



# Waldzustandsbericht 2019



# Vorwort



Foto: Jaworr

Liebe Leserin, lieber Leser,

dieser Waldzustandsbericht steht ganz im Zeichen der dramatischen Auswirkungen der Wetterextreme auf unseren niedersächsischen Wald. Stürme, Trocken- und Hitzephase haben den Wald in Dauerstress versetzt und landesweit katastrophale Schäden verursacht. Bereits 2018 kündigten sich in vielen Fichtenwäldern Borkenkäfer-Massenvermehrungen an. Nach ihrer Überwinterung sind die Käfer mit Beginn der ersten warmen Frühjahrstage in Massen ausgeschwärmt und haben die geschwächten und nahezu wehrlosen Fichten befallen. Braune, abgestorbene Bäume oder Bestände prägen das Landschaftsbild. Viele Kahlfelder sind entstanden. Auch die Vitalität von Buchen, Eichen und anderen Laubbäumen hat massiv gelitten. An den teils komplexen Erkrankungen der Laubbäume sind oft Pilze und blattfressende Schmetterlingsarten beteiligt.

Der deutlich verschlechterte Gesundheitszustand unserer Waldbäume spiegelt sich in den landesweiten Durchschnittswerten für die Kronenverlichtung, für den Anteil starker Schäden und für die Absterberate wider. Insbesondere Fichten und Buchen sind betroffen.

Die zugespitzte Waldschuttlage und der überlastete Holzmarkt stellen Forstbetriebe und Waldbesitzer vor große logistische und finanzielle Herausforderungen. Der Klimawandel wird für die Forstwirtschaft dauerhaft ein Risikofaktor und betriebliche Planungskonstante bleiben.

Unsere multifunktionalen Wirtschaftswälder können mit der Dynamik des Klimawandels nicht Schritt halten.

Nach der ersten Schadensbewältigung steht der klimagerechte Waldumbau auf der forstlichen Agenda. Niedersachsen verfolgt übrigens schon einige Jahrzehnte eine naturnahe und nachhaltige Waldwirtschaft auf ökologischer Grundlage. Das Regierungsprogramm zur „Langfristigen ökologischen Waldentwicklung“ – kurz LÖWE – gilt seit 1991 und wurde 2017 zu LÖWE+ aktualisiert.

Bei dieser langfristigen Aufgabe des Waldumbaus steht das Land den Forstbetrieben und Waldbesitzern mit umfangreichen Förderangeboten zur Seite. Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt (NW-FVA), die auch diesen Bericht zusammengestellt haben, sind allen Waldbesitzern mit ihrer praxisorientierten Forschung und Beratung eine verlässliche Stütze.

Wir begegnen dem Klimawandel mit einer breiten Strategie:

- Eine klimaangepasste Baumartenwahl ist Grundlage für den standortsgemäßen Waldumbau. Voraussetzung für alle Planungen ist eine abgeschlossene Standortkartierung auch im Privatwald. Künftig wird die pflanzenverfügbare Wassermenge ein entscheidender Faktor bei der Baumartenwahl sein. Ich empfehle Waldbesitzern und Forstbetrieben die 2019 in der Schriftenreihe „Aus dem Walde“ neu herausgegebenen Waldentwicklungstypen (WET) für eine klimaangepasste Baumartenwahl als Grundlage für ihre waldbaulichen Planungen. Die WET beinhalten standortsgemäße und zukunftssichere Haupt- und Begleitbaumarten für vitale, leistungsfähige und nachhaltig bewirtschaftete Mischwälder. Die Kompen-sationskalkulation trägt wirksam zur Erhaltung der Bodengesundheit bei.
- Baumartengerechte und standortangepasste Durchforstungsmethoden können die Vitalität der einzelnen Bäume verbessern und die Bestände, zum Beispiel gegen Stürme, stabilisieren.
- Zielstärkennutzung oder kleinflächige Hiebe unterstützen die Entwicklung der Bestände zu strukturreichen Mischwäldern. Vielfältige Waldstrukturen helfen, die Risiken für die Forstbetriebe zu senken und zu verteilen.

Mit den geeigneten Methoden wird es uns gelingen, die Leistungen unserer Wälder für Forstwirtschaft, Erholung und Natur zu erhalten und zu verbessern.

Ihre

A handwritten signature in black ink that reads "Barbara Otte-Kinast". The script is cursive and elegant.

Barbara Otte-Kinast

Niedersächsische Ministerin für Ernährung,  
Landwirtschaft und Verbraucherschutz



## Inhaltsverzeichnis

	Seite
Vorwort	2
<b>Inhaltsverzeichnis</b>	<b>3</b>
<b>Hauptergebnisse</b>	<b>4</b>
Inge Dammann und Uwe Paar	
<b>Forstliches Umweltmonitoring</b>	<b>6</b>
Johannes Eichhorn, Inge Dammann und Uwe Paar	
<b>WZE-Ergebnisse für alle Baumarten</b>	<b>8</b>
Inge Dammann und Uwe Paar	
Kiefer	10
Fichte	11
Buche	12
Eiche	13
Andere Laub- und Nadelbäume	15
<b>Witterung und Klima</b>	<b>16</b>
Johannes Suttmöller	
<b>Auswirkungen der Stürme und der Dürre 2018/2019 auf die Vitalität der Wälder in Nordwestdeutschland</b>	<b>20</b>
Johannes Eichhorn, Johannes Suttmöller, Birte Scheler, Markus Wagner, Inge Dammann, Henning Meesenburg und Uwe Paar	
<b>Insekten und Pilze</b>	<b>31</b>
Martin Rohde, Rainer Hurling, Gitta Langer, Johanna Bußkamp und Pavel Plašil	
<b>Wiederbewaldung von Schadflächen in Anpassung an den Klimawandel</b>	<b>35</b>
Ralf-Volker Nagel	
<b>Weiß-Tanne (<i>Abies alba</i>) als Baumart im Klimawandel</b>	<b>37</b>
Matthias Paul, Aki Michael Höltnen, Samuel Schleich, Matthias Moos und Wilfried Steiner	
<b>Stoffeinträge</b>	<b>40</b>
Birte Scheler	
Literaturverzeichnis	43
Impressum	44

# Hauptergebnisse

## Waldzustandserhebung (WZE)

Der extreme Witterungsverlauf 2018 und 2019 hat zu erheblichen Schäden in den Wäldern Niedersachsens geführt. Im Harz und im Solling, mit der Fichte als prägender Baumart, wurden durch Stürme und Borkenkäferbefall ganze Waldbestände aufgelöst und Freiflächen entstanden. Bei Kiefer, Buche, Birke und Lärche traten Schäden durch Insekten- und Pilzbefall und die lang anhaltende Trockenheit auf. Die Ergebnisse der Waldzustandserhebung 2019 zeigen für den Wald in Niedersachsen Höchstwerte der mittleren Kronenverlichtung, der starken Schäden und der Absterberate seit Beginn der Zeitreihe.

Die mittlere Kronenverlichtung der Waldbäume in Niedersachsen erhöhte sich im Vergleich zum Vorjahr um 3 Prozentpunkte auf 22 %. Dies ist der höchste Wert seit Beginn der Waldzustandserhebung 1984. Bei allen Baumartengruppen zählen die diesjährigen Werte der mittleren Kronenverlichtung mit zu den höchsten in der 36-jährigen Zeitreihe. Besonders starke Veränderungen gibt es 2019 bei den älteren Buchen. Die mittlere Kronenverlichtung stieg gegenüber dem Vorjahr um 7 Prozentpunkte und beträgt aktuell 32 %. Für die älteren Fichten und Eichen liegt die mittlere Kronenverlichtung bei 30 bzw. 35 %. Mit einer mittleren Kronenverlichtung von 19 % ist der Kronenzustand der älteren Kiefern weiterhin markant besser als der von Fichte, Buche und Eiche. Für die Gruppen der anderen Laub- und Nadelbäume (alle Alter) war die mittlere Kronenverlichtung in den letzten Jahrzehnten noch nie so hoch wie 2019 (21 bzw. 17 %).

Der Anteil starker Schäden liegt 2019 für den Gesamtwald in Niedersachsen mit 3 % doppelt so hoch wie das langjährige Mittel (1,4 %). Den höchsten Anteil starker Schäden weist in diesem Jahr die Fichte (8,4 %) auf. Am niedrigsten ist der Anteil starker Schäden bei der Kiefer (0,4 %).



Buchenstamm mit Sonnenbrand

Foto: J. Weymar

Auch für die Absterberate werden 2019 hohe Werte verzeichnet. Mit 1,4 % überschreitet die Absterberate 2019 für den Gesamtwald in Niedersachsen den langjährigen Mittelwert (0,15 %) fast um das 10-fache. Es sind vor allem überdurchschnittlich viele Fichten (6 %) abgestorben.

Bei der Ausfallrate (als Schadholz entnommene Bäume) wird mit 4,7 % im Jahr 2018 ein Höchststand seit Beginn der Waldzustandserhebung verzeichnet. 2019 sind dann noch einmal 2,1 % der Stichprobenbäume ausgefallen. Bei der Fichte ist die Ausfallrate besonders hoch.

Die Baumartenverteilung in der WZE-Stichprobe in Niedersachsen ergibt für die Kiefer einen Flächenanteil von 38 %, die Ergebnisse der Waldzustandserhebung für den Gesamtwald in Niedersachsen werden daher stark durch die vergleichsweise niedrigen Verlichtungswerte der Kiefer geprägt. Die Fichte ist mit 15 %, die Buche mit 17 % und die Eiche mit 7 % im Kollektiv der Waldzustandserhebung vertreten. Die anderen Laub- und Nadelbäume nehmen zusammen einen Anteil von 23 % ein.

## Witterung und Klima

Das Vegetationsjahr 2018/2019 war das zweite Jahr in Folge, das deutlich zu trocken und zu warm ausfiel. Mit einer Mitteltemperatur von 10,7 °C (+2,1 K) und einer Niederschlagssumme von 640 mm (85 % des Niederschlagsolls) im Flächenmittel des Landes war es im Vergleich zu den langjährigen Mittelwerten der Klimanormalperiode 1961-1990 deutlich zu trocken und zu warm. Insgesamt waren von 12 Monaten 11 zu warm und 8 teilweise deutlich zu trocken. Neben der Trockenheit wurden die Wälder in Niedersachsen durch Sturmereignisse, wie dem Sturmtief „Eberhard“ am 10. März 2019, zusätzlich geschwächt.

## Auswirkungen der Stürme und der Dürre 2018/2019 auf die Vitalität der Wälder in Nordwestdeutschland

2018 und 2019 waren durch extreme Witterungsbedingungen geprägt. Ein maßgeblicher, sich gegenseitig verstärkender Einfluss ging von einer Abfolge von Stürmen, Dürrephasen sowie Borkenkäferbefall aus. Dies hat erhebliche Schäden in den Wäldern verursacht. Von den vier Trägerländern der NW-FVA ist Sachsen-Anhalt besonders betroffen, vergleichsweise weniger Störungen finden sich in Schleswig-Holstein.

Während die Bäume im Jahr 2018 bis in den Sommer in weiten Teilen ihren Wasserbedarf aus dem ausreichend im Winterhalbjahr 2017/2018 aufgefüllten Bodenwasserspeicher decken konnten, war auf rund 30 % der Waldfläche der Bodenwasserspeicher im Frühjahr 2019 nur unzureichend aufgefüllt. Besonders ungünstig war die Situation in Sachsen-Anhalt, im östlichen und südlichen Niedersachsen und in Südhessen.

In beiden Jahren traten in den Wäldern der Trägerländer deutlich erhöhte starke Schäden und Absterberaten auf. Hohe Werte werden für die Fichte in Hessen, Niedersachsen und Sachsen-Anhalt festgestellt. Die Aufeinanderfolge von zwei Dürrejahren hat bei vielen Baumarten Reaktionen ausgelöst. Trockenstresssymptome wurden insbesondere auch bei der Buche festgestellt. Abgestorbene Buchen – bisher seltene Ausnahme in der Zeitreihe der Waldzustandserhe-

# Hauptergebnisse



Foto: J. Evers

– waren 2019 häufiger zu beobachten. Birken, Eschen und Lärchen starben ebenfalls vermehrt ab. Die Ausfallrate der Bäume war in beiden Jahren deutlich erhöht. Räumlich und zeitlich sind klare Zusammenhänge mit der extremen Witterungssituation zu erkennen.

Wachstumsreaktionen auf Flächen des Intensiven Umweltmonitorings zeigten einen deutlichen Zusammenhang zur Entwicklung der Bodenfeuchte.

Die Erfahrungen aus früheren Dürreperioden legen nahe, dass auch in den folgenden Jahren mit Spätfolgen zu rechnen ist.

## Insekten und Pilze

Das Schadensausmaß durch Borkenkäfer an Fichte war seit Jahrzehnten nicht so hoch wie in den Extremsommern 2018 und 2019. Anhaltende Trockenheit und Wärme schwächten die Abwehrkraft der Fichte gegen Borkenkäfer und begünstigten den Brutserfolg unter der Rinde. Lärchen waren ähnlich stark betroffen. An weiteren Baumarten wie Buche und Kiefer traten verschiedene Käferarten als zum Teil sekundäre Schädlinge in großer Anzahl auf.

Auch für Absterbeerscheinungen durch Pilze war die besondere Witterungssituation ein entscheidender auslösender Faktor. Kiefer, Buche, Eiche, Ahorn, Esche und Birke waren betroffen.

## Wiederbewaldung von Schadflächen in Anpassung an den Klimawandel

In weiten Teilen des Zuständigkeitsbereichs der NW-FVA sind durch den Sturm „Friederike“ und zwei Dürresommer hintereinander in erheblichem Umfang Blößen entstanden. Die Wiederbewaldung dieser Freiflächen stellt die Forstwirtschaft vor große Herausforderungen, denn auf Freiflächen herrschen extreme klimatische Bedingungen mit starker Austrocknung und Verdunstung durch hohe Sonneneinstrahlung und Wind. Eine Klassifizierung des Trockenstressrisikos der Baumarten im Anhalt an die Standortwasserbilanz unterstützt die Forstbetriebe und Waldbesitzer bei der Baumartenwahl zur Wiederbewaldung. Die Standortwasserbilanz berücksichtigt die künftig durch den Klimawandel stark gesteigerte Verdunstung, um eine klimaangepasste, stabile Wiederbewaldung zu erreichen.

## Weiß-Tanne (*Abies alba*) als Baumart im Klimawandel

Aufgrund der mit dem Klimawandel zu erwartenden Häufung von extremen Witterungsverhältnissen stellt sich die Frage nach einer Erweiterung des herkömmlichen Baumartenspektrums. Eine alternative Baumart im Klimawandel könnte die Weiß-Tanne sein, die durch ihr tiefreichendes Wurzelwerk in der Lage ist, auch Wasser in tieferen Bodenschichten zu erreichen. Die Grundlage zu Anbauempfehlungen der Weiß-Tanne in Nordwestdeutschland bilden die Analyse der rund 4.000 bislang von der NW-FVA erfassten Vorkommen der Weiß-Tanne, sowie die Erfahrungen der Forstpraxis, die zusammen mit Ergebnissen deutschlandweiter Versuchsserien ausgewertet werden.

## Stoffeinträge

Neben dem Eintrag mit dem Niederschlag gelangen durch die Filterwirkung der Baumkronen zusätzlich Nähr- und Schadstoffe aus trockener Deposition (Gase und Partikel) in den Wald.

In Niedersachsen war 2018 ein besonders niederschlagsarmes Jahr, die Niederschlagsmenge betrug je nach Region zwischen rund 70 und 80 % des Mittels der Jahre 2008-2017, die Höhe der Stoffeinträge war in der Folge geringer als im Vorjahr.

2018 betrug der Sulfatschwefeleintrag je Hektar zwischen 2,3 kg (Augustendorf Kiefer) und 5,4 kg (Solling Fichte). Die ganzjährige dichte Benadelung führt in den Fichtenbeständen zu deutlich höheren Einträgen als bei Kiefer, Buche und Eiche. Die sehr hohe Belastung in den 1970er und 1980er Jahren mit Schwefeleinträgen bis zu 108 kg je Hektar konnte durch Maßnahmen zur Luftreinhaltung wirksam reduziert werden.

Seit Untersuchungsbeginn sind auch die Stickstoffeinträge (Ammonium und Nitrat) zurückgegangen. Im fünfjährigen Mittel der Jahre 2014-2018 lag der Stickstoffeintrag zwischen 12,2 kg (Ehrhorn Eiche) und 28,3 kg (Solling Fichte) je Hektar.

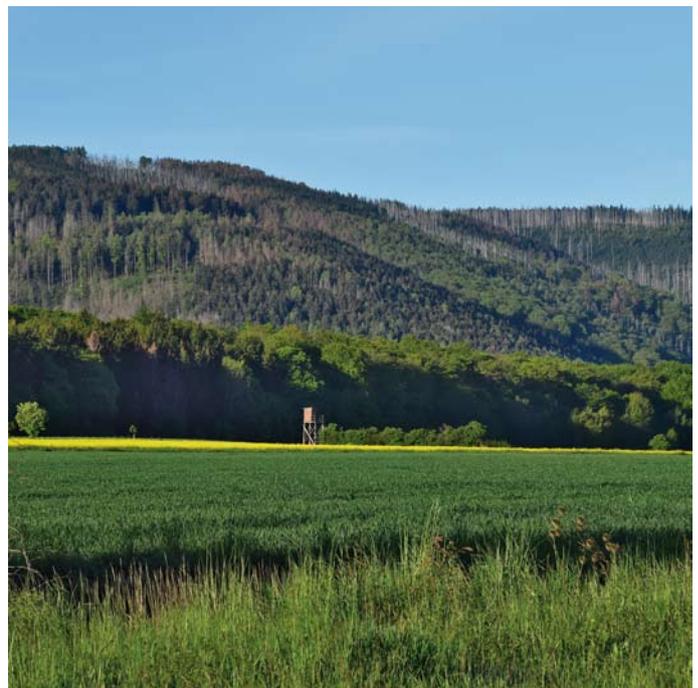


Foto: M. Spielmann

# Forstliches Umweltmonitoring

**Johannes Eichhorn, Inge Dammann und Uwe Paar**

Die Extremwetterlagen 2018 und 2019 haben ein Schadausmaß und eine Schadintensität in den Wäldern ausgelöst, wie es seit Jahrzehnten nicht beobachtet wurde. Sturm, Dürre sowie Insekten- und Pilzbefall haben zu einem Absterben von Bäumen und ganzen Waldbeständen geführt.

Wie ist das Ausmaß der Schäden mit Blick auf die Veränderungen der Wälder über die Jahre richtig einzuordnen? Worin liegen die Besonderheiten der Witterung in den extremen Jahren 2018 und 2019? Ist der Wald als Ganzes betroffen oder unterscheiden sich Regionen? Reagieren die Baumarten gleich sensitiv? Antworten auf diese Fragen zu geben, ist eine wesentliche Aufgabe des Forstlichen Umweltmonitorings.

Grundsätzlich werden im Forstlichen Umweltmonitoring folgende Kategorien unterschieden:

- waldfächenrepräsentative Übersichtserhebungen auf einem systematischen Stichprobenraster (Level I),
- die intensive Dauerbeobachtung ausgewählter Waldökosysteme im Rahmen verschiedener Beobachtungsprogramme (Bodendauerbeobachtungsprogramm (BDF), Level II, Waldökosystemstudie Hessen (WÖSSH)) sowie
- Experimentalflächen, z. B. Vergleichsflächen zur Bodenschutzkalkung (Level III).

Das Forstliche Umweltmonitoring berät Verwaltung und Politik auf fachlicher Grundlage und erarbeitet Beiträge für Entscheidungshilfen der forstlichen Praxis. Die rechtliche Grundlage für Walderhebungen in der Forstlichen Umweltkontrolle stellt § 41a des Gesetzes zur Erhaltung des Waldes und zur Förderung der Forstwirtschaft (Bundeswaldgesetz-BWaldG) dar. Dies wird konkretisiert durch die Verordnung über Erhebungen zum Forstlichen Umweltmonitoring (ForUmV 2013) und durch das Durchführungskonzept Forstliches Umweltmonitoring (BMEL 2016). Die Rechtsgrundlagen sichern eine methodische Vergleichbarkeit über lange Zeiträume und über Ländergrenzen.

Die methodischen Instrumente der Ökosystemüberwachung sind europaweit harmonisiert nach den Grundsätzen des ICP Forests (2016).

Die Waldzustandserhebung (WZE) ist Teil des Forstlichen Umweltmonitorings in Niedersachsen. Sie liefert als Über-

sichtserhebung Informationen zur Vitalität der Waldbäume unter dem Einfluss sich ändernder Umweltbedingungen. Das Stichprobenraster der WZE ist darauf ausgelegt, die gegenwärtige Situation des Waldes landesweit repräsentativ abzubilden. Ergebnis ist das Gesamtbild des Waldzustandes für das Bundesland.

Die Stichprobe der Waldzustandserhebung vermittelt auch ein zahlenmäßiges Bild zu dem Einfluss von Stürmen, Witterungsextremen und Insekten- und Pilzbefall. Lokale Befunde wie sturmgefallene Bäume oder ein extremer Befall der Kiefer durch Pilze können von dem landesweiten Ergebnis abweichen.

## 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. Derzeit gehören 302 Erhebungspunkte zum Stichprobenkollektiv, von denen in diesem Jahr 286 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 2019. Sie sind mit qualitätssichernden Maßnahmen sorgfältig überprüft.

Für den Parameter mittlere Kronenverlichtung zeigt die Tabelle Seite 7 die 95 %-Konfidenzintervalle (= Vertrauensbereiche) für die Baumarten und Altersgruppen der WZE-Stichprobe 2019. Je weiter der Vertrauensbereich, desto unschärfer sind die Aussagen. Die Weite des Vertrauensbereiches wird im Wesentlichen beeinflusst durch die Anzahl der Stichprobenpunkte in der jeweiligen Auswerteeinheit und die Streuung der Kronenverlichtungswerte. Für relativ homogene Auswerteeinheiten mit relativ gering streuenden Kronenverlichtungen (z. B. Kiefer bis 60 Jahre) sind enge Konfidenzintervalle auch bei einer geringen Stichprobenanzahl sehr viel leichter zu erzielen als für heterogene Auswerteeinheiten, die sowohl in der Altersstruktur als auch in den Kronenverlichtungswerten ein breites Spektrum umfassen (z. B. Eiche, alle Alter).

### Aufnahmeparameter

Bei der Waldzustandserhebung erfolgt eine visuelle Beurteilung des Kronenzustandes der Waldbäume, denn Bäume reagieren auf Umwelteinflüsse u. a. mit Änderungen in der Belaubungsdichte und der Verzweigungsstruktur. Wichtigstes Merkmal ist die Kronenverlichtung der Waldbäume, deren Grad 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.



Borkenkäferbefall 2019

Foto: J. Weymar

# Forstliches Umweltmonitoring



Aufnahmeteam der Waldzustandserhebung

Foto: J. Weymar

Die Kronenverlichtung ist ein unspezifisches Merkmal, aus dem nicht unmittelbar auf die Wirkung von einzelnen Stressfaktoren geschlossen werden kann. Sie ist daher geeignet, allgemeine Belastungsfaktoren der Wälder aufzuzeigen. Bei der Bewertung der Ergebnisse stehen nicht die absoluten Verlichtungswerte im Vordergrund, sondern die mittel- und langfristigen Trends der Kronenentwicklung. Zusätzlich zur Kronenverlichtung werden weitere sichtbare Merkmale an den Probestämmen wie der Vergilbungsgrad der Nadeln und Blätter, die aktuelle Fruchtbildung sowie Insekten- und Pilzbefall erfasst.

*95 %-Konfidenzintervalle für die Kronenverlichtung der Baumartengruppen und Altersstufen der Waldzustandserhebung 2019 in Niedersachsen. Das 95 %-Konfidenzintervall (= Vertrauensbereich) gibt den Bereich an, in dem der wahre Mittelwert mit einer Wahrscheinlichkeit von 95 % liegt.*

Baumarten- gruppe	Altersgruppe	Anzahl Bäume	Anzahl Plots	Raster	95%-Konfidenz- intervall (+/-)
Buche	alle Alter	2218	140	4x4 km	2,7
	bis 60 Jahre	301	23	4x4 km	2,8
	über 60 Jahre	1917	123	4x4 km	2,8
Eiche	alle Alter	976	89	4x4 km	3,3
	bis 60 Jahre	173	18	4x4 km	3,2
	über 60 Jahre	803	75	4x4 km	2,3
Fichte	alle Alter	586	51	8x8 km	5,3
	bis 60 Jahre	204	19	8x8 km	11,4
	über 60 Jahre	382	35	8x8 km	5,6
Kiefer	alle Alter	1448	79	8x8 km	1,4
	bis 60 Jahre	357	23	8x8 km	1,9
	über 60 Jahre	1091	60	8x8 km	1,6
andere Laubbäume	alle Alter	496	67	8x8 km	4,1
	bis 60 Jahre	228	30	8x8 km	5,5
	über 60 Jahre	268	40	8x8 km	5,9
andere Nadelbäume	alle Alter	356	42	8x8 km	4,0
	bis 60 Jahre	154	18	8x8 km	6,5
	über 60 Jahre	202	24	8x8 km	5,9
alle Baumarten	alle Alter	3792	158	8x8 km	1,7
	bis 60 Jahre	1100	57	8x8 km	2,7
	über 60 Jahre	2692	125	8x8 km	1,9

## 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 abgestorbenen sind und noch am Stichprobenpunkt stehen. Durch Windwurf und Durchforstung ausgefallene Bäume gehen nicht in die Absterberate, sondern in die Ausfallrate ein.

## Ausfallrate

Das Inventurverfahren der WZE ist darauf ausgelegt, die aktuelle Situation der Waldbestände unter realen (Bewirtschaftungs-) Bedingungen abzubilden. Daher scheidet in jedem Jahr ein Teil der Stichprobenbäume aus dem Aufnahmekollektiv aus. Der Ausfallgrund wird für jeden Stichprobenbaum dokumentiert. Gründe für den Ausfall sind u. a. Durchforstungsmaßnahmen, methodische Gründe (z. B. wenn der Stichprobenbaum nicht mehr zu den Baumklassen 1-3 gehört), Sturmschäden oder außerplanmäßige Nutzung aufgrund von Insekten-schäden.

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

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



Intensiv-Monitoringfläche Fuhrberg

Foto: M. Spielmann

# WZE-Ergebnisse für alle Baumarten

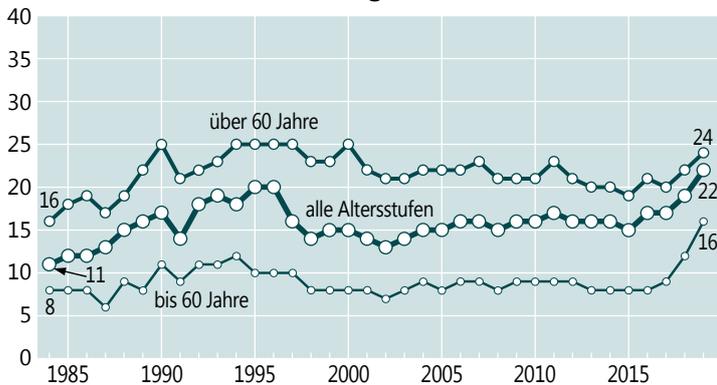
**Inge Dammann und Uwe Paar**

Zwei aufeinanderfolgende Dürresommer und fehlender Niederschlag im Winterhalbjahr sowie die Stürme 2018 und 2019 haben erhebliche Schäden in den Wäldern Niedersachsens verursacht.

## Mittlere Kronenverlichtung

Die Waldzustandserhebung 2019 weist als Gesamtergebnis für die Waldbäume in Niedersachsen (alle Baumarten, alle Alter) eine mittlere Kronenverlichtung von 22 % aus. Dies ist der höchste Wert seit Beginn der Waldzustandserhebung 1984. Auffällig ist, dass in diesem Jahr bei allen Baumartengruppen die mittlere Kronenverlichtung zu den höchsten in der Zeitreihe gehört.

Mittlere Kronenverlichtung in %



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

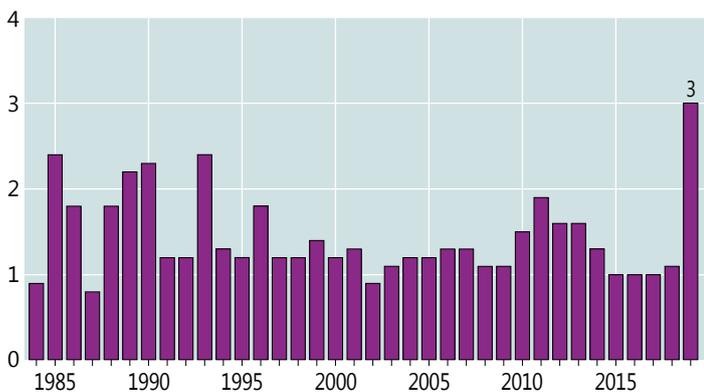


Foto: M. Spielmann

Insgesamt wird der Verlauf der mittleren Kronenverlichtung für den Gesamtwald ganz wesentlich durch die Kiefer geprägt, die als häufigste Baumart in Niedersachsen maßgeblich das Gesamtergebnis mit relativ konstanten niedrigen Verlichtungswerten beeinflusst. Auch die anderen Laub- und Nadelbäume, die an der WZE-Stichprobe einen Anteil von 23 % einnehmen, wirken – obwohl die Verlichtung 2018/2019 anstieg – mit vergleichsweise günstigen Verlichtungswerten ausgleichend auf die höheren Verlichtungswerte von Fichte, Buche und Eiche.

## Anteil starker Schäden

Der Anteil starker Schäden liegt im Mittel der Zeitreihe bei 1,4 %. 2019 wird dieser Mittelwert deutlich überschritten (3 %). Dies ist der höchste Wert in der Zeitreihe der Waldzustandserhebung. Vor allem bei den Fichten und Buchen liegt der Anteil starker Schäden 2019 weit über dem langjährigen Durchschnitt. Der Anstieg bei den Fichten ist vor allem durch Borkenkäferbefall bedingt. Bei den Buchen ist vermutlich vor allem Wassermangel für den Anstieg der starken Schäden ausschlaggebend. Die Spanne der starken Schäden reicht in diesem Jahr von 0,4 % (Kiefer) bis 8,4 % (Fichte).

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



Foto: M. Spielmann

# WZE-Ergebnisse für alle Baumarten

## Absterberate

Zur Absterberate werden Bäume gezählt, die zum Zeitpunkt der Erhebung noch stehen, aber abgestorben sind. Die Absterberate (alle Bäume, alle Alter) ist 2019 mit 1,4 % deutlich höher als in den vorangegangenen Jahren. Im Zeitraum 1985-2018 lag die Absterberate in allen Jahren weit unter 1 %. Bei der Kiefer ist die Absterberate 2019 durchschnittlich, bei Eiche und Buche gibt es 2019 einen Anstieg, die Absterberaten liegen aber weiterhin unter 1 %. Der überaus starke Borkenkäferbefall führte bei der Fichte zu einer besonders hohen Absterberate (6 %). Auch die Gruppen der anderen Laub- und Nadelbäume weisen 2019 erhöhte Absterberaten (1,6 bzw. 1,4 %) auf.

## Ausfallrate

Die Ausfallrate ist das Ergebnis der infolge von Sturmwurf, Trockenheit, Insekten- und Pilzbefall (z. B. Borkenkäferbefall) am Stichprobenpunkt entnommenen Bäume. Die jährlichen Ausfallraten bilden die Auswirkungen der Stürme „Kyrill“ (2007) und „Friederike“ (2018) deutlich ab. In beiden Jahren waren Sturmschäden die Hauptausfallursache. 2019 ist dagegen Borkenkäferbefall der Hauptausfallgrund. Besonders betroffen ist die Fichte: 2018 fielen bereits 19 % aller Fichten im WZE-Kollektiv aus, 2019 sind es knapp 11 %.

## 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 die Vergilbungsrate merklich zurückgegangen. Im Jahr 2019 wurde dieses Merkmal nur sehr vereinzelt (0,2 %) festgestellt. Die von den Waldbesitzern und Forstbetrieben durchgeführten Waldkalkungen mit magnesiumhaltigen Kalken und der Rückgang der Schwefelemissionen haben dazu beigetragen, das Auftreten dieser Mangelerkrankung zu reduzieren.

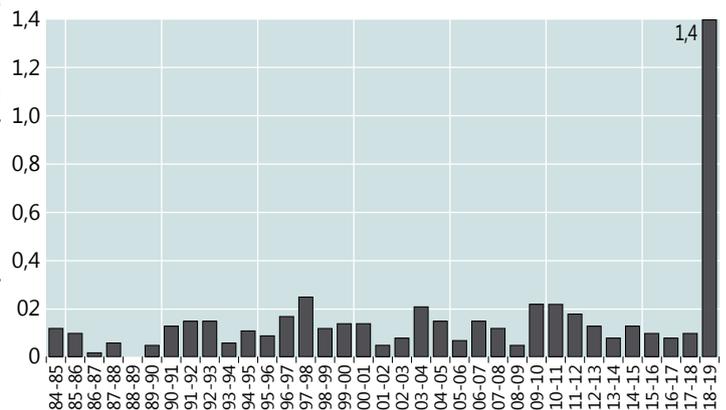
## Fazit

Die extremen Witterungsbedingungen der letzten beiden Jahre haben den Wald in Niedersachsen verändert. Die Ergebnisse der Waldzustandserhebung zeigen 2019 die seit 1984 höchsten Anteile an stark geschädigten und abgestorbenen Bäumen. Ebenso erreicht die Ausfallrate der

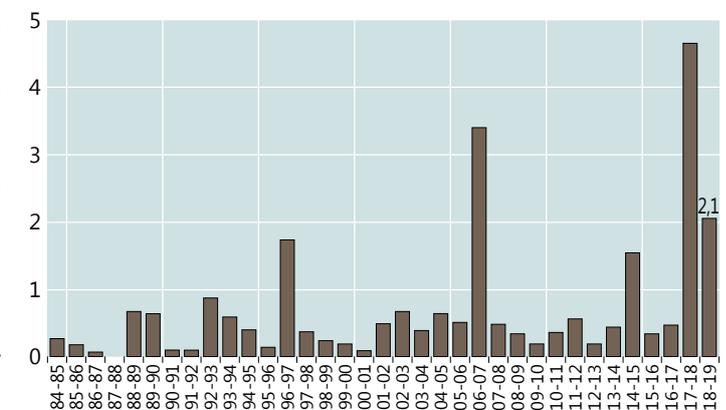


Foto: J. Weymar

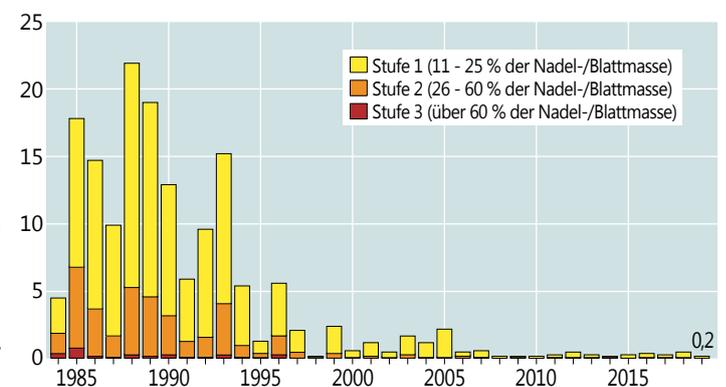
Jährliche Absterberate (stehende Bäume), alle Baumarten, alle Alter in %



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



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



als Schadholz entnommenen Bäume sowohl 2018 als auch etwas reduziert 2019 besonders hohe Werte. 2018 sind auf 4,7 % und 2019 auf weiteren 2,1 % der Waldfläche strukturelle Störungen entstanden. Vielfach haben diese zu Freiflächen, Blößen und Lücken in den Waldbeständen geführt. Vieles weist darauf hin, dass sich die ungünstige Entwicklung 2020 fortsetzen wird. Dies ist wahrscheinlich, wenn der Bodenwasserspeicher im kommenden Winter nur ungenügend aufgefüllt wird, wenn die Bäume nur noch sehr wenig Laub oder Nadeln haben und dadurch in der Wasser- und Nährstoffversorgung eingeschränkt sind, wenn Wurzelsysteme durch Stürme angerissen sind, wenn bereits junge Bäume in ihrer Vitalität beeinträchtigt sind oder wenn weiterhin die Bedingungen für eine Vermehrung von Insekten und Pilzen günstig sind.

# Kiefer

Die WZE-Ergebnisse für die Kiefer zeigen nach den Witterungsextremen 2018 und 2019 nur wenig Änderung. Schadensausmaß und -intensität sind bei der Kiefer geringer als bei den anderen Baumarten. Gleichwohl gibt es auch bei der Kiefer lokal Schäden durch Sturm, Pilzbefall und Trockenheit.

## Ältere Kiefer

Die älteren Kiefern weisen über den gesamten Erhebungszeitraum einen stabilen, vergleichsweise niedrigen Kronenverlichtungsgrad auf. Im Zeitraum 1993-2001 wurden leicht erhöhte Werte festgestellt, die Kiefer bleibt aber durchgehend unter den Verlichtungswerten von Fichte, Buche und Eiche. Die mittlere Kronenverlichtung der älteren Kiefern beträgt in diesem Jahr 19 %.

## Jüngere Kiefer

Die Unterschiede im Kronenverlichtungsgrad zwischen den Altersgruppen sind bei der Kiefer im Vergleich zu den anderen Hauptbaumarten nur gering ausgeprägt. Die mittlere Kronenverlichtung der jüngeren Kiefern hat sich gegenüber dem Vorjahreswert erhöht und liegt jetzt bei 14 %.

## Starke Schäden

Auch bei den starken Schäden heben sich die Ergebnisse der Kiefer von denen der anderen Baumarten ab. Im Erhebungszeitraum treten nur geringe Schwankungen auf. Der Anteil an starken Schäden ist bei den jüngeren und älteren Kiefern etwa gleich. Im langjährigen Mittel liegt der Anteil starker Schäden unter 1 %. 2019 wird keine Erhöhung festgestellt (0,4 %).

## Absterberate

Die Absterberate der Kiefer ist ebenfalls bemerkenswert niedrig und liegt im Erhebungszeitraum zwischen 0 und 0,3 %. Im Jahr 2019 beträgt die Absterberate 0,1 % und entspricht damit dem Mittel der Zeitreihe.

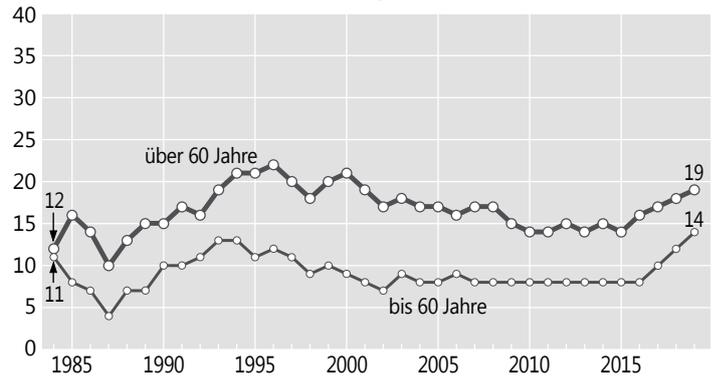
## Ausfallrate

Jährlich fallen im Durchschnitt 0,5 % der Kiefern aufgrund außerplanmäßiger Nutzung (als Schadholz entnommene Bäume) aus. Auch 2019 bleibt die Ausfallrate gering (0,3 %).

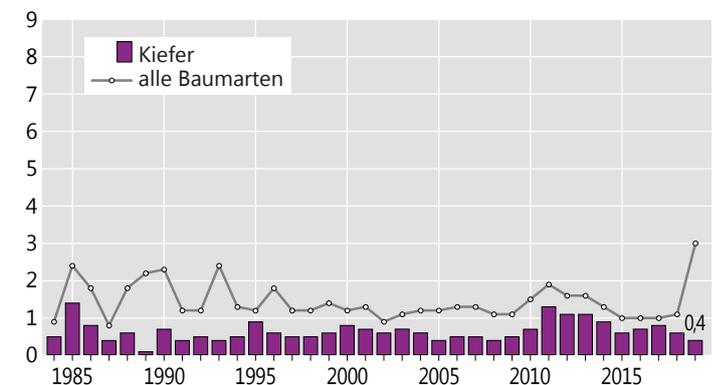


Foto: J. Evers

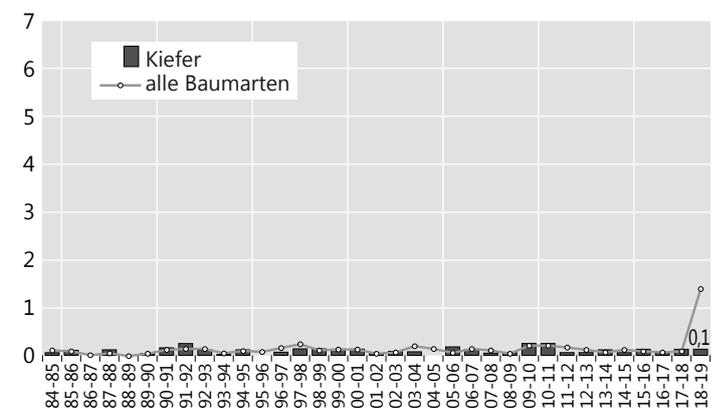
## Mittlere Kronenverlichtung in %



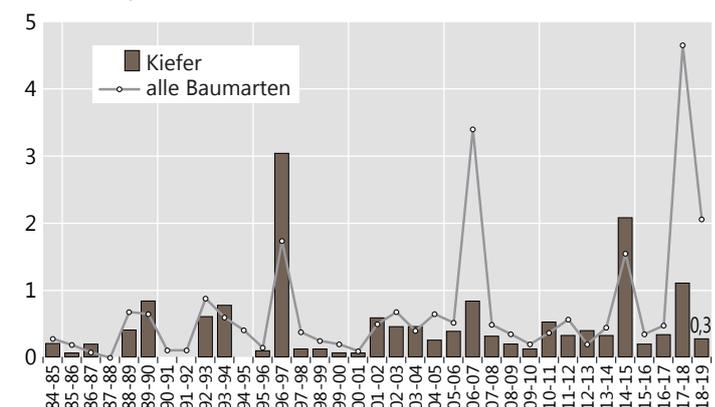
## Anteil starker Schäden (inkl. abgestorbener Bäume), alle Alter in %



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



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



# Fichte

Das Ausmaß der Schäden durch Sturm, Trockenheit und Borkenkäferbefall ist bei der Fichte 2019 außergewöhnlich hoch. Die Anteile starker Schäden und die Absterbe- und Ausfallraten 2018/2019 überragen die Mittelwerte der Zeitreihe um ein Vielfaches.

## Ältere Fichte

Im gesamten Beobachtungszeitraum werden für die älteren Fichten anhaltend hohe Kronenverlichtungswerte zwischen 24 und 30 % festgestellt. Dies gilt auch für das Jahr 2019 mit einer mittleren Kronenverlichtung von 30 %.

## Jüngere Fichte

Für die Fichte ist ein deutlicher Alterstrend festzustellen. Die mittlere Kronenverlichtung der jüngeren Fichten liegt bis 2018 weit unter den Werten der älteren Fichten. Auch die jüngeren Fichten wurden 2019 durch Borkenkäfer geschädigt und weisen eine weit überdurchschnittliche Verlichtung (20 %) auf.

## Starke Schäden

Für die Fichten wurden bis 1996 wiederholt erhebliche 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. Ab 1997 sind nur leichte Schwankungen aufgetreten. 2012 und 2013 wurde eine Erhöhung festgestellt, die aber nicht das Ausmaß früherer Jahre erreichte. Im Jahr 2019 wird ein Höchststand mit einem Anteil von 8,4 % starker Schäden erreicht.

## Absterberate

Die Absterberate der Fichte (alle Alter) schwankt im Erhebungszeitraum bis 2018 nur wenig (0-0,5 %), im Durchschnitt liegt sie bei 0,3 %. 2019 ist die Absterberate außergewöhnlich hoch (6,1 %).

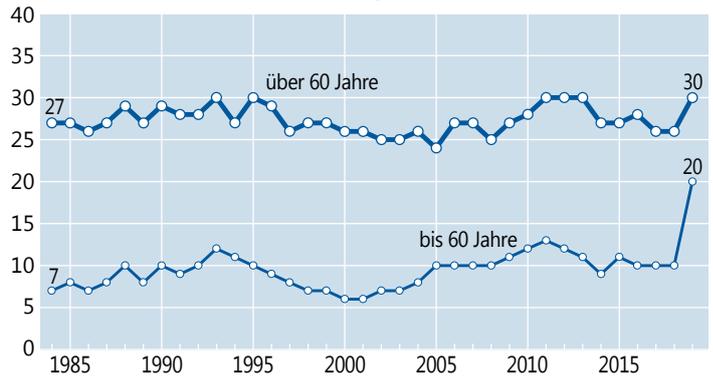
## Ausfallrate

Der Anteil als Schadholz entnommener Fichten liegt im Mittel der Beobachtungsjahre bei jährlich 2 %. 2018 und 2019 sind durch Sturmschäden und Borkenkäferbefall insgesamt 30 % der Fichten ausgefallen. 2018 überwogen die Ausfälle durch Sturmschäden, 2019 sind die meisten Fichten aufgrund von Borkenkäferbefall entnommen worden.

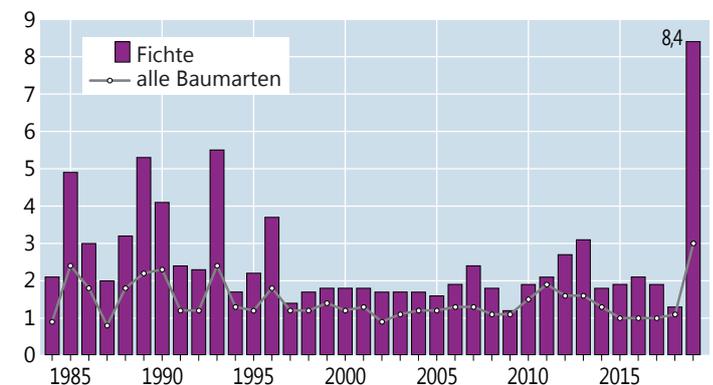


Foto: J. Weymar

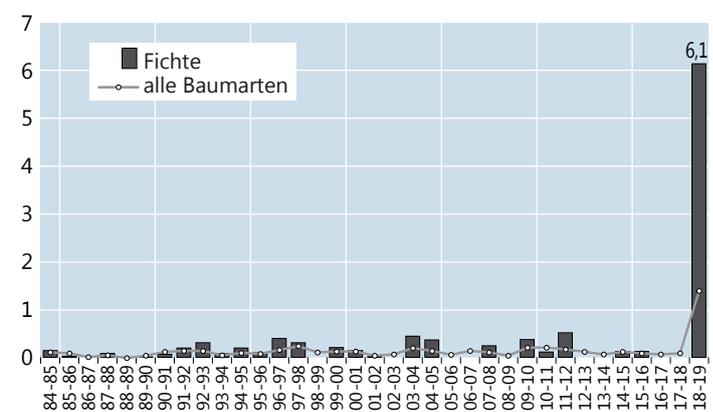
## Mittlere Kronenverlichtung in %



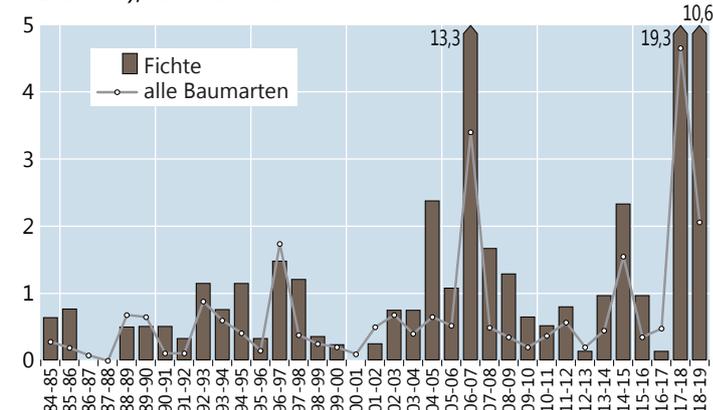
## Anteil starker Schäden (inkl. abgestorbener Bäume), alle Alter in %



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



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



# Buche

Der Wassermangel durch zwei aufeinanderfolgende Dürresommer hat bei der Buche zu einem Anstieg der Verlichtungswerte beigetragen.

## Ältere Buche

Bei den älteren Buchen beträgt die mittlere Kronenverlichtung in diesem Jahr 32 %. Dies ist nach 2011 (33 %) der zweithöchste Wert in der Zeitreihe.

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 steigen die Kronenverlichtungswerte an, in den Folgejahren ohne Fruchtbildung weisen die Buchen dann wieder eine dichtere Belaubung auf.

## Jüngere Buche

Bei der Buche sind die Unterschiede in der Belaubungsdichte zwischen jüngeren und älteren Beständen besonders stark ausgeprägt. Die jüngeren Buchen weisen seit 1995 ein geringes Kronenverlichtungsniveau auf. 2019 ist der Wert erhöht (10 %), hebt sich aber nicht deutlich von den Befunden früherer Jahre ab.

Da die Blühreife der Buche erst mit einem Alter von 40 bis 60 Jahren einsetzt, wird die Kronenentwicklung der jüngeren Buchen kaum durch die Fruchtbildung beeinflusst.

## Starke Schäden

Auch beim Anteil starker Schäden treten bei den Buchen im Beobachtungszeitraum Schwankungen auf. 2019 liegt der Anteil starker Schäden mit 5,5 % deutlich über dem langjährigen Mittel (2,1 %).

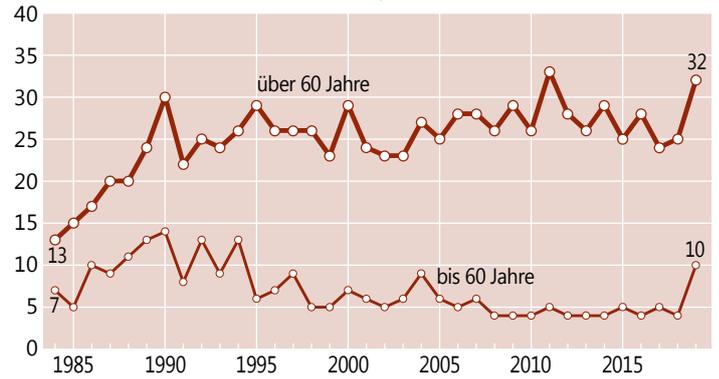
## Absterberate

Die Buche weist eine auffallend niedrige Absterberate auf. Im Mittel der Zeitreihe liegt die Absterberate der Buche bei nur 0,05 %. 2019 beträgt die Absterberate dagegen 0,5 %. Gerade weil in den letzten Jahrzehnten kaum Buchen abgestorben sind, sind die diesjährigen Absterberscheinungen besonders auffällig.

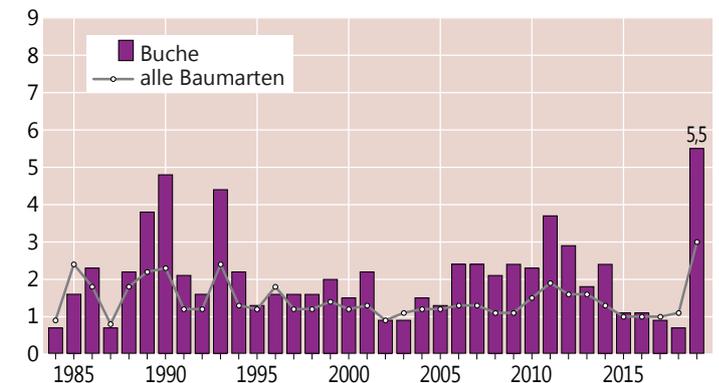


2019 bildeten die Buchen häufig kleine Blätter aus Foto: J. Evers

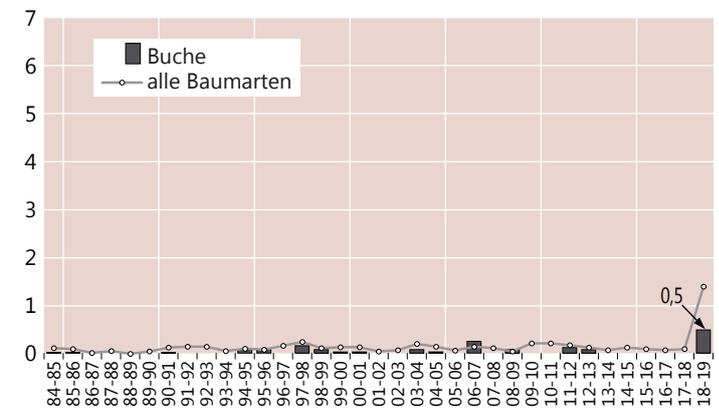
## Mittlere Kronenverlichtung in %



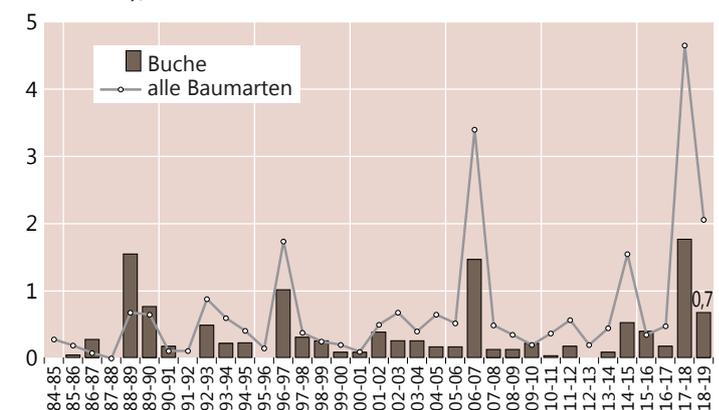
## Anteil starker Schäden (inkl. abgestorbener Bäume), alle Alter in %



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



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



# Buche

## Ausfallrate

Die durchschnittliche Ausfallrate ist bei der Buche vergleichsweise niedrig (0,4 %). 2019 sind 0,7 % der Buchen als Schadholz entnommen worden.

## Fruchtbildung

Die Ergebnisse zur Fruchtbildung im Rahmen der Waldzustandserhebung zeigen die Tendenz, dass die Buchen in kurzen Abständen und vielfach intensiv fruktifizieren. Dies steht im Zusammenhang mit einer Häufung warmer Jahre sowie einer erhöhten Stickstoffversorgung der Bäume. 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 1984-2019 alle 2,3 Jahre eine starke Mast. Literaturrecherchen (Paar et al. 2011) hingegen ergaben für den Zeitraum 1839-1987 Abstände zwischen zwei starken Masten für 20-Jahresintervalle zwischen 3,3 und 7,1 Jahren.

In der Regel ist bei der Buche nach einem Jahr mit intensiver Fruchtbildung im Folgejahr eine geringe Fruchtbildung zu erwarten. Die letzten beiden Jahre zeigen eine Abweichung von dieser Regel. 2018 haben 48 % der älteren Buchen mittel oder stark fruktifiziert, 2019 sind es 40 %.

Anteil mittel und stark fruktifizierender älterer Buchen in %

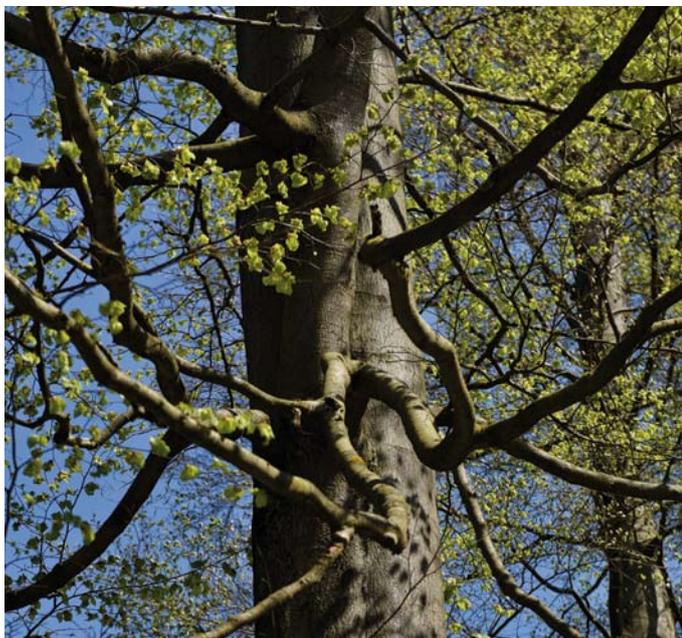
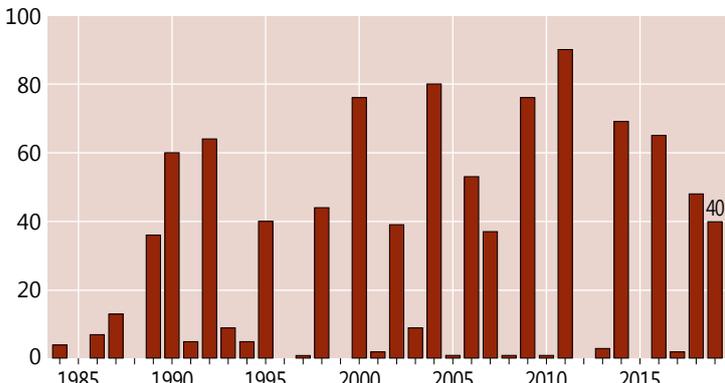


Foto: J. Evers

# Eiche

Auch wenn bei der Eiche 2019 kein sprunghafter Anstieg der Verlichtungswerte festzustellen ist, ist das Verlichtungsniveau 2019 wieder so hoch wie 1996, dem bisherigen Höchststand in der Beobachtungszeitreihe.

## Ältere Eiche

In der Zeitreihe der mittleren Kronenverlichtung der älteren Eichen treten die höchsten Verlichtungswerte (>30 %) in den Jahren 1996-1997 und 2010-2013 unter dem Einfluss von Insekten- und Pilzbefall auf. Für den allmählichen Anstieg der Verlichtung seit 2014 spielt die Eichenfraßgesellschaft allerdings keine Rolle, da in diesem Zeitraum nur moderate Fraßschäden beobachtet wurden.

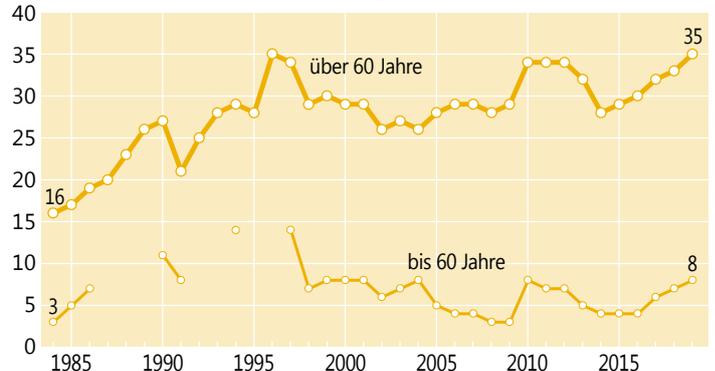
## Jüngere Eiche

Die Kronenentwicklung der Eichen in der Altersstufe bis 60 Jahre zeigt einen sehr viel günstigeren Verlauf als die Entwicklung der älteren Eichen. Mit einer mittleren Kronenverlichtung von 8 % wird für die jüngeren Eichen 2019 wieder ein günstiger Kronenverlichtungswert festgestellt.

## Starke Schäden

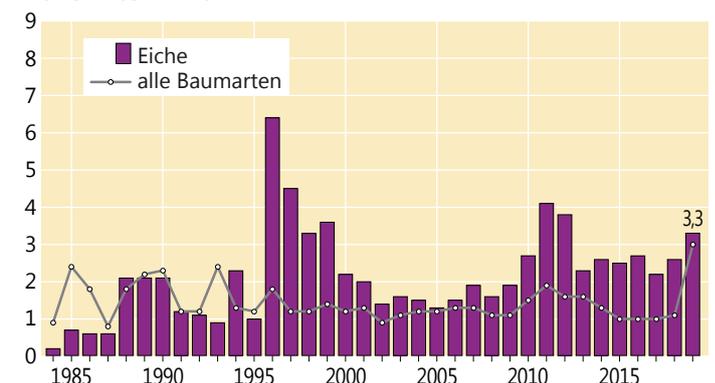
Parallel zu den erhöhten Kronenverlichtungswerten in den Jahren 1996-1997 und 2010-2013 waren in diesen Phasen auch erhöhte Anteile starker Schäden zu verzeichnen. Im Durchschnitt der Zeitreihe sind 2 % der Eichen als stark geschädigt eingestuft worden. Der diesjährige Anteil stark geschädigter Eichen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

Mittlere Kronenverlichtung in %



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

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



# Eiche

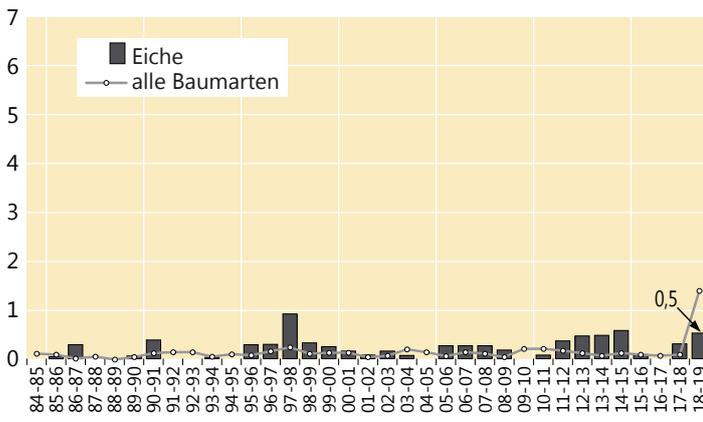
## Absterberate

Die Absterberate der Eiche liegt im Mittel der Jahre 1984-2019 bei 0,2 %. Überdurchschnittliche Absterberaten wurden jeweils im Anschluss an starken Insektenfraß ermittelt. Am höchsten war die Absterberate 1998 (0,9 %). Im Jahr 2019 liegt die Absterberate (0,5 %) über dem Durchschnittswert.

## Ausfallrate

Im Mittel der Erhebungsjahre liegt die Ausfallrate bei 0,3 %. Die Witterungsextreme 2018 und 2019 haben offenbar zu einer Erhöhung geführt, die aktuelle Ausfallrate beträgt 1,1 %.

Jährliche Absterberate (stehende Bäume), alle Alter in %



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

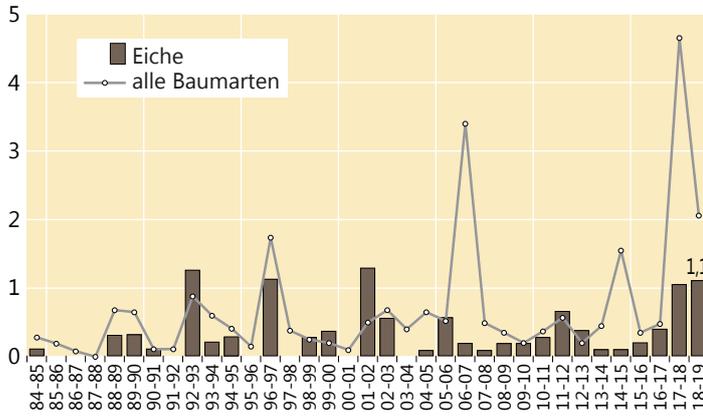
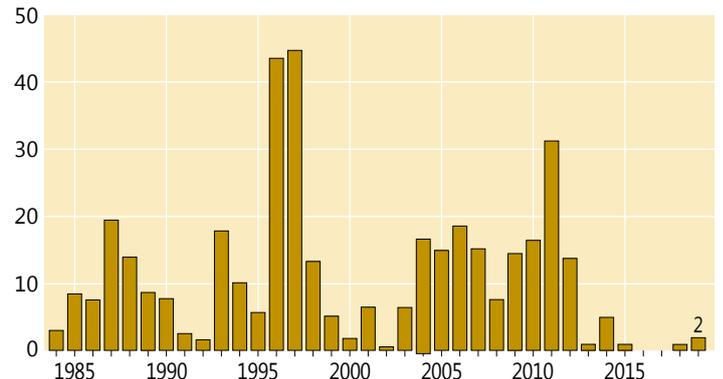


Foto: J. Weymar

Anteil mittlerer und starker Fraßschäden an älteren Eichen in %



1984-2005: Einstufung in 4 Stufen, ab 2006: Einstufung in 5 %-Stufen, Fraßschäden >=15 % zählen zu den mittleren und starken Fraßschäden

## Fraßschäden

Die periodische Vermehrung von Insekten der so genannten Eichenfraßgesellschaft trägt maßgeblich zu den Schwankungen der Belaubungsdichte der älteren Eichen bei. Der Fraß an Knospen und Blättern durch die Eichenfraßgesellschaft wirkte sich besonders stark in den Jahren 1996-1997 und 2011 aus. Seit 2013 ist der Anteil mittlerer und starker Fraßschäden gering (2019: 2 %).

## Fruchtbildung

Die Fruchtbildung der Eiche ist zum Zeitpunkt der Waldzustandserhebung im Juli und August nur schwer einzuschätzen, weil die Eicheln dann noch sehr klein sind. Im Zuständigkeitsbereich der NW-FVA wurde daher für WZE-Punkte mit mindestens 17 Eichen im Alter über 60 Jahre im 8 km x 8 km-Raster eine zusätzliche Erfassung im September durchgeführt. Die Eichen an diesen Referenzpunkten, bestehend aus 13 WZE-Punkten, haben 2019 zu 4 % mittel und stark fruktifiziert.

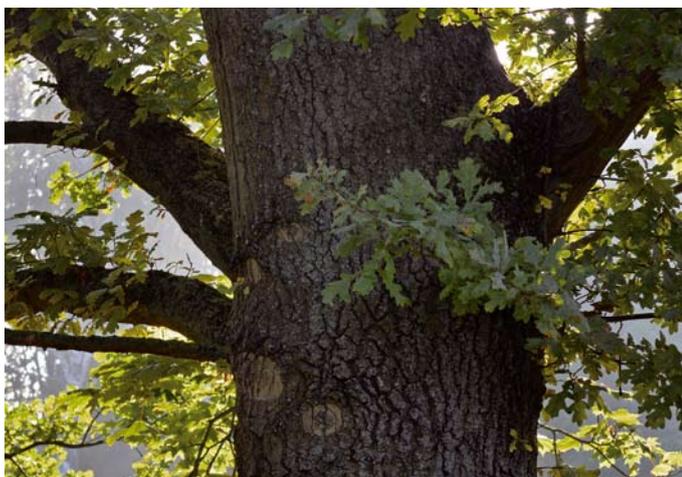


Foto: J. Evers

## Andere Laub- und Nadelbäume

In Niedersachsen werden bei der Waldzustandserhebung als landesweite flächendeckende Stichprobeninventur 29 Baumarten erfasst. Neben den Hauptbaumarten Kiefer, Fichte, Buche und Eiche kommt in den Wäldern eine Vielzahl von anderen Baumarten vor, die insgesamt 23 % der Stichprobenbäume der Waldzustandserhebung in Niedersachsen ausmachen. Jede Baumart für sich genommen ist allerdings zahlenmäßig so gering vertreten, dass allenfalls Trendaussagen zur Kronenentwicklung möglich sind. Bei den Ergebnissen der Waldzustandserhebung werden sie daher in den Gruppen andere Laubbäume und andere Nadelbäume zusammengefasst. Zu den anderen Laubbäumen gehören u. a. Esche, Ahorn, Linde und Hainbuche. Am häufigsten ist die Birke, gefolgt von der Erle. Die Gruppe der anderen Nadelbäume setzt sich vorwiegend aus Lärche und Douglasie zusammen.

### Mittlere Kronenverlichtung

Bereits 2018 waren Trockenstresssymptome bei den anderen Laubbäumen offensichtlich und die mittlere Kronenverlichtung angestiegen. 2019 wird sowohl bei den anderen Laubbäumen als auch den anderen Nadelbäumen (alle Alter) der höchste Wert in der Zeitreihe der Waldzustandserhebung (21 bzw. 17 %) erreicht.

### Starke Schäden

Für die anderen Laubbäume (alle Alter) schwanken die Anteile an starken Schäden von Jahr zu Jahr, im langjährigen Mittel wurden 1,5 % als stark geschädigt eingestuft. 2019 sind es 2,4 %. Bei den anderen Nadelbäumen wurden in den ersten Jahren der Waldzustandserhebung hohe Anteile an starken Schäden festgestellt, anschließend gingen die Werte zurück. 2019 beträgt der Anteil 2,8 %.

### Absterberate

Bis 2018 lag die Absterberate für beide Gruppen unter 1 %. Die Absterberaten überschreiten 2019 die Mittelwerte der Zeitreihe erheblich.

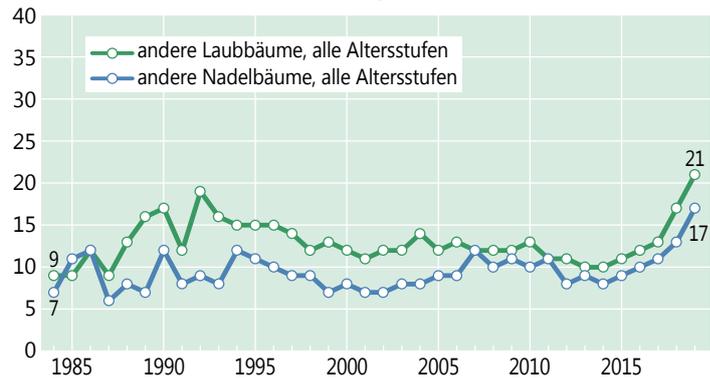
### Ausfallrate

Beide Gruppen weisen im Erhebungszeitraum eine relativ niedrige Ausfallrate auf. Dies gilt auch für 2019 mit 0,6 bzw. 0,3 %.

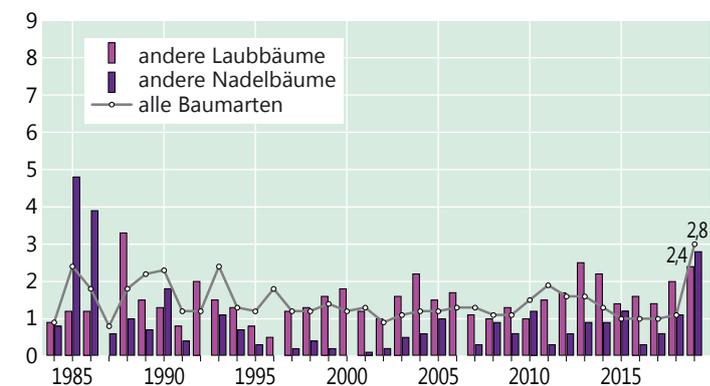


Foto: J. Evers

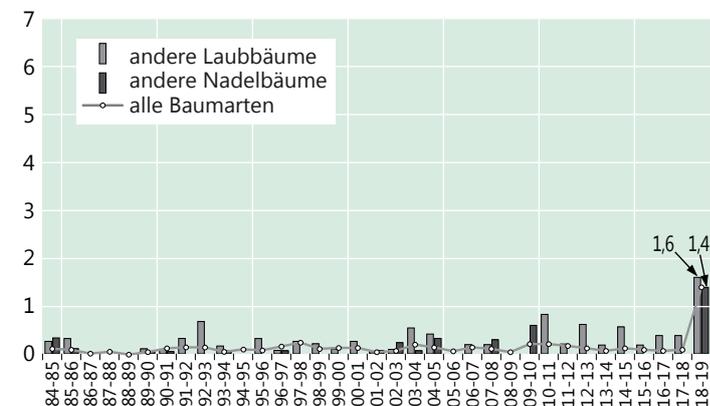
### Mittlere Kronenverlichtung in %



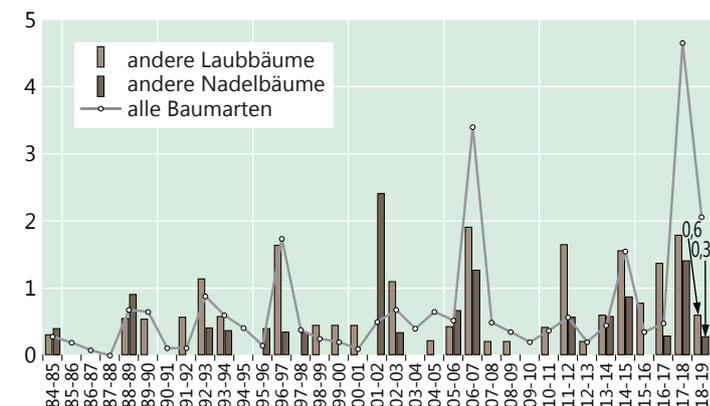
### Anteil starker Schäden (inkl. abgestorbener Bäume), alle Alter in %



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



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



# Witterung und Klima

## Johannes Suttmöller

Das Jahr 2018 war in Deutschland das wärmste Jahr seit Beginn der regelmäßigen Beobachtungen im Jahr 1881 und löste damit das Jahr 2014 ab. Gleichzeitig gehört das Jahr 2018 zu den niederschlagsärmsten Jahren seit Messbeginn. Die extreme Trockenheit des Jahres 2018 wurde durch die winterlichen Niederschläge kaum gelindert, so dass der pflanzenverfügbare Bodenwasserspeicher vieler Waldböden in Nordwestdeutschland zu Beginn der Vegetationszeit 2019 nicht aufgefüllt war (Suttmöller et. al. 2019). Da sich in der Vegetationszeit von Mai bis September 2019 infolge überdurchschnittlich hoher Temperaturen und geringer Niederschläge die Trockenheit fortsetzte, ist das Vegetationsjahr 2018/2019 (Oktober bis September) das zweite Jahr in Folge, das durch eine außergewöhnliche Trockenheit gekennzeichnet ist.

Um eine flächenhafte Aussage für das Land Niedersachsen treffen zu können, werden die klimatologischen Größen Niederschlag und Temperatur anhand der Messstationen des Deutschen Wetterdienstes (DWD) ausgewertet, indem die Messwerte mit einem kombinierten Regionalisierungsverfahren (Inverse Distance Weighting, Höhenregression) auf ein 200 m-Raster interpoliert werden. Die Mitteltemperaturen werden in Grad Celsius (°C) und die Abweichung in Kelvin (K), entspricht im Zahlenwert dem Temperaturunterschied (°C) angegeben.

Im Landesmittel von Niedersachsen betrug die Mitteltemperatur für das Vegetationsjahr 2018/2019 10,7 °C. Damit war dieses Jahr genauso warm wie das vergangene Vegetationsjahr. Die gemessene Niederschlagssumme entspricht mit 640 mm im Landesmittel 85 % der langjährig üblichen Niederschlagsmenge und war damit genauso niederschlagsarm wie das vergangene Vegetationsjahr. Dabei waren sowohl die Nichtvegetationszeit von Oktober 2018 bis April 2019 wie auch die Vegetationszeit von Mai bis September 2019 zu trocken. Nur in den Monaten Dezember, Januar, März und September fiel mehr Niederschlag als im langjährigen Mittel der Klimanormalperiode (1961-1990).

## Witterungsverlauf von Oktober 2018 bis September 2019

Zu Beginn des Vegetationsjahres 2018/2019 setzte sich die extreme Trockenheit der vorausgegangenen Monate fort. Im Oktober fielen landesweit in Niedersachsen nur rund 30 mm Niederschlag. Dies entspricht 57 % der mittleren Niederschlagsmenge (Abb. rechts). Beständige Hochdrucklagen sorgten für einen sonnenscheinreichen Monat. Der Oktober war spätsommerlich und verzeichnete einige Sommertage mit Tageshöchsttemperaturen über 25 °C. Die Mitteltemperatur betrug 11,3 °C und lag damit +1,7 K über dem langjährigen Mittelwert. Auch im November dominierte ruhiges durch Hochdruckwetterlagen geprägtes Herbstwetter. Während zu Beginn des Monats noch Tageshöchsttemperaturen von über 20 °C gemessen wurden, traten in der zweiten Monatshälfte erste Schneefälle bis ins Tiefland auf. Mit einer Mitteltemperatur von 5,8 °C war der Monat +0,8 K zu warm. Mit 20 mm war der November extrem trocken und lag um 70 % unter dem langjährigen Durchschnittswert von rund 65 mm. Die Bodentrockenheit erreichte damit ihren Höhepunkt im Jahr 2018. Im östlichen und südlichen Niedersach-

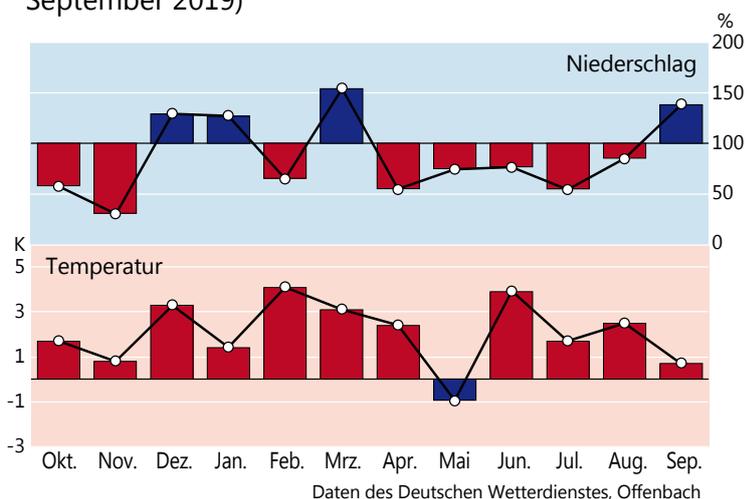
sen wurden teilweise deutlich weniger als 50 % des pflanzenverfügbaren Bodenwassers (nutzbare Feldkapazität, nFK) ermittelt. Im Dezember dominierten Westwetterlagen und beendeten die seit acht Monaten andauernden zu trockenen Niederschlagsverhältnisse. Mit über 90 mm Niederschlag wurde das langjährige Soll um 30 % übertroffen. Die überwiegend milde Witterung führte zu einer deutlich positiven Abweichung der Monatsmitteltemperatur, die mit 5,2 °C um +3,3 K über dem langjährigen Wert lag.

Zu Beginn des Jahres 2019 setzte sich die unbeständige Witterung fort. Im Januar fielen im Flächenmittel des Landes Niedersachsen 75 mm Niederschlag. Dies ist knapp 30 % mehr als die übliche Niederschlagsmenge. Besonders nass war es dabei im Harz. Mit einer Mitteltemperatur von 2,0 °C war der Monat fast +1,5 K zu warm. Es folgte ein ungewöhnlich milder und trockener Februar. Die Temperaturabweichung zum Klimamittel der Periode 1961-1990 betrug +4,1 K und mit



Foto: M. Spielmann

Abweichung von Niederschlag und Temperatur vom Mittel der Klimareferenzperiode 1961-1990 (durchgezogene schwarze Linie) in Niedersachsen, Monatswerte für das Vegetationsjahr 2019 (Oktober 2018-September 2019)



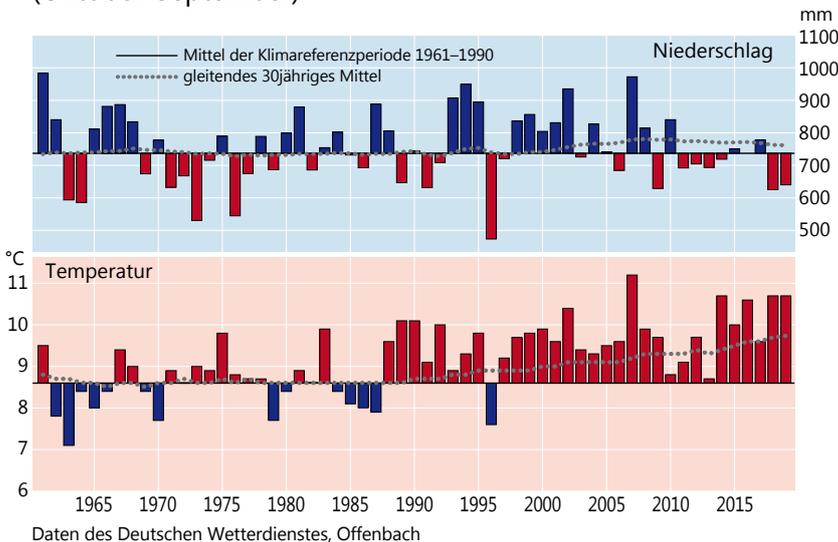
# Witterung und Klima

25 mm fiel nicht einmal zwei Drittel des Niederschlagssolls. Dies hatte zur Folge, dass die unterdurchschnittlichen Bodenwasservorräte bereits im Februar wieder abnahmen. Am 10. März zog Sturmtief „Eberhard“ über die Mitte Deutschlands hinweg. Im Bergland (Brocken 153 km/h) wurden verbreitet und im Tiefland vereinzelt Orkanböen gemessen. Infolge der unbeständigen Witterung wurde das Niederschlagssoll mit 84 mm um 50 % übertroffen. Dabei war der März ebenfalls deutlich zu warm. Die Abweichung zum langjährigen Mittel betrug +3,1 K. Die Bodenwasservorräte wurden in den oberen Bodenschichten wieder etwas aufgefüllt. Der April 2019 war im Vergleich zur Referenzperiode 1961-1990 der dreizehnte zu warme Monat in Folge. Bei einer Monatsmitteltemperatur von 9,8 °C lag die Abweichung bei knapp +2,4 K. Infolge Hochdruck dominierter Wetterlagen lag das Niederschlagsdefizit im landesweiten Mittel bei 50 %. Ähnlich wie im Vorjahr führte die fröhsommerliche Witterung zu einem vorzeitigen Austrieb der Vegetation. Da die Niederschläge in der Nichtvegetationszeit nicht ausreichten, um das enorme Defizit aus dem Vorjahr zu begleichen, waren die Startbedingungen für die Vegetation aufgrund der vielfach



Foto: J. Weymar

Abweichungen von Niederschlag und Temperatur vom Mittel der Klimareferenzperiode 1961-1990 und gleitendes 30-jähriges Mittel in Niedersachsen, Jahreswerte für das Vegetationsjahr (Oktober-September)



nur unzureichend gefüllten Bodenwasserspeicher deutlich ungünstiger als im April 2018.

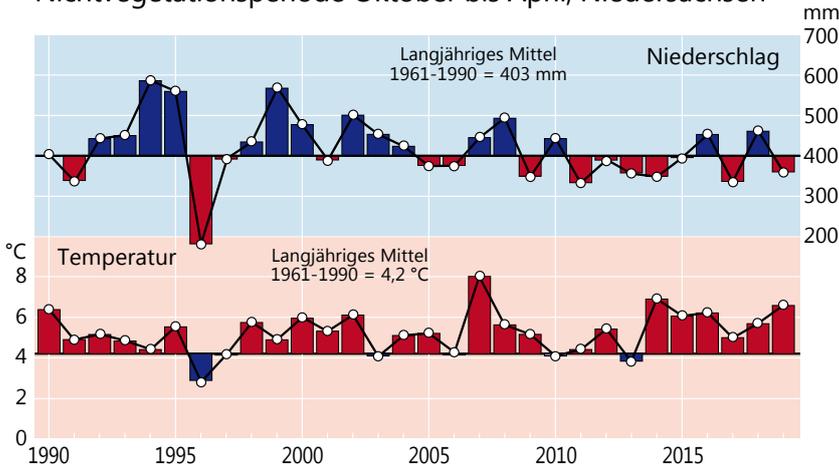
Zum Start in die forstliche Vegetationszeit folgte ein kühler und zu trockener Mai in Niedersachsen. Erstmals seit März 2018 lag die Monatsmitteltemperatur wieder unter dem langjährigen Vergleichswert. Die Abweichung war mit -1,0 K allerdings relativ gering. Die mittlere Niederschlagshöhe erreichte mit 45 mm rund 75 % des langjährigen Solls. Der Juni zeigte sich von seiner sonnigen Seite. Durch die beständige Zufuhr subtropischer Luftmassen war der Juni 2019 einer der wärmsten seit Aufzeichnungsbeginn. In Niedersachsen lag die Monatsmitteltemperatur bei 19,2 °C und damit +3,9 K über dem langjährigen Durchschnitt. Da mit 57 mm im Landesmittel wiederum nur rund 75 % des Niederschlagssolls fielen, verschärfte sich die Trockenheit im gesamten Land. Nur vereinzelt Starkniederschläge konnten die Trockenheit regional mildern. So wurde beispielweise am 10. Juni an der Station Hude/Oldenburg rund 85 mm Niederschlag gemessen. Der Juli 2019 wird durch seine Rekordhitze in Erinnerung bleiben. Besonders im Westen Deutschlands wurden die Rekordmarken gleich reihenweise gebrochen, wobei in Lingen (Emsland) mit 42,6 °C ein neuer Allzeitrekord für Deutschland gemessen wurde. Der Juli war zwar kühler als der Juni, aber mit einer Mitteltemperatur von 18,4 °C wiederum deutlich zu warm (+1,7 K). Die Trockenheit verschärfte sich im Juli weiter, da landesweit nur rund 50 % der mittleren Niederschlagsmenge fiel. Auch im August setzte sich die trocken-warme Witterung fort. Die Mitteltemperatur betrug 19,0 °C (+2,5 K), so dass der Sommer 2019 (Juni bis August) in Niedersachsen ähnlich warm war wie im vergangenen Jahr. Trotz lokal eng begrenzter Starkniederschlagsereignisse wurde im Flächenmittel das Niederschlagssoll in den drei Sommermonaten nur zu rund 70 % erfüllt. Zum Abschluss des Vegetationsjahres 2018/2019 folgte ein ebenfalls zu warmer (+0,7 K) September. Mit rund 83 mm fielen 140 % der langjährigen mittleren Niederschlagssumme.

## Temperatur und Niederschlag im langjährigen Verlauf

Das Vegetationsjahr 2018/2019 war +2,1 K wärmer als der Mittelwert der Klimanormalperiode 1961-1990 und +1,4 K wärmer als die Periode 1981-2010. Damit setzt sich der langfristige Erwärmungstrend ungehindert fort, wie das gleitende 30-jährige Mittel verdeutlicht (gepunktete Linie in der Abb. links). In den letzten zehn Jahren (2010-2019) nahm das gleitende Mittel um +0,4 K zu, während im Zeitraum von 2000 bis 2009 der Anstieg +0,3 K betrug. Von den zwölf Monaten des Vegetationsjahres 2018/2019 waren acht Monate teilweise deutlich zu trocken und 11 Monate zu warm im Vergleich zu den langjährigen Mittelwerten. Dabei fielen ähnlich wie im vorangegangenen Vegetationsjahr mit 640 mm im Landesmittel

# Witterung und Klima

Langjährige Klimawerte (1990-2019)  
Nichtvegetationsperiode Oktober bis April, Niedersachsen

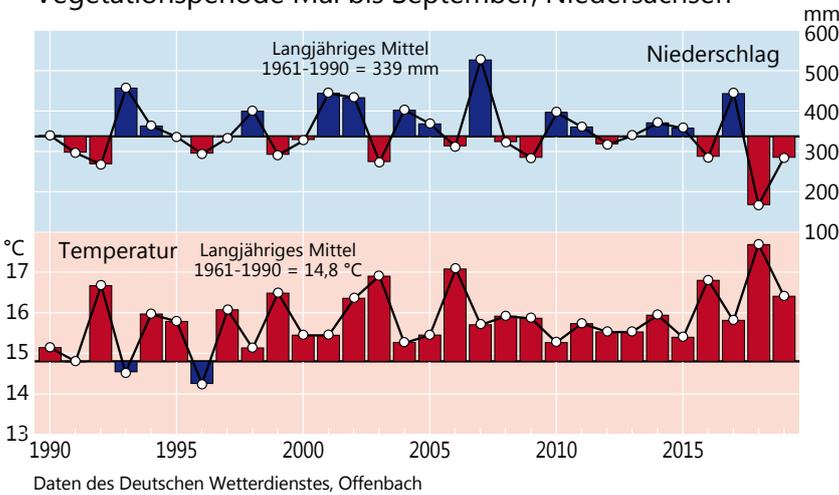


nur 85 % der langjährigen Niederschlagssumme. Damit konnte das Niederschlagsdefizit aus dem Vorjahr nicht ausgeglichen werden, sondern vergrößerte sich weiter, so dass das Vegetationsjahr 2018/2019 das zweite Jahr in Folge ist, das durch eine außergewöhnliche Trockenheit geprägt ist. Mit einer Mitteltemperatur von 6,6 °C war die Nichtvegetationszeit um +2,4 K wärmer als die Klimanormalperiode (Abb. links). Die höchsten Abweichungen mit bis zu +3 K verzeichneten Teile des Harzvorlandes, des Harzes und des östlichen Tieflandes. Im südlichen und südwestlichen Niedersachsen betrug die positive Abweichung weniger als +2,5 K (Abb. unten links).

In der Nichtvegetationszeit von Oktober 2018 bis April 2019 fielen in Niedersachsen 355 mm Niederschlag. Dies sind rund 100 mm weniger als im gleichen Zeitraum des Vorjahres. Das langjährige Niederschlagssoll wurde damit zu 90 % erreicht (Abb. links). Dabei war es fast im gesamten Land zu trocken (Abb. Seite 19 links). Im östlichen Niedersachsen betrug das Niederschlagsdefizit teilweise mehr als 20 %, während in weiten Teilen des westlichen Tieflandes und im Bergland das langjährige mittlere Niederschlagssoll nur wenig unterschritten wurde. Im Harz wurden sogar leicht überdurchschnittlich hohe Niederschlagssummen gemessen.

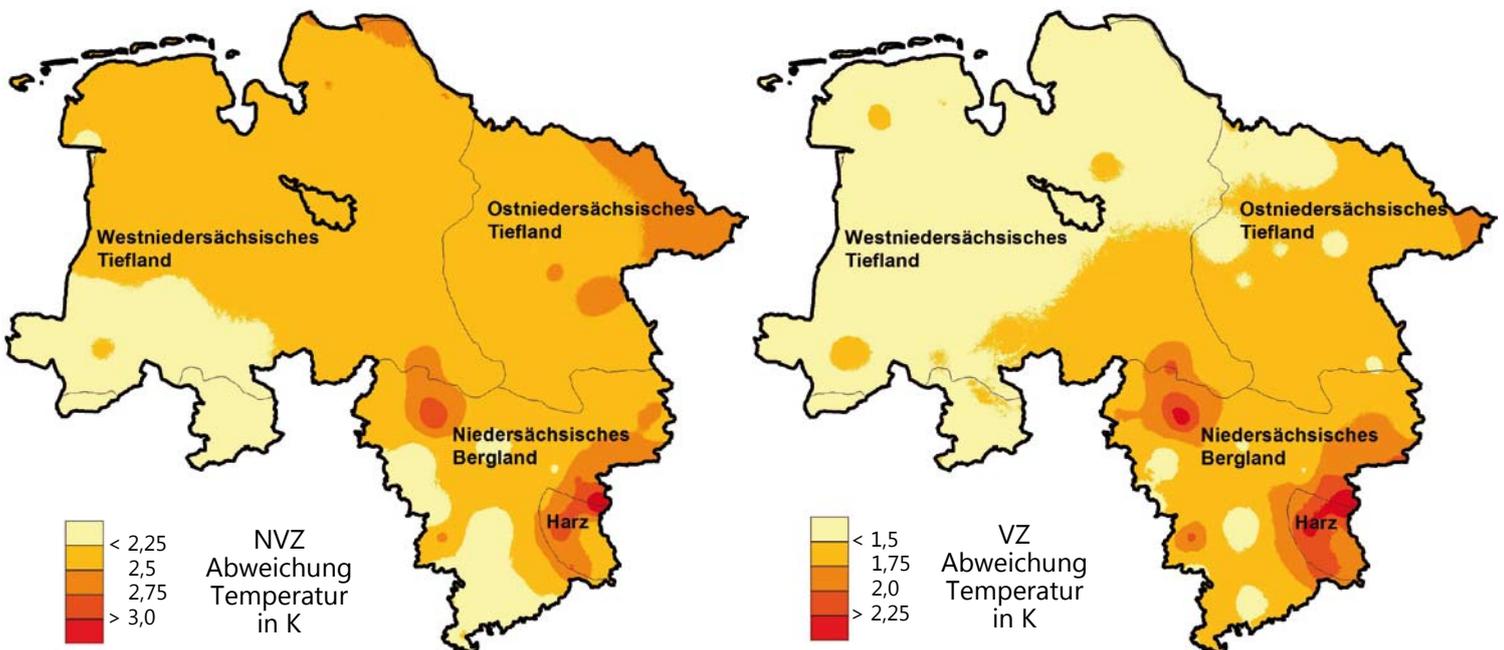
Auch die Vegetationszeit von Mai bis September war deutlich zu warm. Die Mitteltemperatur betrug 16,4 °C und war damit +1,6 K wärmer im Vergleich zur Klimanormalperiode von 1961-1990. Besonders hohe Temperaturabweichungen von bis zu +2,5 K wurden im Harz beobachtet. In weiten Teilen des Landes lagen die Temperaturen um etwa +2,0 K über den langjährigen Mittelwerten

Langjährige Klimawerte (1990-2019)  
Vegetationsperiode Mai bis September, Niedersachsen



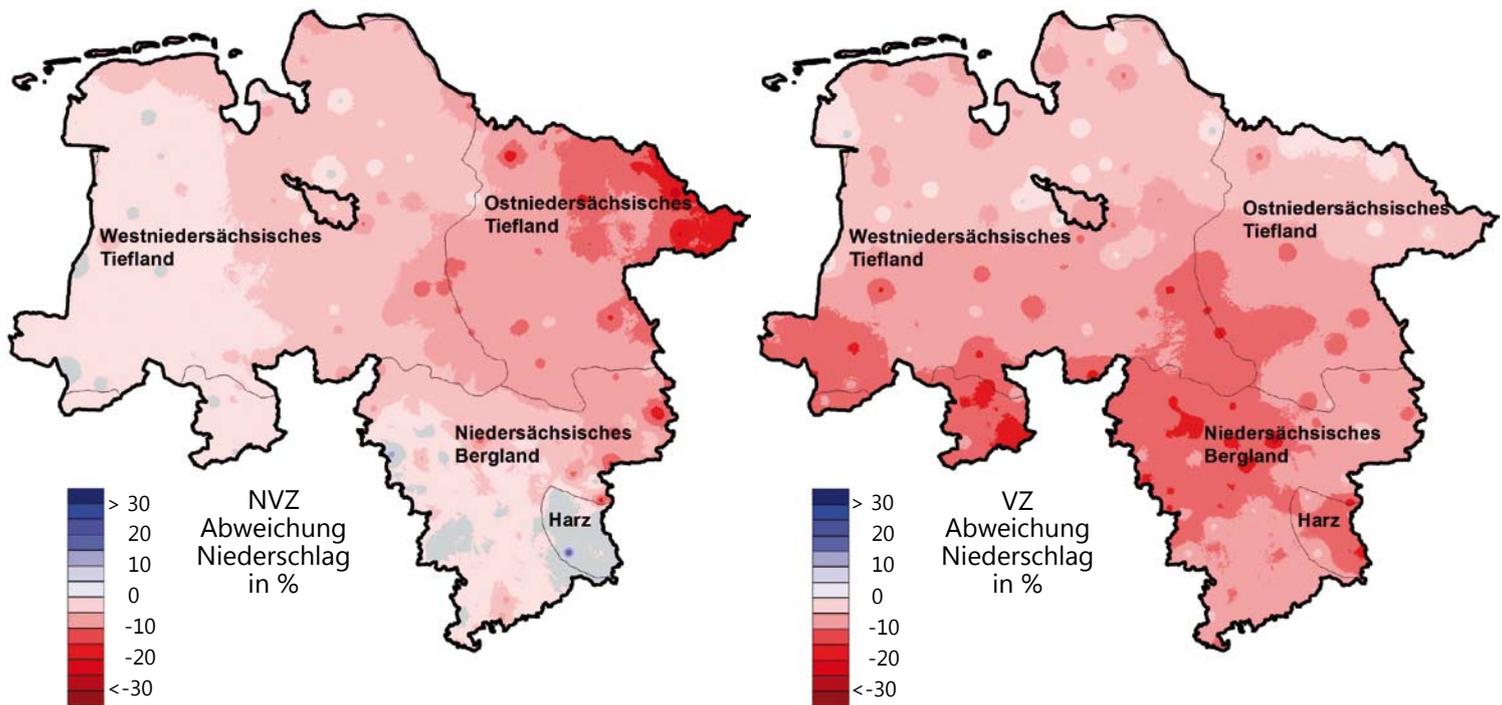
Daten des Deutschen Wetterdienstes, Offenbach

Abweichung der Temperatur vom langjährigen Mittel in der Nichtvegetationszeit (NVZ) 2018/2019 und in der Vegetationszeit (VZ) 2019



# Witterung und Klima

Abweichung der Niederschlagssumme vom langjährigen Mittel in der Nichtvegetationszeit (NVZ) 2018/2019 und in der Vegetationszeit (VZ) 2019



der Periode von 1961-1990. Etwas geringer waren die Abweichungen im Nordwesten mit rund +1,5 K (Abb. Seite 18 unten rechts).

Im Flächenmittel des Landes Niedersachsen fielen in der Vegetationszeit mit rund 280 mm nur 85 % der langjährigen Niederschlagsmenge (Abb. Seite 18 Mitte). Besonders trocken war es in einem Streifen vom südwestlichen Niedersachsen bis ins Bergland und den Harz, wo teilweise nur 70 % des Niederschlagsolls erreicht wurde. Dagegen betrug im Norden des Landes das Defizit infolge von Starkniederschlagsereignissen weniger als 10 % (Abb. oben rechts). Die Monate Januar bis September 2019 waren im Landesmittel von Niedersachsen +2,1 K wärmer als die Mitteltemperatur der Klimanormalperiode 1961-1990. Dies entspricht der positiven Abweichung des Vorjahres. Sollten die Monate Oktober bis Dezember ebenfalls deutlich zu warm ausfallen, würde das Jahr 2019 das Jahr 2018 als wärmstes Jahr ablösen.

## Fazit

- Das Vegetationsjahr 2018/2019 war das zweite Jahr in Folge, das deutlich zu trocken und zu warm ausfiel.
- Im Vergleich zur Klimareferenzperiode 1961 bis 1990 waren von 12 Monaten 8 zu trocken und 11 zu warm.
- Es fielen 85 % des langjährigen Niederschlagsolls (640 mm).
- Die Mitteltemperatur betrug 10,7 °C. Dies entspricht einer Abweichung von +2,1 K. Der langjährige Erwärmungstrend setzt sich unvermindert fort.
- Insbesondere das Ostniedersächsische Tiefland und das Bergland waren von der diesjährigen Trockenheit betroffen.



Foto: M. Spielmann

# Auswirkungen der Stürme und der Dürre 2018/2019 auf die Vitalität der Wälder in Nordwestdeutschland

Johannes Eichhorn, Johannes Suttmöller, Birte Scheler, Markus Wagner, Inge Dammann, Henning Meesenburg und Uwe Paar

Der Wald in Nordwestdeutschland leidet unter der seit zwei Jahren andauernden Trockenheit. Infolge der sichtbaren Schäden wird der Waldzustand im Kontext der Klimaerwärmung auch in der breiten Öffentlichkeit kontrovers diskutiert. Nach dem Waldsterben der Achtzigerjahre werden die aktuellen Schäden bereits als „Waldsterben 2.0“ bezeichnet und im Vergleich zum damaligen Waldsterben als viel dramatischer eingestuft. Dieser Beitrag soll auf Grundlage der aktuellen Waldzustandserhebung die Auswirkungen der extremen Witterung 2018 und 2019 auf die Wälder in Nordwestdeutschland beschreiben und quantifizieren. Besonderheiten beider Jahre haben maßgeblich zu den heutigen Störungen in den Wäldern geführt.

Die systematische Stichprobe der Waldzustandserfassung (WZE) vermag in Verbindung mit Ergebnissen aus dem Intensiven Umweltmonitoring die aktuellen Schäden zahlenmäßig und faktenbasiert zu erfassen. Die Methode ist sehr gut dazu geeignet, Reaktionen verschiedener Baumarten auf Trockenstress abzubilden. Das Stichprobenverfahren erlaubt, lokale Extremsituationen im landesweiten Vergleich einzuordnen und ist damit eine wichtige Entscheidungsgrundlage für Maßnahmen zur Waldentwicklung.

Die Witterung der Jahre 2018 und 2019 wird mit dem langjährigen Klima verglichen, um die Besonderheiten der letzten Beobachtungsjahre darzustellen. Dabei steht neben Temperatur, Niederschlag und Verdunstung auch der Wasserspeicher im Boden im Fokus der Betrachtungen. Von besonderer Bedeutung sind extreme Witterungsereignisse, wie Stürme oder lang anhaltende Trockenperioden. Diese wirken sich auf die Vitalität der Bäume aus. Die Reaktion der Bäume auf veränderte Umweltbedingungen reicht von Kronenverlichtung, Blattverfärbung, Blatteinrollen, Kleinblättrigkeit, veränderte Fruchtbildung sowie Wachstumsveränderungen bis hin zum Absterben. Gleichzeitig steigt die Anfälligkeit gegenüber Pilzen und Insekten.

## Bodenfeuchtezustand zu Beginn der Vegetationszeit

Der Beginn des Laubaustriebs kennzeichnet in Wäldern den Beginn der Vegetationszeit. Blätter treiben aus, Zweige entwickeln sich, Photosynthese und Atmungsvorgänge setzen ein. Auch bei Nadelbäumen werden physiologische Abläufe verstärkt. Es ist eine Phase, in der neben Wärme und Licht auch viel Wasser aus dem Boden benötigt wird. Bäume nutzen nicht nur das Wasser aus aktuellen Niederschlägen. Vielmehr haben die Niederschläge des Winterhalbjahres eine große Bedeutung, da sie im Normalfall im Boden einen Wasservorrat für die nachfolgende Vegetationszeit sichern.

*In Anlehnung an Suttmöller et al. (2019) wurde zur flächenhaften Abschätzung des pflanzenverfügbaren Bodenwassers die **Klimatische Wasserbilanz (KWB)** für die Nichtvegetationszeit (Oktober des Vorjahres bis Ende März) berechnet.*

*Die KWB kennzeichnet den Überschuss oder das Defizit des fallenen Niederschlags gegenüber potenziellen Verdunstungsverlusten. Nach FAO-Norm (FAO = Ernäh-*



Foto: J. Evers

*rungs- und Landwirtschaftsorganisation der Vereinten Nationen) wird die potenzielle Verdunstung für eine einheitliche Grasbedeckung berechnet. Die Vegetationsform Wald verdunstet jedoch mehr als eine Grasvegetation (Baumgartner und Liebscher 1990). Insbesondere weisen Wälder auch in der Nichtvegetationszeit eine deutlich höhere Interzeptionsverdunstung auf (Hammel und Kennel, 2001). Anhand von Wasserhaushaltssimulationen für Intensivmonitoringflächen in Nordwestdeutschland wurde eine höhere potenzielle Verdunstungsleistung der Wälder für die Nichtvegetationszeit von 50 mm abgeschätzt.*

*Das **pflanzenverfügbare Bodenwasserangebot** zu Beginn der Vegetationszeit leitet sich aus der KWB der Nichtvegetationszeit und der **nutzbaren Feldkapazität des effektiven Wurzelraums (nFK WRe)** ab. Der pflanzenverfügbare Bodenwasserspeicher wird als vollständig aufgefüllt angenommen, wenn die KWB in der Nichtvegetationszeit größer als die nFK WRe ist. In diesem Fall entspricht das pflanzenverfügbare Bodenwasser der nFK WRe, ansonsten dem Wert der KWB in der Nichtvegetationszeit. Dabei wird die Annahme getroffen, dass der gesamte Niederschlag in den Waldboden infiltriert und den Bodenwasserspeicher auffüllt, was für die meisten nicht stark geeigneten Waldböden zutrifft (Ahrends et al. 2018). Als Berechnungsgrundlage für die nFK WRe wird die Bodenübersichtskarte für Wald verwendet (Maßstab 1:1.000.000, BGR 2007). Aufgrund des kleinen Maßstabs der Bodenkarte eignen sich die Ergebnisse nur für eine großräumige Abschätzung des Bodenfeuchtezustandes zu Beginn der Vegetationszeit.*

**Vegetationszeit (VZ)** bzw. **Nichtvegetationszeit (NVZ):** Die forstliche Vegetationszeit umfasst die Monate Mai bis September. Da 2018 und 2019 der Blatt- und Nadelaustrieb bereits Anfang April erfolgte, wurde für diese Auswertung die Dauer der VZ auf April bis August festgesetzt. Ergänzt wird diese um die NVZ von Oktober des Vorjahres bis März. Der September konnte aufgrund des zeitigen Redaktionsschlusses nicht berücksichtigt werden.

# Auswirkungen der Stürme und der Dürre 2018/2019 auf die Vitalität der Wälder in Nordwestdeutschland

In der Nichtvegetationszeit 2017/2018 wurden die meisten Waldböden ausreichend mit Niederschlagswasser aufgefüllt. Im Gegensatz dazu war zu Beginn der Vegetationszeit 2019 der pflanzenverfügbare Bodenwasserspeicher von mehr als 30 % der Waldböden in Nordwestdeutschland nicht vollständig aufgefüllt. Knapp 10 % der Waldböden wiesen sogar pflanzenverfügbare Bodenwassermengen von weniger als 50 % der nFK WRe auf (s. Abb. unten). In Sachsen-Anhalt war der pflanzenverfügbare Wasserspeicher der Waldböden zum 1. April auf fast drei Viertel der Fläche nicht aufgefüllt, wobei auf knapp 50 % der Standorte weniger als 50 % der nFK WRe erreicht wurden. Nur im Harz waren aufgrund der hohen Niederschläge die Böden weitgehend aufgefüllt.



Foto: J. Weymar

In Niedersachsen und Schleswig-Holstein waren rund 30 % der Waldstandorte betroffen. Schwerpunkte lagen im süd-östlichen Schleswig-Holstein sowie im mittleren und östlichen Niedersachsen, wo jedoch überwiegend mehr als 50 % der nFK WRe erreicht wurden. Nur wenige Standorte in Niedersachsen (2 %) wiesen einen pflanzenverfügbaren Bodenwasserspeicher von weniger als 50 % der nFK WRe auf. Dies traf ebenso auf Hessen zu, wo aufgrund ausreichender Niederschläge der pflanzenverfügbare Bodenwasserspeicher auf fast 90 % der Waldstandorte aufgefüllt war. In tieferen Lagen wie der Wetterau und dem Rhein-Main-Gebiet war dagegen der pflanzenverfügbare Wasserspeicher der Böden teilweise nicht vollständig aufgefüllt.

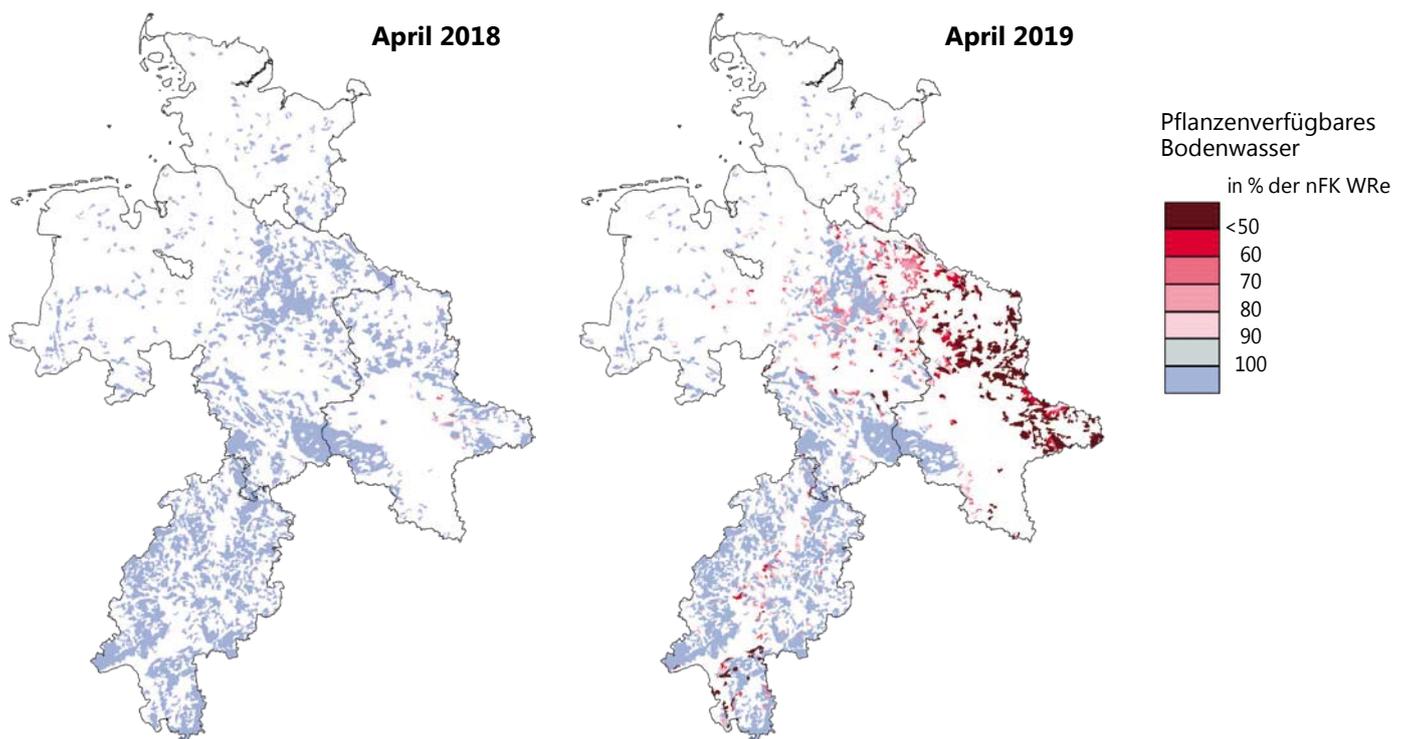
Ein Blick auf den Dürremonitor von Deutschland (<https://www.ufz.de/index.php?de=37937>) bestätigt dieses Bild. Für Anfang April 2019 muss in weiten Teilen von Deutschland auf 180 cm Tiefe bezogen von einer extremen bis außergewöhnlichen Dürre ausgegangen werden. Auch der Oberboden (bis 25 cm Tiefe) war im Norden von Sachsen-Anhalt und im Osten von Niedersachsen bereits soweit ausgetrocknet, dass die Dürreinstufung extrem bis außergewöhnlich war.

## Räumliche Muster der Klimatischen Wasserbilanz in der Vegetationszeit

In der Vegetationszeit wird die Wasserverfügbarkeit für Bäume wesentlich durch das Verhältnis von Niederschlägen einerseits und der Verdunstung andererseits bestimmt.

Die Klimatische Wasserbilanz (KWB) weist für die Monate April bis einschließlich August im Mittel der Referenzperiode 1961-1990 ein Wasserdefizit von rund -80 mm im Flächenmittel aller vier Trägerländer auf. Während der außergewöhnlichen Trockenperiode 2018 lag das Defizit dagegen

Pflanzenverfügbares Bodenwasser (in % der nFK WRe) zu Beginn der Vegetationszeit (1. April) in Nordwestdeutschland



# Auswirkungen der Stürme und der Dürre 2018/2019 auf die Vitalität der Wälder in Nordwestdeutschland



Sturmschäden

Foto: J. Evers

bei unter -400 mm (s. Abb. unten links). Da der pflanzenverfügbare Bodenwasserspeicher zu Beginn der Vegetationszeit 2018 gut gefüllt war, konnten die Bäume ihren Wasserbedarf trotz der außergewöhnlichen Trockenheit bis in den Juli hinein weitgehend aus dem Bodenwasserspeicher decken (Wagner et al. 2019). In der Vegetationszeit 2019 war das Wasserdefizit der KWB mit -280 mm erheblich geringer als 2018 (s. Abb. unten rechts), dennoch litten die Bestände 2019 aufgrund des regional nur unzureichend aufgefüllten Bodenwasserspeichers bereits frühzeitig unter Vitalitätseinbußen und Trocknisschäden.

Die KWB wies in der Vegetationszeit beider Jahre ein ähnliches räumliches Muster auf. Besonders stark negative Werte wurden in Sachsen-Anhalt, im östlichen und südlichen Niedersachsen sowie in Südhessen erreicht. Dabei betrug das Defizit in diesen Gebieten im Jahr 2018 vielfach mehr als -450 mm, während 2019 die Werte für die KWB zwischen -300 und -400 mm lagen. In Schleswig-Holstein, dem nordwestlichen Niedersachsen und in den Mittelgebirgslagen war das Wasserdefizit in der KWB deutlich schwächer.

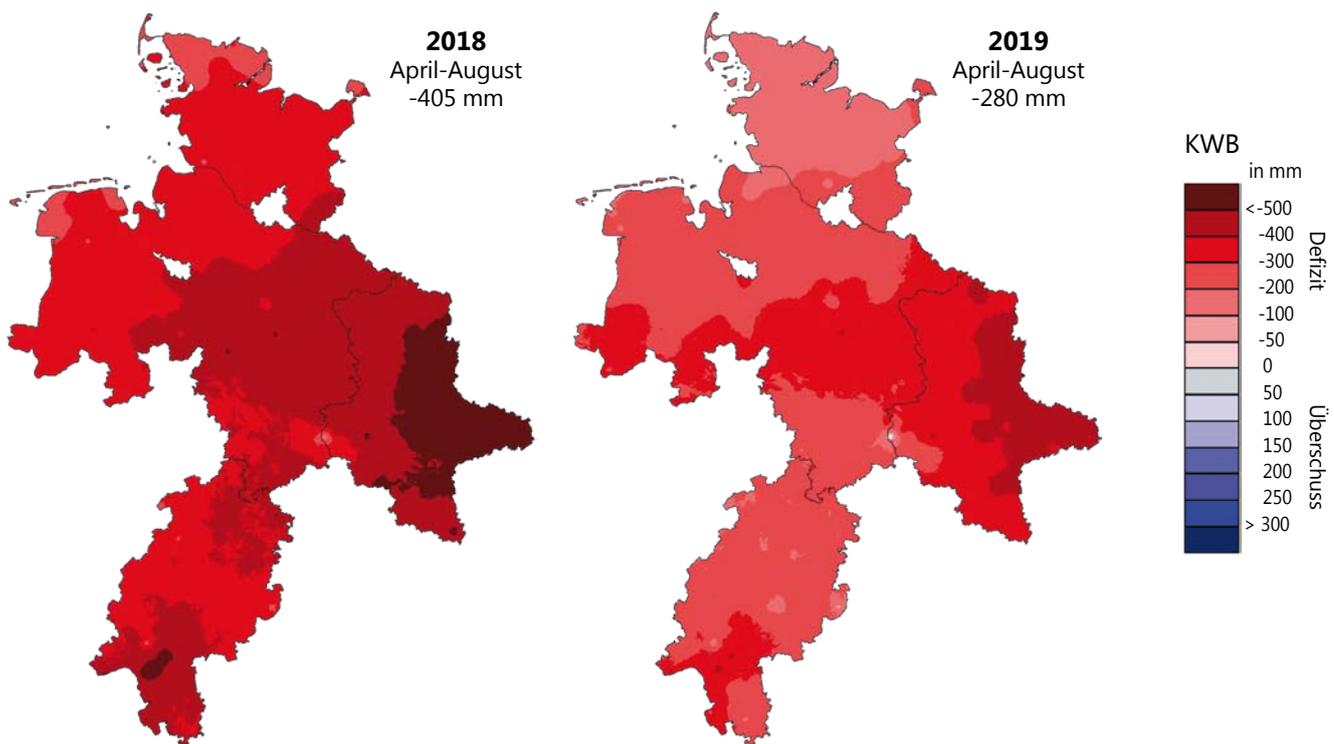
## Strukturelle Störungen in den Wäldern

Ein maßgeblicher, sich gegenseitig verstärkender Einfluss auf den Waldzustand ging von einer Abfolge von Stürmen, Dürrephasen sowie Borkenkäferbefall aus. Nachfolgend werden deshalb die erheblichen Störungen der Wälder in den Jahren 2018 und 2019 zusammenfassend dargestellt. Es handelt sich um Störungen der Vitalität einzelner Bäume aber auch um Störungen der Waldstruktur und -entwicklung von ganzen Waldregionen.

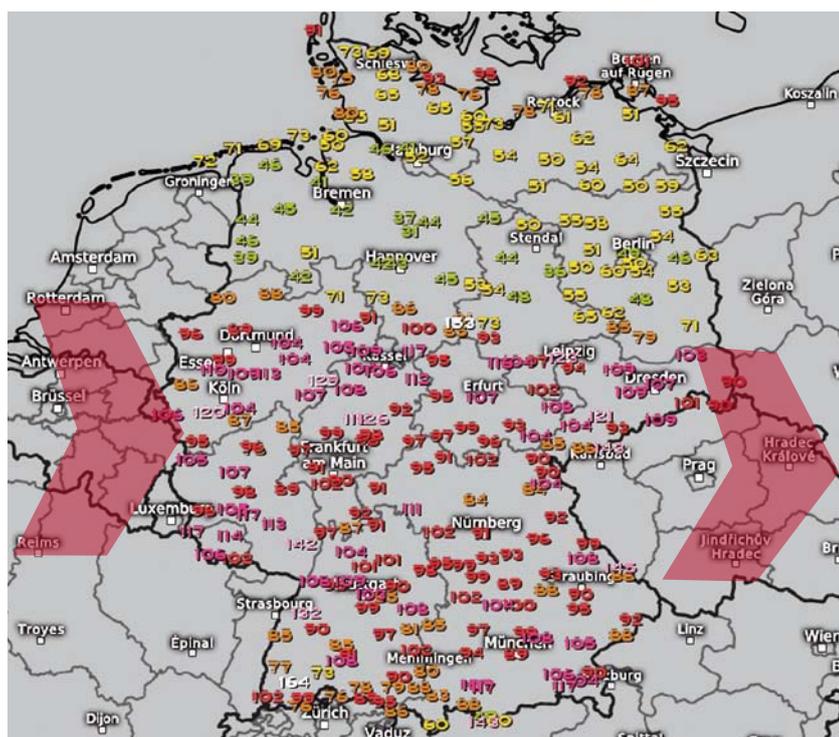
**Stürme** sind Extremereignisse, deren Wirkungen plötzlich eintreten, ihre Folgen können jedoch zu weitreichenden, langfristigen Veränderungen der Waldentwicklung führen. Die letzten beiden Jahre waren von einer Reihe von Stürmen geprägt.

Der Sturm „Friederike“ am 18. Januar 2018 war der Höhepunkt einer besonders intensiven Sturmserie. In Hessen, Niedersachsen und Sachsen-Anhalt richtete er erhebliche Schäden in den Wäldern an. Darüber hinaus waren die durch den Sturm geworfenen Fichten Ausgangspunkt für eine Massenvermehrung der Borkenkäfer, die in den Fichtenbeständen zu einem seit Jahrzehnten nicht beobachteten Ausmaß an Schäden führte.

Klimatische Wasserbilanz (KWB) für die Monate April bis August in den vier Trägerländern der NW-FVA



# Auswirkungen der Stürme und der Dürre 2018/2019 auf die Vitalität der Wälder in Nordwestdeutschland



Maximale Windböen (km/h) 11.03.2019, 01:00 Uhr MEZ  
 0 6 12 20 29 39 50 62 75 89 103 118 150  
 Deutschland, 280 Stationen im Kartenausschnitt

Kachelmann GmbH, DWD – kachelmannwetter.com

Im März 2019 zogen mehrere Sturmtiefs über Nordwestdeutschland hinweg, u. a. „Bennet“ und „Eberhard“. Der Sturm „Bennet“ erreichte in allen vier Trägerländern der NW-FVA lokal Windgeschwindigkeiten über 90 km/h (schwerer Sturm). Im Harz betrug die maximale Windgeschwindigkeit 143 km/h (Orkanböen). Bei Sturm „Eberhard“ lag in den vier Trägerländern der NW-FVA der Schwerpunkt in Hessen sowie im Süden Niedersachsens und Sachsen-Anhalts (Abb. oben). Die Sturmserie im März 2019 brachte Sturmholzmengen, die nicht so stark ausfielen wie 2018, aber die Borkenkäferproblematik weiter verschärfte.

## Absterberate (alle Baumarten, alle Alter)

Land	Langjähriges Mittel der Absterberate* (%)	Absterberate 2018 (%)	Absterberate 2019 (%)
Hessen	0,3	0,3	2,3
Niedersachsen	0,2	0,1	1,4
Sachsen-Anhalt	0,5	1,3	4,2
Schleswig-Holstein	0,2	0,4	0,8

\* Hessen, Niedersachsen, Schleswig-Holstein: 1985-2019, Sachsen-Anhalt: 1992-2019

## Ausfallrate (alle Baumarten, alle Alter)

Land	Langjähriges Mittel der Ausfallrate* (%)	Ausfallrate 2018 (%)	Ausfallrate 2019 (%)
Hessen	2,0	2,0	5,9
Niedersachsen	0,7	4,7	2,1
Sachsen-Anhalt	0,9	4,3	1,8
Schleswig-Holstein	0,6	0,9	0,7

\* Hessen, Niedersachsen: 1985-2019, Sachsen-Anhalt: 1992-2019, Schleswig-Holstein: 1997-2019

Schwerwiegende Störungen der Waldentwicklung entstehen, wenn Bäume oder ganze Bestände absterben oder ausfallen. In der Waldzustandserhebung werden die zum Zeitpunkt der Erhebung im Juli/August noch stehenden, allerdings unbelaubten bzw. unbenadelten Probestämme (100 % Kronenverlichtung) erfasst und der jährlichen **Absterberate** zugeordnet. Im langjährigen Mittel aller Baumarten und Altersstufen liegt die Absterberate in den vier Ländern weit unter 1 % (Tabelle links oben). Infolge der extremen Witterung einschließlich Stürmen und nachfolgendem Insektenbefall (Borkenkäfer) erreichten die Absterberaten 2019 in allen vier Ländern Maximalwerte. Am höchsten war die Absterberate 2019 in Sachsen-Anhalt, am niedrigsten in Schleswig-Holstein. Im Vergleich der Baumarten waren außerordentlich viele Fichten abgestorben: In Hessen (6,7 %), in Niedersachsen (6,1 %) und in Sachsen-Anhalt (16 %). In Schleswig-Holstein blieb die Absterberate der Fichte niedrig, hier sind vor allem Eschen, Birken und Buchen abgestorben.

Stichprobenbäume, die zum Zeitpunkt der Waldzustandserhebung aufgrund von Schädereignissen umgefallen oder bereits entnommen sind, werden der **Ausfallrate** zugerechnet. Dazu zählen insbesondere sturmgeworfene Bäume oder Bäume, die nach Borkenkäferbefall entnommen sind.

Die Ausfallraten der Jahre 2018 und 2019 überstiegen das Mittel der Zeitreihe in allen vier Ländern (Tabelle links unten). In Hessen war der Anteil der ausgefallenen Bäume am höchsten, in Schleswig-Holstein am niedrigsten. Auch bei der Ausfallrate wurde das Ergebnis maßgeblich durch die Fichte bestimmt. In Hessen und Niedersachsen waren 2018/2019 rund 30 % der Fichten-Stichprobenbäume ausgefallen und in Sachsen-Anhalt 22 %.

Die Tabelle auf Seite 24 zeigt eine Abschätzung der Anteile der Wälder in den Ländern Hessen, Niedersachsen, Sachsen-Anhalt und Schleswig-Holstein, die durch Absterben und Ausfälle von Probestämmen betroffen sind. Absterben und Ausfall von Bäumen bedingen **Störungen der Waldstruktur** und bedeuten ein besonderes Risiko für Leistungen und Funktionen der Wälder.

Die Zahlen sind eine Schätzung auf Grundlage der Stichprobe im 8 km x 8 km-Raster. Angesichts der begrenzten Stichprobenzahl sind die Standardfehler relativ groß. Die prozentualen Veränderungen geben Aufschluss über die Zunahme der Abgänge. Nicht erfasst wird, ob nach einer Störung eine Wiederbewaldung erfolgen muss oder ob sich die Waldstruktur aus einem vorausgegangenem Voranbau bzw. aus vorhandener Naturverjüngung weiter zu ent-

# Auswirkungen der Stürme und der Dürre 2018/2019 auf die Vitalität der Wälder in Nordwestdeutschland

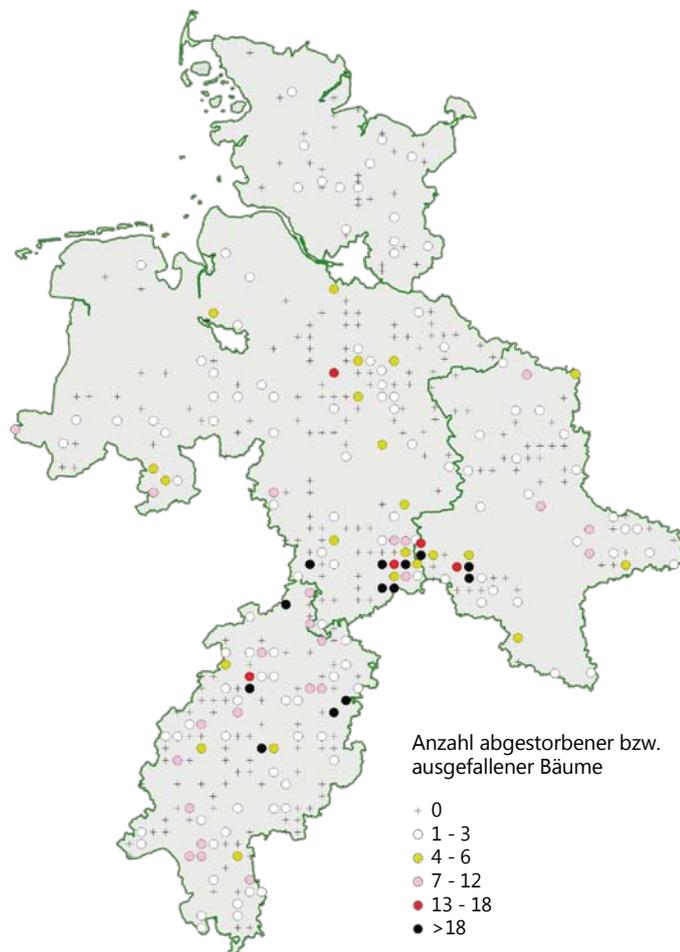
wickeln vermag. Belastbare Rückschlüsse auf die wieder zu bewaldenden Flächen sind nicht möglich.

In Hessen, Niedersachsen und Sachsen-Anhalt werden 2018 und 2019 im Vergleich zum langjährigen Mittel deutlich erhöhte Werte festgestellt. Schleswig-Holstein ist von den aktuellen Entwicklungen weniger betroffen.

In der Karte (Abb. unten) wird deutlich, dass ein Schwerpunkt abgestorbener bzw. ausgefallener Bäume in Südniedersachsen, Nordhessen und im Ostharz (Sachsen-Anhalt) liegt. In diesen Regionen waren durch die Stürme 2018 und 2019 und anschließenden Borkenkäferbefall besonders viele Fichten ausgefallen.

Wenn Bäume mehr als 60 % ihrer Assimilationsorgane nicht ausgebildet oder abgeworfen haben, ist eine wesentliche Einschränkung des Wasser- und Stoffhaushalts zu erwarten.

Anzahl abgestorbener bzw. ausgefallener Bäume 2018 und 2019 im 8 x 8 km-Raster der Waldzustandserhebung



Von strukturellen Störungen betroffene Waldfläche in Nordwestdeutschland

Land	Langjähriges Mittel (%)	2018 (%)	2019 (%)
Hessen	2,3	2,3	8,2
Niedersachsen	0,9	4,8	3,5
Sachsen-Anhalt	1,4	5,6	6,0
Schleswig-Holstein	0,8	1,3	1,5

Abweichend von anderen Zuständen der Baumkronen wird hier der Begriff **starke Schäden** verwendet.

In Hessen, Niedersachsen und Sachsen-Anhalt erreichte 2019 der Anteil starker Schäden Höchstwerte der Zeitreihe. Ungünstige Spitzenwerte traten in Sachsen-Anhalt auf. Besonders häufig waren starke Schäden bei der Baumart Fichte. In Hessen war auch ein erhöhter Anteil starker Schäden bei der Kiefer zu erkennen. Kiefer gilt gerade in den wärmebegünstigten und niederschlagsarmen Tieflagen wie die Rhein-Main-Ebene als tragendes Element des Waldbaus. Ein derartig hoher Anteil sehr schlecht benadelter Kiefern wirft die Frage nach der Stabilität der Kiefer in der Region nach witterungsextremen Jahren auf.

In Schleswig-Holstein lag der Anteil starker Schäden 2019 auf einem erhöhten Niveau. Betroffen war vor allem die Esche.

Die Befunde zu Absterbe- und Ausfallraten sowie die Häufigkeit starker Schäden zeichnen für 2018 und 2019 einen vielerorts stark gestörten Waldzustand. Klare Zusammenhänge mit der extremen Witterungssituation in beiden Jahren sind zu erkennen.

## Trockenstresssymptome der Buche

Die **Absterberate** der Buche in Nordwestdeutschland war bis 2018 bemerkenswert niedrig. Sie betrug in den vier Ländern im langjährigen Mittel 0,05 bzw. 0,06 %. Auch wenn die Anteile abgestorbener Buchen 2019 weiterhin unter 1 % lagen (0,5 % in Niedersachsen und Schleswig-Holstein, 0,3 % in Hessen, 0,2 % in Sachsen-Anhalt) bedeutet dies für Niedersachsen und für Schleswig-Holstein eine etwa 10-fache Steigerung der Absterberate. Es wird deutlich, dass ein mehrjähriges Aufeinanderfolgen von Jahren mit extremer Witterung auch bei der bisher an die mitteleuropäischen Bedingungen besonders gut angepassten Buche zu Risiken führt.

Spezielle Parameter der Waldzustandserhebung ermöglichen es, die Reaktionen der Baumarten auf Trockenstress näher zu betrachten. Zu unterscheiden sind Indikatoren, die eher unmittelbar auf äußere Belastungen wie Trockenstress reagieren und andere, die in typischer Weise erst zeitlich verzögert Veränderungen erkennen lassen.

Zu der ersten Gruppe zählen beispielsweise eingerollte Blätter und vorzeitiger Blattfall aber auch Vergilbungen von Nadeln und Blättern sowie Verbraunungen von Nadeln. In mehrjährige Abläufe des Witterungsverlaufes eingebunden sind dagegen insbesondere die Merkmale Fruktifikation und Kleinblättrigkeit.

Laubbaumarten schützen sich vor zu hoher Wasserabgabe nicht nur durch eine Regulierung der Spaltöffnungen. Anpassungsmöglichkeiten bei zu hoher Verdunstung be-

stehen auch durch ein **Einrollen der Blätter**. Eingerollte Blätter zeigen sich in Phasen der Trockenheit häufig bei der Buche, seltener bei Eiche. Aber auch einige seltener Baumarten (z. B. Ahorn, Hainbuche) vermögen diese Anpassungsstrategie zu leisten.

2018 und 2019 war die Ausprägung dieses Merkmals ähnlich häufig. 2019 zeigten 67 % der Buchen in Hessen und 62 % der Buchen in Niedersachsen dieses Merkmal. In Sachsen-

# Auswirkungen der Stürme und der Dürre 2018/2019 auf die Vitalität der Wälder in Nordwestdeutschland



Eingerolltes Buchenblatt



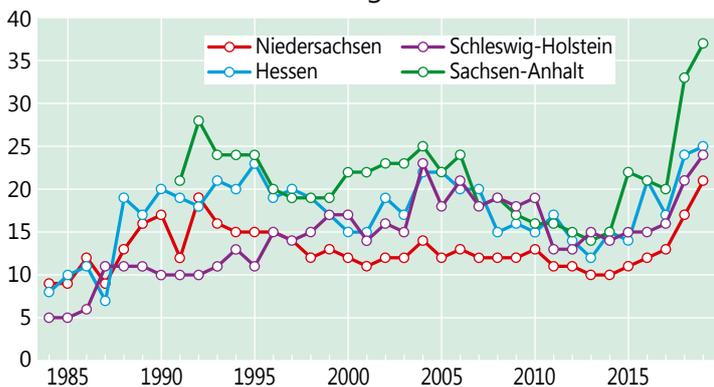
Buchenblatt ohne Trockenstress

Fotos: J. Weymar

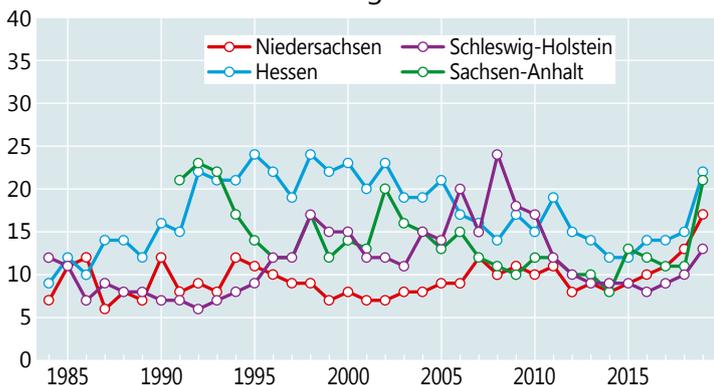
Anhalt, wo die Trockenheit am stärksten ausgebildet war, waren 2019 eingerollte Blätter besonders weit verbreitet (82 %). Im weniger stark durch Trockenheit belasteten Schleswig-Holstein war der Anteil von Buchen mit eingerollten Blättern dagegen deutlich geringer (16 %). Bei Eiche und anderen Laubbaumarten bestand ein Maximum 2018.

Je höher ein Blatt in der Baumkrone angesiedelt ist, umso ungünstiger sind in der Regel die Bedingungen des Wasserhaushalts. Die sehr gut an Verdunstungsstress angepassten Lichtblätter sind für die Oberkronen von Buchen typisch. Große Schattenblätter in unteren Kronenbereichen sind weniger gut an ungünstige Wasserbedingungen angepasst. Sie können die Verdunstung bei knappem Wasserangebot kaum einschränken. Die Ausbildung von Licht- und/oder Schattenblättern in einer Buchenkrone ist vor allem als Anpassung an den Wasserhaushalt der Bäume zu verstehen. Diese Differenzierung der Blätter ist bei Buche häufiger als

Andere Laubbäume (alle Alter)  
mittlere Kronenverlichtung in %



Andere Nadelbäume (alle Alter)  
mittlere Kronenverlichtung in %



bei anderen Laubbaumarten und sichert eine gute Anpassungsfähigkeit an wechselnde Bedingungen des Licht- und Wasserhaushalts.

Mit der verstärkten Ausbildung von **Kleinblättrigkeit** erfolgt eine effiziente Anpassung an Standorte bzw. Jahre mit ungünstiger Wasserversorgung. Dem steht aber auch ein geringeres Wachstum gegenüber.

In Hessen, Niedersachsen und Schleswig-Holstein trat 2019 Kleinblättrigkeit an 20 bis 30 % der Buchen auf. Auch dieses trockenstressanzeigende Merkmal trat in Sachsen-Anhalt häufiger auf. 2019 wurde hier bei der Buche ein sehr hoher Wert von 41 % erreicht. 2018 war die Kleinblättrigkeit geringer. Wie erwartet tritt Kleinblättrigkeit zeitversetzt auf, da die Knospen für die Blätter im Vorjahr ausgebildet werden.

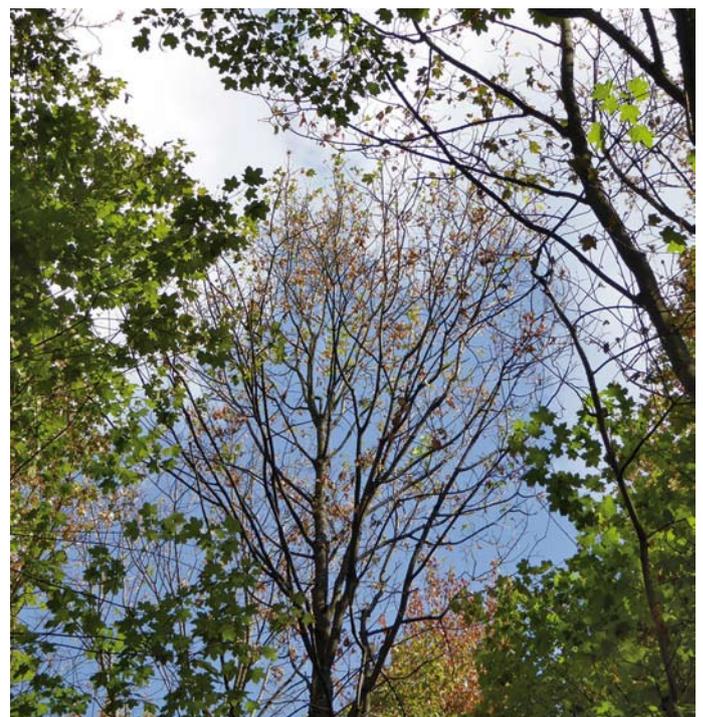
## Reaktionen weiterer Baumarten

Die extreme Witterungssituation mit zwei aufeinander folgenden Dürresommern führte auch zu Trockenstress bei einigen anderen Baumarten. Für diese selteneren Baumarten lässt ein Vergleich über Ländergrenzen hinweg Rückschlüsse zu.

In allen vier Ländern erreichte die mittlere Kronenverlichtung für die Gruppe der anderen Laubbäume, zu denen u. a. Birke, Erle, Esche und Ahorn gehören, 2019 den Höchstwert in der Zeitreihe der Waldzustandserhebung (Abb. links oben). Auch hier zeigt sich die besondere Belastung der Wälder in Sachsen-Anhalt.

Bei den anderen Nadelbäumen, zu denen u. a. Lärche und Douglasie gehören, weicht die mittlere Kronenverlichtung nicht so deutlich von den Vorjahren ab (Abb. links unten). Die Baumarten reagierten unterschiedlich auf den Wassermangel.

In Hessen, Niedersachsen und Sachsen-Anhalt war die mittlere Kronenverlichtung für den **Bergahorn** 2018 und 2019 höher als im Mittel der Zeitreihe, in Schleswig-Holstein dagegen durchschnittlich.



Kronenschäden bei Ahorn

Foto: R. Maus

# Auswirkungen der Stürme und der Dürre 2018/2019 auf die Vitalität der Wälder in Nordwestdeutschland



Absterbende Birken

Foto: J. Weymar

**Birken** in Niedersachsen, Sachsen-Anhalt und Schleswig-Holstein zeigten 2019 Höchstwerte sowohl der mittleren Kronenverlichtung als auch der Absterberate. In Hessen blieben die Werte hingegen durchschnittlich. Auch bei der **Hainbuche** wurden in Sachsen-Anhalt ungewöhnlich hohe Verlichtungswerte festgestellt, für Hessen lag 2019 der zweithöchste Wert der Zeitreihe vor. Besonders auffallend ist die Situation der **Esche** in Schleswig-Holstein. Die mittlere Kronenverlichtung ist seit 2004 angestiegen, zeitlich verzögert stieg ab 2010 die Absterberate. Hier zeigt sich die besondere Belastung der Esche

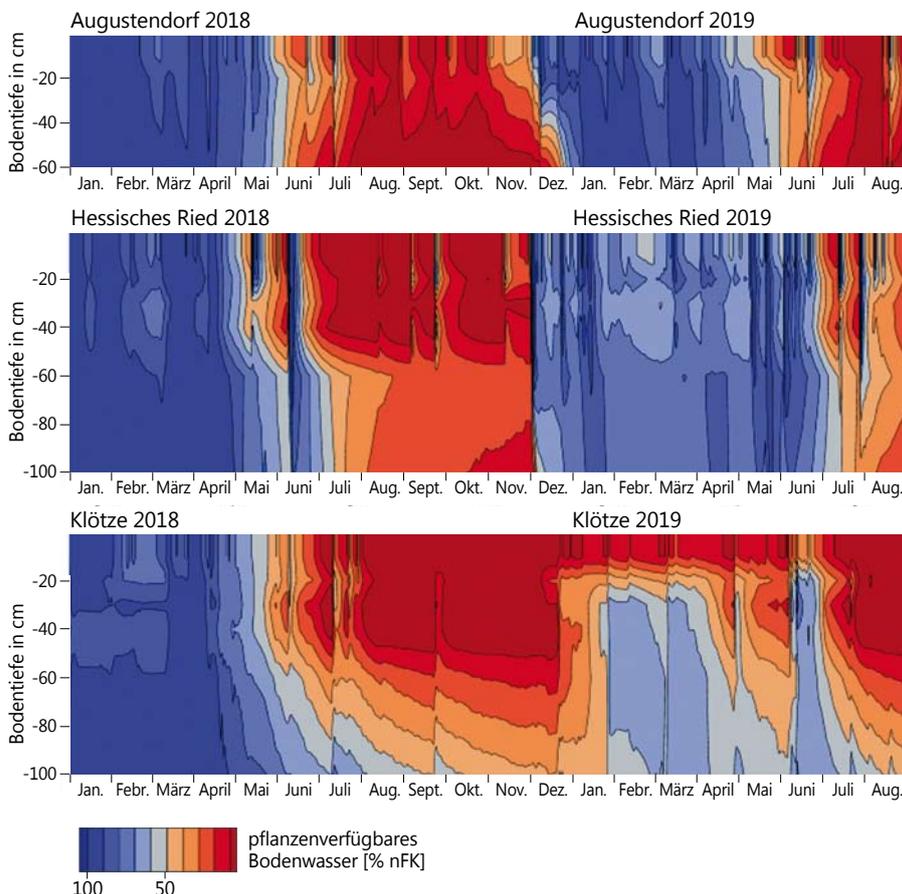
durch das Eschentriebsterben. In Sachsen-Anhalt war kein eindeutiger Trend bei der mittleren Kronenverlichtung der Esche abzulesen. Die Absterberate war 2019 jedoch erhöht. Bei der **Europäischen Lärche** fallen 2019 in Hessen, Niedersachsen und Sachsen-Anhalt die höchsten Absterberaten im Beobachtungszeitraum auf.

Bei der **Douglasie** wurden in Hessen, Niedersachsen und Schleswig-Holstein im Vergleich zur Fichte relativ niedrige Verlichtungswerte in der Zeitreihe ermittelt. 2018/2019 war in Niedersachsen und Schleswig-Holstein die Verlichtung überdurchschnittlich hoch, in Hessen dagegen lag sie auf dem Niveau der Vorjahre.

## Wachstum und Bodenfeuchte auf Standorten des Intensiven Monitorings

Ein wesentliches Merkmal der Vitalität ist das Wachstum der Bäume. Die Wirkung der Witterung auf den Zuwachs der Bäume lässt sich besonders gut anhand der Bodenfeuchte beurteilen, da Bäume ihren Wasserbedarf mittels ihres Wurzelsystems aus dem im Boden gespeicherten Wasser decken. Exemplarisch wird für drei Standorte des Intensiven Umweltmonitorings (Level II) die Entwicklung der Bodenwasserverfügbarkeit von Januar 2018 bis August 2019 und deren unmittelbare Wirkung auf das Baumwachstum betrachtet. In Anlehnung an die Kartendarstellungen in der Abb. Seite 21 wird dabei die Bodenfeuchte als relativer Anteil an dem maximal pflanzenverfügbaren Bodenwasser (nutzbare Feldkapazität nFK) für die oberen 60 bzw. 100 cm der Böden dargestellt. Die Größenordnung der nFK variiert aufgrund der Bodenverhältnisse zwischen den Standorten. In Augustendorf (Niedersachsen) und Klötze (Sachsen-Anhalt) werden aufgrund des hohen Sandanteils bezogen auf 1 m Profiltiefe nur 101 bzw. 112 mm erreicht, auf der Fläche im Hessischen Ried infolge höherer Schluff- und Tongehalte dagegen 168 mm.

### Entwicklung der Bodenfeuchte (Januar 2018 bis August 2019) auf ausgewählten Flächen des Intensiven Monitorings



## Entwicklung der Bodenfeuchte

Während zu Beginn der Vegetationszeit Anfang April 2018 auf allen drei Standorten die Bodenwasserspeicher fast vollständig aufgefüllt waren, stellt sich zu Beginn der Vegetationszeit 2019 die Situation sehr unterschiedlich dar (Abb. links). In Augustendorf wurde mit knapp 90 % der Bodenwasserspeicher erneut fast vollständig aufgefüllt. Im Hessischen Ried hingegen wurden bis 1 m Bodentiefe nur rund 75 % der nFK erreicht und in Klötze sogar nur 55 %.

Die Bodenfeuchtemessungen an diesen Standorten bestätigen das regionale Muster der Bodenwasserverfügbarkeit (nFK WRe in der Abb. Seite 21), wonach u. a. in den tieferen Lagen Südhessens, insbesondere jedoch in weiten Teilen Sachsen-Anhalts die Winterniederschläge nicht ausreichen, um die infolge der extremen Witterung 2018 entstandene lang anhaltende und tiefgründige Bodenaustrocknung kompensieren zu können. Obwohl die

# Auswirkungen der Stürme und der Dürre 2018/2019 auf die Vitalität der Wälder in Nordwestdeutschland

Witterung in der Vegetationszeit bis August 2019 deutlich weniger extrem verlief als im Vergleichszeitraum des Vorjahres, führte die vielerorts unzureichende Wiederbefeuchtung der Böden zu einer ähnlich frühen und intensiven Austrocknung.

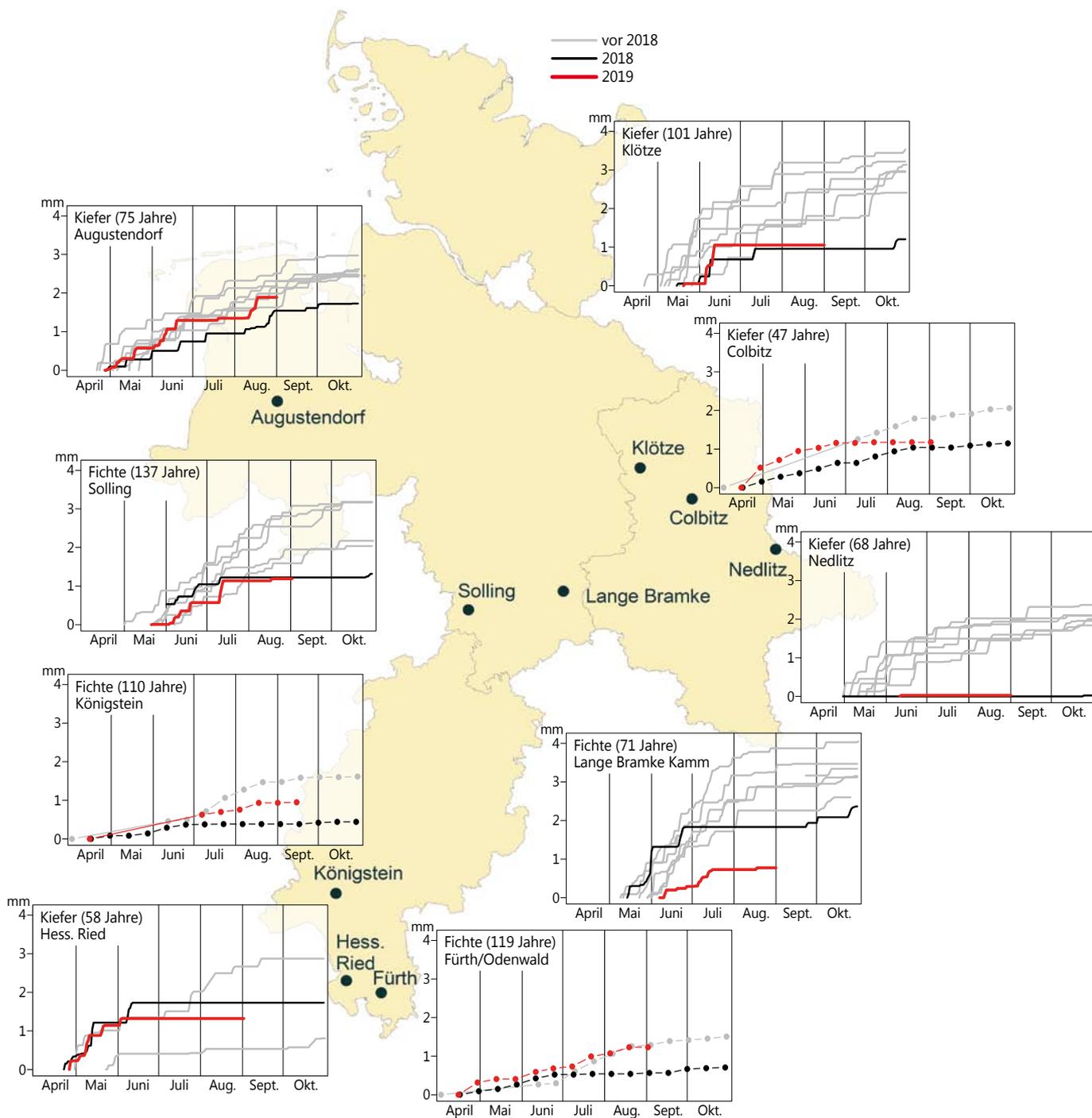
## Zuwachs 2018 und 2019

Für 19 Flächen des Intensiven Umweltmonitorings (Level II) wird das mittlere Dickenwachstum ausgewählter Baumstämme der Hauptbaumarten im Jahr 2019 dem der Vorjahre gegenübergestellt. Die Messung erfolgte in 1,3 m Höhe

und wird als Radialzuwachs in Millimeter (mm) angegeben. Von 11 Flächen liegen hochauflösende Dendrometerdaten vor, von weiteren acht Flächen 14-tägige Ablesungen der Dauerumfangmessbänder.

Das Radialwachstum der **Fichten** (Abb. unten) begann 2019 in Fürth (Odenwald) bereits Ende April, im Solling und der Langen Bramke (Harz) Ende Mai bzw. Anfang Juni. Während das Wachstum der Fichte 2018 zunächst durch einen durchschnittlichen Verlauf gekennzeichnet war, stellten die Bestände trockenheitsbedingt ihr Wachstum im Hochsommer zeitig ein. Dies führte zum insgesamt niedrigsten Radialzuwachs der vergangenen Jahre. 2019 war auf den Flächen

Jährlicher Verlauf des Radialzuwachses (mm) auf ausgewählten Fichten- und Kiefernflächen des Intensiven Monitorings



# Auswirkungen der Stürme und der Dürre 2018/2019 auf die Vitalität der Wälder in Nordwestdeutschland

Solling und Lange Bramke (Niedersachsen) von Beginn an ein sehr geringer Zuwachs zu beobachten, bereits ab Mitte Juli kam dieser fast vollständig zum Erliegen. Bis Ende August ergab sich für die Fichten im Solling ein ähnlich niedriges Zuwachsniveau wie im Vorjahr, in der Langen Bramke wurde mit einem mittleren Radialzuwachs von nur 0,8 mm die geringe Zuwachsleistung des Vorjahres (1,8 mm) noch einmal drastisch unterschritten.

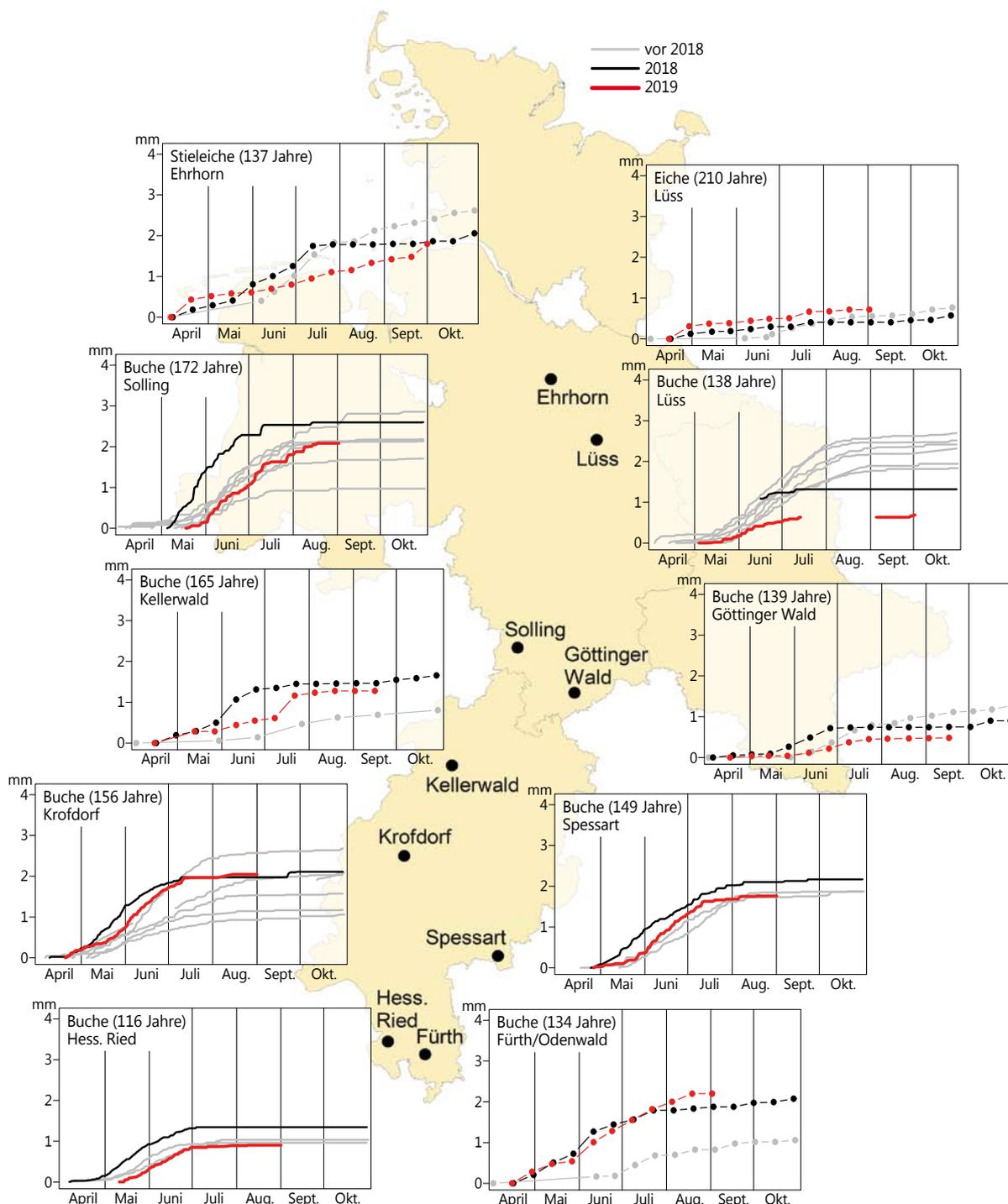
Auf den Flächen Königstein (Taunus) und Fürth (Odenwald, Hessen) hingegen wuchsen die Fichten 2019 besser als 2018 und stellten das Wachstum erst Mitte August ein. In Fürth war der mittlere Radialzuwachs mit 1,2 mm deutlich höher

als 2018 (0,7 mm), in Königstein lag er mit 0,9 mm zwischen dem Zuwachs der Jahre 2017 und 2018.

Die **Kiefer** in Augustendorf wies im Gegensatz zu den übrigen Flächen 2019 von Beginn an höhere Zuwächse auf als im Vorjahr. Die nahezu vollständige Auffüllung des Bodenwasserspeichers im Winter sowie kurze, aber intensive Niederschlagsereignisse im Juni und August trugen hier dazu bei, dass die Kiefer bis Ende August ein mit den Jahren vor 2018 vergleichbares Zuwachsniveau erreichte (Abb. Seite 27).

Der Radialzuwachs der drei Kiefernflächen in Sachsen-Anhalt verlief unterschiedlich, erreichte jedoch bis Ende August 2019 jeweils eine mit 2018 vergleichbare Größen-

Jährlicher Verlauf des Radialzuwachses (mm) auf ausgewählten Buchen- und Eichenflächen des Intensiven Monitorings



# Auswirkungen der Stürme und der Dürre 2018/2019 auf die Vitalität der Wälder in Nordwestdeutschland



Kontinuierliche (Dendrometer) und periodische (Dauerumfangmessband) Zuwachsmessung im Intensiven Monitoring  
Foto: J. Weymar

ordnung. Damit waren erneut deutlich niedrigere Zuwächse als in den Vorjahren zu beobachten. In Nedlitz wurde sogar zum zweiten Mal in Folge bis Ende August kein Zuwachs verzeichnet.

Mit insgesamt geringen Zuwächsen und einem Ausbleiben weiterer Zuwächse ab Anfang Juni reagierte die Kiefer im Hessischen Ried, Klötze, Colbitz und Nedlitz unmittelbar auf die unzureichende Auffüllung der Bodenwasserspeicher im Winter und einer daraus resultierenden, erneut sehr frühen und tiefgreifenden Bodenaustrocknung.

Wird eine Phase intensiver Bodenaustrocknung vorübergehend durch ausreichend hohe Niederschläge unterbrochen, ist die Kiefer jedoch auch in der Lage, das Wachstum ebenso unvermittelt wieder aufzunehmen. Nachdem in Klötze bereits Mitte April eine starke Austrocknung des Bodens einsetzte, führte ein starkes Niederschlagsereignis im Juni für einige Wochen zu einer Wiederbefeuchtung des Bodens. Genau in diesem Zeitfenster setzte abrupt ein starker Radialzuwachs der Kiefern von mehr als 1 mm in nur acht Tagen ein.

Hinsichtlich der trockenheitsbedingt geringen oder sogar fehlenden Zuwächse der Kiefer zwischen April und Oktober 2018 ist anzumerken, dass diese Zuwachsdefizite in den nachfolgenden Wintermonaten teilweise kompensiert werden können. Eine solche Verschiebung bzw. Ausdehnung der Zuwachsperiode bis in den Januar hinein wurde auch auf drei der hier untersuchten Flächen beobachtet. In Augustendorf wurde dabei ein Zuwachs von 0,7 mm verzeichnet, in Klötze und Nedlitz betrug dieser sogar 1 mm. In Augustendorf entfielen damit 30 %, in Klötze 45 % und in Nedlitz 100 % des Jahreszuwachses auf die Monate November 2018 bis Januar 2019.

2018 verzeichnete die **Buche** trotz der enormen Sommer-trockenheit meist ungewöhnlich hohe Zuwächse (Abb. Seite 28). Nahezu vollständig aufgefüllte Bodenwasserspeicher in Kombination mit hohen Temperaturen führten zu diesen

vergleichsweise starken Radialzuwächsen. Der ausgeprägten Trockenheit in späteren Monaten kam eine untergeordnete Bedeutung zu, da der Großteil des Radialwachstums der Buche üblicherweise in der ersten Hälfte der Vegetationsperiode erfolgt.

Der Radialzuwachs 2019 entspricht auf sechs der acht Flächen mindestens dem mittleren Wachstum der Vorjahre. Auf zwei von sechs Flächen wird sogar das erhöhte Wachstum von 2018 erreicht. Zwei Flächen (Lüss und Göttinger Wald) bleiben 2019 unter dem Niveau der Vorjahre.

Auf den Flächen Fürth (Odenwald) und Krofdorf lag der Zuwachs 2019 geringfügig höher als 2018, da das Wachstum nicht so früh eingestellt wurde. Ein häufig beschriebenes, um ein Jahr verzögertes Einbrechen des Zuwachses der Buchen nach extremer Trockenheit, ist auf der Mehrzahl der hier untersuchten Flächen nicht zu erkennen. Zu beobachten ist dieser Effekt dagegen für die Standorte Lüss im östlichen Niedersachsen und Göttinger Wald. Nachdem hier bereits 2018 die Zuwachsleistung hinter den Vorjahren zurückblieb, fielen die Zuwächse 2019 noch einmal deutlich geringer aus als im Vorjahr. Ursache für die sehr geringen Zuwächse im Göttinger Wald könnte die Flachgründigkeit des dortigen Kalkstandortes und das damit verbundene Austrocknungsrisiko sowie der hohe Bestockungsgrad der Fläche sein. In Lüss könnten bei ebenfalls hohem Bestockungsgrad die hier vergleichsweise extremeren Witterungsbedingungen eine mögliche Erklärung liefern. Das östliche Niedersachsen war



Foto: M. Spielmann

# Auswirkungen der Stürme und der Dürre 2018/2019 auf die Vitalität der Wälder in Nordwestdeutschland



Abgestorbene Lärchen

Foto: M. Spielmann

neben Sachsen-Anhalt besonders stark von der Trockenheit 2018 und 2019 betroffen. Auch eine vergleichsweise intensive Fruktifikation, wie sie für die Buchen in Löss sowohl 2018 als auch 2019 registriert wurde, könnte zu einer Verringerung des Radialzuwachses beigetragen haben.

Trotz des zweiten Trockenjahrs in Folge war der Zuwachs der **Eichen** in Löss im Gegensatz zu den Zuwächsen der Buchen dieser Fläche höher als in den Jahren 2017 und 2018. Auf der zweiten Eichenfläche in Ehrhorn (Ostheide, Niedersachsen) lag der Zuwachs bei unterschiedlichem Verlauf Ende September auf dem Niveau von 2018.

**Insgesamt** zeigte sich bei Fichte und Kiefer 2018 verbreitet nur ein geringer Zuwachs, 2019 war das Wachstum regional sehr unterschiedlich. Die Buche hatte 2018 durchschnittliche bis hohe Zuwächse, 2019 war der Zuwachs – bis auf zwei Flächen in Niedersachsen – durchschnittlich. Der Zuwachs der Eiche zeigte 2018/2019 keine Auffälligkeiten.

## Fazit

Die Befunde zeichnen insgesamt für 2018 und 2019 einen vielerorts stark gestörten Waldzustand. Besonders betroffen sind die Wälder in Sachsen-Anhalt, vergleichsweise weniger Störungen finden sich in Schleswig-Holstein. Hervorzuheben ist die ungünstige Situation der Fichte, während die Eiche weniger betroffen erscheint.

- 2018 und 2019 waren durch extreme Witterungsbedingungen geprägt. Ein maßgeblicher, sich gegenseitig verstärkender Einfluss ging von einer Abfolge von Stürmen, Dürrephasen sowie Borkenkäferbefall aus.
- Im Jahr 2018 waren die Böden zu Beginn der Vegetationszeit (Wachstumsphase) besser mit Wasser gefüllt als 2019. Insbesondere in der Vegetationszeit 2018 trat ein extremes Defizit im Verhältnis von Niederschlag und Verdunstung auf; dieses fiel 2019 etwas geringer aus. Besonders ungünstige Werte wurden für Sachsen-Anhalt, das östliche und südliche Niedersachsen sowie für Südhessen ermittelt.

- In beiden Jahren traten in den Wäldern deutlich erhöhte starke Schäden und Absterberaten auf. Hohe Werte wurden für die Fichte festgestellt, insbesondere in Sachsen-Anhalt. Für Buche, Bergahorn, Birke, Hainbuche und Lärche sind Risiken durch ein mehrjähriges Aufeinanderfolgen von Jahren mit extremer Witterung nachzuweisen. Die Ausfallrate war in beiden Jahren deutlich erhöht. Räumlich und zeitlich sind klare Zusammenhänge mit der extremen Witterungssituation zu erkennen.
- Auf Trockenstress von Laubbaumarten weisen eingerollte Blätter und Kleinblättrigkeit hin. Beides kam besonders häufig in Sachsen-Anhalt vor.
- Wachstumsreaktionen auf Flächen des Intensiven Umweltmonitorings zeigten einen deutlichen Zusammenhang zur Entwicklung der Bodenfeuchte und bestätigen grundsätzlich die vorgenannten zeitlichen, regionalen und baumartenbezogenen Muster.
- Bemerkenswert ist die Kiefer in Nedlitz (Sachsen-Anhalt): Zum zweiten Mal in Folge war in der Vegetationszeit kein Durchmesserzuwachs zu verzeichnen, obwohl die Bäume noch leben. Die Baumart Kiefer passt sich an ein knappes Wasserangebot sehr gut an. Dies zeigt sich auch an einer Verlagerung von Wachstumsprozessen in die Wintermonate. Dem stehen allerdings die erhöhten Schäden an der Kiefer in Hessen gegenüber.

## Ausblick

Die Erfahrungen aus früheren Dürreperioden legen nahe, dass sich die Störungen in den Wäldern in den kommenden Jahren fortsetzen.

Beim Wiederaufbau klimaangepasster Wälder kann mit der Standortwasserbilanz das Trockenstressrisiko der Baumarten eingeschätzt und ein Beitrag zur Baumartenwahl geleistet werden (s. Seite 35: Wiederbewaldung von Schadflächen in Anpassung an den Klimawandel).

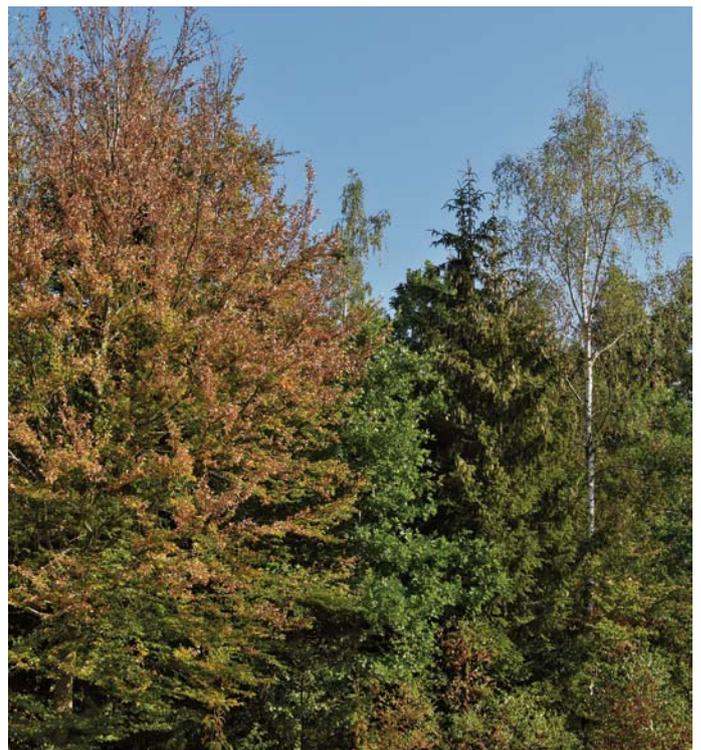


Foto: M. Spielmann

# Insekten und Pilze

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

## Borkenkäfer

Der extrem heiße, trockene und lang andauernde Sommer 2018 beeinträchtigte die Mehrzahl der Fichten- und Lärchenbestände durch starken Trockenstress. Gleichzeitig hatten die für Waldbäume gefährlichen Borkenkäferarten beste Vermehrungsmöglichkeiten. Bereits ab Jahresmitte führten erhebliche personelle Engpässe dazu, dass Aufarbeitung und Abfuhr von Schadholz nicht in dem Umfang gewährleistet werden konnten, wie es für eine Schadensbegrenzung notwendig gewesen wäre. In der Folge wurde bei lang anhaltender Aktivität und Vermehrung von Käfern bis zum Jahresende 2018 ein außerordentlich hohes Schadensausmaß erreicht, wie es in den Trägerländern der NW-FVA seit Jahrzehnten nicht mehr beobachtet wurde. Diese Schadensverläufe traten auch überregional in den anderen Bundesländern und in den Nachbarstaaten auf.

Die Zahl der im Herbst 2018 in Überwinterung gegangenen Borkenkäfer war außerordentlich groß. In den Wintermonaten konnten sich die Waldbäume nicht ausreichend vom Trockenstress revitalisieren. Damit lagen bereits zu Beginn der Käfersaison 2019 äußerst ungünstige Ausgangsbedingungen vor. Die allgemeine Gefährdungslage für die Forstbetriebe war extrem hoch.

Die ab April 2019 aus der Überwinterung ausschwärmenden, sehr großen Käfermengen trafen auf Fichten und Lärchen von weiterhin geringer Abwehrkraft. Anders als in anderen Käferjahren kam es so bereits nach den ersten Schwärmflügen zu umfangreichem frischem Stehendbefall.

Wie im Vorjahr entstand 2019 das umfangreichste, durch Borkenkäfer verursachte SchADVolumen durch den **Buchdrucker** (*Ips typographus*). Frischer Stehendbefall trat nicht nur in den ersten Wochen nach Verlassen der Überwinterungsorte auf, sondern das Schwärmen und die Anlage von Bruten zogen sich bis etwa Ende Juni. Verantwortlich für dieses über einen langen Zeitraum gestreckte Verhalten der Überwinterer dürfte neben der teilweise wechselhaften Witterung gewesen sein, dass aufgrund der sehr großen Populationsdichte häufig Überbesiedlungen von Fichten auftraten und das nachfolgende Ausweichen auf Nachbarbäume zu Geschwisterbruten führte. Außerdem schafften es unerwartet viele der im Spätherbst 2018 angelegten Bruten einer 3. Generation den Winter zu überleben und im Frühjahr ihre Entwicklung zum Jungkäfer zu vollenden. Diese Käfer der letztjährig 3. Generation schwärmten erst sehr spät nach einem Reifungsfraß und haben augenscheinlich oft erst im Juni 2019 frischen Stehendbefall verursacht. Zusammenfassend muss für den Buchdrucker festgestellt werden, dass bereits durch die Überwinterer ein sehr hoher Schaden entstand.

Die ab Ende Juni/Anfang Juli 2019 begonnene Besiedlung durch die Jungkäfer der 1. Generation fiel erwartungsgemäß nochmals wesentlich stärker aus. Vor allem im Bergland wurden vielerorts seit Ende Juli neue Brutherde auch mit hunderterten befallenen Fichten gefunden. Im Zuständigkeitsbereich der NW-FVA ist ein derartiger Schadensumfang durch Buchdrucker seit vielen Jahrzehnten nicht mehr beschrieben worden. Unklar ist Anfang September, ob noch die Anlage einer 3. Generation gelingt. Für wahrscheinlicher wird ge-



Borkenkäferbefall

Foto: NW-FVA, Abteilung Waldschutz



Foto: J. Weymar

halten, dass die Jungkäfer der 2. Generation ab etwa Mitte/Ende September in die Überwinterung gehen und damit in diesem Jahr keinen weiteren Schaden mehr anrichten.

Im Jahr 2018 hat sich auch der **Kupferstecher** (*Pityogenes chalcographus*) sehr gut vermehren können. Der insgesamt milde Winter bei geschwächter Fichte ermöglichte auch dem Kupferstecher im Frühjahr 2019 nochmals umfangreichen frischen Befall stehender Fichten. Bereits Ostern wurde vermehrt Stehendbefall gemeldet, meist ohne Beteiligung des Buchdruckers und in so großen Käfermengen, dass auch ältere Fichten am ganzen Stamm besiedelt wurden. Dieser Befall wurde in den folgenden Wochen von den Fichten oftmals ausgeharzt, so dass sich dort kaum Vermehrungsmöglichkeiten ergeben haben. Anders verhält es sich mit späterem Befall durch Kupferstecher, der dann alleine oder zusammen mit dem Buchdrucker erfolgreich Bruten anlegen konnte. Ab Sommer wurde erkennbar, dass zwar eine recht umfangreiche Kupferstecherbrut im späten Frühjahr angelegt wurde, die aber an den meisten Befallsorten nach Schlupf der Jungkäfer keinen nennenswerten neuen Befall verursacht hat.

Bereits 2018 hat der **Lärchenborkenkäfer** (*Ips cembrae*) sehr ausgeprägte Schäden an Lärche, sowohl in Reinbeständen als auch in Mischungen, verursacht. Die Hoffnung war, dass dieser Borkenkäfer an den meisten Orten in 2019 bereits wieder an Kraft verliert, so wie es bei sonstigen Massenvermehrungen der Art meist beobachtet wird. Jedoch wurde aus vielen Regionen gemeldet, dass wiederum sehr

# Insekten und Pilze

starke Schäden im Stehenden entstanden sind, was vermutlich den hohen Ausgangsdichten der Käfer und der schlechten Konstitution der Lärchen zum Winterende geschuldet ist. Untersuchungen von diesjährigen Brutten in verschiedenen Regionen deuten vielfach auf gestörte Entwicklungen von Lärchenborkenkäfern hin, so dass die nächste Käfergeneration ab Sommer an solchen Orten an Kraft verliert.

Ebenfalls schon in 2018 traten vermehrt Schäden an Buchen auf, bei denen **Buchenborkenkäfer** und -prachtkäfer beteiligt waren. Diese Tendenz verstärkte sich im ersten Halbjahr 2019 nochmals deutlich, teilweise wurden flächige Abgänge verzeichnet. In bisher untersuchten Fällen waren Buchenborkenkäfer und -prachtkäfer nicht Auslöser der Absterbeerscheinungen, sondern traten nach Trockenheit oder Pilzkrankungen als sekundäre Schädlinge auf. Nicht einschätzbar ist zurzeit, ob aufgrund der Prädisposition gestresster Buchen und durch die guten Vermehrungsmöglichkeiten dieser Käferarten Populationsdichten aufgebaut werden, die im weiteren Verlauf primär Schaden verursachen können.

## Eichenfraßgesellschaft

Die Populationsdichten des **Kleinen Frostspanners** (*Operophtera brumata* L.) und **Großen Frostspanners** (*Erannis defoliaria* Cl.) befinden sich in einer Progradationsphase. Die Überwachung des Frostspanners mit Hilfe von Leimringen im Herbst/Winter 2018 zeigte auf sämtlichen Überwachungsflächen einen deutlichen Anstieg der Frostspannerpopulationen, wobei die Warnschwelle nur lokal überschritten wurde.

In den letzten Jahren hat der **Eichenprozessionsspinner** (*Thaumetopoea processionea* L.) in Niedersachsen an forstlicher Bedeutung stark zugenommen. Im Bereich des NLF Forstamtes Wolfenbüttel wurde im Jahr 2019 Fraß durch den Eichenprozessionsspinner auf einer Gesamtfläche von 267 Hektar und im Bereich Gartow auf einer Gesamtfläche von 190 Hektar festgestellt.

Ein Teil der betroffenen Eichenbestände wurde im Rahmen einer Biozidmaßnahme zum Gesundheitsschutz mit einem biologischen Mittel behandelt.



Eichenprozessionsspinner Foto: NW-FVA, Abteilung Waldschutz

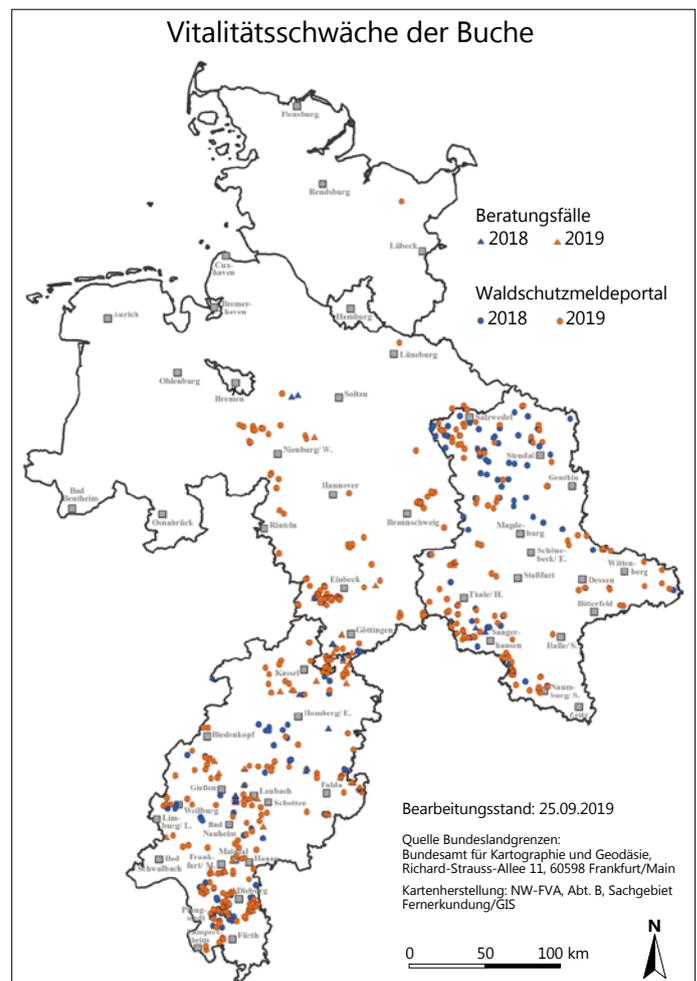
## Kieferngroßschädlinge

Die Ergebnisse des Monitorings der **Forleule** (*Panolis flammea* [Schiff.]) und des **Kiefernspinners** (*Dendrolimus pini* L.) mit Pheromonfallen haben einen Anstieg der Fangzahlen vor allem im nordöstlichen Niedersachsen ergeben. Warnschwellenüberschreitungen waren nicht zu verzeichnen und

Fraßereignisse durch Kieferngroßschädlinge oder **Nonne** (*Lymantria monacha* L.) wurden nicht gemeldet. In verschiedenen Bereichen Niedersachsens wurden Schäden durch die **Lärchenminiermotte** (*Coleophora laricella* Hübner) auf insgesamt 22 Hektar beobachtet.

## Komplexe Schäden an Rotbuche

Seit Herbst 2018 wurden teilweise bestandesbedrohende Absterbeerscheinungen bei Rotbuchen in Niedersachsen, Hessen und Sachsen-Anhalt beobachtet, die sich der so genannten Buchen-Vitalitätsschwäche zuordnen lassen. Ein wichtiger, auslösender Faktor war die lang anhaltende zu warme Phase vom März 2018 bis zum April 2019, die durch starke Niederschlagsdefizite gekennzeichnet war. Zuerst wurde ein Absterben von älteren Rotbuchen (meist >100-jährig) festgestellt, deren vertrocknete und verbrauchte Blätter den Winter 2018/2019 über in der Krone verblieben waren. Die betroffenen Rotbuchen hatten oft Feinreisigverluste und trieben meist nicht mehr aus. Im Frühjahr 2019 oder früher zeigten sich dann ein Absterben des Stammes von der Krone her sowie ein Auftreten von Schleimflussflecken. Diese Symptome waren mit Rindennekrosen, Rindenrissen und abplatzender Rinde verbunden. Sie ließen sich auf Sonnenbrand und/oder den Befall mit Rindenpilzen, teilweise gefolgt von einem Befall mit Borken- bzw. Prachtkäfern zurückführen. Nachfolgend traten verschiedene Holzfäulepilze auf.



Aktuelle Schadensmeldungen zur Rotbuche im Zeitraum 01/2018-09/2019

Quellen: Waldschutzmeldeportal der NW-FVA (WSMP) und Beratungsfälle im SG B3 der NW-FVA

# Insekten und Pilze

Besonders betroffen waren zum einen Rotbuchen, die bereits zuvor unter der Buchen-Vitalitätsschwäche litten. Zum anderen waren Bäume betroffen, die durch ihre Lage z. B. am Südhang, auf Kuppen, am Bestandesrand oder in Bestandesauflichtungen durch die lang anhaltende Hitze, hohe Sonneneinstrahlung und die Niederschlagsdefizite besonders stark in ihrer Vitalität beeinflusst waren. Nach der zu warmen und zu trockenen Witterung im Juni und Juli 2019 waren nahezu alle Altersklassen und zunehmend auch Bäume betroffen, die in günstigeren Lagen stockten, z. B. auf leichten Nordhängen auf Muschelkalk oder anderen gut nährstoffversorgten Böden, in Beständen, die an gute Wasserversorgung gewöhnt waren und trocken fielen oder vorgeschädigte Einzelbäume in geschlossenen Beständen.

Gegenüber früheren Beobachtungen, die das Schadbild der so genannten Buchen-Vitalitätsschwäche beschreiben, traten aktuell neben *Neonectria coccinea* und Folgepilzen oder dem Spaltblättling zusätzliche pilzliche Schaderreger auf, z. B. *Botryosphaeria stevensii* (*Diplodia mutila*), *Botryosphaeria corticola* (*Diplodia corticola*) und *Botryosphaeria dothidea* (*Fusicoccum aesculi*).

Besonders auffällig war der teilweise sehr schnelle Schadensfortschritt, der oft mit dem Wachstum des wärmeliebenden Holzfäuleerregers *Biscognauxia nummularia* (Münzenförmige Kohlenbeere) verbunden war. Dieser Schlauchpilz kann endophytisch, ohne Symptome hervorzurufen, unbemerkt im Bast und Splint von gesunden Bäumen leben. Erst wenn der Wirtsbaum z. B. unter Trockenstress leidet, kann dieser Pilz in seine schwächeparasitische Lebensphase übergehen. Zusätzlich wurde in diesem Jahr in bisher außergewöhnlicher Weise das Auftreten der Nebenfruchtform von *B. nummularia*, die in der Stammrinde der betroffenen Rotbuchen wuchs und jene zum Absterben brachte, beobachtet.



*Biscognauxia nummularia*, Hauptfrucht  
Foto: NW-FVA, Abteilung Waldschutz



Rußrindenerkrankung  
Foto: NW-FVA, Abteilung Waldschutz

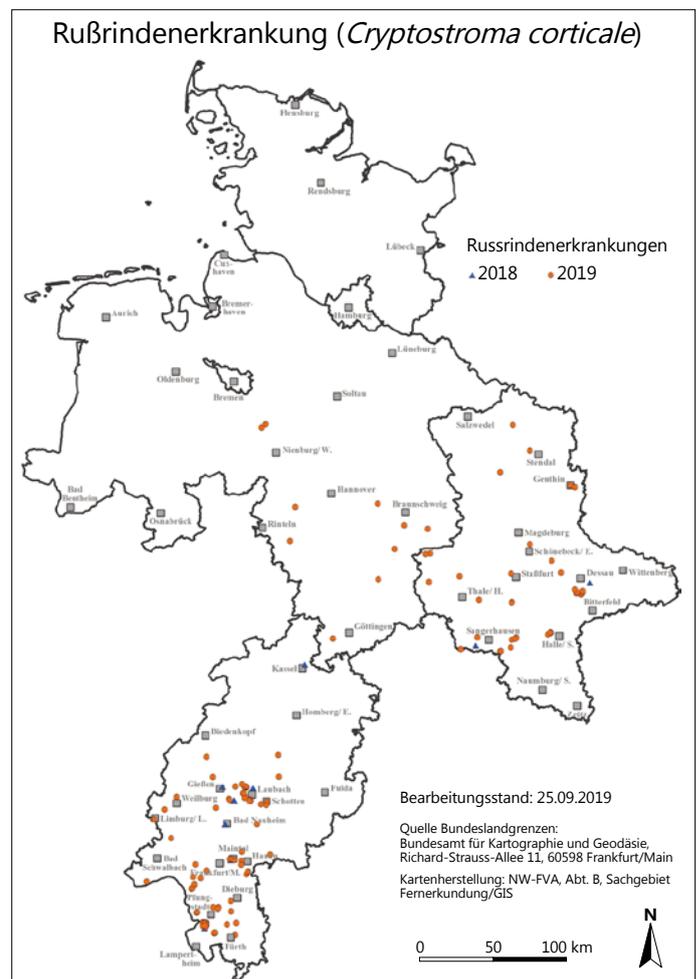
## Eschentriebsterben (ETS)

Das Eschentriebsterben (Erreger: *Hymenoscyphus fraxineus*) wird in Europa auf großer Fläche beobachtet. *H. 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. Die hohen Temperaturen in den vorangegangenen Monaten haben in einigen Beständen zur Verlangsamung des Schadensfortschritts und Verringerung der Neuinfektionen geführt.

## Rußrindenerkrankung des Ahorns

Als Folge der Witterungsverhältnisse 2018/2019 kam es in Niedersachsen, Hessen und Sachsen-Anhalt vermehrt zum Auftreten der Rußrindenerkrankung des Ahorns. Verursacht wird diese Erkrankung durch den ursprünglich in Nordamerika beheimateten, invasiven Schlauchpilz *Cryptostroma corticale*. Die Rußrindenerkrankung trat in erster Linie beim Bergahorn (*Acer pseudoplatanus*) auf.

*C. corticale* scheint ein Profiteur der warmen Witterung zu sein, da er dann in den Geweben seiner Wirte schneller wachsen kann als bei niedrigeren Temperaturen. Zudem breitet er sich schneller in seinem Wirtsbaum aus, wenn dieser unter Wassermangel leidet (Dickenson und Wheeler 1981).



Schadensfälle an Ahorn mit der Rußrindenerkrankung in den Trägerländern der NW-FVA

# Insekten und Pilze

Weil die Standsicherheit der befallenen Bäume durch mögliche, nachfolgende Weißfäulepilze oft nicht mehr gegeben ist, wird in Bereichen mit erhöhter Verkehrssicherungspflicht eine Fällung der Bäume empfohlen.

Potentiell kann zwar eine Gesundheitsgefährdung für den Menschen beim Umgang mit befallenem Holz und intensiver, langanhaltender Exposition gegenüber den Sporen auftreten, das Risiko einer Erkrankung wird jedoch bei Einhaltung der Schutzmaßnahmen als gering eingestuft.

## Diplodia-Triebsterben der Kiefer

Der wärmeliebende Pilz *Sphaeropsis sapinea* (Synonym: *Diplodia sapinea*) tritt seit einigen Jahren verstärkt auf. Es ist davon auszugehen, dass dieser Pilz endophytisch in allen Kiefernbeständen des Zuständigkeitsbereichs der NW-FVA vorkommt. 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.

Schadensfälle wurden 2019 in Kulturen und älteren Bäumen in Niedersachsen (Kiefer, Douglasie Küstentanne), Sachsen-Anhalt (Kiefer, Douglasie) und Hessen (Kiefer, Douglasie Küstentanne) beobachtet. Auffällig war bei Kiefern, Douglasien und Küstentannen die Bildung von schildartigen Rindennekrosen an Stämmen und Ästen, die durch *S. sapinea* verursacht wurden. Sie führten meist zum Absterben der betroffenen Bäume bzw. von Kronenteilen.

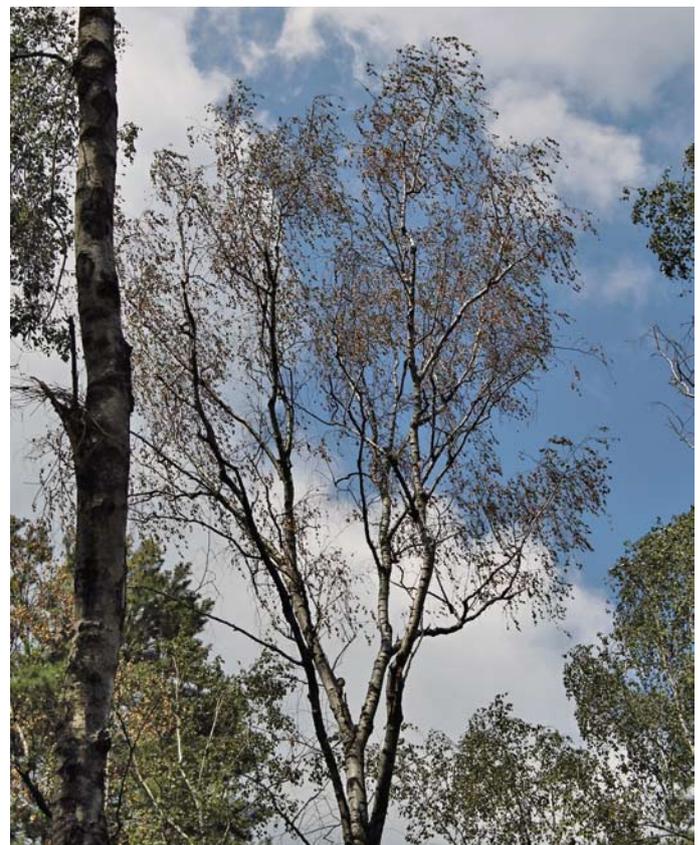


Kieferntriebsterben

Foto: E. Langer

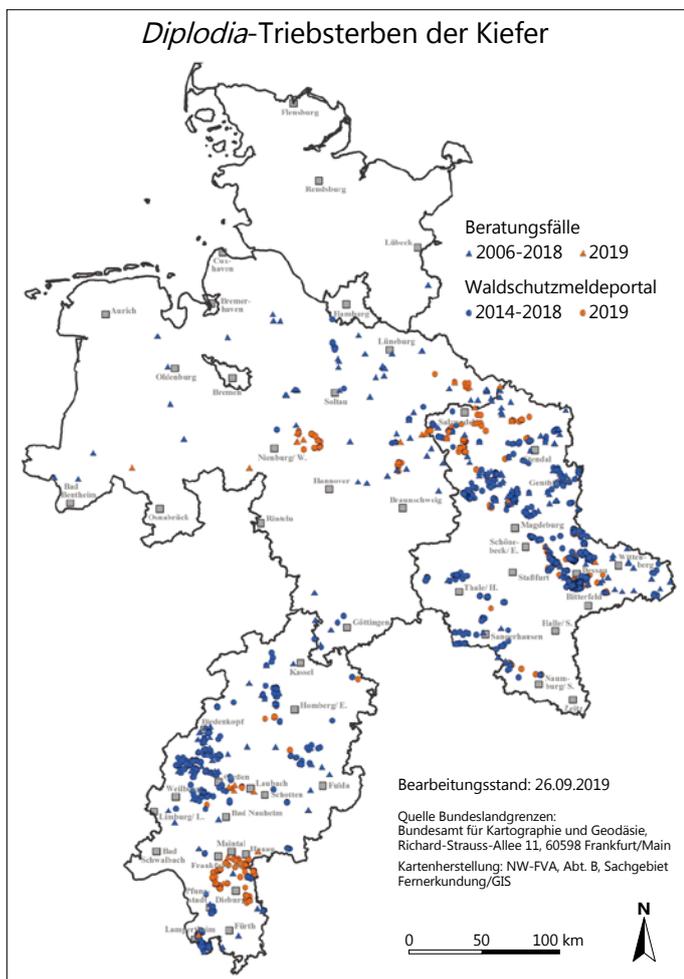
## Melanconium-Birkensterben

Unter anderem als Folge des vergangenen Hitze- und Dürresommers 2018 und nachfolgenden Perioden mit Niederschlagsdefiziten und zu warmen Temperaturen im Jahr 2019 wurden komplexe Schäden und Absterbeerscheinungen bei Birken in Niedersachsen, in Sachsen-Anhalt und in Hessen beobachtet. Für das Absterben war, abgesehen von einer abiotischen Vorschädigung der betroffenen Bäume, eine *Melanconis*-Art (Nebenfruchtform: *Melanconium*) maßgeblich verantwortlich. Beobachtete Symptome sind Schleimflussflecken, Rinden- und Kambiumnekrosen, Trieb und Aststerben sowie Absterben der betroffenen Bäume.



Birkensterben

Foto: J. Weymar



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

# Wiederbewaldung von Schadflächen in Anpassung an den Klimawandel

Ralf-Volker Nagel

## Ausgangslage 2019

Die Witterungsextreme der Jahre 2018 und 2019, beginnend mit dem Wintersturm „Friederike“ und einer darauf folgenden Dürre, die sich in weiten Teilen des Zuständigkeitsbereiches der NW-FVA auf das Jahr 2019 ausdehnte, führte zu bisher noch nicht zu ermessenden Schäden an unseren Waldbeständen. Gerade in besonders stark von den Schäden betroffenen Regionen und Revieren sucht man nach Orientierung und fachlichen Anhaltspunkten, wie unter diesen schwierigen Bedingungen eine bessere Anpassung unserer Wälder an die Herausforderungen der Zukunft gelingen kann. Solange die Schadursachen wie Borkenkäferflug und Dürre anhalten, besitzt zunächst weiter die Begrenzung der Schäden die höchste Priorität. Dazu werden alle Maßnahmen zur Eindämmung des aktuellen Schadgeschehens unter Einbeziehung fachlicher Unterstützung der Abt. Waldschutz der NW-FVA ergriffen. Möglichst präzise Schadensmeldungen im Waldschutzmeldeportal unterstützen die KollegInnen des Waldschutzes dabei. Parallel zu den großen Anstrengungen um Schadensbegrenzung laufen die Planungen der Wiederbewaldung an. In den Regionen mit schweren bestandesweisen Verlusten sind aktuelle Luftbilder als Planungsgrundlage zur Größenbestimmung und Abgrenzung der betroffenen Standorte nahezu unentbehrlich.

Durch den großen Umfang wird sich die Wiederbewaldung an klaren Prioritäten orientieren müssen und zwangsläufig mehrere Jahre in Anspruch nehmen. Im Gegensatz zu einem längerfristigen Waldumbau unter dem Altbestandschirm herrschen auf den entstandenen Freiflächen extreme klimatische Bedingungen mit starker Austrocknung und Verdunstung durch ungehinderte Sonneneinstrahlung und Wind, aber auch durch eine hohe Spätfrostgefahr. Diese Bedingungen diktieren das waldbauliche Vorgehen. Neben der teilflächigen Bepflanzung mit standortsgemäßen, an Freiflächenbedingungen besser angepassten Baumarten wie Trauben- und Stieleiche, Roteiche, Lärche und Douglasie werden standortsgemäße Naturverjüngungspotenziale ebenso einbezogen wie ein Vorwald aus Pionierbaumarten. Dessen Schutz wird für die spätere Etablierung frost- und strahlungsempfindlicher Schattbaumarten wie Rotbuche und Weißtanne genutzt.

## Entscheidungshilfen zur Klimaanpassung

Zur Einbeziehung des Klimawandels in die Planungen der Wiederbewaldung besteht ein akuter Bedarf an Entscheidungshilfen, um grobe Fehler hinsichtlich der zukünftigen Standortseignung, insbesondere der zu begründenden Hauptbaumarten, zu vermeiden. Höhere Temperaturen bei gleichbleibenden oder abnehmenden Niederschlägen und eine ungleichmäßige Niederschlagsverteilung (Dürreperioden und Starkregen) führen zu einem deutlich erhöhten Verdunstungsanspruch der Waldbäume und verursachen Trockenstress.

Als Entscheidungsgrundlage, die das berücksichtigt, erarbeitet die NW-FVA für alle Bundesländer ihres Zuständigkeitsbereiches Kartendarstellungen der künftig erwarteten so genannten Standortwasserbilanzen der Waldstandorte. Die Standortwasserbilanz berücksichtigt eine künftig stark



*Auf den entstandenen Blößen herrschen extreme klimatische Bedingungen für die Wiederbewaldung*  
Foto: J. Weymar

gesteigerte Verdunstung über die so genannte Klimatische Wasserbilanz in der Vegetationszeit (KWB). Diese Kenngröße drückt das Verhältnis zwischen Verdunstungsanspruch und zur Verfügung stehenden Niederschlägen während der künftig zudem verlängerten Vegetationszeit aus. Zu ihrer Abschätzung dienen Projektionen eines globalen Klimamodells (ECHAM6) für ein pessimistisches, derzeit aber wahrscheinliches Klimaszenario (RCP 8.5) für den Zeitraum 2041-2070. Ein zu Vegetationszeitbeginn aufgefüllter Bodenwasserspeicher kann akute Wasserdefizite zu einem gewissen, nach Standortsgüte unterschiedlichen Maß ausgleichen. Das für die Waldbäume verfügbare „Speichervolumen“ des Bodens wird durch die so genannte nutzbare Feldkapazität (nFK) ausgedrückt. Sie hängt v. a. von der Körnung, der Gründigkeit und dem Skelettanteil des Bodens ab. Die beste Basis für ihre Abschätzung bildet die forstliche Standortskartierung. Für eine flächendeckende Bestimmung mit hoher Genauigkeit sind wissenschaftliche Berechnungen erforderlich, die die Vielzahl detailliert aufgenommenen Bodenprofile der Standortskartierung nutzen.

Aus der Summe von Klimatischer Wasserbilanz und nutzbarer Feldkapazität ergibt sich schließlich die zur Klassifizierung der künftigen Trockenstressgefährdung grund- und stauwasserfreier Waldstandorte genutzte Standortwasserbilanz (SWB). Als Indikator für die künftige Trockenstressgefährdung der Waldstandorte wird sie in 50 mm-Stufen kartenmäßig dargestellt.

# Wiederbewaldung von Schädflächen in Anpassung an den Klimawandel

Klassifizierung des Trockenstressrisikos der Hauptbaumarten und zugeordneter Nebenbaumarten im Anhalt an die Standortwasserbilanz (Summe aus Klimatischer Wasserbilanz in der Vegetationszeit (Grasreferenz) und nutzbarer Feldkapazität (nFK))

## Baumartalternativen

Angesichts der aktuellen Waldschäden und der künftig erwarteten Häufung extremer Witterungsereignisse wie Dürreperioden wird in der forstlichen Praxis die Notwendigkeit zur Erweiterung der zur Verfügung stehenden Baumartenpalette breiter denn je diskutiert. Dabei rücken Baumarten in den Fokus, für die das forstliche Versuchswesen bei weitem nicht über die gleiche Wissens- und Erfahrungsbasis verfügt wie für die wenigen bisher als anbauwürdig identifizierten eingeführten Arten Douglasie, Küstentanne, Japanlärche und Roteiche. Die Einführung und die breitere praktische Verwendung bisher wenig erforschter Baumarten birgt neben

Trockenstressrisiko	Fichte	Buche	Eiche/ Douglasie	Kiefer
	Roterle* Moorbirke*	Weißtanne Japanlärche Bergulme Schwarznuß	Roteiche Ahornarten Esche Hainbuche Linde Europ. Lärche Küstentanne	Sandbirke Schwarzkiefer
gering	> 0 mm	> -50 mm	> -150 mm	> -200 mm
mittel	0 bis -80 mm	-50 bis -100 mm	-150 bis -350 mm	-200 bis -450 mm
hoch	< -80 mm	< -100 mm	< -350 mm	< -450 mm

\*benötigen hoch anstehendes Grundwasser

Die Baumarten weisen eine unterschiedliche Trockenheitstoleranz auf und sind deshalb nicht gleichermaßen von Trockenstress betroffen. Die Tabelle oben teilt die Baumarten deshalb in Gruppen mit unterschiedlichen Schwellenwerten für die Erwartung einer geringen, mittleren und hohen Trockenstressgefährdung ein.

Die Baumartenzuordnungen beruhen auf Literaturlauswertungen und Expertenwissen. Die Trockenstress-Risikostufen der Standortwasserbilanz bewerten die Vitalität, Widerstandsfähigkeit und Leistungsfähigkeit der Baumarten, stellen jedoch auch bei hoher Gefährdung keine absolute Existenz- oder Verbreitungsgrenze dar. Eine Baumart mit einem hohen Trockenstressrisiko scheidet auf dem betroffenen Standort als führende Baumart aus. Waldentwicklungsziele bzw. Bestandeszieltypen mit dieser Baumart als Hauptbaumart sind hier demzufolge nicht mehr umzusetzen. Solange die Standortwasserbilanz für die Baumart innerhalb eines mittleren Risikos liegt, kann sie jedoch auf dem gegebenen Standort Mischbaumart bleiben und vorhandene Vorverjüngung wird in die künftige Waldentwicklung einbezogen.

Chancen auch erhebliche Risiken von Fehlschlägen und möglicherweise sogar Gefahren für die heimischen Waldökosysteme, wie das Beispiel der Spätblühenden Traubenkirsche (*Prunus serotina*) zeigt. Für das forstliche Versuchswesen ergibt sich daraus die zwingende Notwendigkeit, die Wissensbasis über wichtige, derzeit als erfolgversprechend angesehene Baumarten schnell und umfassend unter Prüfung der Kriterien der Anbauwürdigkeit und ökologischen Zuträglichkeit zu erweitern. Für einen Teil der Baumarten kann dazu auf Anbauversuche zurückgegriffen werden, die mittlerweile ein Alter erreicht haben, das die aussagekräftige Auswertung erlaubt. Dies gilt u. a. für Riesenlebensbaum, Westliche Hemlocktanne, Korsische Schwarzkiefer sowie in geringerem Umfang für Schindelrindige Hickory, Orientbuche und Schwarznuß. Für die anderen Baumarten wie Baumhasel und Altlastzeder werden sich die anstehenden Untersuchungen zunächst ausschließlich auf die wissenschaftliche Analyse bereits in Nordwestdeutschland etablierter Vorkommen sowie umfassende Literaturrecherchen stützen müssen. Erste Ergebnisse der dazu anlaufenden Projekte sind Ende 2020 zu erwarten.



Das angestrebte Ziel sind anpassungsfähige, strukturierte Mischbestände unter Einbeziehung standortsgemäßer Naturverjüngung

Foto: M. Spielmann

# Weiß-Tanne (*Abies alba*) als Baumart im Klimawandel

Matthias Paul, Aki Michael Höltken, Samuel Schleich,  
Matthias Moos und Wilfried Steiner

## Ausgangslage

Aufgrund des Klimawandels und der damit verbundenen Folgen für die Waldbewirtschaftung werden an der NW-FVA auch die Möglichkeiten für eine Erweiterung des Baumartenspektrums evaluiert. Dabei geht es um die nachhaltige Sicherstellung aller Waldfunktionen. Neben Fragen der künftigen Nadelholzversorgung stehen auch zunehmend Probleme der ökologischen Stabilisierung und der Walderhaltung im Mittelpunkt der Diskussionen. Eine Baumart, die in diesem Zusammenhang immer wieder in den Fokus rückt, ist die Weiß-Tanne. Aufgrund ihres intensiven Wurzelsystems kann die Weiß-Tanne auf vielen Standorten eine ökologisch und ökonomisch stabilisierende Funktion in unseren Wäldern einnehmen. Im Gegensatz zur Fichte bildet sie eine Pfahlwurzel aus und kann damit Wasser in tieferen Bodenschichten und wechselfeuchte Standorte besser erschließen. Unter anderem wegen dieser Eigenschaft soll die Weiß-Tanne insbesondere dort vermehrt als Mischbaumart eingebracht werden, wo die Fichte aufgrund der Entwicklung der Standortverhältnisse nicht mehr angebaut werden kann.

Nach der Eiszeit war die Weiß-Tanne eine der letzten Baumarten, die in Mitteleuropa eingewandert ist. Eine anthropogene Rückwanderungsunterstützung ist nahezu auszuschließen, da das Saatgut im Gegensatz zu verschiedenen Laubbölkern kaum eine Bedeutung für den Menschen hatte und auch nicht ohne weiteres gewonnen werden konnte (Tegel und Büntgen 2015). Darüber hinaus gibt es Hinweise, dass eine weitere natürliche Ausbreitung der Weiß-Tanne durch anthropogene Einflüsse verhindert wurde (vgl. Tinner et al. 2013).

In Nordwestdeutschland befindet sich die Weiß-Tanne außerhalb ihres natürlichen Verbreitungsgebietes. Wie bei kaum einer anderen Baumart gehen bei der Weiß-Tanne

die Einschätzungen über Potenzial und Anbauwürdigkeit so weit auseinander. Für den Anbauerfolg in Zeiten des Klimawandels ist deshalb eine sachliche, wissenschaftlich gesicherte Einschätzung der Anbauwürdigkeit geboten. Die dringend notwendigen Neuanlagen wissenschaftlicher Feldversuche benötigen aber mindestens 20 bis 30 Jahre für fundierte Anbauempfehlungen. Aufgrund der aktuell schon vorhandenen Schäden in den Wäldern muss nach Möglichkeiten gesucht werden, der Praxis kurzfristig möglichst fundierte Hinweise zum Tannenbau zur Verfügung stellen zu können. Die jetzt notwendigen Aufforstungen der Schadflächen müssen künftige klimatische Entwicklungen im Fokus haben und Fragen der Standortseignung, der Waldbausysteme und des geeigneten Vermehrungsgutes beachten. Für die Bereitstellung von hochwertigem Vermehrungsgut werden künftig genetische Gesichtspunkte eine entscheidende Rolle spielen, denn es müssen Bestände mit einer hohen Anpassungsfähigkeit unter sich wandelnden Umweltbedingungen etabliert werden.

## Evaluierung vorhandener Bestände der Weiß-Tanne und erste Ergebnisse

Seit 2018 werden an der NW-FVA alle verfügbaren Informationen zum Weiß-Tannen-Anbau in Nordwestdeutschland gebündelt und systematisiert. Dazu werden Praxisanbauten berücksichtigt, die i. d. R. über 60 Jahre alt sind. Die Grundannahme besteht darin, dass diese Vorkommen schon erste Anpassungsprozesse an ihren Standorten durchlaufen haben. Im Ergebnis liegen für den Bereich der NW-FVA nun Informationen über ca. 4.000 Vorkommen vitaler und offensichtlich standortsangepasster älterer Weiß-Tannen-Anbauten vor. Diese bilden die Grundlage für weitere Untersuchungen.

**Standort:** Erste Auswertungen (Schmucker und Boots 2019) zeigen, dass die Bestände zum großen Teil auf Standorten mit guter Wasserversorgung und mittlerer Trophie stocken. Weitere Studien bezüglich geeigneter Standortsamplituden

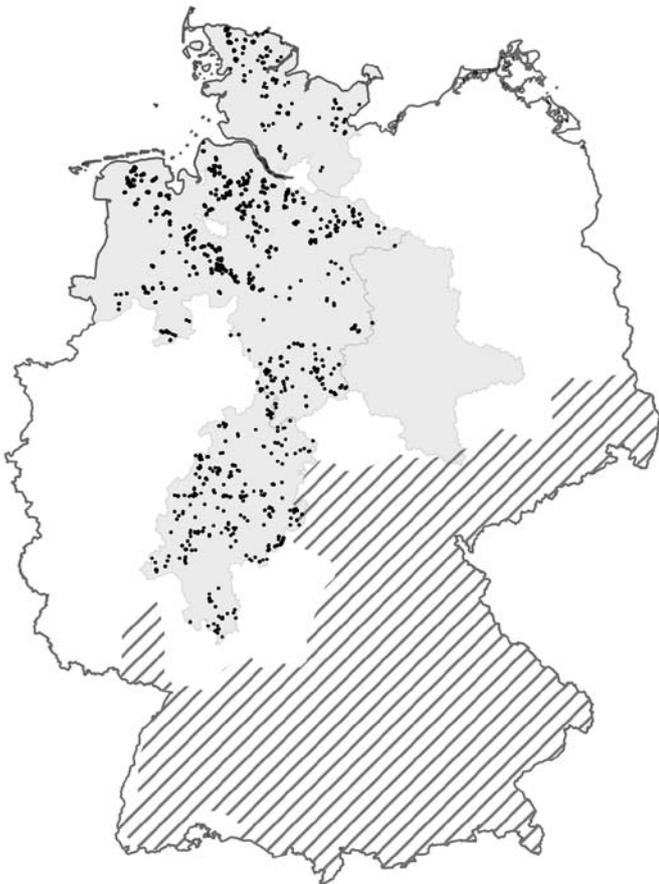


Natürliche Verjüngung der Weiß-Tanne im Mischbestand im südlichen Niedersachsen

Foto: A.M. Höltken

# Weiß-Tanne (*Abies alba*) als Baumart im Klimawandel

Natürliches Verbreitungsgebiet der Weiß-Tanne in Deutschland (schraffiert) und erfasste Vorkommen im Bereich der NW-FVA (Punkte); Stand 2019



und der Leistungsfähigkeit stehen noch aus. Dennoch lässt sich bereits jetzt erkennen, dass die Weiß-Tanne auf trockenen Standorten ohne Grundwasseranschluss ihre Anbau-grenzen hat.

**Genetik:** Gerade bei Baumarten mit langen Generationszyklen kommt der genetischen Vielfalt eine besonders große Bedeutung zu. Denn nur in genetisch vielfältigen Populationen können Nachkommenschaften mit einer Fülle unterschiedlicher genetischer Typen und mit dem notwendigen Anpassungspotenzial erzeugt werden. Genetische Einengung und Inzuchtdepression führen zu verringerter Vitalität und erhöhten Ausfallraten. Stammt der Bestand von nur einem oder nur wenigen möglicherweise sogar verwandten Mutterbäumen ab, können diese Beeinträchtigungen am Altbestand oft noch nicht beobachtet werden, sondern erst in der Folgegeneration (Llamas-Gomez und Braun 1995). Von besonderer Bedeutung ist auch, aus welchem Refugialgebiet und auf welcher Rückwanderungsrouten die Weiß-Tanne nach der letzten Eiszeit wieder nach Mitteleuropa eingewandert ist. Vorkommen, die über den Ost- und Westalpenweg gekommen sind, zeigen tendenziell eine geringere genetische Vielfalt als dies beim Balkanweg der Fall ist. Mit genetischen Markern kann der Ursprung einzelner Vorkommen geklärt werden (Konnert und Bergmann 1995).

**Saatgutbestände:** Lokale Tannenvorkommen stellen wertvolle genetische Ressourcen dar. Deshalb wird im Rahmen der Evaluierung auch die Eignung als Forstsaatgutbestand geprüft, um die regionale genetische Vielfalt erhalten bzw. noch weiter zu erhöhen. Saatgutbestände sollten aber keine Beimischungen der Nordmann-Tanne (*A. nordmanniana*) enthalten, da beide Arten miteinander hybridisieren. Da diese Arten bzw. Hybriden in Altbeständen oft nur schwer

Strategie zur Evaluierung vorhandener Saatgutquellen sowie potenzieller Anbauflächen der Weiß-Tanne

Erhaltung und nachhaltige Nutzung vorhandener genetischer Ressourcen

Erfassung vorhandener Vorkommen (Inventuren, Abfrage)

Ökologisch-genetische Analyse (Standorte, Genetik, Herkunft, Behandlung, Historie)

Zulassung als Saatguterntebestand

Aufbau von WTa-Samenplantagen

generative Nachzucht, Saatgut- und Pflanzenproduktion

Qualifizierung des genetischen Potentials, Erweiterung der Anbaufläche

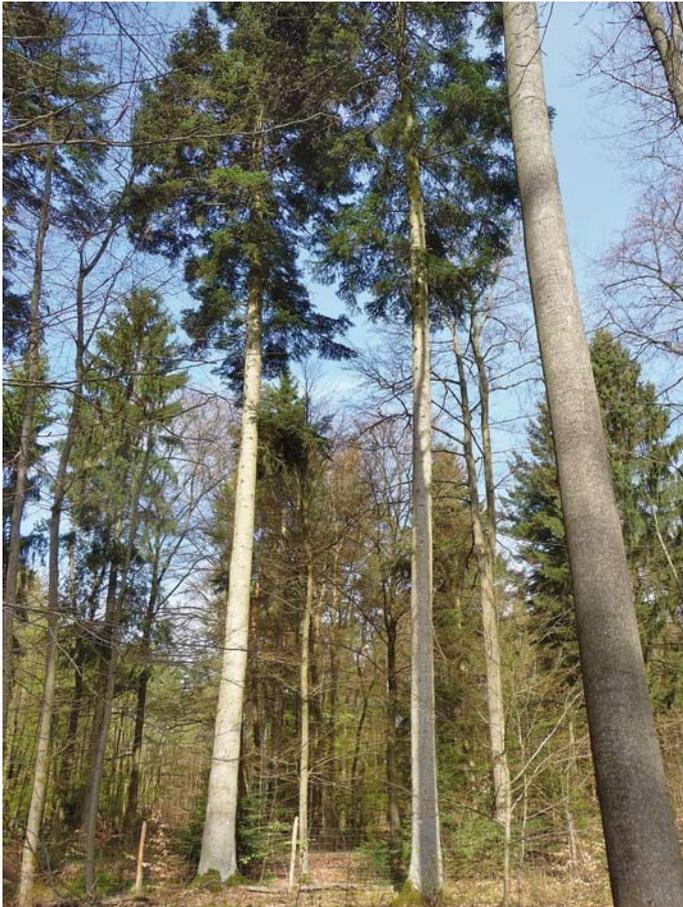
Anbauerfahrungen der Forstpraxis

Provenienz- und Anbauversuche

neue Standorte für den Aufbau, geeignete Quellen für den Saatgutimport

Qualifizierung von Herkunftsempfehlungen, Entwicklung der Anbauempfehlungen

# Weiß-Tanne (*Abies alba*) als Baumart im Klimawandel



Altbäume der Weiß-Tanne im Mischbestand

Foto: M. Paul

unterscheidbar sind, können genetische Analysen wichtige Hinweise für eine Zulassung als Saatgutbestand bzw. für eine gezielte Entnahme einzelner Bäume geben.

## Herkunftsversuche bei der Weiß-Tanne

Von den im Bereich der NW-FVA angelegten Herkunftsversuchen mit Weiß-Tanne sind zwei niedersächsische Serien besonders interessant. Sie wurden 1981 sowie 1987 angelegt, letztere als Teil eines internationalen Provenienzversuchs der IUFRO (Internationaler Verband Forstlicher Versuchsanstalten) (Eder 1995, Svolba 1995). Bis zum Alter 31 bzw. 25 haben sich insbesondere Herkünfte aus Rumänien und Polen bewährt. Von den deutschen Herkünften hat die Herkunft „Zwiesel“ aus dem Bayerischen Wald am besten abgeschnitten.

Gemeinsam mit anderen forstlichen Versuchsanstalten wurde 2015 eine deutschlandweite Versuchsserie mit deutschen und rumänischen Weiß-Tannen-Herkünften angelegt, darunter auch drei Flächen in Schleswig-Holstein, Hessen und Niedersachsen. Hiervon sind zukünftig weitere Erkenntnisse zu erwarten.

## Erfahrungen und Empfehlungen für den Weiß-Tannen-Anbau

**Standortswahl:** Erkenntnisse zur geeigneten Standortswahl basieren auf Erfahrungen der Forstpraxis. Ein größeres systematisches wissenschaftliches Versuchsflächennetz zur Anbauwürdigkeit der Weiß-Tannen liegt im Bereich der NW-FVA nicht vor. Es ist anzunehmen, dass das für Tanne geeignete Standortsspektrum größer als das aktuelle ist.

Um dies herauszufinden, ist weitere Forschung notwendig. Mit zunehmenden Erkenntnissen können auch die entsprechenden Waldbaurichtlinien und Herkunftsempfehlungen weiter entwickelt werden.

Für eine Einbringung der Weiß-Tanne sollten Bereiche im ökologischen Optimum herangezogen werden. Nach aktueller Erkenntnislage sind dies Standorte mittlerer Trophie mit ganzjährig mittlerer bis guter Wasserversorgung.

**Herkunftswahl:** Hier bieten die Herkunftsempfehlungen der Länder Entscheidungshilfen. Die guten Ergebnisse osteuropäischer Herkünfte spiegeln sich in den Herkunftsempfehlungen Niedersachsens wider, wo unter anderem Herkünfte aus Polen, Rumänien und der Slowakei empfohlen werden. Samenplantagen mit ihrer tendenziell höheren genetischen Vielfalt werden hier ebenfalls empfohlen.

Grundsätzlich sind immer auch zugelassene örtliche Herkünfte oder bewährte Ersatzherkünfte empfehlenswert. In Zusammenarbeit mit der Abteilung Waldgenressourcen der NW-FVA werden auch Praxisversuche mit bislang ungeprüften Herkünften als kontrollierte Anbauten angelegt.

**Bestandesbegründung:** Die Weiß-Tanne ist grundsätzlich als Mischbaumart unter Schirm (Frostschutz) einzubringen. Dabei spielen Saaten im Herbst eine besondere Rolle, da sie ein ungestörtes Wurzelwachstum ermöglichen. Dazu sind die notwendigen Saatgutmengen sicherzustellen. Das Pflanzmaterial sollte von ausgezeichneter Qualität sein. In den letzten Jahren haben sich unverschulte zwei- oder dreijährige Sämlinge (2/0 bzw. 3/0) bewährt. Da die Weiß-Tanne gerne vom Wild verbissen wird, ist der Anbau der Weiß-Tanne nur bei angepassten Wildbeständen zu empfehlen.

## Fazit

Sicherlich wird die Weiß-Tanne nicht alle forstlichen Probleme des Klimawandels lösen. Aber sie kann eine unter vielen Alternativen für die Zukunft sein. Die Dynamik der Entwicklung erfordert eine noch engere Zusammenarbeit von praxisorientierter Forschung der NW-FVA mit den KollegInnen vor Ort. Die Erfahrung aus der Praxis und die wissenschaftlichen Versuchsergebnisse können zusammen eine wichtige Grundlage für künftige Anbauempfehlungen darstellen.



Zapfen der Weiß-Tanne

Foto: M. Paul

# Stoffeinträge

## Birte Scheler

Nähr- und Schadstoffe werden mit dem Niederschlag in gelöster Form sowie durch den Auskämmeffekt der Baumkronen gas- und partikelförmig in Wälder eingetragen.

Aufgrund der großen Oberflächen der Kronen ist der atmosphärische Stoffeintrag im Vergleich der Landnutzungsformen in Wäldern am höchsten. Diese so genannte Immissionschutzfunktion des Waldes 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.

Im Solling wurde bereits 1968 auf je einer Buchen- und Fichtenfläche mit der systematischen Erfassung der Stoffeinträge begonnen, um die Wirkungen erhöhter Stoffeinträge und damit verbundene Risiken für Wälder, Waldböden und angrenzende Ökosysteme wie beispielsweise das Grundwasser beurteilen zu können. Aktuell wird in Niedersachsen im Rahmen des Intensiven Forstlichen Umweltmonitorings der Stoffeintrag in vier Fichten-, drei Buchen-, sowie jeweils einem Eichen- und Kiefernbestand erfasst.

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

Die Höhe der Stoffeinträge wird maßgeblich durch Faktoren wie Niederschlagsmenge und -verteilung, Windgeschwindigkeit, Baumart, Bestandeshöhe, Kronenrauigkeit oder lokale Emittenten bestimmt. So sind die Stoffeinträge im Bergland (Harz und Solling) aufgrund höherer Niederschlagsmengen höher als im niedersächsischen Tiefland. Fichten- und Douglasienbestände sind wegen der ganzjährigen und im Vergleich mit Kiefern dichteren Benadelung stärker durch Stoffeinträge belastet als Buchen-, Eichen- und Kiefernbestände. Dieser Baumarteneffekt zeigt sich sehr gut im Solling, wo eine Fichten- und eine Buchenfläche in unmittelbarer Nachbarschaft und somit unter gleicher Immissionsbelastung und gleichen klimatischen Bedingungen beobachtet werden.



Intensiv-Monitoringfläche Ehrhorn

Foto: J. Weymar

## Niederschlag

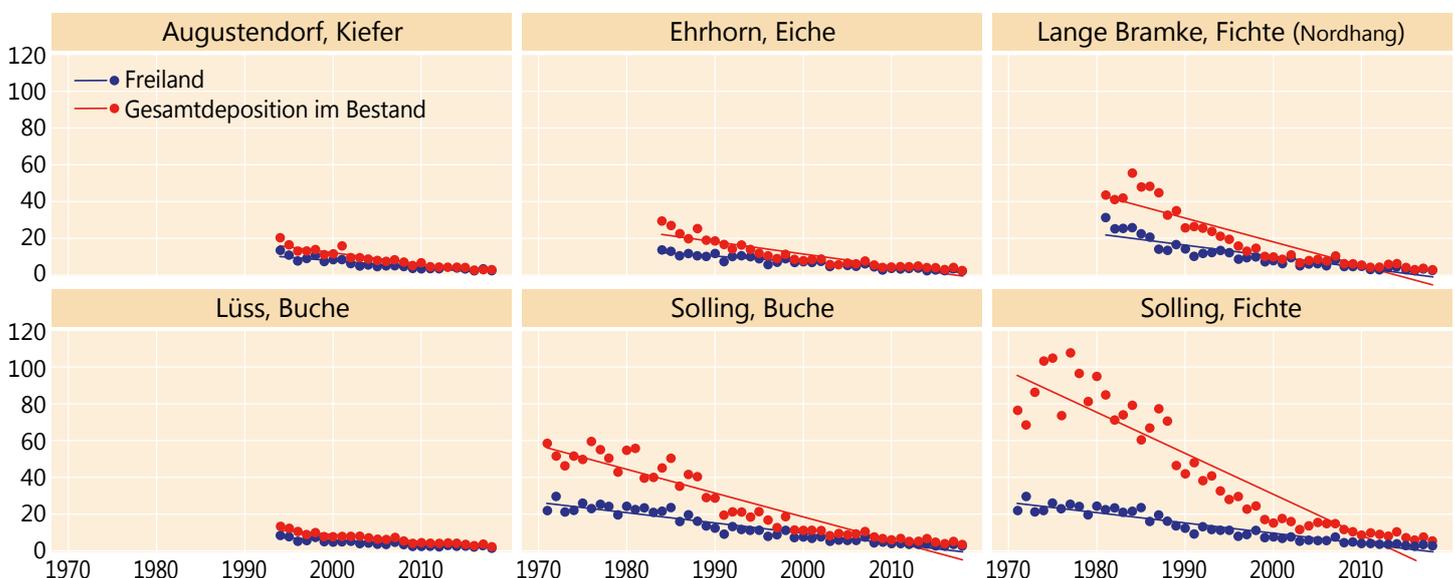
2018 war ein besonders niederschlagsarmes Jahr. Je nach Region waren einzelne Jahre wie 1971, 1976, 1991 oder 1996 noch trockener. Im Vergleich zum 10-jährigen Mittel der Jahre 2008-2017 wurde im Freiland zwischen 200 mm (Augustendorf) und 332 mm (Lange Bramke) weniger Niederschlag gemessen. Der Bestandesniederschlag war zwischen 154 mm (Solling Fichte) und 292 mm (Lange Bramke Nordhang Fichte) geringer als im Mittel des genannten Zeitraums.

Die größten relativen Abweichungen vom 10-jährigen Mittel gab es in der Hohen Heide (Lüss: -32 % im Freiland, -36 % im Bestand, Ehrhorn: -29 % im Freiland, -31 % im Bestand) und im Göttinger Wald (-29 % im Freiland, -31 % im Bestand), die geringsten im Solling (-19 % im Freiland, -19 % unter Fichte, -20 % unter Buche). Aufgrund der deutlich geringeren Niederschlagsmenge waren die Stoffeinträge 2018 im Vergleich mit 2017 ebenfalls geringer.

## Schwefeleintrag

Durch die konsequente Umsetzung von Maßnahmen zur Luftreinhaltung wie Rauchgasentschwefelung und die Einführung schwefelarmer bzw. schwefeldreier Kraft- und Brennstoffe konnten die Schwefeldioxidemissionen wirksam reduziert werden. Aufgrund der sehr geringen Nie-

Sulfatschwefeleintrag (SO<sub>4</sub>-S) im Freiland und im Bestand in kg je Hektar und Jahr



## Stoffeinträge

derschlagsmengen sowie der anhaltend sehr niedrigen gasförmigen Belastung durch Schwefeldioxid war der Schwefeleintrag 2018 auf fast allen Flächen so gering wie nie zuvor.

Er betrug zwischen 2,3 (Augustendorf Kiefer) und 5,4 (Solling Fichte) kg je Hektar mit dem Bestandesniederschlag sowie zwischen 1,5 (Göttinger Wald) und 2,6 (Solling) kg je Hektar im Freiland.

## Stickstoffeintrag

Stickstoff wird einerseits in oxidierter Form als Nitrat (Quellen: Kfz-Verkehr, Verbrennungsprozesse) andererseits in reduzierter Form als Ammonium (landwirtschaftliche Quellen) in das Ökosystem eingetragen. In Augustendorf (Weser-Ems-Region) betrug der Ammoniumanteil im 10-jährigen Mittel (2009–2018) 66 % und in Ehrhorn (Hohe Heide) 64 %. Auf den anderen Flächen des Intensiven Monitorings lag er zwischen 47 und 58 %. In dem hohen Ammoniumeintrag in Augustendorf spiegelt sich die intensive Landwirtschaft einschließlich Intensivtierhaltung dieser Region wider.

Der Nitratstickstoffeintrag hat im Freiland und der Gesamtdeposition aller vier Baumarten auf allen untersuchten Flächen bei der Betrachtung des Zeitraums seit Untersuchungsbeginn bzw. seit 1994 signifikant abgenommen. Im Gegensatz zum Schwefeleintrag ist er in den vergangenen 10 Jahren (2009–2018) nicht weiter rückläufig sondern verharrt auf dem erreichten, vergleichsweise niedrigen Niveau. Er betrug 2018 im Freiland zwischen 2,5 (Göttinger Wald) und 3,5 (Solling) kg je Hektar und unter Buche (Gesamtdeposition) zwischen 3,3 (Lüss) und 6,8 (Göttinger Wald) kg je Hektar. Unter Fichte betrug die Gesamtdeposition von Nitratstickstoff 11,1 kg je Hektar im Solling und zwischen 6,2 und 7,9 kg je Hektar im Harz.

Der Ammoniumstickstoffeintrag hat auf den niedersächsischen Intensiv-Monitoringflächen seit Untersuchungsbeginn ebenfalls signifikant abgenommen. In dem 10-Jahreszeitraum 2009–2018 wurde eine weitere Abnahme jedoch nur auf einer der neun Bestandesflächen (Lange Bramke Fichte) und einer Freifläche (Solling) beobachtet. Im Freiland lag der Ammoniumstickstoffeintrag 2018 zwischen 3,0 (Göttinger Wald) und 5,3 (Augustendorf) kg je Hektar



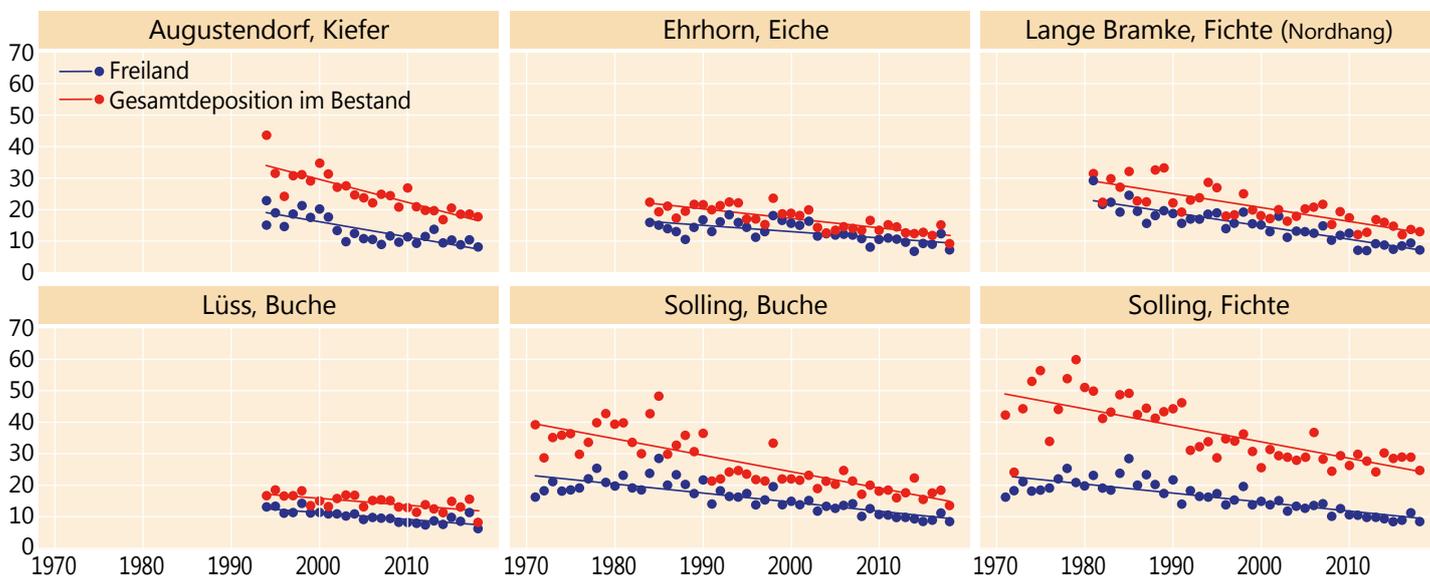
Intensiv-Monitoringfläche Lüss

Foto: M. Spielmann

und unter Buche zwischen 5,0 (Lüss) und 7,8 (Solling) kg je Hektar. Unter Fichte betrug er 13,5 kg je Hektar im Solling und zwischen 6,8 und 9,4 kg je Hektar im Harz. Auffallend hoch sind nach wie vor die Ammoniumeinträge in Augustendorf unter Kiefer mit 12,3 kg je Hektar.

Verschiedene Bemühungen haben in der Vergangenheit zu einer Reduktion der Stickstoffemissionen und hieraus resultierenden rückläufigen Einträgen geführt. Da sich diese Entwicklung in den vergangenen Jahren jedoch nicht im gleichen Maße fortgesetzt hat, überschreitet der an-

Stickstoffeintrag ( $\text{NH}_4\text{-N} + \text{NO}_3\text{-N}$ ) im Freiland und im Bestand in kg je Hektar und Jahr



# Stoffeinträge

thropogen bedingte atmosphärische Stickstoffeintrag im Mittel der letzten 5 Jahre (2014-2018) mit bis zu 13,5 kg je Hektar unter Buche (Solling) und 24,6 kg je Hektar unter Fichte (Solling) nach wie vor den Bedarf der Wälder für das Baumwachstum. Stickstoffeinträge, die über dem Bedarf des Ökosystems für das Wachstum liegen, ziehen jedoch – ggf. zeitverzögert – gravierende negative Konsequenzen für den Wald selbst sowie angrenzende Ökosysteme wie Oberflächen- und Grundgewässer nach sich.

## Gesamtsäureeintrag

Der Gesamtsäureeintrag berechnet sich als Summe der Gesamtdosition von Nitrat, Ammonium, Sulfat und Chlorid (jeweils nicht seesalzbürtige Anteile, Gauger et al. 2002). 2018 betrug der Gesamtsäureeintrag im Freiland zwischen 0,5 (Göttinger Wald) und 0,7 kmol<sub>c</sub> je Hektar, unter Buche zwischen 0,8 (Lüss) und 1,2 (Solling) kmol<sub>c</sub> je Hektar sowie unter Fichte zwischen 1,1 (Lange Bramke Nordhang) und 2,1 (Solling) kmol<sub>c</sub> je Hektar. Auffallend hoch waren die Gesamtsäureeinträge mit 1,4 kmol<sub>c</sub> je Hektar auch auf der Kiefernfläche in Augustendorf, eine Folge der sehr hohen Ammoniumbelastung in dieser Region.



Intensiv-Monitoringfläche Solling

Foto: M. Spielmann

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).

Ein weiterer Teil der Säureeinträge wird im Waldboden 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 standortsangepasste Kalkung zum Schutz der Waldböden und der Erhaltung ihrer Filterfunktion für das Grundwasser kann empfohlen werden.

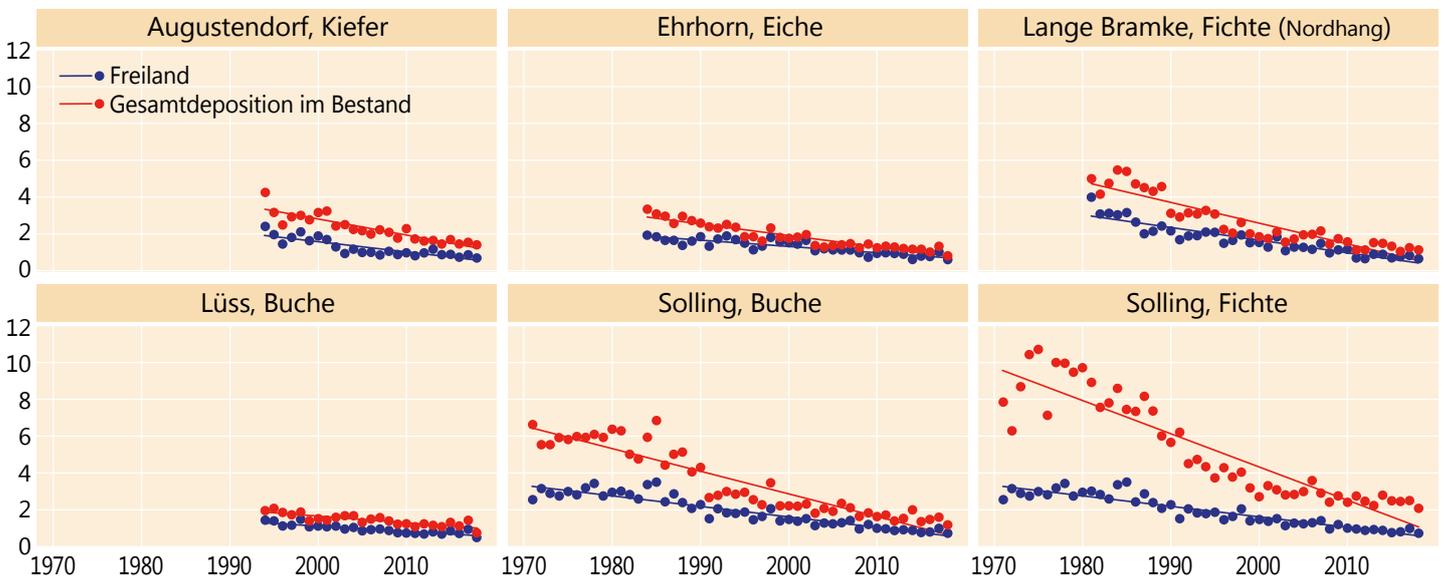


Analyse von Wasserproben

Foto: J. Evers

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

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



# Literaturverzeichnis

- Ahrends B, Suttmöller J, Schmidt-Walter P, Meesenburg H (2018): Beitrag von Waldflächen zur Sickerwasserbildung in Niedersachsen. Forum für Hydrologie und Wasserbewirtschaftung 39.18, 169-180, DOI: 10.14617/for.hydrol.wasbew.39.18.
- Baumgartner A, Liebscher H J (1990): Lehrbuch der Hydrologie - Allgemeine Hydrologie. Bd. 1, S. 362-367. [www.dwd.de/DE/derdwd/bibliothek/fachpublikationen/selbstverlag/selbstverlag\\_node.html](http://www.dwd.de/DE/derdwd/bibliothek/fachpublikationen/selbstverlag/selbstverlag_node.html)
- BMEL (2016): Forstliches Umweltmonitoring in Deutschland – Durchführungskonzept Forstliches Umweltmonitoring. 40 S
- BGR (Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe) (2007): Nutzungsdifferenzierte Bodenübersichtskarte der Bundesrepublik Deutschland 1:1.000.000 (BÜK 1000 N2.3).
- BWaldG (1975): Gesetz zur Erhaltung des Waldes und zur Förderung der Forstwirtschaft (Bundeswaldgesetz) vom 2. Mai 1975 (BGBl. I S. 1037), zuletzt geändert am 17. Januar 2017) (BGBl. I S. 75).
- Deutscher Wetterdienst, 2018: Monatlicher Klimastatus Deutschland. DWD, Geschäftsbereich Klima und Umwelt, Offenbach, [https://www.dwd.de/DE/leistungen/pfbf\\_verlag\\_monat\\_klimastatus/monat\\_klimastatus.html?nn=369384](https://www.dwd.de/DE/leistungen/pfbf_verlag_monat_klimastatus/monat_klimastatus.html?nn=369384)
- Deutscher Wetterdienst, 2019: Monatlicher Klimastatus Deutschland. DWD, Geschäftsbereich Klima und Umwelt, Offenbach, [https://www.dwd.de/DE/leistungen/pfbf\\_verlag\\_monat\\_klimastatus/monat\\_klimastatus.html?nn=369384](https://www.dwd.de/DE/leistungen/pfbf_verlag_monat_klimastatus/monat_klimastatus.html?nn=369384)
- Dickenson S, Wheeler BEJ (1981): Effects of temperature, and water stress in sycamore, on growth of *Cryptostroma corticale*. Transactions of the British Mycological Society. 76 (2): 181-185. doi:10.1016/S0007-1536(81)80136-2.
- Eder W (Hrsg.) (1995): Ergebnisse des 7. IUFRO-Tannensymposiums der WP S. 1.01.-08 „Ökologie und Waldbau der Weißtanne“ vom 31.10.-4.11.1994 in Altensteig, Deutschland. 420 S
- Gauger T, Anshelm F, Schuster H, Draaijers GPJ, Bleeker A, Erisman JW, Vermeulen AT, Nagel HD (2002): Kartierung ökosystembezogener Langzeittrends atmosphärischer Stoffeinträge und Luftschadstoffkonzentrationen in Deutschland und deren Vergleich mit Critical Loads und Critical Levels. Forschungsvorhaben im Auftrag des BMU/UBA, FE-Nr. 299 42 210., Institut für Navigation, Univ. Stuttgart. 207 S
- Hammel K und Kennel M (2001): Charakterisierung und Analyse der Wasserverfügbarkeit und des Wasserhaushalts von Waldstandorten in Bayern mit dem Simulationsmodell BROOK90. Forstliche Forschungsberichte München, Nr. 185
- 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
- Konnert M, Bergmann F (1995): The geographical distribution of genetic variation of silver fir (*Abies alba*, Pinaceae) in relation to its migration history. Plant Systematics and Evolution 196: 19-30
- Llamas-Gomez L, Braun H (1995): Die Weißtanne in Sachsen unter besonderer Berücksichtigung ihrer genetischen Konstitution. Genetik und Waldbau der Weißtanne. Schriftenreihe der Sächsischen Landesanstalt für Forsten, Heft 5: 5-19
- Paar U, Guckland A, Dammann I, Albrecht M, Eichhorn J (2011): Häufigkeit und Intensität der Fruktifikation der Buche. AFZ-DerWald, 6, 26-29
- Schmucker J, Bootz M (2019): Standörtliche Analyse von Weißtannenvorkommen in Hessen und Niedersachsen. Projektarbeit Georg-August-Universität Göttingen. 56 S
- Suttmöller J, Dammann I, Wagner M, Scheler B, Paar U, Meesenburg H, Eichhorn J (2019): Die extreme Trockenheit 2018 in Nordwestdeutschland, Teil 1. AFZ-Der Wald, 6, 42-46
- Svolba J (1995): Weißtannenversuch (*Abies alba* Mill.) in Norddeutschland. 7. IUFRO-Tannensymposium v. 31.10.-4.11.1994 in Altensteig, Deutschland, S. 44-58
- Tegel W, Büntgen U (2015): Historisches und aktuelles Tannenwachstum in Europa – eine dendroökologische Analyse. Allgemeine Forst- u. Jagdzeitung 186. S. 32-44
- Tinner W, Colombaroli D, Heiri O, Henne PD, Steinacher M, Untenecker J, Vescovi E, Allen JRM, Carraro G, Condera M, Joos F, Lotter AF, Luterbacher J, Samartin S, Valsecchi V (2013): The past ecology of *Abies alba* provides new perspectives on future responses of silver fir forests to global warming. Ecological Monographs 83, 419-439
- Ulrich B (1991): Beiträge zur Methodik der Waldökosystemforschung. Berichte des Forschungszentrums für Waldökosysteme/Waldsterben. Reihe B, Band 24, 142 S
- Verordnung über Erhebungen im forstlichen Umweltmonitoring (ForUmV) vom 20. Dezember 2013 (BGBl. I S. 4384)
- Wagner M, Scheler B, Suttmöller J, Dammann I, Paar U, Meesenburg H, Eichhorn J (2019): Die extreme Trockenheit 2018 in Nordwestdeutschland, Teil 2. AFZ-Der Wald, 6, 47-50



## Impressum:

Ansprechpartner

Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt

Abteilung Umweltkontrolle

Sachgebiet Wald- und Bodenzustand

Grätzelstraße 2, 37079 Göttingen

Tel.: 0551/69401-0

Fax: 0551/69401-160

Zentrale@nw-fva.de

www.nw-fva.de

Bearbeitung: Dammann I, Paar U,  
Weymar J, Spielmann M und  
Eichhorn J

Titelfoto: Spielmann M

Layout: Paar E

Herstellung: Nordwestdeutsche  
Forstliche Versuchsanstalt

Druck: Printec Offset Kassel

Der Waldzustandsbericht 2019  
ist abrufbar unter  
[www.nw-fva.de](http://www.nw-fva.de) und  
[www.ml.niedersachsen.de](http://www.ml.niedersachsen.de) > =>  
Themenbereich Wald, Holz und Jagd

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

Prof. Dr. Johannes Eichhorn  
Abteilungsleiter  
Umweltkontrolle



Dr. Uwe Paar  
Sachgebietsleiter Wald- und  
Bodenzustand, Redaktion



Inge Dammann  
Leiterin der Außenaufnahmen,  
Auswertung, Redaktion



Dr. Jan Evers  
Bodenzustandserhebung



Andreas Schulze  
Datenmanagement



Jörg Weymar  
Außenaufnahmen und Kontrollen



Michael Spielmann  
Außenaufnahmen und Kontrollen



Dr. Bernd Westphal  
Außenaufnahmen und Kontrollen



Diese Druckschrift wird im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit der Niedersächsischen Landesregierung herausgegeben. Sie darf weder von Parteien noch von Wahlwerberinnen und Wahlwerbern, Wahlhelferinnen und Wahlhelfern während eines Wahlkampfes zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für Europa-, Bundestags-, Landtags- und Kommunalwahlen. Missbräuchlich ist insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen, an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken oder Aufkleben parteipolitischer Informationen oder Werbemittel. Untersagt ist gleichfalls die Weitergabe an Dritte zum Zwecke der Wahlwerbung. Auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl darf die Druckschrift nicht in einer Weise verwendet werden, die als Parteinahme der Landesregierung zugunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden könnte. Die Beschränkungen gelten unabhängig davon, wann, auf welchem Weg und in welcher Anzahl diese Druckschrift dem Empfänger zugegangen ist. Den Parteien ist jedoch gestattet, die Druckschrift zur Unterrichtung ihrer eigenen Mitglieder zu verwenden.