



Waldzustandsbericht 2024





© ML, Christian Wyrwa

Liebe Leserin, lieber Leser,
liebe Waldinteressierte,

wie steht es in diesem Jahr um unseren niedersächsischen Wald? Die Waldbäume werden seit über vier Jahrzehnten kontinuierlich auf ihren Zustand hin untersucht. Mit dem Ihnen hier vorliegenden Waldzustandsbericht veröffentlicht mein Haus gemeinsam mit der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt (NW-FVA) die Ergebnisse der Untersuchungen. Das vergangene Vegetationsjahr war wieder vergleichsweise zu warm – aber auch ungewöhnlich nass. Dem Wald geht es deswegen besser als in den Vorjahren, das Schadniveau ist aber immer noch hoch. Die Ausfallrate und der Anteil starker Schäden liegen in diesem Jahr immer noch doppelt so hoch wie im langjährigen Durchschnitt.

Die gute Wasserversorgung in diesem Jahr hat sich dagegen positiv auf den Gesamtzustand unserer Wälder ausgewirkt. Der Trend, dass die Anzahl stark geschädigter Bäume zurückgeht, hat sich fortgesetzt. Allerdings liegt die Anzahl stark geschädigter Bäume nach wie vor über dem langjährigen Durchschnitt. Absterbe- und Ausfallrate liegen, ebenso wie die Kronenverlichtung, auf einem ähnlichen Niveau wie im Vorjahr.

Grundlage für die Waldbewirtschaftung ist das Wissen um die Standorteigenschaften von Wäldern, wie zum Beispiel die Wasser- und Nährstoffversorgung, und die Standortansprüche der einzelnen Baumarten. Um die Auswirkungen des Klimawandels zu berücksichtigen, wird außerdem das Trockenstressrisiko berücksichtigt. Auf Grundlage des bilanzierten Wasserdefizits aus Niederschlägen, Verdunstung und Bodenwasserspeicher – der sogenannten Standortwasserbilanz – werden baumartenspezifische Schwellenwerte für das Trockenstressrisiko definiert.

In einem eigenen Artikel des diesjährigen Waldzustandsberichtes werden die Vitalität und das Wachstum der vier Hauptbaumarten Buche, Eiche, Fichte und Kiefer im Hinblick auf die Gefährdung durch Trockenstress beleuchtet.

In den vergangenen Trockenjahren war ein Anstieg der Absterberate von Buchen zu beobachten. Im vorliegenden Bericht wird daher der Einfluss von Dürre und Bewirtschaftung auf die Buchenmortalität genauer betrachtet.

Durch die Folgen des Klimawandels sind vermehrt auch Wildobstarten wie Wildbirne, Wildapfel und Vogelkirsche in den Fokus gerückt. Diese weisen eine vergleichsweise hohe Trockenheits- und Hitzetoleranz auf und tragen gleichzeitig zu einer Erhöhung der Biodiversität unserer Wälder bei. Erhalt und Vermehrung dieser wertvollen genetischen Ressourcen sind von besonderer Bedeutung.

Ich möchte all jenen danken, die in den vergangenen Jahrzehnten an der Erstellung dieses Berichts beteiligt waren – insbesondere den Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern der NW-FVA. Mein Dank gilt aber auch all denen, die sich beruflich oder ehrenamtlich für den Erhalt unserer Wälder einsetzen.

Ich wünsche Ihnen eine interessante Lektüre dieses Waldzustandsberichts.

Ihre

Miriam Staudte

Miriam Staudte

Niedersächsische Ministerin
für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz



Foto: J. Evers

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Vorwort	2
Hauptergebnisse	4
Forstliches Umweltmonitoring	6
Ulrike Talkner, Caroline Klinck und Uwe Paar	
WZE-Ergebnisse für alle Baumarten	8
Caroline Klinck und Uwe Paar	
Kiefer	10
Fichte	12
Buche	14
Eiche	16
Andere Laub- und Nadelbäume	18
Witterung und Klima	20
Johannes Suttmöller	
Insekten und Pilze	25
Martin Rohde, Rainer Hurling, Gitta Langer, Johanna Bußkamp und Pavel Plašil	
Stoffeinträge	30
Birte Scheler	
Auswirkung von extremer Witterung auf die Vitalität und Produktivität der Hauptbaumarten in Nordwestdeutschland	34
Anja Gröning, Caroline Klinck und Uwe Paar	
Wildobstarten: Erhaltung und nachhaltige Nutzung wertvoller genetischer Ressourcen	38
Katharina Birgit Budde, Nicole Opfermann, Katharina Volmer und Aki Michael Höltken	
Trockenjahre und Buchenmortalität: Geschlossenes Kronendach mindert Schäden	42
Peter Meyer, Andreas Mölder und Ralf-Volker Nagel	
Boden des Jahres: Waldboden	45
Jan Evers, Oliver van Straaten und Felix Grün	
Impressum	48

Hauptergebnisse

Waldzustandserhebung (WZE)

Nach einem feuchten Jahr 2023 und einem vielerorts ausgesprochen nassen Vegetationsjahr 2024 entspannte sich aus Sicht der Wasserversorgung die Situation für die niedersächsischen Wälder. Diese Entspannung ist in den Ergebnissen der Waldzustandserhebung 2024 an einer allgemeinen Stabilisierung zu erkennen. Vor allem der Anteil stark geschädigter Bäume ist allgemein geringer als im Vorjahr, Absterbe- und Ausfallrate liegen auf einem ähnlichen Niveau wie im Vorjahr, ebenso die Kronenverlichtung.

Der Anteil stark geschädigter Bäume sinkt in Niedersachsen im Vergleich zum Vorjahr um 0,7 Prozentpunkte auf 3,4 %, liegt damit aber weiterhin deutlich höher als das langjährige Mittel (1,7 %). Fichten haben auch 2024 den höchsten (aktuell 8,4 %) und Kiefern mit 1,2 % den geringsten Anteil stark geschädigter Bäume.

Die Absterberate ist gegenüber dem Vorjahr wieder leicht gestiegen. Sie liegt mit 0,4 % doppelt so hoch wie das langjährige Mittel, erreicht aber nicht annähernd das Niveau der Dürrejahre 2019–2022 (maximal 1,4 %). Die Absterberate war in diesem Jahr bei der Gruppe der anderen Laubhölzer mit 1,1 % am höchsten. Die geringste Rate wurde mit 0,27 % für Buche festgestellt.

Nach dem starken Rückgang von 2022 auf 2023 sank die Ausfallrate gegenüber dem Vorjahr noch einmal von 1,2 % auf 0,85 % ab und ist damit genau so hoch wie das langjährige Mittel. Die höchste Ausfallrate gab es wie im Vorjahr bei Fichte (2,6 %) und mit 0,29 % die geringste Rate bei Eiche.

Die Kiefer ist in Niedersachsen die häufigste Baumart. In der Baumartenverteilung des Haupttrasters der WZE-Stichprobe in Niedersachsen hat sie einen Flächenanteil von 38 %. Die Ergebnisse der Waldzustandserhebung für den Gesamtwald in Niedersachsen werden daher stark durch die vergleichsweise niedrigen Verlichtungswerte der Kiefer geprägt. Fichten kommen 2024 nur noch auf 9 % (2017: 18 %) der Waldfläche vor. Durch diesen Rückgang und aufgrund der großen Streuung der Werte kann, wie auch im Vorjahr, die Kronenverlichtung bei der jüngeren Fichte für 2024 nicht dargestellt werden.

Buche ist mit 17 % und Eiche mit 8 % im 8 km x 8 km-Hauptnetz der Waldzustandserhebung vertreten. Die anderen

Laub- und Nadelbäume nehmen zusammen einen Anteil von rund 27 % ein, wobei die anderen Laubhölzer mit 17 % häufiger vertreten sind.

Methodisch bedingt lassen die Ergebnisse der Waldzustandserhebung keine gesicherten Rückschlüsse auf Baum- und Bestandesalter der niedersächsischen Wälder zu.

Witterung und Klima

Das Vegetationsjahr 2023/2024 war rekordwarm und -nass. Mit einer Mitteltemperatur von 11,4 °C wurde das langjährige Mittel um 2,7 K übertroffen und war damit das wärmste Jahr seit Auswertungsbeginn. In 11 von 12 Monaten betrug die Abweichung mehr als 1 K. Die Niederschlagssumme von 1138 mm im Flächenmittel des Landes übertraf das langjährige Mittel um rund 50 %. Damit war das vergangene Vegetationsjahr das niederschlagsreichste Jahr seit Beginn der Auswertungen. Infolge der unbeständigen Witterung kam es zu keiner ausgeprägten Trockenperiode, so dass das pflanzenverfügbare Wasser in den Böden während der Vegetationszeit ausreichte, um die Wasserversorgung der Waldbestände zu gewährleisten.

Insekten und Pilze

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

Lokal kam es zu Fraß durch die Eichen-Fraßgesellschaft, während Nadeln fressende Schmetterlingsraupen oder Blattwespen in diesem Jahr keine Rolle spielten.

Weiterhin Sorge bereitet die Zunahme der Schädigung von Eichen durch den Eichenprachtkäfer, zum Teil in Verbindung mit weiteren pilzlichen und eventuell auch bakteriellen Schaderregern.

Stoffeinträge

2023 war ein überdurchschnittlich niederschlagsreiches Jahr. Im Freiland wurden zwischen 141 % und 158 %, unter dem Kronendach zwischen 136 % und 186 % des jeweiligen 10-jährigen Niederschlagsflächenmittels (2013–2022) registriert. Aufgrund der deutlich höheren Niederschlagsmengen war



Foto: J. Evers

der Sulfatschwefeleintrag höher als im Vorjahr, aber weiterhin geringer als im Mittel der Jahre 2013–2022. Er betrug 2023 mit der Gesamtdeposition zwischen 2,4 und 4,6 kg je Hektar. Hier zeigt sich in eindrucksvoller Weise der Erfolg verschiedener Maßnahmen zur Luftreinhaltung.

Die hohen Niederschlagsmengen verursachten auch einen Anstieg der Gesamtdeposition von anorganischem Stickstoff (Ammonium und Nitrat) gegenüber 2022. Der Stickstoffeintrag betrug 2023 zwischen 10,6 und 22,7 kg je Hektar. Trotz des Anstiegs war er auf vier der sieben untersuchten Flächen geringer als im Mittel 2013–2022.

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

Um baumartenspezifische Trockenheitsgrenzen als Referenz für die Waldbewirtschaftung festzulegen, wird in den Anbauempfehlungen unter anderem die Standortwasserbilanz (SWB) genutzt. Auf dieser Grundlage werden baumartenspezifische Schwellenwerte für das Trockenstressrisiko definiert. Um die definierten Schwellenwerte im Gelände zu evaluieren, untersucht das Teilprojekt L11 des „IKSP Hessen 2025“ entlang artspezifischer Standortwasserbilanzgradienten die Vitalität und das Wachstum der vier Hauptbaumarten Buche, Eiche, Fichte und Kiefer mittels Jahrringanalyse. Es wurden ausschließlich Flächen ausgewählt, die sich innerhalb des Probenetzes der WZE (Waldzustandserhebung) und der BZE (Bodenzustandserhebung) befinden. So können zusätzlich zu den Jahrringmessungen sowohl plotspezifische Informationen über den Standort als auch baumindividuelle Informationen über den Kronenzustand in die Betrachtung einbezogen werden.

Wildobstarten: Maßnahmen zur Erhaltung wertvoller forstgenetischer Ressourcen

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

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

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

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

Trockenjahre und Buchenmortalität: Geschlossenes Kronendach mindert Schäden

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

Boden des Jahres: Waldboden

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



Foto: J. Evers

Forstliches Umweltmonitoring

Ulrike Talkner, Caroline Klinck und Uwe Paar

<https://doi.org/10.5281/zenodo.13846609>

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 CO₂-Emissionen notwendig ist, um den menschengemachten Klimawandel abzumildern und damit den Zustand des Waldes zu stabilisieren.

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

Grundsätzlich werden im Forstlichen Umweltmonitoring folgende Kategorien unterschieden:

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

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

Die methodischen Instrumente des Forstlichen Umweltmonitorings sind europaweit nach den Grundsätzen des ICP Forests (2016) harmonisiert. Die Waldzustandserhebung (WZE) liefert seit mittlerweile 41 Jahren als Übersichtserhebung Informationen zur Vitalität der Waldbäume unter dem Einfluss sich ändernder Umweltbedingungen. Das Stichprobenraster der Waldzustandserhebung ist darauf ausgelegt, die gegenwärtige Situation des Waldes landesweit repräsentativ abzubilden. Das Ergebnis ist das Gesamtbild des Waldzustandes für das Bundesland. Die Stichprobe der Waldzustandserhebung vermittelt ein zahlenmäßiges Bild zu dem Einfluss von

Stürmen, Witterungsextremen sowie Insekten- und Pilzbefall. Lokale Befunde, wie sturmgefallene Bäume oder ein extremer Befall der Kiefer durch Pilze, können allerdings von dem landesweiten Ergebnis abweichen. Verschiedene Auswertungen belegen eine hohe Repräsentativität des Rasternetzes für verschiedene Fragestellungen.

Waldzustandserhebung – Methodik und Durchführung

Aufnahmeumfang

Die Waldzustandserhebung erfolgt auf mathematisch-statistischer Grundlage. Die Rasterweite des landesweiten Stichprobennetzes beträgt seit 2005 8 km x 8 km, für Buche und Eiche werden zusätzliche Erhebungspunkte im 4 km x 4 km-Raster durchgeführt, wenn 2004 mindestens 6 Buchen oder Eichen am WZE-Punkt vorhanden waren. Nach einer Rasterüberprüfung im Frühjahr 2020 wurden 12 weitere WZE-Punkte in das 8 km x 8 km-Raster integriert, so dass jetzt inklusive der Verdichtung 312 Erhebungspunkte zum Stichprobenkollektiv gehören, von denen in diesem Jahr 292 Erhebungspunkte in die Inventur einbezogen werden konnten. Dieser Aufnahmeumfang ermöglicht repräsentative Aussagen zum Waldzustand auf Landesebene sowie Zeitreihen für die Baumarten Buche, Eiche, Fichte, Kiefer und die Gruppen der anderen Laub- und Nadelbäume. Die Aufnahmen zur Waldzustandserhebung erfolgten im Juli und August 2024. 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 2024. Je weiter der Vertrauensbereich, desto unschärfer sind die Aussagen. Ab einem Standardfehler von > 5 werden die Werte in den Grafiken nicht mehr dargestellt. Die Weite des Vertrauensbereiches wird im Wesentlichen beeinflusst durch die Anzahl der Stichprobenpunkte



WZE-Aufnahmeteams bei der Schulung im Juli 2024

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 in den Kronenverlichtungswerten ein breites Spektrum umfassen.

Aufnahmeparameter

Bei der Waldzustandserhebung erfolgt eine visuelle Beurteilung des Kronenzustandes der Waldbäume, denn Bäume reagieren auf Umwelteinflüsse u. a. mit Änderungen in der Verzweigungsstruktur und der Belaubungsdichte. Wichtigstes Merkmal ist damit die Kronenverlichtung der Waldbäume, deren Grad in 5 %-Stufen für jeden Stichprobenbaum erfasst wird. Die Kronenverlichtung wird unabhängig von den Ursachen bewertet, lediglich mechanische Schäden (z. B. das Abbrechen von Kronenteilen durch Wind) gehen nicht in die Berechnung der Ergebnisse der Waldzustandserhebung ein. Die Kronenverlichtung ist ein unspezifisches Merkmal, aus dem nicht unmittelbar auf die Wirkung von einzelnen Stressfaktoren geschlossen werden kann. Sie ist daher geeignet, allgemeine Belastungsfaktoren der Wälder aufzuzeigen. Bei der Bewertung der Ergebnisse stehen nicht die absoluten

Baumannzahl, Plotanzahl, Raster sowie Standardfehler und 95 %-Konfidenzintervall der Kronenverlichtung für alle Baumarten- und Altersgruppen der Waldzustandserhebung 2024 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	2277	157	4x4 km	1,4	22–28
	bis 60 Jahre	436	34	4x4 km	1,0	4–7
	über 60 Jahre	1841	130	4x4 km	1,3	27–32
Eiche	alle Alter	1086	116	4x4 km	1,6	27–33
	bis 60 Jahre	208	32	4x4 km	1,7	9–16
	über 60 Jahre	878	94	4x4 km	1,3	32–37
Fichte	alle Alter	380	45	8x8 km	2,7	23–34
	bis 60 Jahre	155	19	8x8 km	5,2	12–34
	über 60 Jahre	225	27	8x8 km	2,6	27–38
Kiefer	alle Alter	1532	86	8x8 km	0,8	16–19
	bis 60 Jahre	271	17	8x8 km	1,7	9–17
	über 60 Jahre	1261	73	8x8 km	0,8	17–20
andere Laubbäume	alle Alter	669	80	8x8 km	1,7	15–22
	bis 60 Jahre	364	42	8x8 km	2,0	13–21
	über 60 Jahre	305	42	8x8 km	2,3	15–25
andere Nadelbäume	alle Alter	425	49	8x8 km	1,8	16–23
	bis 60 Jahre	180	21	8x8 km	2,8	14–25
	über 60 Jahre	245	29	8x8 km	2,4	14–24
alle Baumarten	alle Alter	4008	167	8x8 km	0,8	19–23
	bis 60 Jahre	1210	67	8x8 km	1,4	12–18
	über 60 Jahre	2798	131	8x8 km	0,9	22–25

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

WZE-Ergebnisse für alle Baumarten

Caroline Klinck und Uwe Paar

<https://doi.org/10.5281/zenodo.13846688>

Auf das vergleichsweise feuchte Jahr 2023 folgte mit 2024 ein Jahr, das sich durch zwar warme, aber überregional nasse Verhältnisse auszeichnet. Die Bodenwasserspeicher konnten überall im Land aufgefüllt werden (DWD Bodenfeuchteviewer). Für die Vitalität der Wälder Niedersachsens bedeutete das ein weiteres Jahr der Erholung von den Auswirkungen der Trockenphasen vor 2023. Diese Erholung zeigte sich vor allem darin, dass trockenheitsbedingte Schadprozesse stagnierten und wenig neue Schäden entstanden.

Mittlere Kronenverlichtung

Mit einer mittleren Kronenverlichtung von 21 % für alle Baumarten und Alter kommt die Waldzustandserhebung 2024 zum gleichen Ergebnis wie im Vorjahr. Der Wert liegt damit immer noch fünf Prozentpunkte über dem langjährigen Mittel. In den jüngeren, bis 60-jährigen Beständen sank die mittlere Kronenverlichtung auf 15 % und liegt damit beim gleichen Wert wie vor zwei Jahren. In der Altersgruppe der über 60-jährigen Bestände blieb die Kronenverlichtung wie im Vorjahr bei 23 %.

Mittlere Kronenverlichtung in %



Foto: M. Spielmann

Die Kiefer (alle Alter) bleibt mit 17 % auf dem vergleichsweise niedrigen Kronenverlichtungsniveau des Vorjahres (ohne Abbildung). Am stärksten veränderte sich die Verlichtung bei der Gruppe der anderen Laubbäume, wo der Wert von 21 % 2023 auf 18 % im Jahr 2024 sank. Bei allen anderen Baumarten blieben die Werte annähernd auf dem gleichen Niveau (Buche: 2024 = 25 %, 2023 = 26 %; Eiche: 2024 = 30 %, 2023 = 29 %; Fichte: 2024 = 29 %, 2023 = 30 %; andere Nadelbäume: 2024 und 2023 = 19 %).

Anteil starker Schäden

Der Anteil starker Schäden liegt für das Mittel aller Baumarten im Mittel der Zeitreihe (1984–2024) bei 1,7 %. Seit 2019 wird dieser Mittelwert jedes Jahr deutlich überschritten. Im aktuellen Aufnahmejahr 2024 lag der Anteil starker Schäden mit 3,4 % zwar sehr hoch, aber auch deutlich unterhalb des Maximalwertes von 4,1 % in den Jahren 2021 und 2023.

Die Spanne der starken Schäden reichte in diesem Jahr von 1,2 % bei Kiefer bis 8,4 % für Fichte.

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

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

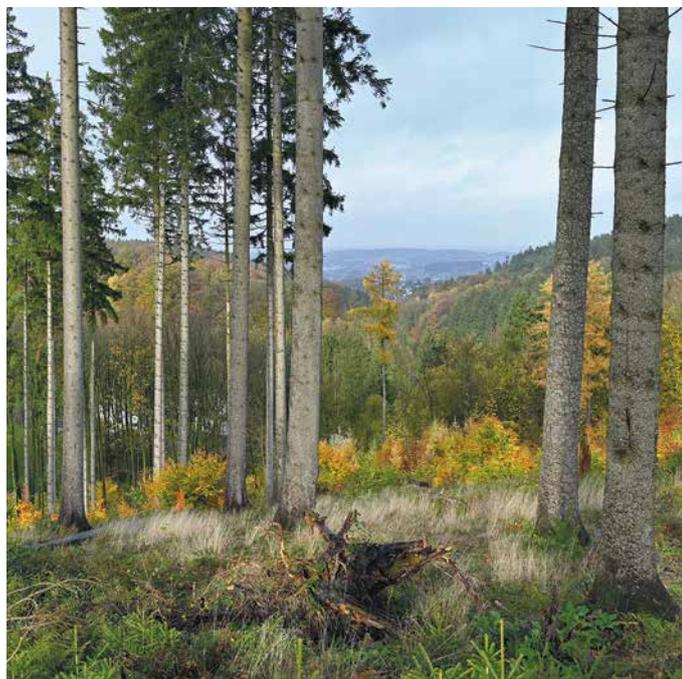
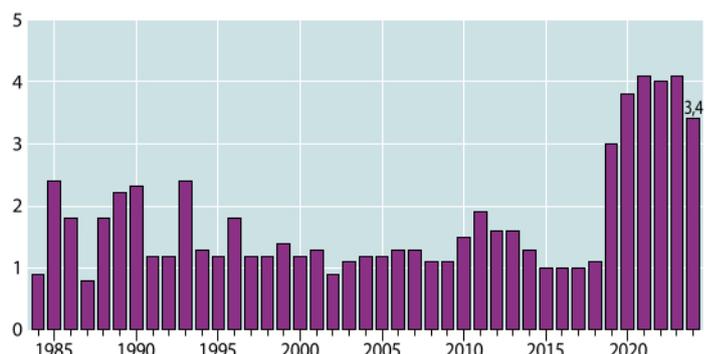


Foto: J. Evers

Absterberate

Die Absterberate berechnet sich aus Bäumen, die zum Zeitpunkt der Erhebung erstmalig eine Kronenverlichtung von 100 % aufweisen, bezogen auf die Gesamtzahl lebender Bäume aus dem Vorjahr. Seit 2018 war die Absterberate deutlich erhöht. Sie liegt mit aktuell 0,4 % etwas höher als im Vorjahr 2023 (0,34 %) und ist damit etwa doppelt so hoch wie der langjährige Mittelwert (1984–2024: 0,21 %).

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. Sowohl 2007 als auch 2018 waren Sturmschäden die Hauptausfallursache. Nach den teilweise deutlich erhöhten Werten der vergangenen Jahre liegt die Ausfallrate 2024 mit 0,85 % genau auf dem Niveau des langjährigen Mittels.

Vergilbungen

Vergilbungen der Nadeln und Blätter sind häufig ein Indiz für Magnesiummangel in der Nährstoffversorgung der Waldbäume. Bis Mitte der 1990er Jahre waren Vergilbungen häufig beobachtet worden; seither ist das Phänomen merklich zurückgegangen. Wie im Vorjahr ist dieses Merkmal 2024 kaum aufgetreten. Nur 0,1 % der Bäume hatten sehr leichte Vergilbungen. Die von den Waldbesitzenden und Forstbetrieben durchgeführten Waldkalkungen mit magnesiumhaltigen Kalken und der Rückgang der Schwefelemissionen haben dazu beigetragen, das Auftreten dieser Mangelerscheinung zu reduzieren.

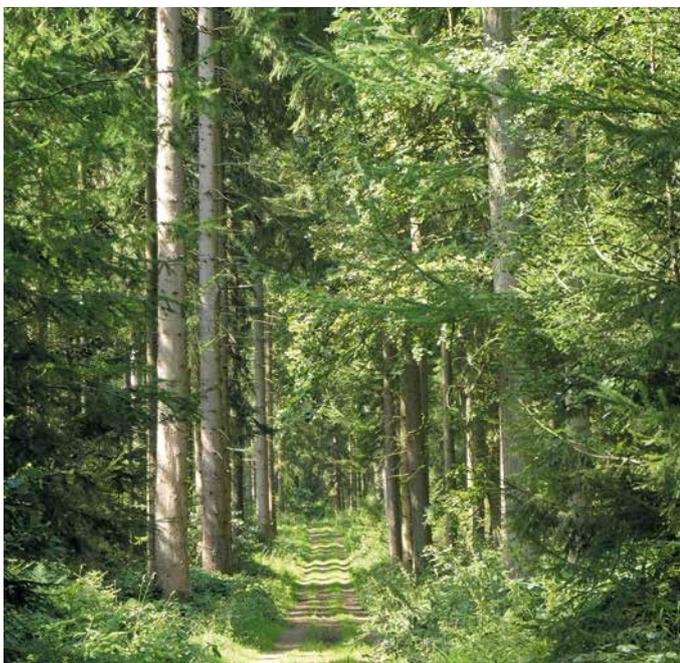
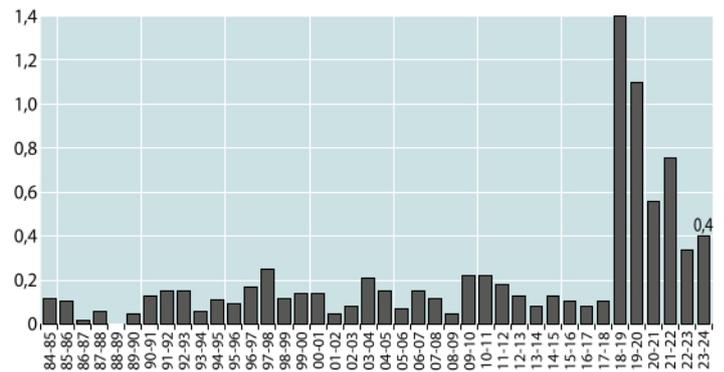
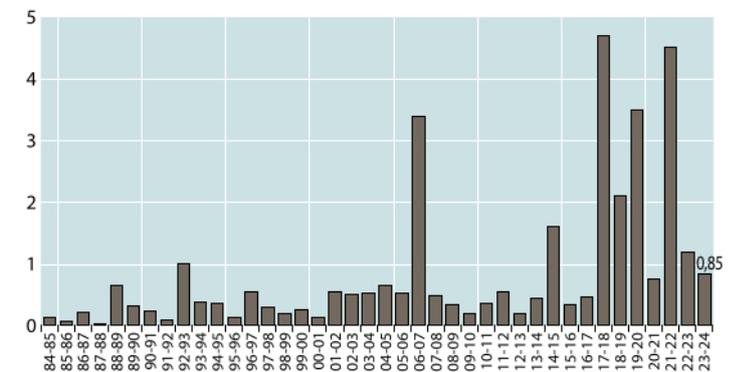


Foto: P. Grawehn

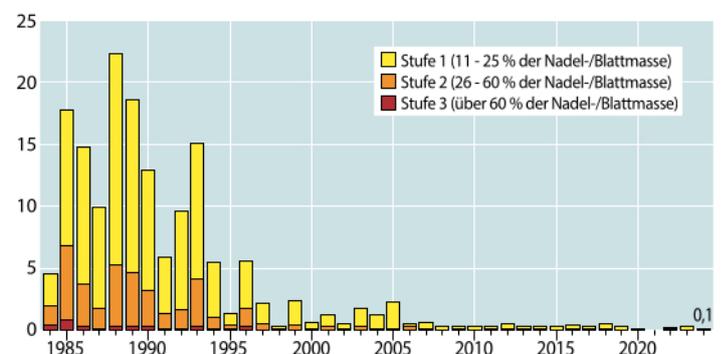
Jährliche Absterberate (stehende Bäume), alle Alter in %



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



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



Fazit

Die Witterung des Vegetationsjahres 2023/24 kann durch die kräftigen Niederschläge insgesamt als günstig bezeichnet werden. Dennoch sind die Folgen von Stürmen, Hitze- und Trockenperioden seit 2018 noch immer in den Wäldern unübersehbar. Die landesweit repräsentativen Ergebnisse der Waldzustandserhebung zeigen seit 2019 höchste Anteile an stark geschädigten Bäumen in der Zeitreihe. Auch 2024 ist dieser Wert stark erhöht. Die Ausfallrate, die zwischen 2018 und 2022 besonders hoch war, liegt 2024 auf dem Niveau des langjährigen Mittelwertes. Nach wie vor sind Fichtenbestände stark von Schäden betroffen. Ihre Flächenanteile gingen dadurch in den letzten Jahren stark zurück.

Quelle: DWD Bodenfeuchteviewer:

https://www.dwd.de/DE/fachnutzer/landwirtschaft/appl/bf_view/_node.html;jsessionid=E45BBB2B5213E49D650ED626DA2DD79D.live11042

Kiefer

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

Über alle Alter betrachtet bleibt die Kronenverlichtung der Kiefer mit 17 % auf dem Niveau vom Vorjahr (ohne Abbildung).

Ältere Kiefer

Die älteren Kiefern weisen über den gesamten Erhebungszeitraum einen stabilen, vergleichsweise niedrigen Kronenverlichtungsgrad auf. Die Werte blieben durchgehend unter denen von älteren Fichten, Buchen und Eichen. Die mittlere Kronenverlichtung der älteren Kiefern ist 2024 gegenüber dem Vorjahr sehr leicht um einen Prozentpunkt auf 18 % gestiegen.

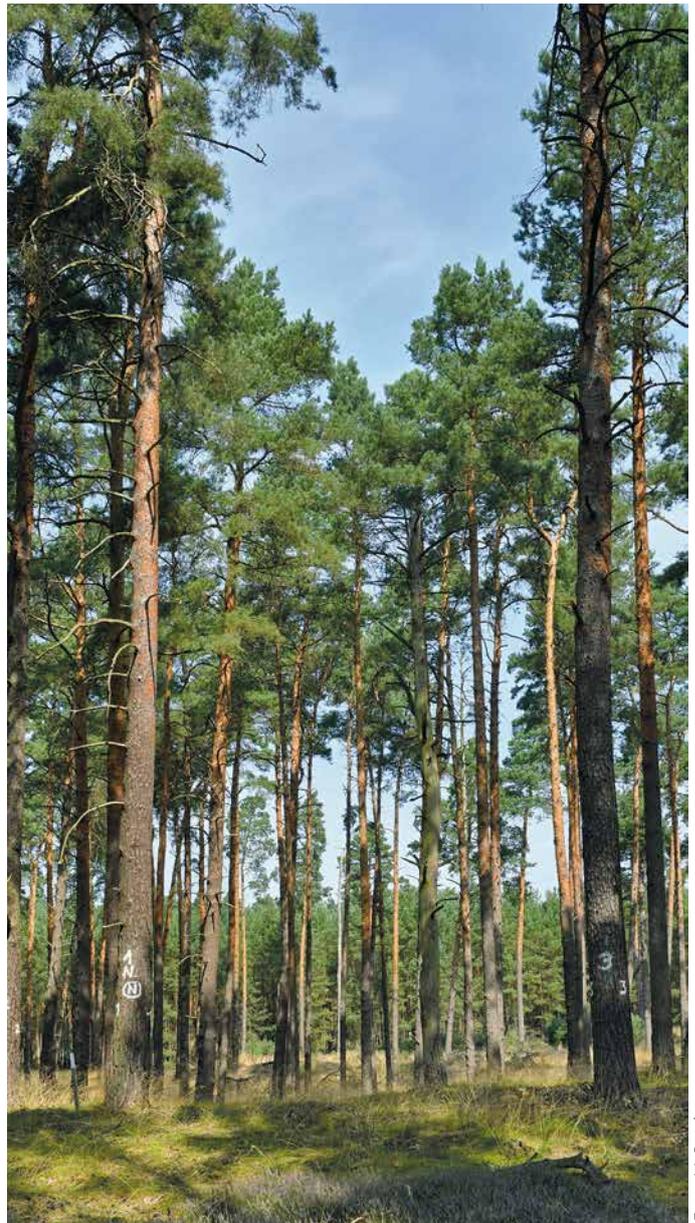


Foto: M. Spielmann



Foto: P. Gawehn

Jüngere Kiefer

Die Unterschiede im Kronenverlichtungsgrad zwischen den Altersgruppen sind bei der Kiefer im Vergleich zu den anderen Hauptbaumarten nur gering ausgeprägt. Seit 2016 stieg die mittlere Kronenverlichtung der jüngeren Kiefern bis 2021 fast kontinuierlich an. Sie blieb mit 13 % im Jahr 2024 etwa auf dem Niveau von 2023 (12 %).

Mittlere Kronenverlichtung in %

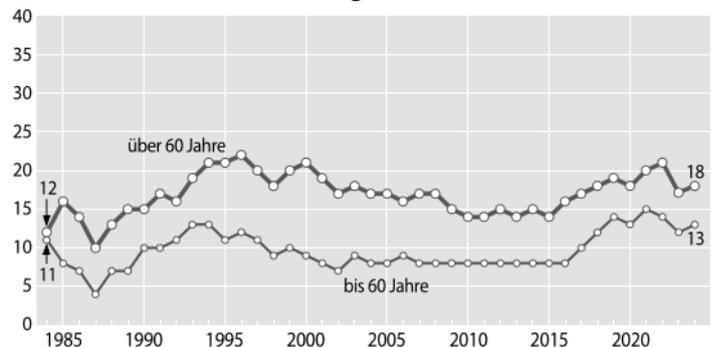


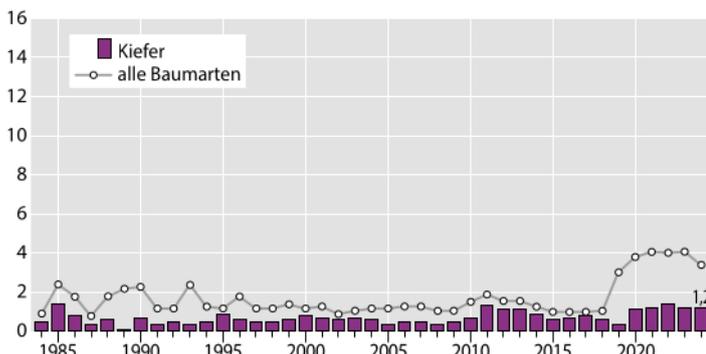


Foto: J. Evers

Starke Schäden

Auch bei den starken Schäden heben sich die Ergebnisse der Kiefer von denen der anderen Baumarten ab. Im Erhebungszeitraum lag der Wert der Kiefer immer unter dem aller Baumarten. Mit Werten zwischen 0,1 % und 1,4 % treten insgesamt nur geringe Schwankungen auf. Im langjährigen Mittel liegt der Anteil starker Schäden (alle Alter) unter 1 % (0,7 %), 2024 waren es wie im Vorjahr 1,2 %.

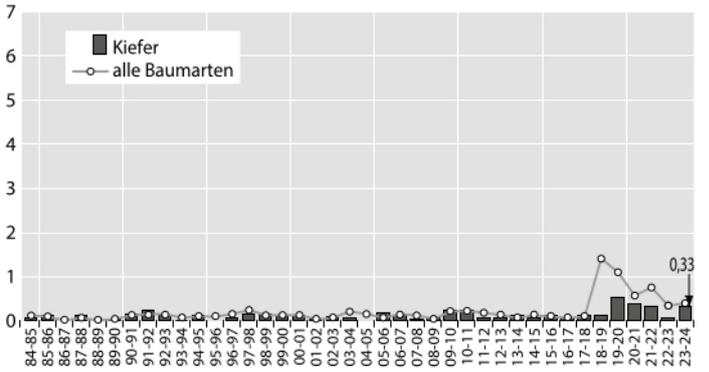
Anteil starker Schäden (inkl. abgestorbener Bäume), alle Alter in %



Absterberate

Die Absterberate der Kiefer lag bis 2019 bemerkenswert niedrig; sie erreichte maximal 0,3 %. Danach war sie mit Werten von 0,3 % bis 0,5 % erhöht. 2023 sank der Wert vorübergehend auf 0,1 %. Im Jahr 2024 liegt er bei 0,33 % und damit wieder deutlich über dem langjährigen Mittel von 0,14 %.

Jährliche Absterberate (stehende Bäume), alle Alter in %



Ausfallrate

Auch im Jahr 2024 war die Ausfallrate der Kiefern im Baumartenvergleich deutlich geringer. Der Wert liegt bei 0,5 % und damit nur geringfügig über dem langjährigen Mittel von 0,42 % und dem Vorjahreswerts (0,4 %).

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

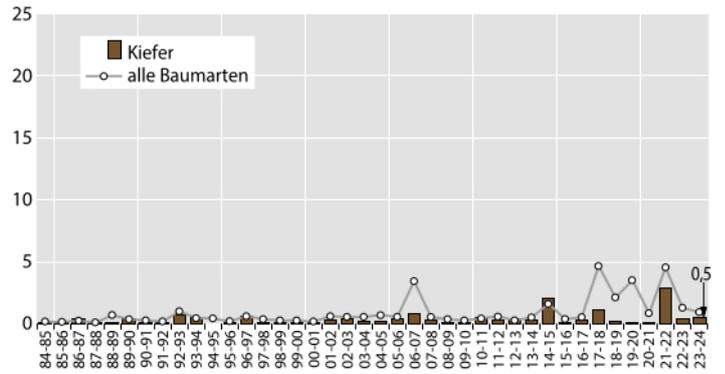


Foto: P. Gawehn

Fichte

Die Fichte in Niedersachsen zeigt nach wie vor ein sehr hohes Schadniveau. Die durch Trockenheit, Windwurf und Borkenkäferbefall in den Jahren 2018–2022 verursachte Verschlechterung der Vitalität ist die stärkste seit Beginn der 41-jährigen Zeitreihe. Sie zeigt sich vor allem in außerordentlich hohen Anteilen starker Schäden sowie in hohen Absterbe- und Ausfallraten. In der Folge ging der Fichtenanteil am Gesamtwald drastisch von 18 % im Jahr 2017 auf 9 % 2024 zurück. Die Stabilität der verbleibenden Fichtenbestände ist erheblich beeinträchtigt.

Ältere Fichte

Im Zeitraum von 1984–2018 wurden für die älteren Fichten Kronenverlichtungswerte zwischen 24 % und 30 % festgestellt. Nachdem der Wert seit 2019 stetig anstieg und 2022 mit 38 % ein neues Maximum erreichte, ging er 2023 auf 33 % und 2024 weiter auf 32 % zurück.

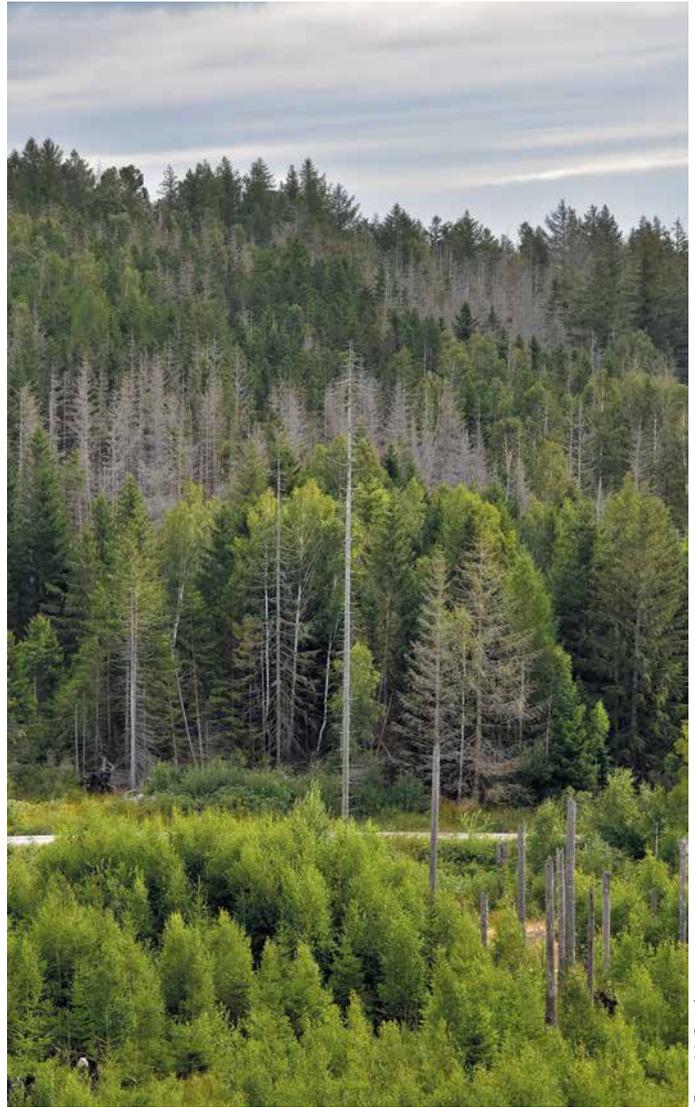


Foto: M. Spielmann

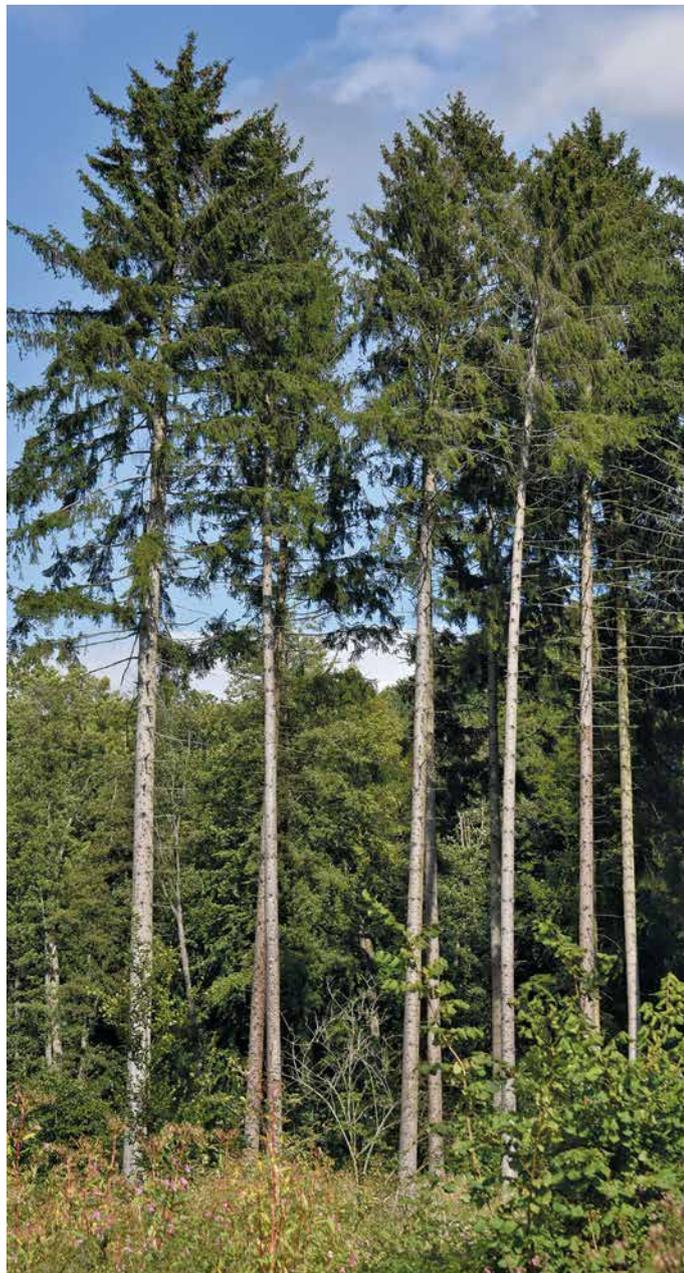


Foto: J. Evers

Jüngere Fichte

Bis 2018 gab es für die Fichte einen deutlichen Alterstrend: Die mittlere Kronenverlichtung der jüngeren Fichten lag mit im Mittel 9 % weit unter den Werten der älteren. Seit 2018 stieg die Kronenverlichtung der jüngeren Fichten stark an und erreichte 2021 mit 32 % ein Niveau ähnlich der älteren Fichten. 2022 sank der Wert wieder um 9 Prozentpunkte auf 23 %. Seit 2023 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.

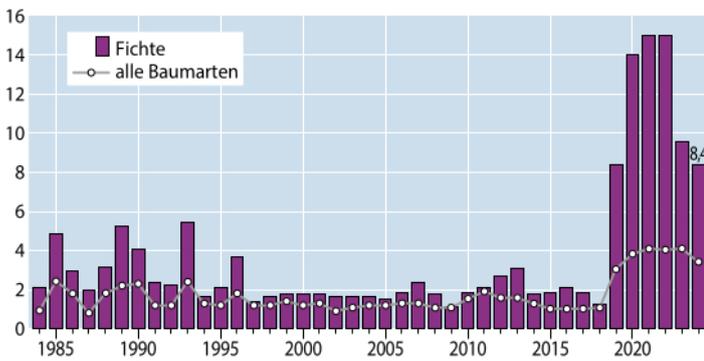
Mittlere Kronenverlichtung in %



Starke Schäden

Für die Fichten wurden bis 1996 wiederholt leicht erhöhte Anteile an starken Schäden (bis 5,5 %) festgestellt. Bis Mitte der 1990er Jahre haben mittlere und starke Vergilbungen von >25 % der Nadelmasse, die zur Einstufung in die nächsthöhere Schadstufe führen, eine bedeutsame Rolle gespielt. Mit dem Rückgang der Vergilbung gingen bei der Fichte auch die Anteile an starken Schäden zurück. Zwischen 1997 und 2018 traten nur leichte Schwankungen auf. Anschließend zeigt sich ein grundlegend anderes Bild: 2019 stieg der Anteil starker Schäden auf 8,4 % und 2020 wurde mit einem Anteil von 13,6 % ein neuer Höchstwert erreicht. Dieser wurde schon im Folgejahr mit 15,3 % übertroffen. Seit 2022 geht er langsam zurück und liegt 2024 bei 8,4 %.

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



Jährliche Absterberate (stehende Bäume), alle Alter in %

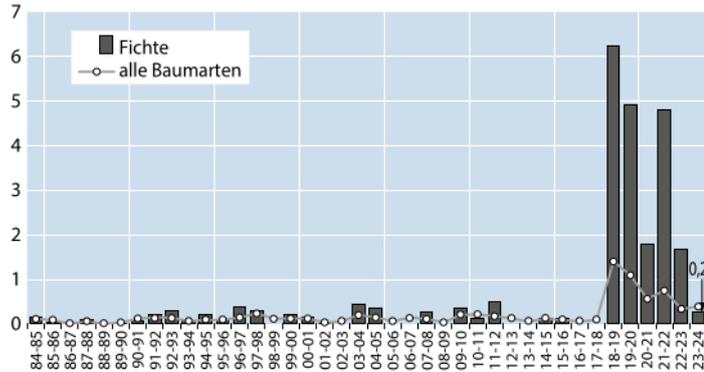


Foto: C. Klinck



Foto: C. Klinck

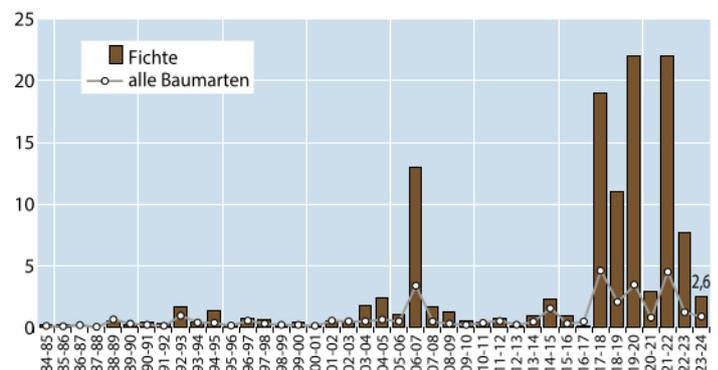
Absterberate

Die Absterberate der Fichte (alle Alter) lag im Erhebungszeitraum bis 2018 bei im Mittel 0,1 % bei Maximalwerten von 0,5 %. Danach sind in den Jahren 2019, 2020 und 2022 im Vergleich dazu extrem viele Fichten abgestorben (6,1 %, 4,6 % und 4,4 %). 2024 sank der Wert deutlich auf 0,28 % und liegt damit erstmalig wieder unter dem langjährigen Mittel von 0,61 %.

Ausfallrate

Der Anteil als Schadholz entnommener Fichten liegt im Mittel der 41 Beobachtungsjahre bei jährlich 3,1 %. Seit 2018 mussten aufgrund von Sturmschäden und Borkenkäferbefall mit bis zu 22 % sehr viele Fichten außerplanmäßig genutzt werden. Nachdem die Ausfallrate 2021 mit 3 % fast durchschnittlich war, stieg sie 2022 wieder auf 22 %. Seitdem sank sie ab und liegt 2024 mit einem Wert von 2,6 % wieder unter dem langjährigen Mittel.

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



Buche

Auf die Trockenheit 2018 reagierte die Buche mit einem Anstieg der Kronenverlichtung. Nachdem die Werte 2021 wieder leicht zurückgegangen waren, erhöhten sie sich 2022 wieder auf das Niveau von 2020 (27 %). 2024 lag der Wert bei 25 %.

Ältere Buche

Die mittlere Kronenverlichtung der älteren Buchen sank 2024 auf 29 %. Sie liegt damit immer noch deutlich über dem langjährigen Mittel von 26 % (ohne Abbildung).

Auffällig sind bei der Buche die Schwankungen von Jahr zu Jahr. Eine Ursache für die zunehmende Variabilität der Verlichtungswerte der älteren Buchen ist die Intensität der Fruchtbildung. In Jahren mit intensiver Fruchtbildung sind die Kronenverlichtungswerte erhöht, in den Folgejahren ohne Fruchtbildung weist die Buche dann wieder eine dichtere Belaubung auf.

Mittlere Kronenverlichtung in %

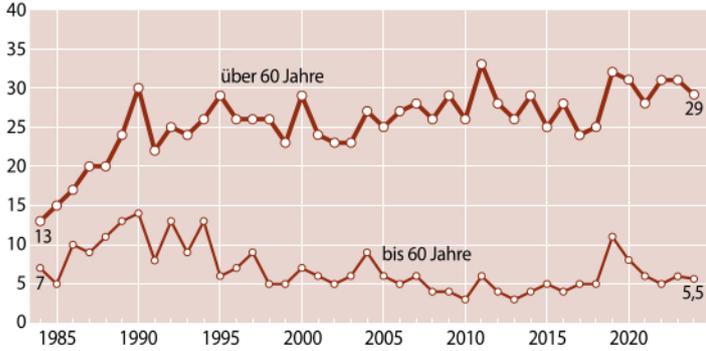


Foto: J. Evers

Jüngere Buche

Bei der Buche 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 kurzfristigen Erhöhung 2019 und 2020 sanken die Kronenverlichtungswerte wieder ab. 2024 lag der Wert mit 5,5 % 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 2,3 %. Nach einer vorübergehenden Erholung 2020 und 2021 stieg der Anteil stark geschädigter Buchen wieder an und erreichte 2023 mit einem Anteil von 6,5 % den bisherigen Höchstwert. Im aktuellen Jahr 2024 sank der Wert auf 4 % ab.

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

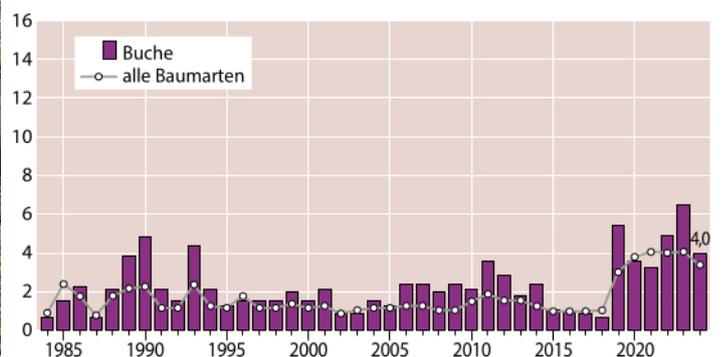
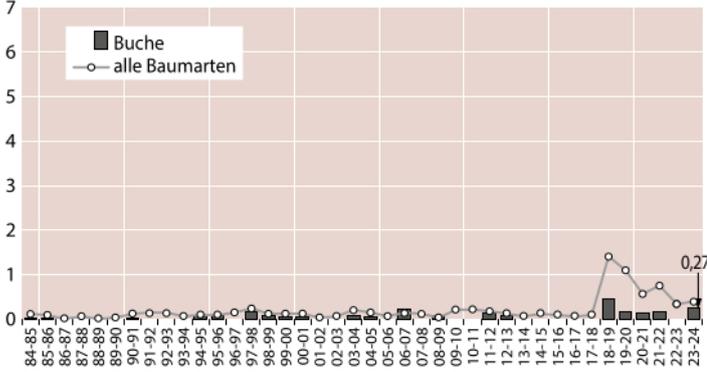


Foto: M. Spielmann

Absterberate

Im Vergleich zu den anderen Baumarten weist die Buche eine auffallend niedrige Absterberate auf. Im Mittel der Zeitreihe 1984–2024 liegt sie bei nur 0,06 %. Nach einer Erhöhung auf 0,48 % im Jahr 2019 nahm der Anteil wieder ab. 2024 starben 0,27 % der Buchen des WZE-Kollektives ab.

Jährliche Absterberate (stehende Bäume), alle Alter in %



Ausfallrate

Die für den 41-jährigen Zeitraum 1984–2024 durchschnittliche Ausfallrate der Buchen (Bäume, die als Schadholz entnommen wurden) ist mit 0,36 % vergleichsweise niedrig. 2024 ist sie mit 0,76 % erhöht.

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

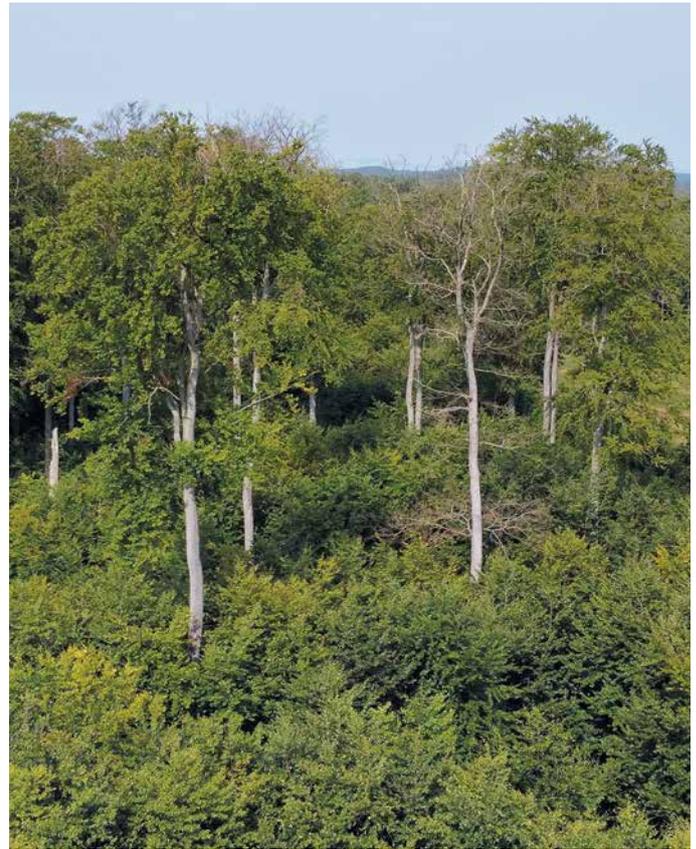
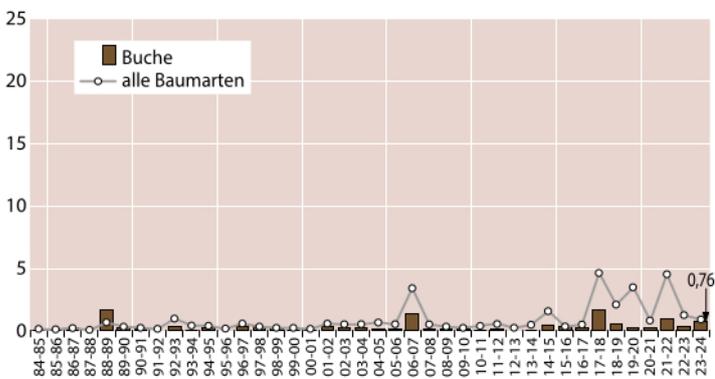


Foto: M. Spielmann

Fruchtbildung

Die Ergebnisse zur Fruchtbildung im Rahmen der Waldzustandserhebung zeigen die Tendenz, dass die Buchen in kurzen Abständen und vielfach intensiv fruktifizieren. Dies kann auf eine Häufung strahlungsreicher Jahre sowie eine erhöhte Stickstoffversorgung der Bäume zurückzuführen sein. Geht 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. 2024 fruktifizierten mit 49 % fast die Hälfte der Buchen in Niedersachsen mittelstark oder stark.

Anteil mittel und stark fruktifizierender älterer Buchen in %

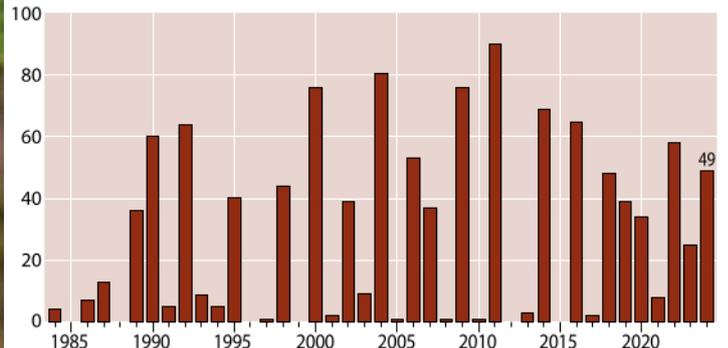


Foto: M. Spielmann

Eiche

Die Kronenverlichtung ist bei Eiche im Vergleich der Baumarten relativ hoch. Nach dem Trockenjahr 2018 war allerdings keine auffällige Vitalitätsverschlechterung festzustellen.

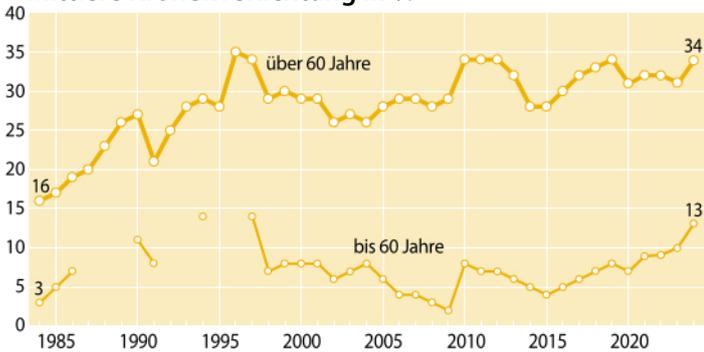
Ältere Eiche

In der Zeitreihe der mittleren Kronenverlichtung der älteren Eichen traten die höchsten Verlichtungswerte (>30 %) in den Jahren 1996–1997 und 2010–2013 unter dem Einfluss von starkem Insekten- und Pilzbefall auf. Für den allmählichen Anstieg der Verlichtung seit 2015 spielt die Eichenfraßgesellschaft allerdings keine Rolle, da in diesem Zeitraum nur moderate Fraßschäden beobachtet wurden. 2024 lag die mittlere Kronenverlichtung mit 34 % ein weiteres Jahr deutlich über dem langjährigen Mittel von 28 %.

Jüngere Eiche

Die Kronenentwicklung der Eichen in der Altersstufe bis 60 Jahre zeigte einen sehr viel günstigeren Verlauf als die Entwicklung der älteren Eichen. Allerdings stiegen auch hier die Werte seit 2016 zwar langsam, aber kontinuierlich an. Sie sind 2024 mit 13 % fast doppelt so hoch wie der langjährige Mittelwert von 7 %.

Mittlere Kronenverlichtung in %



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

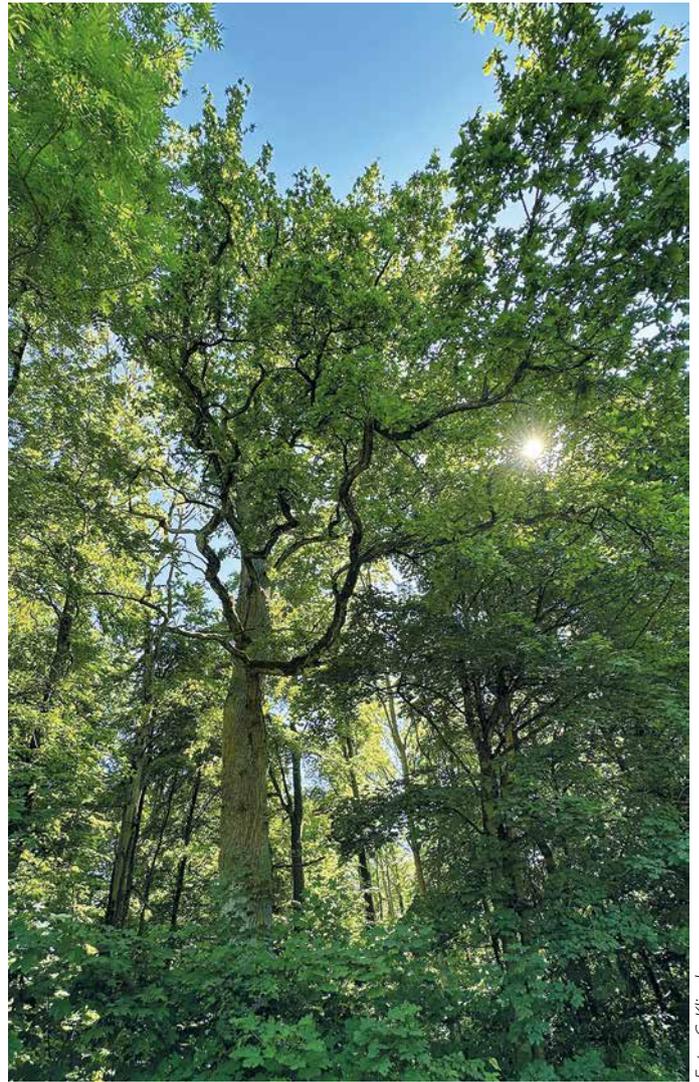


Foto: C. Klink

Starke Schäden

Parallel zu den erhöhten Kronenverlichtungswerten in den Jahren 1996–1997 und 2010–2013 waren in diesen Phasen auch erhöhte Anteile starker Schäden zu verzeichnen. Im Durchschnitt der Zeitreihe sind 2,3 % der Eichen als stark geschädigt eingestuft worden. Der diesjährige Wert liegt mit 2,9 % geringfügig unter dem Vorjahreswert, aber immer noch über dem langjährigen Mittel. Die starken Schäden der Eichen sind in diesem Jahr nur in sehr wenigen Fällen durch Insektenfraß bedingt.

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

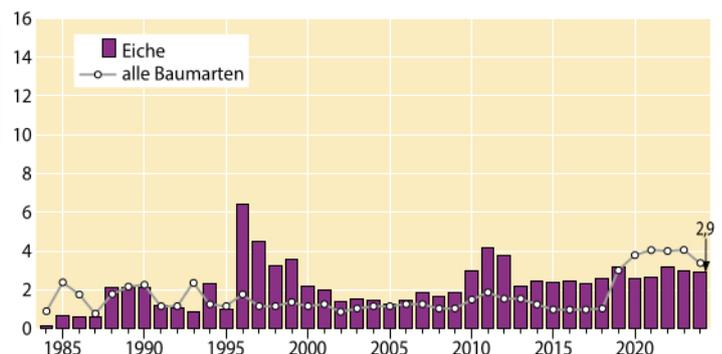
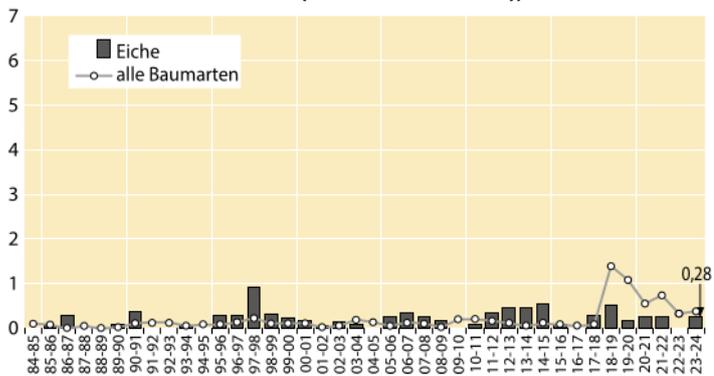


Foto: M. Spielmann

Absterberate

Die Absterberate der Eiche liegt im Mittel der Jahre 1984–2024 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 %. Im Jahr 2024 starben in Niedersachsen 0,28 % der Eichen des WZE-Kollektives ab.

Jährliche Absterberate (stehende Bäume), alle Alter in %



Ausfallrate

Die Ausfallrate ist für Eiche in allen Erhebungsjahren sehr gering. Sie liegt im Mittel der Zeitreihe bei 0,29 %. Nach etwas höheren Ausfällen 2018 und 2019 sanken die Werte. 2024 liegt die Rate mit 0,28 % knapp unter dem langjährigen Mittel und deutlich unter dem Wert aller Baumarten.

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

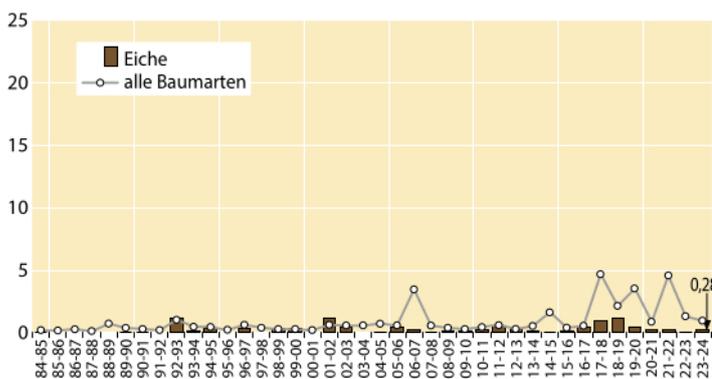


Foto: P. Gawehn

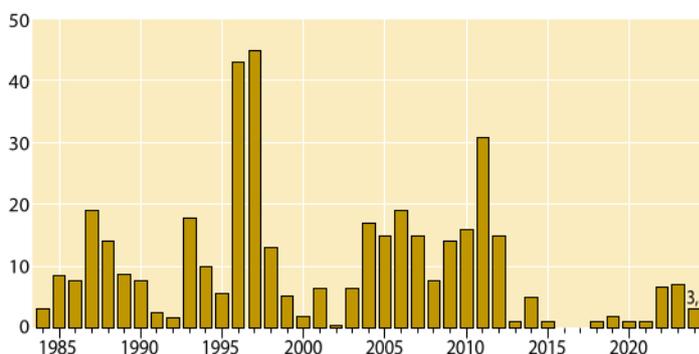


Foto: J. Evers

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 ist der Anteil mittlerer und starker Fraßschäden gering. Er lag 2024 bei 3,1 %.

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 nur schwer einzuschätzen, weil die Eicheln dann noch sehr klein sind. Zum Zeitpunkt der Sommeraufnahme 2024 wurde für 26 % der Eichen eine starke bis mittelstarke Fruktifikation festgestellt, was einen vergleichsweise hohen Wert darstellt. Es ist zu vermuten, dass dieser Wert die tatsächliche Fruktifikationsstärke unterschätzt.

Andere Laub- und Nadelbäume

In Niedersachsen wurden 2024 bei der Waldzustandserhebung als landesweite, repräsentative Stichprobeninventur 34 Baumarten erfasst. Neben den Hauptbaumarten Kiefer, Fichte, Buche und Eiche kommt in den Wäldern eine Vielzahl von anderen Baumarten vor, die insgesamt 27 % der Stichprobenbäume der Waldzustandserhebung in Niedersachsen ausmachen. Jede Baumart für sich genommen ist allerdings zahlenmäßig so gering vertreten, dass allenfalls Trendausagen zur Kronenentwicklung möglich sind. Bei den Ergebnissen der Waldzustandserhebung werden sie daher in den Gruppen „andere Laubbäume“ und „andere Nadelbäume“ zusammengefasst. Zu den häufigsten anderen Laubbäumen gehört die Birke, gefolgt von Erle, Bergahorn, Esche, Roteiche und Hainbuche. Die Gruppe der anderen Nadelbäume setzt sich vorwiegend aus Lärche und Douglasie zusammen, vereinzelt kommen auch Nordmannstanne, Weißtanne und Schwarzkiefer vor.

Mittlere Kronenverlichtung

Nach dem Trockenjahr 2018 reagierten beide Baumartengruppen schon im Folgejahr mit einer Erhöhung der mittleren Kronenverlichtung. Nachdem sich die Kronenverlichtung der anderen Laubbäume (alle Alter) zwischen 2020 und 2022 wieder etwas verringert hatte, erreichte sie 2023 wie 2019 mit 21 % wieder den Maximalwert der 41-jährigen Zeitreihe. 2024 sank er wieder auf 18 %.

Mittlere Kronenverlichtung in %

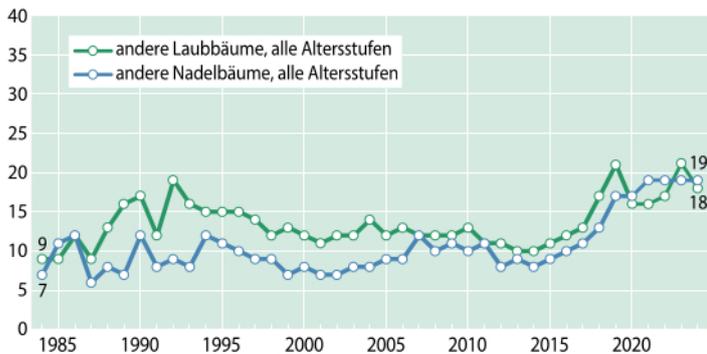


Foto: M. Spielmann

Feldahorn



Foto: C. Klinck

Schwarzkiefer

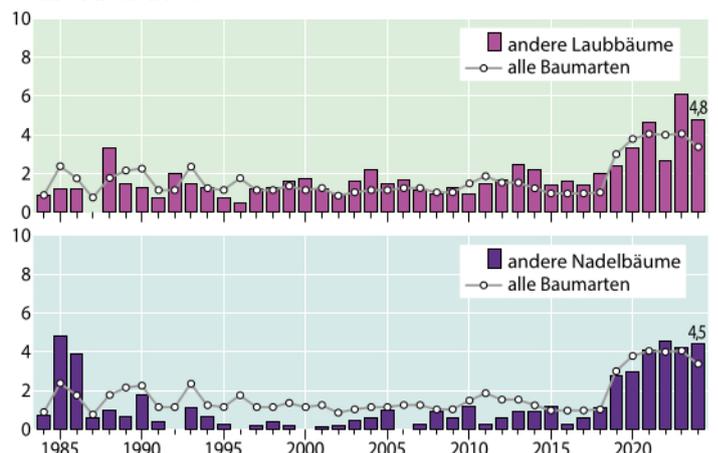
Bei den anderen Nadelbäumen (alle Alter) ist seit 2014 ein Anstieg der Kronenverlichtung festzustellen. Der Höchstwert von 19 % wurde 2024 das vierte Jahr in Folge erreicht.

Starke Schäden

Für die anderen Laubbäume (alle Alter) schwanken die Anteile an starken Schäden von Jahr zu Jahr. Im langjährigen Mittel wurden 1,8 % der Bäume als stark geschädigt eingestuft. Im Vergleich zu 2023 sank der Wert von maximalen 6,1 % auf 4,8 %.

Bei den anderen Nadelbäumen wurden in den ersten Jahren der Waldzustandserhebung mit Werten um 4 % hohe Anteile an starken Schäden festgestellt, anschließend gingen die Werte zurück. Im Mittel sind 1,3 % der anderen Nadelbäume stark geschädigt. 2024 erhöhte sich der Wert leicht von 4,3 % (2023) auf 4,5 %.

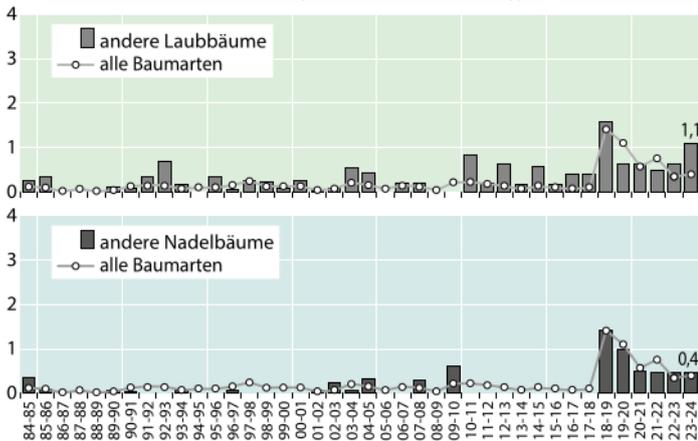
Anteil starker Schäden (inkl. abgestorbener Bäume), alle Alter in %



Absterberate

Die höchsten Absterberaten im Beobachtungszeitraum seit 1984 wurden für beide Baumartengruppen im Jahr 2019 verzeichnet. 2024 starben 1,1 % der anderen Laubbäume des WZE-Kollektives ab, was den zweithöchsten Wert der Zeitreihe darstellt. Bei den anderen Nadelbaumarten lag die Absterberate bei 0,48 % und blieb damit auf dem Vorjahresniveau. Die Rate ist hier damit seit 5 Jahren etwa gleich. Für beide Gruppen liegen die Werte jedoch nach wie vor über dem langjährigen Mittel (0,34 % bzw. 0,17 %).

Jährliche Absterberate (stehende Bäume), alle Alter in %



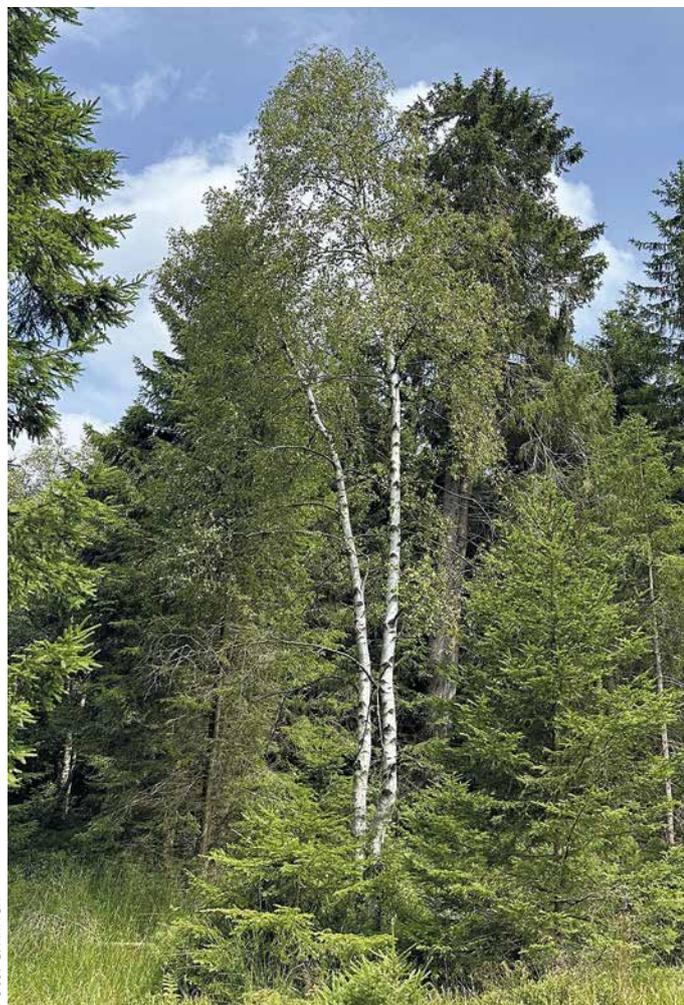
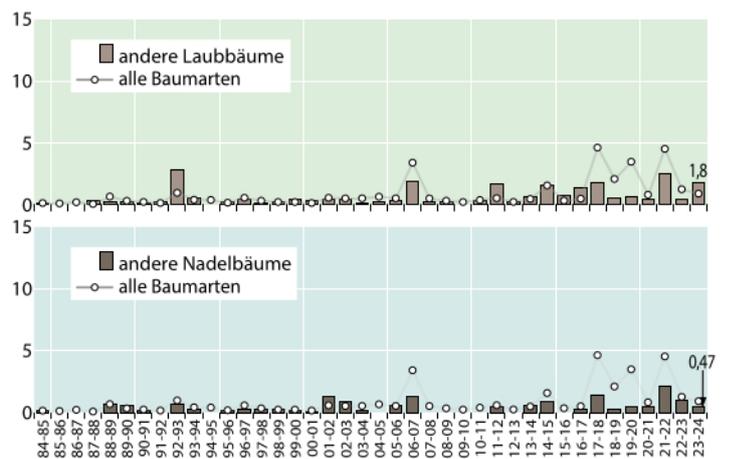
Esche

Foto: M. Spielmann

Ausfallrate

Die Gruppen der anderen Laub- und Nadelbäume weisen im Erhebungszeitraum mit 0,66 % bzw. 0,43 % relativ niedrige mittlere Ausfallraten auf. Bei Baumarten, die zur Gruppe der anderen Laubbäume gehören, war der Ausfall mit 1,8 % im Jahr 2024 vergleichsweise hoch. In der Gruppe der anderen Nadelbäume war der Wert mit 0,47 % deutlich niedriger.

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



Birke

Foto: C. Klinck



Lärche

Foto: P. Gawehn

Witterung und Klima

Johannes Suttmöller

<https://doi.org/10.5281/zenodo.13846788>

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 Klimareferenzperiode 1961–1990 verglichen. Neben eigenen Auswertungen werden die Ergebnisse aus den Klimastatusberichten des DWD berücksichtigt.

Das Vegetationsjahr 2023/24 war mit 11,4 °C im Landesmittel von Niedersachsen das wärmste seit Auswertungsbeginn. Es war damit 2,7 K wärmer als das langjährige Mittel der Klimanormalperiode 1961–1990 bzw. 1,7 K im Vergleich zur aktuellen Referenzperiode 1991–2020. Mit 1138 mm Jahresniederschlag wurde gleichzeitig die höchste Niederschlagsmenge seit 1961 gemessen und das langjährige Mittel von 749 mm um mehr als 50 % übertroffen. Dabei waren alle Monate teilweise deutlich wärmer als im langjährigen Mittel und fast alle Monate feuchter als normal. Von Oktober 2023 bis September 2024 kam es zu keiner ausgeprägten Trockenperiode, so dass das pflanzenverfügbare Wasser in den Waldböden während der Vegetationszeit ausreichte, um die Wasserversorgung der Waldbestände zu gewährleisten.

Das Kalenderjahr 2023 war in Niedersachsen zusammen mit dem Jahr 2020 das wärmste Jahr seit Beginn regelmäßiger Messungen im Jahr 1881. Die Jahresmitteltemperatur betrug jeweils knapp 10,9 °C. Die Top 5 der wärmsten Jahre traten alle seit dem Jahr 2018 auf, die zehn wärmsten Jahre seit dem Jahr 2000. Dies verdeutlicht, dass die globale Erwärmung sich unbremst fortsetzt und weiter beschleunigt.

Witterungsverlauf von Oktober 2023 bis September 2024

Zu Beginn des Vegetationsjahres führten im **Oktober** 2023 Westwindwetterlagen zu häufigen und flächendeckenden Niederschlägen. Mit 139 mm im Flächenmittel von Niedersachsen war der Monat sehr nass (fast 2,5-fach über der mittleren Niederschlagsmenge). Besonders niederschlagsreich war es im Nordwesten des Landes und im Harz. Im Laufe des Monats füllten sich die Bodenwasserspeicher, so dass am Monatsende überdurchschnittlich hohe Bodenfeuchtwerte beobachtet

wurden. Mit einer Monatsmitteltemperatur von 12,0 °C war der Oktober 2,3 K wärmer als im langjährigen Durchschnitt (Abb. und Tab. Seite 21). Im **November** setzte sich die milde und sehr niederschlagsreiche Witterung fort. Dabei war es häufig trüb und zeitweise stürmisch. Es fielen 119 mm Niederschlag und damit 75 % mehr als im dreißigjährigen Mittel der Periode 1961–1990. Infolgedessen übertraf der Wassergehalt im Oberboden (bis 60 cm Tiefe) häufig die nutzbare Feldkapazität (nFK) von 100 %. Zum Monatsende führte ein erster Kaltlufteinbruch zu Schneefällen und regional strengen Nachtfrierten. Die Monatsmitteltemperatur betrug 6,4 °C (+1,4 K). Trotz eines kühlen Starts in den **Dezember** war der Monat sehr mild und mit 5,0 °C um 3,1 K wärmer als üblich. Gleichzeitig fiel mit 155 mm mehr als die doppelte Niederschlagsmenge im Vergleich zum Mittel der Klimanormalperiode. Ab Weihnachten führten starke Niederschläge dazu, dass es infolge der gesättigten Böden in weiten Teilen des Landes zu Überschwemmungen kam, die bis in das Jahr 2024 anhielten.

Die niederschlagsreiche Witterung setzte sich zu Beginn des Jahres 2024 fort und verschärfte die Hochwassersituation in Niedersachsen. So war auch der **Januar** überdurchschnittlich nass. Das langjährige Niederschlagsoll wurde mit 82 mm im Flächenmittel deutlich übertroffen (+35 %). Gleichzeitig war der Monat sehr sonnig und mild. Die Monatsmitteltemperatur von 2,6 °C lag um 2,0 K über dem Mittel der Klimanormalperiode. Es folgte ein extrem milder **Februar**. Der Rekord bei der Monatsmitteltemperatur mit 6,7 °C aus dem Jahr 1990 wurde eingestellt. Die positive Temperaturabweichung betrug 5,6 K. Während des gesamten Monats dominierten Westwindwetterlagen, die feuchte und milde Atlantikluft nach Niedersachsen führten. Im Landesmittel fielen 93 mm Niederschlag

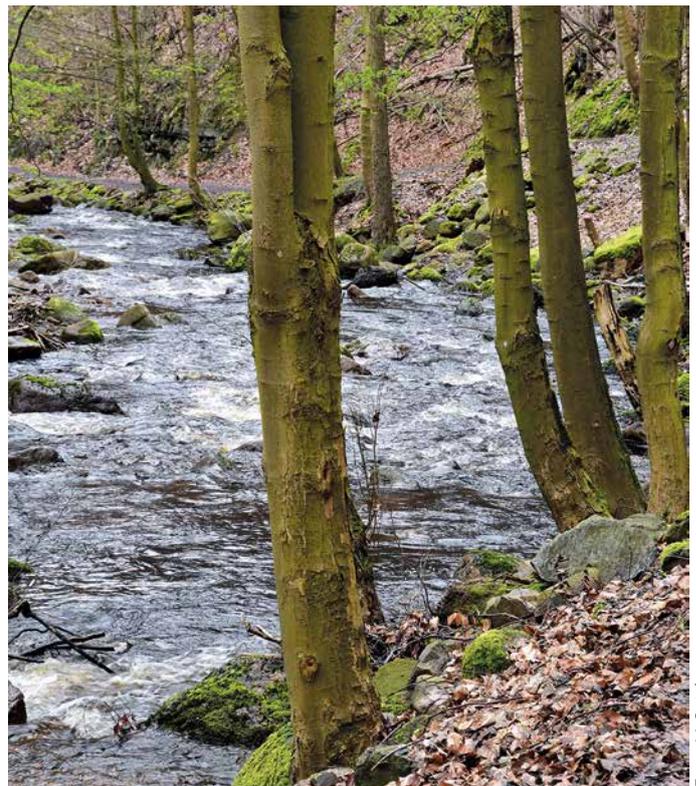
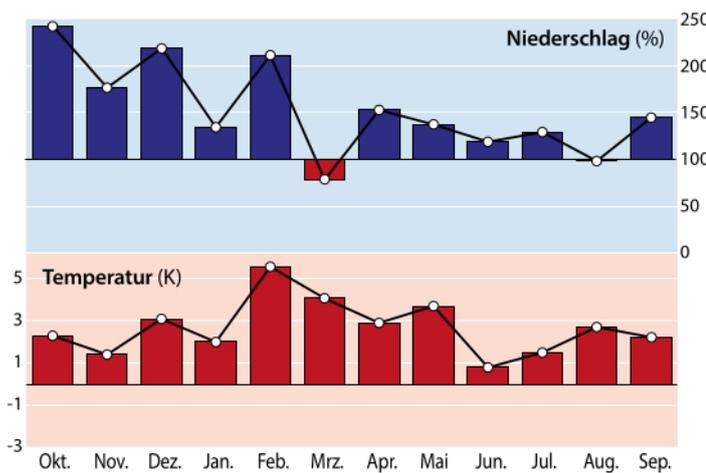


Foto: M. Spielmann

Abweichungen von Niederschlag und Temperatur 2023/24

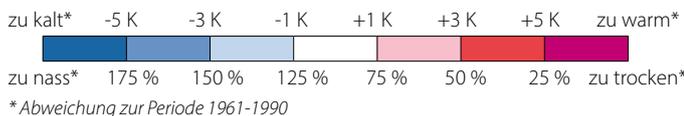


Abweichungen von Niederschlag und Temperatur vom Mittel der Klima-referenzperiode 1961–1990 (durchgezogene schwarze Linie) in Niedersachsen, Monatswerte für das Vegetationsjahr 2023/2024 (Oktober 2023–September 2024).

Daten des Deutschen Wetterdienstes, Offenbach

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

	Temperatur (°C)			Niederschlag (mm)		
	2023/24	1961–1990	1991–2020	2023/24	1961–1990	1991–2020
Oktober	12,0	9,6	9,6	139	57	65
November	6,4	5,0	5,8	119	67	63
Dezember	5,0	1,9	2,9	155	71	72
Januar	2,6	0,6	2,0	82	61	69
Februar	6,7	1,1	2,4	93	44	53
März	8,0	3,9	5,1	44	56	55
April	10,3	7,4	9,1	78	52	42
Nicht-vegetationszeit	7,3	4,2	5,3	710	408	419
Mai	15,9	12,2	13,0	85	62	57
Juni	16,1	15,3	16,1	91	76	68
Juli	18,2	16,7	18,2	95	73	81
August	19,3	16,6	17,9	69	70	75
September	15,7	13,5	14,2	87	60	65
Vegetationszeit	17,0	14,9	15,9	428	341	346
Vegetationsjahr	11,4	8,7	9,7	1138	749	765



und damit mehr als die doppelte Menge im Vergleich zum langjährigen Mittel. Es war der fünfte Monat in Folge, der deutlich zu nass war, so dass sich die Hochwassersituation an vielen Flüssen fortsetzte. Nach dem rekordwarmen Februar wurde im **März** 2024 mit 8,0 °C ebenfalls ein neuer Höchstwert bei der Monatsmitteltemperatur für diesen Monat seit Messbeginn erzielt (Abweichung +4,1 K). Die für die Jahreszeit hohen Temperaturen ließen den Vegetationsbeginn um 2 bis 3 Wochen früher starten als normal. Während die erste Monatshälfte unter Hochdruckeinfluss trocken war, folgte in der zweiten Monats-

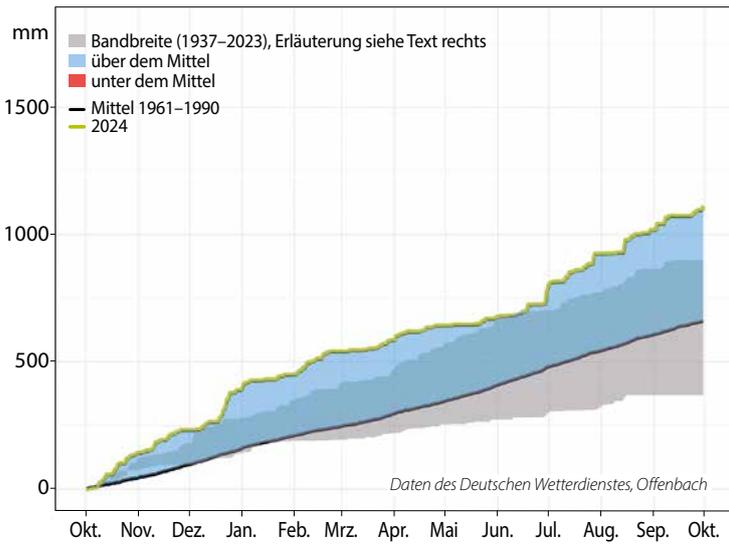
hälfte ein unbeständiger Witterungsabschnitt. Mit 44 mm wurde das langjährige Niederschlagssoll um 20 % unterschritten. Trotz der unterdurchschnittlichen Niederschlagsmenge trockneten die Oberböden nur langsam ab.

Die wechselhafte Witterung setzte sich im **April** fort. Zu Beginn des Monats erreichte mit einer kräftigen Südströmung Warmluft, die in den höheren Luftschichten enorme Mengen an Saharastaub mitführte, Niedersachsen. Es wurden erste Sommertage mit einer Tageshöchsttemperatur von mehr als 25 °C an einigen Stationen in den südlichen Landesteilen gemessen. Infolge der warmen Vormonate war die Vegetationsentwicklung bereits weit fortgeschritten, so dass in der letzten Monatsdekade leichte, regional sogar mäßige Luftfröste mit einer Minimumtemperatur von unter -5 °C zu verbreiteten Frostschäden führte. Die Monatsmitteltemperatur von 10,3 °C lag um 2,9 K über dem Mittelwert der Klimanormalperiode 1961–1990. Die Niederschlagshöhe betrug im Flächenmittel des Landes 78 mm und übertraf das Niederschlagssoll um mehr als 50 %. Besonders in der Nordwesthälfte fiel teilweise mehr als das Doppelte der üblichen Niederschlagsmenge. Entsprechend waren die Böden vielfach wassergesättigt. Der **Mai** war überdurchschnittlich sonnenscheinreich und warm, aber gleichzeitig auch nass. Während in der ersten Monatshälfte stabile Hochdruckwetterlagen dominierten, setzten sich in der zweiten Monatshälfte feucht-warme und instabile Luftmassen durch. Es fielen 85 mm Regen, dies entspricht einem Überschuss von knapp 40 %. Die hohe Niederschlagssumme wurde vielfach durch Starkregenereignisse verursacht. Mit einer Mitteltemperatur von 15,9 °C war der Mai einer der wärmsten seit Aufzeichnungsbeginn in Niedersachsen. Die positive Abweichung betrug +3,7 K. Trotz der hohen Verdunstungsleistung der Vegetation waren die Wasserspeicher im Oberboden landesweit aufgrund der niederschlagsreichen Witterung gut gefüllt. Der **Juni** war etwas wärmer als das klimatologische Mittel der Periode 1961–1990. Die Monatsmitteltemperatur betrug 16,1 °C und lag damit 0,8 K über dem langjährigen Monatsmittelwert. Am Ende des Monats wurden die ersten Hitzetage (Tagesmaximumtemperatur >30 °C) des Jahres an vielen Messstationen in Niedersachsen registriert. Ein wechselhafter Witterungscharakter dominierte den ersten Sommermonat des Jahres 2024. Häufige Starkregenereignisse führten dazu, dass es landesweit zu nass war. Die Niederschlagshöhe betrug 91 mm (+20 %). Besonders nass war es in einem Streifen von der Weser über Hannover bis an die Elbe. Folglich waren auch



Foto: P. Klinck

Akkumulierter Niederschlag im Vegetationsjahr an der Klimastation Hannover



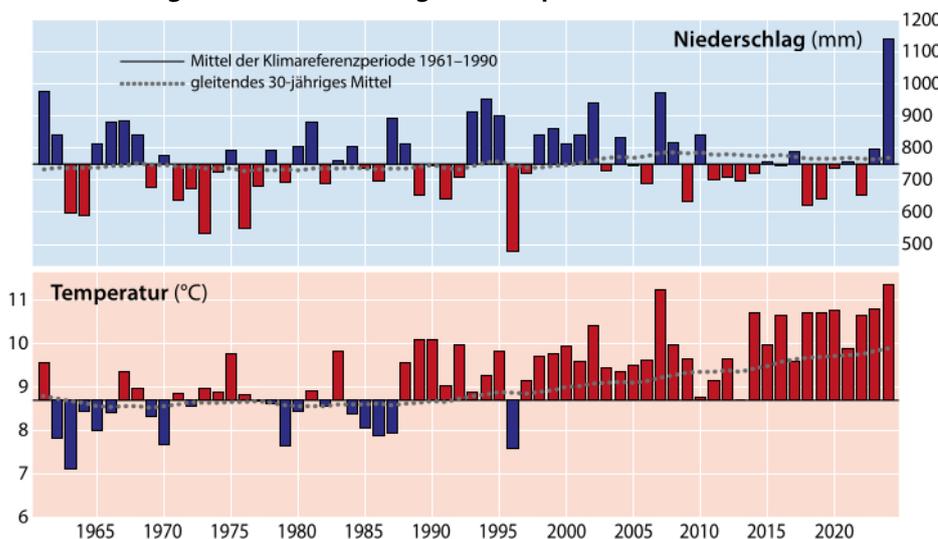
die Böden überdurchschnittlich mit Wasser aufgefüllt und regional zeitweise wassergesättigt. Am 18. Juni wurden in Teilen von Südniedersachsen sogar mehrere Tornados beobachtet, die allerdings keine größeren Schäden verursachten.

Der **Juli** war in Niedersachsen sehr abwechslungsreich. Obwohl mit 95 mm 30 % mehr Niederschlag fiel als im langjährigen Mittel, war der Monat sonnenscheinreich, da die Niederschläge häufig in Form von Starkregen auftraten. So fielen beispielsweise am 21. Juli an der Station Lingen-Baccum innerhalb kurzer Zeit rund 56 mm Niederschlag. Entsprechend gab es regional große Unterschiede bei den Niederschlagsmengen. So fiel im Emsland und in der Region Hannover fast das Doppelte des Monatssolls, während im Nordosten des Landes teilweise nur etwas mehr als die Hälfte der langjährigen Niederschlagssumme gemessen wurde. Trotz eines kühlen Starts in den Monat lag die Monatsmitteltemperatur bei 18,2 °C und damit um 1,5 K

über dem Mittelwert der Klimanormalperiode von 1961–1990. Im **August** dominierten feucht-warme Luftmassen die Witterung. Es fielen 69 mm Niederschlag und damit annähernd so viel wie im langjährigen Durchschnitt. Allerdings gab es regional sehr große Unterschiede in den Niederschlagsmengen. Insbesondere in den südlichen und westlichen Landesteilen von Niedersachsen war es infolge von Starkregen und Unwettern teilweise sehr nass. So kam es an der Grenze zu Hessen zu mehreren Unwetterereignissen, die kleinräumig Überflutungen auslösten. Im Osten und Nordosten des Landes fiel dagegen häufig nur die Hälfte der durchschnittlichen Niederschlagsmenge. Das Temperaturmittel lag mit 19,3 °C um 2,7 K über dem Wert der international gültigen Referenzperiode 1961–1990. Damit war der August 2024 einer der wärmsten der letzten Jahrzehnte. Im **September** setzte sich die hochsommerliche Witterung fort, bevor ab der zweiten Monatsdekade ein erster Herbstgruß zu einer markanten Abkühlung führte. Am 4. September wurde im Nordosten sogar nochmal ein heißer Tag mit einer Höchsttemperatur von über 30 °C gemessen (Lüchow 32,6 °C). Zum Monatsende wurden die ersten Nachtfröste registriert. Die Monatsmitteltemperatur betrug 15,7 °C und übertraf damit das langjährige Mittel um 2,2 K. Auch der letzte Monat des Vegetationsjahres war sehr nass. Das langjährige Niederschlagssoll wurde mit 87 mm im Flächenmittel deutlich übertroffen (+45 %).

In der Abbildung oben ist der aufsummierte Niederschlag an der DWD-Klimastation Hannover für das vergangene Vegetationsjahr im Vergleich zu den Jahren 1937 (Messbeginn) bis 2023 dargestellt. In der Zeitreihe wurden teilweise Lücken gefüllt, so dass im gesamten Messzeitraum nur wenige Jahre aufgrund von Datenausfall unberücksichtigt blieben. Die Bandbreite wird durch das im Beobachtungszeitraum trockenste Jahr (1959) und das bisher niederschlagsreichste Jahr (1961) aufgespannt.

Abweichungen von Niederschlag und Temperatur 1961–2024



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

Daten des Deutschen Wetterdienstes, Offenbach

Das Vegetationsjahr 2023/2024 war an der Klimastation Hannover das mit Abstand niederschlagsreichste Jahr seit Beobachtungsbeginn im Jahr 1937. Es fielen 1041 mm Niederschlag. Bereits im Oktober 2023 wurde das Maximum aus dem Jahr 1961 deutlich übertroffen. Im weiteren Verlauf führten lang anhaltende Niederschläge im Dezember und Starkregenerereignisse im Juni und August 2024 dazu, dass während des gesamten Vegetationsjahres die aufsummierten Niederschläge über denen des bisher nassesten Jahres lagen. Die Trockenheit der letzten Jahre wurde damit durch eine sehr feuchte zwölfmonatige Phase abgelöst, die dazu führte, dass die Boden- und Grundwasserspeicher nachhaltig aufgefüllt wurden.

Temperatur und Niederschlag im langjährigen Verlauf

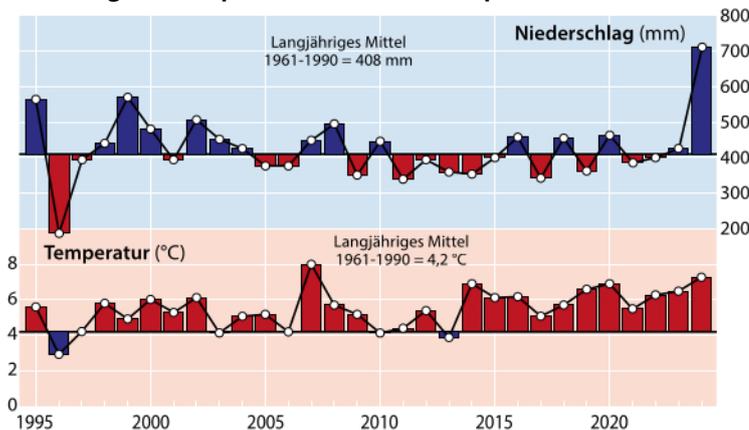
Das Vegetationsjahr 2023/24 war das wärmste Jahr seit Messbeginn. Die Mitteltemperatur betrug 11,4 °C und lag damit 2,7 K über dem Mittelwert der international gültigen Klimanormalperiode 1961–1990 bzw. 1,7 K über der aktuellen Klimareferenzperiode 1991–2020 (Tab. Seite 21). Der langfristige Erwärmungstrend setzt sich ungehindert fort, wie das gleitende 30-jährige Mittel verdeutlicht (gepunktete Linie in der Abb. Seite 22 unten). Alle Monate waren teilweise deutlich wärmer als im Vergleich zur Klimanormalperiode und kein Monat kühler als im Mittel der Periode 1991–2020. Das vergangene Vegetationsjahr war sehr niederschlagsreich. Im Flächenmittel von Niedersachsen fielen 1138 mm Niederschlag (+52 %). Dabei fiel in fast allen Monaten deutlich mehr Niederschlag als im langjährigen Mittel. Im Vergleich zu den letzten Jahren kam es aufgrund der unbeständigen Witterung zu keiner ausgeprägten Bodentrockenheit.

Die **Nichtvegetationszeit** von Oktober 2023 bis April 2024 war außergewöhnlich mild und nass. Die Mitteltemperatur betrug 7,3 °C und lag 3,1 K über dem Wert der Klimareferenzperiode von 1961–1990 (Abb. unten, Tab. Seite 21). Dabei gab es ein Nordwest-Südost-Gefälle bei der Temperaturabweichung

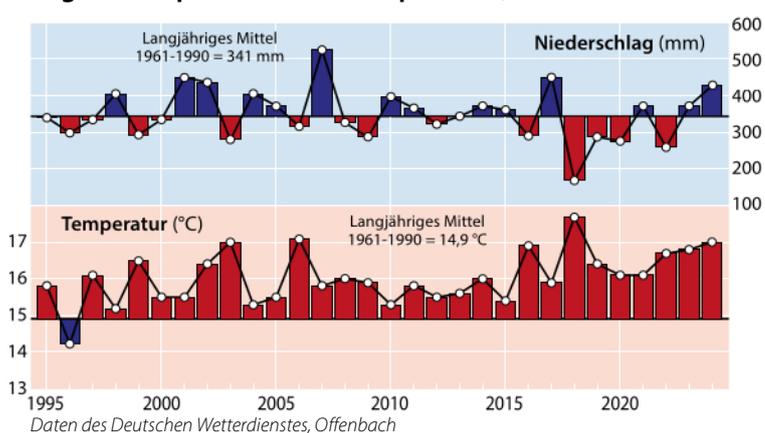
in Niedersachsen. Während an den Küsten die positive Abweichung weniger als 3 K betrug, wurden im Harz mehr als 3,2 K Temperaturanomalie gemessen (Abb. Seite 24 links oben). Die Niederschlagssumme erreichte im Flächenmittel 710 mm und damit rund 75 % mehr als im langjährigen Mittel. Besonders nass war es in weiten Teilen der Landesmitte, wo regional mehr als die doppelte Niederschlagsmenge fiel. Im Harz wurde dagegen das Niederschlagssoll nur leicht übertroffen (Abb. Seite 24 links unten).

Auch die **Vegetationszeit** von Mai bis September 2024 zeichnete sich durch ein ausgeprägtes Temperaturgefälle bei den Abweichungen aus. In den westlichen Landesteilen betrug die positive Abweichung weniger als 2 K, im Osten von Niedersachsen und im Harz dagegen mehr als 2,5 K (Abb. Seite 24 rechts oben). Im Landesmittel war es um 2,2 K wärmer als der langjährige Durchschnitt der Klimaperiode 1961–1990. Die Mitteltemperatur betrug 17,0 °C (Abb. unten, Tab. Seite 21). In der Vegetationszeit fielen 428 mm Niederschlag und damit 25 % mehr als im langjährigen Durchschnitt (Abb. unten, Tab. Seite 21). Besonders nass war es im westlichen Niedersachsen und in Teilen der Mitte mit regional mehr als 50 % des Niederschlagsolls. Der Harz verzeichnete besonders in den Hochlagen ein geringes Niederschlagsdefizit von bis zu -10 % (Abb. Seite 24 rechts unten).

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



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



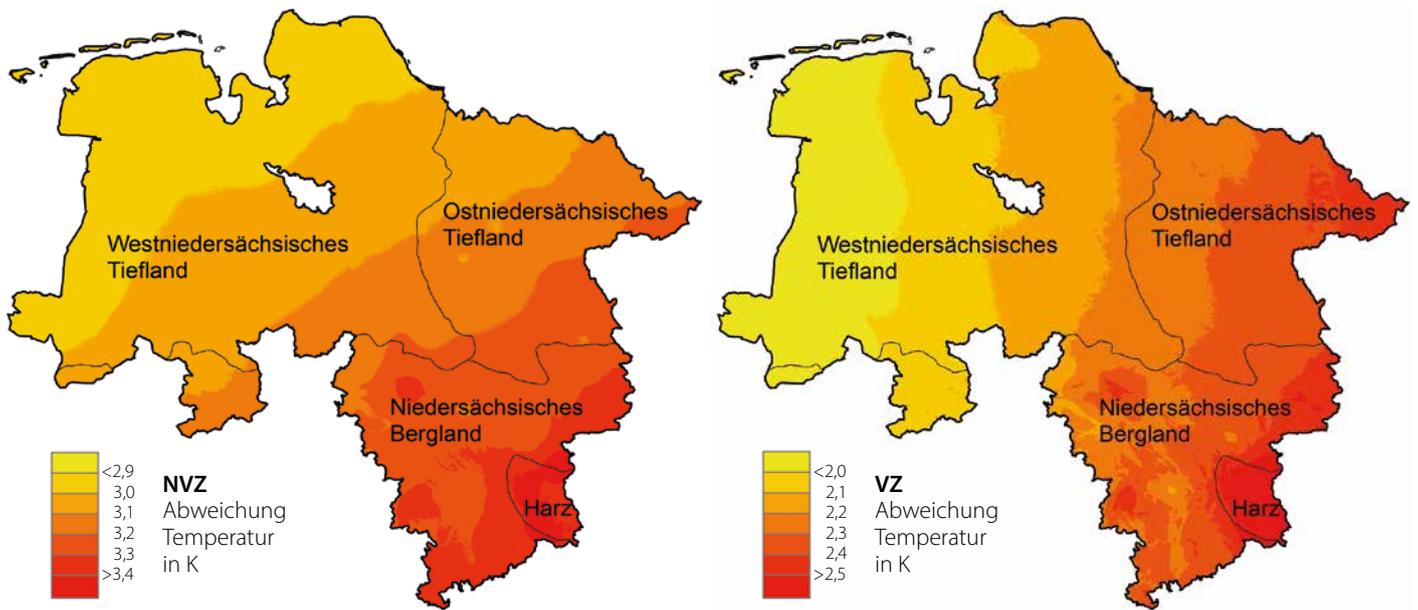
Fazit

- Das Vegetationsjahr 2023/2024 war rekordwarm und -nass. Mit einer Mitteltemperatur von 11,4 °C wurde das langjährige Mittel um 2,7 K übertroffen und war damit das wärmste Jahr seit Auswertungsbeginn. Der langjährige Erwärmungstrend setzte sich unvermindert fort.
- Alle Monate waren im Vergleich zur international gültigen Klimareferenzperiode 1961–1990 wärmer. In 11 von 12 Monaten betrug die Abweichung mehr als 1 K.
- Die Niederschlagssumme von 1138 mm im Flächenmittel des Landes übertraf das langjährige Mittel um rund 50 %. Damit war das vergangene Vegetationsjahr das niederschlagsreichste Jahr seit Beginn der Auswertungen.
- Infolge der unbeständigen Witterung kam es zu keiner ausgeprägten Trockenperiode, so dass das pflanzenverfügbare Wasser in den Böden während der Vegetationszeit ausreichte, um die Wasserversorgung der Waldbestände zu gewährleisten.

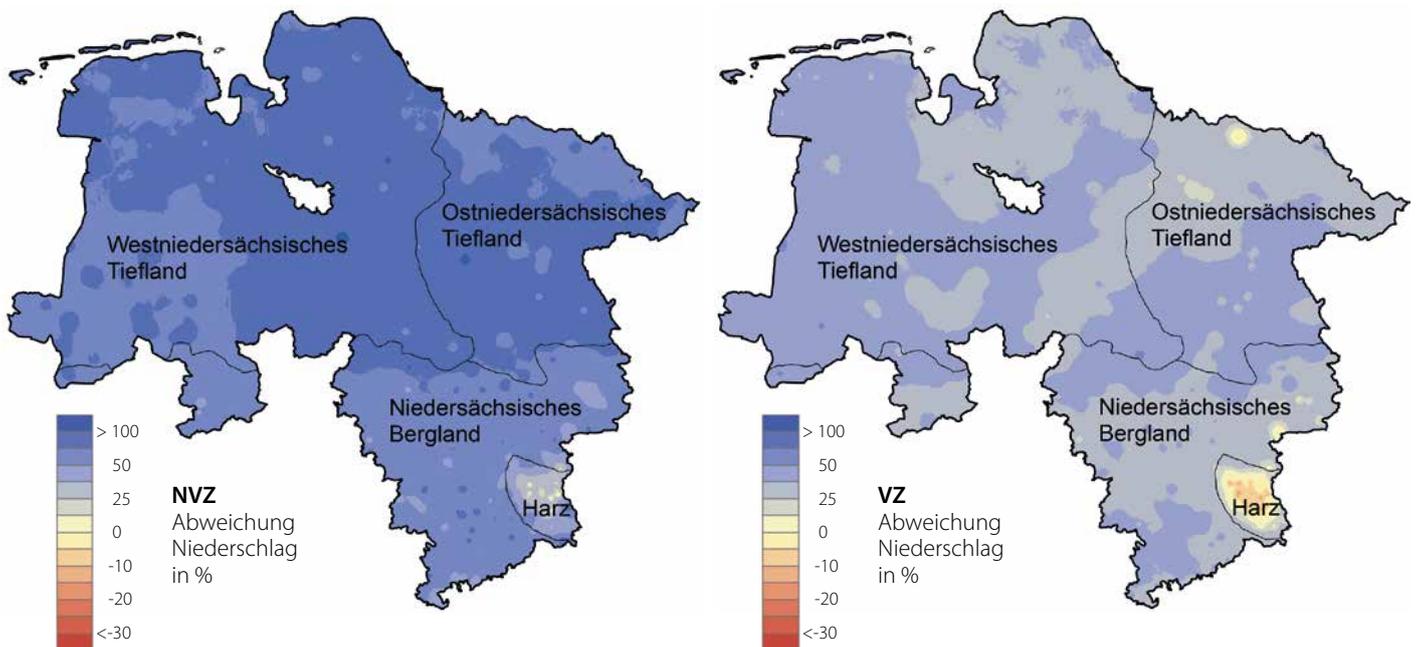
Literatur

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

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



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



Daten des Deutschen Wetterdienstes, Offenbach



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

<https://doi.org/10.5281/zenodo.13846812>

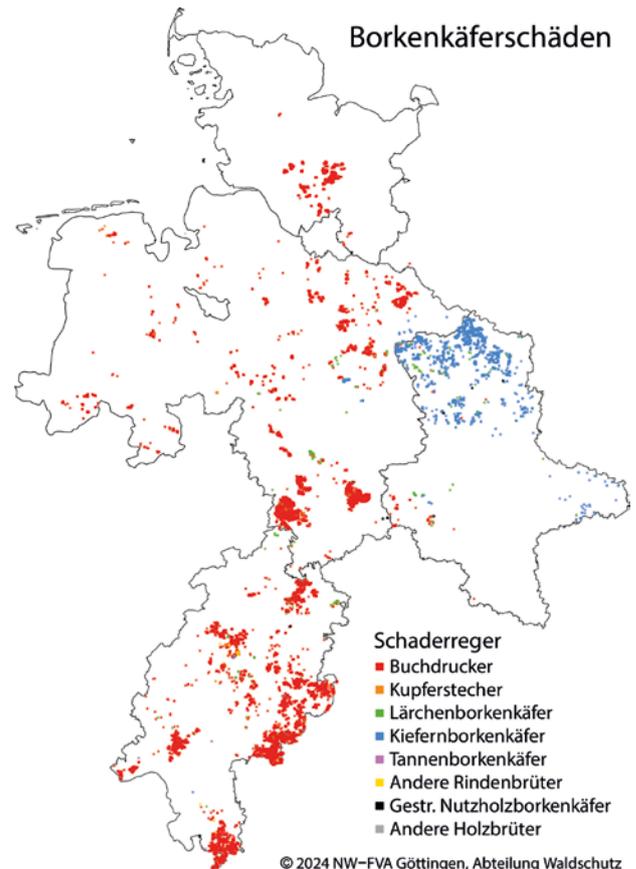
Borkenkäfer

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

Anfang April kam es bereits zu erstem verhaltenem Stehendbefall, ab Ende April bis weit in den Mai hinein wurde umfangreicherer frischer Befall im Liegenden und im Stehenden festgestellt. Geschwisterbruten traten weniger in Erscheinung als in den Vorjahren. Vielerorts flogen ab etwa Ende Juni große Mengen an Jungkäfern aus, auf der Suche nach neuen Wirtsbäumen. Der Ausflug der Jungkäfer verlief, wahrscheinlich witterungsbedingt, verzettelt und zog sich bis weit in den Juli.

Insgesamt sind die im Zuständigkeitsgebiet der NW-FVA bisher gemeldeten Schäden durch Borkenkäfer deutlich verhaltener als in den Vorjahren seit 2018. Die in der Tabelle unten für die erste Hälfte der Käfersaison 2024 (01.04.–08.07.) aufgeführten Meldeanzahlen und zugehörigen Schadvolumina fassen Borkenkäferschäden über alle Baumarten, liegend und stehend, zusammen. Getrennt wird nach Bundesländern sowie nach Befall durch rindenbrütende bzw. holzbrütende Borkenkäferarten.

Außerdem führt die Tabelle unten länderweise die ab Anfang Januar gemeldeten Schadvolumina an Windwurf bzw. Windbruch auf. Bis zum Stichtag hatte Hessen etwa doppelt so hohe Sturmschäden zu verzeichnen wie Sachsen-Anhalt und Niedersachsen. Die sturmbedingten Schadvolumina sind insgesamt nur noch wenig geeignet, um die Fortsetzung des Käferbefalls und das Entstehen neuer Befallsbereiche zu erklären. Durch den mehrjährigen Trockenstress bedingte Schäden dürften inzwischen an Bedeutung verlieren, da die Fichten und Kiefern sich aufgrund zunehmender Niederschläge wieder erholen. Ursache für Befallsfortschritte dürften eher



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

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

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

unzureichende Aufarbeitungskapazitäten bei den Betrieben, aber auch nachlassende Aufmerksamkeit gegenüber durch Borkenkäfer bedingte Schäden sein.

Neben immer noch deutlichem Neubefall von Fichten durch den Buchdrucker spielt der Umfang des Befalls von Kiefern durch die **Kiefernborkearten** in der ersten Jahreshälfte 2024 eine gegenüber 2023 wieder abnehmende Rolle. Die diesjährigen Schäden in der Kiefer belaufen sich auf ca. 18.000 m³ und liegen damit erheblich unter den im Vergleichszeitraum 2023 gemeldeten 50.000 m³. Die Anteile der beteiligten Arten Zwölzfähriger, Sechszähriger und Zweizähriger Kiefernborkearten am jeweiligen Schaden schwanken von Forstort zu Forstort stark. Neben dem bereits genannten nördlichen Sachsen-Anhalt sind weitere Regionen mit weniger ausgeprägtem Befall durch Kiefernborkearten das östliche Sachsen-Anhalt und die südliche Heide-Region Niedersachsens. Sonstige Vorkommen sind kleinräumig in fast allen Kiefernregionen vorhanden. Vor allem in Sachsen-Anhalt und Niedersachsen tritt der Blaue Kiefernprachtkäfer häufig vermischt mit Kiefernborkearten auf.

Kupferstecher (*Pityogenes chalcographus*) an Fichte spielen im ersten Halbjahr laut Meldelage praktisch keine Rolle, während **Lärchenborkearten** (*Ips cembrae*) an Lärche in den Ländern Hessen und Sachsen-Anhalt mit je etwas über 1.000 m³, in Niedersachsen noch mit weniger als 1.000 m³ Schadumfang gemeldet wurden.

Die tatsächlichen Schadensausmaße werden im **Waldschutz-Meldeportal der NW-FVA** aus verschiedenen Gründen prinzipiell unzureichend wiedergegeben und damit unterschätzt.

Großer brauner Rüsselkäfer

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

Prachtkäfer und Kernkäfer an Eiche

Der Befall durch **Eichenprachtkäfer** (*Agrilus biguttatus* u. a.) hat in einigen Regionen inzwischen bedrohliche Ausmaße angenommen. Überwiegend großflächige Schadverläufe können vor allem im südwestlichen Sachsen-Anhalt und in weiten Teilen Südhessens beobachtet werden. Die bereits mehrjährigen Schadverläufe werden bei schnell zunehmendem Schadumfang immer deutlicher wahrnehmbar. Zum Eichenprachtkäfer werden insbesondere seit dem Jahr 2023 stark ansteigende Schäden gemeldet. Dieser Anstieg setzte sich auch im bisherigen Jahr 2024 weiter fort. Starker Befall durch Eichenprachtkäfer führt unter den derzeitigen Bedingungen häufig bereits kurzfristig zum Absterben

der Eichen. Es wird empfohlen stark von Prachtkäfern besetzte Eichen aus sanitären Gründen vor Ausflug der Jungkäfer zu entnehmen und unschädlich zu machen, um den verbleibenden Bestand zu schützen. Nach derzeitigem Stand muss davon ausgegangen werden, dass sich in fast allen betroffenen Regionen die Befallslage weiter angespannt hat.

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

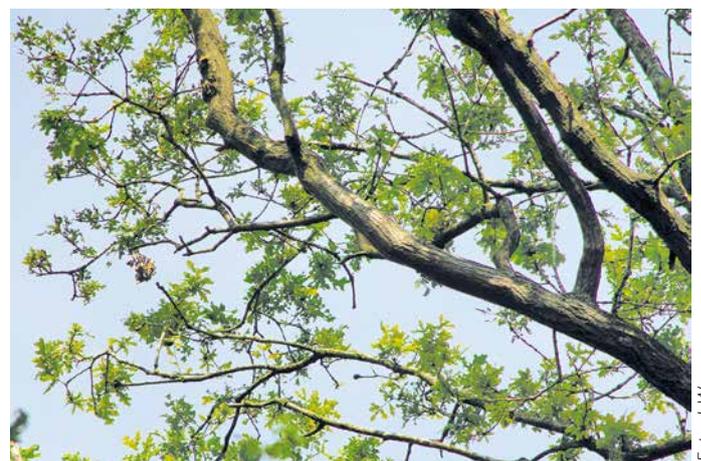
Von Eichenprachtkäfern geschädigte Eichen werden oft in direkter Folge durch den **Eichenkernkäfer** (*Platypus cylindrus*) besiedelt, oft in Vergesellschaftung mit dem **Eichenholzbohrer** (*Xyleborus monographus*) und weiteren im Kernholz brütenden Arten. Für den Waldbesitz ist dieser Befall problematisch, da er meist zu einer mehr oder weniger vollständigen Entwertung des Holzes führt. Kernbesiedeltes Eichenholz ist zurzeit kaum noch vermarktbar, in der Regel können nur geringe Preise erzielt werden.

Der Schadumfang durch kernbesiedelnde Käferarten verläuft wie in den Vorjahren auf ähnlich hohem Niveau.

Eichenfraßgesellschaft und Kieferngrößschädlinge

In der Abb. Seite 27 wird die Verteilung der im ersten Halbjahr 2024 im Waldschutz-Meldeportal (WSMP) erfassten Fraßschäden (Fraßbonitur und Schadensmeldung) durch blatt- und nadelfressende Schadinsekten in Eichenbeständen der Trägerländer der NW-FVA Hessen, Niedersachsen, Sachsen-Anhalt und Schleswig-Holstein dargestellt.

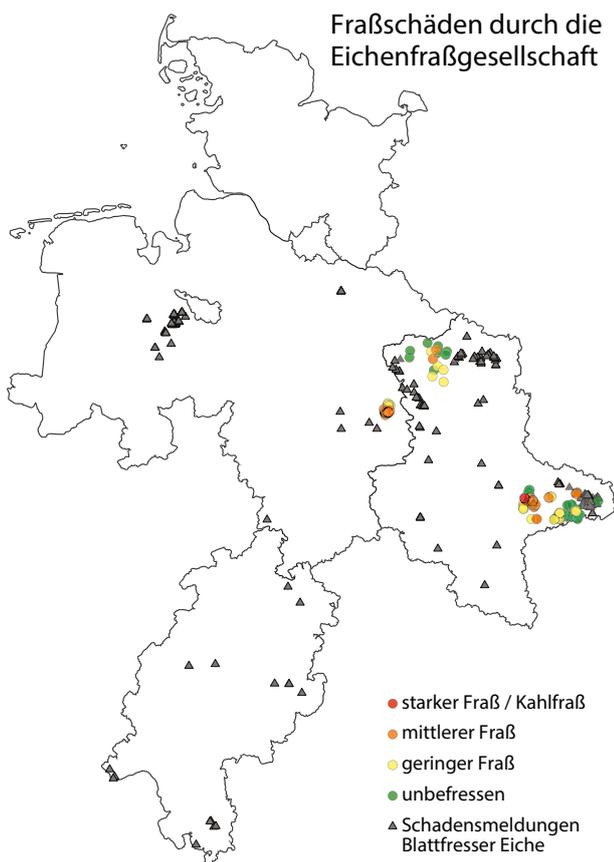
In der Tabelle auf Seite 27 oben sind die im ersten Halbjahr 2024 im WSMP dokumentierten Fraßereignisse in Eichenbeständen für die in den jeweiligen Trägerländern relevanten Schadorganismen aufgeführt. Sofern die fraßverursachenden Schadorganismen bei der Erfassung im WSMP nicht eindeutig benannt werden konnten, sind diese unter dem



Fraßschäden an Eiche

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

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



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

Oberbegriff „Eichenfraßgesellschaft“ (EFG) erfasst worden. In Niedersachsen wurden im ersten Halbjahr 2024 Fraßbonituren in Eichenbeständen nur vom Niedersächsischen Forstamt (NFA) Wolfenbüttel im Revier Wolfsburg auf insgesamt 442 ha durchgeführt. Über das Modul Schadensmeldung wurden Schäden durch die EFG und den EPS auf einer Fläche von ins-

gesamt rund 248 ha gemeldet. Alle Schäden durch die EFG auf insgesamt 193 ha wurden von dem NFA Neuenburg, Revier Hasbruch, dokumentiert. Die restlichen Schäden durch den EPS auf 55 ha wurden aus dem NFA Ahlhorn und den Forstämtern Südniedersachsen und Uelzen der Landwirtschaftskammer gemeldet. Aus Niedersachsen lagen im ersten Halbjahr 2024 Schadensmeldungen und Boniturergebnisse für eine Fläche von rund 690 ha vor.

Fraßereignisse durch Kieferngroßschädlinge wurden in Niedersachsen im ersten Halbjahr 2024 nicht gemeldet. Bei geringfügig unterschiedlichen Tendenzen befinden sich die Populationsdichten der Kieferngroßschädlinge in allen Trägerländern auf niedrigem Niveau.

Mäuse

Die Populationsdichten der oberirdisch fressenden Kurzschwanzmäuse nehmen in der mehrjährigen Betrachtung seit einigen Jahren stetig zu. Die Dichten sind weiterhin auf einem hohen Niveau und nehmen aktuell zu. Allerdings spielten Schadensmeldungen durch forstschädliche Kurzschwanzmäuse eine untergeordnete Rolle.

Komplexe Schäden an Rotbuche

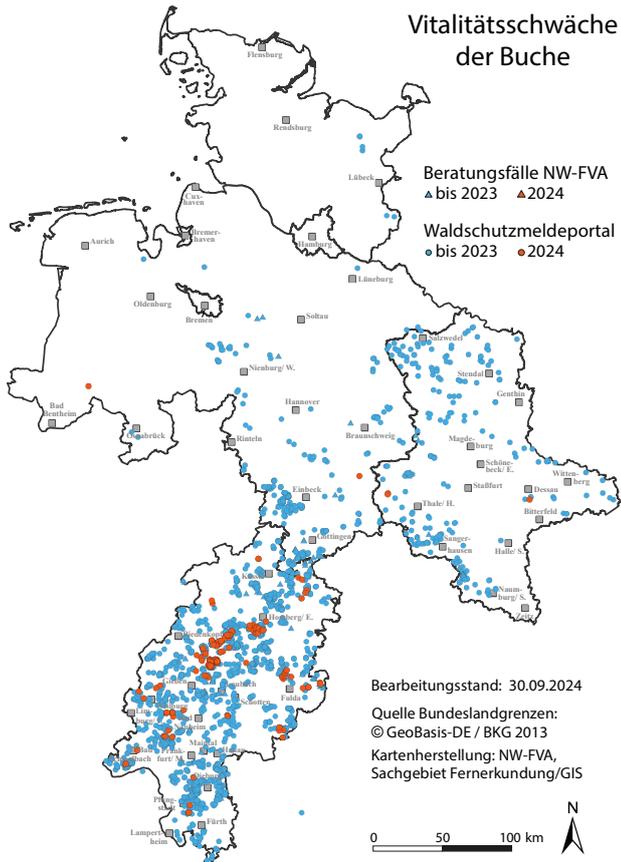
Wie in den vergangenen Jahren wurden weiterhin verbreitet und teilweise bestandesbedrohend Absterbeerscheinungen als Langzeitwirkung von Hitze und Trockenheit bei Rotbuchen in Niedersachsen, Hessen und Sachsen-Anhalt beobachtet, die sich dem Schadbild der so genannten Buchen-Vitalitätsschwäche zuordnen lassen. Typische Symptome sind: Vorzeitiger Blattfall, frühzeitiges Verbraunen und Absterben des Laubes in der Krone, Feinreisigverlust, Rindenrisse, Schleimflussflecken, Bildung von Pilzfruchtkörpern verschiedener Arten auf, in und

unter der Rinde, Rindennekrosen, abblätternde Rinde, ausbleibender Austrieb im Frühjahr, Absterben von Kronenästen und Stammbereichen, massive Holzverfärbungen sowie zum Teil sekundärer Befall mit Pracht- und Borkenkäfern. Insbesondere der Pilzbefall führt zu einem schnellen Absterben der Bäume und einer schnellen Holzersetzung. Häufig zeigte sich dabei auch eine starke Beteiligung des Hallimasch. Es sind fast alle Altersklassen der Buche betroffen. Trotz der auch für die Buche günstigen, feuchten Witterung seit dem Herbst letzten Jahres zeichnet sich noch keine grundlegende Erholung bei den Buchen ab. Der Befallsfortschritt verläuft lediglich verlangsamt.

Rußrindenerkrankung des Ahorns (Erreger: *Cryptostroma corticale*)

Rußrindenerkrankung an Ahorn wird durch den ursprünglich aus Nordamerika stammenden, invasiven Schlauchpilz *Cryptostroma corticale* ausgelöst. 2014 wurde diese, in Deutschland weit verbreitete Erkrankung, in einem Waldbestand in den Trägerländern der NW-FVA festgestellt. Es handelte sich um einen Bergahorn-Jungbestand in Niedersachsen.

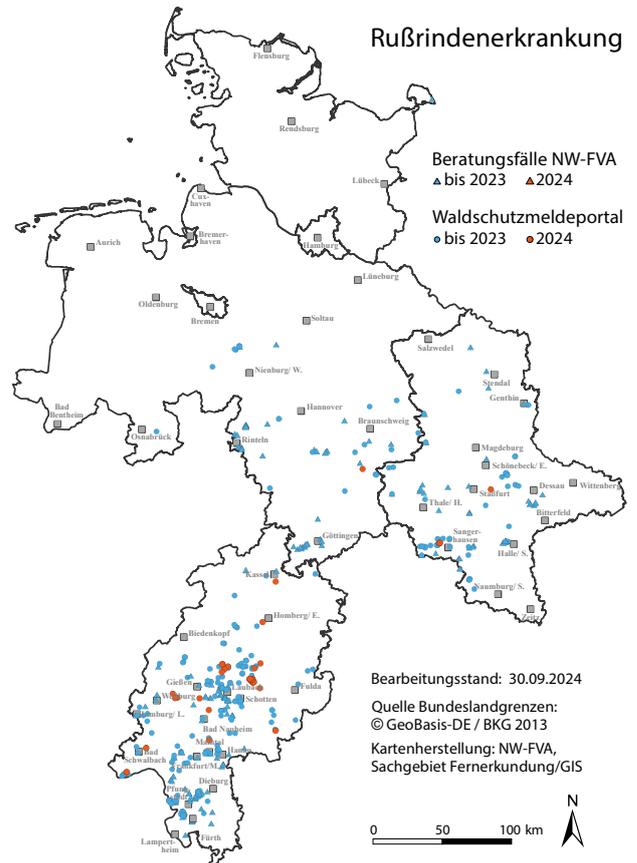
Als Folge der trockenen Sommer 2018–2020 und 2022 kam es in Hessen, Sachsen-Anhalt und Niedersachsen vermehrt zum Auftreten der Rußrindenerkrankung in Ahornbeständen. Vornehmlich war Bergahorn (*Acer pseudoplatanus*), seltener auch Spitzahorn (*Acer platanoides*) betroffen. Zudem wurde *C. corticale* einzelfallweise auch im Gewebe von Stammfußnekrosen bei Gemeinen Eschen (*Fraxinus excelsior*) im Schadensprozess des Eschentriebsterbens in Niedersachsen nachgewiesen. Mittlerweile kommt die Erkrankung in Wäldern aller Trägerländer der NW-FVA vor.



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

Eschentriebsterben (ETS, Erreger: *Hymenoscyphus fraxineus*)

Das Eschentriebsterben wird in Europa und in den Trägerländern der NW-FVA weiterhin auf großer Fläche beobachtet. Der Erreger *Hymenoscyphus fraxineus* ist ein aggressives und höchst erfolgreiches, invasives Pathogen, das sich nach seiner Einschleppung in Mitteleuropa schnell verbreitete und schwerwiegende Folgen für die heimischen Eschen-Populationen hervorgerufen hat. Es führt örtlich im Zuständigkeitsbereich der NW-FVA zur Auflösung von Bestandteilen und zum Absterben von Eschen. Nahezu alle Bestände sind betroffen und auf den Beobachtungsflächen der NW-FVA finden sich keine gesunden Bäume mehr.



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

Tannen-Rindennekrose

Die komplexe Erkrankung der Tannen-Rindennekrose, die seit dem Frühjahr 2017 regional im Zuständigkeitsbereich der NW-FVA (Niedersachsen, Hessen) beobachtet wird, ist auch 2024 noch nicht zum Stillstand gekommen. Auslösende Faktoren dieser Erkrankung sind die Witterungsbedingungen sowie ein Befall mit (Stamm) Läusen (in der Regel *Adelges*

piceae) und nachfolgendem Befall mit dem Mikropilz *Neonectria neomacrospora*. Erkrankte Bäume (*Abies alba* und *A. grandis*) der letzten Jahre sind weiterhin betroffen und fallen durch abnehmende Vitalität auf oder starben teilweise ab. Auch 2024 wurden ähnliche oder entsprechende Absterberscheinungen an Küstentanne in Niedersachsen sowie Weiß- und Küstentannen in Hessen mit Beteiligung von Tannenborrenkäfern gemeldet.

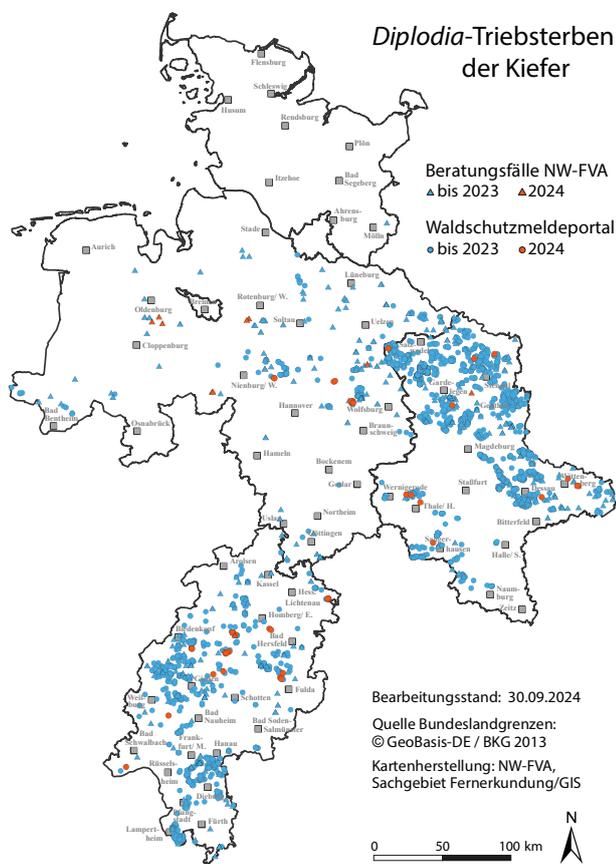
Diplodia-Triebsterben der Kiefer (Erreger: *Sphaeropsis sapinea*)

Der wärmeliebende Pilz *Sphaeropsis sapinea* (Synonym: *Diplodia sapinea*) tritt seit den letzten 20 Jahren verstärkt in Kiefernbeständen des Zuständigkeitsgebietes der NW-FVA auf. Unsere Untersuchungsergebnisse haben gezeigt, dass dieser Pilz endophytisch in allen Kiefernbeständen des Zuständigkeitsbereichs der NW-FVA und bundesweit sehr verbreitet ist. Schaden löst er erst aus, wenn der Pilz bei vorgeschädigten oder geschwächten Wirtspflanzen in seine parasitische Phase übergeht und das *Diplodia*-Triebsterben verursacht. Dem Auftreten des *Diplodia*-Triebsterbens geht in der Regel eine Schwächung der Kiefer voraus. Auslösende Faktoren können nach derzeitiger Einschätzung sein: Wasserdefizite durch Trockenheit / Hitze / starke Besonnung oder Verletzungen

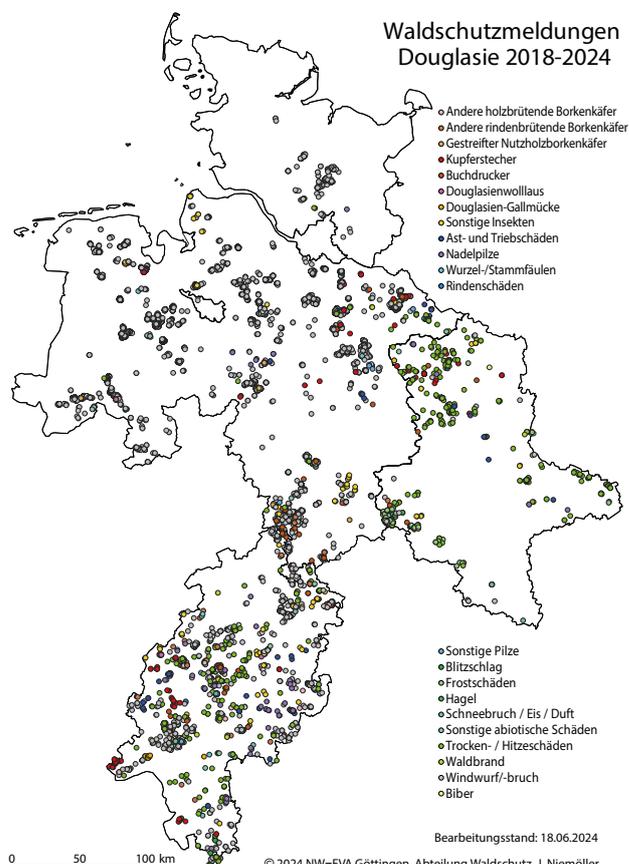
der Triebe durch Hagelschlag. Ein prädisponierender Faktor kann Mistelbefall sein, der ebenfalls Trockenstress hervorruft bzw. verstärkt. Trockenstress kann zudem auf flachgründigen, südexponierten Standorten oder in Kuppenlagen entstehen. Zahlreiche Schadensfälle stehen mit Wurzelfäulen, insbesondere durch den Wurzelschwamm, in Verbindung, der auch als prädisponierender Faktor in Erscheinung tritt. Ferner wird angenommen, dass anhaltende Wärmephasen im Winter im Wechsel mit Kälteperioden zu einer physiologischen Schwächung der Kiefer beitragen. Vermutlich führt eine Kombination mehrerer schwächender Faktoren eher zu Krankheitsfällen als ein einzelner der genannten Faktoren.

Schäden an Douglasien (*Pseudotsuga menziesii*)

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



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



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

Stoffeinträge

Birte Scheler

<https://doi.org/10.5281/zenodo.13846844>

Nähr- und Schadstoffe werden sowohl in gelöster Form mit dem Niederschlag als auch gas- und partikelförmig in Wälder eingetragen. Aufgrund der großen Oberflächen der Kronen ist der atmosphärische Stoffeintrag in Wäldern deutlich höher als bei allen anderen Landnutzungsformen. Diese sogenannte Immissionsschutzfunktion stellt jedoch für das Ökosystem Wald selbst eine Belastung dar, da Schwefel- und Stickstoffverbindungen (Nitrat und Ammonium) das chemische Bodenmilieu durch Versauerung und Eutrophierung verändern. Um die Wirkungen erhöhter Stoffeinträge und damit verbundener Risiken für Wälder, Waldböden und angrenzende Ökosysteme wie beispielsweise das Grundwasser zu untersuchen, wurde bereits 1968 mit der systematischen Erfassung der Stoffeinträge in je einen Buchen- und Fichtenbestand im Solling begonnen. In Niedersachsen wird der Stoffeintrag im Rahmen des Intensiven Forstlichen Umweltmonitorings aktuell in drei Buchenaltbeständen sowie je einem Eichenalt-, Kiefernalt- und Fichtenaltbestand erfasst. Die drei Fichtenaltbestände in der Langen Bramke (Harz) sind seit 2021 sukzessive nach Borkenkäferbefall abgestorben und komplett geräumt worden. Auf der Fläche Lange Bramke Nordhang wurden die Stoffeintragsmessungen im absterbenden Bestand noch bis Ende 2023 durchgeführt, was bei der Interpretation der Ergebnisse berücksichtigt werden muss.

Neu hinzugekommen sind Stoffeintragsmessungen in einem Fichtenjungbestand aus Naturverjüngung im Solling, der sich nach Borkenkäferbefall im Jahr 2006 entwickelt hat.

Jeder Bestandesmessfläche (Kronentraufe) ist eine Freifläche (Freilandniederschlag) zugeordnet. In Buchenbeständen wird

zur Erfassung des Bestandesniederschlags neben der Kronentraufe zusätzlich der bei dieser Baumart mengenmäßig bedeutsame Stammablauf gemessen. Mittels eines Kronenraumbilanzmodells (Ulrich 1991) 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 sowie Kiefernwälder mit ihren lichtereren Kronen. 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

2023 war ein überdurchschnittlich niederschlagsreiches Jahr. Die Höhe des Freilandniederschlags lag zwischen 935 mm (Göttinger Wald) und 1659 mm (Lange Bramke). Im Vergleich zum 10-jährigen Mittel der Jahre 2013–2022 wurde zwischen 371 mm (Augustendorf) und 519 mm (Lange Bramke) mehr Niederschlag registriert. Die Höhe des Bestandesniederschlags betrug zwischen 829 mm (Göttinger Wald, Buche) und 1435 mm (Solling, Buche). Im Vergleich zum Mittel des Zeitraums 2013–2022 waren es zwischen 270 mm (Göttinger Wald) und 553 mm (Solling, Buche) mehr.

Foto: C. Klinck



Freifläche Göttinger Wald

Relativ gesehen fielen im Freiland zwischen 141 % (Augustendorf) und 158 % (Ehrhorn) und im Bestand zwischen 148 % (Göttinger Wald, Buche) und 186 % (Lüss Buche) des 10-jährigen Niederschlagsmittels (2013–2022). Die Höhe der Kronentraufe im Fichtenjungbestand (Solling) war knapp 90 mm geringer als im Altbestand auf der gleichen Fläche, die Interzeption lag 5 % höher.

Eintrag 2023 jedoch auf allen Flächen über dem Wert des Vorjahrs. Er betrug pro Hektar zwischen 1,6 kg (Göttinger Wald) und 2,9 kg (Solling, Lange Bramke) im Freiland sowie zwischen 2,4 kg (Göttinger Wald Buche) und 4,6 kg (Solling Fichte) mit dem Bestandesniederschlag. Im Fichtenjungbestand (Solling) betrug er hingegen nur 3 kg je Hektar, das entspricht zwei Drittel des Eintrags des Altbestands.

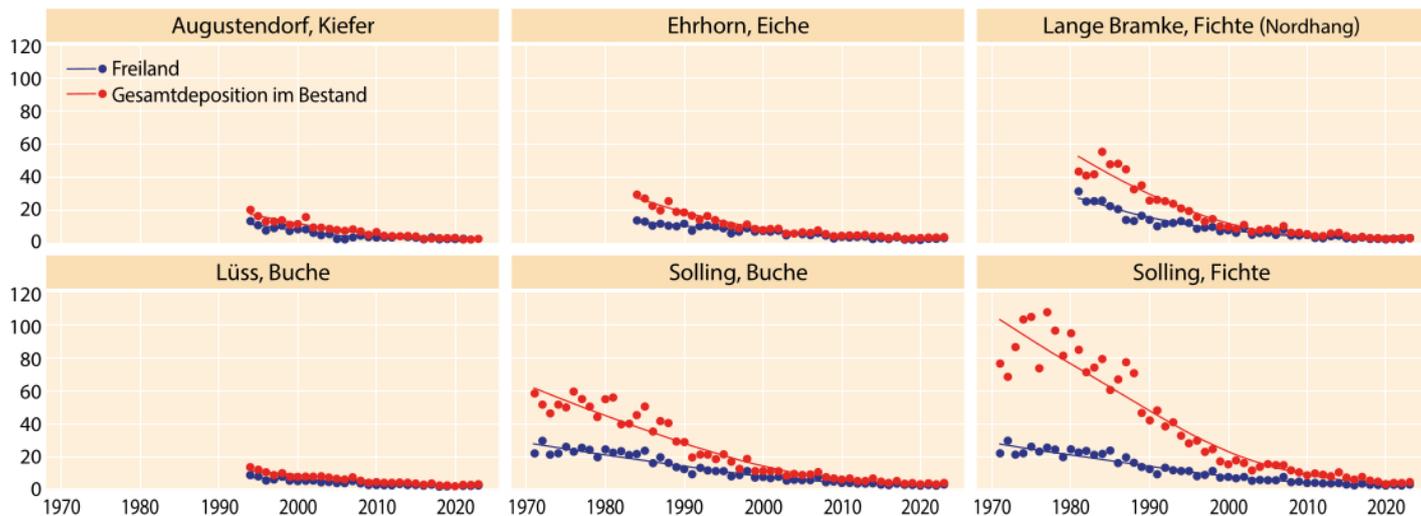
Schwefeleintrag

Durch die konsequente Umsetzung von Maßnahmen zur Luftreinhaltung wie Rauchgasentschwefelung sowie die Einführung schwefelarmer bzw. schwefelfreier Kraft- und Brennstoffe wurden die Schwefeldioxidemissionen wirksam reduziert. Die Sulfatkonzentration im Niederschlag hat seit Untersuchungsbeginn deutlich abgenommen und die gasförmige Belastung durch Schwefeldioxid ist nur noch sehr gering. Der Sulfatschwefeleintrag liegt deshalb schon seit Jahren auf einem sehr niedrigen Niveau. Bedingt durch die deutlich höheren Niederschlagsmengen im Jahr 2023 lag der

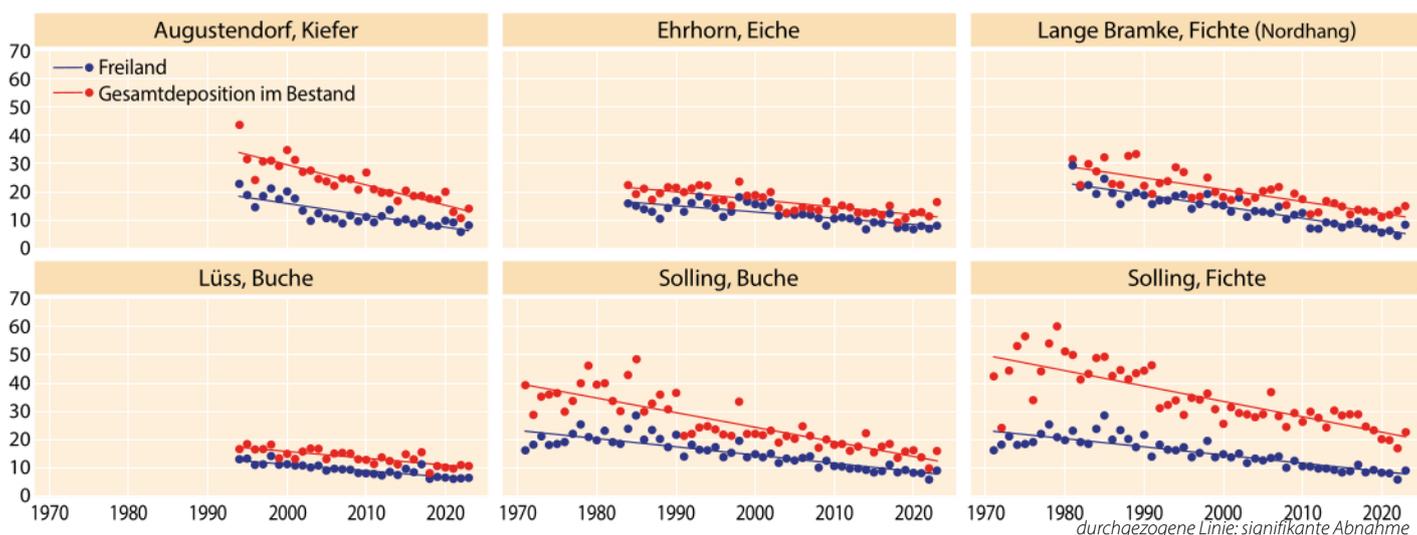
Stickstoffeintrag

Stickstoff wird als Nitrat (oxidierte Form, Quellen: Kfz-Verkehr, Verbrennungsprozesse) und als Ammonium (reduzierte Form, landwirtschaftliche Quellen) in das Ökosystem eingetragen. In dem Gebiet Weser-Ems (Augustendorf) ist der Ammoniumanteil am anorganischen Stickstoffeintrag im Freiland mit 66 % im 10-jährigen Mittel (2014–2023) am höchsten, gefolgt von der Region Hohe Heide (Ehrhorn) mit 61 %. In dem hohen Ammoniumeintrag in Augustendorf spiegelt sich die intensive Landwirtschaft einschließlich Intensivtierhaltung dieser Region wieder.

Sulfatschwefeleintrag (SO₄-S) auf ausgewählten Monitoringflächen in kg je Hektar und Jahr



Stickstoffeintrag (NH₄-N + NO₃-N) auf ausgewählten Monitoringflächen in kg je Hektar und Jahr



Betrachtet man den Zeitraum seit Untersuchungsbeginn bzw. seit 1994, hat der Nitratstickstoffeintrag im Freiland und mit der Gesamtdosition aller vier Baumarten auf allen untersuchten Flächen signifikant abgenommen. In den vergangenen zehn Jahren (2014–2023) war er hingegen nur noch auf den Flächen Augustendorf (Freiland, Kiefer), Göttinger Wald (Freiland, Buche) sowie Solling (Fichte) deutlich rückläufig, während er auf den anderen Flächen mit jährlichen Schwankungen auf demselben, relativ niedrigen Niveau verharrt. 2023 betrug er im Freiland zwischen 2,5 kg (Göttinger Wald) und 4,1 kg (Solling) je Hektar und unter Buche (Gesamtdosition) zwischen 4,6 kg (Lüss) und 7,2 kg (Solling) je Hektar. Unter Fichte belief sich die Gesamtdosition von Nitratstickstoff pro Hektar auf 10,1 kg im Solling und 6,9 kg in dem durch Borkenkäferbefall absterbenden Fichtenbestand im Harz (Lange Bramke Nordhang). Im Fichtenjungbestand (Solling) betrug der Nitratstickstoffeintrag mit 6 kg je Hektar nur 60 % des Eintrags des Fichtenaltbestands.

Der Ammoniumstickstoffeintrag hat auf den niedersächsischen Intensiv-Monitoringflächen seit Untersuchungsbeginn ebenfalls signifikant abgenommen. In dem 10-Jahreszeitraum 2014–2023 wurde eine weitere Abnahme jedoch nur auf den beiden Bestandesflächen im Solling (Buche und Fichte) sowie im Göttinger Wald (Freiland und Buche) beobachtet. Im Frei-

land lag er 2023 zwischen 3,1 kg (Göttinger Wald) und 5,3 kg (Augustendorf) je Hektar und unter Buche zwischen 5,5 kg (Lüss) und 8,9 kg (Solling). Unter Kiefer (Augustendorf) betrug er pro Hektar 10,3 kg und unter Fichte 12,6 kg im Solling bzw. 8,1 kg im Harz (Lange Bramke Nordhang). Im Fichtenjungbestand (Solling) betrug der Ammoniumstickstoffeintrag mit 7,4 kg rund 60 % des Eintrags des Fichtenaltbestands.

Durch die Umsetzung verschiedener Maßnahmen zur Reduktion der Stickstoffemissionen haben die anorganischen Stickstoffeinträge seit Untersuchungsbeginn erheblich abgenommen. Diese Entwicklung hat sich in den vergangenen 10 Jahren jedoch nicht im gleichen Maße fortgesetzt.

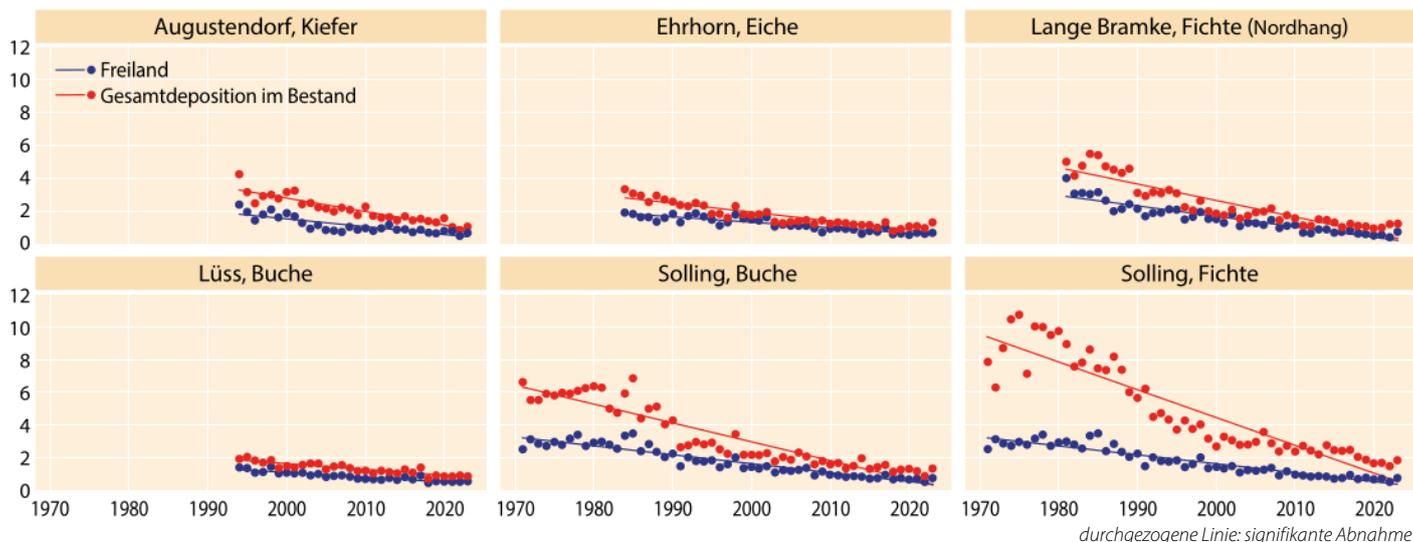
Der anthropogen bedingte atmosphärische anorganische Stickstoffeintrag überschritt im Mittel der letzten 5 Jahre (2019–2023) mit Werten bis zu 14,4 kg je Hektar unter Buche (Solling) und 20,6 kg je Hektar unter Fichte (Solling) nach wie vor deutlich den Bedarf der Wälder für das Baumwachstum. Stickstoffeinträge, die über dem Bedarf des Ökosystems für das Wachstum liegen, reichern sich im Ökosystem an und ziehen – ggf. zeitverzögert – gravierende negative Konsequenzen nach sich.

Durch Kalamitäten wie Windwurf oder Borkenkäferbefall, durch die in den vergangenen Jahren u. a. im Harz riesige Freiflächen entstanden sind, kommt es zu einer Entkoppe-



Foto: J. Evers

Level II-Fichtenfläche Solling

Gesamtsäureeintrag auf ausgewählten Monitoringflächen in kmol_c je Hektar und Jahr

lung der Stoffkreisläufe. Der im Boden gebundene Stickstoff wird rascher mineralisiert, mangels Bäumen wird jedoch nur ein sehr kleiner Teil von der zwischenzeitlich aufgekommenen Schlagflora aufgenommen und erhöhte Nitratausträge mit dem Sickerwasser sind die Folge. Da Nitrat im Bodenwasser von Nährstoffkationen wie Calcium, Magnesium oder Kalium sowie sauren Kationen wie Aluminium begleitet wird, verlieren die Ökosysteme wichtige Nährstoffe aus den ohnehin meist nährstoffarmen Waldböden. Außerdem erhöht sich die Konzentration von sauren Kationen wie z. B. Aluminium in der Bodenlösung, die für die Vegetation schädlich sind. Angrenzende Ökosysteme wie Oberflächen- und Grundgewässer werden ggf. durch hohe Nitratausträge oder hohe Aluminiumkonzentrationen 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).

2023 betrug der Gesamtsäureeintrag je Hektar im Freiland zwischen $0,5 \text{ kmol}_c$ (Göttinger Wald) und $0,8 \text{ kmol}_c$ (Solling), unter Buche zwischen $0,9 \text{ kmol}_c$ (Göttinger Wald, Lüss) und $1,4 \text{ kmol}_c$ (Solling) sowie unter Fichte $1,1 \text{ kmol}_c$ (Lange Bramke Nordhang) bzw. $1,9 \text{ kmol}_c$ (Solling). Im Fichtenjungbestand im Solling belief sich der Gesamtsäureeintrag auf $1,1 \text{ kmol}_c$, rund 60 % 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 Gesamtsäureeintrag ab, erhält man den ökosystemar bedeutsamen Netto-Gesamtsäureeintrag (Gauger et al. 2002).

Auf den niedersächsischen Flächen des Intensiven Monitorings werden zwischen 10 % (Augustendorf Kiefer) und 23 % (Göttinger Wald) der Gesamtsäureeinträge durch nicht seesalzbürtige Basen abgepuffert.

Ein weiterer Teil des Säureeintrags wird im Erdreich durch Basen gepuffert, die durch Verwitterung freigesetzt werden. Die nachhaltige Säurepufferkapazität aus Verwitterung reicht auf den oft nährstoffarmen Waldstandorten jedoch auch unter Berücksichtigung der Baseneinträge nicht aus, um die Säureeinträge vollständig zu kompensieren. Eine standortangepasste Kalkung zum Schutz der Waldböden und der Erhaltung ihrer Filterfunktion für das Grundwasser kann deshalb empfohlen werden.

anthropogen = durch menschliche Aktivitäten verursacht

Deposition = Ablagerung von Stoffen

Eutrophierung = Nährstoffanreicherung

kmol_c (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_c 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 and Critical Levels. Forschungsvorhaben im Auftrag des BMU/UBA, FE-Nr. 299 42 210, Institut für Navigation, Univ. Stuttgart. 207 S.
- Ulrich, B. (1991): Beiträge zur Methodik der Waldökosystemforschung. Berichte des Forschungszentrums für Waldökosysteme/Waldsterben. Reihe B, Bd. 24, 204-210.

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

Anja Gröning, Caroline Klinck und Uwe Paar

<https://doi.org/10.5281/zenodo.13846897>

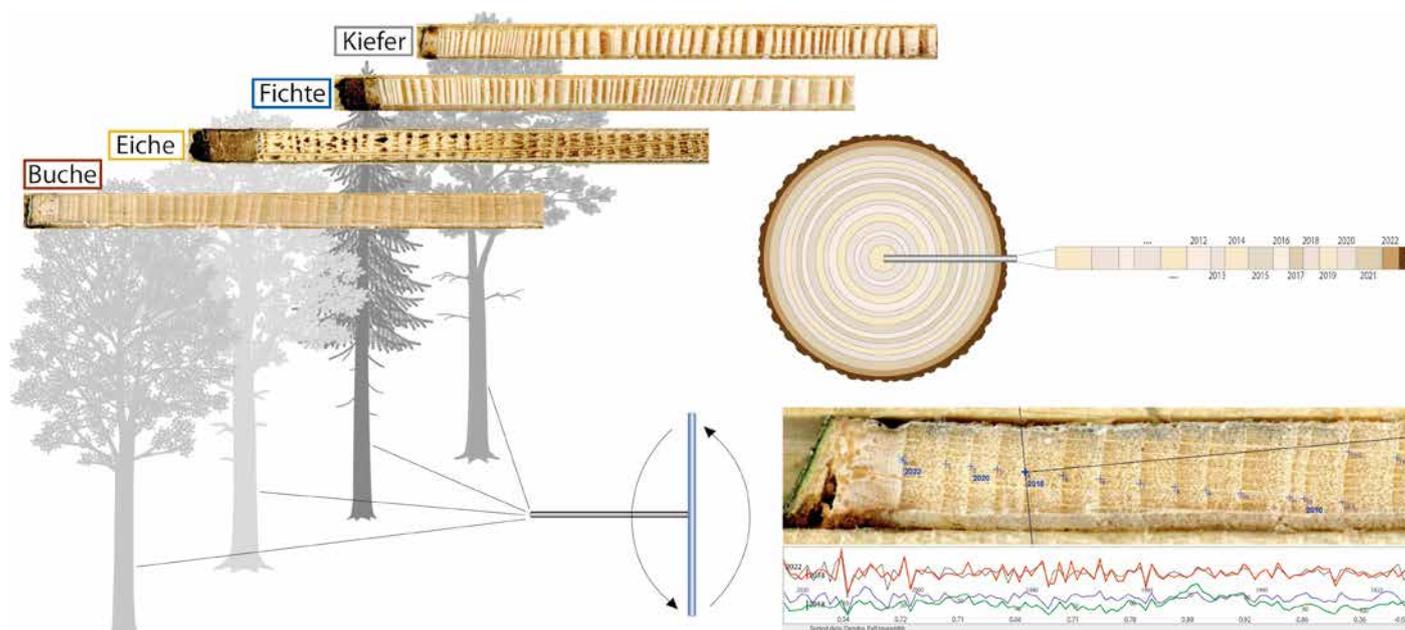
Hintergrund des Projekts

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

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

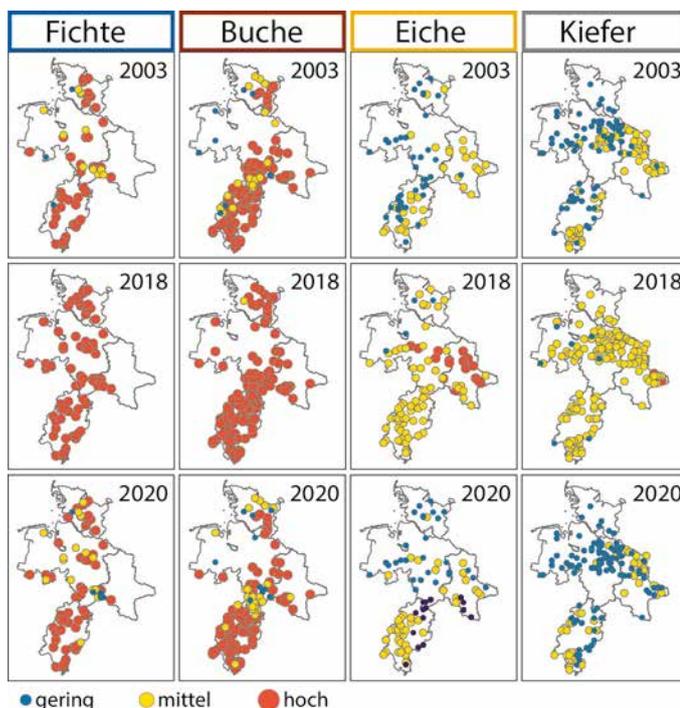
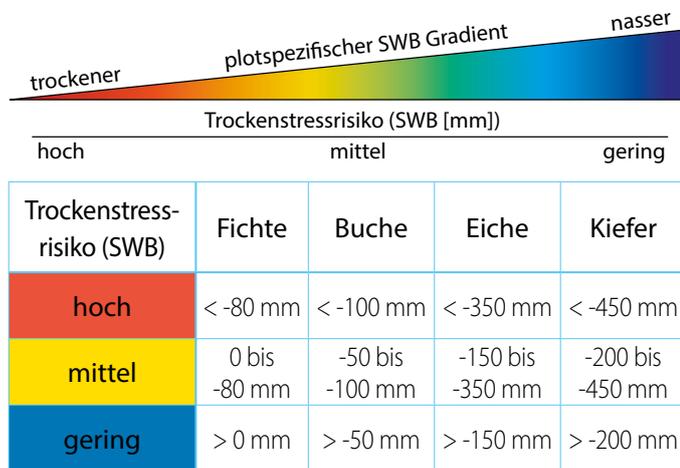
In Bäumen lesen – Jahrringanalyse als Werkzeug

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



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

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



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



Fotos: A. Gröning

Probennahme eines Bohrkerns mit Hilfe eines Zuwachsbohrers

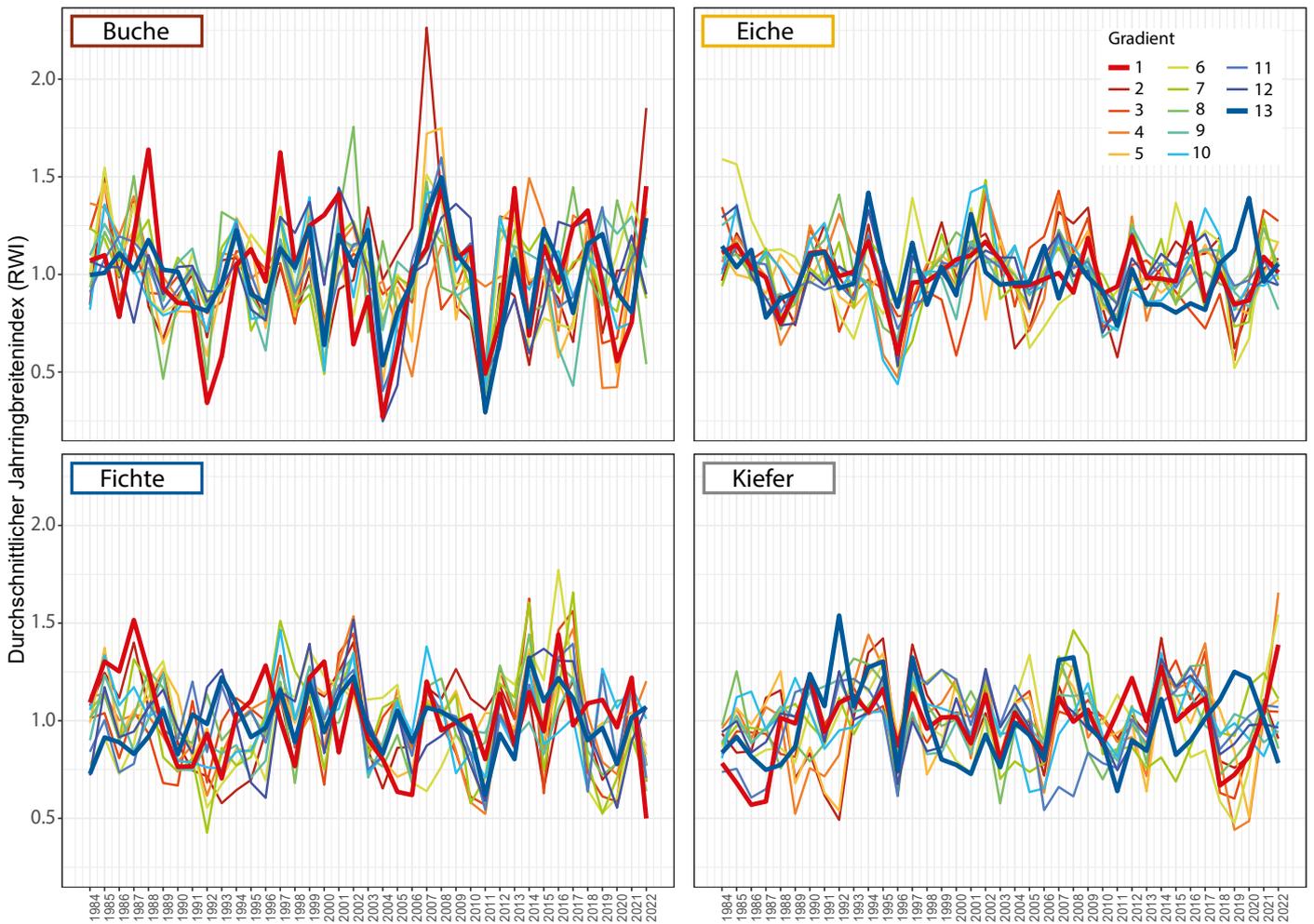
auf Trockenstress, was sich sowohl im Wachstum als auch in der Kronenverlichtung äußert (Meyer et al. 2020). Eichen und Kiefern gelten bisher als relativ trockenresistent, weshalb sie erst ab einem deutlich negativeren Standortwasserbilanz-Defizit in eine hohe Risikoklasse eingeordnet werden (Spellmann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

Gradienten-Design

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

Wachstumsverläufe

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



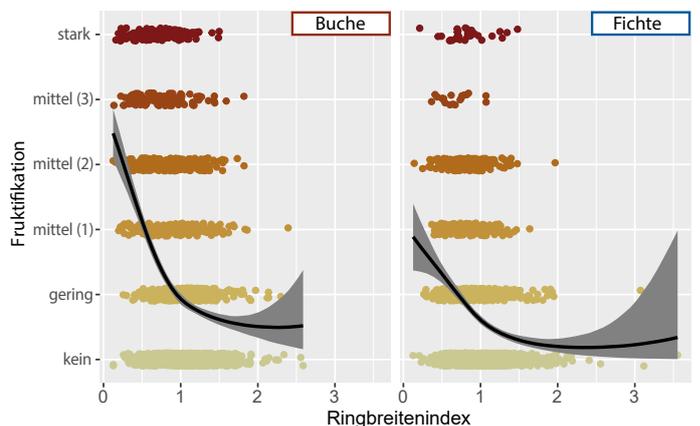
Durchschnittlicher Jahringbreitenindex (RWI) für die einzelnen Baumarten im Zeitraum der WZE entlang des Gradienten. 1 = trockenster Plot, 13 = feuchtester Plot einer Baumart.

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

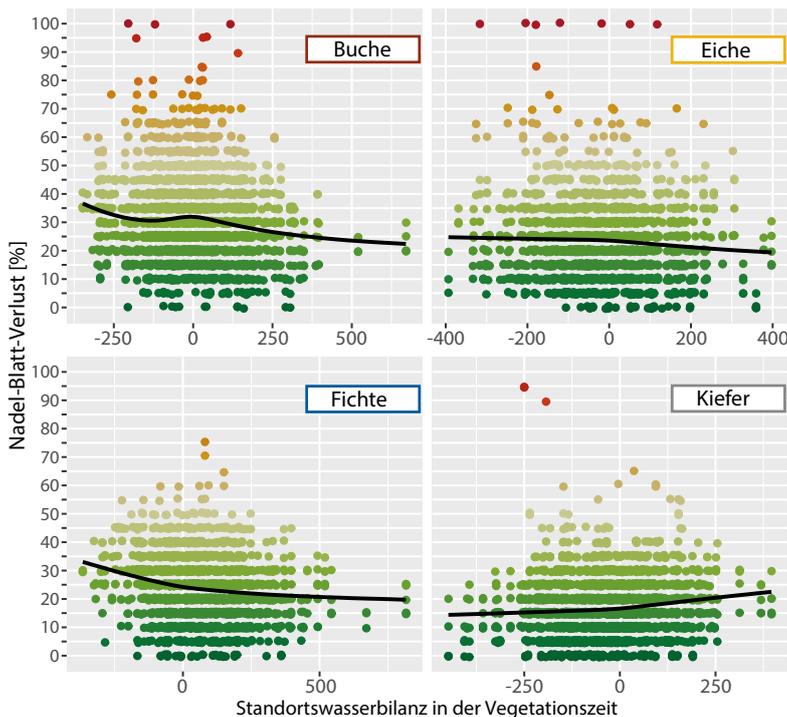
Zusammenhänge zwischen Vitalität und Wachstum

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

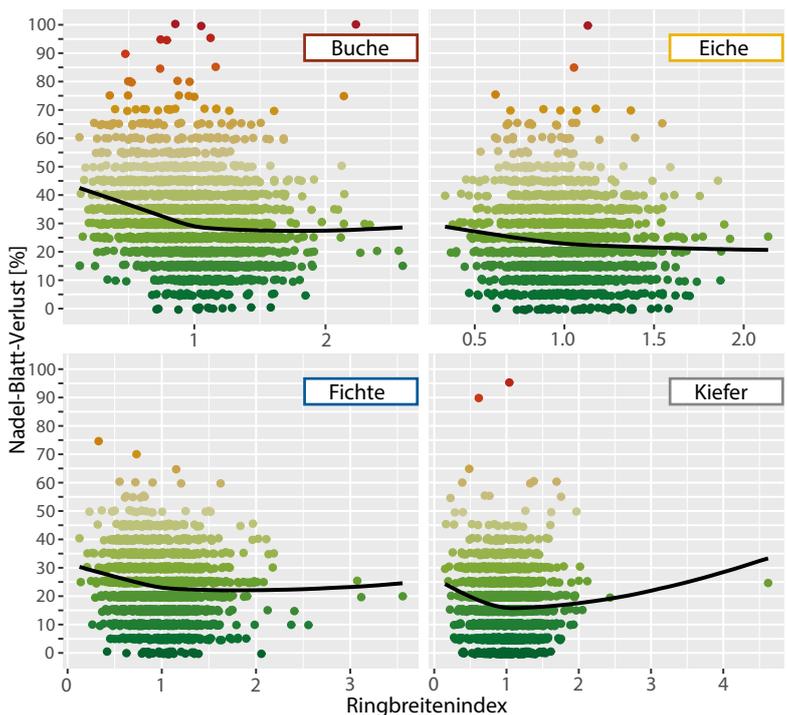
dem Ringbreitenindex kann durch ein nicht-lineares ordinales Modell beschrieben werden. Während Buche, Fichte und auch Eiche eine tendenziell höhere Kronenverlichtung bei negativeren SWB-Werten aufwiesen, wurde für Kiefer der gegenteilige Trend beobachtet. Für Buche, Fichte und Eiche ließ sich daraus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



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



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



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



Foto: A. Gröning

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

Ausblick

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

Literatur

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

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

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

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

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

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

Wildobstarten: Erhaltung und nachhaltige Nutzung wertvoller genetischer Ressourcen

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

<https://doi.org/10.5281/zenodo.13846948>

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

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

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



Foto: NWFVA-Archiv

Früchte der Wildbirne auf einer Wildbirnen-Samenplantage

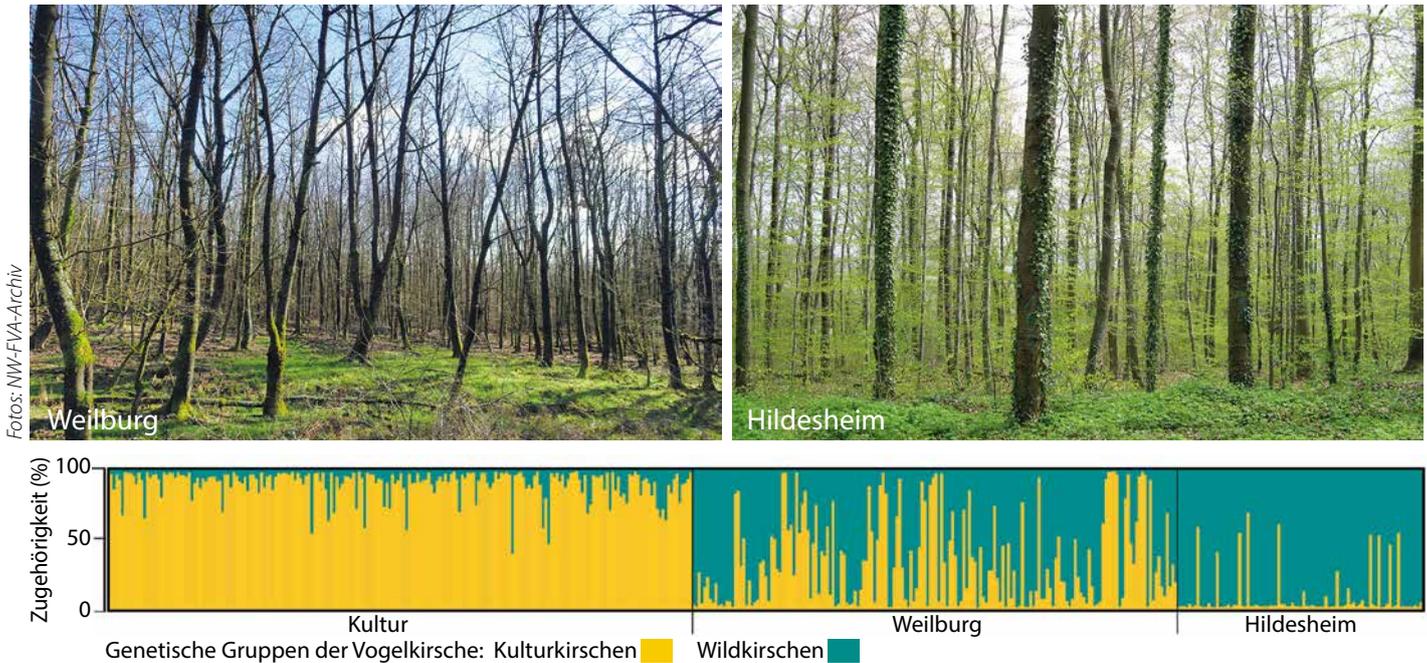
Für eine Reihe von Baumarten stellt die ausbleibende Naturverjüngung und die damit verbundene Überalterung der Bestände eine ernste Bedrohung dar. Für Wildbirne, Wildapfel und Elsbeere wird für nur 2 % bis 7 % der Vorkommen eine gute In-situ-Erhaltungsfähigkeit beschrieben, beim Speierling trifft dies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

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

Beispiel Vogelkirsche

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

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



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

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

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

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

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

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

Beispiele Wildbirne und Wildapfel

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

Foto: A. M. Höfken



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

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

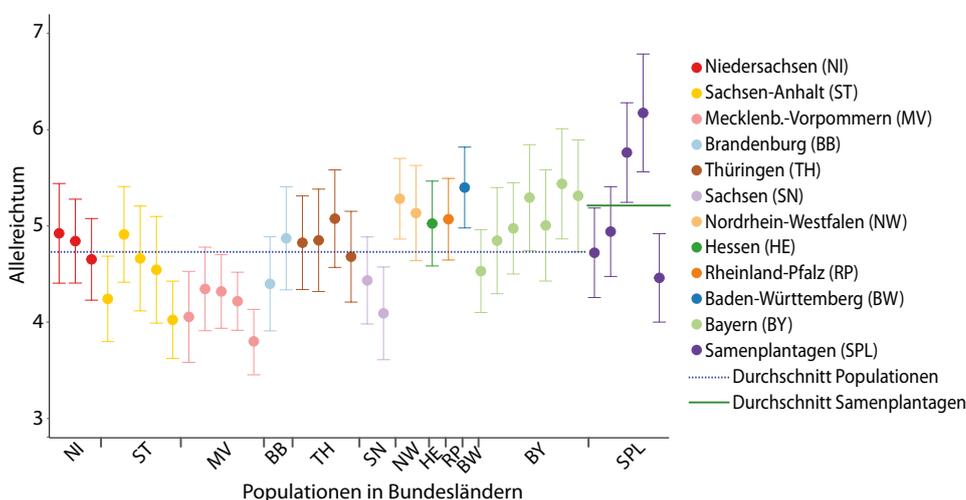
Gefährdung: Beide Arten stehen in einigen Bundesländern auf der Roten Liste und sind als gefährdet eingestuft. Denn die für ihre Vorkommen typischen extrazonalen Sonderstandorte stellen meist Relikte wärmezeitlicher Eichenwälder dar und sind in Mitteleuropa heute sehr selten. Auch die Wälder der Hartholzauen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

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

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

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

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



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



Foto: NWFA-Archiv

Samenplantage der Vogelkirsche zur Erzeugung hochwertigen forstlichen Vermehrungsgutes

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

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

Vorteile von Samenplantagen

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

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

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

Samenplantagen verschiedener Wildobstarten im Zuständigkeitsbereich der NW-FVA

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

Literatur

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

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

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

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

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

Trockenjahr und Buchenmortalität: Geschlossenes Kronendach mindert Schäden

Peter Meyer, Andreas Mölder und Ralf-Volker Nagel

<https://doi.org/10.5281/zenodo.13846992>

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

Untersuchungen in hessischen Naturwaldreservaten

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

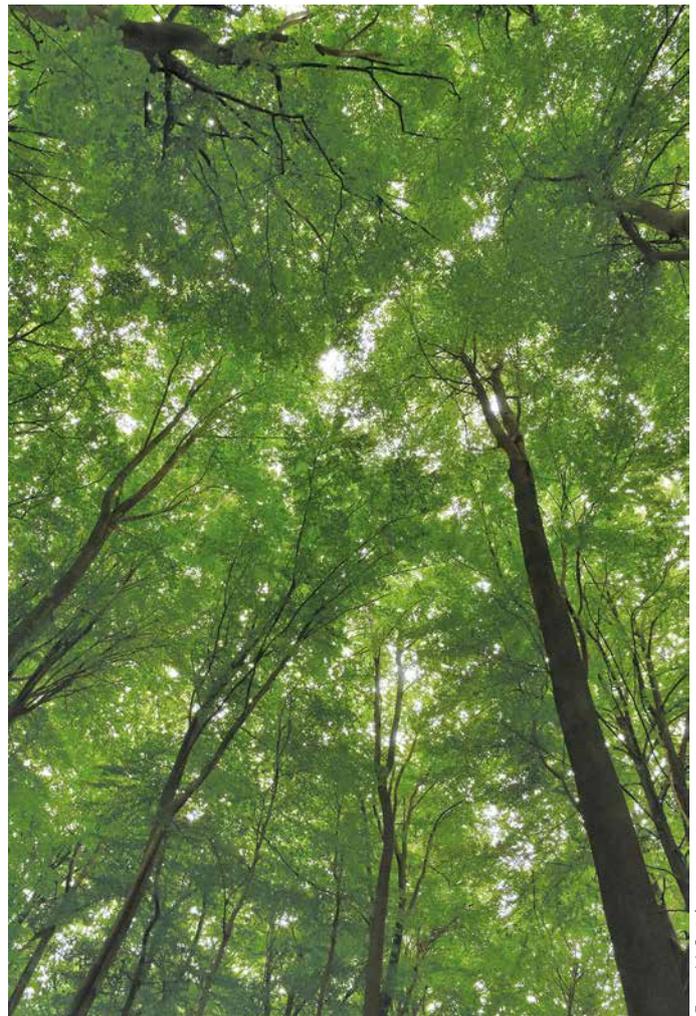
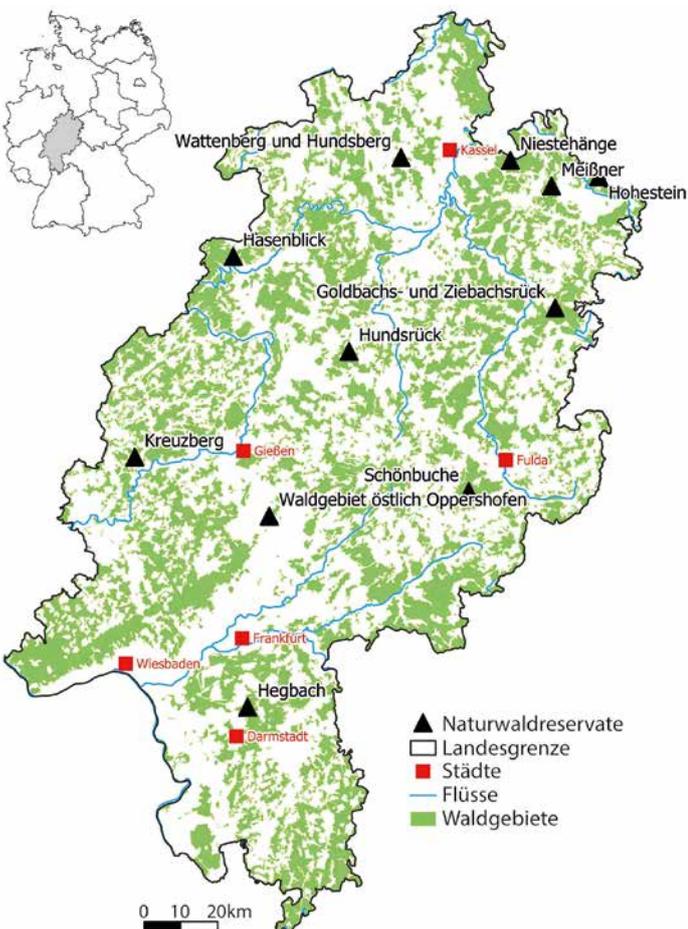


Foto: M. Spielmann



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

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

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

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

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

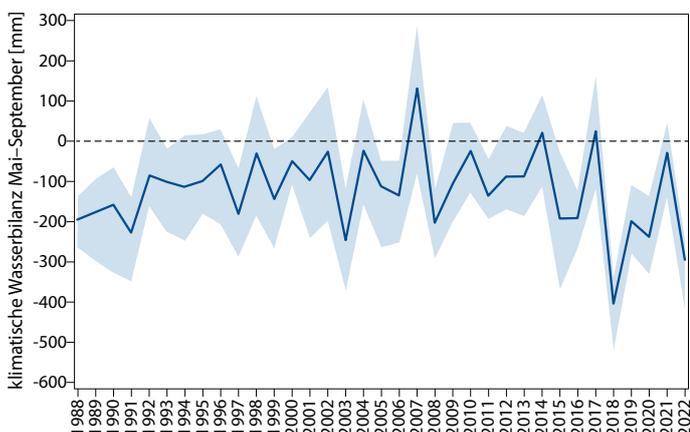
Jahre 2018–2022. Für jede abgestorbene Buche, die bei der Erstinventur erfasst worden war, wurde ermittelt, in welcher der drei Perioden sie abgestorben war. Bei der Datenanalyse wurde ausschließlich die natürliche Mortalität von Buchen betrachtet.

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

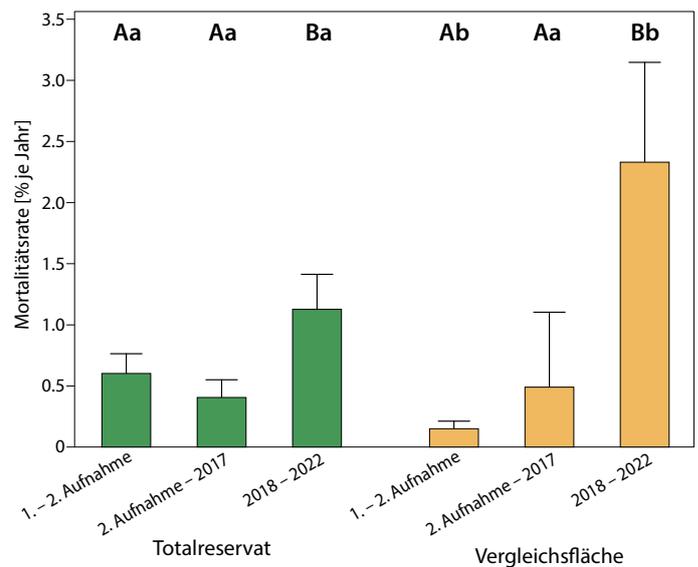
Dürrebedingte Mortalität in moderatem Umfang

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

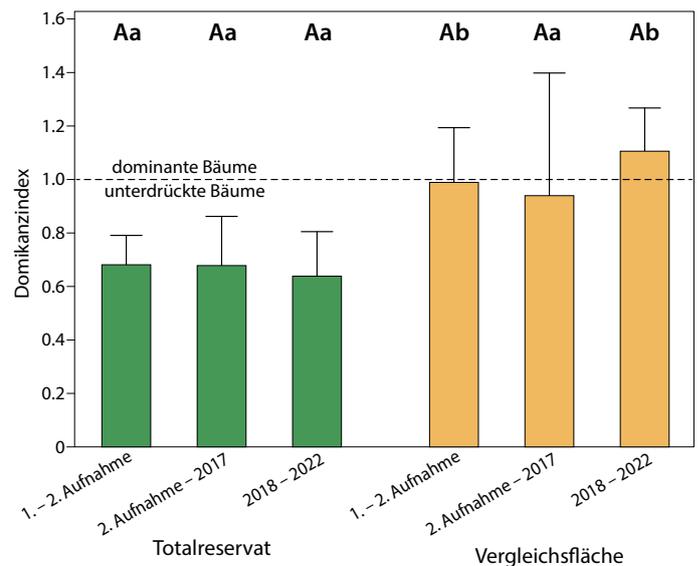
Allerdings erlaubt die alleinige Betrachtung der Mortalitätsraten keine Aussage darüber, ob lediglich unter- und zwischenständige Bäume abgestorben sind oder das obere Kronendach durch das Absterben dominanter Bäume aufge-



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



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



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

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



Foto: J. Weymar

Schlussfolgerungen

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

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

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

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

Weiterführende Literatur

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

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

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

Boden des Jahres: Waldboden

Jan Evers, Oliver van Straaten und Felix Grün

<https://doi.org/10.5281/zenodo.13847036>

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

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



Fotos: J. Evers

Gut durchwurzelter, humoser Oberboden

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

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

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



Foto: INW-FVA-Archiv, Abt. Umweltkontrolle

Braunerde-Podsol aus unverlehmtem Sand

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

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

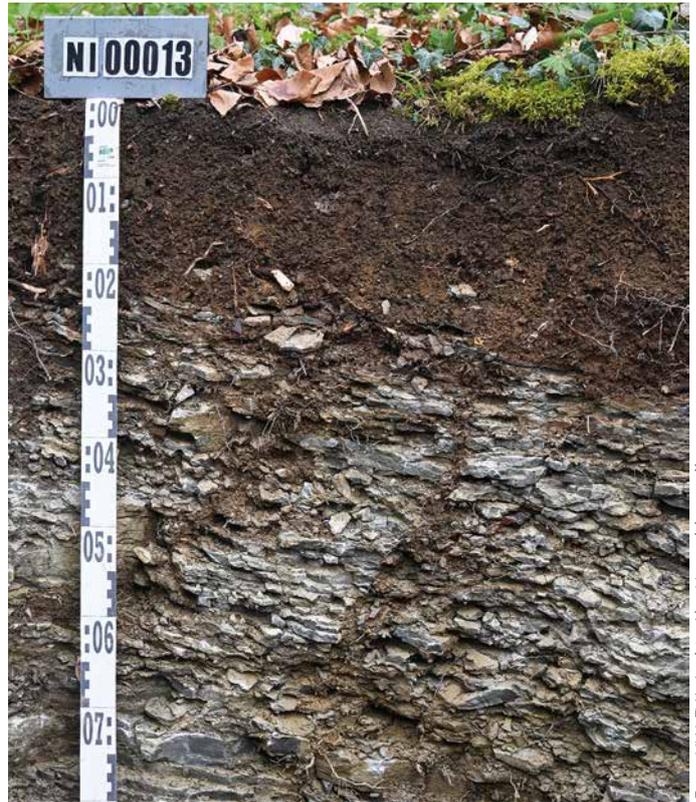


Foto: NW-FVA-Archiv, Abt. Umweltkontrolle

Terra fusca-Rendzina aus Kalkstein

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

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

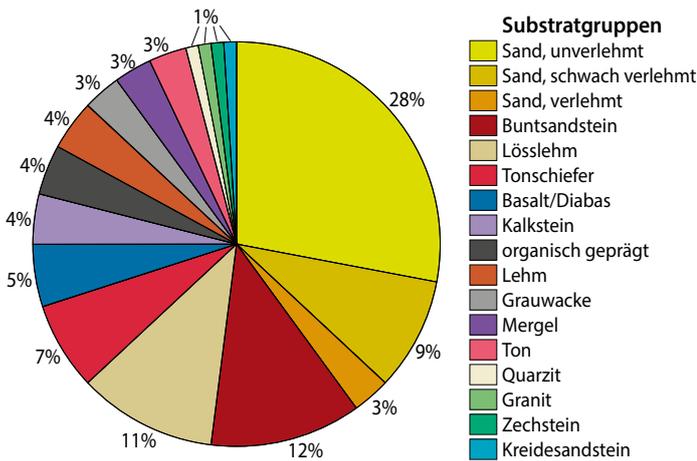
Je nach Bodenbildungsprozessen, die das Material umwandeln, verlagern oder durchmischen, über Frostspaltung zerkleinern, chemisch verwittern oder lösen und durch Anreicherung von organischer Substanz und Bioturbation Kohlenstoff einbinden, entstehen verschiedene Bodentypen unter Wäldern.

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



Foto: NW-FVA-Archiv, Abt. Umweltkontrolle

Normerdhochmoor



Verteilung der wichtigsten geologischen Ausgangssubstratgruppen im Bereich der NW-FVA

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

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

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

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

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

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



Podsol-Regosol aus unverlehmtem Sand

Foto: NW-FVA-Archiv, Abt. Umweltkontrolle



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: Klinck C

Layout: Starick E

Herstellung: Nordwestdeutsche
Forstliche Versuchsanstalt

Druck: Printec Offset Kassel

Zitiervorschlag

Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt,
Niedersächsisches Ministerium für Ernährung,
Landwirtschaft und Verbraucherschutz (Hrsg.)
(2024): Waldzustandsbericht 2024 für Nieder-
sachsen, 48 S
<https://doi.org/10.5281/zenodo.13846347>

Zitate der Einzelbeiträge bitte nach
folgendem Schema:

Klinck C, Paar U (2024): WZE-Ergebnisse
für alle Baumarten. In: Nordwestdeutsche
Forstliche Versuchsanstalt, Niedersächsisches
Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und
Verbraucherschutz (Hrsg.): Waldzustandsbericht
2024 für Niedersachsen. S 8-19.
<https://doi.org/10.5281/zenodo.13846688>

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

Der Waldzustandsbericht 2024

ist abrufbar unter

<https://www.nw-fva.de> und

<https://www.ml.niedersachsen.de> >=>

Themenbereich Wald, Holz und Jagd

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



Dr. Ulrike Talkner
Abteilungsleiterin
Umweltkontrolle



Dr. Uwe Paar
Sachgebietsleiter Wald- und
Bodenzustand, Redaktion



Dr. Caroline Klinck
Leiterin der Außenaufnahmen,
Auswertung, Redaktion



Dr. Jan Evers
Bodenzustandserhebung



Andreas Hafner
Datenmanagement



Dr. Uwe Klinck
Datenmanagement



Birte Scheler
Stoffeinträge



Johannes Suttmöller
Witterung und Klima



Peter Gawehn
Außenaufnahmen, Kontrollen



Michael Spielmann
Außenaufnahmen, Kontrollen



Dr. Bernd Westphal
Außenaufnahmen, Kontrollen

Diese Druckschrift wird im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit der 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.