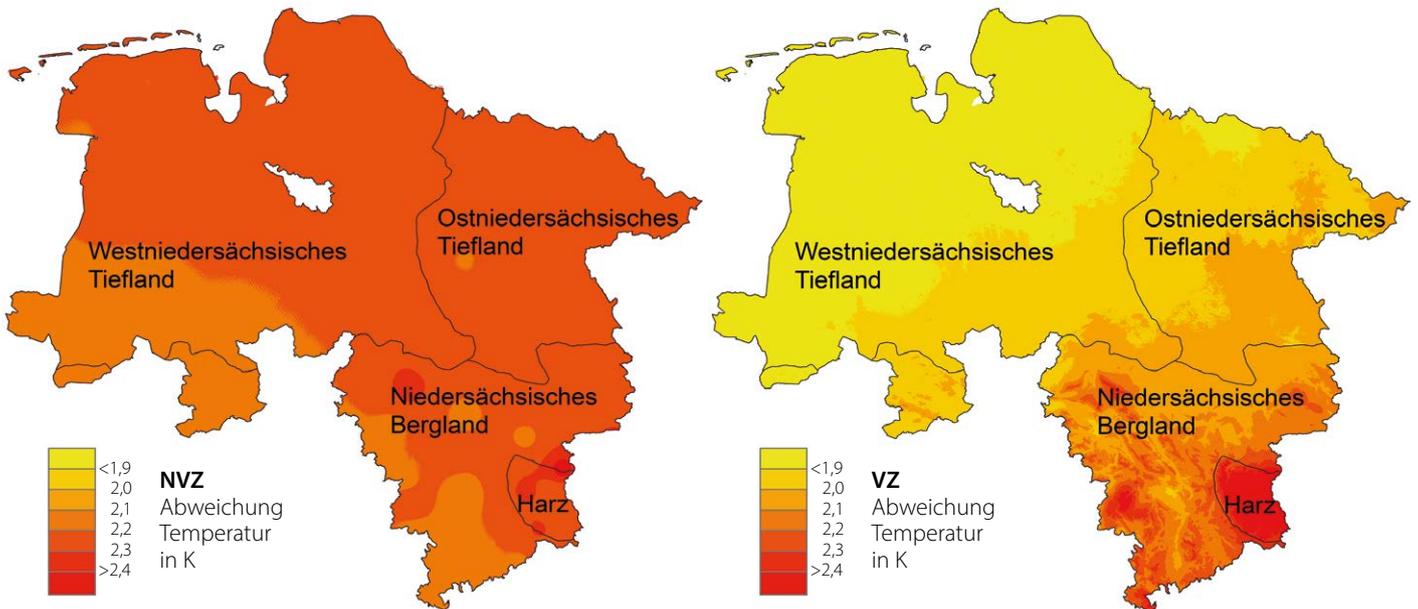
## Literatur

- 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)

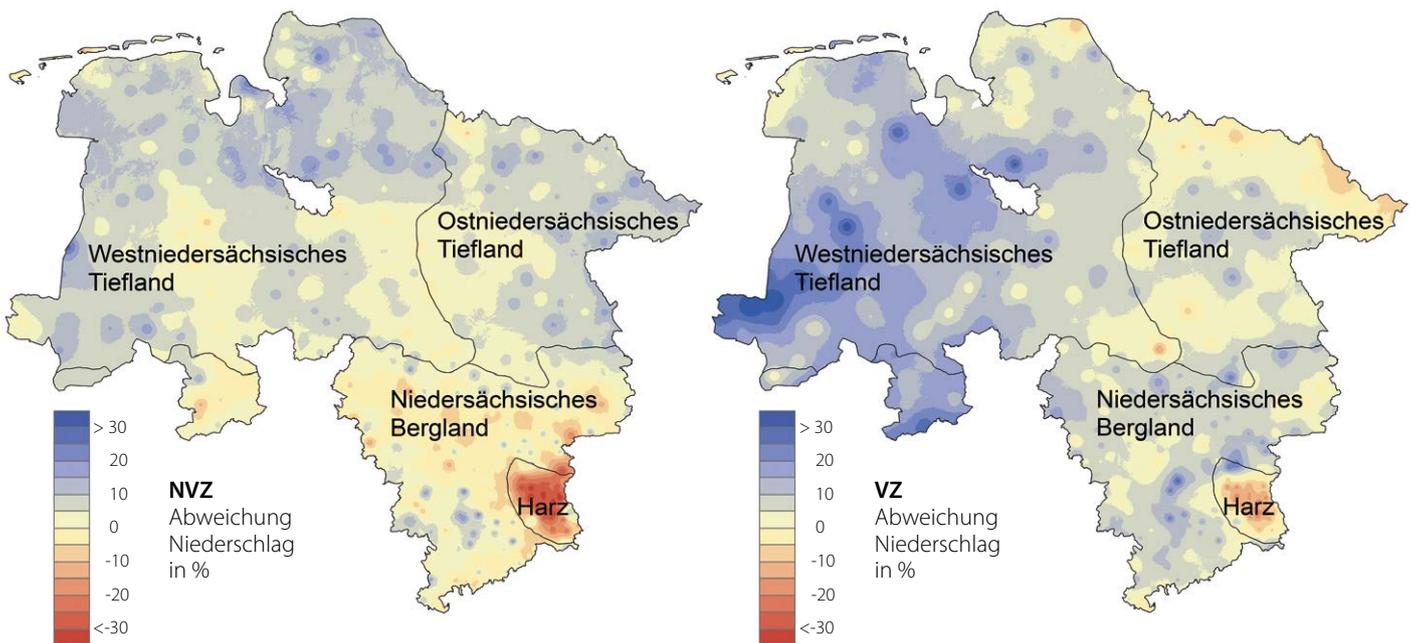
Foto: C. Klinck



**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**



Daten des Deutschen Wetterdienstes, Offenbach

# Insekten und Pilze

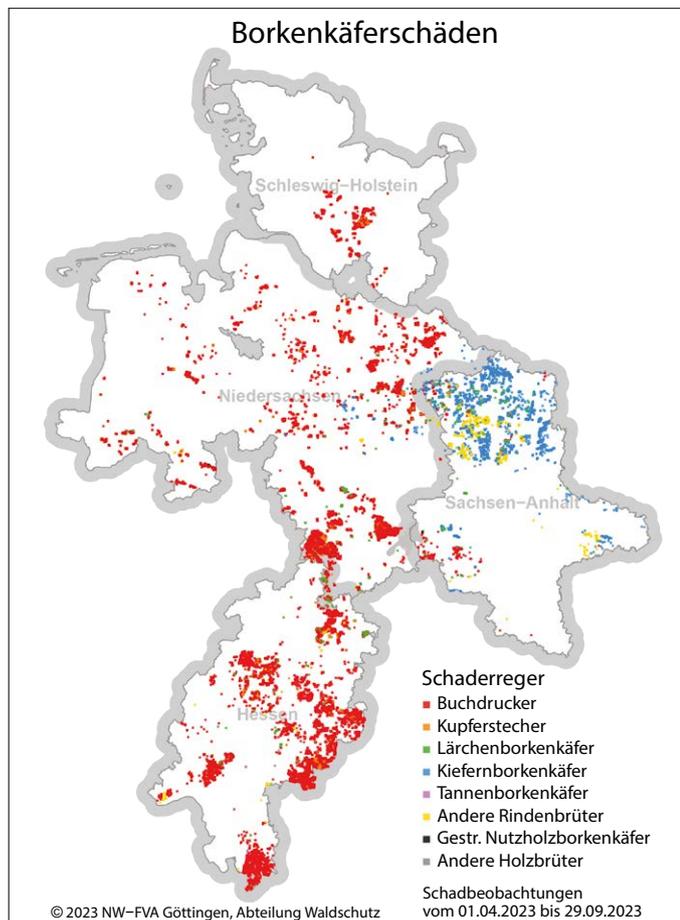
Martin Rohde, Rainer Hurling, Gitta Langer, Johanna Bußkamp und Pavel Plašil

<https://doi.org/10.5281/zenodo.10083014>

## 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 stark 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 Zwölffährigen 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. Größere Schadholzmengen Kiefer werden vor allem aus nördlichen Teilen Sachsen-Anhalts gemeldet. Die Anteile der beteiligten Arten Zwölffähriger, Sechszähriger und Zweizähriger Kiefernborkekäfer am jeweiligen Schaden schwanken von Forstort zu Forstort stark. Regionen mit ausgeprägtem Befall durch Kiefernborkekäfer sind auch das östliche Sachsen-Anhalt und die südliche Heideregion Niedersachsens. Weitere Vorkommen sind kleinräumig in fast allen Kiefernregionen vorhanden. Vor allem in Sachsen-Anhalt und Niedersachsen tritt der **Blaue Kiefernprachtkäfer** (*Phaenops* ssp.) häufig vermischt mit Kiefernborkekäfern auf.

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



Foto: C. Hehn

Nach Borkenkäferbefall absterbende Kiefern

## Großer brauner Rüsselkäfer

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

## Prachtkäfer und Kernkäfer an Eiche

Schäden durch **Eichenprachtkäferbefall** (*Agilus 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 brütenden Arten wie dem **Eichenholzbohrer** (*Xyleborus monographus*), oft in Vergesellschaftung mit dem **Eichenkernkäfer** (*Platypus cylindrus*), was zu einer technischen Entwertung des Holzes führt.



Foto: R. Hurling

Prachtkäfergänge

## Eichenfraßgesellschaft und Kieferngroßschädlinge

In Niedersachsen wurde starker Fraß bis Kahlfraß durch die **Eichenfraßgesellschaft**, insbesondere den **Eichenwickler** (*Tortrix viridana* L.) und die **Frostspannerarten** (*Operophtera brumata* L. und *Erannis defoliaria* Cl.) auf insgesamt knapp 45 Hektar durch die NFÄ Fuhrberg und Wolfenbüttel festge-

stellt. Zusätzlich kam es zu mittlerem Fraß in diesen Forstämtern sowie im Forstamt Rotenburg auf rund 600 Hektar sowie zu geringen Schäden in weiteren Forstämtern auf etwa 1.000 Hektar. Der **Eichenprozessionsspinner** (*Thaumetopoea processionea* L.) ist weiterhin in vielen Regionen verbreitet, tritt aber in niedriger Dichte und nicht bestandesgefährdend auf, sondern sorgt für gesundheitliche Risiken beim Menschen.

Im nordöstlichen Niedersachsen verursachten die Larven der **Kleinen Dunklen Kiefernbuschhornblattwespe** (*Gilpinia frutetorum* F.) auf rund 400 Hektar sehr starken und auf nochmals über 1.100 Hektar mittleren Fraß bzw. Schäden an den Altnadeln von Kiefern. Durch eine überwiegend gute Matriebentwicklung konnten die Schäden zumeist soweit kompensiert werden, dass für den weiteren Jahresverlauf keine unmittelbaren Bestandesgefährdungen bestehen, zumal die weiteren Untersuchungen in den befallenen Beständen ergaben, dass keine zweite Generation mit ausgeprägtem Sommer- bzw. Herbstfraß zu erwarten ist. Inwieweit die Schwächung durch den Fraß zu einer erhöhten Disposition für andere Schaderreger (z. B. Kiefernborckenkäfer und -prachtkäfer, Pilze) führt, ist vor allem auch von der Witterung abhängig und kann nicht vorhergesagt werden.

Weitere Fraßereignisse durch nadelfressende Raupen in Kiefernbeständen traten nicht auf.

## Mäuse

Die Populationsdichten der oberirdisch fressenden Kurzschwanzmäuse nehmen in der mehrjährigen Betrachtung seit einigen Jahren stetig zu. Obwohl der zyklische Populationsverlauf der Erd-, Feld- und Rötelmäuse aktuell eine Abnahme zeigt, sind deren Dichten weiterhin auf einem hohen Niveau.

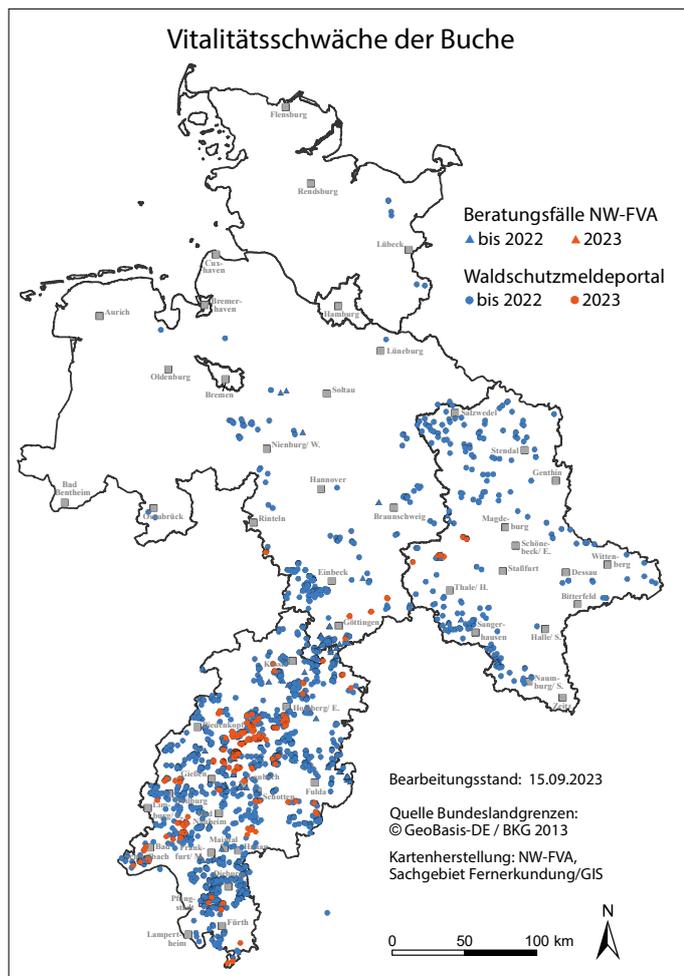
In Niedersachsen wurden nur auf rund zwei Hektar Schäden durch forstschädliche Mäuse gemeldet.

## Komplexe Schäden an Rotbuche

Wie auch in den fünf vergangenen Jahren wurden weit verbreitet und teilweise 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, ausbleiben der Austrieb im Frühjahr, Absterben von Kronenästen und Stammbereichen, massive Holzverfärbungen sowie zum Teil sekundärer Befall mit Pracht- und Borkenkäfern. Insbesondere

der Pilzbefall führt zu einem schnellen Absterben der Bäume und einer schnellen Holzersetzung. Häufig zeigte sich dabei auch eine 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.



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



Foto: J. Evers

Geschädigte Buchenkronen

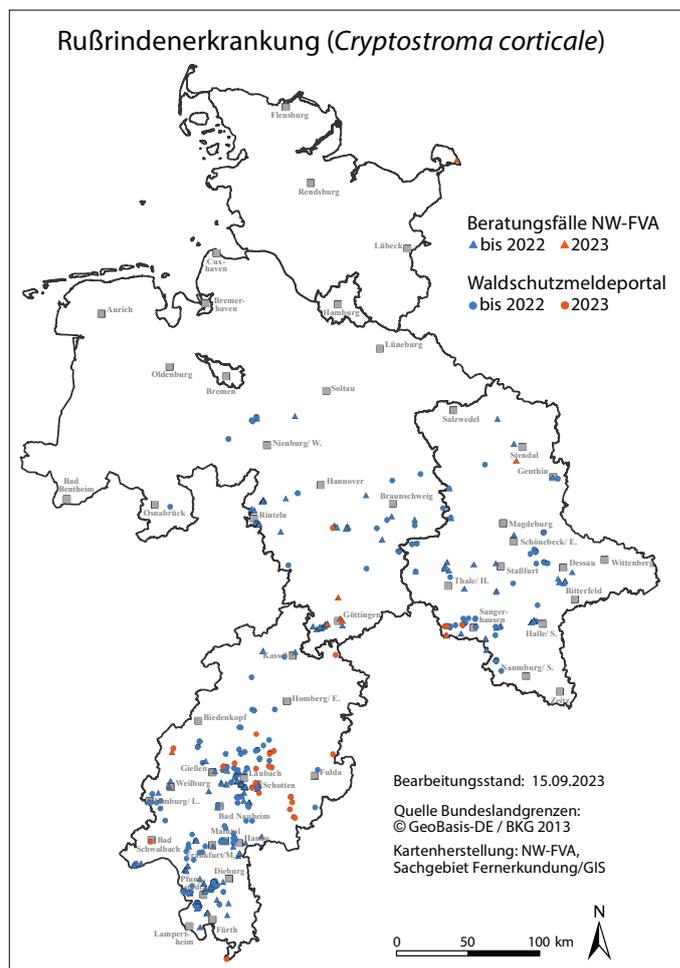
### Eschentriebsterben (ETS, Erreger: *Hymenoscyphus fraxineus*)

Bei den Laubbäumen ist das verbreitet auftretende Eschentriebsterben zu erwähnen, auf das im vorliegenden Bericht auf Seite 37 „FraxForFuture: Ein Verbundprojekt zum Erhalt der Esche als Wirtschaftsbaumart“ eingegangen wird.

### 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 Seite 26) 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 Folgeschadenerreger zu Absterbeerscheinungen bei Ahorn, z. B. der Arten-



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

komplex um *Stegosporium pyriforme* (mittleres Foto unten, Hauptfruchtform *Prosthecium pyriforme*) oder *Diaporthe pustulata*. Der Schlauchpilz *S. pyriforme* kann das sogenannte *Stegosporium*-Ahorntriebsterben meist bei jüngeren Pflanzen bzw. 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 trockenwarmen Witterung begünstigt war und die Bäume schädigt. Im Gegensatz zu *C. corticale*, der eine flächige Sporenschicht unter der obersten Rindenschicht seiner Wirtsbäume bildet (linkes Foto unten), fruchtet *Stegosporium* sichtbar auf der Rinde mit schwarzen, linsenförmigen, in die Rinde eingesenkten Sporenlagern (Acervuli, mittleres Foto unten). Eine Verteilung der Schadensfälle an Ahorn assoziiert mit *C. corticale* bzw. mit *Stegosporium* zeigt die Karte Seite 25.



Fotos: NW-FVA, Abt. Waldschutz

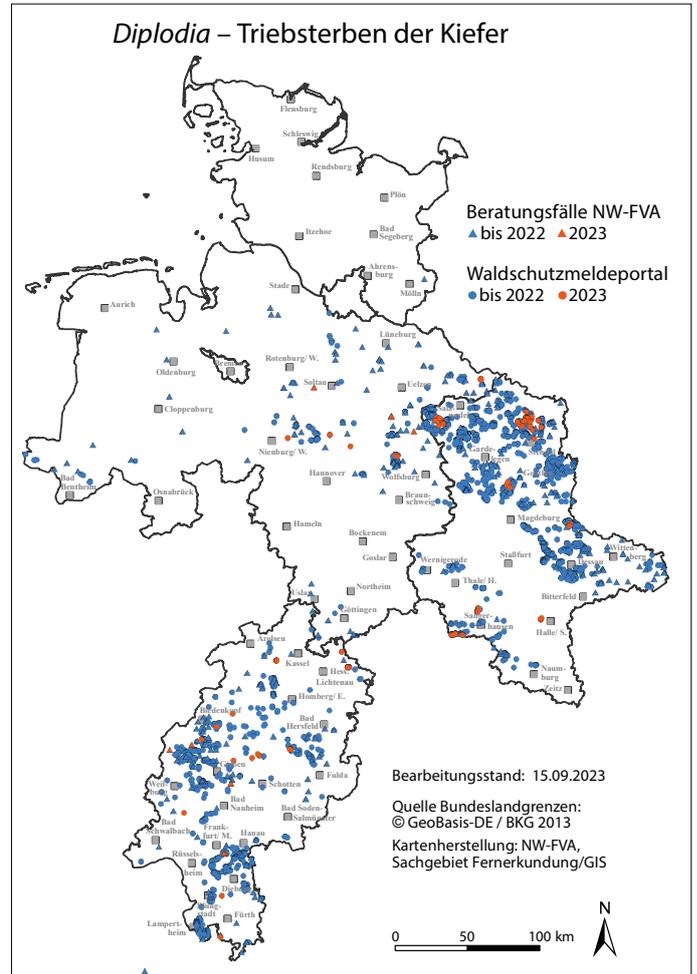
Links: *Cryptostroma corticale*; Mitte: *Stegosporium pyriforme*, rechts: *Stegosporium*-Triebsterben

### 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. 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 unten).



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



Geschädigter Kiefernbestand

Foto: M. Spielmann

# Stoffeinträge

**Birte Scheler**

<https://doi.org/10.5281/zenodo.10083023>

Mit dem Niederschlag gelangen Nähr- und Schadstoffe in gelöster Form in den Wald. Zusätzlich werden diese Stoffe in gas- und partikelförmiger Form eingetragen. Dieser 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. Um die Wirkungen erhöhter Stoffeinträge und damit verbundener Risiken für Wälder, Waldböden und angrenzende Ökosysteme wie beispielsweise das Grundwasser zu untersuchen, wurde bereits 1968 mit der systematischen Erfassung der Stoffeinträge in je einen Buchen- und Fichtenbestand im Solling begonnen. Aktuell wird in Niedersachsen im Rahmen des Intensiven Forstlichen Umweltmonitorings der Stoffeintrag in jeweils einem Eichen- und Kiefernbestand, drei Buchen- sowie drei (ehemals vier) Fichtenbeständen erfasst. Im Herbst 2021 wurde die Fichtenfläche Lange Bramke Kamm nach Borkenkäferbefall komplett geräumt. Der Befall breitete sich 2022 auf den Flächen Lange Bramke Nordhang und Südhang weiter aus. Auf der Fläche Nordhang starben einzelne Bäume im unmittelbaren Umfeld des Depositionsmessfelds ab bzw. wurden gefällt, was sich auf die Höhe der Kronentraufe und des Stoffeintrags im Jahr 2022 ausgewirkt hat.

Jeder Bestandesmessfläche (Kronentraufe) ist eine Freifläche (Freilandniederschlag) zugeordnet. In Buchenbeständen wird zur Erfassung des Bestandesniederschlags neben der Kronentraufe auch der bei dieser Baumart quantitative bedeutsame Stammablauf gemessen. Mittels eines Kronenraumbilanzmodells (Ulrich 1991) werden aus den gemessenen Stoffflüssen Gesamtdepositionsraten berechnet.

Die Höhe der Stoffeinträge wird maßgeblich durch verschiedene Faktoren wie Niederschlagsmenge, -intensität und -verteilung, Windgeschwindigkeit, Baumart, Bestandeshöhe, Kronenschluss und -rauigkeit oder lokale Emittenten bestimmt.

So sind die Stoffeinträge im Bergland (Harz und Solling) aufgrund größerer Niederschlagsmengen höher als im niedersächsischen Tiefland. Fichten- und Douglasienbestände sind wegen der ganzjährigen und im Vergleich mit Kiefern dichteren Benadelung stärker durch Stoffeinträge belastet als Buchen-, Eichen- und Kiefernbestände. Dieser Baumarteneffekt zeigt sich sehr gut im Solling, wo eine Fichten- und eine Buchenfläche in unmittelbarer Nachbarschaft und somit unter gleichen klimatischen und luftchemischen Verhältnissen beobachtet werden.

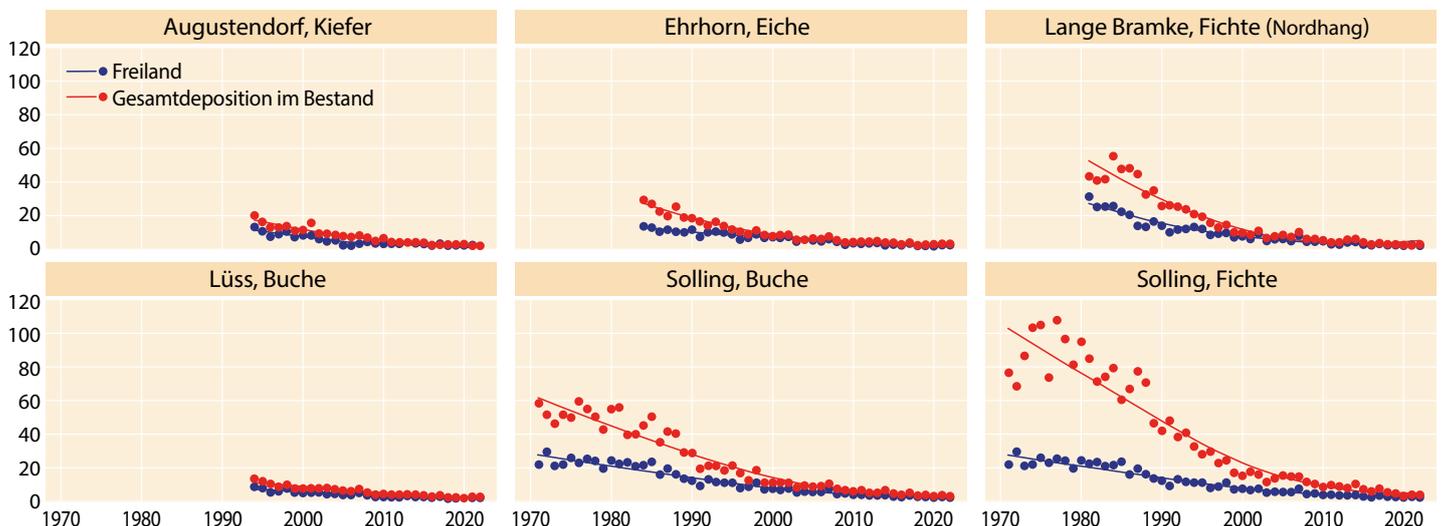
## Niederschlag

2022 fiel auf allen niedersächsischen Flächen des Intensiven Monitorings weniger Niederschlag als im 10-jährigen Mittel der Jahre 2012–2021. Besonders groß war das Niederschlagsdefizit im Harz (Freiland -279 mm bzw. -24 %, Lange Bramke Fichte Nordhang -235 mm bzw. -24 %), gefolgt von Augustendorf im Mittelwestdeutsche Tiefland (Freiland -142 mm bzw. -18 %, Kiefer: -80 mm bzw. -15 %), Solling (Freiland -130 mm bzw. -13 %, Fichte -111 mm bzw. -15 %, Buche -90 mm bzw. -10 %) und Göttinger Wald (Freiland -118 mm bzw. -17 %, Buche -84 mm bzw. -15 %). Sehr geringe Abweichungen wurden für das Ostniedersächsische Tiefland mit -11 mm (-1 %) in Lüss und -12 mm (-5 %) in Ehrhorn registriert.

## Schwefeleintrag

Durch die konsequente Umsetzung von Maßnahmen zur Luftreinhaltung wie Rauchgasentschwefelung und die Einführung schwefelarmer Kraft- und Brennstoffe seit Mitte der 1980er Jahre wurden die Schwefeldioxidemissionen und in der Folge der Schwefeleintrag in gasförmiger und gelöster Form in Wälder wirksam reduziert. Obwohl er Anfang der 2000er Jahre bereits auf einem relativ geringen Niveau lag, hat er im Zeitraum 2013–2022 weiter deutlich abgenommen.

### Sulfatschwefeleintrag (SO<sub>4</sub>-S) auf ausgewählten Monitoringflächen in kg je Hektar und Jahr



durchgezogene Linie: signifikante Abnahme

2022 betrug er mit der Gesamtdeposition unter Buche je Hektar zwischen 2,2 kg (Göttinger Wald) und 3,2 kg (Solling), unter Fichte zwischen 2,8 kg (Lange Bramke Südhang) und 3,8 kg (Solling), unter Kiefer (Augustendorf) 2,2 kg und unter Eiche 3,1 kg je Hektar. Im Freiland lag der Sulfatschwefeleintrag zwischen 1,4 kg je Hektar (Göttinger Wald) und 2,4 kg je Hektar (Ehrhorn).

### Stickstoffeintrag

Stickstoff wird als Nitrat (oxidierte Form) und als Ammonium (reduzierte Form) in das Ökosystem eingetragen. Die größten Emittenten für Stickoxide (NOx) 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 (NOx -66 %, Ammoniak -29 %), sind die Stickstoffeinträge im Freiland und mit der Gesamtdeposition im Beobachtungszeitraum deutlich zurückgegangen.

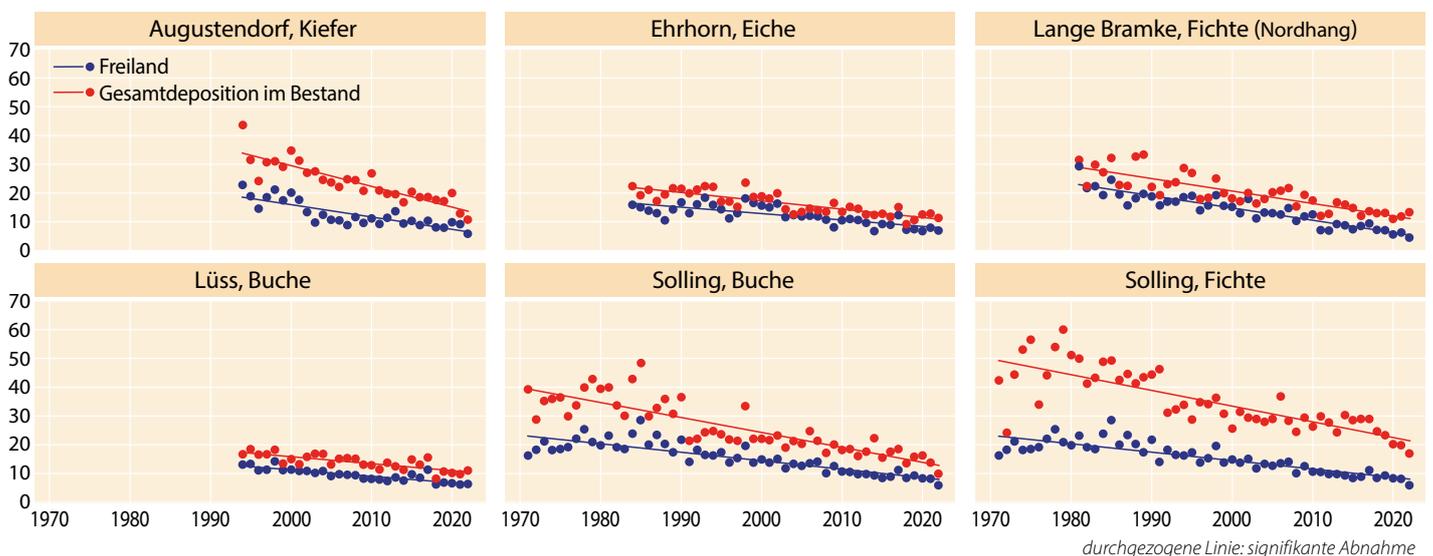
Bezogen auf das Mittel der Jahre 1989–1991 betrug die Reduktion der Nitratreinträge (Mittel 2020–2022) im Freiland zwischen 50 % (Ehrhorn) und 75 % (Göttinger Wald). Die Reduktion mit der Gesamtdeposition betrug unter Buche zwischen 52 % (Solling) und 56 % (Göttinger Wald), unter Fichte zwischen 54 % (Solling) und 59 % (Lange Bramke Südhang) sowie 45 % unter Eiche (Ehrhorn). In den letzten zehn Jahren (2013–2022) hat der Nitratreintrag mit Ausnahme der Freiflächen im Solling und in Ehrhorn sowie der Eichenfläche in Ehrhorn weiter deutlich abgenommen. Er betrug 2022 je Hektar unter Buche zwischen 3,8 kg (Lüss) und 4,3 kg (Solling), unter Fichte zwischen 4,4 kg (Lange Bramke Südhang) und 7,2 kg (Solling), 3,3 kg unter Eiche (Ehrhorn) und 3,2 kg unter Kiefer (Augustendorf). Die Reduktion der Ammonium-einträge bezogen auf das Mittel der Jahre 1989–1991 lag im Freiland zwischen 53 % (Ehrhorn) und 71 % (Lange Bramke)

und fiel damit deutlich höher aus als aufgrund der Reduktion der bundesweiten Ammoniakemissionen zu erwarten wäre. Bei der Gesamtdeposition betrug die Reduktion unter Buche rund 55 % (Solling, Göttinger Wald), unter Fichte zwischen 43 % (Lange Bramke Südhang) und 60 % (Solling) und 40 % unter Eiche. Im Zeitraum 2013–2022 hat der Ammoniumeintrag mit der Gesamtdeposition im Gegensatz zum Nitratstickstoffeintrag nur auf drei der acht Intensivmessflächen (Solling Fichte und Buche, Göttinger Wald Buche) weiter deutlich abgenommen.

2022 lag der Ammoniumstickstoffeintrag je Hektar unter Buche zwischen 4,9 kg (Göttinger Wald) und 7,2 kg (Lüss), unter Fichte zwischen 8,3 kg (Lange Bramke Nordhang) und 9,9 kg (Solling), unter Kiefer bei 7,5 kg (Augustendorf) und unter Eiche bei 8,2 kg. Im Freiland lag er zwischen 2,1 kg (Lange Bramke) und 4,4 kg (Ehrhorn) je Hektar. Aktuell beträgt der Ammoniumanteil am anorganischen Stickstoffeintrag im Freiland zwischen 47 % und 66 %, unter Buche zwischen 54 % und 65 %, unter Fichte zwischen 58 % und 68 %, unter Eiche 71 % und 70 % unter Kiefer in Augustendorf, einem Gebiet mit intensiver Tierhaltung.

Der anthropogen bedingte anorganische Stickstoffeintrag hat seit Beginn der Untersuchungen deutlich abgenommen, in Augustendorf (Kiefer, Freiland), Göttinger Wald (Buche, Freiland), Solling (Buche, Fichte, Freiland) und Lange Bramke (Freiland) wurden 2022 die niedrigsten Einträge von anorganischem Stickstoff seit Beginn der Untersuchungen registriert. Dennoch überschreitet der Stickstoffeintrag im Mittel der letzten 5 Jahre (2018–2022) mit Werten bis zu 13,9 kg je Hektar und Jahr unter Buche (Solling), bis zu 21 kg je Hektar und Jahr unter Fichte (Solling), 11,3 kg je Hektar und Jahr unter Eiche (Ehrhorn) und 15,7 kg je Hektar und Jahr unter Kiefer nach wie vor 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

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



Borkenkäferbefall, die aktuell auf den Fichtenflächen Lange Bramke zu beobachten sind, wird der Stickstoff rasch mineralisiert und es kommt zu erhöhten Nitratausträgen. Nitrat wird im Bodenwasser von Nährstoffkationen wie Calcium, Magnesium oder Kalium sowie sauren Kationen wie Aluminium begleitet. Dadurch verlieren die Ökosysteme einerseits wichtige Nährstoffe aus den ohnehin meist nährstoffarmen Waldböden, andererseits erhöht sich die Konzentration von sauren Kationen wie z. B. Aluminium in der Bodenlösung, die für die Vegetation schädlich sind. Angrenzende Ökosysteme wie Oberflächen- und Grundgewässer werden ggf. durch hohe Nitratausträge gefährdet. Eine weitere Reduktion der Stickstoffemissionen ist zum Schutz der Ökosysteme wichtig.

eine größere Rolle. Die nährstoffarme Säurepufferkapazität aus Verwitterung reicht auf den oft nährstoffarmen Waldstandorten jedoch auch unter Berücksichtigung der Baseneinträge 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.



Foto: J. Evers

Level II-Fichtenfläche Solling

### Gesamtsäureeintrag

Der Gesamtsäureeintrag 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 zwischen 0,4 kmol<sub>c</sub> (Göttinger Wald, Lange Bramke) und 0,6 kmol<sub>c</sub>, (Ehrhorn), unter Buche zwischen 0,8 (Göttinger Wald) und 1,0 kmol<sub>c</sub> je Hektar (Lüss) sowie unter Fichte zwischen 1,2 (Lange Bramke Nordhang) und 1,5 kmol<sub>c</sub> je Hektar (Solling). Der Gesamtsäureeintrag je Hektar unter Eiche (Ehrhorn) betrug 1,0 kmol<sub>c</sub> und unter Kiefer (Augustendorf) 0,9 kmol<sub>c</sub> je Hektar. Ein Teil des Säureeintrags wird durch ebenfalls mit dem Niederschlag eingetragene Basen neutralisiert. Diese Säureneutralisationskapazität durch Baseneintrag lag 2022 zwischen 0,1 kmol<sub>c</sub> je Hektar (Augustendorf, Kiefer) und 0,4 kmol<sub>c</sub> je Hektar (Solling Fichte) bzw. zwischen 14 % (Augustendorf, Kiefer) und 36 % (Göttinger Wald, Buche) des Säureeintrags. Ein anderer Teil der Gesamtsäure wird im Waldboden durch Basen gepuffert, die durch Verwitterung freigesetzt werden. Der partikuläre Eintrag basischer Stäube spielt nur in Einzelfällen bspw. in der Nähe von Steinbrüchen

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

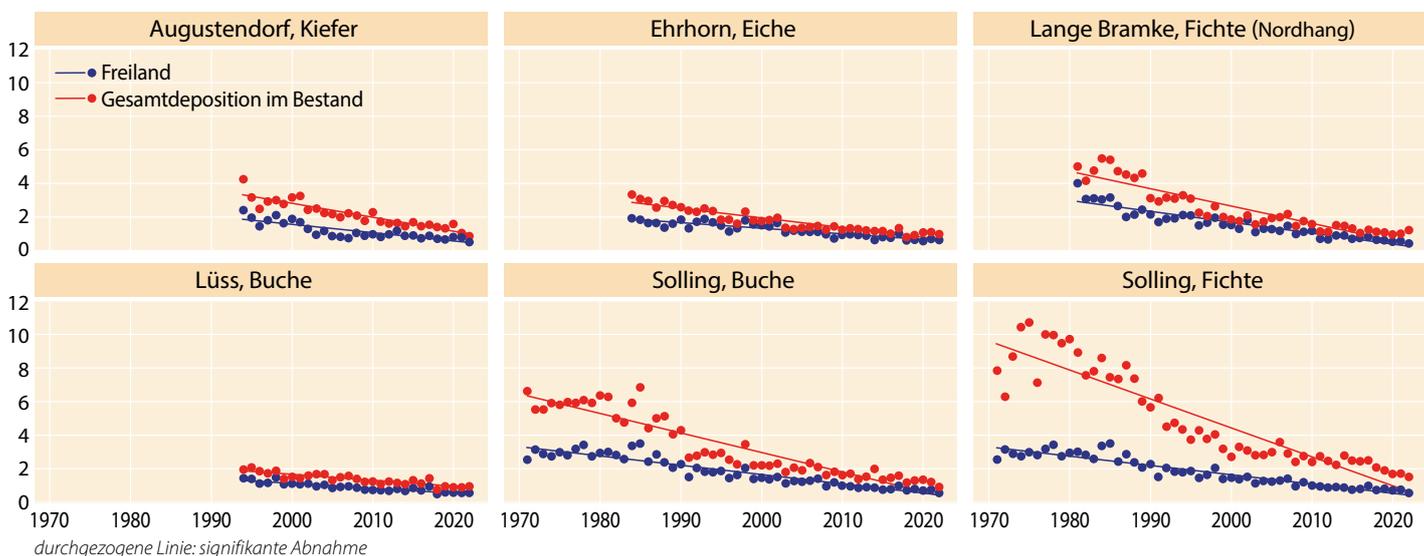
### Literatur

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

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

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

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



# Eichenarten im Klimawandel: Unterschätzte Anpassungspotenziale?

Aki Michael Höltken und André Hardtke

<https://doi.org/10.5281/zenodo.10083027>

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

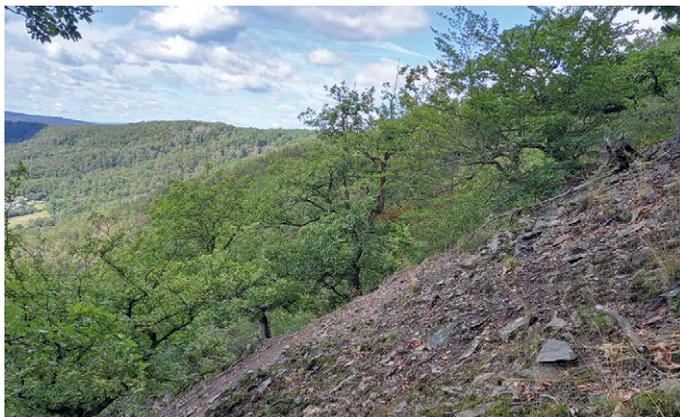


Foto: A. M. Höltken

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  $-25\text{ °C}$  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.10083063>

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).



Foto: A. Mölder

*Plenterartig bewirtschafteter Niederwald im bäuerlichen Kleinprivatwald, Kleiner Berg bei Bad Laer, Osnabrücker Land*

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 Lohrindegewinnung (Leppin 2014, Vollmuth 2023).

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 im 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 Holzertrag 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 Holzerzeugung erlaubten, etwa in Flusstälern



Foto: A. Mölder

*Mittelwald Liebenburg, im Winter 2021/2022 maschinell beerntete Hiebsfläche, Erscheinungsbild im April 2022*

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 sind und jeweils einem Nutzungszyklus von 20 bis 30 Jahren unterliegen. Dabei wird die Hauschicht des jeweiligen Schlags 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 Trauben-Eiche, 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 Gemein-

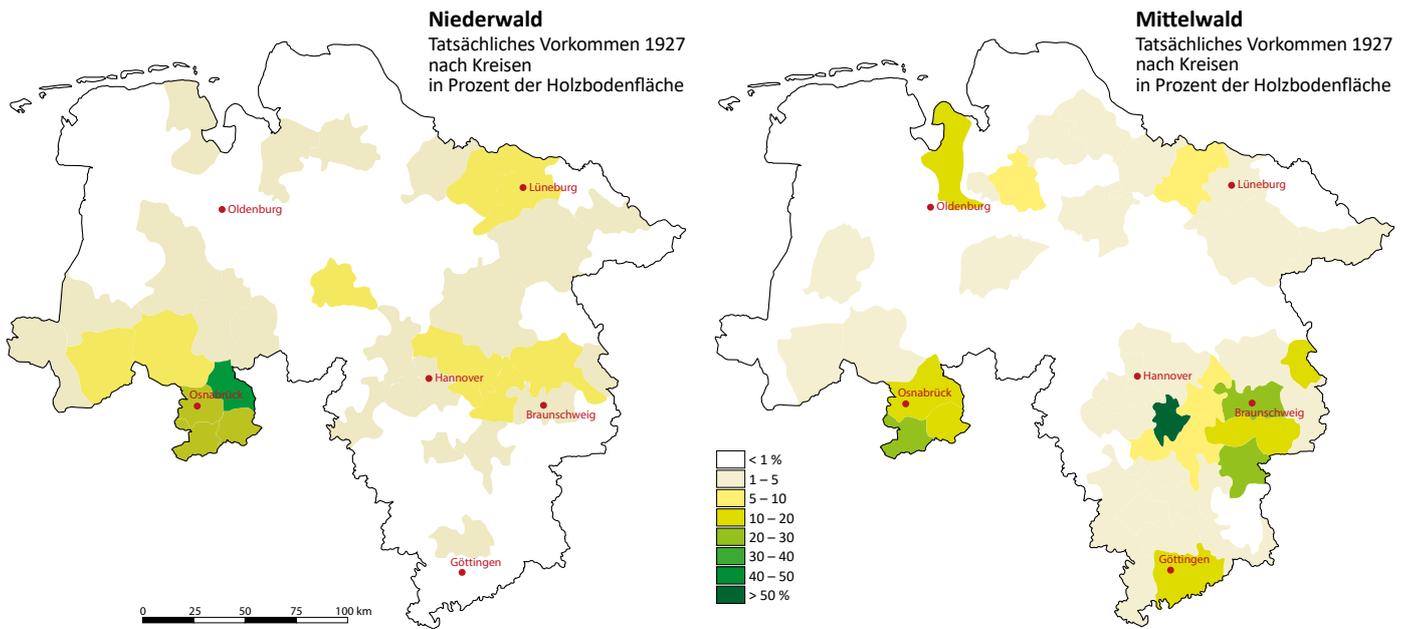
de-, Kommunal- und kleinen Privatwäldern hielt sich die Mittel- und Niederwaldbewirtschaftung aufgrund anderer Bewirtschaftungsziele zwar länger als im Staatswald, spätestens nach dem Zweiten Weltkrieg wurde sie aber auch dort zunehmend zurückgedrängt (Mölder u. Tiemeyer 2019, Vollmuth 2021).

### 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 Offenlandes 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 Hauung 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 Niedersachsen

Gemäß der BWI3 von 2012 finden sich in Niedersachsen rund 800 Hektar an Wäldern mit Mittelwald- und etwa 2200 Hektar an Wäldern mit Niederwaldstrukturen (Vollmuth 2021). Die räumlichen Schwerpunkte dieser Betriebsarten entsprechen dabei deren Vorkommen in den 1920er-Jahren, als sie insgesamt noch verbreiteter waren (Hesmer 1937). Allerdings fand auch im heutigen Niedersachsen bereits im Laufe des 19. Jahrhunderts ein großflächiger Umbau von Nieder- und Mittelwäldern zu Hochwald statt, und dies insbesondere im Landes- und Kommunalwald (Burckhardt 1864). Dementsprechend ist heute eine Bindung dieser Betriebsarten an die Art des Waldeigentums auffällig. So kommen Mittelwälder



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

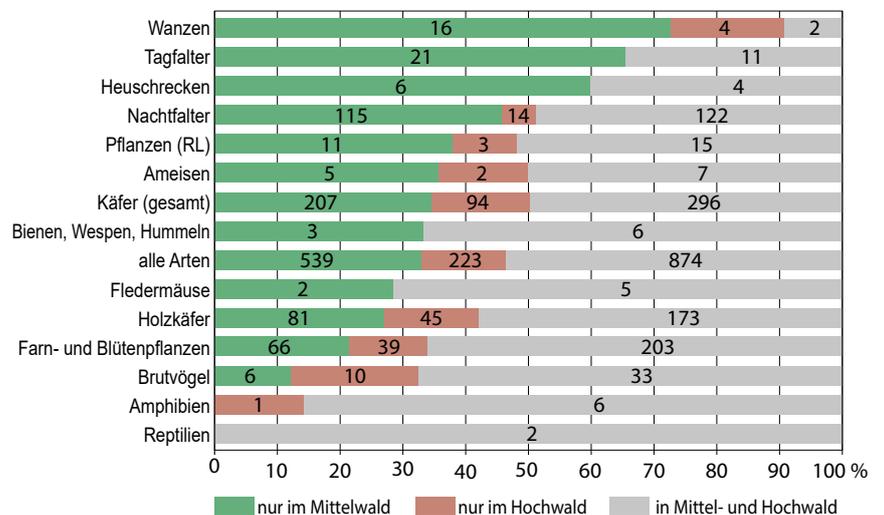
und deren Relikte insbesondere in Genossenschaftswäldern des Harzvorlandes und Südniedersachsens vor (Vollmuth 2021, Mölder et al. 2022). Bestände mit Niederwaldstrukturen finden sich vor allem im Kleinprivatwald des Weserberglandes und hier schwerpunktmäßig im Osnabrücker Land. Dort wurde die Niederwaldwirtschaft zu einer mehr plenterartigen, einzelstammweisen Stockausschlagnutzung zur permanenten Brennholzerzeugung auf kleinen Besitzparzellen abgewandelt, die mitunter Mittelwaldcharakter hat (Mölder u. Tiemeyer 2019). Da das niedersächsische Landschaftsprogramm dauerhaft den Erhalt und die Pflege von Nieder- und Mittelwäldern auf mindestens 2000 Hektar Fläche vorsieht (MU 2021), sollte die Reaktivierung von entsprechend geeigneten Nieder- und Mittelwäldern forciert werden.

### 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 Anzahl 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



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.

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 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

- 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>
- Burckhardt, H. (1864): Die forstlichen Verhältnisse des Königreichs Hannover. Carl Rümpler, 171 S.
- Burricher, 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
- 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
- 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
- MU (Hrsg.) (2021): Niedersächsisches Landschaftsprogramm – Endfassung Oktober 2021 –. Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie, Bauen und Klimaschutz (MU), 277 S.
- 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
- 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.10083078>

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 holzeretzende 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 Schadenssymptoms Stammfußnekrose und der damit assoziierten Pilzarten.



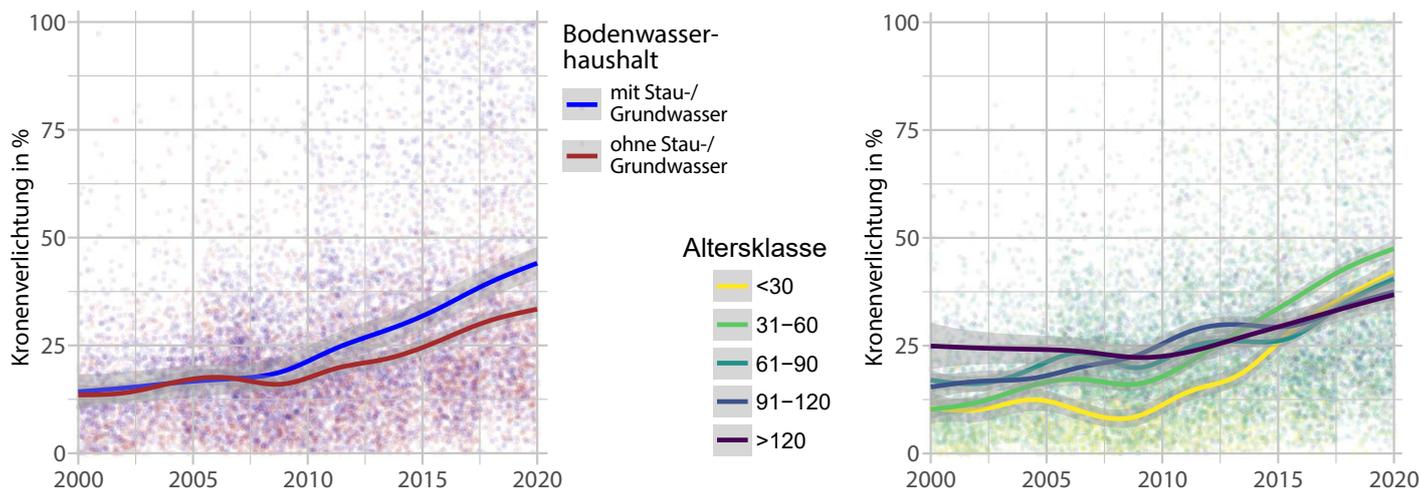
Fotos: S. Peters

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 Luftbilddatenauswertung 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 Stereobildschirmes als 3D-Bilder angezeigt werden, standardisiert ausgewertet werden.

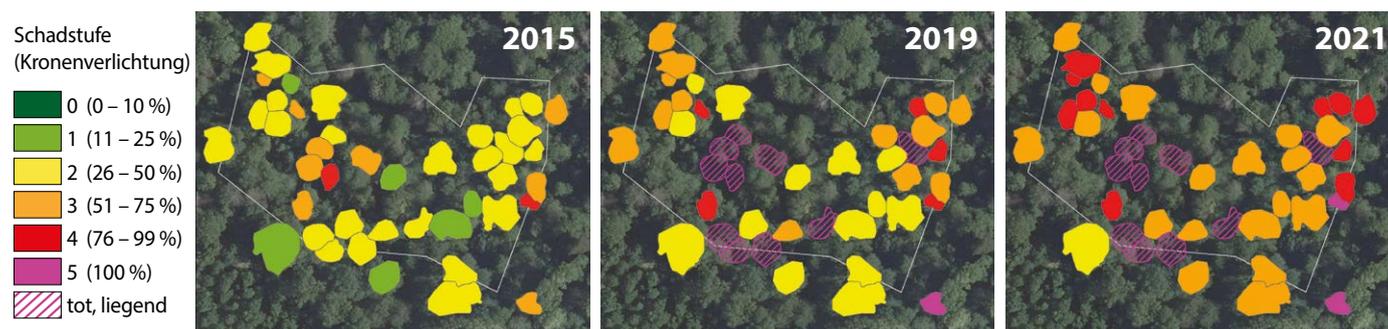
Kronenschädigungen von Eschen wurden auf einem Set von Monitoringflächen anhand von Luftbilddaten aus dem Zeitraum 2006–2022 erfasst. Insgesamt zeigte sich hierbei eine klare Tendenz zu einer Abnahme der Kronenvitalität. Die Geschwindigkeit der Verschlechterung variierte sowohl zwischen einzelnen Kronen 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 Luftbilddatenauswertung 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 Luftbilddatenauswertung 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 Alteschen 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>

# Douglasie ist nicht gleich Douglasie – zur Bedeutung von Herkünften und genetischen Ressourcen

Aki Michael Höltken, Martin Hofmann und Wilfried Steiner

<https://doi.org/10.5281/zenodo.10083361>

Die Witterungsbedingungen der letzten Jahre haben von Vitalitätsverlusten einzelner Bäume bis zum Absterben ganzer Waldflächen geführt. Deshalb ist auch das Interesse an fremdländischen Baumarten, die potenziell besser an prognostizierte Trocken- und Hitzeperioden angepasst sind, enorm gestiegen. Eine Überführung in die forstliche Praxis kann aber nur dann von Erfolg sein, wenn verschiedene Anforderungen erfüllt sind. Dazu zählen einerseits Massen- und Wertleistung, Standortanpassung sowie die Widerstandsfähigkeit gegenüber abiotischen und biotischen Schadfaktoren. Andererseits müssen auch komplexe ökosystemare Kriterien geprüft werden wie z. B. Invasivität, bodenkundliche Effekte oder Wechselwirkungen mit anderen Tier- oder Pflanzenarten. Diese Prüfung kann viele Jahrzehnte in Anspruch nehmen. Von überstürztem Handeln, insbesondere bei einer Reihe von „Alternativbaumarten“ aus dem mediterranen oder asiatischen Raum, kann deshalb nur abgeraten werden. Auch künftig werden Frostereignisse (Spätfröste, Früh- und Winterfröste) bei vielen dieser Baumarten hohe Ausfallraten bzw. erhebliche Beeinträchtigungen der Reproduktion verursachen. Bislang haben sich nach langjährigen Untersuchungen nur sehr wenige fremdländische Baumarten bei uns als uneingeschränkt anbauwürdig, ökologisch zuträglich und nicht invasiv erwiesen. Dazu zählt insbesondere die Douglasie (*Pseudotsuga menziesii* [MIRB] FRANCO) (Nagel 2022). Sie ist eine der wichtigsten forstlich genutzten Baumarten Nordamerikas. In Europa geht ihre Einführung auf das Jahr 1827 zurück, wo sie recht schnell durch ihr überlegenes Wachstum beeindruckte. Erste forstliche Anbauten erfolgten schon zwischen 1880 und 1890. Systematische, wissenschaftlich begleitete Herkunftsversuche wurden in Deutschland bereits in den Jahren 1910 in Chorin und 1912 in Kaiserslautern angelegt. Am umfangreichsten war eine von der IUFRO (International Union

of Forest Research Organizations) im Jahr 1965 initiierte Einsammlung von Saatgut im nahezu gesamten natürlichen Verbreitungsgebiet der Douglasie in den USA und Kanada, wovon in Deutschland ebenfalls umfangreiche Versuchsreihen angelegt wurden. Die Studien auf diesen Versuchsflächen dauern teilweise bis heute an, weshalb die Douglasie nicht nur die bei uns am häufigsten angebaute fremdländische Baumart ist, sondern auch die am besten untersuchte. Die abgeleiteten Ergebnisse ermöglichen eine sehr solide Grundlage zur Bewertung unterschiedlicher Douglasienherkünfte (=Provenienzen) hinsichtlich Leistung, Qualität und Anpassungsfähigkeit.

Geeignete Provenienzen der Douglasie zeigen auf den meisten Standorten Nordwestdeutschlands eine hohe Wuchslleistung und Qualität, obwohl sich die klimatischen Gegebenheiten teilweise deutlich von denen im natürlichen Verbreitungsgebiet unterscheiden. Jährlich wiederkehrende Großwetterlagen mit bis zu mehrere Monate andauernden sommerlichen Dürreperioden und hohen Temperaturen sind in ihren Ursprungsregionen der USA (Washington, Oregon) oder auch Kanadas (Britisch-Kolumbien) keine Seltenheit. Hierauf begründen sich nicht zuletzt die hohen Erwartungen an die Douglasie vor dem Hintergrund prognostizierter Klimaveränderungen. Darüber hinaus lässt sich die Douglasie waldbaulich leicht in heimische Waldökosysteme integrieren, um als Mischbaumart nicht mehr standortgemäße Baumarten abzulösen und damit waldbauliche Risiken zu senken bzw. zu verteilen (Spellmann et al. 2015, Höltken und Steiner 2022). Der Douglasie kommt auch für die Versorgung mit Nadelrohholz künftig eine steigende Bedeutung zu..

## Auf die Herkunft kommt es an

Im Ursprungsgebiet reicht die Verbreitung der Douglasie von Britisch-Kolumbien im Norden entlang der pazifischen Westküste bis nach Kalifornien im Süden (2200 km) und in einem zweiten Teilareal im Landesinneren bis nach Mexiko (fast 4500 km). Abweichende eiszeitliche Refugialgebiete, die Isolation von Teilarealen (geringer Austausch an Samen und Pollen) sowie standörtliche Unterschiede haben allerdings zu einer genetischen Differenzierung in verschiedene geographische Herkünfte geführt. Bereits bei der forstlichen Einführung der Douglasie in Deutschland zum Ende des 19. Jahrhunderts hat man eine „grüne“ Küstenform und eine „graue“ Inlandsform sowie Übergangsformen zwischen diesen beiden Varietäten unterschieden. Auch wenn die Abgrenzung im Einzelfall nicht immer einfach ist, ist diese Einteilung in den Grundzügen bis heute gültig.

Provenienzversuche haben gezeigt, dass auf den meisten Standorten NW-Deutschlands die „grüne“ Douglasie aus den Küstengebieten westlich der Kaskaden aus Washington und

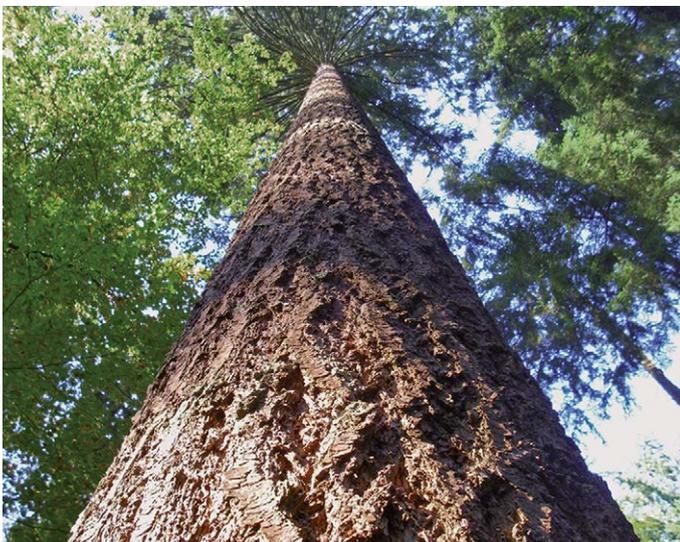


Foto: M. Lau

Starke Küstendouglasie in einem Mischbestand mit Buche und Fichte

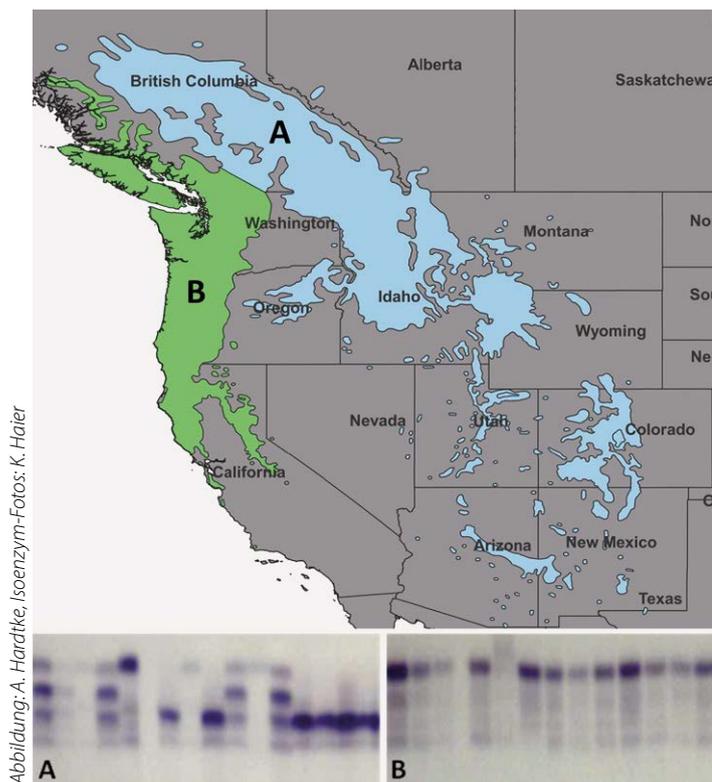


Abbildung: A. Hardtke, Isoenzym-Fotos: K. Hojler

Natürliche Verbreitung der Douglasie in den USA und in Kanada: Inlandsdouglasie (A, blaue Fläche), Küstendouglasie (B, grüne Fläche) und deren Unterscheidung mit Hilfe genetischer Methoden (hier: Isoenzym-Muster)

Oregon (USA) sowie aus dem Südwesten British-Kolumbiens (Kanada) hinsichtlich Wuchsleistung und Qualität die besten Anbauerfolge liefert. Sie leidet durch ihr relativ spätes Austreiben bedeutend weniger an Spätfrostschäden und zeigt eine deutlich bessere Resistenz gegenüber Schadorganismen wie der Rostigen Douglasienschütte (*Rhabdocline pseudotsugae*) als die Inlandsform. Auch wenn die „graue“ Inlandsform eine bessere Winterfrosthärte zeigt, werden nach Modellierungen von Schüler und Chakraborty (2021) im erwarteten zukünftigen Klima nahezu alle potenziell geeigneten kontinentalen Standorte nicht nur in Mittel- sondern auch in Osteuropa für die Inlandsherkünfte der Douglasie weitgehend verloren gehen. Eine Aufforstung mit diesem Material kann allein unter Berücksichtigung prognostizierter Klimaszenarien auf mitteleuropäischen Standorten deshalb nicht mehr empfohlen werden.

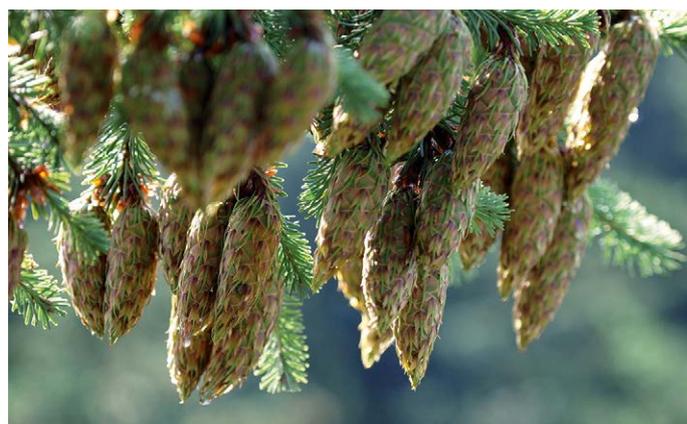
Andererseits zeigten sich in den ersten Anbauversuchen jedoch schon bald auch Probleme bei der Küstendouglasie, und zwar mit Früh- und Winterfrösten. Bis heute werden deshalb eher Herkünfte aus dem nördlichen und nordöstlichen Teil oder sogar aus höheren Lagen des Verbreitungsgebietes der „grünen“ Küstenform für den Anbau in Deutschland empfohlen. Diese Herkünfte zeichnen sich durch späten Austrieb und frühen Vegetationsabschluss aus. Dies ist ein Beleg dafür, dass es selbst innerhalb der Vorkommensgebiete der Küstendouglasie häufig zu kleinräumig ausgeprägter Differenzierung in Teilpopulationen kommt. Dies bestätigen indirekt auch Ergebnisse aus deutschen Versuchen, bei denen deut-

liche Unterschiede zwischen Herkünften festgestellt wurden, die in ihrem Ursprungsgebiet relativ dicht beieinander liegen. Da die Weichen für den erfolgreichen Anbau der Douglasie bereits zum Zeitpunkt der Saatguternte gestellt werden, evaluiert die NW-FVA (Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt) potenzielle Saatgutquellen der Douglasie für ihre Trägerländer Hessen, Niedersachsen, Sachsen-Anhalt und Schleswig-Holstein. Es hat sich allerdings gezeigt, dass die Beurteilung von Douglasienbeständen hinsichtlich ihres geographischen Ursprungs in Nordamerika allein nach phänotypischen Merkmalen nicht immer zuverlässig ist (Rau 2002). Da sich Populationen der „grünen“ und „grauen“ Douglasien aber labortechnisch voneinander unterscheiden lassen, werden an der NW-FVA zur genauen Klärung der Provenienzfrage Isoenzym-Untersuchungen durchgeführt. Dabei hat sich gezeigt, dass die meisten Saatgutvorkommen der Küstenform zugeordnet werden können, ein nicht unerheblicher Teil aber auch Inlandsformen oder Mischungen zwischen beiden Varietäten aufweist. Diese Art der genetischen Analyse, die an Altbäumen sowie an Vermehrungsgut vorgenommen werden kann, stellt deshalb eine wichtige Entscheidungsbasis bei der Beschaffung hochwertigen Vermehrungsgutes dar.

## Hohe Nachfrage nach Vermehrungsgut

Nach Daten der letzten Bundeswaldinventur (BWI3 aus dem Jahre 2012) stammten 73 % der Verjüngungsfläche der Douglasie aus künstlicher Verjüngung. Dieser Anteil dürfte aufgrund der witterungsbedingt aufgetretenen Waldschäden eher eine noch zunehmende Tendenz aufweisen.

Bislang wird Vermehrungsgut der Douglasie größtenteils in zugelassenen Saatguterntebeständen (SEB) gewonnen. Deren behördliche Zulassung verlangt bestimmte, gesetzlich vorgeschriebene Mindestkriterien: Neben Formeigenschaften und Vitalität müssen SEB aus fruktifikationsfähigen Bäumen bestehen, die so zahlreich und gut verteilt sind, dass zwischen den Bäumen eine ausreichende gegenseitige Befruchtung gewährleistet ist. Vorgeschrieben sind mindestens 40 Bäume mit einem Mindestalter von 60 Jahren. Schon die Einhaltung dieser Minimalvorgaben engt die Verfügbarkeit



Zapfen der Douglasie

Foto: T. Boehl

geeigneter SEB aufgrund sich ändernder Waldbaustrategien aber zunehmend ein. Einerseits hat die Förderung von Struktur- und Artenvielfalt homogen aufgebaute, leicht zu beerntende Saatgutbestände vielerorts immer seltener werden lassen. Andererseits kann Zielstärkenutzung ein weiteres Problem in SEB darstellen, denn dadurch werden kontinuierlich und gezielt die genetischen Leistungsträger aus den Beständen entfernt. Insgesamt ist der Trend eindeutig: Dem steigenden Bedarf an qualitativ hochwertigem Douglasien-Saatgut steht eine abnehmende Verfügbarkeit geeigneter SEB gegenüber.

Genetische Analysen haben gezeigt, dass sich in den SEB je nach Bundesland ein sehr differenziertes Bild bezüglich der Zugehörigkeit zur Küsten- bzw. Inlandsform der Douglasie ergibt. In Sachsen-Anhalt konnte nahezu die Hälfte der untersuchten SEB der reinen Inlandsform bzw. Mischungen zwischen Küsten- und Inlandsformen zugeordnet werden. Diese Tatsache geht wahrscheinlich auf erste Auswertungen der zu Beginn des letzten Jahrhunderts angelegten Provenienzversuche in ostdeutschen Landesteilen zurück. Hier erwiesen sich einige Inlandsherkünfte als deutlich toleranter gegenüber Winterfrost und Frosttrocknis. Dies führte dazu, dass bestimmte kanadische Inlandsherkünfte für höhere Lagen der Mittelgebirge sowie für die kontinentaler geprägten Klimaregionen des Pleistozäns Ostdeutschlands besonders empfohlen wurden. Die SEB Niedersachsens, Schleswig-Holsteins und Hessens stellten sich bis auf wenige Ausnahmen als reine Küstenherkünfte heraus (Höltken und Steiner 2022).

Eine weitere Saatgutquelle sind Samenplantagen (SP). SP sind gewissermaßen forstliche Sonderkulturen, die ausschließlich der Produktion von forstlichem Saatgut dienen (Paul et al. 2020). Die Ausgangsbäume einer SP sind bei der Douglasie das Ergebnis einer sogenannten „Plusbaumauswahl“. Das heißt, hier sind besonders vitale, angepasste, wüchsige, gutgeformte Bäume aus verschiedenen Vorkommen ausgewählt worden. Diese „Plusbäume“ werden, wie im Obstbau, über Pfropfreiser vegetativ vermehrt, so dass zu jedem Plus-

baum mehrere genetisch identische Kopien als Pfropflinge erzeugt werden. Anschließend werden die Pfropflinge nach einem speziellen Verteilungsmuster zu einer Reproduktionseinheit in SP gepflanzt, um hochwertiges forstliches Saatgut zu produzieren.

Vorteile von SP gegenüber SEB liegen in deutlich gesteigerten Erntemengen bei zeitlich-technisch einfacheren Beerntungsmöglichkeiten. Darüber hinaus haben genetische Untersuchungen ergeben, dass sich die bislang untersuchten SP im Bereich der NW-FVA ausnahmslos aus reinen Küstenprovenienzen der Douglasie zusammensetzen. Dies ist auch zu erwarten, da es sich entweder um Originalmaterial aus Ursprungsgebieten der „grünen“ Küstenvariante handelt oder problematische Herkünfte in den letzten Jahrzehnten kontinuierlich entfernt wurden, auch in Verbindung mit genetischen Analysen (Höltken und Steiner 2022).

### Genetischer Flaschenhals bei der Douglasie?

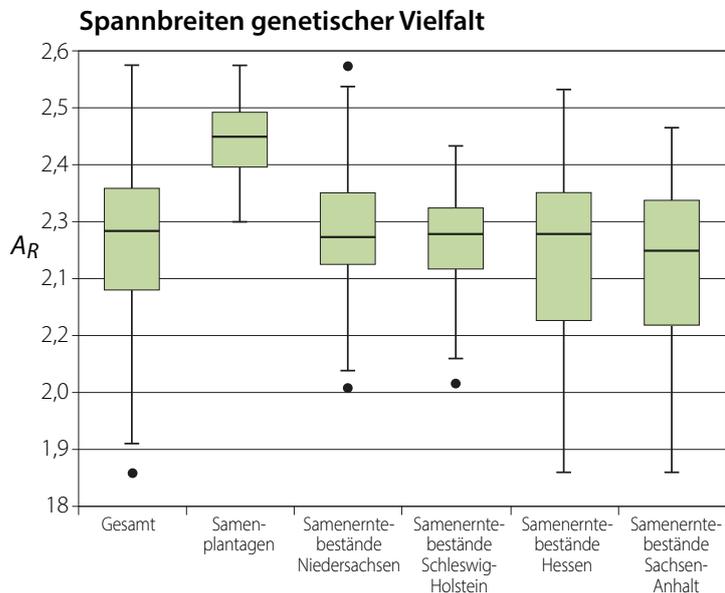
Eine wichtige Voraussetzung für genetische Anpassungsprozesse an sich ändernde Umweltbedingungen ist die Verfügbarkeit genetischer Vielfalt auf Bestandesebene. Nur dann können im Rahmen der geschlechtlichen Vermehrung verschiedene genetische Varianten zu einer Vielzahl von Samen und Sämlingen mit potenziell neuen Eigenschaften rekombiniert werden. Damit auch ein möglichst großes Zufallsangebot an unterschiedlichen Genotypen in den Beständen produziert wird und natürlichen Anpassungsprozessen zur Verfügung steht, haben Bäume besonders effiziente Strategien entwickelt: Mechanismen zur Inzuchtvermeidung, eine effiziente Pollen- und Samenausbreitung sowie eine enorme Anzahl an Nachkommen in überlappenden Generationen. In der Biologie spricht man von „effektiv großen Populationen“. Diese Eigenschaften gelten natürlich nicht nur für heimische, sondern auch für eingeführte Baumarten wie die Douglasie. Da die Douglasie in ihrer nordamerikanischen Heimat bestandbildend ist und aus „effektiv großen Populationen“ besteht, kann davon ausgegangen werden, dass die teilweise deutlich geringeren Größen der künstlich angelegten mitteleuropäischen Bestände bezüglich der generationenübergreifenden Erhaltung genetischer Vielfalt eher nachteilig sind. Diverse Studien konnten eine Abnahme genetischer Vielfalt zwischen Elternbäumen und ihren Nachkommen bereits beobachten (Neophytou et al. 2019). Es besteht also die Gefahr, dass in nachfolgenden Generationen mit einem verstärkten genetischen Flaschenhals und damit einer immer geringeren genetischen Anpassungsfähigkeit oder sogar inzuchtbedingten Problemen (hoher Hohlkornanteil, Wertverluste in den Beständen) gerechnet werden kann (Liesebach et al. 2020). Diese negativen Auswirkungen können noch verstärkt werden, wenn es sich schon bei den Saatguterntebeständen um Nachkommen effektiv kleiner „Populationen“ (schlimmstenfalls einzelner Bäume) handelt.



Foto: T. Boehl

Ein Zapfenpflücker in der Krone einer Douglasie während der Beerntung

Um auch künftig Douglasienbestände mit hohen Anpassungskapazitäten zu etablieren, werden an der NW-FVA genetische Analysen nicht nur für die Unterscheidung der geographischen Herkunft (Küsten- und Inlandsformen) vorgenommen, sondern auch für die Beurteilung der genetischen Vielfalt innerhalb einzelner Erntevorkommen.



Spannbreiten genetischer Vielfalt von Samenplantagen und Saatguterntebeständen der Douglasie (Parameter:  $AR$  = allelic richness, nach Daten aus Höltken und Steiner 2022)

## Genetische Vielfalt: Vorteile von Samenplantagen

Die genetische Vielfalt unserer Samenplantagen (SP) liegt auf einem konstant höheren Niveau als in zugelassenen Saatguterntebeständen (SEB). Das betrifft nicht nur die Durchschnittswerte. In SEB sind auch größere Schwankungen in deutlich niedrige Wertebereiche zu verzeichnen.

Der  $AR$  (allelic richness) ist eines von vielen Maßen für genetische Vielfalt und reagiert sensibel auf die Auswirkungen geringer Bestandsgrößen und damit auch auf Gefahren der genetischen Einengung (Flaschenhalseffekt). Es zeichnet sich ab, dass die Zusammenstellung von Plusbäumen in SP tendenziell zu einer Erhöhung genetisch „effektiver“ Populationsgrößen führt. Möglicherweise kann in SP eine deutlich geringere Mindestzahl an Genotypen für die Weitergabe genetischer Vielfalt an die Nachkommen ausreichend sein, da in SP meist deutlich mehr Pollen produziert wird und durch die zufällige Anordnung der Klone auf der Fläche eine viel bessere Durchmischung stattfinden kann. Auch Inzuchterscheinungen und eine damit verbundene Bildung von Hohlkörnern scheinen in SP deutlich geringer auszufallen als in SEB (Liesebach et al. 2020).

SP stellen deshalb ein wichtiges Element für die Erzeugung von Vermehrungsgut für die künstliche Begründung von Douglasienbeständen dar, insbesondere hinsichtlich der Erhaltung von genetischer Vielfalt und damit Anpassungs-

potenzial. Weitere Vorteile liegen auch in deren technisch einfacheren Beerntbarkeit und Pflege. Dennoch wird in absehbarer Zeit der größte Teil des Vermehrungsgutes der Douglasie aus SEB stammen. Mehrere, unabhängig voneinander durchgeführte wissenschaftliche Studien kommen hier aber zu dem Ergebnis, dass die bislang geltenden gesetzlichen Mindestkriterien für SEB und deren Beerntung gerade hinsichtlich der Erhaltung genetischer Vielfalt nicht ausreichen und dringend überarbeitet werden sollten. Diese Kriterien betreffen im Wesentlichen die minimale Anzahl an Altbäumen, Bestandesstrukturen (räumliche Anordnung der Bestäubungseinheiten) sowie die Anzahl der zu beerntenden Bäume (Liesebach et al. 2020).

## Empfehlungen für die Praxis

Vermehrungsgut aus Samenplantagen ist für die forstliche Praxis vorrangig zu empfehlen, denn dies verspricht nicht nur gute Wuchseigenschaften, sondern vor allem eine besonders hohe genetische Vielfalt und damit Anpassungsfähigkeit. In den forstlichen Herkunftsempfehlungen der Bundesländer werden Erkenntnisse aus genetischen Untersuchungen und Herkunftsversuchen berücksichtigt. Sie stellen somit eine praxistaugliche Entscheidungshilfe für die Wahl geeigneten Vermehrungsguts dar. Hier finden sich – soweit vorhanden – auch Hinweise auf Vermehrungsgut der Kategorie „Geprüft“, d. h. Material, das seine Wuchsüberlegenheit in Vergleichsprüfungen gezeigt hat.

## Literatur

- Höltken AM, Steiner W (2022): Genetische Ressourcen der Douglasie (*Pseudotsuga menziesii*) in Nordwestdeutschland: Erkenntnisse aus 15 Jahren Inventur. AFJZ, in Druck
- Liesebach H, Wojacki J, Pakull B, Eusemann P (2020): Genetische Diversität von Douglasiensaatgut aus zugelassenen Erntebeständen und Samenplantagen – Schlussfolgerungen für die Praxis. In: Liesebach M. (ed.), Forstpflanzenzüchtung für die Praxis, 6. Tagung der Sektion Forstgenetik/Forstpflanzenzüchtung vom 16.-18. Sept. 2019 in Dresden: Tagungsband, Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut, S. 246-259
- Nagel R (2022): Geht da noch mehr? Eingeführte Baumarten in Nordwestdeutschland für Vielfalt und Klimaanpassung. proWALD, Magazin des Deutschen Forstvereins 2, 4–8
- Neophytou C, van Loo M, Hasenauer H (2019): Genetic diversity in introduced Douglas-fir and its natural regeneration in Central Europe. *Forestry* 2019: 1-10
- Paul M, Steiner W, Schleich S, Lau M, Leisten D, Moos M, Schmidt C (2020): Samenplantagen und Mutterquartiere als Beitrag zur Biologischen Vielfalt. In: Waldzustandsbericht 2020 für Hessen, Niedersachsen, Sachsen-Anhalt und Schleswig-Holstein
- Rau H-M (2002): Merkmale problematischer Douglasien-Herkünfte. *AFZ/Der Wald* 57:1276-1277
- Schüler S, Chakraborty D (2021): Limitierende Faktoren für den Douglasienanbau in Mitteleuropa im Klimawandel. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen* 172: 84-93
- Spellmann H, Weller A, Brang P, Michiels H-G, Bolte A (2015): Douglasie (*Pseudotsuga menziesii* [Mirb.] Franco). In: Vor, Spellmann, Bolte, Ammer (Hrsg.) Potenziale und Risiken eingeführter Baumarten; Universitätsverlag Göttingen, Göttinger Forstwissenschaften, Band 7, S. 187-217



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

Titelfoto: Spielmann M

Layout: Starick E

Herstellung: Nordwestdeutsche  
Forstliche Versuchsanstalt

Druck: Printec Offset Kassel

### Zitiervorschlag

Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt,  
Niedersächsisches Ministerium für Ernährung,  
Landwirtschaft und Verbraucherschutz (Hrsg.)  
(2023): Waldzustandsbericht 2023 für Niedersach-  
sen, 44 S  
<https://doi.org/10.5281/zenodo.10082692>

Zitate der Einzelbeiträge bitte nach  
folgendem Schema:

Klinck C, Paar U (2023): WZE-Ergebnisse  
für alle Baumarten. In: Nordwestdeutsche  
Forstliche Versuchsanstalt, Niedersächsisches  
Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und  
Verbraucherschutz (Hrsg.): Waldzustandsbericht  
2023 für Niedersachsen. S 8-17.  
<https://doi.org/10.5281/zenodo.10082927>

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://www.ml.niedersachsen.de> >=>  
Themenbereich Wald, Holz und Jagd

## 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



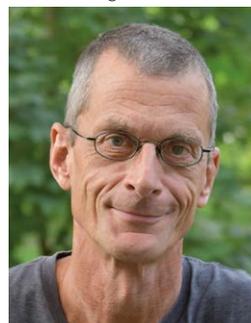
Dr. Caroline Klinck  
Leiterin der Außenaufnahmen,  
Auswertung, Redaktion



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 Niedersächsischen 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.