

# Waldzustandsbericht 2025



## Vorwort

© ML, Christian Wyrwa



Liebe Leserin, lieber Leser,  
liebe Waldinteressierte,

unsere Wälder zählen zu den ursprünglichsten Landschaftsbestandteilen, die wir haben. Sie sind Klimaschützer und Kohlenstoffspeicher, liefern wertvolle Ökosystemleistungen wie sauberes Wasser und den nachwachsenden Rohstoff Holz. Der Wald ist Lebensraum für Pflanzen und Tiere und Erholungsort für uns Menschen.

Aber wie steht es um unsere Wälder, wie haben sie sich in den vergangenen Jahren entwickelt? Die aktuelle Waldzustandserhebung gibt uns wissenschaftlich fundiert Antworten zur Entwicklung der Waldgesundheit. Mit dem Ihnen hier vorliegenden Waldzustandsbericht veröffentlicht mein Haus gemeinsam mit der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt (NW-FVA) die Ergebnisse der Untersuchungen und ordnet die Veränderungen ein.

Das vergangene Vegetationsjahr war insgesamt sehr warm, trocken und sonnenscheinreich – auch wenn der verregnete Juli einen anderen Eindruck vermitteln konnte. Die Trockenperiode im Frühjahr unterbrach den Erholungsprozess der Wälder von den Dürrejahren 2018–2023, jedoch ohne zu einer deutlichen Verschlechterung des Zustands zu führen.

Zu den Fakten: Der Belaubungs- oder Benadelungszustand unserer Wald-

bäume – die sogenannte mittlere Kronenverlichtung der oberen Baumkronen – liegt mit 23 Prozent noch immer auf einem erhöhten Niveau. Bei den Baumarten Kiefer und Eiche stieg sie leicht an, bei älteren Buchen sank sie das dritte Jahr in Folge – liegt jedoch noch immer etwas höher als im langjährigen Mittel.

Die Anzahl stark geschädigter Bäume liegt seit 2018 über dem langjährigen Durchschnitt. Die Absterberate sank erfreulicherweise auf einen Wert von 0,23 Prozent und liegt damit nur minimal über dem langjährigen Mittelwert.

In der Waldzustandserhebung werden alle Baumarten außer Buche, Eiche, Fichte und Kiefer in den Gruppen der ‚anderen Laub-‘ und der ‚anderen Nadelbäume‘ zusammengefasst. Mit Blick auf vielfältige und klimastabile Wälder gewinnen diese Baumarten immer weiter an Bedeutung. Deshalb werden in den Waldzustandsberichten jeweils einige dieser Einzelbaumarten näher betrachtet.

Über Jahrhunderte hinweg war die Beweidung im Wald mit Rindern, Schafen oder Pferden eine Lebensgrundlage für die Menschen. So bestand in früheren Zeiten eine unauflösliche Verflechtung der Landwirtschaft mit dem Wald. Bis heute sind in einigen Wäldern Spuren historischer Waldweidenutzung zu finden. Im vorliegenden Bericht wird der Naturschutzwert, die Verbreitung und Bewirtschaftung historischer Hutewälder in Niedersachsen betrachtet.

Ein Pilz mit dem harmlos klingenden Namen ‚Falsches Weißes Stängelbecherchen‘ beschäftigt seit zwei Jahrzehnten die Forstwissenschaft und treibt Försterinnen und Förstern Sorgenfalten auf die Stirn. Als Verursacher des Eschentriebsterbens ist dieser Pilz für den starken Rückgang der Eschenwälder verantwortlich. Aktuelle Forschungsergebnisse geben Hoffnung für den Erhalt dieser wichtigen heimischen Baumart.

Die Zukunft unserer Wälder liegt in unseren Händen. Mit dem gestarteten Prozess zur Beschleunigung der Klimaanpassung setzen wir gemeinsam mit über einhundert Expertinnen und Experten wichtige Impulse für den Erhalt und die Weiterentwicklung unserer Wälder.

Ich möchte all jenen danken, die an der Erstellung dieses Berichts beteiligt waren, insbesondere den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt sowie den zahlreichen Menschen, die sich tagtäglich für unsere Wälder engagieren.

Ich wünsche Ihnen eine aufschlussreiche und inspirierende Lektüre des diesjährigen Waldzustandsberichts

Ihre

*Miriam Staudte*

Miriam Staudte  
Niedersächsische Ministerin  
für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz



Foto: C. Klinck

## Inhaltsverzeichnis

|                                                                                                                   | 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                                                                                                            | 12    |
| Buche                                                                                                             | 14    |
| Eiche                                                                                                             | 16    |
| Andere Laub- und Nadelbäume                                                                                       | 18    |
| <b>Fallbeispiele anderer Laub- und Nadelbäume in Schleswig-Holstein, Niedersachsen, Sachsen-Anhalt und Hessen</b> | 20    |
| Caroline Klinck                                                                                                   |       |
| <b>Witterung und Klima</b>                                                                                        | 23    |
| Johannes Suttmöller                                                                                               |       |
| <b>Insekten und Pilze</b>                                                                                         | 28    |
| Martin Rohde, Rainer Hurling, Gitta Langer, Johanna Bußkamp, Pavel Plašil und Robert Fritz                        |       |
| <b>Atmosphärische Stoffeinträge bis 2024</b>                                                                      | 32    |
| Birte Scheler                                                                                                     |       |
| <b>Naturschutzwerte, Verbreitung und Bewirtschaftung historischer Hutewälder in Niedersachsen</b>                 | 36    |
| Dario Wolbeck, Marcus Schmidt und Andreas Mölder                                                                  |       |
| <b>Weiterentwicklung des Entscheidungsunterstützungssystems der klimaangepassten Baumartenwahl (BaEm)</b>         | 39    |
| Matthias Schmidt und Hans Hamkens                                                                                 |       |
| <b>Hoffnung für die Esche – Erkenntnisse aus der Genressourcenforschung</b>                                       | 42    |
| Katharina Birgit Budde, André Hardtke, Martin Hofmann und Aki Michael Höltnen                                     |       |
| <b>Humusformen als Spiegel des Waldes: Dynamik, Wandel und Funktion</b>                                           | 45    |
| Oliver van Straaten, Felix Grün und Jan Evers                                                                     |       |
| Impressum                                                                                                         | 48    |

# Hauptergebnisse

## Waldzustandserhebung (WZE)

Zur Beurteilung der Vitalität der Wälder werden alljährlich die Ergebnisse der Waldzustandserhebung herangezogen. Als wichtigste Kriterien gelten die Einschätzung des Verlichtungsgrades der Oberkronen und jeweils die Anteile stark geschädigter Bäume, neu abgestorbener Bäume sowie wegen Windwurfes oder biotischer Schädigung entnommener Bäume. Nach einer vorübergehenden Abnahme der Kronenverlichtung in den Jahren 2023 und 2024 liegen die mittleren Werte für alle Baumarten und Alter bei 23 %. Der Anteil stark geschädigter Bäume stieg von 3,4 % im Vorjahr auf 4,2 %. Neu abgestorben sind auf dem WZE-Raster in Niedersachsen 0,23 % der Stichprobenbäume. Dieser Wert ist der niedrigste seit 2019. Auch die Ausfallrate liegt mit 0,47 % so niedrig wie in den Jahren vor 2018.

## Die Baumarten im Einzelnen

Die Kiefer als häufigste Baumart Niedersachsens hat im WZE-Hauptaster einen Anteil von 38 %. Zweithäufigste Baumart ist mit knapp 18 % die Buche, gefolgt von der Gruppe der anderen Laubhölzer mit 16 %. Die anderen Nadelhölzer nehmen 10,5 % ein, Eichen knapp 8 %. Der Fichtenanteil liegt weiterhin bei 9 %. Obwohl die Kronenverlichtung nach 2024 auch 2025 wieder anstieg, ist sie für Kiefer im Baumartenvergleich am niedrigsten. Am höchsten liegen die Werte bei Eiche, bei der auch der größte Anstieg im Vergleich zum Vorjahr festgestellt wurde. Sinkende Kronenverlichtungen wurden bei Buche und Fichte dokumentiert. Den höchsten Anteil stark geschädigter Bäume gibt es in der Gruppe der anderen Nadelbäume, gefolgt von Fichten, der Gruppe der anderen Laubhölzer und Eichen. Der geringste Anteil wurde für Kiefer ermittelt. Neu abgestorben sind vor allem Bäume der Baumartengruppen andere Laub- und andere Nadelhölzer. Am niedrigsten lag die Absterberate bei Eichen und Fichten mit jeweils 0 %. Bäume der Gruppe der anderen Laubhölzer und Fichten fielen 2025 am häufigsten aus, am seltensten Buchen.

## Fallbeispiele anderer Laub- und Nadelbäume in Schleswig-Holstein, Niedersachsen, Sachsen-Anhalt und Hessen – Vitalität von Gemeiner Birke, Bergahorn, Europäischer Lärche und Douglasie

In der Waldzustandserhebung werden alle Baumarten außer Buche, Eiche, Fichte und Kiefer in den Gruppen der anderen Laub- und der anderen Nadelhölzer zusammengefasst. Ihre waldbauliche Bedeutung nimmt aktuell jedoch immer mehr zu. Die Waldzustandsberichte geben seit Jahren einen Einblick in die Vitalität dieser beiden Baumartengruppen. Auf einzelne Baumarten wurde bisher wegen ihrer geringen Anzahlen in den länderspezifischen Berichten nicht eingegangen. Aus der Idee heraus, die Daten aller vier Trägerländer der NW-FVA zusammen auszuwerten, wird die Vitalität von Douglasie, Europäischer Lärche, Bergahorn und Gemeiner Birke als sehr häufig vorkommende Nebenbaumarten im Vergleich zu den Hauptbaumarten überblicksartig betrachtet.

Sowohl die über 60-jährige Europäische Lärche als auch die ältere Douglasie zeigen geringere Kronenverlichtungswerte als die Fichte bzw. im Mittel ähnliche wie die Kiefer im jeweiligen Alter. Auf die Trockenheit nach 2018 reagierten beide Baumarten in allen Altern. Jüngere Birken haben sowohl im Vergleich zu Bergahorn als auch zu Buche und Eiche eine höhere mittlere Kronenverlichtung. Bei den älteren Birken ist die Verlichtung wie bei Bergahorn niedriger als bei Buche und Eiche. Birke reagierte stärker auf die Trockenheit nach 2018 als Bergahorn.

## Witterung und Klima

Im Vegetationsjahr 2024/25 fielen im Flächenmittel von Niedersachsen mit 600 mm Niederschlag 80 % der langjährigen Niederschlagsmenge. Dabei kam es von Februar bis Anfang Juli zu einer fünfmonatigen Trockenperiode, die nur im Juli infolge überdurchschnittlich hoher Niederschläge abgemildert wurde. Mit einer Mitteltemperatur von 10,5 °C war das Vegetationsjahr wiederum eines der wärmsten seit Auswertungsbeginn. Der langfristige Erwärmungstrend setzt sich unvermindert fort. Im Vergleich zur Klimanormalperiode 1961–1990 beträgt die Erwärmung nach der neuen LOESS-Trendlinienberechnung 2,2 K. Das Zusammenspiel von überdurchschnittlich hohen Temperaturen und gleichzeitig sehr geringen Niederschlägen führte dazu, dass die Oberböden (bis 60 cm Tiefe) landesweit stark austrockneten.

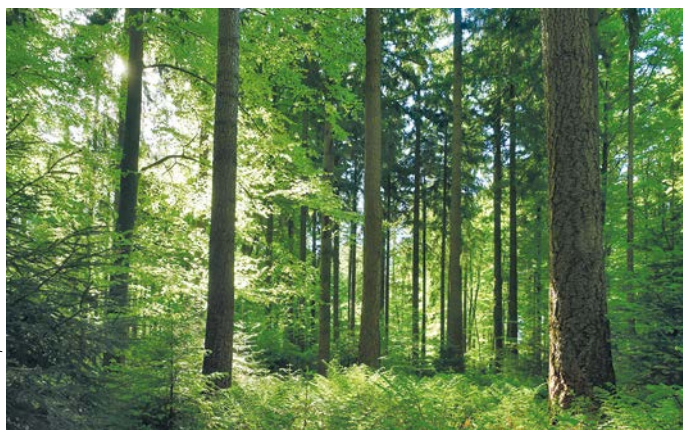
## Insekten und Pilze

Die Auswertungen des Waldschutzmeldeportals und andere Untersuchungen des Waldschutzes geben ergänzende Einblicke zu biotischen Schädigungen der niedersächsischen Wälder jenseits des Rasters der Waldzustandserhebung. 2025 ging die Schadholzmenge durch rindenbrütende Borkenkäfer im Vergleich zum Vorjahr weiter deutlich zurück. Bei Kiefer trat das *Diplodia*-Triebsterben wieder als bedeutender Schadfaktor auf. Für Eichen wurden neben überwiegend nur geringem Fraß durch die Eichenfraßgesellschaft spürbare Schäden unter Beteiligung von Eichenprachtkäfern und verschiedenen Bakterienarten dokumentiert, die vor allem im Süden und Osten Niedersachsens auftraten.

Für Buche wurden weitere Fälle von komplexen Buchenerkrankungen registriert, und an Douglasien kam es vermehrt zu Schädigungen, die zumeist auf pilzliche Erreger zurückzuführen waren.

## Atmosphärische Stoffeinträge bis 2024

2024 war ein niederschlagsreiches Jahr. Im Freiland wurden zwischen 108 % und 125 %, unter dem Kronendach zwischen 107 % und 142 % der durchschnittlichen Niederschlagsmenge (2014–2023) der Untersuchungsbestände registriert. Die Gesamtd deposition von Sulfatschwefel lag 2024 zwischen 1,9 kg und 4,3 kg je Hektar und war somit etwas höher als im Vorjahr. Insgesamt haben verschiedene Maßnahmen zur Luftreinhaltung zu einer Reduktion der Einträge von bis zu 95 % seit



Beginn der Messungen geführt. Der anorganische Stickstoffeintrag hat ebenfalls abgenommen, wenn auch nicht so stark wie der Schwefeleintrag. Im Vergleich zum Mittel der Jahre 2014–2023 betrug die Abnahme zwischen 1 kg und 5,3 kg. Die erfassten Stickstoffeinträge im Jahr 2024 lagen zwischen 8,8 kg und 22,6 kg je Hektar.

### Verbreitung und Naturschutzwerte historischer Hutewälder

Historische Hutewälder sind Wälder, die bis heute Spuren früherer Waldweidenutzung aufweisen, etwa alte Bäume mit tiefen Kronenansätzen oder durch Viehverbiss entstandene besondere Wuchsformen. Aufgrund der Kombination aus Lichtwaldstrukturen, langlebigen Altbäumen, Totholz und vielfältigen Mikrohabitaten sind sie Hotspots der Biodiversität im Wald. Eine umfassende Literatur- und Datenrecherche diente der Erstellung einer aktuellen Verbreitungsübersicht historischer Hutewälder in Niedersachsen, Hessen, Sachsen-Anhalt und Schleswig-Holstein sowie der Zusammenführung des verfügbaren Wissens zu deren Artenvielfalt, Bewirtschaftung und Geschichte. Trotz ihrer herausragenden naturschutzfachlichen Relevanz sind historische Hutewälder und die an sie gebundenen Arten akut gefährdet, insbesondere durch die Ausbreitung von Schattbaumarten seit Aufgabe der Beweidung. Die Entwicklung tragfähiger Schutz- und Erhaltungskonzepte ist daher dringend notwendig. Die NW-FVA befasst sich zurzeit im Rahmen eines Forschungsvorhabens mit der nachhaltigen Entwicklung historischer Hutewälder durch Waldweide.

### Weiterentwicklung des Entscheidungsunterstützungssystems der klimaangepassten Baumartenwahl (BaEm)

Der Klimawandel stellt für die Forstwirtschaft durch die begrenzte Anpassungsfähigkeit unserer Baumarten eine besondere Herausforderung dar. Die wichtigste waldbauliche Handlungsoption zur Risikovorsorge ist bei Wiederbewaldung von Schadflächen die Wahl standortgerechter Baumarten. Das aktuelle System der NW-FVA für die Entscheidungsunterstützung bei der Baumartenwahl (BaEm) basiert auf der Standortwasserbilanz und der Nährstoffversorgung der forstlichen Standorte. Die Standortwasserbilanz ist eine dynamische Größe zur

Abschätzung des baumartenspezifischen Trockenstressrisikos, die auf der Grundlage von Klimaprojektionen auch Projektionen des zukünftigen Risikos erlaubt. Das bisherige System der Baumartenempfehlungen schöpft allerdings die Optimierungsmöglichkeiten bei der Baumartenwahl bei weitem nicht aus. Daher wird aktuell ein multikriterieller Bewertungsansatz im Rahmen des Projektes „Modellbetrieb für Klimaschutz plus im Staatswald des Hessischen Forstamts Burgwald“ (Burgwaldprojekt) erprobt, der zusätzlich zum Trockenstress das Risiko durch Winterstürme und Fichtenborkenkäfer berücksichtigt. Außerdem werden Wuchsleistung und Kohlenstoffsequestrierung explizit projiziert, sodass Mortalitätsrisiken und Zuwachsverluste getrennt betrachtet werden können. Im Rahmen des Projektes wurde auch ein Ansatz zur naturschutzfachlichen Bewertung von Waldentwicklungszielen (WEZ) integriert.

### Hoffnung für die Esche - Erkenntnisse aus der Genressourcenforschung

Die Gemeine Esche ist eine Baumart von ökologischer, wirtschaftlicher und kultureller Bedeutung, die lange Zeit als eine Art mit hohem Anpassungspotenzial an den Klimawandel galt, da sie ein breites Spektrum an Umweltbedingungen tolerieren kann. Das Eschentriebsterben, verursacht durch den Pilz „Falsches Weißes Stängelbecherchen“ (*Hymenoscyphus fraxineus*), hat jedoch in den letzten zwei Jahrzehnten zu einem starken Rückgang der Eschenbestände in Deutschland geführt. Experimentelle Anpflanzungen haben gezeigt, dass die Anfälligkeit für das Eschentriebsterben zum Teil genetisch bedingt ist, und dass in vielen Beständen ein geringer Anteil der Eschen bereits weniger anfällig gegenüber dem Pathogen ist. Dies sind gute Voraussetzungen für den Erhalt dieser Baumart und aktuelle Ergebnisse lassen vermuten, dass die natürlichen Bestände sich langsam an den Erreger anpassen. Ein waldbauliches Management, das gezielt die Naturverjüngung der Gemeinen Esche fördert, kann den Anpassungsprozess unterstützen.

### Humusformen als Spiegel des Waldes: Dynamik, Wandel und Funktion

Die Beobachtung von Humusformen über lange Zeiträume stellt ein nützliches Werkzeug zur Beurteilung des Zustandes von Waldböden dar. Humusformen geben Aufschluss über die Abbauraten von organischem Material und somit über den gesamten Nährstoffkreislauf des Waldbodens. Im Rahmen der Bodenzustandserhebung im Wald (BZE) wurde untersucht, wie sich die Humusformen in den Wäldern Nordwestdeutschlands in den letzten 30 Jahren entwickelt haben. Die Ergebnisse zeigen, dass sich der Anteil nährstoffarmer Rohhumusformen deutlich verringert hat, während nährstoffreichere Humusformen wie Mull häufiger vorkommen. Gründe dafür liegen in der Verbesserung der Streuqualität durch zunehmenden Waldbau hin zu höheren Laubwaldanteilen, aber auch in der Verbesserung der Streuabbaubedingungen durch den fortschreitenden Temperaturanstieg, erhöhte atmosphärische Stickstoffdeposition und der rückläufigen Säureeinträge.

# Forstliches Umweltmonitoring

Ulrike Talkner, Caroline Klinck und Uwe Paar

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17240432>

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 (2020) harmonisiert. Die Waldzustandserhebung (WZE) liefert seit mittlerweile 42 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 zum Einfluss von Witterungs-



Foto: C. Klinck

WZE-Aufnahmeteams bei der Schulung im Juli 2025

extremen, Stürmen sowie Insekten- und Pilzbefall. Lokale Befunde, wie sturmgefallene Bäume oder ein extremer Befall eines Bestandes 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, sodass jetzt inklusive der Verdichtung 312 Erhebungspunkte zum Stichprobenkollektiv gehören. Wie schon 2024 konnten in diesem Jahr 292 Erhebungspunkte in die Inventur einbezogen werden. 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 erfolgen alljährlich im Juli und August. 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 2025. Je weiter der Vertrauensbereich, desto unschärfer sind die Aussagen. Ab einem Standardfehler von > 5 werden die Werte in den Grafiken nicht mehr dargestellt. Die Weite des Vertrauensbereiches wird im Wesentlichen beeinflusst durch die Anzahl

der Stichprobenpunkte in der jeweiligen Auswerteeinheit und die Streuung der Kronenverlichtungswerte. Für relativ homogene Auswerteeinheiten (z. B. 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 infolge ihrer Arten- und Altersstruktur ein breites Spektrum in den Kronenverlichtungswerten umfassen.

## Aufnahmeparameter

Bei der Waldzustandserhebung erfolgt eine visuelle Beurteilung des Kronenzustandes der Waldbäume, denn Bäume reagieren auf Umwelteinflüsse u. a. mit Änderungen in der Verzweigungsstruktur und der Belaubungsdichte. Wichtigstes Merkmal ist damit die Kronenverlichtung der Waldbäume, deren Ausmaß 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, eine allgemeine Belastungssituation 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 2025 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-gruppe  | Alters-gruppe | Anzahl Bäume | Anzahl Plots | Raster | Standard-fehler | 95%-Konfidenz-intervall |
|-------------------|---------------|--------------|--------------|--------|-----------------|-------------------------|
| Buche             | alle Alter    | 2284         | 159          | 4x4 km | 1,3             | 21–26                   |
|                   | bis 60 Jahre  | 435          | 33           | 4x4 km | 0,9             | 4–8                     |
|                   | über 60 Jahre | 1849         | 133          | 4x4 km | 1,4             | 25–30                   |
| Eiche             | alle Alter    | 1092         | 116          | 4x4 km | 1,6             | 31–37                   |
|                   | bis 60 Jahre  | 212          | 31           | 4x4 km | 1,9             | 12–20                   |
|                   | über 60 Jahre | 880          | 95           | 4x4 km | 1,5             | 36–42                   |
| Fichte            | alle Alter    | 379          | 45           | 8x8 km | 2,5             | 23–34                   |
|                   | bis 60 Jahre  | 143          | 18           | 8x8 km | 5,9             | 10–35                   |
|                   | über 60 Jahre | 236          | 28           | 8x8 km | 1,8             | 28–36                   |
| Kiefer            | alle Alter    | 1533         | 87           | 8x8 km | 0,8             | 17–21                   |
|                   | bis 60 Jahre  | 271          | 17           | 8x8 km | 1,9             | 10–18                   |
|                   | über 60 Jahre | 1262         | 73           | 8x8 km | 0,8             | 19–22                   |
| andere Laubbäume  | alle Alter    | 657          | 79           | 8x8 km | 2,0             | 20–28                   |
|                   | bis 60 Jahre  | 334          | 37           | 8x8 km | 2,1             | 17–25                   |
|                   | über 60 Jahre | 323          | 46           | 8x8 km | 3,2             | 20–33                   |
| andere Nadelbäume | alle Alter    | 421          | 48           | 8x8 km | 3,1             | 19–32                   |
|                   | bis 60 Jahre  | 179          | 20           | 8x8 km | 5,8             | 16–41                   |
|                   | über 60 Jahre | 242          | 29           | 8x8 km | 3,2             | 17–30                   |
| alle Baumarten    | alle Alter    | 4008         | 167          | 8x8 km | 0,9             | 21–25                   |
|                   | bis 60 Jahre  | 1169         | 63           | 8x8 km | 1,7             | 14–21                   |
|                   | über 60 Jahre | 2839         | 131          | 8x8 km | 1,0             | 23–27                   |

Verlichtungswerte im Vordergrund, sondern die mittel- und langfristigen Trends der Kronenentwicklung. Zusätzlich zur Kronenverlichtung werden weitere sichtbare Merkmale an den Probestämmen wie der Vergilbungsgrad der Nadeln und Blätter, die aktuelle Fruchtbildung sowie Insekten- und Pilzbefall erfasst.

## Mittlere Kronenverlichtung

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

## Starke Schäden

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

## Absterberate

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

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

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

## Literatur

ICP Forests (2020): 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.17240488>

Nach einer Periode mit überdurchschnittlich hohen Niederschlägen folgte ab dem zeitigen Frühjahr 2025 eine Trockenphase, die mehrere Monate anhielt und nur durch nennenswerte Niederschläge im Juli unterbrochen wurde. In einigen Regionen, in denen der Juli nicht nass genug war, baute sich trotz der reichlichen Niederschläge des vergangenen Jahres bereits wieder ein Wasserdefizit im Boden auf. Diese Witterung unterbrach regional den Erholungsprozess der Wälder von den Dürrejahren 2018–2023, jedoch ohne aktuell zu einer Zunahme der Absterbe- und Ausfallrate zu führen.

## Mittlere Kronenverlichtung

Nach dem zwischenzeitlichen leichten Absinken der Werte stieg die mittlere Kronenverlichtung in Niedersachsen für alle Baumarten und Alter auf 23 %. Dieser Wert stellt das neue Maximum der bisherigen Zeitreihe dar und liegt um 6 Prozentpunkte über dem langjährigen Mittel.

### Mittlere Kronenverlichtung in %

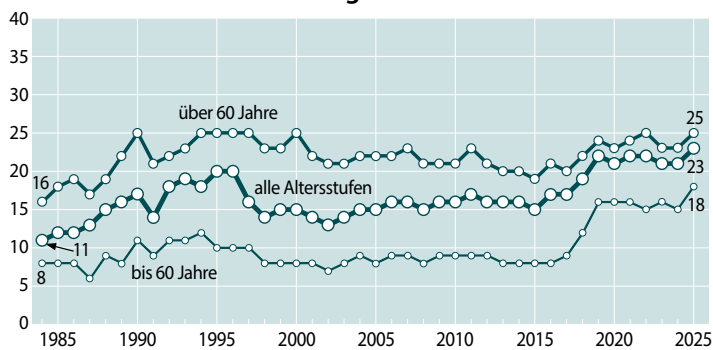


Foto: J. Evers

Auch in den jüngeren, bis 60-jährigen Beständen wurde mit 18 % ein neues Maximum für die mittlere Kronenverlichtung erreicht. In der Altersgruppe der über 60-jährigen Bestände liegt der Wert bei 25 % wie im Jahr 2022.

Dieser Anstieg findet sich nicht bei allen Baumarten wieder. Ein leichtes Absinken der Kronenverlichtung für alle Alter konnte für Buche festgestellt werden, Fichten blieben auf dem Niveau des Vorjahres. Die Kronenverlichtung bei Kiefer stieg leicht um 2 Prozentpunkte, bei Eiche um 4 Prozentpunkte, bei der Gruppe der anderen Laubbäume um 6 Prozentpunkte und am meisten bei der Gruppe der anderen Nadelbäume mit 7 Prozentpunkten an.

## Anteil starker Schäden

Der Anstieg der mittleren Kronenverlichtung spiegelt sich auch im Anteil der stark geschädigten Bäume wider. Dieser stieg von 3,4 % im Jahr 2024 auf 4,2 %. Ausschlaggebend für diesen Anstieg sind vor allem die Gruppen der anderen Laub- und Nadelbäume und in geringerem Maß auch die Eiche. Ein hoher 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.

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

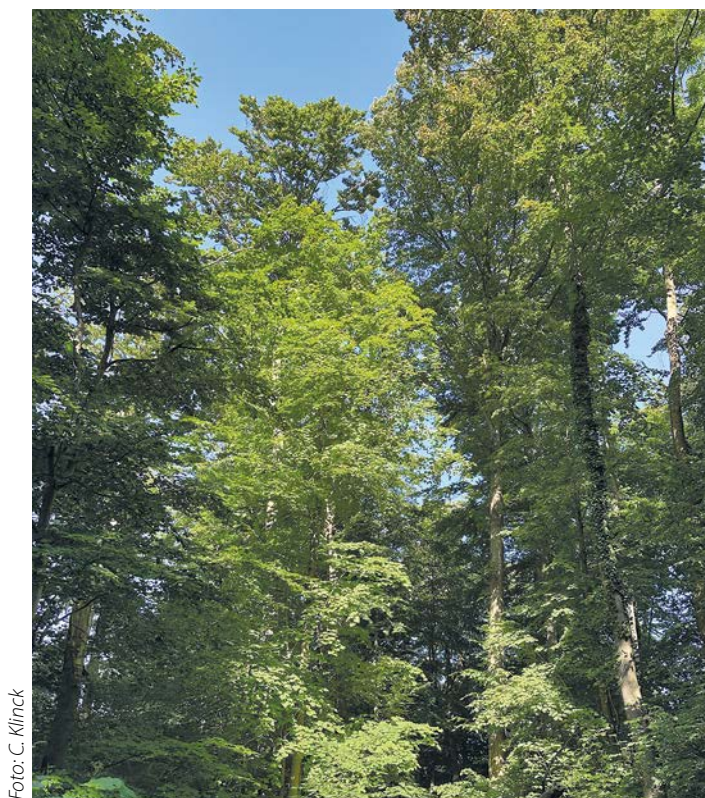
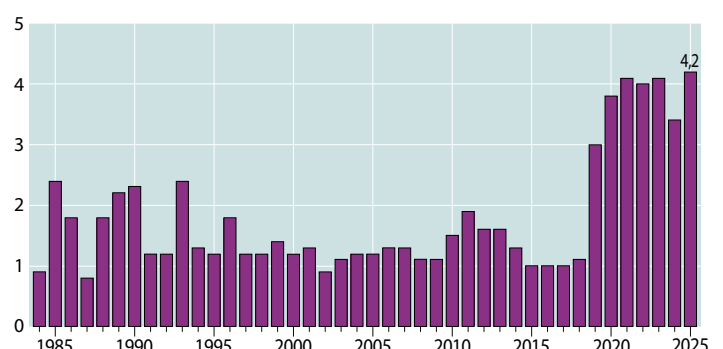


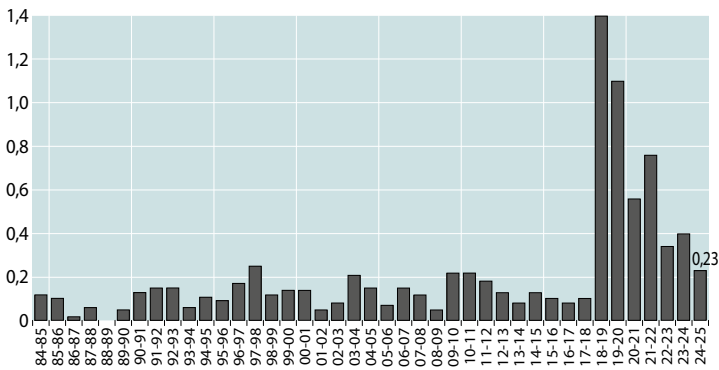
Foto: C. Klinck



## Absterberate

Bei der Berechnung der Absterberate werden nur Bäume berücksichtigt, die erstmalig eine Kronenverlichtung von 100 % aufweisen. Seit 2018 war die Absterberate deutlich erhöht. Sie sank von 0,4 % im Vorjahr auf 0,23 % 2025 und liegt damit nur minimal höher als der langjährige Mittelwert von 0,21 %.

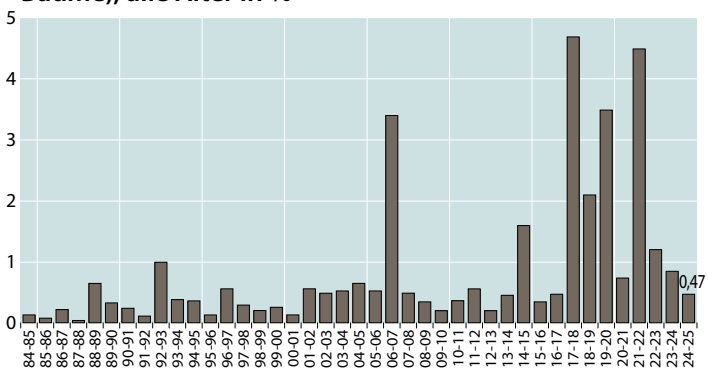
### Jährliche Absterberate (stehende Bäume), alle Alter in %



## Ausfallrate

Die im Bericht dargestellte Ausfallrate ist das Ergebnis der infolge von Sturmwurf, Trockenheit, Insekten- (z. B. Borkenkäfer) und Pilzbefall am Stichprobenpunkt entnommenen Bäume. Die jährlichen Ausfallraten bilden die Auswirkungen von Stürmen wie „Kyrill“ (2007) oder „Friederike“ (2018) deutlich ab. Nach den teilweise deutlich erhöhten Werten der vergangenen Jahre sank die Ausfallrate weiter von 0,85 % 2024 auf 0,47 % ab. Sie ist damit fast nur halb so hoch wie das langjährige Mittel (1985–2025: 0,84 %).

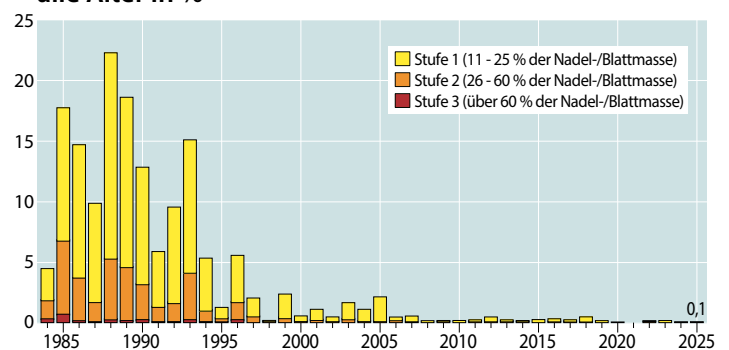
### Jährliche Ausfallrate (als Schadholz entnommene Bäume), alle Alter in %



## Vergilbungen

Vergilbungen der Nadeln und Blätter sind häufig ein Indiz für Magnesiummangel in der Nährstoffversorgung der Waldbäume. Bis Mitte der 1990er Jahre wurden Vergilbungen häufig beobachtet, seither ist das Phänomen merklich zurückgegangen. Wie im Vorjahr ist dieses Merkmal 2025 kaum aufgetreten. Nur 0,1 % aller Bäume hatten sehr leichte Vergilbungen. Der Rückgang der Schwefelemissionen und die von den Waldbesitzenden und Forstbetrieben durchgeführten Waldkalkungen mit magnesiumhaltigen Kalken haben dazu beigetragen, das Auftreten dieser Mangelercheinung zu reduzieren.

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



## Fazit

Das Vegetationsjahr 2024/25 startete mit guten Bedingungen durch gefüllte Bodenwasserspeicher. Infolge einer sehr trockenen Phase von Februar bis Juni bauten sich regional Wasserdefizite auf, die nur durch den niederschlagsreicheren Juli abgemildert wurden. Insgesamt wurde der Erholungsprozess der Wälder aufgrund der Witterung unterbrochen, was sich in einem Anstieg der Kronenverlichtung und der starken Schäden widerspiegelt. Absterbe- und Ausfallrate sanken jedoch dennoch.

# Kiefer

Als häufigste Baumart beeinflusst die Kiefer den Landeswert der Kronenverlichtung in Niedersachsen stark. Im Vergleich zu den anderen Baumarten erwies sie sich bisher gegenüber den extremen Witterungsbedingungen der vergangenen Jahre als relativ stabil. Trotz eines Anstiegs der Kronenverlichtung ist diese im Baumartenvergleich gering; auch Absterbe- und Ausfallraten sind niedrig. Dennoch treten Schäden durch Sturm, Befall durch Insekten, Pilze, aber auch direkte Schäden durch Trockenheit auf. Kiefern der WZE-Stichprobe in Niedersachsen sind bisher nicht von Misteln befallen.

## Ältere Kiefer

Über den gesamten Erhebungszeitraum hinweg weisen die älteren Kiefern einen stabilen und vergleichsweise niedrigen Kronenverlichtungsgrad auf. Die Werte blieben durchgehend unter denen der anderen Hauptbaumarten. 2025 ist die mittlere Kronenverlichtung der älteren Kiefern um zwei Prozentpunkte auf 20 % gegenüber dem Vorjahr gestiegen und liegt damit etwas über dem aktuellen langjährigen Mittel von 17 %.

## Jüngere Kiefer

Zwischen den Altersgruppen sind die Unterschiede im Kronenverlichtungsgrad bei der Kiefer im Vergleich zu den anderen Hauptbaumarten nur vergleichsweise gering ausgeprägt. Seit 2016 stieg die mittlere Kronenverlichtung der jüngeren Kiefern bis 2021 fast kontinuierlich an, um dann bis 2023 etwas abzusinken. 2025 stieg sie wie im Vorjahr weiter leicht um einen Prozentpunkt an und liegt nun bei 14 %. Seit 2018 liegt sie über dem aktuellen langjährigen Mittel von 10 %.

Mittlere Kronenverlichtung in %

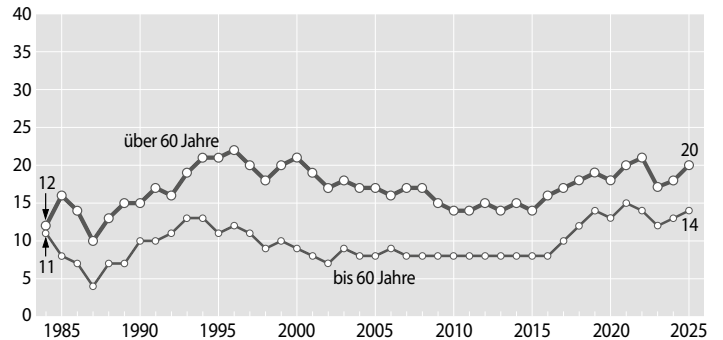


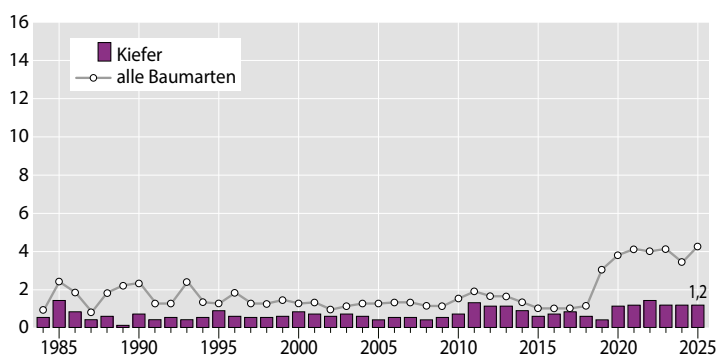


Foto: J. Evers

## Starke Schäden

Auch bei den starken Schäden unterscheiden sich die Ergebnisse der Kiefer von denen der anderen Baumarten. Ein nennenswerter Anstieg durch die Trockenjahre nach 2018 ist nicht zu erkennen. Im Erhebungszeitraum lag der Wert für Kiefer immer unter dem aller Baumarten. Im langjährigen Mittel liegt der Anteil stark geschädigter Kiefern (alle Alter) mit 0,7 % unter 1 %. 2025 beträgt der Anteil das dritte Jahr in Folge 1,2 %.

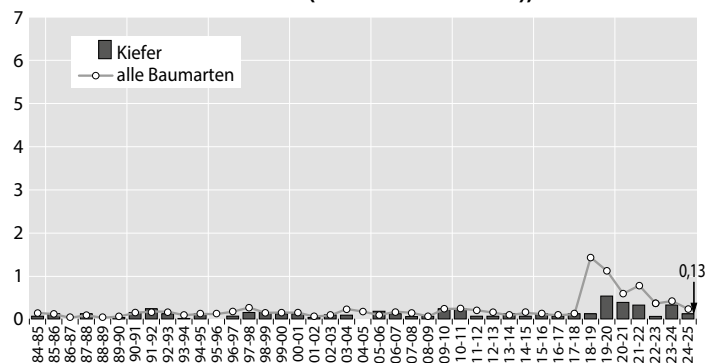
### Anteil starker Schäden (inkl. abgestorbener Bäume), alle Alter in %



## Absterberate

Die Absterberate der Kiefer lag bis 2019 mit maximal 0,3 % bemerkenswert niedrig. Danach stieg sie auf Werte zwischen 0,3 % und 0,5 %, lag allerdings dennoch immer unter dem Gesamtwert für alle Baumarten. 2023 sank der Wert wieder. Nach dem letztjährigen Anstieg auf 0,33 % ging die Absterberate 2025 wieder zurück und liegt nun mit 0,13 % wieder unter dem langjährigen Mittel von 0,14 %.

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



## Ausfallrate

In den meisten Betrachtungsjahren war die Ausfallrate der Kiefer im Baumartenvergleich niedrig. Der Wert sank von 0,5 % 2024 auf 0,3 % 2025 und liegt damit auch unter dem langjährigen Mittel von 0,42 %.

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

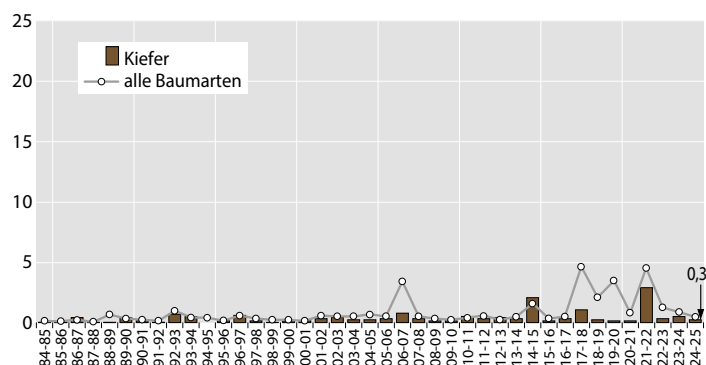
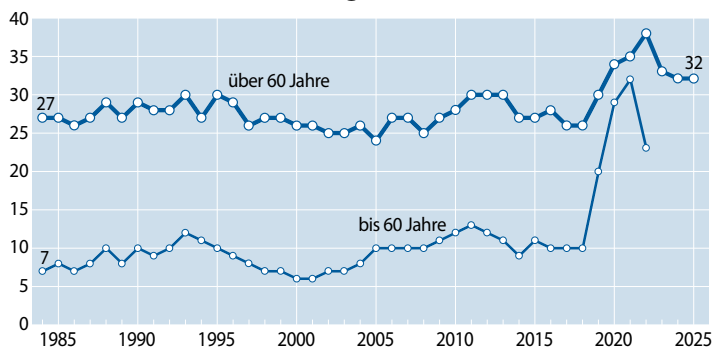


Foto: J. Evers

# Fichte

Nach wie vor hat die Fichte in Niedersachsen ein hohes Schadeniveau. Die durch Witterung und nachfolgenden Borkenkäferbefall seit 2018 verursachte Verschlechterung der Vitalität ist die stärkste seit Beginn der 42-jährigen Zeitreihe. Das äußert sich in hohen Anteilen stark geschädigter Fichten sowie in hohen Absterbe- und Ausfallraten. In der Folge halbierte sich der Fichtenanteil in der WZE-Stichprobe von 18 % im Jahr 2017 auf mittlerweile 9 %. Die Stabilität der verbleibenden Fichtenbestände ist erheblich beeinträchtigt. Auffällig ist 2025, dass die älteren Fichten kaum neue Zapfen ausgebildet haben. Viele Fichten tragen noch reichlich Behang vom letzten Jahr.

Mittlere Kronenverlichtung in %



## Ältere Fichte

Seit Beginn der Erhebungen 1984 wurden bis zum Extremjahr 2018 für die älteren Fichten Kronenverlichtungswerte zwischen 24 % und 30 % ermittelt. Danach stiegen die Werte stetig an und erreichten 2022 mit 38 % ein Maximum. Seitdem ging die mittlere Kronenverlichtung leicht zurück und liegt 2025 wie im Vorjahr bei 32 %.

## Jüngere Fichte

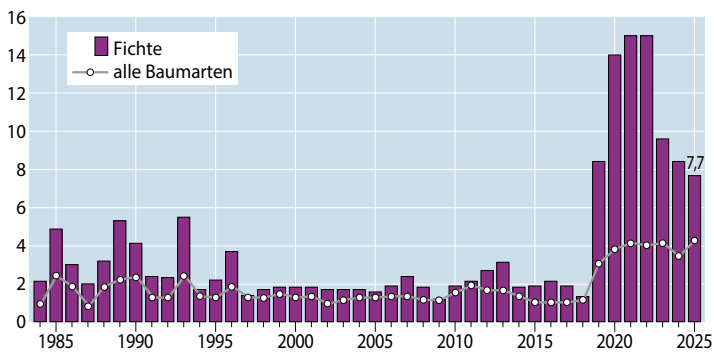
Bis 2018 gab es für die beiden Altersklassen bei Fichte einen deutlichen Unterschied. Die mittlere Kronenverlichtung der jüngeren Fichten lag mit im Mittel 9 % bei einem Drittel des Wertes der älteren Fichten (27 %). Seit 2018 stieg die Kronenverlichtung der jüngeren Fichten sehr stark an und erreichte 2021 mit 32 % das Niveau der älteren Fichten. Anschließend sank der Wert wieder um 9 Prozentpunkte auf 23 %. Seit 2023 liegen die Kronenverlichtungswerte auf diesem Niveau, allerdings ist die Zahl der jüngeren Fichten so gering geworden bzw. streuten die Werte so stark, dass sie statistisch nicht belastbar sind und daher nicht grafisch dargestellt werden.



## Starke Schäden

Von Beginn der Erhebungen 1984–1996 wurden wiederholt leicht erhöhte Anteile an starken Schäden bis 5,5 % bei Fichte festgestellt. Mit dem Rückgang der Vergilbung gingen auch die Anteile an stark geschädigten Fichten zurück. Zwischen 1997 und 2018 lag der Anteil bei geringen Schwankungen im Mittel bei 1,9 % und jährlich nur knapp über dem Wert aller Baumarten. Seit 2019 stieg der Anteil stark geschädigter Fichten auf zunächst 8,4 % und 2021 auf maximal 15 %. Seit 2022 geht er langsam zurück und liegt 2025 bei 7,7 %.

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



## Absterberate

Die Absterberate der Fichte aller Alter lag im Erhebungszeitraum bis 2018 bei im Mittel 0,1 % mit Maximalwerten von 0,5 %. Danach sind mit Werten zwischen 4 % und 6 % in den Jahren 2019, 2020 und 2022 im Vergleich dazu extrem viele Fichten abgestorben. Bereits 2024 sank der Wert deutlich auf 0,28 % und liegt 2025 bei 0 %.

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

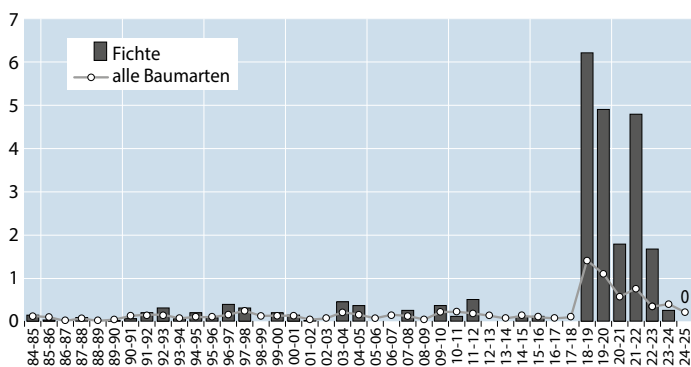


Foto: B. Scheler

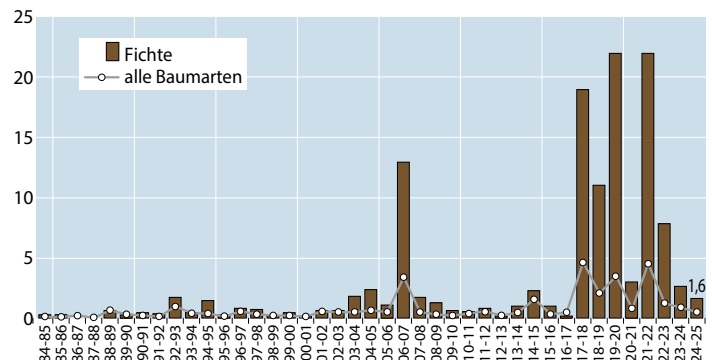


Foto: C. Klink

## Ausfallrate

Der Anteil von als Schadholz entnommenen Fichten liegt im Mittel der 42 Beobachtungsjahre bei 3,1 %. Seit 2018 mussten aufgrund von Sturmschäden und Borkenkäferbefall mit bis zu 22 % in den Jahren 2020 und 2022 sehr viel mehr Fichten außerplanmäßig genutzt werden. Seitdem sank die Ausfallrate stetig ab und liegt 2025 mit einem Wert von 1,6 % wieder deutlich unter dem langjährigen Mittel von 3,1 %.

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



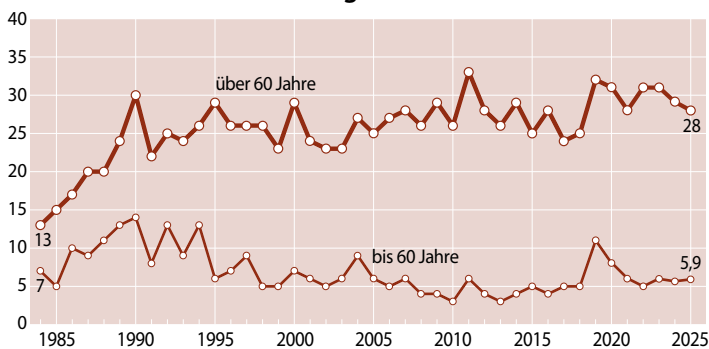
# Buche

Wie die meisten anderen Laubbaumarten auch reagierte die Buche auf die Trockenheit ab 2018 mit einem Anstieg der Kronenverlichtung. Nachdem die Werte 2021 wieder leicht zurückgegangen waren, erhöhten sie sich 2022 wieder auf das Niveau von 2020 (27 %), sanken aber seitdem langsam wieder ab. 2025 lag der Wert bei 24 % (ohne Abbildung).

## Ältere Buche

Die mittlere Kronenverlichtung der älteren Buchen sank 2025 das dritte Jahr in Folge und liegt nun bei 28 %. Dieser Wert ist etwas höher als das langjährige Mittel von 26 % (ohne Abbildung). Die Kronenverlichtungswerte der Buche unterscheiden sich zwischen den Jahren des Betrachtungszeitraumes teilweise stark. Phasen erhöhter Werte sind auf starke Fruchtbildung zurückzuführen, in denen Kronenverlichtungen um 30 % erreicht wurden. Oft sanken die Werte danach wieder auf etwa 25 %. Insgesamt ist ein langsam ansteigender Trend zu beobachten.

Mittlere Kronenverlichtung in %



## Jüngere Buche

Bei Buchen sind die Unterschiede in der Belaubungsdichte zwischen jüngeren und älteren Bäumen besonders stark ausgeprägt. Mit im langjährigen Mittel 7 % wiesen die jüngeren Buchen ein fast 20 Prozentpunkte niedrigeres Verlichtungsniveau auf als die Buchen über 60 Jahre. Nach einer vorübergehenden Erhöhung 2019 und 2020 auf maximal 11 % sanken die Kronenverlichtungswerte wieder ab. 2025 lag der Wert mit 5,9 % weiterhin auf dem niedrigen Niveau des Zeitraums vor Beginn der Trockenjahre.

## 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 2,4 %. Nach einer vorübergehenden Erholung 2020 und 2021 stieg der Anteil stark geschädigter Buchen wieder an und erreichte

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

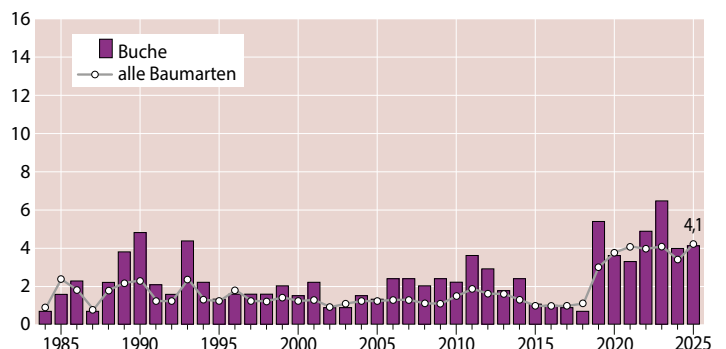


Foto: J. Evers



2023 mit einem Anteil von 6,5 % den bisherigen Höchstwert. 2025 liegt der Wert bei 4,1 % und stieg damit nur minimal an (2024: 4 %).

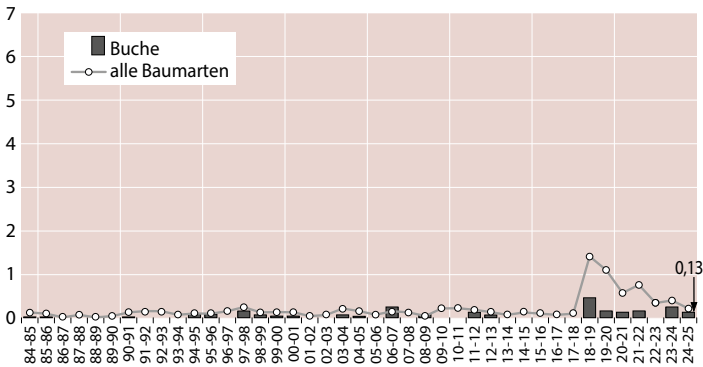
### Absterberate

Im Vergleich zu den anderen Baumarten weist die Buche eine auffallend niedrige Absterberate auf. Der Mittelwert der Zeitreihe 1984–2025 liegt bei nur 0,07 %. Nach einer Erhöhung auf 0,48 % im Jahr 2019 nahm der Anteil wieder ab. 2025 starben 0,13 % der Buchen des WZE-Kollektivs ab.

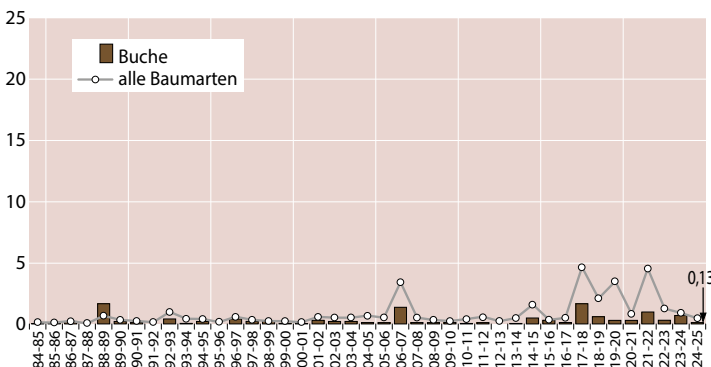
### Ausfallrate

Auch die Ausfallrate ist bei Buche i. d. R. deutlich geringer als die anderer Baumarten. Sie liegt im langjährigen Mittel bei 0,35 %. Nach einem Anstieg auf 0,76 % im Jahr 2024 wurden 2025 mit 0,13 % nur sehr wenige Buchen als Schadholz entnommen.

Jährliche Absterberate (stehende Bäume), alle Alter in %



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



### Fruchtbildung

Die Ergebnisse zur Fruchtbildung im Rahmen der Waldzustandserhebung zeigen die Tendenz, dass Buchen seit etwa 20 Jahren in kürzeren Abständen und vielfach intensiver fruktifizieren als zu Beginn der Aufnahmen Mitte der 80er Jahre. Dies kann auf eine Häufung strahlungsreicher Jahre sowie eine erhöhte Stickstoffversorgung der Bäume zurückzuführen sein. Geht 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 2018–2020 zeigte sich erstmals im Beobachtungszeitraum eine Aneinanderreihung von drei Jahren mit intensiver Fruchtbildung. Nachdem 2024 mit 49 % fast die Hälfte der Buchen in Niedersachsen mittelstark oder stark fruktifiziert hatte, sind es 2025 nur 10 %.

Anteil mittel und stark fruktifizierender älterer Buchen in %

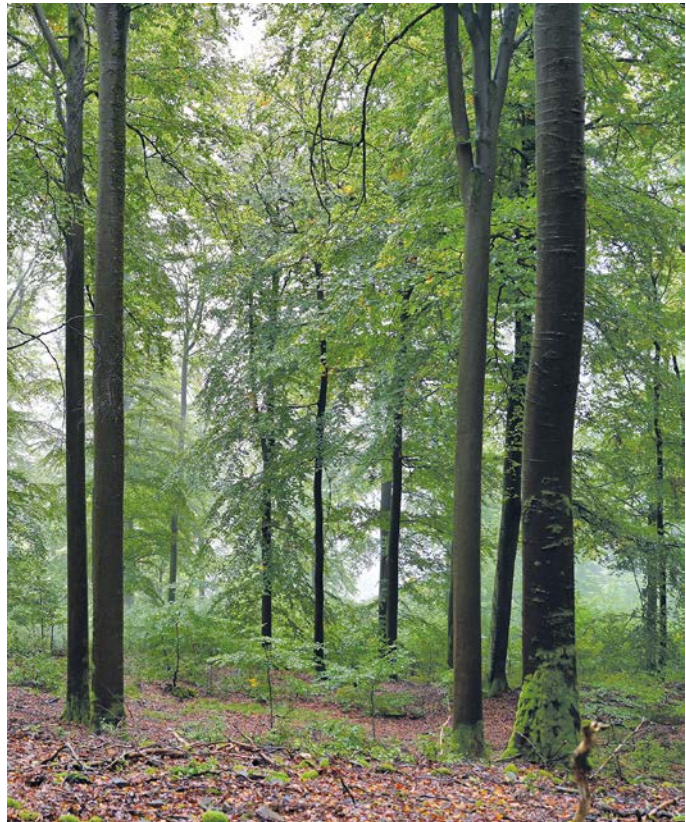
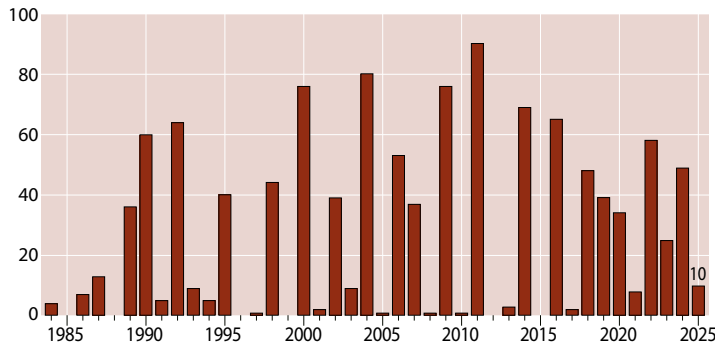


Foto: J. Evers

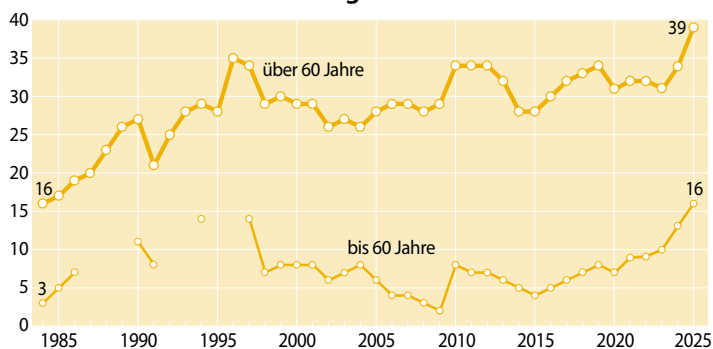
# Eiche

Die Kronenverlichtung ist bei Eiche im Vergleich der Baumarten relativ hoch. Sie liegt für Eichen aller Alter 2025 bei 34 % (ohne Abbildung).

## Ältere Eiche

In der Zeitreihe der mittleren Kronenverlichtung der älteren Eichen traten die höchsten Verlichtungswerte mit über 30 % in den Jahren 1996–1997 und 2010–2013 unter dem Einfluss von starkem Insekten- und Pilzbefall auf. Seit 2015 wurden während der Waldzustandserhebung allerdings nur moderate Fraßschäden festgestellt. Es besteht Forschungsbedarf hinsichtlich prädisponierender, schadauslösender und schadbegleitender Faktoren bei der Eiche. 2025 stieg die mittlere Kronenverlichtung der älteren Eiche weiter an und liegt mit 39 % bei einem neuen Maximalwert.

### 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.

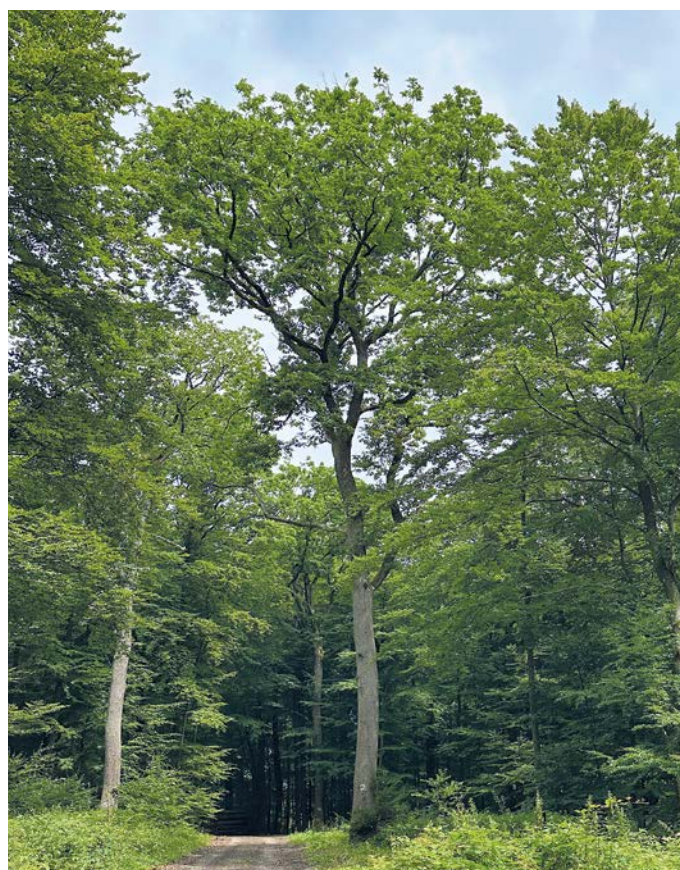


Foto: C. Klinck

## Jüngere Eiche

Wie bei der Buche sind die Kronenverlichtungen der jüngeren Eichen deutlich niedriger als bei den älteren. Allerdings stiegen auch hier die Werte seit 2016 zwar langsam, aber kontinuierlich an. Der Jahreswert 2025 ist mit 16 % mehr als doppelt so hoch wie das langjährige Mittel (7 %).

## Starke Schäden

Hohe Kronenverlichtungswerte gehen zwangsläufig auch mit hohen Anteilen stark geschädigter Bäume einher. In den Jahren 1996–1997 und 2010–2013 mit höheren Verlichtungswerten waren bei den Eichen auch erhöhte Anteile starker Schäden zu verzeichnen. Im Durchschnitt der Zeitreihe sind 2,3 % der Eichen stark geschädigt. Der Wert für 2025 liegt mit 4,5 % fast doppelt so hoch.

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

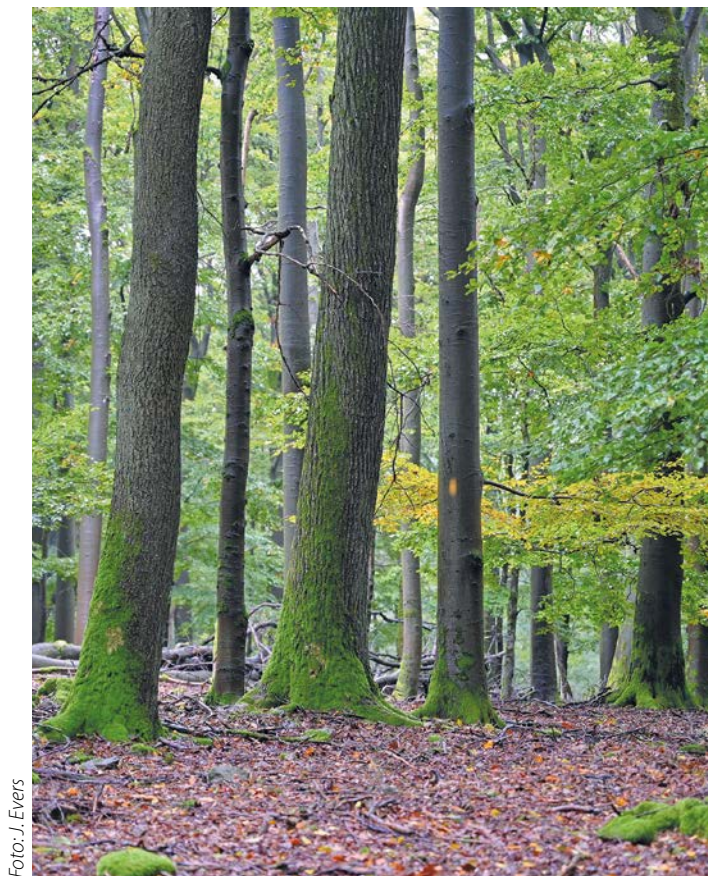
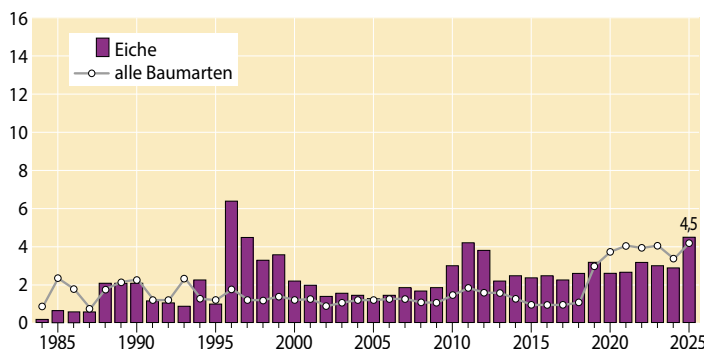


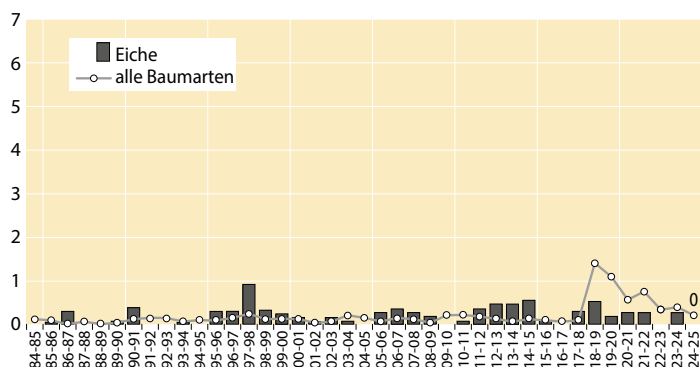
Foto: J. Evers

## Absterberate

Die Absterberate der Eiche liegt im Mittel der Jahre 1984–2025 mit 0,21 % auf einem niedrigen Niveau. Überdurchschnittliche Absterberaten wurden jeweils im Anschluss an starken Insektenfraß ermittelt. Am höchsten war die Rate 1998 mit 0,9 %.

Trotz der Verschlechterung des Kronenzustands ging die Absterberate bei den Eichen zurück und lag 2025 bei 0 %.

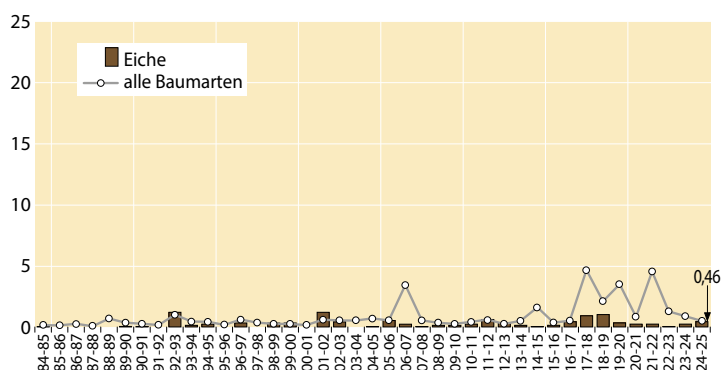
### Jährliche Absterberate (stehende Bäume), alle Alter in %



## Ausfallrate

Die Ausfallrate ist für Eiche in allen Erhebungsjahren sehr gering und erreichte maximal 1,1 % im Jahr 2019. Im Mittel der Zeitreihe lag sie bei 0,3 %. 2025 fielen mit 0,46 % mehr Eichen aus als in den Vorjahren.

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

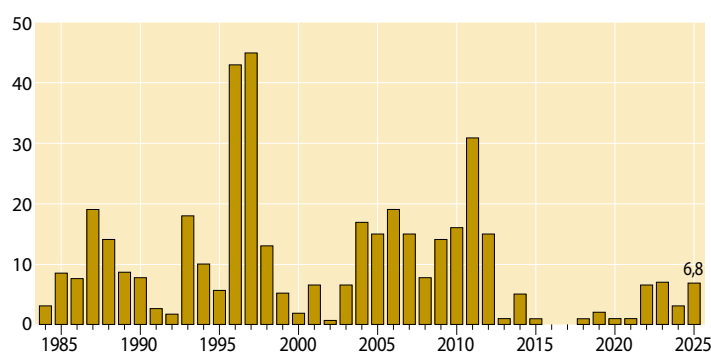


## Fraßschäden

Die periodische Vermehrung von Insekten der sogenannten 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 sind die während der Waldzustandserhebung im Juli und August aufgenommenen Fraßschäden gering; 2025 betrug der Wert 6,8 %. Da sich der Vitalitätszustand der Eichen jedoch immer mehr verschlechtert und auch aus dem Waldschutzmeldeportal größere Schadausmaße durch Insektenfraß dokumentiert werden, ist zunehmend in Frage gestellt,

ob die bei der WZE ermittelten Schadausmaße auch realistisch sind. Möglicherweise findet der Insektenfraß infolge des immer früheren Blattaustriebes der Eiche und der höheren Frühjahrstemperaturen mittlerweile so früh im Jahr statt, dass die Schäden im Sommer zu den immer gleich bleibenden Aufnahmetermi-  
nen nicht mehr zu erkennen sind und sich die Johannistriebe, an deren Vorhandensein in früheren Jahren starker Fraß erkennbar war, bereits vollständig entfaltet und entwickelt haben. Aktuell konnte diese These jedoch noch nicht geprüft werden.

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



## Fruchtbildung

Die Fruchtbildung der Eiche (ohne Abbildung) ist zum Zeitpunkt der Waldzustandserhebung im Juli und August i. d. R. nur schwer einzuschätzen, weil die Eicheln dann noch sehr klein sind. Zum Zeitpunkt der Sommeraufnahme 2025 waren viele Eicheln schon weit entwickelt. Es wurde für 51 % der Eichen eine starke bis mittelstarke Fruktifikation festgestellt, was einen sehr hohen Wert darstellt.



Foto: C. Klinck

## Andere Laub- und Nadelbäume

Im Rahmen der Waldzustandserhebung wurden 2025 in Niedersachsen 32 Baumarten erfasst. Die neben den Hauptbaumarten Kiefer, Fichte, Buche und Eiche vorkommenden Baumarten machen insgesamt etwa ein Viertel der Stichprobenbäume aus. Jede Baumart für sich genommen ist allerdings zahlenmäßig so gering vertreten, dass allenfalls Trendaussagen zur Kronenentwicklung möglich wären. Bei den Ergebnissen der Waldzustandserhebung werden sie daher in den Gruppen „andere Laubbäume“ und „andere Nadelbäume“ zusammengefasst. Zu den häufigsten anderen Laubbäumen gehört die Birke, gefolgt von Erle, Bergahorn, Esche, Hainbuche, Roteiche und anderen. Die Gruppe der anderen Nadelbäume setzt sich vorwiegend aus Lärche und Douglasie zusammen, vereinzelt kommen auch Nordmannstanne, Weißtanne, Schwarzkiefer oder z. B. Sitkafichte vor.

### Mittlere Kronenverlichtung

Bereits im Trockenjahr 2018 reagierten beide Baumartengruppen mit einer Erhöhung der mittleren Kronenverlichtung, die sich im Folgejahr fortsetzte. Bei den anderen Laubbäumen folgte nach einer Erholungsphase ein erneuter Anstieg 2023 und 2024 wieder ein Rückgang der mittleren Kronenverlichtung. 2025 stieg der Wert wieder stark an und liegt nun mit 24 % bei einem neuen Maximalwert. Eine Ursache hierfür könnte die starke Fruktifikation bei den häufig vorkommenden Baumarten Esche und Hainbuche in diesem Jahr sein,

#### Mittlere Kronenverlichtung in %

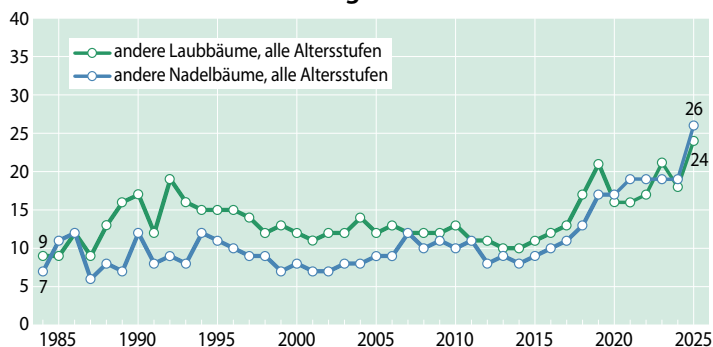


Foto: M. Spielmann

Schwarzkiefer



Erle

Foto: J. Evers

da jeweils die Fruchstände nicht zur Belaubung gerechnet werden. Allerdings haben auch Erlen, die einen Anteil von ca. 15 % in der Gruppe der anderen Laubhölzer haben, eine erhöhte Kronenverlichtung von über 30 %.

Bei den anderen Nadelbäumen (alle Alter) ist seit 2014 ein Anstieg der Kronenverlichtung festzustellen. Zwischen 2021 und 2024 blieb die Kronenverlichtung konstant, 2025 stieg sie wieder an und liegt nun mit 26 % bei einem neuen Maximalwert. Hieran sind vor allem Douglasien mit Verlichtungswerten über 30 % beteiligt.

### Starke Schäden

Der Anteil stark geschädigter Bäume aus der Gruppe der anderen Laubbäume schwankt von Jahr zu Jahr. Im langjährigen Mittel liegt der Anteil bei 1,9 % der Bäume. Nach einem kurzzeitigen Rückgang des Anteils wurden 2025 7,6 % der Bäume als stark geschädigt eingestuft, was einen neuen Höchstwert in der Zeitreihe darstellt.

Bei den anderen Nadelbäumen wurden in den ersten Jahren der Waldzustandserhebung hohe Anteile an stark geschädigten Bäumen festgestellt. Das Maximum lag 1985 bei 4,8 %, anschließend gingen die Werte zurück. Ab 2019 stieg die Rate an und erhöhte sich 2025 nochmals stark von 4,5 % (2024) auf 8,1 %. Im Mittel sind 1,4 % der anderen Nadelbäume stark geschädigt.

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

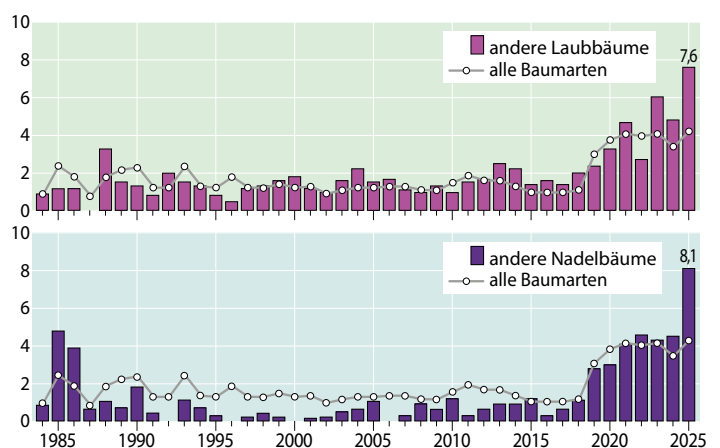




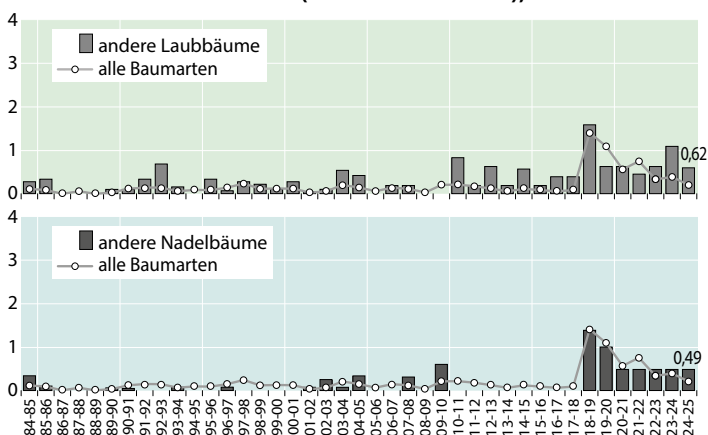
Foto: C. Klinck

Junge Weißtanne

## Absterberate

Nach dem Trockenjahr 2018 wurden für die Gruppen der anderen Laub- und der anderen Nadelbaumarten die höchsten Absterberaten im Beobachtungszeitraum seit 1984 verzeichnet. Nach der erhöhten Rate von 1,1 % im Vorjahr sank der Wert für die anderen Laubbäume des WZE-Kollektivs 2025 auf 0,62 % ab. Bei den anderen Nadelbaumarten blieb die Absterberate mit 0,49 % wieder auf dem Vorjahresniveau. Die Rate ist damit seit mittlerweile 5 Jahren etwa gleich. Für beide Baumartengruppen liegen die Werte jedoch nach wie vor über dem langjährigen Mittel (0,34 % bzw. 0,18 %).

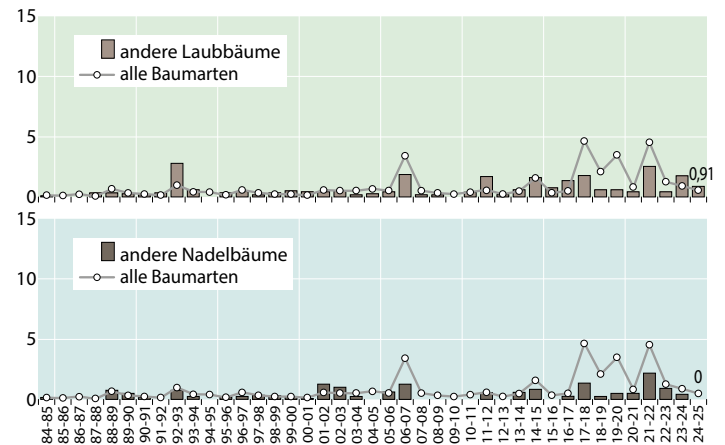
### Jährliche Absterberate (stehende Bäume), alle Alter in %



## Ausfallrate

Die Gruppen der anderen Laub- und Nadelbäume weisen im Erhebungszeitraum mit 0,66 % bzw. 0,42 % relativ niedrige mittlere Ausfallraten auf. Bei Baumarten der Gruppe der anderen Laubbäume war der Ausfall mit 1,8 % im Jahr 2024 vorübergehend erhöht und sank 2025 auf 0,91 %. In der Gruppe der anderen Nadelbäume war der Wert noch niedriger, da kein einziger Baum ausfiel.

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



Esche

Foto: C. Klinck

# Fallbeispiele anderer Laub- und Nadelbäume in Schleswig-Holstein, Niedersachsen, Sachsen-Anhalt und Hessen

## Vitalität von Gemeiner Birke, Bergahorn, Europäischer Lärche und Douglasie

Caroline Klinck

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17240533>

In der Waldzustandserhebung werden die sogenannten Nebenbaumarten in den Gruppen der anderen Laub- und der anderen Nadelhölzer zusammengefasst. Immer häufiger jedoch werden Baumarten dieser beiden Gruppen in Wäldern eingebracht, um den Ausfall der Hauptbaumarten zu kompensieren oder um die Baumartenvielfalt in den Beständen zu erhöhen und damit das Risiko von Schäden zu verringern.

Die Waldzustandsberichte beschreiben seit Jahren die Vitalität dieser beiden Baumartengruppen, ohne ausführlicher auf einzelne Baumarten eingehen zu können. Hintergrund ist die geringe zahlenmäßige Besetzung in den Datensätzen, sofern die Bundesländer einzeln betrachtet werden.

Im Folgenden wird der Ansatz verfolgt, die Daten der Nebenbaumarten nach den beiden Altersklassen getrennt über die vier Trägerländer der NW-FVA Schleswig-Holstein, Niedersachsen, Sachsen-Anhalt und Hessen zusammenzufassen, um einen stabileren Datensatz zu erhalten. Für einige Baumarten reicht auch das nicht aus, um statistisch gesicherte Aussagen treffen zu können. Außerdem erhöht sich durch das große Bezugsgebiet die Standortvielfalt, die einen erheblichen Einfluss auf die Vitalität hat. Die Ergebnisse sind daher stets vor diesem Hintergrund zu bewerten.

In den folgenden Abbildungen sind, getrennt nach den Altersgruppen  $\leq 60$  Jahre und  $> 60$  Jahre, die mittleren jährlichen Kronenverlichtungen von Buche, Eiche, Birke und Bergahorn sowie von Kiefer, Fichte, Europäischer Lärche und Douglasie dargestellt. Dabei ist jeweils im unteren Diagrammteil die Anzahl der eingehenden Bäume pro Jahr für die Nebenbaumarten eingefügt und oben die der Hauptbaumarten. Veränderungen dieser Zahlen sind nicht zwingend auf veränderte Anteile im Wald zurückzuführen, sondern können auch durch Änderungen der Rasterdichte verursacht sein.

Für eine Vitalitätsbetrachtung ist außerdem die Absterberate von Bedeutung. Sie bezieht sich auf alle Altersstufen.

hier untersuchten Birken selten Alter über 100 Jahre. Von den jüngeren Birken des WZE-Kollektivs stehen jeweils 35 % in Niedersachsen und Schleswig-Holstein, 22 % in Sachsen-Anhalt und 8 % in Hessen. Bei den älteren Birken befinden sich 40 % in Niedersachsen, 28 % in Sachsen-Anhalt, 23 % in Schleswig-Holstein und 9 % in Hessen.

Die Kronenverlichtung der jüngeren Birken liegt im Mittel bei etwa 15 % und ist damit im Vergleich zu den anderen Laubbaumarten relativ hoch. Im Erhebungszeitraum gab es Phasen erhöhter Werte wie Anfang der 1990er Jahre, zwischen 2004 und 2006 sowie ab 2018, und Phasen mit niedrigen Werten wie 2011–2017. Nach dem Trockenjahr 2003 gab es einen Anstieg der Werte. 2018 erhöhte sich die mittlere Kronenverlichtung bereits im Trockenjahr selbst und in den Folgejahren noch weiter. Sie erreichten im Jahr 2019 einen Maximalwert von fast 40 %. Zur Beurteilung der Vitalität muss darauf hingewiesen werden, dass die Kronenverlichtungswerte innerhalb der Jahre selten normalverteilt sind. Gerade in den Jahren nach 2018 lag der Median, also der Wert, den die Hälfte der Bäume aufwies, deutlich unter dem Mittelwert. Das bedeutet einerseits, dass die Spannbreite der Kronenverlichtungswerte in den Jahren sehr groß ist und es durchaus eine große Zahl an Birken gibt, die sehr niedrige Verlichtungen aufweisen. Andererseits gibt es genügend Birken mit hohen und sehr hohen Verlichtungswerten, die den Mittelwert anheben. Diese Birken sind in ihrer Vitalität geschwächt, was durch die relativ hohe mittlere Absterberate bestätigt wird. So starben im Mittel der Betrachtungsjahre mit 0,9 % vergleichsweise viele der Birken des WZE-Kollektivs ab (ohne Abb.). Es gab auch insgesamt nur vier Jahre, in denen die Rate bei null lag. Am höchsten war sie im Jahr 2019, als fast 8 % der Birken (49 Einzelbäume) abstarben.

### Bergahorn

Die im WZE-Datensatz vorhandenen Bergahorne befinden sich zu ähnlichen Anteilen in allen vier Trägerländern der NW-FVA (unter 60 Jahre: 32 % Niedersachsen, 26 % Hessen, 24 % Schleswig-Holstein, 18 % Sachsen-Anhalt; über 60 Jahre: jeweils 32 % Niedersachsen und Sachsen-Anhalt, 30 % Schleswig-Holstein, 6 % Hessen). Bezüglich der Häufigkeit des Vorkommens steht er nach Birke, Esche, Erle, und Hainbuche an fünfter Stelle in der Gruppe der anderen Laubbäume. Seit etwa 10 Jahren nimmt der Anteil von Bergahorn langsam, aber kontinuierlich zu. Die Hälfte der betrachteten Bergahorne ist jünger als 50 Jahre.

Die Altersklasse der jüngeren Bergahorne hat im Mittel sehr niedrige Kronenverlichtungen. Sie reagierten auffällig stark auf



Foto: M. Spielmann

### Gemeine Birke

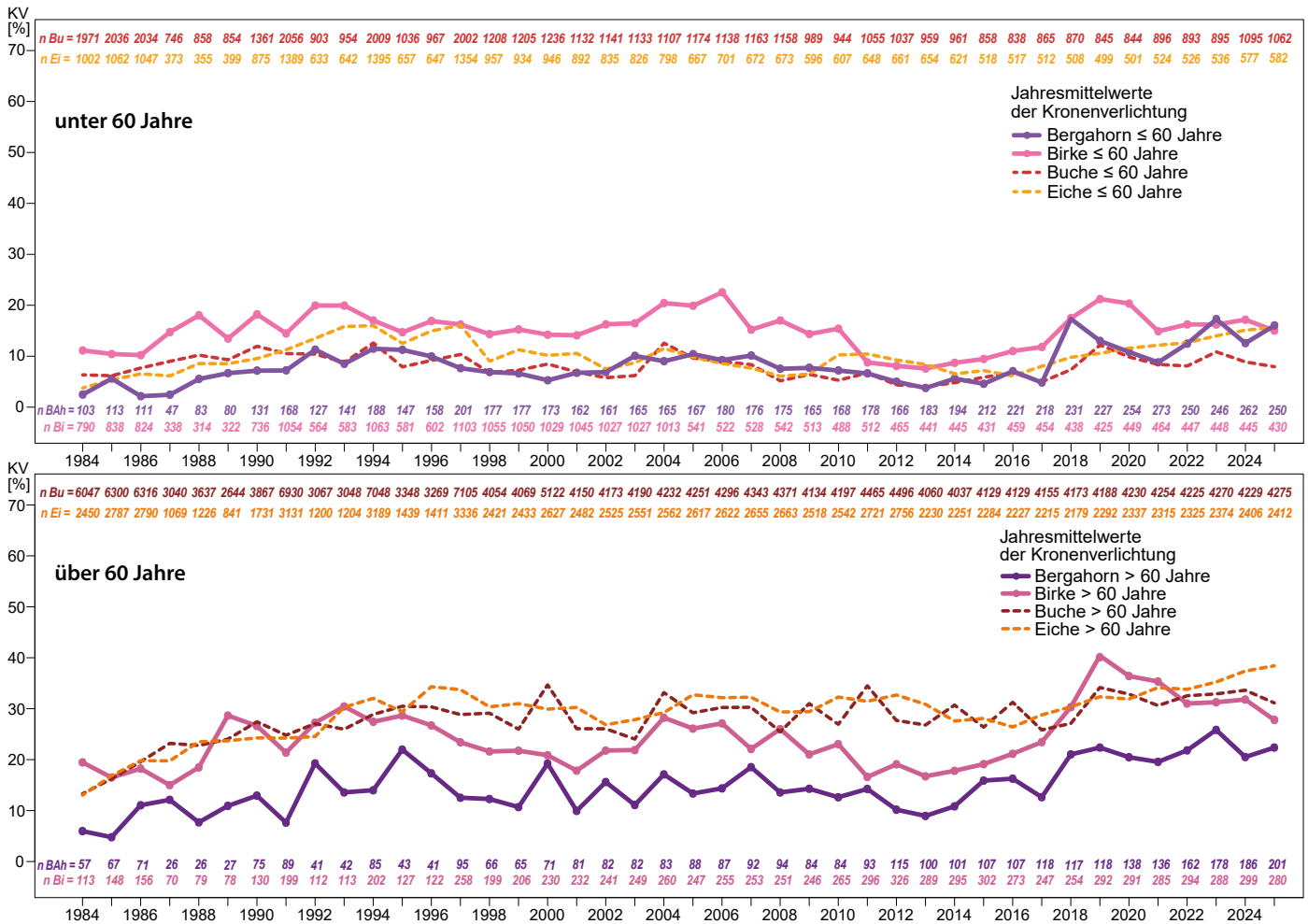
Bezogen auf das WZE-Stichprobenraster der vier betrachteten Bundesländer ist die Gemeine Birke oder Sandbirke mit einem Gesamtanteil von 4 % aktuell die häufigste Baumart neben den vier Hauptbaumarten. Die seltenere Moorbirke wird hier nicht betrachtet.

Die Gemeine Birke kommt in allen betrachteten Bundesländern vor. Als Pionierbaumart erreichen die



Foto: M. Spielmann

## Kronenverlichtung bei Birke, Bergahorn, Buche und Eiche für alle Bundesländer



die Trockenheit 2018, danach sanken die Werte jedoch wieder bis 2021. 2022 und 2023 stiegen die mittleren Verlichtungen wieder auf das Maximalniveau von 2018.

Die älteren Bergahorne über 60 Jahre haben im Mittel die im Vergleich zu den anderen Laubbaumarten niedrigsten Verlichtungswerte. Die Werte schwankten zwischen den Jahren relativ stark und stiegen 2018 deutlich an. Seitdem liegen sie auf erhöhtem Niveau.

Die Absterberate (ohne Abbildung) bei den Bergahornen der WZE-Stichprobe ist gering; sie liegt im Mittel bei 0,1 %. Die höchste Absterberate wurde im Jahr 2023 mit 1,23 % (5 Einzelbäume) erreicht. In 33 der 40 Betrachtungsjahre starben keine Bergahorne des Kollektivs ab.

## Europäische Lärche

Neben Kiefern und Fichten sind Lärchen im WZE-Kollektiv der vier Trägerländer der NW-FVA die häufigsten Nadelbäume. Dabei ist die Europäische Lärche etwas häufiger als die Japanische Lärche. In Schleswig-Holstein überwiegen Japanische Lärchen, während in Hessen und Niedersachsen mehrheitlich und in Sachsen-Anhalt ausschließlich Europäische Lärchen stehen. Das Vorkommen der Europäischen Lärchen in der WZE-Stichprobe hat einen Schwerpunkt in Hessen: 50 % der jüngeren und 48 % der älteren Europäischen Lärchen stehen hier. Auf

Niedersachsen entfallen 24 % der jüngeren und 38 % der älteren Lärchen. In Sachsen-Anhalt stehen 22 % der jüngeren und 8 % der älteren Bäume und in Schleswig-Holstein 4 % bzw. 8 % der Europäischen Lärchen der WZE-Stichprobe.

Die unter 60-jährigen Europäischen Lärchen hatten eine mit den anderen Nadelbaumarten vergleichbare mittlere jährliche Kronenverlichtung. Erhöhte Werte von etwas über 15 % wurden zu Anfang der 1990er Jahre und seit 2019 beobachtet. Die mittleren Jahreswerte der Kronenverlichtung für die älteren Europäischen Lärchen verlaufen auf einem ähnlichen Niveau wie die der Kiefer und deutlich unter dem der Fichte. Dabei schwanken die Werte zwischen den Jahren stärker als bei der Kiefer. Das kann einerseits auf den deutlich kleineren Datensatz zurückzuführen sein oder andererseits auch darauf, dass der Einfluss der saisonalen Witterung bei Lärchen durch den jährlichen Nadelabwurf früher und im Folgejahr kaum noch zu erkennen ist. So stiegen die Werte der Kronenverlichtung



Foto: T. Friedhoff

in den Trockenjahren 2018/19 stark an, sanken jedoch bereits 2020 wieder deutlich ab und blieben seitdem auf einem leicht erhöhten Niveau. Im Vergleich zu Kiefer oder Douglasie reagierten die älteren Lärchen damit kurzfristig deutlich auf die Trockenjahre, erholten sich aber schnell wieder.

Die mittlere Absterberate über den 40-jährigen Betrachtungszeitraum liegt für die Europäischen Lärchen aller Alter bei 0,3 % (ohne Abb.), wobei in insgesamt 25 Jahren gar kein Baum neu abstarb. Die höchsten Werte gab es 2019 mit knapp 7 % bzw. 23 Einzelbäumen. Zum Vergleich: 2019 lag die Absterberate für Fichte über die vier Bundesländer mit 163 Bäumen bei 8 %.

## Douglasie

Als häufig gewählte Ersatzbaumart für die Fichte spielt die Douglasie innerhalb der Gruppe der anderen Nadelbäume eine bedeutende Rolle. In der WZE-Stichprobe ist sie die zweithäufigste Baumart innerhalb der Gruppe der anderen Nadelbäume. Provenienzen können hier nicht unterschieden werden. Die im WZE-Datensatz vorkommenden jüngeren Douglasien ( $\leq 60$  Jahre) befinden sich mit 49 % zum größten Teil in Niedersachsen; 30 % stehen in Hessen, 18 % in Schleswig-Holstein und 3 % in Sachsen-Anhalt. Von den über 60-jährigen Douglasien stehen 49 % in Hessen, 36 % in Niedersachsen, 14 % Schleswig-Holstein und 1 % in Sachsen-Anhalt.

Die Kronenverlichtungswerte der jüngeren Douglasien sind niedrig und liegen mit Werten um 10 % auf dem Niveau der jüngeren Fichten und Kiefern. Eindeutige Anstiege sind 2005/2006 und 2018 zu beobachten. Nach 2006 sanken die Werte bis zum Jahr 2009 wieder auf das Ausgangsniveau, wogegen nach 2018 bis jetzt kein Absinken erkennbar ist.

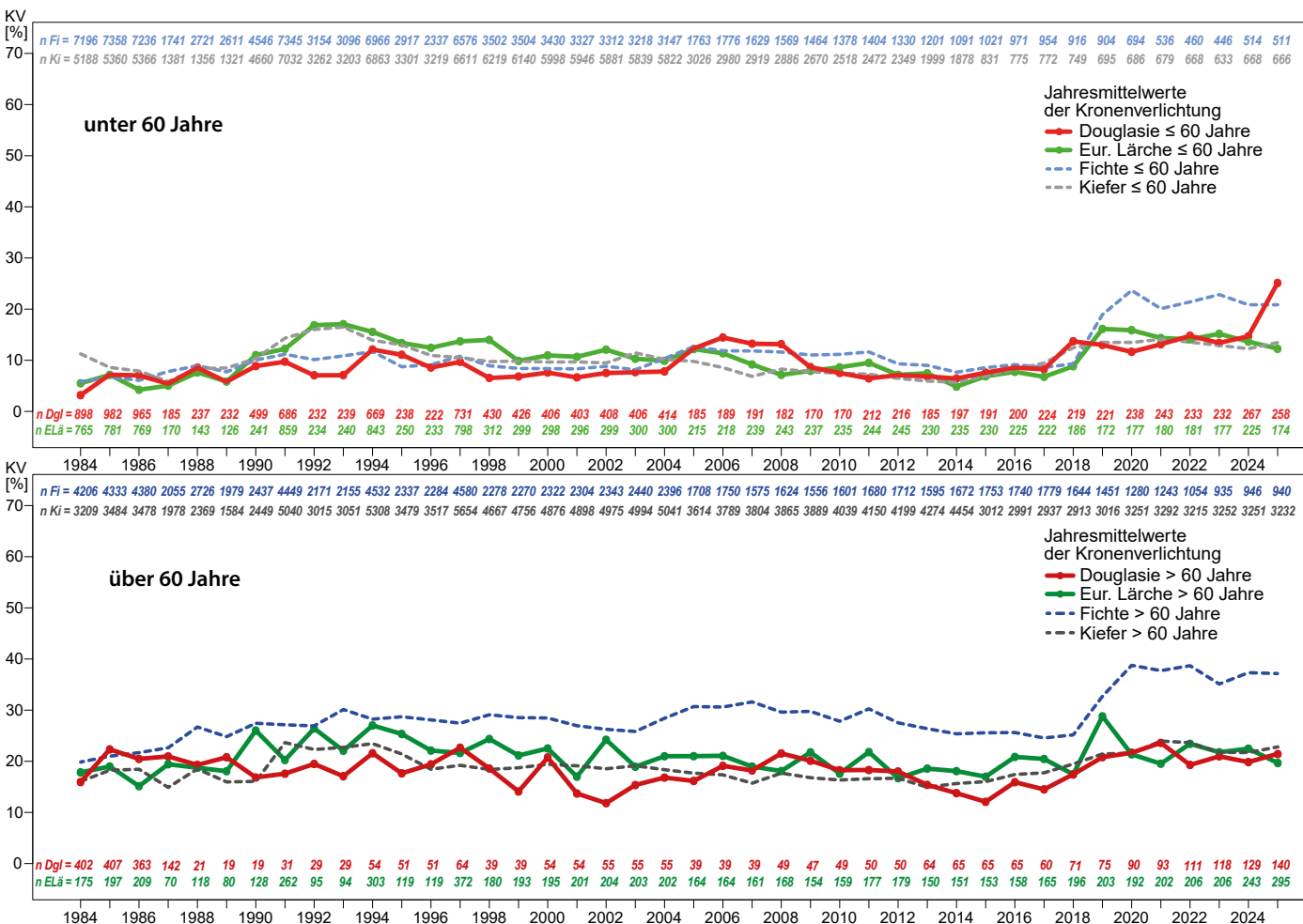
Die Jahresmittel der Kronenverlichtungswerte der älteren Douglasien liegen etwa auf dem Niveau derer der Kiefer und in einigen Jahren unter denen von Fichte, Kiefer und auch Europäischer Lärche. Nach den Trockenjahren 2018/19 stiegen die Werte langsam, aber deutlich bis 2021 an und sanken danach leicht ab. Seitdem liegen sie auf leicht erhöhtem Niveau, allerdings sehr deutlich unter den Werten der Fichte.

Im Mittel der Jahre ist die Absterberate bei Douglasie mit 0,04 % sehr gering. Im Betrachtungszeitraum gab es in 34 Jahren keine Absterbeerscheinungen innerhalb des WZE-Kollektivs. In sechs der 41 Jahre starb nie mehr als eine Douglasie neu ab.



Foto: H. J. Arndt

## Kronenverlichtung bei Douglasie, Europäischer Lärche, Fichte und Kiefer für alle Bundesländer



Johannes Suttmöller  
<https://doi.org/10.5281/zenodo.17240692>

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

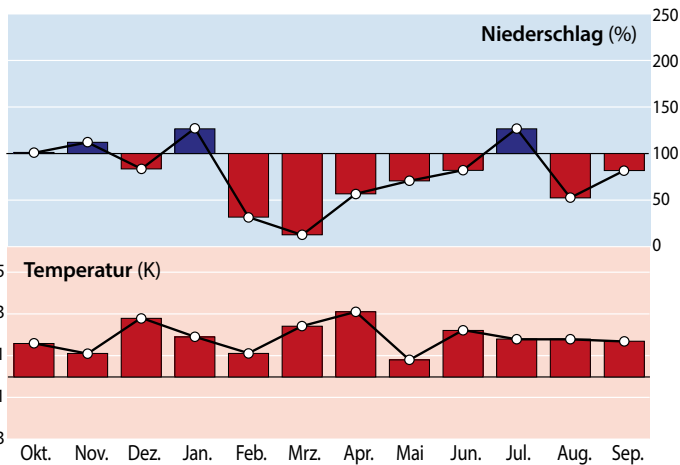
Das Vegetationsjahr 2024/25 war im Landesmittel von Niedersachsen knapp 1 K kühler als das vergangene Jahr. Trotzdem war es mit 10,5 °C um 1,8 K wärmer als im Mittel der Klimanormalperiode und um 0,8 K im Vergleich zur aktuellen Klimareferenzperiode 1991–2020 (Tabelle rechts). Dabei waren alle Monate wärmer als im langjährigen Mittel der Klimanormalperiode. Das Kalenderjahr 2024 (Januar bis Dezember) war mit rund 11,2 °C das mit Abstand wärmste Jahr seit Beobachtungsbeginn in Niedersachsen. Die Jahresmitteltemperatur überschritt erstmalig die 11 °C-Marke und lag um 0,3 K über dem Rekordwert aus dem Jahr 2023. Im Vegetationsjahr 2024/25 fielen rund 600 mm Niederschlag. Dies sind 20 % weniger im Vergleich zum langjährigen Mittel und mehr als 500 mm Niederschlag weniger als im vergangenen Jahr. Damit war das Vegetationsjahr 2024/25 sogar trockener als die Jahre 2017/18 und 2018/19. Dabei fiel von Februar bis Juni nur etwas mehr als die Hälfte der sonst üblichen Niederschlagsmenge und nur die Monate Januar und Juli wiesen einen deutlichen Überschuss auf.

Witterungsverlauf von Oktober 2024 bis September 2025

Zu Beginn des Vegetationsjahres 2024/25 setzte sich die unbeständige Witterung der Vormonate fort. Die erste Monatshälfte im **Oktober** war durch eine rege Tiefdrucktätigkeit mit häufigen Niederschlägen geprägt. Fast im gesamten Land waren die Böden sehr feucht. Die Bodenfeuchte lag in den obersten Bodenschichten bis 60 cm über 100 % nutzbarer Feldkapazität (nFK) und damit deutlich über den langjährigen Mittelwerten. Nach Monatsmitte setzte sich stabiles Hochdruckwetter durch und es fiel kaum noch Niederschlag. Mit 57 mm Niederschlag wurde das Monatssoll erreicht. Die

Monatsmitteltemperatur betrug 11,3 °C. Damit war der Oktober 2024 1,7 K wärmer als im Mittel der Klimanormalperiode (Abb. und Tab. unten). Auch zu **November**beginn dominierte ruhiges, durch Hochdruckwetterlagen geprägtes Herbstwetter. In der zweiten Monatshälfte lebte die Tiefdrucktätigkeit auf und mehrere Sturmtiefs brachten insbesondere dem Nordwesten des Landes ergiebige Niederschläge. Im Nordseeumfeld fielen verbreitet mehr als 150 % der üblichen Niederschlagsmenge. In den südlichen Landesteilen war es dagegen regional trockener als normal. Im Landesmittel fielen 75 mm Niederschlag.

Abweichungen von Niederschlag und Temperatur 2024/25

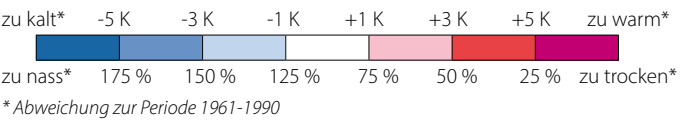


Abweichungen von Niederschlag und Temperatur vom Mittel der Klimareferenzperiode 1961–1990 (durchgezogene schwarze Linie) in Niedersachsen, Monatswerte für das Vegetationsjahr 2024/25 (Oktober 2024– September 2025).

Daten des Deutschen Wetterdienstes, Offenbach

Temperaturmittelwerte und Niederschlagssummen für das Vegetationsjahr 2024/2025 (Oktober 2024–September 2025) sowie die langjährigen Mittelwerte der Referenzperioden 1961–1990 und 1991–2020

|                       | Temperatur (°C) |           |           | Niederschlag (mm) |           |           |
|-----------------------|-----------------|-----------|-----------|-------------------|-----------|-----------|
|                       | 2024/25         | 1961–1990 | 1991–2020 | 2024/25           | 1961–1990 | 1991–2020 |
| Oktober               | 11,3            | 9,6       | 9,6       | 57                | 57        | 65        |
| November              | 6,1             | 5,0       | 5,8       | 75                | 67        | 63        |
| Dezember              | 4,7             | 1,9       | 2,9       | 59                | 71        | 72        |
| Januar                | 2,5             | 0,6       | 2,0       | 78                | 61        | 69        |
| Februar               | 2,2             | 1,1       | 2,4       | 14                | 44        | 53        |
| März                  | 6,3             | 3,9       | 5,1       | 7                 | 56        | 55        |
| April                 | 10,5            | 7,4       | 9,1       | 29                | 52        | 42        |
| Nicht-vegetationszeit | 6,2             | 4,2       | 5,3       | 319               | 408       | 419       |
| Mai                   | 13,0            | 12,2      | 13,0      | 43                | 62        | 57        |
| Juni                  | 17,5            | 15,3      | 16,1      | 61                | 76        | 68        |
| Juli                  | 18,5            | 16,7      | 18,2      | 93                | 73        | 81        |
| August                | 18,4            | 16,6      | 17,9      | 36                | 70        | 75        |
| September             | 15,2            | 13,5      | 14,2      | 49                | 60        | 65        |
| Vegetationszeit       | 16,5            | 14,9      | 15,9      | 282               | 341       | 346       |
| Vegetationsjahr       | 10,5            | 8,7       | 9,7       | 601               | 749       | 765       |



\* Abweichung zur Periode 1961-1990

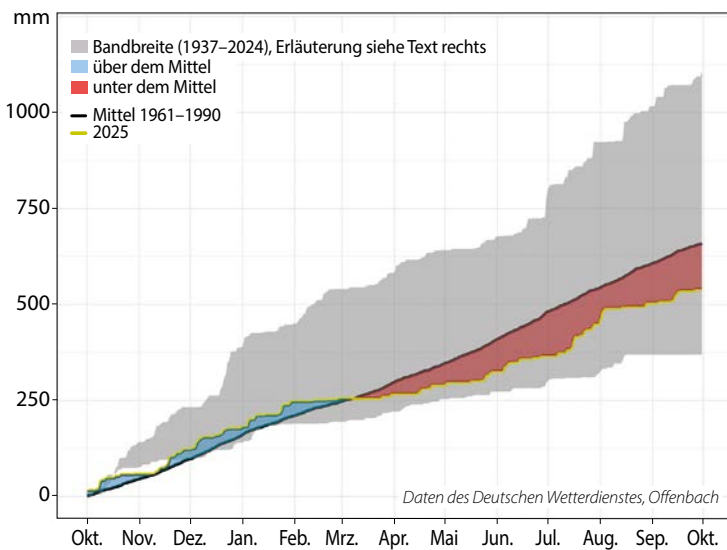
Dies sind rund 10 % mehr als im dreißigjährigen Mittel der Periode 1961–1990. Im November setzte sich die milde Witterung fort. Mit einer Monatsmitteltemperatur von 6,1 °C war der Monat 1,1 K zu warm. Die obersten Bodenschichten wiesen weiterhin hohe Bodenfeuchtwerte von über 100 % nFK auf. Der **Dezember** war mild, trocken und infolge häufiger Inversionswetterlagen überwiegend trüb. Nur in den Hochlagen des Harzes schien die Sonne überdurchschnittlich häufig. Die Mitteltemperatur von 4,7 °C lag um 2,8 K über dem langjährigen Mittelwert der Klimanormalperiode. Das Niederschlagssoll wurde landesweit um rund 15 % unterschritten. Die Niederschlagshöhe betrug 59 mm. Infolge des geringen Verdunstungsanspruchs der Vegetation waren auch im Dezember die Böden bis 60 cm Tiefe überdurchschnittlich mit Wasser gefüllt. Der **Januar** 2025 war sehr nass und mild. Dabei fiel in den mittleren und südlichen Landesteilen überdurchschnittlich viel Niederschlag, während im Nordwesten das langjährige Soll regional nicht erreicht wurde. Die Niederschlagsmenge von 78 mm im Landesmittel lag um knapp 30 % über dem Wert der Klimanormalperiode. Mit einer Monatsmitteltemperatur von 2,5 °C war der Januar um fast 2 K wärmer als im Durchschnitt der Periode 1961–1990. Dabei war die positive Temperaturabweichung im westlichen Niedersachsen gering, während in den östlichen Landesteilen und insbesondere im Harz die Abweichung über 2,5 K betrug. Im **Februar** stellte sich die Wetterlage nachhaltig um. Häufiger Hochdruckeinfluss führte dazu, dass mit 14 mm Niederschlag nur knapp 30 % der üblichen Menge gemessen wurde. Besonders trocken war es mit einem Niederschlagsdefizit von bis zu 90 % im äußersten Nordosten des Landes (Jork-Mooren und Winsen/Luhe jeweils 3 mm Niederschlag). Im südlichen Niedersachsen fiel dagegen bis zu 50 % der langjährigen Niederschlagssumme. Im Laufe des Monats trockneten die Oberböden etwas ab, sodass die Bodenfeuchte leicht unterdurchschnittliche Wassergehalte aufwies. Die Monatsmitteltemperatur betrug 2,2 °C. Somit war der Februar 2025 1,1 K wärmer als im Mittel der Klimanormalperiode und etwas kühler im Vergleich zur aktuellen Referenzperiode 1991–2020. Es folgte ein extrem trockener, überdurchschnittlich warmer und sehr sonnenscheinreicher **März**. Stabile Hochdruckwetterlagen führten dazu, dass es zu ausgeprägten Tagesgängen bei der Temperatur kam und der Monat mit einer Mitteltemperatur von 6,3 °C um 2,4 K im Landesmittel zu warm war. In den Hochlagen des Harzes betrug die positive Abweichung sogar mehr als 4 K. Die Niederschlagshöhe erreichte mit 7 mm nur rund 15 % des langjährigen Klimamittels. Besonders in den westlichen Landesteilen wurde an vielen Stationen so gut wie kein Niederschlag gemessen (Dörpen und Emsbüren 2 mm). Infolge der zunehmenden Verdunstungsraten und geringen Niederschläge nahm die Bodenfeuchte in den obersten 60 cm deutlich ab und lag regional unter den langjährigen Werten. Die trockene Witterung setzte sich mit kurzen Unterbrechungen im **April** fort. Im Gebietsmittel von Niedersachsen fielen 29 mm Niederschlag. Dies entspricht rund 50 % der lang-

jährigen Niederschlagssumme. Dabei gab es regional große Unterschiede in der Niederschlagshöhe. Während im Nordwesten und im Osten des Landes teilweise nur 10 mm Niederschlag gemessen wurde, führten intensive Niederschläge am 23./24. April dazu, dass im äußersten Süden und Südwesten mit rund 60 mm Niederschlag das Monatssoll übertroffen wurde. In weiten Teilen des Landes nahm die Bodenfeuchte bis 60 cm Tiefe weiter ab und lag deutlich unter den durchschnittlichen Werten. Der April war nicht nur trocken, sondern auch warm und sehr sonnig. Die Monatsmitteltemperatur von 10,5 °C bedeutet eine positive Anomalie von 3,1 K. Um die Monatsmitte wurde an einigen Stationen des DWD der erste Sommertag des Jahres registriert. Auch der **Mai** präsentierte sich trocken und sehr sonnenscheinreich. Aufgrund häufiger Anströmung von kühlen Luftmassen aus nördlichen Richtungen war der Monat jedoch nur um 0,8 K wärmer als im Mittel der Klimanormalperiode. Die Monatsmitteltemperatur von 13,0 °C entsprach genau der langjährigen Temperatur der aktuellen Referenzperiode 1991–2020. Geringer Luftfrost um -1 °C wurde nur noch zu Beginn des Monats an einigen Stationen beobachtet. Die trockene Witterung der vergangenen Monate setzte sich in den meisten Regionen fort. Im Flächenmittel von Niedersachsen fielen 43 mm Niederschlag. Dies entspricht einem Defizit von 30 % und nur im direkten Nordseeumfeld bei Cuxhaven wurde die mittlere Niederschlagshöhe übertroffen. Infolge der anhaltenden Trockenheit lagen die Wassergehalte im Oberboden teilweise um bis zu 30 % unter den für Mai üblichen Werten. Der **Juni** war der fünfte zu trockene Monat in Folge. Es fiel mit 61 mm rund 80 % der langjährigen Niederschlagsmenge. Typisch für einen Sommermonat war die ungleiche Verteilung der Niederschläge im Land. Infolge von Starkregenereignissen wurde in den westlichen Landesteilen das Niederschlagssoll deutlich übertroffen (110 mm, Diepholz), während im südöstlichen Niedersachsen regional ein Niederschlagsdefizit von über 40 % gemessen wurde (26 mm, Moringen). Auch die Böden waren in weiten Teilen des Landes deutlich trockener als üblich. Bei der Temperatur gab es ein ausgeprägtes Nord-Süd-Gefälle. Die Mitteltemperatur betrug 17,5 °C. Der Juni war im Flächenmittel 2,2 K wärmer als im Mittel der Klimanormalperiode. Allerdings war es im Norden nur rund 1 K



Foto: C. Klinck

### Akkumulierter Niederschlag im Vegetationsjahr an der Klimastation Hannover



wärmer, während in den südlichen Landesteilen die positive Anomalie bis zu 3 K betrug. Der **Juli** startete heiß. In Barsinghausen bei Hannover stieg die Temperatur am 2. Juli auf 38,7 °C. Die Monatsmitteltemperatur mit 18,5 °C lag um 1,8 K über dem Wert der Klimanormalperiode. Diesmal war die Temperaturabweichung im Nordwesten von Niedersachsen deutlich größer als in den südlichen Landesteilen. Im Juli wurde das Niederschlagssoll erstmals seit Januar um knapp 30 % übertroffen. Die Niederschlagshöhe lag bei 93 mm. An der Station Cadenberge in der Nähe von Cuxhaven betrug die Monatssumme mehr als 170 mm. Während im Nordwesten die Bodenwasserspeicher in den obersten 60 cm überdurchschnittlich gefüllt waren, erreichte das Bodenwasserdefizit in den übrigen Gebieten bis zu 20 % im Vergleich zu den langjährigen Wassergehalten. Der **August** startete mit einer dreiwöchigen Trockenperiode und erst am Monatsende führte Tiefdruckeinfluss vermehrt zu Niederschlägen. Mit 36 mm im Gebietsmittel blieb es um fast 50 % trockener als üblich. Der sehr sonnige und trockene Monat war mit 18,4 °C um 1,8 K wärmer als im langjährigen Mittel der Klimanormalperiode. Um die Monatsmitte traten nochmals in diesem Sommer Höchsttemperaturen von 30 °C bis regional in den östlichen und südlichen Landesteilen von mehr als 35 °C auf. Zum Abschluss des Vegetationsjahres 2024/25 folgte ein warmer und trockener **September**. Die Monatsmitteltemperatur betrug 15,2 °C und lag um 1,7 K über dem langjährigen Mittel. Am 20. September wurde an einigen Klimastationen nochmals ein heißer Tag mit einer Tageshöchsttemperatur von über 30 °C gemessen (32,3 °C, Helmstedt-Emmerstedt). Im Flächenmittel von Niedersachsen fielen 49 mm Niederschlag und damit knapp 20 % weniger als das Niederschlagssoll.

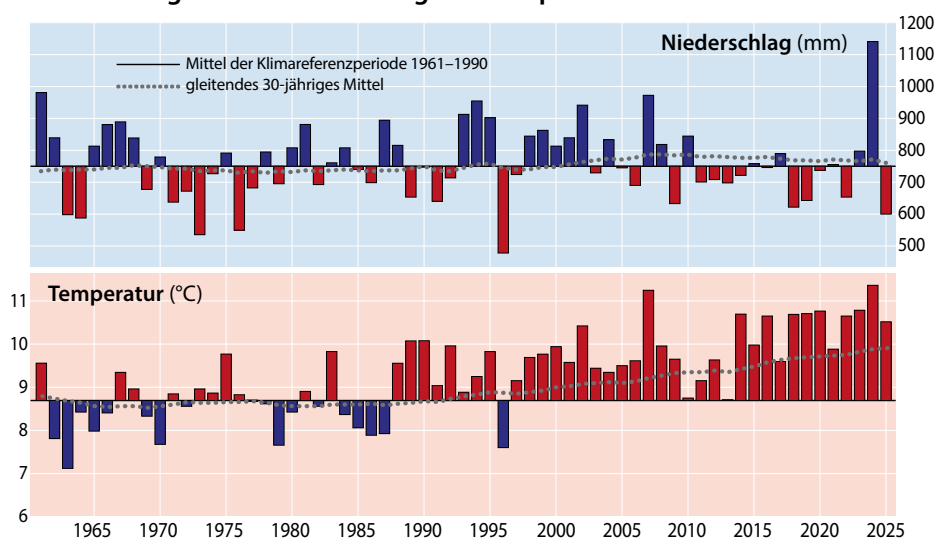
In der Abbildung links ist der aufsummierte Niederschlag an der DWD-Klimastation Hannover für das Vegetationsjahr 2024/25 im Vergleich zu den Jahren 1936/37 (Messbeginn) bis 2023/24 dargestellt. In der Zeitreihe wurden teilweise Lücken gefüllt, sodass im gesamten Messzeitraum nur wenige Jahre aufgrund von Datenausfall unberücksichtigt blieben. Die Bandbreite wird durch das im Beobachtungszeitraum trockenste Jahr (1958/59) und das bisher niederschlagreichste Jahr (2023/24) aufgespannt.

Von Oktober 2024 bis Ende Februar 2025 lagen die aufsummierten Niederschläge an der DWD-Klimastation Hannover etwas über dem langjährigen Durchschnitt der Klimanormalperiode 1961–1990. Von Februar bis Ende Juni fielen an der Messstation nur knapp 120 mm Niederschlag statt der üblichen 270 mm. Zum Ende der fünfmonatigen Trockenperiode betrug das Niederschlagsdefizit mehr als 100 mm. Nachfolgend setzten im Juli vermehrt Niederschläge ein, sodass das Defizit auf rund 50 mm abnahm. Da im August und September weniger Niederschlag gemessen wurde als im langjährigen Mittel, erhöhte sich das Niederschlagsdefizit bis zum Ende des Vegetationsjahres auf 120 mm.

### Temperatur und Niederschlag im langjährigen Verlauf

Obwohl das aktuelle Vegetationsjahr knapp 1 K kühler war als das bisher wärmste Vegetationsjahr 2023/24, setzt sich der langfristige Erwärmungstrend unvermindert fort. Nach dem gleitenden Mittel der letzten 30 Jahre beträgt die Temperaturzunahme 1,2 K (Abb. unten). Seit April dieses Jahres verwendet der DWD ein neues Verfahren zur Trendlinienberechnung. Das sogenannte LOESS-Verfahren (Locally estimated/weighted Scatterplot Smoothing) bildet den beschleunigten

### Abweichungen von Niederschlag und Temperatur 1961–2025



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

Temperaturanstieg der letzten Jahre realitätsnaher ab als rein lineare Berechnungsmethoden. Dabei werden die Jahresmitteltemperaturen der jüngeren Vergangenheit stärker gewichtet als die der älteren Vergangenheit. Nach dem LOESS-Verfahren beträgt die Erwärmung in Niedersachsen bereits 2,2 K im Vergleich zur Klimanormalperiode. Auch im vergangenen Vegetationsjahr waren alle Monate wärmer als im langjährigen Mittel der Klimanormalperiode und nur der Februar war etwas kühler als das Mittel der aktuellen Referenzperiode 1991–2020. Das Vegetationsjahr 2024/25 war trockener als im langjährigen Mittel. Es fiel ungefähr 130 mm oder 20 % weniger Niederschlag als üblich, wobei acht von zwölf Monaten teilweise deutlich zu trocken waren. Eine fünfmonatige Trockenperiode von Anfang Februar bis Anfang Juli führte dazu, dass die Oberböden (bis 60 cm Tiefe) in Niedersachsen flächenhaft austrockneten.

Die **Nichtvegetationszeit** von Oktober 2024 bis April 2025 war sehr mild und trocken. Die Temperatur erreichte einen Mittelwert von 6,2 °C (Abb. unten, Tab. Seite 23). Damit war die Nichtvegetationszeit 2,0 K wärmer als im langjährigen Mittel der Klimanormalperiode. Die höchsten Abweichungen mit mehr als 2,5 K wurden im Harz beobachtet (Abb. Seite 27 oben links). Auch in den östlichen Landesteilen war die Abweichung

überdurchschnittlich hoch, während im Südwesten von Niedersachsen die positive Temperaturanomalie deutlich unter 2 K lag. Das Niederschlagsdefizit summierte sich auf fast 100 mm des langjährigen Solls. Mit 319 mm im Gebietsmittel fielen weniger als 80 % der üblichen Niederschlagsmenge. Dabei war es im ganzen Land zu trocken, wobei im Harz, wie bereits häufig in den letzten Jahren, das Defizit mit deutlich mehr als 30 % am höchsten war (Abb. Seite 27 unten links).

Auch die **Vegetationszeit** von Mai bis September 2025 war überdurchschnittlich warm und trocken. Die Mitteltemperatur betrug 16,5 °C und lag um 1,6 K über dem 30-jährigen Mittelwert der Klimanormalperiode (Abb. links unten, Tab. Seite 23). Im Harz und im südniedersächsischen Bergland war die Abweichung mit bis zu 2 K am größten, während im nordöstlichen Tiefland mit 1,5 K die niedrigsten Temperaturanomalien gemessen wurden (Abb. Seite 27 oben rechts). Im Flächenmittel von Niedersachsen fielen mit 282 mm nur 83 % der langjährigen Niederschlagsmenge (Abb. links unten, Tab. Seite 23). Dabei war es in den mittleren, östlichen und südlichen Landesteilen besonders trocken. Nur für die küstennahen Regionen wurde ein leichter Niederschlagsüberschuss von bis zu 10 % berechnet (Abb. Seite 27 unten rechts).

## Fazit

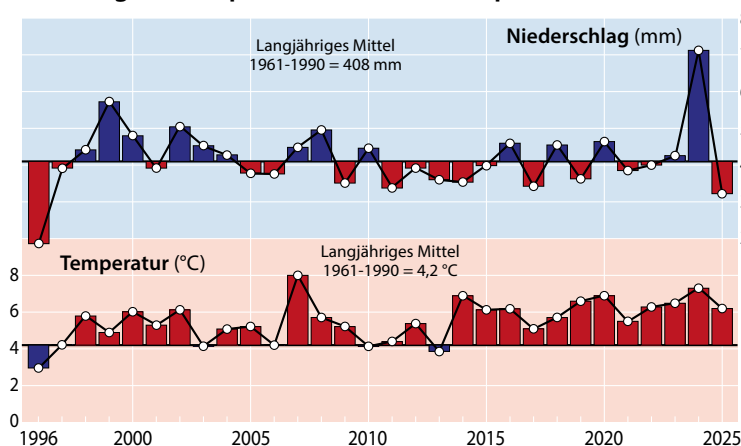
- Das Vegetationsjahr 2024/25 war sehr trocken, warm und sonnenscheinreich. Mit einer Mitteltemperatur von 10,5 °C wurde das langjährige Mittel um 1,8 K übertroffen. Nach der neuen LOESS-Trendlinienberechnung beträgt die Erwärmung in Niedersachsen im Vergleich zur Klimanormalperiode bereits 2,2 K (nach dem gleitenden Mittel der letzten 30 Jahre 1,2 K).
- Alle Monate waren im Vergleich zur international gültigen Klimanormalperiode 1961–1990 teilweise deutlich wärmer.
- Mit 600 mm Niederschlag fielen nur rund 80 % des langjährigen Niederschlagssolls und mehr als 500 mm weniger als im vorausgegangenen Vegetationsjahr.
- Von Februar bis Juli summierte sich das Niederschlagsdefizit auf rund 50 % der langjährigen Niederschlagshöhe. In der Folge trockneten die Oberböden im Frühjahr und Frühsommer in weiten Teilen des Landes stark aus.

## Literatur

- DWD (2024): Monatlicher Klimastatus Deutschland. DWD, Geschäftsbereich Klima und Umwelt, Offenbach, [www.dwd.de/klimastatus](http://www.dwd.de/klimastatus)
- DWD (2025): Monatlicher Klimastatus Deutschland. DWD, Geschäftsbereich Klima und Umwelt, Offenbach, [www.dwd.de/klimastatus](http://www.dwd.de/klimastatus)
- DWD (2025): Pressemitteilung vom 01.04.2025. [https://www.dwd.de/DE/presse/pressekonferenzen/DE/2025/K\\_2025\\_04\\_01/langfassung\\_loess-filter.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=2](https://www.dwd.de/DE/presse/pressekonferenzen/DE/2025/K_2025_04_01/langfassung_loess-filter.pdf?__blob=publicationFile&v=2)

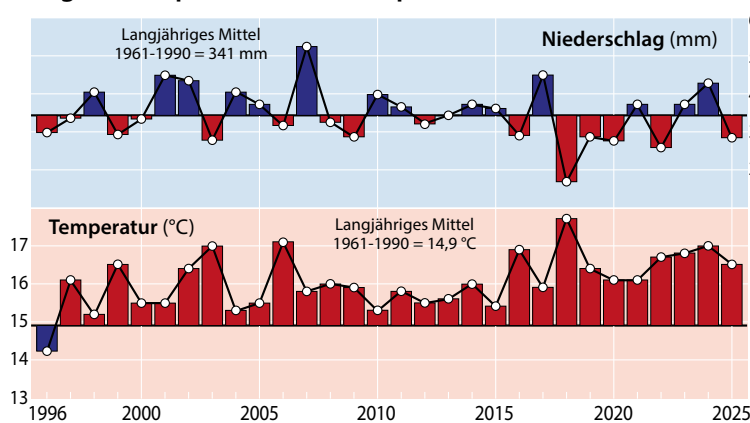
### Langjährige Klimawerte (1996–2025)

#### Nichtvegetationsperiode Oktober bis April, Niedersachsen



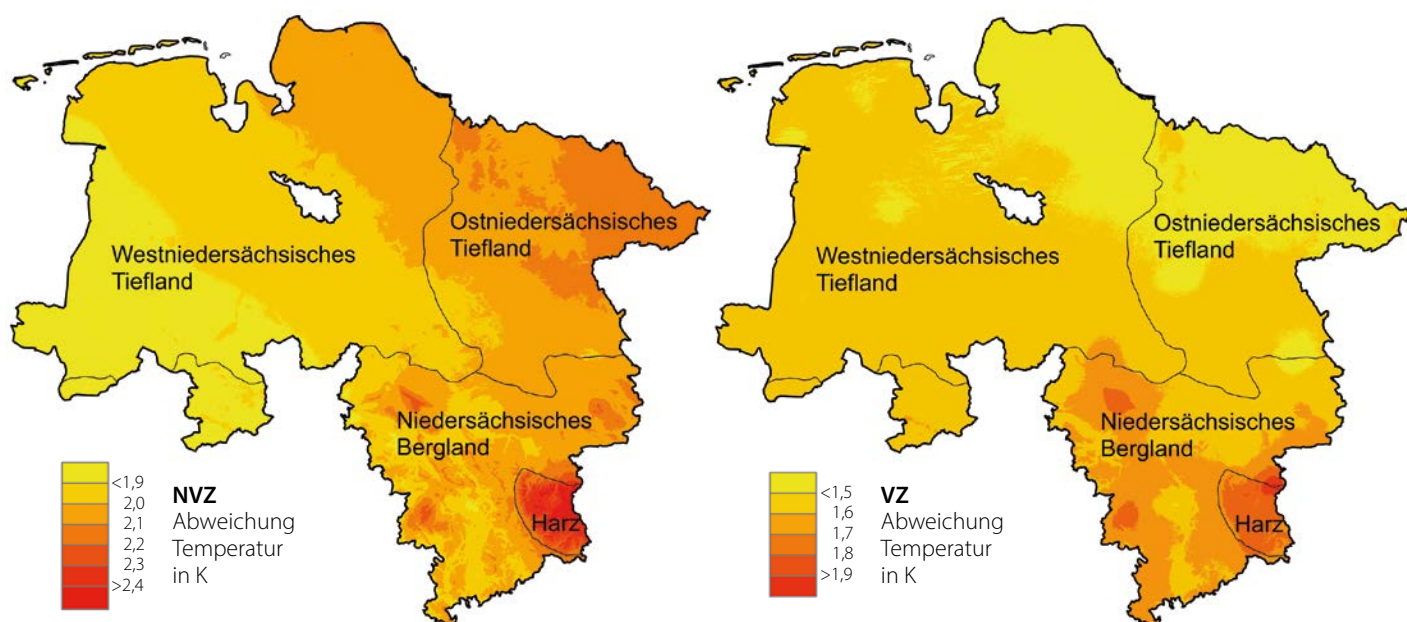
### Langjährige Klimawerte (1996–2025)

#### Vegetationsperiode Mai bis September, Niedersachsen

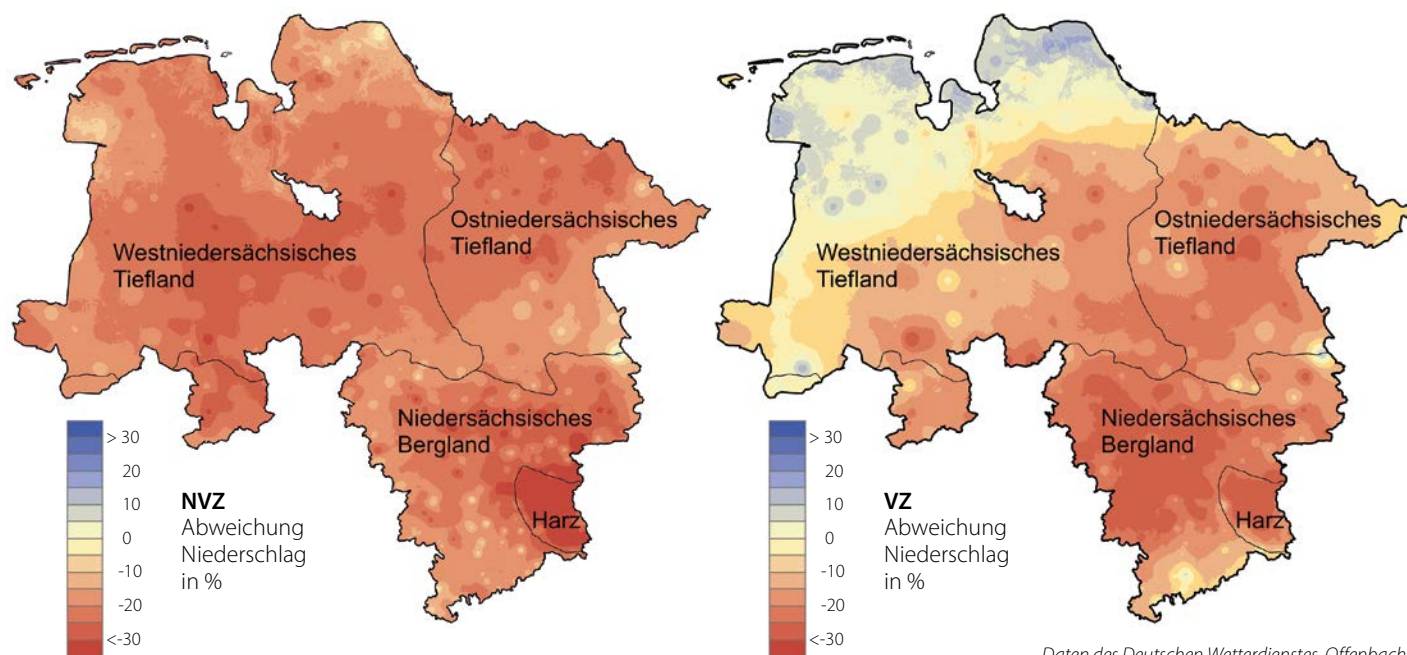


Daten des Deutschen Wetterdienstes, Offenbach

Abweichung der Temperatur vom langjährigen Mittel (1961–1990)  
in der Nichtvegetationszeit (NVZ) 2024/2025 und in der Vegetationszeit (VZ) 2025



Abweichung der Niederschlagssumme vom langjährigen Mittel (1961–1990)  
in der Nichtvegetationszeit (NVZ) 2024/2025 und in der Vegetationszeit (VZ) 2025



Daten des Deutschen Wetterdienstes, Offenbach



Martin Rohde, Rainer Hurling, Gitta Langer, Johanna Bußkamp, Pavel Plašil und Robert Fritz  
<https://doi.org/10.5281/zenodo.17240716>

Borkenkäfer

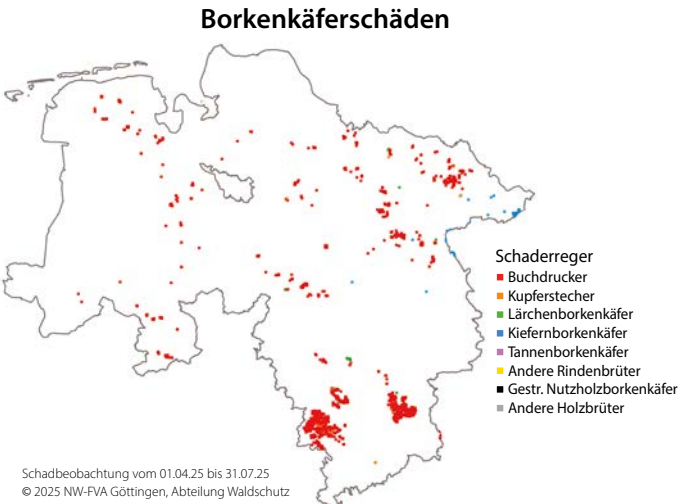
Bereits im Jahr 2024 waren die im Zuständigkeitsgebiet der NW-FVA gemeldeten Schäden durch Borkenkäfer deutlich geringer als in den Vorjahren seit 2018. Die Käfersaison 2025 startete relativ verhalten ab etwa Mitte April, mit deutlich höheren Fangzahlen erst ab der 2. Maiwoche. Ab Mitte Juni wurden etwa vier Wochen lang bei zunächst günstiger Witterung, später häufigeren Niederschlägen und geringen Temperaturen unregelmäßig stärkere Schwärmflüge und nur vereinzelt Neubefall festgestellt. Die in der Tabelle unten für die Käfersaison 2025 (Stand 01.04. bis 31.07.) aufgeführten Meldeanzahlen und zugehörigen Schadvolumina fassen Borkenkäferschäden über alle Baumarten, liegend und stehend, zusammen. Getrennt wird nach Befall durch rindenbrütende bzw. holzbrütende Borkenkäferarten. Der gemeldete Befall durch holzbrütende Borkenkäferarten hat sich gegenüber 2024 in Niedersachsen (2024: 267 m³) erhöht. Außerdem führt die Tabelle unten die ab Anfang Januar gemeldeten Schadvolumina an Windwurf bzw. Windbruch auf. In allen Trägerländern der NW-FVA ist die durch Windwurf und Windbruch verursachte Schadholzmenge gegenüber 2024 bis zum Sommer deutlich geringer ausgefallen.



Foto: M. Spielmann

Borkenkäferschäden an Fichte

Der Umfang des Befalls von Kiefern durch die Kiefernborke­käferarten in der ersten Jahreshälfte 2025 war gegenüber 2024 weiter abnehmend. Die gemeldeten Schäden in der Kiefer beliefen sich auf etwa 5.600 m³ für den Zwölzfähnigen Kiefernborke­käfer (*Ips sexdentatus*) und knapp 6.000 m³ für den Sechszähnigen Kiefernborke­käfer (*Ips acuminatus*). Die Anteile der beteiligten Kiefernborke­käferarten am jeweiligen Schaden schwankten von Forstort zu Forstort stark. Befall durch Kiefernborke­käfer ist in Niedersachsen kleinräumig in fast allen Kiefernregionen vorhanden. Hier tritt auch der Blaue Kiefernprachtkäfer (*Phaenops cyanea*), teils vermischt mit Kiefernborke­käfern, auf. Kupferstecher (*Pityogenes chalcographus*) an Fichte spielte 2025 bislang laut Meldelage nur noch eine untergeordnete Rolle, und auch für den Lärchenborke­käfer (*Ips cembrae*) lagen Meldungen und Schadvolumen auf niedrigem Niveau.



Lage und Verteilung der Borkenkäferschäden in Niedersachsen für die Borkenkäfersaison 2025 (Meldungen im Waldschutzmeldeportal 01.04.2025 bis 31.07.2025)

Prachtkäfer und Kernkäfer an Eiche

Wie schon 2024 wurde Befall durch Eichenprachtkäfer (*Agri­lus biguttatus* u. a.) in einigen Gebieten in Niedersachsen gemeldet. Ausgedehnten, oft mehrjährigen Schadverläufen kann in einigen Fällen mit Sanitärhieben entgegenge­wirkt werden. Die gegenüber den Vorjahren ab Herbst 2024 günstigere Wasserversorgung zeigte in einigen Regionen schon verhalten positive Auswirkungen auf die Vitalität der Eichen. Von Eichenprachtkäfern geschädigte Eichen werden

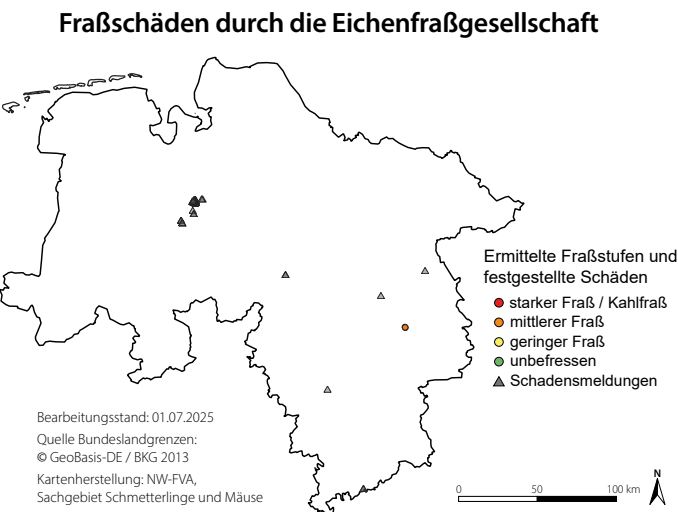
Im Waldschutzmeldeportal gemeldetes Schadvolumen durch rinden- und holzbrütende Borkenkäfer vom 01.04.2025–31.07.2025 sowie Windwurf und Windbruch vom 01.01.2025–31.07.2025

| Gebiet            | Rindenbrütende Borkenkäfer |                   | Holzbrütende Borkenkäfer |                   | Windwurf/-bruch  |                   |
|-------------------|----------------------------|-------------------|--------------------------|-------------------|------------------|-------------------|
|                   | Anzahl Meldungen           | Schadvolumen (m³) | Anzahl Meldungen         | Schadvolumen (m³) | Anzahl Meldungen | Schadvolumen (m³) |
| Niedersachsen     | 2.939                      | 11.649            | 26                       | 1.021             | 3.394            | 6.686             |
| Nationalpark Harz | 0                          | 0                 | 0                        | 0                 | 0                | 0                 |
| Bundesforsten     | 1                          | 130               | 0                        | 0                 | 5                | 5.009             |

auch weiterhin oft in direkter Folge durch den Eichenkernkäfer (*Platypus cylindrus*) besiedelt, häufig in Vergesellschaftung mit dem Eichenholzbohrer (*Xyleborus monographus*) und weiteren im Kernholz brütenden Arten. Der Schadfumfang durch kernbesiedelnde Käferarten verläuft auf ähnlich hohem Niveau wie in den Vorjahren.

Eichenfraßgesellschaft

In der Abbildung unten wird die Verteilung der im ersten Halbjahr 2025 im Waldschutz-Meldeportal (WSMP) erfassten Fraßschäden (Fraßbonitur und Schadensmeldung) durch blattfressende Schadinsekten in Eichenbeständen Niedersachsens dargestellt.



Auftreten blattfressender Schadinsekten (Frostspanner, Eichenwickler, Eichenprozessionsspinner, Eichenfraßgesellschaft, Schwammspinner, Goldafter und Eichenblattwespe) in Eichenbeständen in Niedersachsen im Zeitraum vom 01.01. bis 30.06.2025, Stand: 01.07.2025 (Quelle: Waldschutz-Meldeportal der NW-FVA)

In der Tabelle unten sind die im ersten Halbjahr 2025 im WSMP dokumentierten Fraßereignisse in Eichenbeständen für die in Niedersachsen relevanten Schadorganismen aufgeführt. Sofern die fraßverursachenden Schadorganismen bei der Erfassung im WSMP nicht eindeutig benannt werden konnten, sind diese unter dem Oberbegriff „Eichenfraßgesellschaft“ (EFG) erfasst worden.

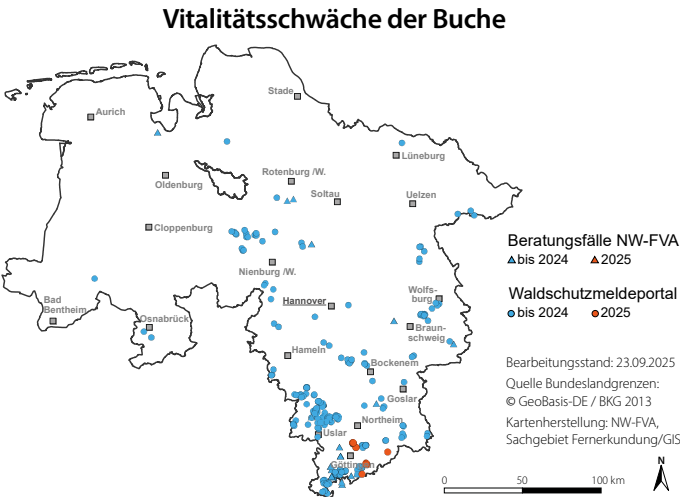
In Niedersachsen wurden im ersten Halbjahr bei der Fraßbonitur in der Bezirksförsterei Fallersleben auf einer Fläche von 9 ha mittlerer Fraß durch den Eichenprozessionsspinner (EPS, *Thaumetopoea processionea*) festgestellt. Weitere

Schäden durch die EFG, den EPS und die Eichenblattwespe (*Periclista lineolata*) wurden auf einer Fläche von insgesamt 313 ha gemeldet. Ein Großteil der Schäden wurde dabei durch die EFG auf einer Fläche von insgesamt 311 ha verursacht, die vor allem in den Forstämtern Neuenburg und Fuhrberg lagen. Bemerkenswert ist zudem eine Schadensmeldung aus dem Forstamt Grünenplan zum Blattfraß durch die Larven der Eichenblattwespe auf 1 ha.

Komplexe Schäden an Rotbuche

Auch 2025 wurden örtlich Absterbeerscheinungen als Langzeitwirkung von Hitze und Trockenheit bei Rotbuchen in Niedersachsen beobachtet, die sich dem Schadbild der sogenannten Buchen-Vitalitätsschwäche zuordnen lassen. Vereinzelt hat das Vorkommen von Buchenwollschildläusen (*Cryptococcus fagisuga*) zugenommen.

Typische Symptome sind vorzeitiger Blattfall, frühzeitiges Verbraunen und Absterben des Laubes in der Krone, Feinreisigverlust, Rindenrisse, Schleimflussflecken, Bildung von Pilzfruchtkörpern verschiedener Arten auf, in und unter der Rinde, Rindennekrosen, abblätternde Rinde, ausbleibender Austrieb im Frühjahr, Absterben von Kronenästen und Stammbereichen, massive Holzverfärbungen sowie zum Teil sekundärer Befall mit Pracht- und Borkenkäfern. Insbesondere der Pilzbefall führt zu einem schnellen Absterben der Bäume und einer schnellen Holzersetzung. In der Regel waren die Schlüsselpathogene



Schadensmeldungen zur Rotbuche bis zum 23.09.2025, zusammengestellt aus Beratungsfällen des Sachgebiets Mykologie und Komplexerkrankungen sowie teilweise zusammengefassten Einzelmeldungen im Waldschutz-Meldeportal der NW-FVA

Ergebnisse der Fraßbonituren und gemeldete Schäden in Eichenbeständen in Niedersachsen im ersten Halbjahr 2025, Stand: 01.07.2025 (Quelle: Waldschutz-Meldeportal der NW-FVA)

| Bundesland    | Fraßverursacher          | Ergebnisse der Fraßbonituren |                    |                     |                                | Schadensmeldungen [ha] | Gesamtfläche [ha] |
|---------------|--------------------------|------------------------------|--------------------|---------------------|--------------------------------|------------------------|-------------------|
|               |                          | unbefressen [ha]             | geringer Fraß [ha] | mittlerer Fraß [ha] | starker Fraß bis Kahlfraß [ha] |                        |                   |
| Niedersachsen | Eichenblattwespe         | –                            | –                  | –                   | –                              | 1,0                    | 1,0               |
|               | Eichenfraßgesellschaft   | –                            | –                  | –                   | –                              | 311,2                  | 311,2             |
|               | Eichenprozessionsspinner | –                            | –                  | 9,1                 | –                              | 1,2                    | 10,3              |
|               | gesamt                   | –                            | –                  | 9,1                 | –                              | 313,4                  | 322,5             |



Hallimasch

Scharlachrotes Pustelpilzchen (*Neonectria coccinea*) und die Pfennigkohlenkruste (*Biscogniauxia nummularia*) beteiligt, und oft gab es auch einen Befall mit Hallimasch (*Armillaria spec.*). Es sind fast alle Altersklassen der Buche betroffen. Die Schäden treten auch bei jüngeren Baumhölzern und in geschlossenen Beständen und sogar in Nordhanglagen auf. Bei den betroffenen Rotbuchen zeichnet sich noch keine grundlegende Erholung ab.

## Eschentriebsterben

Das Eschentriebsterben (ETS) wird in ganz Europa weiterhin auf großer Fläche beobachtet. Der Erreger *Hymenoscyphus fraxineus* ist ein aggressives und höchst erfolgreiches, invasives Pathogen, das sich nach seiner Einschleppung in Mitteleuropa schnell verbreitete und schwerwiegende Folgen für die heimischen Eschen-Populationen hervorgerufen hat (siehe auch Seite 42). Es führt örtlich im Zuständigkeitsbereich der NW-FVA zur Auflösung von Bestandesteilen und zum Absterben von Eschen. Nahezu alle Bestände sind betroffen.

## Rußrindenerkrankung des Ahorns

Als Folge der trockenen Sommer 2018 bis 2020 und 2022 kam es auch in Niedersachsen vermehrt zum Auftreten der Rußrindenerkrankung in Ahornbeständen. Der ursprünglich aus Nordamerika stammende, invasive Schlauchpilz *Cryptostroma corticale* befiel vorrangig Bergahorn, seltener auch Spitzahorn. Zudem wurde *C. corticale* einzelfallweise auch im Gewebe von Stammfußnekrosen bei Gemeinen Eschen im Schadensprozess des Eschentriebsterbens in Niedersachsen nachgewiesen. Mittlerweile kommt die Erkrankung in Wäldern aller Trägerländer der NW-FVA vor. Das Schadgeschehen hat sich aber seit 2023 etwas verlangsamt.

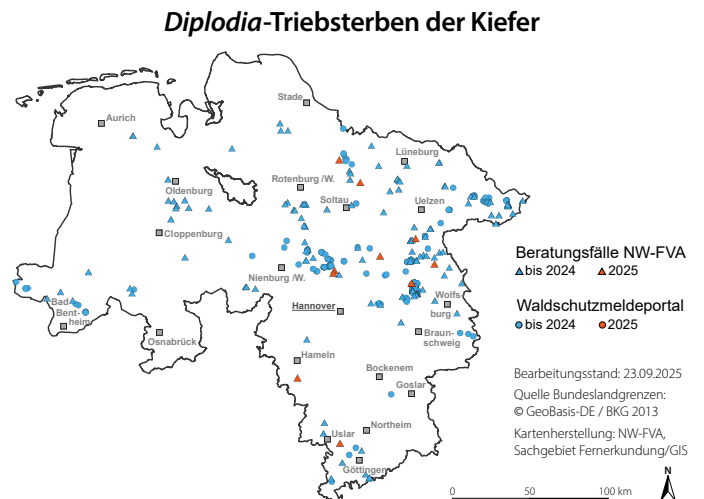
## Tannen-Rindennekrose

Die komplexe Erkrankung der Tannen-Rindennekrose, die seit dem Frühjahr 2017 regional im Zuständigkeitsbereich der NW-FVA beobachtet wird, ist noch nicht zum Stillstand gekommen. Auslösende Faktoren dieser Erkrankung sind die Witterungsbedingungen sowie ein Befall mit (Stamm-) Läu- sen (in der Regel *Adelges piceae*) und nachfolgendem Befall mit dem Mikropilz *Neonectria neomacrospora*. Erkrankte Bäume (*Abies alba* und *A. grandis*) der letzten Jahre sind weiterhin betroffen und fallen durch abnehmende Vitalität auf oder starben teilweise ab. Auch 2025 wurden ähnliche oder entsprechende Absterbeerscheinungen an Küstentanne in Niedersachsen gemeldet.

## Diplodia-Triebsterben der Kiefer

Der wärmeliebende Pilz *Diplodia sapinea* (Synonym: *Sphaeropsis sapinea*) tritt seit den letzten 20 Jahren verstärkt in Kiefernbeständen des Zuständigkeitsgebietes der NW-FVA auf. Die Untersuchungsergebnisse haben gezeigt, dass dieser Pilz endophytisch bundesweit in allen Kiefernbeständen 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 Wasserdefizite durch Trockenheit, Hitze bzw. starke Besonnung oder Verletzungen der Triebe durch Hagelschlag sein. Ein prädisponierender Faktor kann Mistelbefall sein, der ebenfalls Trockenstress hervorruft bzw. verstärkt. Trockenstress kann zudem auf flachgründigen, südexponierten Standorten oder in Kuppenlagen



*Diplodia*-Triebsterben in den Trägerländern der NW-FVA. Quellen: Beratungsfälle und Auswertung des Waldschutz-Meldeportals der NW-FVA bis zum 23.09.2025.



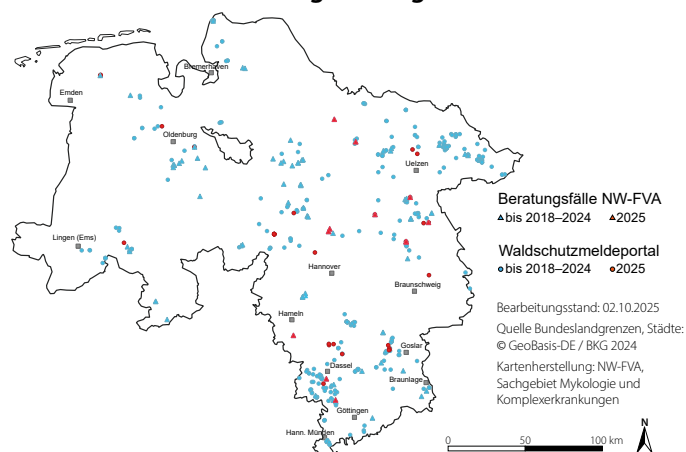
Diplodia-Triebsterben an Kiefer

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.

### Schäden an Douglasien (*Pseudotsuga menziesii*)

Regional wurden auch 2025 starke Vitalitätsverluste bei mittelalten und alten Douglasien infolge von Hitze und Dürre in den Jahren 2018–2020 festgestellt. Sowohl bei Jungpflanzen als auch älteren Douglasien wurde Befall mit Hallimasch (*Armillaria spec.*) und dem Erreger des Kiefertriebsterbens festgestellt. Regional kam es nach den Barfrostergebnissen im Februar 2025 zum vorzeitigen Nadelverlust infolge eines Befalls mit der Rübigen Douglasienschütte (*Nothophaeocryptopus gaeumannii*).

#### Waldschutzmeldungen Douglasie 2018–2025



Auswertung von Schadensmeldungen zur Douglasie in Niedersachsen exklusive Meldungen zu Windwurf. Quellen: Beratungsfälle und Auswertung des Waldschutz-Meldeportals der NW-FVA von 2018 bis 02.10.2025

### Akutes Eichensterben

Seit dem Jahr 2024 treten in Deutschland vermehrt typische Symptome des Akuten Eichensterbens (Acute oak decline, AOD), wie z. B. Schleimfluss am Stamm, auf (Langer et al. 2024). Diese komplexe Erkrankung der Eichen ist assoziiert mit dem Befall durch Eichenprachtkäfer und durch Bakterien aus der Ordnung der Enterobacterales (meist *Brenneria goodwinii*, *Gibbsiella quercinecans* und *Rahnella victoriana*) sowie mit einer vorausgegangenen abiotischen Schwächung der Eichen durch Wassermangel. Zudem können verschiedene pilzliche bzw. pilzähnliche Schaderreger an den Schadensprozessen beteiligt sein. Im Frühsommer des Jahres 2024 konnte die NW-FVA erstmals das Vorhandensein der Bakterien (*B. goodwinii*, *G. quercinecans*) in zwei Eichenbeständen in Sachsen-Anhalt bestätigen (NW-FVA, 2024). *B. goodwinii* wurde sowohl an schwer geschädigten, absterbenden Traubeneichen als auch an Roteichen nachgewiesen. Im Rahmen eines Screenings in mehreren Bundesländern konnten alle drei AOD-assoziierten

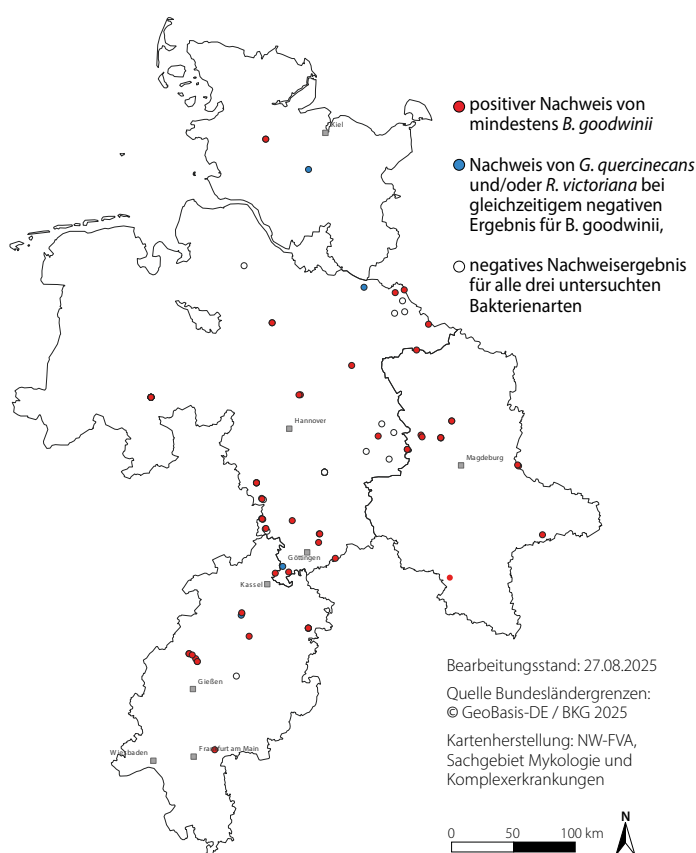
Bakterienarten von der NW-FVA in Deutschland nachgewiesen werden und erste Ergebnisse zeigen, dass AOD-Symptome weit verbreitet vorkommen. In der Mehrzahl (71 %) der untersuchten Bestände (n = 65) zum Stichtag 30.06.2025 ließ sich mindestens das vermutete bakterielle AOD-Schlüsselpathogen *B. goodwinii* nachweisen. In insgesamt 75 % der untersuchten Bestände wurde mindestens eine der mit AOD assoziierten Bakterienarten festgestellt.



Schleimfluss an Eiche

Foto: J. Weymar

#### Vorkommen mit AOD-assoziierten Bakterien



Untersuchte Bestände in Niedersachsen auf Vorkommen mit AOD-assoziierten Bakterien mittels qPCR (quantitative Echtzeit Polymerase-Kettenreaktion) – Nachweisverfahren nach Crampton et al. (2020), Stand: 27.08.2025. Kreise symbolisieren untersuchte Bestände.

### Literatur

- Crampton, B. G.; Plummer, S. J.; Kaczmarek, M.; McDonald, J. E. & Denman, S. (2020). A multiplex real-time PCR assay enables simultaneous rapid detection and quantification of bacteria associated with acute oak decline. *Plant Pathology*, 69(7), 1301-1310 <https://doi.org/10.1111/ppa.13203>
- Langer, G. J.; Tropf J.-S.; Bußkamp, J.; Bien, S. (2024): Forschung zu Schäden an Rotbuchen und Eichen in den Projekten BucheAkut, Tro-WaK und VitaWald. *ImDialog*. 04/2024, 8–11
- NW-FVA (2024): Waldschutzinfo Nr. 2024-04 Eichensterben: Erstmals Beteiligung von Bakterien an betroffenen Eichen in Sachsen-Anhalt und Niedersachsen nachgewiesen. Göttingen: Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt, Abteilung Waldschutz. Retrieved from <https://doi.org/10.5281/zenodo.13837690>.

# Atmosphärische Stoffeinträge bis 2024

**Birte Scheler**

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17240946>

Nähr- und Schadstoffe werden sowohl in gelöster Form mit dem Niederschlag als auch gas- und partikelförmig mit der Luft in Wälder eingetragen. Aufgrund ihrer großen Kronenoberfläche filtern Bäume große Mengen an Schadstoffen und (Fein-)Stäuben aus der Luft (Immissionsschutzfunktion). Der atmosphärische Stoffeintrag ist deshalb in Wäldern höher als bei allen anderen Landnutzungsformen. Diese Einträge stellen jedoch für das Ökosystem Wald eine Belastung dar, weil hohe Einträge von Säure und Stickstoff durch Versauerung und Eutrophierung das chemische Bodenmilieu verändern. 1968 wurde im Solling mit der systematischen Erfassung der Stoffeinträge in je einem Buchen- und Fichtenbestand begonnen. Ab den frühen 1980er Jahren wurde in Niedersachsen sukzessiv ein Messnetz zur Quantifizierung der Schwefel-, Stickstoff- und Säureinträge aufgebaut. Dieses ermöglicht die Untersuchung der Folgen und Risiken für Wälder, Waldböden und angrenzende Ökosysteme, die mit erhöhten Stoffeinträgen verbunden sein können. Aktuell werden im Rahmen des Intensiven Forstlichen Umweltmonitorings in Niedersachsen die Stoffeinträge in drei Buchenaltbeständen, je einem Kiefern-, Fichten- und sehr lichten Eichenaltbestand sowie einem ca. 25-jährigen Fichtenjungbestand (Solling) erfasst. Drei langjährig untersuchte Fichtenbestände im Harz sind nach Borkenkäferbefall abgestorben und die Flächen geräumt worden. Hier wird aktuell nur noch der Stoffeintrag im Freiland gemessen.

Jeder Bestandesmessfläche (Kronentraufe) ist eine Freifläche (Freilandniederschlag) zugeordnet. In Buchenbeständen wird zur Erfassung des Bestandesniederschlags neben der Kro-

nentraufe zusätzlich der bei dieser Baumart mengenmäßig bedeutsame Stammablauf gemessen. Mittels eines Kronenraumbilanzmodells (Ulrich 1994) werden aus den gemessenen Stoffflüssen Gesamtdpositionsraten berechnet.

Die Höhe der Stoffeinträge wird maßgeblich durch verschiedene Faktoren wie Niederschlagsmenge, -intensität und -verteilung, Windgeschwindigkeit, Baumart, Bestandeshöhe, Kronenrauigkeit 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 dichten, ganzjährigen Benadelung stärker durch Stoffeinträge belastet als Buchen- und Eichenbestände. Dieser Baumarteneffekt zeigt sich sehr gut im Solling, wo eine Fichten- und eine Buchenfläche in unmittelbarer Nachbarschaft und somit unter gleichen klimatischen Verhältnissen beobachtet werden.

## Niederschlag

2024 war nach 2023 ein weiteres niederschlagsreiches Jahr. Zwar fiel auf allen Frei- und Bestandesmessflächen weniger Niederschlag als 2023, im Vergleich zum 10-jährigen Mittel der Jahre 2014–2023 wurden jedoch auf allen Flächen deutlich höhere Mengen registriert. Der Freilandniederschlag erreichte 2024 Werte zwischen 849 mm (Göttinger Wald) und 1316 mm (Solling). Er lag zwischen 70 mm (Augustendorf) und 239 mm (Solling) über dem Mittel der Jahre 2014–2023. Der Bestandesniederschlag betrug zwischen 655 mm (Augustendorf, Kiefer) und 1143 mm (Solling, Buche). Im Vergleich zum Mittel des Zeitraums 2014–2023 fiel zwischen 40 mm (Augustendorf, Kiefer) und 338 mm (Solling, Fichte) mehr Niederschlag.



Foto: B. Scheler

Geräumte Fichtenbestände in der Langen Bramke

Relativ gesehen fiel im Freiland zwischen 108 % (Augustendorf) und 125 % (Göttinger Wald) und im Bestand zwischen 107 % (Augustendorf, Kiefer) und 142 % (Solling, Fichte) des 10-jährigen Niederschlagsmittels (2014–2023). Die Höhe der Kronentraufe im Fichtenjungbestand (Solling) war 122 mm geringer, die Interzeption 7 % höher als im Altbestand auf der gleichen Fläche.

dem erreichten sehr niedrigen Niveau. Entsprechend betrug 2024 der Sulfatschwefeleintrag je Hektar im Freiland zwischen 1,4 kg (Göttinger Wald) und 2,5 kg (Solling) sowie im Bestand zwischen 2,2 kg (Göttinger Wald, Buche) und 4,3 kg (Solling, Fichte). Im Fichtenjungbestand (Solling) betrug er hingegen nur 2,7 kg je Hektar, das entspricht rund zwei Drittel des Eintrags des Altbestands.

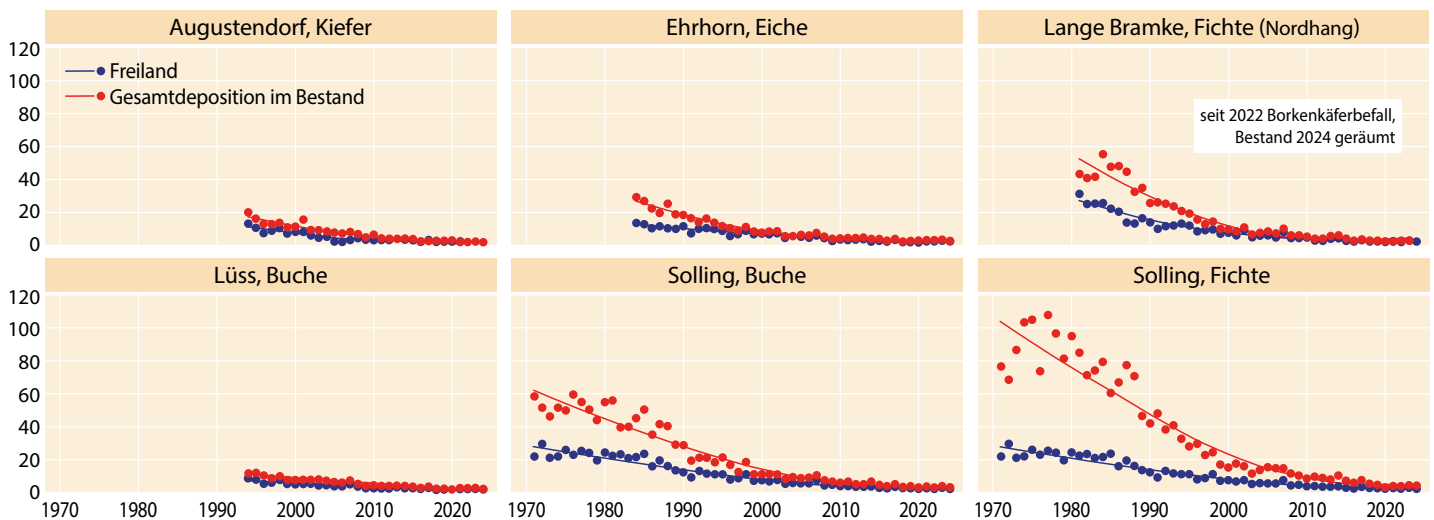
## Schwefeleintrag

Durch die konsequente Umsetzung von Maßnahmen zur Luftreinhaltung wie Rauchgasentschwefelung sowie die Einführung schwefelarmer bzw. schwefelfreier Kraft- und Brennstoffe wurden die Schwefeldioxidemissionen wirksam reduziert. Durch dieses Maßnahmenpaket sind die ehemals sehr hohen Schwefeleinträge in die Waldökosysteme nur noch sehr gering. Einige Flächen (Augustendorf, Kiefer; Göttinger Wald, Buche; Solling, Fichte) zeigen in den letzten 10 Jahren weiterhin einen signifikanten Rückgang der Schwefeleinträge. Auf allen anderen Flächen verharren die Schwefeleinträge auf

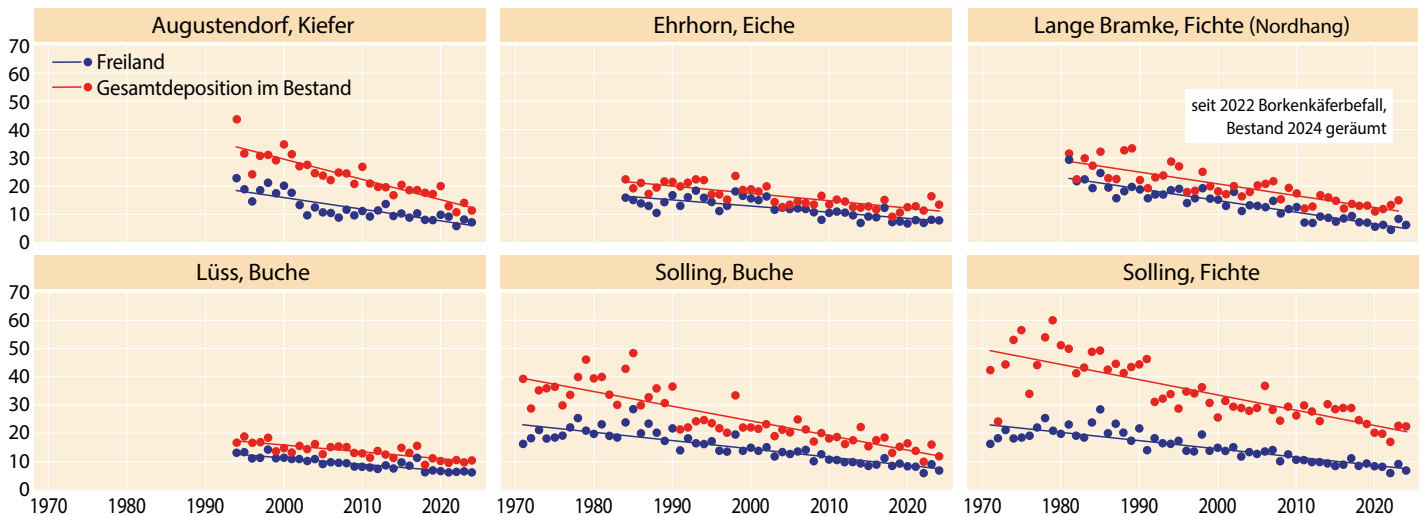
## Stickstoffeintrag

Stickstoff wird als Nitrat (oxidierte Form: Kfz-Verkehr, Verbrennungsprozesse) und als Ammonium (reduzierte Form: landwirtschaftliche Quellen) in das Ökosystem eingetragen. Der Ammoniumanteil am anorganischen Stickstoffeintrag lag im 10-jährigen Mittel (2015–2024) im Freiland zwischen 52 % (Lange Bramke) und 66 % (Augustendorf). Der hohe Ammoniumanteil am anorganischen Stickstoffeintrag in Augustendorf ist durch die intensive Landwirtschaft einschließlich Intensivtierhaltung in dieser Region bedingt. Seit Untersuchungsbeginn haben die Nitratstickstoffeinträge

### Sulfatschwefeleintrag ( $\text{SO}_4\text{-S}$ ) auf ausgewählten Monitoringflächen in kg je Hektar und Jahr



### Stickstoffeintrag ( $\text{NH}_4\text{-N} + \text{NO}_3\text{-N}$ ) auf ausgewählten Monitoringflächen in kg je Hektar und Jahr



durchgezogene Linie: signifikante Abnahme

baumartenübergreifend auf allen Monitoringstandorten signifikant abgenommen. In dem für alle Flächen gemeinsamen 31-jährigen Zeitraum (1994–2024) betrug der mittlere, jährliche Rückgang je Hektar zwischen 0,13 kg (Lüss, Buche) und 0,22 kg (Solling, Fichte). In den vergangenen zehn Jahren (2015–2024) war er dagegen nur noch auf den Flächen Augustendorf (Freiland, Kiefer), Göttinger Wald (Freiland, Buche) sowie Lüss (Freiland) deutlich rückläufig, während er auf den anderen Flächen auf dem Niveau der Vorjahre verharrt. 2024 betrug er je Hektar im Freiland zwischen 2,2 kg (Göttinger Wald) und 3,1 kg (Solling) und unter Buche (Gesamtdeposition) zwischen 4,5 kg (Lüss, Göttinger Wald) und 5,2 kg (Solling). Unter Kiefer (Augustendorf) belief sich die Gesamtdeposition von Nitratstickstoff pro Hektar auf 4,4 kg, unter Fichte (Solling) auf 10,4 kg. Im Fichtenjungbestand (Solling) betrug der Nitratstickstoffeintrag mit 5,1 kg je Hektar nur 50 % des Eintrags des Fichtenaltbestands.

Der Ammoniumstickstoffeintrag hat auf den niedersächsischen Intensiv-Monitoringflächen ebenfalls signifikant abgenommen. Der mittlere, jährliche Rückgang je Hektar lag im Zeitraum 1994–2025 zwischen 0,11 kg (Lüss, Buche) und 0,53 kg (Augustendorf, Kiefer). Betrachtet man die letzten 10 Jahren 2015–2024, wurde eine deutliche Abnahme nur für die Bestandesflächen Augustendorf (Kiefer), Göttinger Wald (Buche), Lüss (Buche) und Solling (Fichte) beobachtet. 2024 lag der Ammoniumstickstoffeintrag im Freiland zwi-

schen 2,5 kg (Göttinger Wald) und 5,0 kg (Ehrhorn) je Hektar und unter Buche zwischen 4,4 kg (Göttinger Wald) und 6,4 kg (Solling). Unter Kiefer (Augustendorf) betrug er pro Hektar 7,0 kg und unter Fichte (Solling) 12,2 kg. Im Fichtenjungbestand (Solling) betrug der Ammoniumstickstoffeintrag mit 6,0 kg nur 50 % des Eintrags des Fichtenaltbestands.

Durch die Umsetzung verschiedener Maßnahmen zur Reduktion der Stickstoffemissionen haben die anorganischen Stickstoffeinträge seit Untersuchungsbeginn deutlich abgenommen. Die mittleren jährlichen Abnahmen von Nitrat- bzw. Ammoniumstickstoff in Höhe von 0,1 kg bis 0,5 kg je Hektar seit 1994 erscheinen auf den ersten Blick gering. In der Summe hat der anorganische Stickstoffeintrag in diesem Zeitraum jedoch zwischen 7,2 kg (Lüss, Buche) und 21,5 kg (Augustendorf, Kiefer) abgenommen. Die relative Abnahme lag auf allen Flächen zwischen rund 35 % und 50 %.

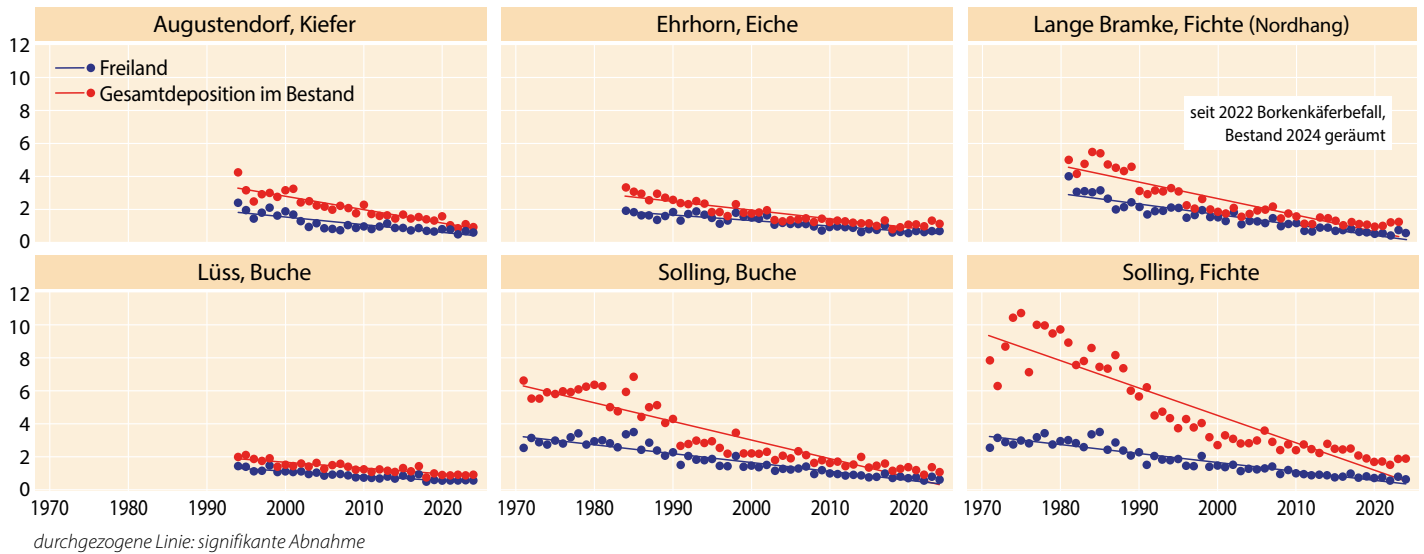
Trotz der beobachteten Abnahme sind die anthropogen bedingten atmosphärischen anorganischen Stickstoffeinträge je Hektar und Jahr mit Werten von bis zu 14,0 kg unter Buche (Solling), 19,9 kg unter Fichte (Solling) und 14,4 kg unter Kiefer (Augustendorf) (Mittel 2020–2024) immer noch hoch. Bei einer langfristigen Überschreitung der Belastungsgrenzen können nach dem bisherigen Kenntnisstand schädigende Effekte nicht ausgeschlossen werden.

Negative Auswirkungen von jahrzehntelang zu hohen Stickstoffeinträgen können gegenwärtig im Harz beobachtet



Foto: M. Brünjes

Level II-Buchenfläche Solling

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

werden. Durch Borkenkäferbefall sind in den letzten Jahren riesige Freiflächen entstanden. Das veränderte Mikroklima auf diesen Freiflächen fördert die rasche Mineralisierung des in der organischen Substanz des Bodens gebundenen Stickstoffs. Die freigesetzten Ionen werden jedoch durch die fehlende Baumschicht nur zu einem sehr kleinen Teil aufgenommen. Entsprechend sind kurzfristig erhöhte Nitratkonzentrationen im Sickerwasser die Folge. Da die Ladungssumme der Ionen im Sickerwasser ausgeglichen sein muss, führen hohe Austräge von Anionen (wie Nitrat) auch zu hohen Austrägen an Begleitkationen wie Calcium, Magnesium, Kalium und Aluminium mit dem Sickerwasser. Hierdurch verlieren die Ökosysteme zusätzlich wichtige Nährstoffe aus den ohnehin meist nährstoffarmen Waldböden. Angrenzende Ökosysteme wie Oberflächen- und Grundgewässer werden ggf. durch hohe Nitratausträge sowie hohe Konzentrationen saurer Kationen wie Aluminium gefährdet. Zum Schutz der Ökosysteme ist eine weitere Reduktion der Stickstoffemissionen wichtig.

## Gesamtsäureeintrag

Der Gesamtsäureeintrag berechnet sich als Summe der Gesamtdeposition von Nitrat, Ammonium, Sulfat und Chlorid (jeweils nicht seesalzbürtige Anteile, Gauger et al. 2002). 2024 betrug der Gesamtsäureeintrag je Hektar im Freiland zwischen 0,4 kmol<sub>c</sub> (Göttinger Wald) und 0,7 kmol<sub>c</sub>, (Ehrhorn), unter Buche zwischen 0,8 kmol<sub>c</sub> (Göttinger Wald) und 1,1 kmol<sub>c</sub> (Solling), 0,9 kmol<sub>c</sub> unter Kiefer (Augustendorf) sowie 1,9 kmol<sub>c</sub> unter Fichte (Solling). Im Fichtenjungbestand im Solling belief sich der Gesamtsäureeintrag auf 1,0 kmol<sub>c</sub>, nur rund 50 % des Gesamtsäureeintrags des Fichtenaltbestands auf der gleichen Fläche.

Ein Teil des Säureeintrags wird durch die ebenfalls mit dem Niederschlag eingetragenen Basen gepuffert. Berücksichtigt man diese Pufferleistung und zieht die nicht seesalzbürtigen Anteile der Basen Calcium, Magnesium und Kalium vom Ge-

samtsäureeintrag ab, erhält man den ökosystemar bedeutsamen Netto-Gesamtsäureeintrag (Gauger et al. 2002).

Auf den niedersächsischen Flächen des Intensiven Monitorings wurden im Mittel der Jahre 2020–2024 zwischen 12 % (Augustendorf, Kiefer) und 30 % (Lüss, Buche) der Gesamtsäureeinträge durch nicht seesalzbürtige eingetragene Basen abgepuffert.

Obwohl die Gesamtsäureeinträge deutlich zurückgegangen sind (Abb. oben), zeigen viele Standorte erhöhte Konzentrationen von basischen und/oder sauren Kationen im Sickerwasser. Dieses gilt insbesondere für Standorte, die in der Vergangenheit hohen Schwefeldepositionen ausgesetzt waren. Auf entsprechenden Standorten werden nach wie vor standortsangepasste Bodenschutzkalkungen erforderlich sein, um das Nährstoffangebot und die Filterfunktion der Waldböden langfristig zu erhalten und zu stabilisieren.

*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.
- Ulrich, B. (1994): Nutrient and Acid-Base Budget of Central European Forest Ecosystems. In: Godbold, D. u. Hüttermann, A.: Effects of Acid Rain on Forest Processes. Wiley-Liss. New York. S. 1-50.

Dario Wolbeck, Marcus Schmidt und Andreas Mölder

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17241153>

Die große Bedeutung historischer Waldnutzungsformen für den Waldnaturschutz wird zunehmend erkannt. Neben der Nieder- und Mittelwaldwirtschaft (Mölder u. Schmidt 2023) zählt insbesondere die Waldweide zu den traditionellen Waldnutzungen, die über Jahrhunderte bis Jahrtausende hinweg das Erscheinungsbild der mitteleuropäischen Waldlandschaften maßgeblich geprägt haben. Waldbereiche, in denen die durch Waldweide entstandenen Strukturen bis heute erhalten geblieben sind, werden als historische Hutewälder bezeichnet (Wolbeck et al. 2025). Diese zeichnen sich durch eine besondere Vielfalt von Arten aus, die an einen hohen Strukturreichtum lichter Waldstrukturen und eine lange Habitatkontinuität gebunden sind (Kratochwil u. Aßmann 1996, Assmann u. Falke 1997, Plieninger et al. 2015, Lőrincz et al. 2024). Häufig finden sich in diesen Beständen kulturhistorische Relikte der früheren Nutzung, wie etwa Grenzsteine von Hutebezirken oder Bäume mit charakteristischen Schneitelformen (Jørgensen u. Quelch 2014).

Von dieser einst in Deutschland und Europa weit verbreiteten Nutzungsform (Seidensticker 1896, Bergmeier et al. 2010) sind heute nur noch kleinflächige Reste erhalten (Glaser u. Hauke 2004). Nach unseren Hochrechnungen im Rahmen eines von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt geförderten Projekts (Nr. 38031/01) beläuft sich der aktuelle Bestand historischer Hutewälder bundesweit auf etwa 10.000 Hektar. Das entspricht lediglich 0,1 % der deutschen Waldfläche. Damit ist dieser Biotoptyp wesentlich seltener als andere historische Waldnutzungsformen wie Niederwälder (32.500 ha) und Mittelwälder (46.000 ha) (Mölder u. Schmidt 2023). Die verbliebenen Bestände werden heute in der Regel nicht mehr beweidet und eine auf den Erhalt der spezifischen Schutzgüter ausgerichtete Pflege findet nur noch in Ausnahmefällen statt – und dies, obwohl der Biotoptyp Hutewald in der Roten Liste der Biotoptypen Deutschlands als „akut von vollständiger Vernichtung bedroht“ eingestuft wird (Finck et al. 2017).



Foto: D. Wolbeck

Frühlingsaspekt im mit Rindern beweideten historischen Hutewald Lange Bahn im Bramwald, Südniedersachsen

Dennoch gibt es gute Gründe, optimistisch in die Zukunft zu blicken. So entstehen vermehrt lokale Beweidungsprojekte in historischen Hutewaldbeständen, die exemplarisch aufzeigen, wie Waldweide unter heutigen Rahmenbedingungen erfolgreich zum integrativen Waldnaturschutz beiträgt (Sonnenburg u. Gerken 2004, Menke 2012, Thiery 2021, Tielkes et al. 2025). Zudem betonen Konzepte von Bund und Ländern, wie etwa die Nationale Strategie zur Biologischen Vielfalt 2030 oder das Niedersächsische Landschaftsprogramm, die Notwendigkeit der Wiederentwicklung von Waldweidekonzepten und eines angepassten Schutzes historischer Hutewälder, um deren einzigartige Biodiversität und kulturhistorische Bedeutung zu bewahren (z. B. BMUV 2024, MU 2021, WBW u. WBBGR 2020).

## Biodiversität

Hutewälder vereinen Strukturen halboffener und bewaldeter Lebensräume und besitzen daher das Arteninventar beider Habitate, ergänzt um Spezialisten lichtreicher Waldstandorte (Vossel u. Assmann 1995, Assmann u. Falke 1997, Lőrincz et al. 2024). Charakteristisch für historische Hutewälder sind insbesondere ein hoher Anteil an Alt- und Totholz sowie eine außergewöhnliche Vielfalt an Baummikrohabitaten (Ranius u. Jansson 2000, Broughton et al. 2022). Da viele dieser Wälder nachweislich seit der frühen Neuzeit bestehen, sind ihre Habitatstrukturen seit mehreren Jahrhunderten kontinuierlich vorhanden. Diese langfristige Habitatkontinuität ist von großer Bedeutung für spezialisierte, häufig ausbreitungsschwache Arten – insbesondere Holzkäfer, Pilze und Flechten – und gilt als kaum oder gar nicht regenerierbar (Jørgensen u. Quelch 2014).

Auch ohne Weidenutzung haben viele historische Hutewälder durch Beweidung entstandene Habitatmerkmale, Strukturen und Arten bis heute bewahrt. Diese sind jedoch zunehmend durch die natürliche Sukzession schattentoleranter Baumarten, insbesondere der Rotbuche und der Hainbuche, gefährdet. Die damit einhergehende Vereinheitlichung der Lichtverhältnisse und zunehmende Beschattung führen insbesondere zum Verlust lichtbedürftiger Arten, die auf besonnte Habitatstrukturen angewiesen sind (Heinecke 2000, Schaffrath 2001, Kaiser 2008). In der Krautschicht verschwinden zunächst konkurrenzschwache, später lichtliebende Arten (Topp et al. 2018).

Nur durch eine fortgesetzte oder wiederaufgenommene Beweidung lässt sich die Habitatkontinuität historischer Hutewälder nachhaltig bewahren. Darüber hinaus schafft das Weidevieh zusätzliche wertvolle Strukturen wie Rohbodenstellen, die etwa für Wildbienen bedeutend sind, oder liefert Dung, der spezialisierten Käferarten als Lebensgrundlage dient (Jedicke 2015, Buse et al. 2022). Auch Mikrohabitats an Bäumen entstehen unter dem Einfluss der Weidetiere in verstärktem Maße.

## Hutewaldwirtschaft historisch

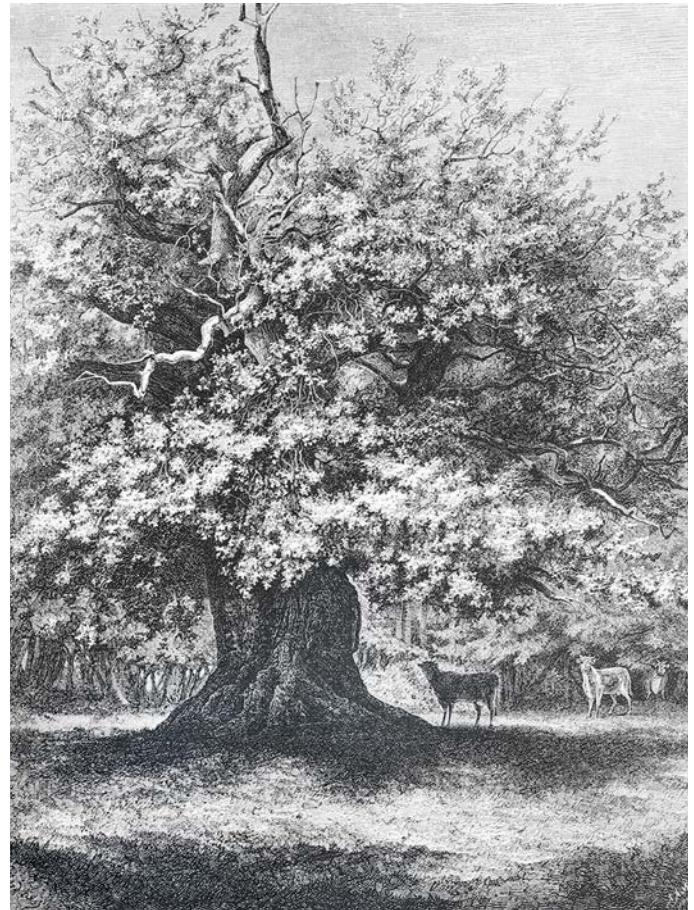
Waldweide und Waldmast zählen zu den ältesten Waldnutzungsformen Mitteleuropas. Seit der Sesshaftwerdung des Menschen und der Entwicklung der Viehhaltung in Mitteleuropa vor etwa 6000 Jahren wurde der Wald als Weidefläche genutzt (Bergmeier et al. 2010, Ptáková et al. 2021). Die Waldweide war fest in den jahreszeitlichen Zyklus der Viehhaltung integriert und spielte eine zentrale Rolle für die Sicherung der Lebensgrundlagen der Bevölkerung. Wiesen waren bis zum Ende des 19. Jahrhunderts fast ausschließlich für die Heugewinnung zur Winterfütterung reserviert (Berthold 2023), während das Vieh in den Sommermonaten zur Weide in den Wald getrieben wurde (Burckhardt 1864, Vowinkel 1998, Franke et al. 2002).

Der Erhalt der Waldbestände war dabei von großer Bedeutung, da sie neben Grünfutter auch zahlreiche weitere Ressourcen zur Verfügung stellten. Dazu gehörten etwa Eicheln und Bucheckern für die Schweinemast, Brenn- und Bauholz, Gerberrinde, Heilpflanzen und Früchte (Burckhardt 1879, Oppermann 2014). Die Waldweide stellte damit eine differenzierte Wirtschaftsform dar, die spätestens seit dem Mittelalter unter zunehmender staatlicher Kontrolle stand. In Hutereglementen wurde die Nutzung formal geregelt, um die nachhaltige Bewirtschaftung des Waldes und die Sicherung seiner vielfältigen Erträge zu gewährleisten (Grebe 1861, Hesser u. Schroeder 1963).

Mancherorts kam es ab dem 17. Jahrhundert insbesondere aufgrund von Bevölkerungswachstum zu einer Überbeanspruchung der Wälder auch durch die Viehweide, deren Ablösung die moderne Forstwirtschaft ab dem ausgehenden 18. Jahrhundert anstrebte (Mölder u. Schmidt 2024). Darüber hinaus machten Fortschritte in der Landwirtschaft die Hutewaldwirtschaft im 19. Jahrhundert zunehmend unattraktiv, und der wirtschaftliche Fokus im Wald verlagerte sich insgesamt auf Bauholz als Hauptnutzung (Burckhardt 1879, Huss et al. 2017). Diese Entwicklungen führten im späten 19. und frühen 20. Jahrhundert zur weitgehenden Aufgabe der Waldweide und letztlich zum Verlust wertvoller Lebensräume (Meyer et al. 2018).

## Merkmale historischer Hutewälder

Eine reglementierte Waldweide führt zur Entwicklung eines heterogenen, lichten Waldbestandes mit einer dichten, artreichen Krautschicht mit zahlreichen Elementen der Magerrasen und Heiden (Hüppe 1997). Markante Baumformen rühren vom Einfluss großer Weidetiere her (Pott u. Hüppe 1991) und lassen sich in vielen aufgegebenen früheren Waldweiden noch heute erkennen. Bei Waldbeweidung überlebt durch selektiven Verbiss nur ein Teil der Gehölzverjüngung. Die zurückbleibenden Bäume wachsen krumm auf und entwickeln bereits in jungen Jahren Mikrohabitate



*Die Amalien-Eiche im Hasbruch mit Rindern auf der Waldweide. Holzstich von W. Aarland und H. Friedrich nach einer Skizze von F. Lindner (1880)*

(Ranius u. Jansson 2000). Besonders die Eiche profitiert vom Verbiss schattentoleranter Konkurrenzarten – historisch war sie zudem von zentraler Bedeutung für die Schweinemast (Burckhardt 1879, Seidensticker 1896). Infolgedessen sind viele historische Hutewälder bis heute durch markante, dickstämmige und krumme Eichen mit tief ansetzenden, ausladenden Kronen geprägt. Diese entstanden entweder durch ihre relative Solitärstellung im lichten Bestand oder gezieltes Kappen zur Erhöhung des Mastertrages (Wolbeck et al. 2025). Auch wurden Eichen planmäßig nachgepflanzt oder Eichen-Pflanzwälder im systematischen Raster von ca. 10 x 10 Meter angelegt, die Waldweide, Mast und Holzwirtschaft vereinten (Burckhardt 1864, Seidensticker 1896).

Neben Eichen finden sich in historischen Hutewäldern häufig Kopfbäume, meist Hainbuchen, die in 2 – 3 m Höhe – oberhalb der Mäuler des Viehs – regelmäßig geschneitelt wurden, etwa zur Gewinnung von Laubheu, Flechtmaterial oder Brennholz (Burrichter u. Pott 1983, Pott u. Hüppe 1991). Die Strauchschicht wird häufig von dornenreichen Arten geprägt, die vom Weidevieh gemieden werden, etwa Weiß- und Schwarzdorn, Wildrosen oder Wacholder (Seidensticker 1896). Diese Gehölze begünstigen die sogenannte „Käfigverjüngung“, indem sie jungen Bäumen Schutz vor Verbiss bieten (Pott u. Hüppe 1991). Auch Wildapfel und Wildbirne zählen zu den dornenbewehrten Arten, deren Früchte historisch zur Viehmast genutzt wurden (Michel u. Mahn 1998).

## Situation der Hutewälder in Niedersachsen

In Niedersachsen konnte eine Gesamtfläche von etwa 1250 Hektar historischer Hutewälder recherchiert werden, verteilt auf 127 Einzelflächen. Für alle Trägerländer der NW-FVA (Hessen, Niedersachsen, Sachsen-Anhalt und Schleswig-Holstein) ergibt sich eine Gesamtfläche von rund 3750 Hektar. Damit entfällt ein Anteil von einem Drittel (ca. 33 %) des Bestandes dieser Bundesländer auf Niedersachsen. Von den in Niedersachsen erfassten Flächen sind 65 zu mindestens 10 % von Fauna-Flora-Habitat-(FFH-)Gebieten abgedeckt, während 36 Flächen zu mindestens 10 % innerhalb von Naturschutzgebieten liegen.

Ein regionaler Schwerpunkt der Verbreitung historischer Hutewälder befindet sich in Südniedersachsen. Die Relikte im Solling und im Bramwald bilden zusammen mit angrenzenden Vorkommen im hessischen Reinhardswald einen bundesweit bedeutsamen Verbreitungsschwerpunkt eichen-, buchen- und hainbuchenreicher Hutewälder. Weitere Konzentrationen finden sich entlang des westlichen Harzrandes, im Ems- und Oldenburger Land, in der Lüneburger Heide sowie in der Gohrde.

In Niedersachsen bestehen seit mehreren Jahren verschiedene Projekte, die mittels gezielter Beweidungsmaßnahmen die Habitatqualität historischer Hutewälder erhalten sollen. Nach aktuellem Kenntnisstand werden 43 der niedersächsischen Flächen zumindest teilweise beweidet. In vier Flächen findet eine Kopfbaumschneitelung statt. Zahlreiche dieser Maß-

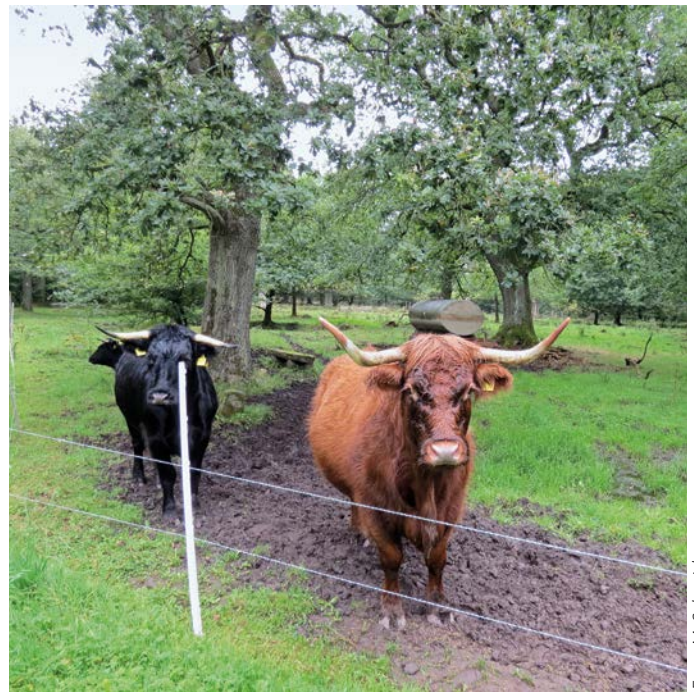


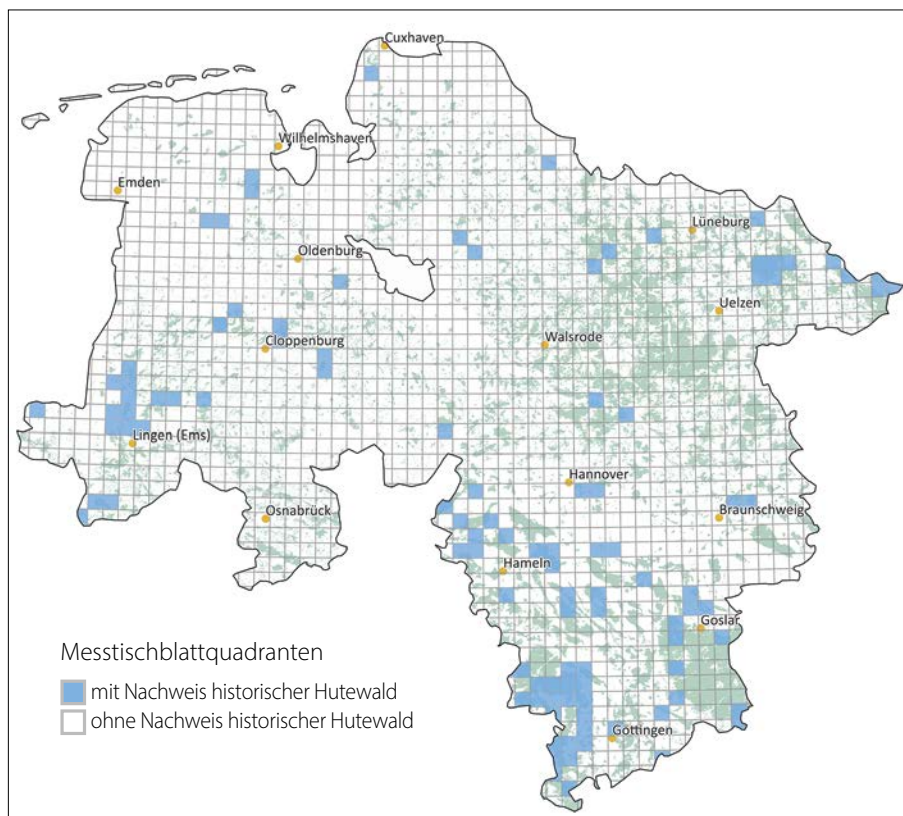
Foto: M. Schmidt

Schottische Hochlandrinder im Hutewald an der Langen Bahn im Bramwald

nahmen sind auf das Engagement der Niedersächsischen Landesforsten zurückzuführen. Einige dieser Flächen werden im Rahmen von Kompensationsmaßnahmen bzw. als Ökokontoflächen genutzt, wie beispielsweise der Hutewald Gelbbachtal im Osterwald oder Teilbereiche des Hutewalds Solling (Thiery u. Ammer 2025). Derartige Vorhaben belegen die Umsetzbarkeit einer naturschutzorientierten Waldbeweidung unter heutigen Rahmenbedingungen und erfreuen sich einer großen Beliebtheit in der Öffentlichkeit (Hartig u. Bauer 2021).

Der seit 25 Jahren bestehende Hutewald im Solling mit einer Größe von etwa 220 Hektar ist das größte Waldweideprojekt Deutschlands, das sich mit dem Erhalt eichengeprägter historischer Hutewälder befasst (Mölder et al. 2021).

Die entsprechenden historischen Hutewaldbereiche umfassen insgesamt etwa 120 Hektar. Weitere großflächige Relikte sind etwa im Bentheimer Wald, im Urwald Baumweg, der Lüneburger Heide oder im Hasbruch erhalten. Im Bentheimer Wald weiden bereits seit längerer Zeit Galloways und Ziegen (Hogebach 2014), im Hasbruch seit 2023 Schottische Hochlandrinder (Forstamt Neuenburg 2023).



Verbreitung historischer Hutewaldrelikte im Land Niedersachsen auf Basis der TK25 Messtischblatt-Quadranten (Quellen: Hutewaldflächen: Kartierung NW-FVA, Stand: 01.2025; Grenzen Bundesländer & TK25-Quadranten: © GeoBasis-DE / BKG (2025))

## Literatur

Download des Literaturverzeichnisses unter:  
<https://doi.org/10.5281/zenodo.17277893>

# Weiterentwicklung des Entscheidungsunterstützungssystems der klimaangepassten Baumartenwahl (BaEm)

Matthias Schmidt und Hans Hamkens

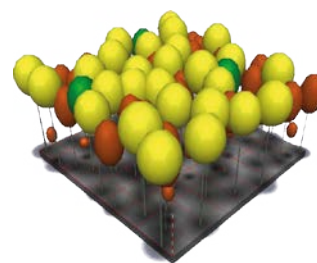
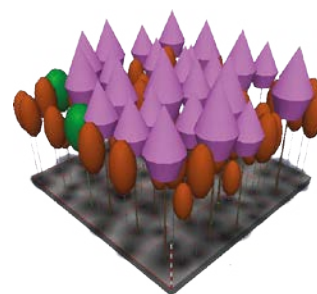
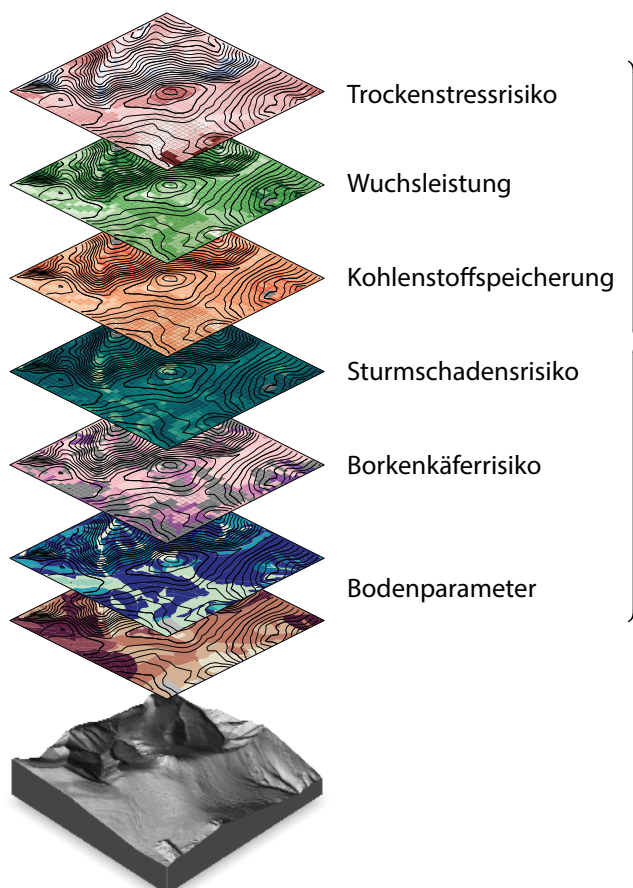
<https://doi.org/10.5281/zenodo.17241197>

Der Klimawandel stellt für die Forstwirtschaft eine besondere Herausforderung dar, da abzusehen ist, dass die Anpassungsfähigkeit der heimischen Baumarten auf vielen Standorten nicht ausreichen wird, um leistungsfähige, multifunktionale Wälder zu erhalten. Die extremen Witterungsbedingungen der letzten Jahre haben dabei deutlich gemacht, dass die Widerstandsfähigkeit der Baumarten gegenüber klimawandelbedingten Risikofaktoren sehr unterschiedlich ist. Sowohl die insgesamt gestiegenen Mortalitätsraten als auch deren große baumartenspezifische Unterschiede lassen sich für die Hauptbaumarten anhand der Waldzustandserhebungen statistisch nachweisen (<https://www.nw-fva.de/veroeffentlichen/waldzustandsberichte>).

Die Widerstandsfähigkeit von Baumarten kann in unterschiedlichem Ausmaß durch waldbauliche Maßnahmen bspw. zur Förderung der Einzelbaumvitalität erhöht werden. Auch die Verkürzung der Produktionszeiträume über abgesenkte Zielstärken kann die Vulnerabilität von Einzelbäumen und Beständen reduzieren. Die mit Abstand wichtigste waldbauliche Handlungsoption zur Risikovorsorge aber ist die Wahl standortsgerechter Baumarten und ihrer Mischung. Fehler bei der Baumartenwahl sind besonders schwerwiegend, da sie aufgrund der langen Produktionszeiträume kurz-

fristig kaum oder nur mit kostenintensiven waldbaulichen Maßnahmen korrigiert werden können. Ein Schwerpunkt der Klimafolgenforschung an der NW-FVA liegt daher in der stetigen methodischen Weiterentwicklung des Entscheidungsunterstützungssystems der Baumartenwahl (BaEm: <https://www.nw-fva.de/unterstuetzen/software/baem>).

Das aktuelle System der NW-FVA für die Entscheidungsunterstützung bei der Baumartenwahl basiert auf der Standortwasserbilanz und Nährstoffversorgung der forstlichen Standorte. Die Standortwasserbilanz ist eine dynamische Größe zur Abschätzung des baumartenspezifischen Trockenstressrisikos, die auf der Grundlage von Klimaszenarien auch Projektionen des zukünftigen Risikos erlaubt. Das System der Baumartenempfehlungen hat sich seit seiner Einführung grundsätzlich bewährt. Allerdings schöpft der Ansatz die Anpassungsmöglichkeiten bei der Baumartenwahl bei weitem nicht aus. Vor diesem Hintergrund wird aktuell ein multikriterieller Bewertungsansatz im Rahmen des Projektes *Modellbetrieb für Klimaschutz-plus im Staatswald des Hessischen Forstamts Burgwald* (Burgwaldprojekt) erprobt. Der Ansatz berücksichtigt zusätzlich zur Trockenstressgefährdung das Risiko durch Winterstürme und Fichtenborkenkäfer und ermöglicht somit eine sehr viel differenziertere Analyse der Standortsgerechtigkeit einer Baumart. Als weitere Indikatoren werden die Wuchsleistung und die Kohlenstoffspeicherung standortssensitiv projiziert (Abb. links). Damit wird eine Unterscheidung zwischen dem Mortalitätsrisiko und dem Risiko von Zuwachsverlusten möglich.



Baumartenmischungsempfehlung

Datengrundlagen des multikriteriellen Entscheidungsunterstützungssystems der klimaangepassten Baumartenwahl. Die abstrahierten Baumartenmischungen (rechts) stehen stellvertretend für die länderspezifischen Listen an möglichen Baumartenkombinationen.

sensitiv projiziert (Abb. links). Damit wird eine Unterscheidung zwischen dem Mortalitätsrisiko und dem Risiko von Zuwachsverlusten möglich.

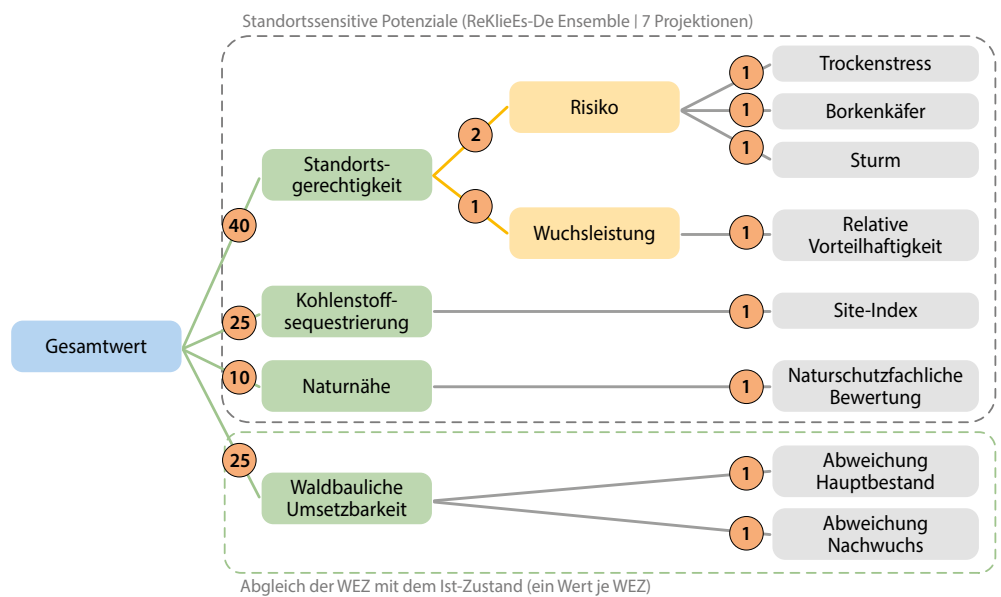
Alle Indikatoren werden für den Zeitraum bis 2100 projiziert, wobei die Bedingungen verschiedener Klimäläufe unterstellt und die zugehörigen Klimaparameter in der Modellanwendung verwendet werden.

Die Verwendung eines Klimaensembles, d. h. mehrerer Klimaprojektionen, dient der Berücksichtigung der großen Unsicherheit von Klimaszenarien. Die verschiedenen Indikatoren basieren dabei in stärkerem Maße auf empirischen, d. h. datenbasierten Modellen als das aktuelle Expertensystem der Baumartenempfehlungen. Die Indikatoren sind überwiegend sensitiv gegenüber kleinräumigen, topographisch bedingten Standortunterschieden. Daher werden die Indikatoren in einer räum-

lichen Auflösung von 50 x 50 m projiziert und erst anschließend für Standortpolygone gemittelt. Auf diese Weise können bspw. die Unterschiede zwischen Nord- und Südhängen bzgl. der Risiken durch Winterstürme, Fichtenborkenkäfer und Trockenstress berücksichtigt werden. Wie im aktuellen System der Baumartenempfehlung werden ergänzend Setzungen auf der Grundlage von Erfahrungswissen wie der Ausschluss von Fichte auf Kalk- und wechselfeuchten Standorten verwendet. Der multikriterielle Bewertungsansatz ist modular aufgebaut und kann prinzipiell für eine noch umfassendere Bewertung der Waldfunktionen um zusätzliche Indikatoren erweitert werden. So sind z. B. Indikatoren für die Grundwasserneubildung und die Nährstoffnachhaltigkeit denkbar. Das umfassend erweiterte, multikriterielle Entscheidungsunterstützungssystem der klimaangepassten Baumartenwahl wird derzeit intensiv evaluiert. Dabei werden die Ergebnisse der Baumartenempfehlungen in Zusammenarbeit mit den Landesforstbetrieben der Trägerländer der NW-FVA analysiert und bewertet. Darüber hinaus werden die Datengrundlagen, die verwendeten Methoden und die grundsätzliche Konzeption detailliert dokumentiert. Erste Ergebnisse aus dem Burgwaldprojekt zeigen bereits die deutlich verbesserten Planungsmöglichkeiten auf, die das multikriterielle Entscheidungsunterstützungssystem bietet.

### Das multikriterielle Entscheidungsunterstützungssystem der klimaangepassten Baumartenwahl (BaEm) als Grundlage für die strategische Waldbauplanung im Staatswald des Hessischen Forstamtes Burgwald

Die standortssensitive, multikriterielle Bewertung von Baumartenmischungen (Abb. Seite 39) ist auch eine hervorragende Grundlage für die strategische Waldbauplanung unter zusätzlicher Berücksichtigung von Nebenbedingungen, wie sie aus Schutzgebietsauflagen, Zertifizierungsvorgaben, betrieblichen Zielen und übergeordneten forstpolitischen Vorgaben resultieren sowie der waldbaulichen Ausgangssituation, die im Rahmen der Forsteinrichtung erfasst wird. Die strategische Waldbauplanung gleicht somit die Potenzialbetrachtung der Bewertung von Baumartenmischungen in Abhängigkeit von baumarten- und standortssensitiven Risiken mit den spezifischen Nebenbedingungen und Zielen eines Forstbetriebes ab.



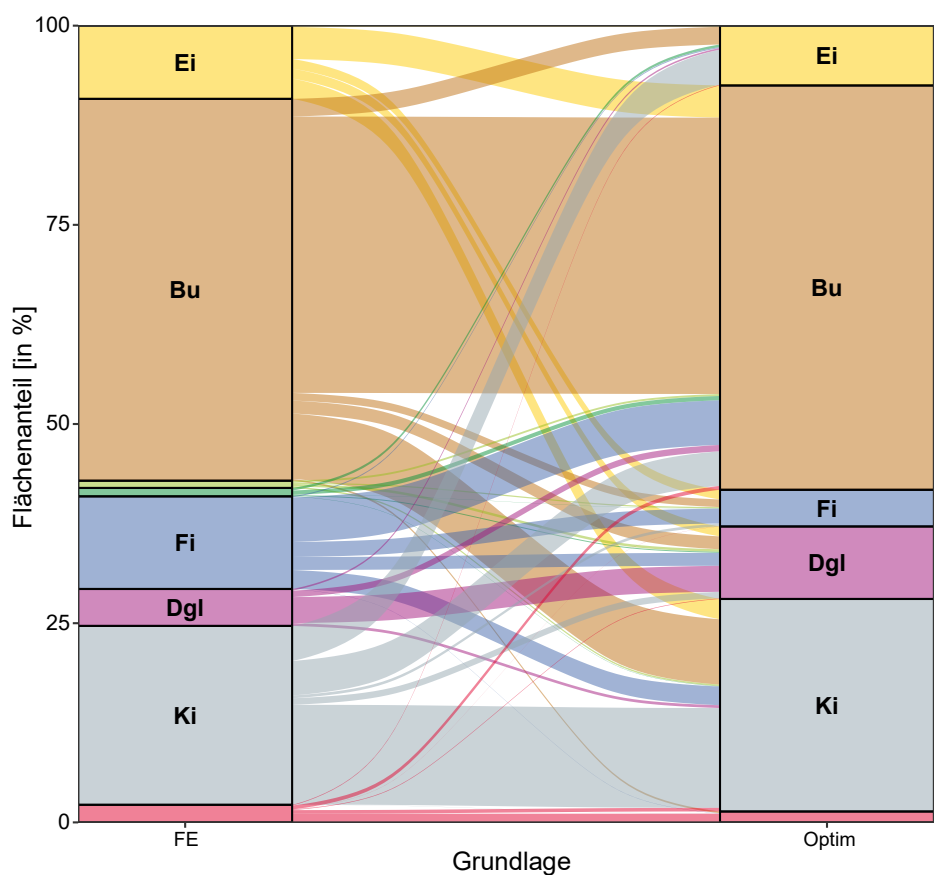
Spezifischer Wertbaum, der im Rahmen des Burgwaldprojektes entwickelt wurde. Der Gesamtwert (blau) einer Baumartenmischung (WEZ/WET/BZT) für einen spezifischen Bestand wird aus den unterschiedlichen Kriterien (grün; Subkriterien: gelb) berechnet, welche wiederum aus den Indikatoren (grau) abgeleitet werden. Die roten Kreise beschreiben die Gewichte der jeweiligen Kriterien/Indikatoren. Der Wertbaum teilt sich in standortssensitive Kriterien und den Abgleich mit dem Ist-Zustand, d. h. der waldbaulichen Ausgangssituation, auf.

Zentrales Instrument der multikriteriellen Bewertung sowohl in der Potenzialbetrachtung als auch unter zusätzlicher Berücksichtigung von Nebenbedingungen im Entscheidungsunterstützungssystem der NW-FVA ist ein Wertbaum. Der spezifische Wertbaum, der im Rahmen des Burgwaldprojektes mit Vertretern von HessenForst und dem Hessisches Ministerium für Landwirtschaft und Umwelt, Weinbau, Forsten, Jagd und Heimat (HMLU) entwickelt und abgestimmt wurde, beinhaltet verschiedene Kriterien (Abb. oben). Zum einen sind dies Kriterien, die sich aus standortssensitiven Indikatoren (Abb. Seite 39) ableiten und somit die Potenziale ohne Berücksichtigung der waldbaulichen Ausgangssituation abbilden. Zum anderen sind dies Kriterien auf Basis von Indikatoren zum Abgleich mit der waldbaulichen Ausgangssituation. Die waldbauliche Ausgangssituation wird über Daten der Forsteinrichtung zum Hauptbestand und Nachwuchs erfasst. Alle Indikatoren werden mit Hilfe von Wertfunktionen auf einen vergleichbaren Wertebereich im Intervall [0,1] transformiert und dann gewichtet zu einem Gesamtwert je Handlungsalternative und Planungseinheit (Bestand) aufsummiert. Die Gewichte spiegeln die Zielsetzungen des Forstbetriebes wider. Die Handlungsalternativen sind definierte Baumartenmischungen. Diese Baumartenmischungen werden in Hessen als Waldentwicklungsziele (WEZ), in Niedersachsen und Schleswig-Holstein als Waldentwicklungstypen (WET) und in Sachsen-Anhalt als Betriebszieltypen (BZT) bezeichnet. Mit Bezug zum Burgwaldprojekt wird hier die Abkürzung WEZ verwendet. Die Definition der WEZ beinhaltet neben den Baumartenanteilen eine zusätzliche Einordnung bzgl. der Waldfunktionen. So werden u. a. auch Produktionsziele in Form von Zielstärken definiert. Diese Aspekte spielen für die Bewertung allerdings nur eine untergeordnete Rolle.

Die spezifische Gewichtung der verschiedenen Indikatoren und Kriterien im Burgwaldprojekt war Ergebnis der Abstimmung mit dem Forstbetrieb HessenForst und dem HMLU. Nebenbedingungen resultierten u. a. aus den Wassereinzugsgebieten der Waldmoore. Auf diesen Flächen wurden Baumartenmischungen mit Nadelbäumen in Abhängigkeit einer Prioritätsstufe teilweise oder ganz ausgeschlossen, um die Grundwasserneubildung zu erhöhen. Auch die Vorgaben bezüglich Lebensraumtypen der FFH-Richtlinie wurden in den entsprechenden Beständen berücksichtigt. Einschränkungen aufgrund von Zertifizierungen wurden dagegen nicht vorgenommen. Anhand der über den Wertbaum bestimmten Gesamtwerte resultiert eine Rangfolge der WEZ für jeden Bestand. Das WEZ mit dem höchsten Wert ist somit theoretisch die beste Wahl für diesen Bestand. Allerdings gibt es gesamtbetrieblich betrachtet – d. h. im Burgwaldprojekt auf den Staatswald im Forstamt Burgwald bezogen – weitere Nebenbedingungen, die bei der Wahl eines WEZ zu berücksichtigen sind. In diesem Fall wurde der Douglasienanteil auf maximal 15 % und der Lärchenanteil auf mindestens 5 % festgelegt. Die Berücksichtigung derartiger Nebenbedingungen ist deutlich komplexer, als lediglich die Liste der möglichen WEZ in bestimmten Beständen einzuschränken. Zur Problemlösung wurde hier die Methodik der Ganzzahligen Linearen Optimierung (ILP; Integer Linear Programming) verwendet, welche sehr recheneffizient die bestmögliche – und somit optimale – Lösung unter Berücksichtigung aller Nebenbedingungen ermittelt.

Ein Vergleich der Flächenanteile der WEZ, die über die klassische Forsteinrichtung geplant wurden, mit der hier beschriebenen modellgestützten Optimierung wird in Form eines "Wählerwanderdiagramms" dargestellt (Abb. rechts). Die Flächenanteile für Buche, Kiefer und Eiche sind ähnlich, während die Optimierung bei Fichte zu deutlich geringeren, bei Douglasie aber zu deutlich höheren Flächenanteilen führt. Betrachtet man, ausgehend von der klassischen Forsteinrichtungsplanung, für welche Bestände die gleiche Baumart geplant wird, so weisen hier Douglasie und Buche die geringsten "Baumartenwanderungen" auf. Für Kiefer, Eiche und Fichte zeigt sich ein abweichendes Bild. Obwohl die Gesamtfläche von Kiefer und Eiche in beiden Planungen ähnlich ist, treten bei der Zuweisung der Baumart zu den einzelnen Beständen deutliche (Kiefer) bzw. sehr starke (Eiche) Unterschiede auf. So gibt es bei Eiche so gut wie keine Übereinstimmung auf der

Ebene der Bestände. Bei der Fichte resultiert der geringe Anteil an übereinstimmenden Einzelbestandsplanungen aus der starken Reduktion der Gesamtfläche. Eine vertiefte Analyse, inwieweit bspw. die Berücksichtigung zusätzlicher Indikatoren in der Optimierung oder eine abweichende Gewichtung der waldbaulichen Ausgangssituation in den beiden Planungen zu den unterschiedlichen Ergebnissen geführt hat, steht noch aus. An dieser Stelle muss allerdings darauf hingewiesen werden, dass die Forsteinrichtung noch unter anderen Rahmenbedingungen stattgefunden hat. Beispielsweise wurde die Douglasie wegen der noch geltenden FSC-Zertifizierung deutlich restriktiver behandelt. Um eine größere Praxisnähe in der nächsten Planungsperiode zu gewährleisten, wurde die Optimierung nach Wegfall der FSC-Zertifizierung ohne die entsprechenden Einschränkungen durchgeführt. Die hier dargestellten Ergebnisse sind daher nur begrenzt für Vergleiche geeignet. Außerdem können die Modellgrundlagen noch nicht die komplette Baumartenpalette abdecken, weshalb bspw. keine Edellaubholz-WEZ berücksichtigt werden können. Ein grundsätzlicher Vorteil der modellgestützten Waldbauplanung besteht darin, dass verschiedenste Varianten wie z. B. mit und ohne Berücksichtigung von Zertifizierungsaufgaben berechnet und analysiert werden können. Auch können nicht nur einzelne Forstämter, sondern ganze Waldbauregionen oder auch ganze Landesforstbetriebe sehr recheneffizient optimiert werden.



Vergleich der WEZ-Auswahl aus der Forsteinrichtung (FE) und der optimierten Lösung des ILP (Optim). WEZ sind gruppiert nach der führenden Baumart. WEZ-Gruppen mit sehr geringen Anteilen sind unbeschriftet (hellgrün = Edellaubbäume; dunkelgrün = Weichlaubabäume; rot = Lärche).

# Hoffnung für die Esche – Erkenntnisse aus der Genressourcenforschung

Katharina Birgit Budde, André Hardtke, Martin Hofmann und Aki Michael Höltken

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17241231>

Das Eschentriebsterben (ETS) hat in den letzten zwei Jahrzehnten zu einem starken Rückgang der Eschenbestände (*Fraxinus excelsior* L.) in Deutschland geführt. Der Schlauchpilz *Hymenoscyphus fraxineus* (Falsches Weißes Stängelbecherchen) wurde mit Pflanzenmaterial aus Ostasien eingeschleppt, wo er als harmloser Blattpilz die dort natürlich vorkommenden Eschenarten besiedelt, ohne dass Schadsymptome an den Wirtsbäumen auftreten. Unsere einheimische Gemeine Esche weist allerdings eine sehr hohe Anfälligkeit gegenüber diesem invasiven Erreger auf und eine Infektion endet in den meisten Fällen tödlich.

Der teils flächenweise Ausfall der Esche hat nicht nur ökonomische Auswirkungen, es wird auch die Diversität unseres einheimischen Baumartenspektrums um eine besonders klimaresiliente Art dezimiert. Ein unvermindert schwerer Verlauf ist auch mit dem Verlust einer Vielzahl von auf die Esche spezialisierten Artengemeinschaften verbunden. Es ist also dringend geboten, Maßnahmen zu ergreifen, mit denen diese ökologisch und ökonomisch wertvolle Baumart langfristig erhalten werden kann. Hoffnung ruht auf der genetischen Vielfalt und damit auf genetischen Anpassungskapazitäten der Esche gegenüber dem ETS. Deshalb stellen einerseits die Züchtung von potenziell weniger anfälligen Eschen und die anschließende Gewinnung entsprechenden Vermehrungsguts, andererseits aber auch die Förderung natürlicher Anpassungsprozesse wichtige Komponenten der Gesamtstrategie für den Erhalt der Esche dar.

## Anfälligkeit und Anpassungspotenziale der Gemeinen Esche

Symptome des ETS wurden erstmals Anfang der 1990er Jahre in Polen und den baltischen Ländern beobachtet. Die Krankheit hat sich in den folgenden Jahrzehnten nahezu flächendeckend in Europa ausgebreitet. Die Ascosporen des Erregers werden durch den Wind ausgebreitet, entwickeln sich



Foto: NW-FVA-Archiv

Kontrollierter Infektionsversuch an vegetativen Replikaten ausgewählter Plusbaumkandidaten durch Einbringung infizierter Blattstreu der Esche

in den Apothecien (Fruchtkörper) an den Blattspindeln der Eschenstreu des Vorjahres, infizieren im Sommer die neu austreibenden Blätter und wachsen über die Blattstiele in den Spross. Dies verursacht nekrotische Läsionen, die schließlich zum Welken der Blätter und Absterben der Triebe führen. Die Schwere der Schäden hängt u. a. vom Standort ab, wobei feuchtere Standorte meist deutlich stärker betroffen sind als trockene.

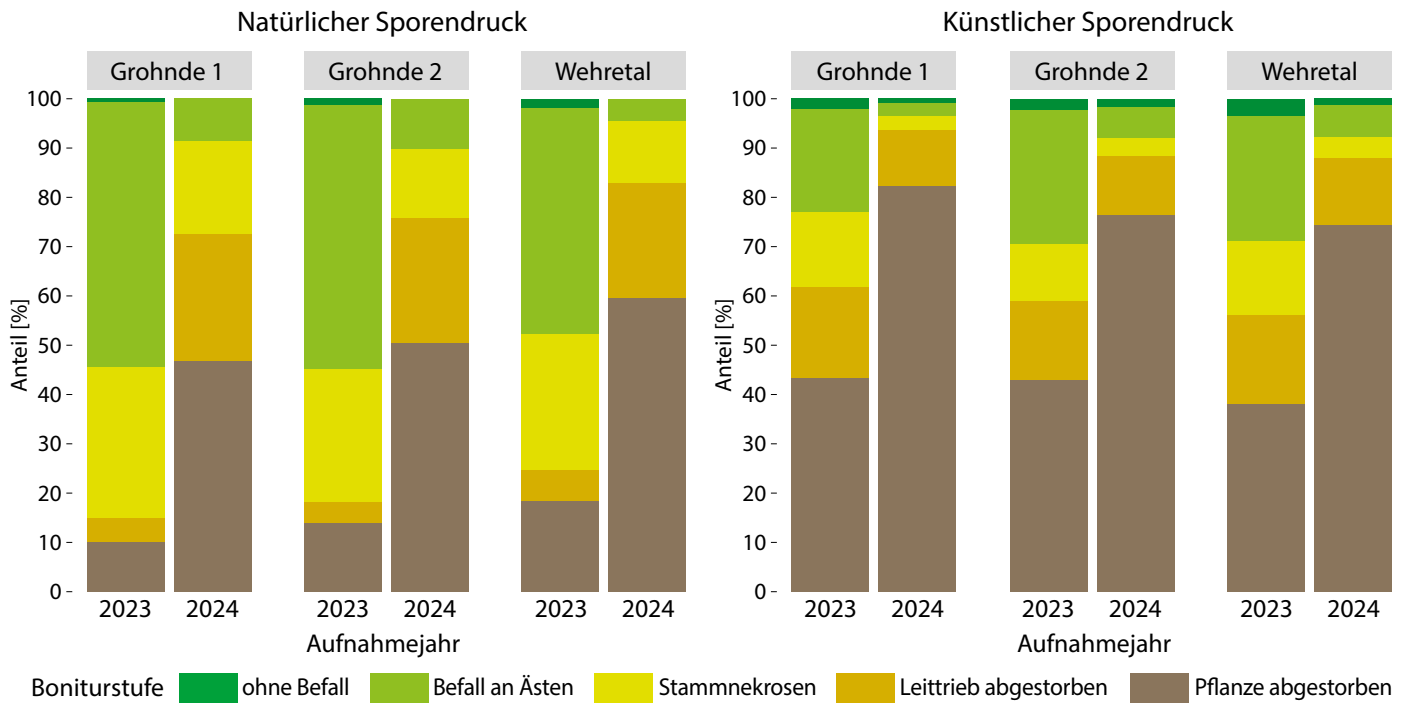
Bisherige wissenschaftliche Untersuchungen deuten aber darauf hin, dass die ETS-Anfälligkeit der Eschen ein mäßig erbliches Merkmal und damit in Teilen genetisch bedingt ist. Dabei sind eine Vielzahl von Merkmalen entdeckt worden, die für den Schädigungsgrad einer Esche verantwortlich sind. So zeigen Eschen, die früher im Herbst die Blätter abwerfen, typischerweise geringere ETS-bedingte Schäden. Vermutlich hat das Pathogen in solchen Fällen nicht ausreichend Zeit, um über Blatt und Blattstiel den Spross zu infiltrieren und die Esche langfristig zu befallen. Ferner wurde in kontrollierten Infektionsversuchen erkannt, dass Eschen unterschiedliche Nekrosenlängen entwickeln können. Vermutlich kann das Wachstum des Erregers in der Pflanze durch sekundäre Pflanzeninhaltsstoffe bei bestimmten Individuen besser unterbunden werden als bei anderen.

Die Gemeine Esche und der ETS-Erreger haben in Europa keine Koevolution durchlebt, d. h. vor dem Krankheitsausbruch in den 1990er Jahren haben keine spezifischen Selektionsprozesse hinsichtlich der Toleranzmechanismen gegen das ETS in der Esche stattgefunden. Jeder genetisch bedingte Mechanismus der Krankheitstoleranz ist daher höchstwahrscheinlich eine sogenannte „Exaption“, also ein Merkmal, das aufgrund anderer Selektionsdrücke entstanden ist. Verschiedene genetische Untersuchungen haben gezeigt, dass es nicht ein oder wenige Gene mit großem Effekt gibt, sondern dass eine Vielzahl von Genen mit jeweils kleinen Effektgrößen die ETS-Anfälligkeit bei der Esche bedingen (Doonan et al. 2025).



Foto: NW-FVA-Archiv

Anzucht generativer Nachkommen ausgewählter Eschenplusbäume zur Überprüfung des Selektionserfolgs auf verschiedenen Versuchsflächen



Nachkommen aus drei älteren Eschen-Samenplantagen in zwei replizierten Baumschulversuchen (nach künstlich erhöhtem Sporendruck und nach natürlichem Sporendruck aus der Umgebung)

Die hohe Sterblichkeit von durchschnittlich 70 % in Beständen adulter Bäume und 82 % bei jungen Bäumen verdeutlichen den extrem starken Selektionsdruck durch den Erreger (Coker et al. 2019). Genetische Untersuchungen in der Naturverjüngung stark geschädigter Eschenbestände belegen diesen Sachverhalt. Hoch anfällige adulte Bäume mit deutlichen Schadsymptomen weisen weniger Nachkommen in der Naturverjüngung auf als weniger anfällige, gesündere Bäume (Semizer-Cuming et al. 2021). Dies bedeutet, dass die genetischen Varianten der gesünderen Bäume eher weitergegeben und somit in der Naturverjüngung häufiger werden. Zusätzlich befällt der Pilz bereits sehr junge Pflanzen, so dass die Selektion und die Sterblichkeit insbesondere in der Naturverjüngung sehr hoch sind. Dies lässt eine schnelle Selektionsantwort vermuten. Ein Vergleich zwischen der Eltern- und der Naturverjüngung anhand genetischer Marker konnte entsprechend zeigen, dass Selektion hinsichtlich geringerer ETS-Anfälligkeit bereits stattfindet und somit genetische Anpassungspotenziale in der Gemeinen Esche vorhanden sind (Metheringham et al. 2025).

## Strategien für den Erhalt der Gemeinen Esche

Auch wenn die genannten Forschungsergebnisse Hoffnung wecken, ist es dennoch ungewiss, ob sich unsere Eschen ausreichend schnell anpassen können. Versuche der künstlichen Wiedereinbringung der Esche über bisher verfügbare Saatgutquellen wie z. B. Samenplantagen werden zurzeit nur einen geringfügigen Beitrag zur Steigerung der ETS-Toleranz leisten können. Dies zeigt sich in einem Baumschulversuch an der NW-FVA an Nachkommen aus drei älteren Samenplantagen, die schon vor der Zeit der Ausbreitung des ETS-Erregers

etabliert und deren Bäume nach anderen Kriterien als der ETS-Toleranz ausgewählt worden sind (Form, Vitalität, Wuchsleistung etc.). Ziel des Versuches war es, genauere Kenntnis über das Infektionsgeschehen zu erhalten und mögliche Unterschiede in der Befallsstärke zwischen Nachkommen einzelner Samenbäume festzustellen. So konnten in den Samenplantagen keine Bäume gefunden werden, welche eine deutliche Differenzierung hinsichtlich der ETS-Toleranz in den Nachkommen hervorbrachten. Innerhalb eines 4-jährigen Beobachtungszeitraums führte das ETS an allen Nachkommenschaften zu hohen Schäden und Ausfällen (Abb. oben). Dem Aufbau neuer Züchtungskollektive durch gezielte Selektion und der anschließenden Vermehrung potenziell ETS-toleranter Eschen kommt künftig daher eine besondere Bedeutung zu. Ferner sollte berücksichtigt werden, dass natürliche Anpassungsvorgänge, vor allem, wenn damit eine sehr starke Reduktion der Bestandesgrößen einhergeht, auch mit einer deutlichen Verringerung genetischer Vielfalt verbunden sind



In-vitro-Vermehrung potenziell ETS-toleranter Eschen

Foto: NW-FVA-Archiv

(genetischer Flaschenhalseffekt). Beide Aspekte, Selektionserfolg sowie die gleichzeitige Aufrechterhaltung einer hohen genetischen Vielfalt, sind wichtige Grundvoraussetzungen für die zukünftige Rekonstruktion von anpassungsfähigen Eschenpopulationen. Im Rahmen des durch die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (FNR) finanzierten Verbundprojektes FraxForFuture wurden hierzu grundlegende und vielversprechende Verfahrensabläufe entwickelt, die an der NW-FVA Anwendung finden:

1. Identifizierung und Selektion von Eschen mit potenziell hoher ETS-Toleranz nach strengen Boniturkriterien (phänotypische Auswahl von sogenannten „Plusbaumkandidaten“)
2. Sicherung der Plusbaumkandidaten über vegetative Vermehrungstechniken
3. Infektionsstudien an vegetativen Replikaten dieser Plusbaumkandidaten unter kontrollierten Bedingungen im Labor und Gewächshaus (maximaler Sporendruck) für die weitere Selektion von sogenannten „Plusbäumen“
4. Anlage von Nachkommenschaftsprüfungen der „Plusbäume“ zur Überprüfung des Selektionserfolgs
5. Aufbau einer genetisch vielfältigen „Plusbaum“-Klonsammlung

Für die Etablierung von Erhaltungspopulationen können verschiedene Methoden angesetzt werden. Die klassische Variante sind Klonsammlungen auf Basis von Veredelungen ETS-toleranter Genotypen auf angezogenen Sämlingsunterlagen. Von steigender Bedeutung sind aber labortechnische Verfahren wie die In-vitro-Technik. Damit lassen sich auch große Individuenzahlen kostengünstig erhalten und wieder vermehren. Dazu zählt auch die Kryokonservierung, die es ermöglicht, (teilungsaktive) Gewebeteile einzelner Pflanzen in flüssigem Stickstoff einzufrieren. Das so eingefrorene Material kann Jahrzehnte später zu jedem beliebigen Zeitpunkt und in beliebigen Mengen wieder „aufgeweckt“ und vermehrt werden („Arche-Noah-Prinzip“).

Um natürliche Anpassungsprozesse zu beschleunigen, sollen aus diesen Erhaltungspopulationen später neue Vermehrungsgutquellen für die künstliche Begründung bzw. Anreicherung vorhandener Bestände mit ETS-toleranten Eschen entstehen. Dies kann über vegetative Vermehrung (in-vitro) aber auch über die Etablierung neuer Saatgutquellen (Samenplantagen) erfolgen.

Es wird jedoch noch einige Zeit in Anspruch nehmen, bis Samenplantagen ein Alter erreicht haben, um auch nennenswerte Mengen an Saatgut produzieren zu können. Für die Erhaltung der Eschen hat daher die Naturverjüngung zur Sicherung natürlicher Anpassungsprozesse weiterhin eine besondere Bedeutung. Die vom Waldklimafond der FNR herausgegebenen waldbaulichen Handlungsempfehlungen („Zukunft der Esche“) sollen dazu ermutigen, sich auch weiterhin forstlich mit der Esche zu beschäftigen und vorschnelle Entnahmen oder gar eine Abkehr von dieser Baumart zu vermeiden. Um die Etab-



Foto: NW-FVA-Archiv

Handveredelte Plusbaumkandidaten

lierung von Eschennaturverjüngung zu gewährleisten, wird empfohlen, vitale (Alt-)Eschen zur Erhaltung ihres Vermehrungspotenzials zu fördern, günstige Lichtverhältnisse für das Wachstum von Eschennaturverjüngung zu schaffen, aber auch Maßnahmen zur Begrenzung des Verbissdrucks zu ergreifen (Fuchs et al. 2023; Steinhart et al. 2024).

## Literatur

- Coker T. L. R., Rozsypálek J., Edwards A., Harwood T. P., Butfoy L., & Buggs R. J. A. (2019). Estimating mortality rates of European ash (*Fraxinus excelsior*) under the ash dieback (*Hymenoscyphus fraxineus*) epidemic. *Plants, People, Planet* 1(1), 48–58. <https://doi.org/10.1002/ppp3.11>
- Doonan J. M., Budde K. B., Kosawang C., Lobo A., Verbylaite R., Brealey J. C., Martin M. D., Pliura A., Thomas K., Konrad H., Seegmüller S., Liziniwicz M., Cleary M., Nemesio-Goriz M., Fussi B., Kirisits T., Gilbert M. T. P., Heuert M., Kjær E. D. & Nielsen L. R. (2025). Multiple, Single Trait GWAS and Supervised Machine Learning Reveal the Genetic Architecture of *Fraxinus excelsior* Tolerance to Ash Dieback in Europe. *Plant, Cell & Environment*, 48(5), 3793–3809. <https://doi.org/10.1111/pce.15361>
- Fuchs S., Peters S., Beckschäfer P., Osewold J., Fey C., Langer G., Nagel R.-V. & Hölten A. M. (2023). FraxForFuture: Ein Verbundprojekt zum Erhalt der Esche als Wirtschaftsbaumart. In *Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt & Niedersächsisches Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (Eds.), Waldzustandsbericht 2023 für Niedersachsen* (pp. 37–39). <https://doi.org/10.5281/zenodo.10083078>
- Metheringham C. L., Plumb W. J., Flynn W. R. M., Stocks J. J., Kelly L. J., Goriz M. N., Grieve S. W. D., Moat J., Lines E. R., Buggs R. J. A. & Nichols R. A. (2022). Rapid polygenic adaptation in a wild population of ash trees under a novel fungal epidemic. *BioRxiv*. <https://doi.org/10.1101/2022.08.01.502033>
- 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>
- Steinhart F., Westhauser A., Mausolf K., Osewold J., Schrewe F. R., Fischer H., Burzlaff T. & Nagel R.-V. (2024). Zukunft der Esche – Empfehlungen zum forstbetrieblichen Umgang mit dem Eschentriebsterben (Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR), Ed.). <https://mediathek.fnr.de/zukunft-der-esche.html>

# Humusformen als Spiegel des Waldes: Dynamik, Wandel und Funktion

Oliver van Straaten, Felix Grün und Jan Evers

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17241267>

Die Humusauflage eines Waldbodens ist wie ein Bankkonto für Nährstoffe und Wasser – Speicher und Umschlagsplatz zugleich. Sie besteht aus angesammeltem organischem Material – wie abgestorbenen Blättern, Zweigen, Holz – in unterschiedlichen Stadien der Zersetzung. Wie ein Schwamm saugt die Humusauflage Niederschläge auf und gibt sie im Laufe der Zeit langsam wieder ab, wodurch der Wasseranteil des Bodens stabiler bleibt und für Pflanzen und Bodenorganismen besonders in Trockenperioden länger verfügbar ist. Die in der organischen Substanz enthaltenen Nährstoffe werden in dieser Schicht gespeichert, bis sie durch Zersetzungsprozesse freigesetzt und durch biologische Aktivität in tiefere Bodenschichten verlagert werden. Durch diese immerzu fortschreitenden Kreisläufe werden die für das Pflanzenwachstum essentiellen Nährstoffe wie z. B. Stickstoff, Kalium, Kalzium und Magnesium in das Ökosystem zurückgeführt und liefern so die Grundlage für lebenswichtige Pflanzenfunktionen und Wachstum. Der Abbau der organischen Substanz erfolgt durch eine vielfältige Gemeinschaft von Zersetzern, darunter Bakterien und Pilze sowie größere Organismen wie Regenwürmer und Arthropoden (z. B. Tausendfüßer, Milben, Springschwänze und Käfer). Die Effizienz dieser Zersetzung oder Mineralisation, in dem organisches Material in pflanzenverfügbare Nährstoffe und Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) umgewandelt wird, hängt von mehreren Faktoren wie Temperatur, Feuchtigkeit und der chemischen Zusammensetzung der Streu ab. Ähnlich wie ein Bankkonto ist die Humusauflage ein dynamisches System, in dem die Menge des gespeicherten organischen Materials im Laufe der Zeit schwankt, abhängig vom Gleichgewicht zwischen Einträgen (z. B. Laubfall) und Austrägen (z. B. Zersetzung). Die zeitlichen Schwankungen des Streueintrags werden weitgehend von der Produktivität des Waldes beeinflusst, die von Faktoren wie dem Alter des Waldes und der Baumartenzusammensetzung abhängt. Im Gegensatz dazu werden Zersetzungsraten durch Umweltbedingungen gesteuert, einschließlich Temperatur, Feuchtigkeit und Art der Streu (z. B. Nadel- oder Laubstreu), sowie durch externe Einträge wie stickstoff- oder schwefelhaltige Säureeinträge und den Bodeneigenschaften. Diese Faktoren bestimmen gemeinsam die Zusammensetzung, Struktur und Mächtigkeit der Humusschicht und führen letztlich dazu, dass sich im Laufe der Zeit verschiedene Ausprägungen der Humusschicht bilden, den sogenannten „Humusformen“.

Humusformen können in verschiedene Kategorien – oder „Schubladen“ – eingeteilt werden, die auf unterschiedlichen Merkmalen der organischen Schicht beruhen, wie Morphologie, Struktur, Zersetzungsstadium, Anzeichen biologischer Aktivität und der Wechselwirkung zwischen organischem Material und Mineralboden (Abb. rechts). Das deutsche Humusform-Klassifikationssystem, entwickelt von der Arbeits-



**Rohhumus**



**Moder**



**Mull**

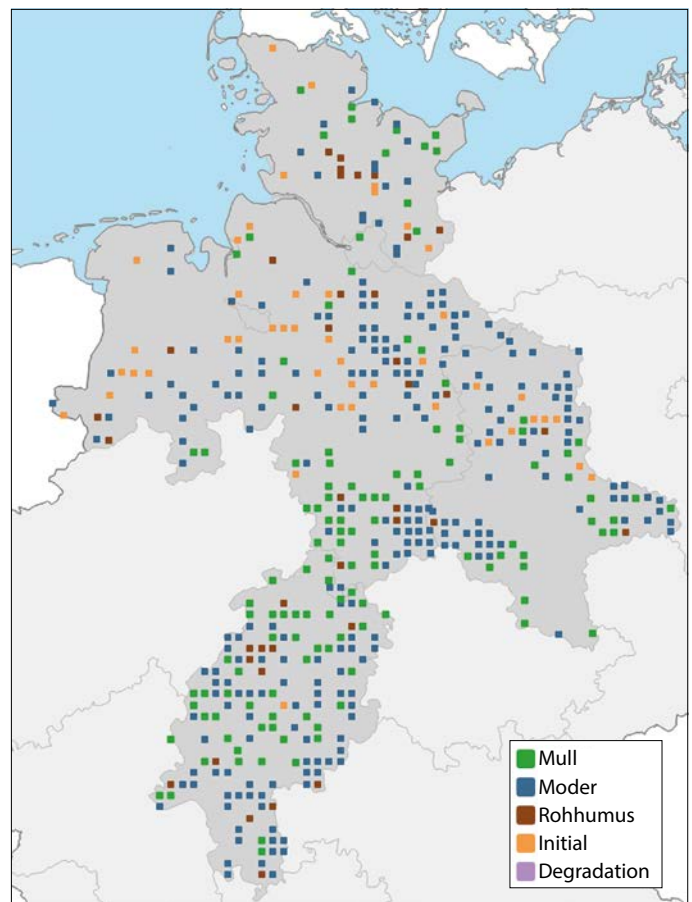
*Humusformen im Wald: Zunehmende biologische Aktivität vom Rohhumus über Moder zum Mull (Fotos: NW-FVA, Abt. Umweltkontrolle)*

gruppe Humusformen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft, folgt einem hierarchischen Rahmen, der von allgemeinen Kategorien zu spezifischeren Typen nach verschiedenen diagnostischen Kriterien übergeht. Auf der allgemeinsten Ebene werden terrestrische Standorte als (F- oder

L-)Mull, Moder oder Rohhumus klassifiziert, was einen Gradienten der biologischen Aktivität und der Zersetzungsrates organischer Stoffe darstellt. Eine „Mull“-Humusform ist durch eine rasche Zersetzung der eingetragenen Streu gekennzeichnet, was zu einer nur minimalen Anreicherung organischer Substanz führt. In diesem Milieu zersetzen vielfältige Bodenorganismen – von Mikroben über Würmer bis hin zu Gliederfüßern – aktiv die Streu und integrieren sie in die oberen mineralischen Bodenschichten. Mull-Humusformen findet man häufig unter Laubwäldern und auf nährstoffreichen Standorten (z. B. Kalk- oder Basaltböden). Die nächste Stufe der Humusformen sind die „Moder“-Humusformen, die in Nordwestdeutschland am weitesten verbreitet sind. Sie entstehen typischerweise auf sauren, nährstoffarmen Böden unter Nadelwäldern, wo langsamere Zersetzungsraten zu einem allmählichen Aufbau einer organischen Schicht führen. Am Ende des Spektrums stehen die „Rohhumus“-Formen, die sich durch eine mächtige organische Schicht aus stark zersetztem Material, dem sogenannten Oh-Horizont, auszeichnen. Die Zersetzungsgeschwindigkeit der organischen Stoffe ist in Rohhumusformen aufgrund des sauren organischen Substrats und der nährstoffarmen Bedingungen im Allgemeinen sehr langsam.

Humusformen spiegeln das kumulative Ergebnis interagierender Umweltfaktoren wie pH-Wert, Feuchtigkeit, Temperatur und biologischer Aktivität wider, die gemeinsam die Dynamik der Zersetzung steuern. Da Humusformen empfindlich auf Umweltveränderungen reagieren, eignen sie sich gut als Indikator für den Zustand von Waldböden, deren zeitliche Entwicklung und möglicher Störungen. Ist das Gleichgewicht zwischen Streuanlieferung und Zersetzung durch z. B. zu hohe Säureeinträge gestört, sammelt sich unvollständig zersetzte Streu in der Humusaufgabe an. Damit stehen die so gebundenen Nährstoffe den Waldbäumen nicht mehr zur Verfügung. Ähnliche Wirkungen können andauernde Trockenheit, Bodenverdichtungen oder auch zu hohe Nadelholzanteile haben. Stickstoffeinträge und hoher Lichteinfall nach Kalamitäten dagegen können die Streuzersetzung so stark fördern, dass die Wurzeln die Nährstoffe nicht vollständig aufnehmen können und sie mit dem Sickerwasser dem verfügbaren Wurzelraum verloren gehen.

Im Rahmen der Bodenzustandserhebung im Wald (BZE) wurde daher untersucht, wie sich die Humusformen in den letzten 30 Jahren in Nordwestdeutschland entwickelt haben. Die BZE verwendet ein rasterbasiertes Stichprobendesign mit einem 8 × 8 km-Raster, das einen Teil des größeren Waldzustandserhebungs-Stichprobennetzes (WZE) darstellt. Insgesamt gibt es 465 BZE-Messpunkte, die über sechs Bundesländer im Nordwesten Deutschlands verteilt sind: Schleswig-Holstein, Niedersachsen, Sachsen-Anhalt, Hessen, Bremen und Hamburg. Das BZE-Monitoring-Programm wird bundesweit etwa alle 16 Jahre durchgeführt, mit Erhebungen in den Jahren 1990, 2006 und zuletzt 2023. Die BZE ist ein

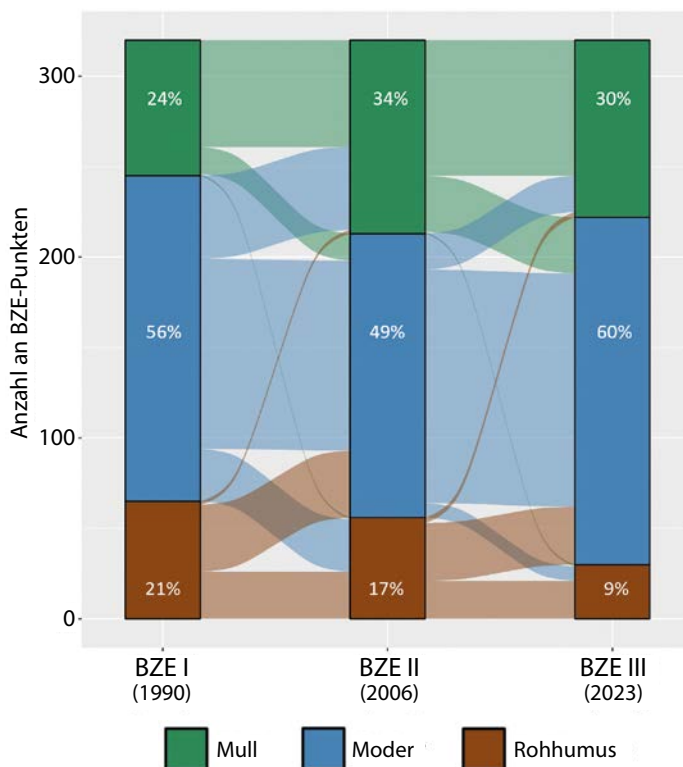


Humusformen bei der dritten Bodenzustandserhebung im Wald

zentraler Baustein des Waldmonitorings in Deutschland und liefert wichtige Informationen über Veränderungen in der Boden- und Baumernährung, die Kohlenstoffspeicherung, die Bodenversauerung, die Nährstoffkreisläufe sowie die langfristigen Auswirkungen des Klimawandels und der Waldbewirtschaftung auf Ökosystemprozesse. Das langfristige und flächendeckende Untersuchungsdesign der BZE ermöglicht eine detaillierte Erfassung dieser Indikatoren über Raum und Zeit und bietet damit eine umfassende Datengrundlage, um die Entwicklung der Humusformen der letzten 30 Jahre abzubilden und zu bewerten.

In der letzten BZE-Erhebung von 2023 wurden Mull-Humusformen auf etwa einem Drittel der beprobten Flächen festgestellt, Moder auf etwas mehr als der Hälfte, Rohhumus auf rund 10 % der Flächen und sogenannte „Initial“-Humusformen (frühe Entwicklungsstadien) ebenfalls bei etwa 10 % der BZE-Punkte (Abb. oben und Seite 47). Diese Initial-Humusformen wurden im Rahmen der neuesten Humusklassifikation von der AG Humusformen (2024) eingeführt und kennzeichnen Humusformen, die sich in einem frühen Stadium ihrer Entwicklung befinden, z. B. Erstaufforstungen und Kalamitätsflächen.

Im Laufe der letzten 30 Jahre zeigte sich eine generelle Verschiebung der genannten Humusformen der Trägerländer weg von Rohhumus und hin zu mehr Mull- und Moder-Humusformen. Genauer gesagt, stieg der Anteil der BZE-Punkte mit Mull-Humusformen von 24 % in der ersten BZE 1990 auf



Zeitliche Veränderung der Humusformen in den letzten 30 Jahren (BZE I, II und III) in den Trägerländern

34 % in der zweiten BZE 2006 deutlich und sank auf 30 % in der letzten BZE 2023. Auf der anderen Seite sank der Anteil der Standorte mit Rohhumus-Humusformen von 21 % in der ersten BZE auf 17 % in der zweiten BZE und schließlich auf nur 9 % in der dritten BZE (Abb. oben).

Für die Analyse der zeitlichen Entwicklung der Humusformen wurden ausschließlich nur jene Flächen berücksichtigt, die in allen drei Inventuren (1990, 2006 und 2023) beprobt werden konnten – insgesamt 319 Beobachtungsflächen. Organisch geprägte Standorte wie Moorwälder und Flächen mit Initial-Humusformen wurden aus dieser Auswertung ausgeschlossen.

Der allgemeine Trend zu mehr Mull- oder Moder-Humusformen deutet darauf hin, dass verschiedene externe Einflüsse zu einer erhöhten Zersetzungsrate der organischen Substanz beigetragen haben. Dies hat unter anderem zu einer allgemeinen Verringerung der Mächtigkeit der organischen Auflage und zu einem schnelleren Nährstoffumsatz geführt. Mehrere Faktoren könnten diesen Wandel vorangetrieben haben: Erstens fand durch die anhaltend hohe Stickstoffdeposition aus intensiver Landwirtschaft und Industrie eine effektive Düngung der Waldböden statt, was den Streuabbau beschleunigte und die Nährstoffdynamik, insbesondere in Westniedersachsen und Schleswig-Holstein, veränderte. Zweitens minderte die in den letzten Jahrzehnten abnehmende Säuredeposition – infolge strengerer Luftreinhaltevorschriften – die Bodenversauerung, wodurch günstigere Bedingungen für biologische Aktivität in den oberen Bodenschichten geschaffen wurden. Drittens wurde durch die groß-

flächige Kalkung von Waldökosystemen der pH-Wert erhöht und die Basensättigung verbessert, was wiederum die mikrobielle Aktivität und den Humusumsatz begünstigte. Viertens haben steigende Durchschnittstemperaturen, insbesondere während der Vegetationsperiode, enzymatische und mikrobielle Prozesse angeregt, die den Abbau organischer Substanz fördern. Dieser Erwärmungseffekt wird jedoch zunehmend durch längere Trockenperioden und wiederkehrende Dürren abgeschwächt, wodurch die Bodenfeuchtigkeit verringert und somit auch die mikrobielle Mineralisierung gehemmt wird. Fünftens verbesserte ein gradueller Wechsel von Nadel- zu Laubbäumen in vielen Regionen die Qualität der Streu und schuf somit günstigere Bedingungen für die Humusentwicklung. Schließlich führten Veränderungen in der Forstwirtschaft – wie verstärkte Verjüngung im Unterstand und eine stärkere Auflichtung des Kronendachs – zu einer erhöhten Lichtverfügbarkeit am Waldboden, was die mikrobielle Aktivität und den Umbau organischer Substanz zusätzlich förderte.

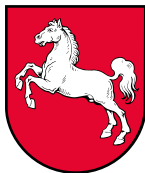
Während die allgemeine Verschiebung hin zu Humusformen mit schnellerer und effizienterer Streuzersetzung die Nährstoffkreisläufe verbessert und möglicherweise die Waldproduktivität steigern kann, bringt sie auch bedeutende Veränderungen in der Morphologie und Chemie der Waldböden mit sich. Diese Veränderungen können eine Kaskade von Auswirkungen auf zentrale Ökosystemfunktionen auslösen – darunter Kohlenstoffspeicherung, Nitratauswaschung, Wasserspeicherung und Treibhausgasemissionen.

Die beobachtete Entwicklung verdeutlicht, dass Humusformen auf veränderte Umweltbedingungen sensibel reagieren und wie wertvoll sie als Indikatoren für langfristige ökologische Veränderungen in Waldökosystemen sind. Ihre sorgfältige Beobachtung und Analyse ermöglicht es, frühzeitig Auswirkungen von Klimawandel, Luftverschmutzung und Forstwirtschaft zu erkennen und entsprechend im Hinblick auf die Waldbewirtschaftung zu steuern.



Podsol in Norddeutschland

Foto: J. Evers



## Impressum:

Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt  
Abteilung Umweltkontrolle  
Sachgebiet Wald- und Bodenzustand  
Grätzelstraße 2, 37079 Göttingen  
Tel.: 0551/69401-0  
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: Klartext GmbH Göttingen

## Zitiervorschlag

Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt,  
Niedersächsisches Ministerium für Ernährung,  
Landwirtschaft und Verbraucherschutz (Hrsg.)  
(2025): Waldzustandsbericht 2025 für Nieder-  
sachsen, 48 S  
<https://doi.org/10.5281/zenodo.17240347>

Zitate der Einzelbeiträge bitte nach  
folgendem Schema:  
Klinck C, Paar U (2025): WZE-Ergebnisse  
für alle Baumarten. In: Nordwestdeutsche  
Forstliche Versuchsanstalt, Niedersächsisches  
Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und  
Verbraucherschutz (Hrsg.): Waldzustandsbericht  
2025 für Niedersachsen. S 8-19.  
<https://doi.org/10.5281/zenodo.17240488>

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

Der Waldzustandsbericht 2025  
ist abrufbar unter  
<https://www.nw-fva.de> und  
<https://www.ml.niedersachsen.de>

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



Dr. Ulrike Talkner  
Abteilungsleiterin  
Umweltkontrolle



Dr. Uwe Paar  
Sachgebietsleiter Wald- und  
Bodenzustand, Redaktion



Dr. Caroline Klinck  
Leiterin der Außenaufnahmen,  
Auswertung, Redaktion



Dr. Jan Evers  
Bodenzustandserhebung



Andreas Hafner  
Datenmanagement



Dr. Uwe Klinck  
Datenmanagement



Birte Scheler  
Stoffeinträge



Johannes Suttmöller  
Witterung und Klima



Peter Gawehn  
Außenaufnahmen, Kontrollen



Michael Spielmann  
Außenaufnahmen, Kontrollen



Torben Wahler  
Außenaufnahmen, 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.