

Waldzustandsbericht 2019



Vorwort



Liebe Leserin und lieber Leser,

ich freue mich, Ihnen den Waldzustandsbericht für Schleswig-Holstein 2019 vorstellen zu können. Der Klimawandel ist auch in Schleswig-Holstein spürbar.

Langanhaltende Hitze und fehlender Niederschlag sorgten für eine Absenkung des Grundwasserspiegels in vielen Regionen und schwächten unsere Bäume.

Besonders die Fichte hatte mit der Trockenheit und in der Folge mit Borkenkäfern zu kämpfen und wird dies vermutlich auch im nächsten Jahr noch müssen. Bei der Buche und bei der Gruppe der anderen Laubbaumarten zeigten sich Anzeichen von Vitalitätseinbußen. Sie leiden somit ebenfalls unter den Wetterextremen der vergangenen Jahre.

Wir blicken mit großer Sorge in die Zukunft, auch wenn Schleswig-Holstein im Vergleich mit anderen Bundesländern bislang noch verhältnismäßig glimpflich davon gekommen ist.

Die Bemühungen der letzten Jahrzehnte, den bestehenden Wald in klimastabile Wälder umzubauen, werden auch zukünftig ein zentrales Thema bleiben. Nur mit einem intakten und gesunden Wald kann den Folgen des Klimawandels wirksam begegnet werden.

Gerade in diesen Zeiten ist ein Forstliches Umweltmonitoring wichtiger denn je. Es liefert eine wichtige Grundlage für waldbauliche Planungen und Entscheidungen der nächsten Jahrzehnte.

Der Wald mit seinen vielseitigen Leistungen für Umwelt und Menschen hat einen hohen Stellenwert. Lassen Sie uns gemeinsam dafür sorgen, dass unsere Anstrengungen zum Schutz und zur Pflege von Erfolg gekrönt sind und weiterhin einem hohen Standard entsprechen.

Ich lade Sie alle ein, sich anhand ausgewählter Themenbeiträge über aktuelle Forschungsergebnisse der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt (NW-FVA) zu informieren.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Jan Albrecht'.

Jan Philipp Albrecht

Minister für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt, Natur und Digitalisierung
des Landes Schleswig-Holstein



Inhaltsverzeichnis

	Seite
Vorwort	2
Inhaltsverzeichnis	3
Hauptergebnisse	4
Inge Dammann und Uwe Paar	
Forstliches Umweltmonitoring	6
Johannes Eichhorn, Inge Dammann und Uwe Paar	
WZE-Ergebnisse für alle Baumarten	8
Inge Dammann und Uwe Paar	
Buche	10
Eiche	11
Fichte	13
Kiefer	14
Andere Laub- und Nadelbäume	15
Witterung und Klima	16
Johannes Suttmöller	
Auswirkungen der Stürme und der Dürre 2018/2019 auf die Vitalität der Wälder in Nordwestdeutschland	20
Johannes Eichhorn, Johannes Suttmöller, Birte Scheler, Markus Wagner, Inge Dammann, Henning Meesenburg und Uwe Paar	
Insekten und Pilze	31
Martin Rohde, Rainer Hurling, Gitta Langer, Johanna Bußkamp und Pavel Plašil	
Wiederbewaldung von Schadflächen in Anpassung an den Klimawandel	32
Ralf-Volker Nagel	
Weiß-Tanne (<i>Abies alba</i>) als Baumart im Klimawandel	34
Matthias Paul, Aki Michael Höltnen, Samuel Schleich, Matthias Moos und Wilfried Steiner	
Stoffeinträge	37
Birte Scheler	
Literaturverzeichnis	39
Impressum	40

Hauptergebnisse

Waldzustandserhebung (WZE)

Die extremen Witterungsbedingungen im Sommer 2018 haben sich auf den Waldzustand 2019 in Schleswig-Holstein ausgewirkt. Die Ergebnisse der Waldzustandserhebung insgesamt (alle Baumarten, alle Alter) zeigen für 2019 im Vergleich zum Vorjahr einen Anstieg der mittleren Kronenverlichtung um 5 Prozentpunkte auf 22 %. Vor allem in den älteren (über 60-jährigen) Beständen hat die Kronenverlichtung 2019 zugenommen.

Die größten Veränderungen gibt es bei den älteren Buchen mit einem Anstieg der mittleren Kronenverlichtung auf 33 %. Gegenüber dem Vorjahr bedeutet dies eine Zunahme um 12 Prozentpunkte. Einen wesentlichen Einfluss auf dies Ergebnis hat die intensive Fruchtbildung der älteren Buchen in diesem Jahr. Bei der Gruppe der anderen Laubbäume war bereits 2018 die Kronenverlichtung erhöht. 2019 wird mit einer mittleren Kronenverlichtung (alle Alter) von 24 % der höchste Wert in der 36-jährigen Zeitreihe der Waldzustandserhebung erreicht. Bei der älteren Fichte ist die mittlere Kronenverlichtung von 19 % (2018) auf 24 % (2019) angestiegen. Die älteren Eichen und Kiefern behalten das Vorjahresniveau bei.

Die Ergebnisse der Waldzustandserhebung zeigen einen deutlichen Alterstrend: Die mittlere Kronenverlichtung der über 60-jährigen Waldbestände liegt mit 26 % fast doppelt so hoch wie die der jüngeren Waldbestände (14 %).

Der Anteil starker Schäden liegt für den Gesamtwald in Schleswig-Holstein mit 3,8 % über dem langjährigen Mittelwert (2,2 %). Bei den Fichten, den Kiefern und der Gruppe

der anderen Laubbäume ist der Anteil starker Schäden in diesem Jahr rund doppelt so hoch wie im Mittel der Jahre 1984-2019.

Die diesjährige Absterberate übertrifft mit 0,8 % den langjährigen Durchschnitt (0,2 %) deutlich. Dies ist die höchste Absterberate im Erhebungszeitraum seit 1984. Am höchsten ist die Absterberate 2019 bei der Gruppe der anderen Laubbäume (2,2 %), am niedrigsten bei der Gruppe der anderen Nadelbäume (0 %).

Die Ausfallrate bleibt 2019 insgesamt stabil (0,7 %). Bei den anderen Laubbäumen beträgt sie allerdings 2,1 %. Es sind überwiegend Eschen aufgrund des Eschentriebsterbens entnommen worden.

Für alle Baumartengruppen – mit Ausnahme der Eichen – ist 2019 eine intensive Fruchtbildung festzustellen. Insgesamt (alle Baumarten, alle Alter) haben 50 % der Bäume mittel oder stark fruktifiziert. Dies ist der höchste Wert seit 1996.

Die Baumartenverteilung in der WZE-Stichprobe in Schleswig-Holstein ergibt für die Buche einen Flächenanteil von 25 %, die Fichte ist mit 17 %, die Eiche mit 14 % und die Kiefer mit 5 % an der WZE-Stichprobe vertreten. Die anderen Laub- und Nadelbäume nehmen zusammen einen Anteil von 39 % ein.

Witterung und Klima

Mit einer Mitteltemperatur von 10,3 °C (+1,9 K) und einer Niederschlagssumme von 700 mm (90 % des Niederschlagsolls) im Flächenmittel des Landes war es im Vergleich zu den langjährigen Mittelwerten der Klimanormalperiode 1961 bis 1990 deutlich zu warm und etwas zu trocken. Damit setzt sich der langjährige Erwärmungstrend unvermindert fort. Insgesamt waren 11 von 12 Monaten teilweise deutlich zu warm.

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



Foto: J. Weymar

Hauptergebnisse

seltene Ausnahme in der Zeitreihe der Waldzustandserhebung – 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 Bruterfolg unter der Rinde.

Das Eschentriebsterben ist in Schleswig-Holstein weit verbreitet und stellt eine starke Gefährdung für die heimischen Eschen dar.

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 Sonnenein-



Buchenblüte

Foto: T. Ullrich

strahlung 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.

2018 war in Schleswig-Holstein ein besonders niederschlagsarmes Jahr, in Bornhöved betrug die Niederschlagsmenge nur rund 65 % des Mittels der Jahre 2008-2017, die Höhe der Stoffeinträge war in der Folge geringer als in den Vorjahren.

Der Sulfatschwefeleintrag je Hektar war 2018 mit 3,1 kg unter Buche und 1,7 kg im Freiland so gering wie noch nie seit 1989. Der anthropogen verursachte, nicht seesalzbürtige Anteil am Schwefeleintrag betrug je Hektar sogar nur 1,8 kg unter Buche und 1,1 kg im Freiland. Hier zeigt sich deutlich der Erfolg verschiedener Maßnahmen zur Luftreinhaltung. Die Stickstoffeinträge (Ammonium und Nitrat) haben auf der langjährig untersuchten Buchenfläche ebenfalls signifikant abgenommen. 2018 betrug der anorganische Stickstoffeintrag je Hektar 12,3 kg unter Buche und 6,4 kg im Freiland.



Foto: J. Weymar

Forstliches Umweltmonitoring

Johannes Eichhorn, Inge Dammann und Uwe Paar

Die Extremwetterlagen 2018 und 2019 haben in Nordwestdeutschland 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
- Experimentalfächen z. B. Vergleichsflächen zur Bodenschuttkalkung (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).



Foto: M. Spielmann

Die Waldzustandserhebung (WZE) ist Teil des Forstlichen Umweltmonitorings in Schleswig-Holstein. Sie liefert als Übersichtserhebung 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 Befall durch Insekten oder Pilze können von dem landesweiten Ergebnis abweichen.

Waldzustandserhebung – Methodik und Durchführung

Aufnahmeumfang

Die Waldzustandserhebung erfolgt auf mathematisch-statistischer Grundlage. Auf einem systematisch über Schleswig-Holstein verteilten Rasternetz werden seit 1984 an jedem Erhebungspunkt 24 Stichprobenbäume begutachtet. Für den Zeitraum 1984-2012 beträgt die Rasterweite des landesweiten Stichprobennetzes 2 x 2 km, 2 x 4 km, 4 x 2 km und 4 x 4 km mit 148 bis 200 Erhebungspunkten. Alle Stichprobenbäume wurden mit gleicher Gewichtung bei der Berechnung der Ergebnisse berücksichtigt.

Im Vorfeld der Erhebung 2013 wurde ein landesweit einheitliches Erhebungsraster (4 x 2 km) mit jetzt 129 Stichprobenpunkten eingerichtet. 2019 konnten 127 Erhebungspunkte in die Inventur einbezogen werden. Dieser Aufnahmeumfang ermöglicht repräsentative Aussagen zum Waldzustand auf Landesebene sowie Zeitreihen für die Baumarten Buche, Eiche, Fichte, Kiefer und die Gruppen der anderen Laub- und Nadelbäume. Die Aufnahmen zur Waldzustandserhebung erfolgten im Juli und August 2019. Sie sind mit qualitätssichernden Maßnahmen sorgfältig überprüft.

Für den Parameter mittlere Kronenverlichtung zeigt die Tabelle auf 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 (z. B. Eiche bis 60 Jahre) mit relativ gering streuenden Kronenverlichtungen sind enge Konfidenzintervalle auch bei einer geringen Stichprobenanzahl sehr viel leichter zu erzielen als für heterogene Auswerteeinheiten (z. B. Eiche, alle Alter), die sowohl in der Altersstruktur als auch in den Kronenverlichtungswerten ein breites Spektrum umfassen.

Aufnahmeparameter

Bei der Waldzustandserhebung erfolgt eine visuelle Beurteilung des Kronenzustandes der Waldbäume, denn Bäume reagieren auf Umwelteinflüsse u. a. mit Änderungen in der Belaubungsdichte und der Verzweigungsstruktur. Wichtigstes Merkmal ist die Kronenverlichtung der Waldbäume, deren Grad in 5 %-Stufen für jeden Stichprobenbaum erfasst

Forstliches Umweltmonitoring



Foto: M. Spielmann

wird. Die Kronenverlichtung wird unabhängig von den Ursachen bewertet, lediglich mechanische Schäden (z. B. das Abbrechen von Kronenteilen durch Wind) gehen nicht in die Berechnung der Ergebnisse der Waldzustandserhebung ein.

Die Kronenverlichtung ist ein unspezifisches Merkmal, aus dem nicht unmittelbar auf die Wirkung von einzelnen Stressfaktoren geschlossen werden kann. Sie ist daher geeignet, allgemeine Belastungsfaktoren der Wälder aufzuzeigen. Bei der Bewertung der Ergebnisse stehen nicht die absoluten 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 Schleswig-Holstein. 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	753	70	4x2 km	4,1
	bis 60 Jahre	221	26	4x2 km	3,8
	über 60 Jahre	532	48	4x2 km	3,4
Eiche	alle Alter	427	62	4x2 km	3,5
	bis 60 Jahre	123	22	4x2 km	2,7
	über 60 Jahre	304	47	4x2 km	2,6
Fichte	alle Alter	518	55	4x2 km	4,0
	bis 60 Jahre	188	19	4x2 km	8,2
	über 60 Jahre	330	38	4x2 km	4,3
Kiefer	alle Alter	170	21	4x2 km	3,3
	bis 60 Jahre	25	5	4x2 km	6,0
	über 60 Jahre	145	16	4x2 km	3,0
andere Laub- bäume	alle Alter	719	78	4x2 km	4,1
	bis 60 Jahre	449	41	4x2 km	3,7
	über 60 Jahre	270	45	4x2 km	7,0
andere Nadelbäume	alle Alter	461	49	4x2 km	2,8
	bis 60 Jahre	186	20	4x2 km	4,6
	über 60 Jahre	275	31	4x2 km	7,0
alle Baumarten	alle Alter	3048	127	4x2 km	2,0
	bis 60 Jahre	1192	61	4x2 km	2,6
	über 60 Jahre	1856	89	4x2 km	2,3

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 am Stichprobenpunkt entnommenen Bäumen.



Foto: J. Weymar

WZE-Ergebnisse für alle Baumarten

Inge Dammann und Uwe Paar

Mittlere Kronenverlichtung

Die Waldzustandserhebung 2019 weist eine mittlere Kronenverlichtung für die Waldbäume in Schleswig-Holstein (alle Baumarten, alle Alter) von 22 % auf. Dies sind 5 Prozentpunkte mehr als im Vorjahr. Die Zunahme der Verlichtung ist in den älteren (über 60-jährigen) Beständen höher als in den jüngeren (bis 60-jährigen) Beständen.

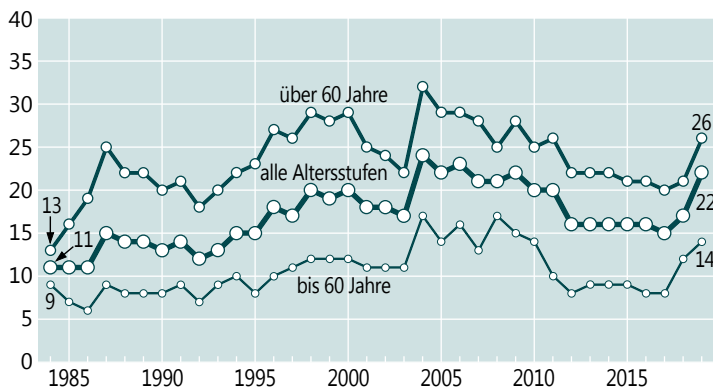
Nachdem in den ersten drei Erhebungsjahren (1984-1986) relativ geringe Verlichtungswerte (11 %) ermittelt wurden, stiegen in den Folgejahren die Verlichtungswerte an, am höchsten waren sie 2004 (24 %). Die Zunahme der Kronenverlichtung im Jahr 2004 ist bei allen Baumartengruppen aufgetreten. Buchen, Eichen, Fichten und Kiefern hatten im Anschluss an das Extremjahr 2003 die höchsten Verlichtungswerte in der Zeitreihe. In den Folgejahren gingen die Verlichtungswerte zurück, am stärksten bei den Fichten. 2019 setzte sich diese Verbesserung bei den Buchen und Fichten nicht fort, es kam zu einem deutlichen Anstieg der Kronenverlichtung. Bei den anderen Laubbäumen (alle Alter) verursachte die lang anhaltende Dürre 2018 bereits Trockenstresssymptome. 2019 erreicht die mittlere Kronenverlichtung den Höchstwert in der Zeitreihe seit 1984.

Bei den älteren Buchen und Eichen und der Gruppe der anderen Laubbäume (alle Alter) haben sich die Kronenverlichtungswerte im Erhebungszeitraum deutlich erhöht. Ausgehend von 6 bzw. 5 % mittlerer Kronenverlichtung 1984 stiegen die Werte auf 33, 26 bzw. 24 % im Jahr 2019 an. Bei den älteren Fichten wird dagegen seit der ersten Erhebung ein anhaltend hoher Verlichtungsgrad – mit einem Höchst-

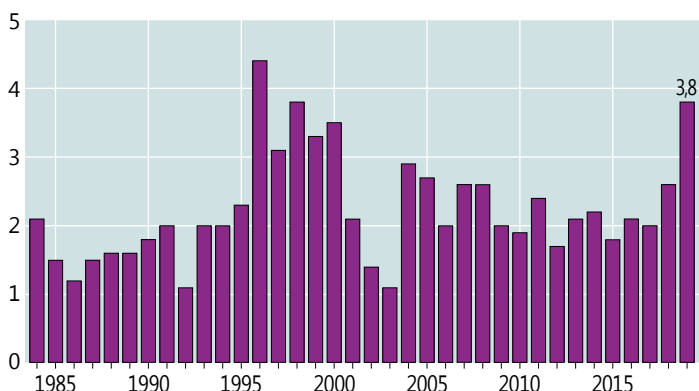


Foto: M. Spielmann

Mittlere Kronenverlichtung in %



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



stand 2006 (37 %) – festgestellt. Ab 2012 zeichnet sich eine schrittweise Verbesserung ab, die aber 2019 durch einen erneuten Anstieg unterbrochen wird. Bei den älteren Kiefern ist das Verlichtungsniveau in den letzten Jahren etwas höher als in den Anfangsjahren der WZE. Die höchste mittlere Kronenverlichtung beträgt 2004 27 %. Bei den anderen Nadelbäumen liegen die aktuellen Werte etwa auf gleicher Höhe mit den Werten in den 1980er und 1990er Jahren. Zwischen 1998 und 2010 gab es eine Phase mit erhöhten Verlichtungswerten.

Die Buchen und die anderen Laubbäume zu denen u. a. Birke, Esche und Ahorn gehören, nehmen zusammen fast 50 % der Waldfläche in Schleswig-Holstein ein. Die Ergebnisse der Waldzustandserhebung für den Gesamtwald sind daher stark durch die Verlichtungswerte der Buchen und der anderen Laubbaumarten geprägt.

Einen bedeutsamen Einfluss auf das Gesamtergebnis hat die Altersstruktur der Waldbestände, denn in den jüngeren bis 60-jährigen Beständen sind Schadenssymptome sehr viel weniger verbreitet als in den älteren über 60-jährigen Waldbeständen. Die mittlere Kronenverlichtung der über 60-jährigen Waldbestände liegt mit 26 % fast doppelt so hoch wie die der jüngeren Waldbestände (14 %). Im WZE-Kollektiv sind 60 % der Stichprobenbäume älter als 60 Jahre.

Anteil starker Schäden

Für den Erhebungszeitraum liegt der durchschnittliche Anteil an starken Schäden bei 2,2 %. Im Jahr 2019 wurden 3,8 % der Waldfläche als stark geschädigt eingestuft. Die Spanne reicht von 1,3 % (andere Nadelbäume) bis 7,6 % (andere Laubbäume).

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.

WZE-Ergebnisse für alle Baumarten

Absterberate

Zur Absterberate werden Bäume gezählt, die zum Zeitpunkt der Erhebung noch stehen, aber abgestorben sind. Im Mittel der Beobachtungsjahre ergibt sich mit 0,2 % eine sehr geringe Absterberate. Mit 0,8 % überschreitet die Absterberate 2019 für den Gesamtwald in Schleswig-Holstein den langjährigen Durchschnittswert um das 4-fache. Überdurchschnittlich hohe Absterberaten sind 2019 bei den Buchen, Eichen, Kiefern und insbesondere bei den anderen Laubbäumen festzustellen.

Ausfallrate

Die Ausfallrate ist das Ergebnis der infolge von Sturmwurf, Trockenheit, Insekten- und Pilzbefall am Stichprobenpunkt entnommenen Bäume. Im Zeitraum 1997-2019 liegen die jährlichen Ausfallraten zwischen 0,02 und 4,7 %, im Mittel bei 0,6 %. 2014 ist die Ausfallrate besonders hoch. Durch die Orkane „Christian“ und „Xaver“ im Herbst/Winter 2013 waren die Ausfälle durch Sturmschäden bei der WZE 2014 höher als in anderen Jahren. Vor allem Fichten und die Gruppe der anderen Nadelbäume waren betroffen. 2018 und 2019 sind 0,9 bzw. 0,7 % der Stichprobenbäume ausgefallen.

Fruchtbildung

2019 haben auffällig viele Bäume Früchte ausgebildet. Insgesamt (alle Baumarten, alle Alter) haben 50 % der Bäume mittel oder stark fruktifiziert. Während die älteren Buchen, Fichten und Kiefern in der Zeitreihe seit 1996 im Jahr 2011 die höchsten Anteile mittel und starker Fruktifikation aufwiesen, war bei den älteren Eichen das Jahr 2018 besonders intensiv. Für die Gruppen der anderen Laub- und Nadelbäume (alle Alter) ist die mittlere und starke Fruktifikation 2019 am häufigsten.

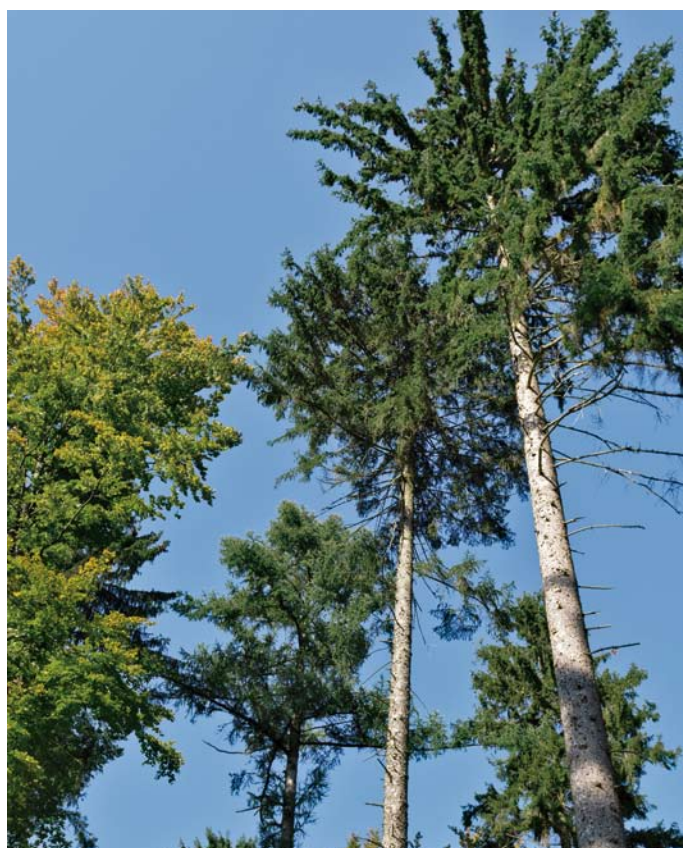
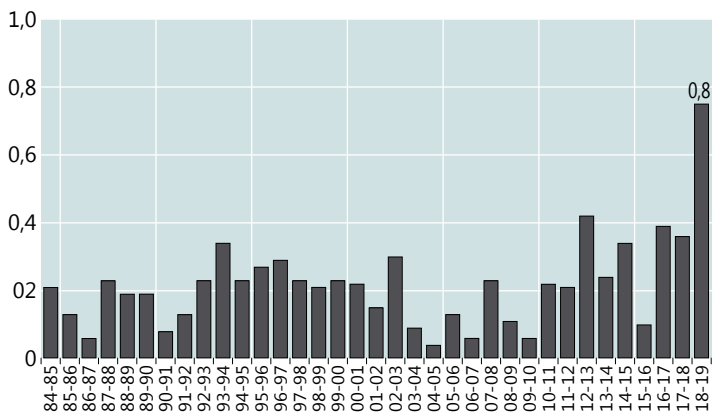
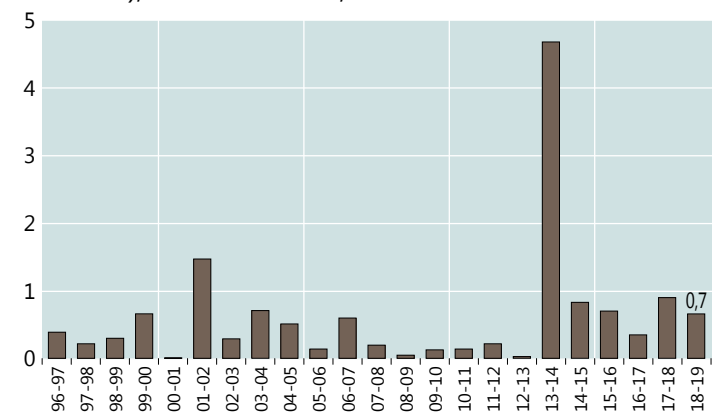


Foto: J. Evers

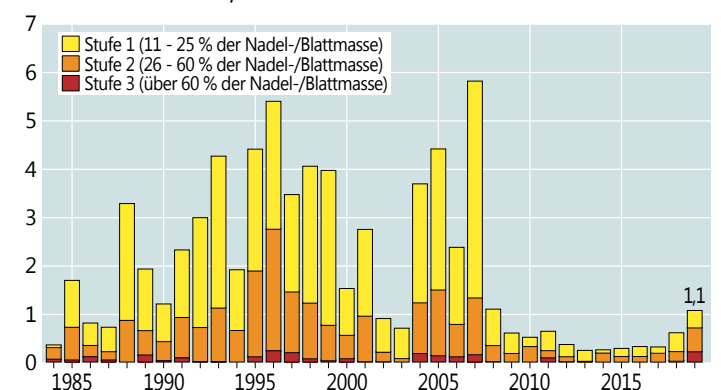
Jährliche Absterberate (stehende Bäume), alle Baumarten, alle Alter in %



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



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



Vergilbungen

Vergilbungen der Nadeln und Blättern sind im Beobachtungszeitraum insgesamt wenig aufgetreten. Der Anteil an Bäumen mit Vergilbungen über 10 % der Nadel- bzw. Blattmasse liegt zwischen 0,3 und 6 %. Ein zeitlicher Trend zeichnet sich nicht ab, seit 2008 sind aber durchgehend niedrige Vergilbungswerte ermittelt worden.

Fazit

In den Ergebnissen der Waldzustandserhebung 2019 zeigen sich die Folgen der Dürre im Sommer 2018. Die Zunahme der mittleren Kronenverlichtung und die erhöhten Werte bei den starken Schäden und der Absterberate 2019 sind Nachwirkungen dieser Witterungsbedingungen.

Buche

Ältere Buche

Die mittlere Kronenverlichtung der älteren Buchen ist 2019 angestiegen und beträgt aktuell 33 %. Dies ist gegenüber dem Vorjahr eine Zunahme um 12 Prozentpunkte. Über den Gesamtzeitraum der WZE betrachtet gehört der diesjährige Verlichtungsgrad zu den höchsten. In den ersten beiden Erhebungsjahren war die Belaubungsdichte der Buchen vergleichsweise niedrig, in den Folgejahren stiegen die Kronenverlichtungswerte sprunghaft an. Seit 1987 liegen die Verlichtungswerte der älteren Buchen relativ hoch und erhebliche Schwankungen von Jahr zu Jahr sind typisch für die Zeitreihe. Eine Ursache für die zunehmende Variabilität der Verlichtungswerte ist die Intensität der Fruchtbildung. Höchstwerte der Kronenverlichtung traten in den Jahren 2000 und 2004 auf.

Jüngere Buche

Bei den Buchen sind die Unterschiede in der Belaubungsdichte zwischen jüngeren und älteren Beständen besonders stark ausgeprägt. Die jüngeren Buchen wiesen in den letzten Jahren ein geringes Kronenverlichtungsniveau um 5 % auf. 2019 ist der Wert erhöht (9 %), 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

Wie beim Verlauf der mittleren Kronenverlichtung der Buchen, treten auch beim Anteil starker Schäden (alle Alter) im Beobachtungszeitraum erhebliche Schwankungen (zwischen 0,2 und 10,8 %) auf. 2019 liegt der Anteil stark geschädigter Buchen mit 3,3 % im Bereich des langjährigen Mittels (2,8 %).

Absterberate

Obwohl die Anteile starker Schäden bei den Buchen in einzelnen Jahren angestiegen waren, führte dies nicht zu einer Steigerung der Absterberate. Im Vergleich zu den anderen Hauptbaumarten weisen die Buchen die niedrigste Absterberate auf. Im Mittel der Jahre 1984–2019 liegt sie bei 0,05 %. 2019 sind 0,5 % der Buchen abgestorben. Gerade weil in den letzten Jahrzehnten kaum Buchen abgestorben sind, sind die diesjährigen Absterbeerscheinungen besonders auffällig.

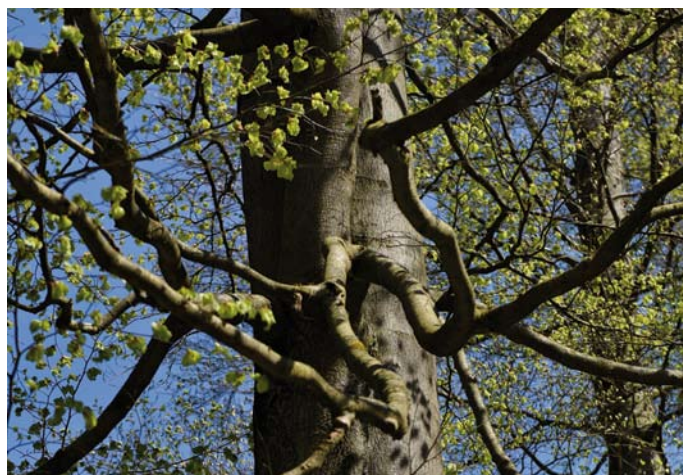
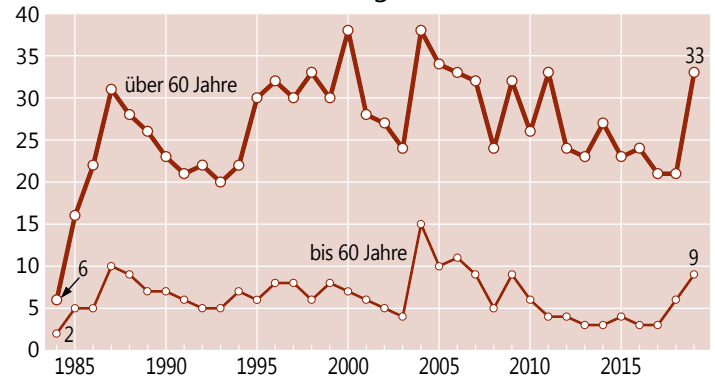
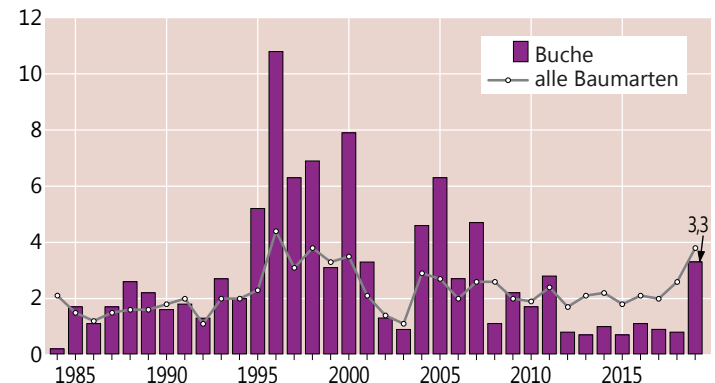


Foto: J. Evers

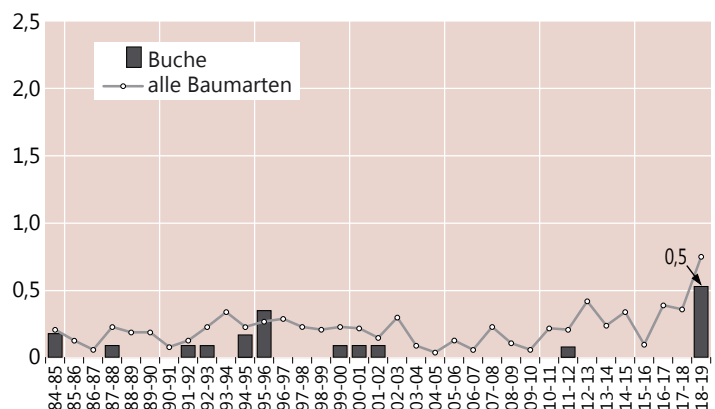
Mittlere Kronenverlichtung in %



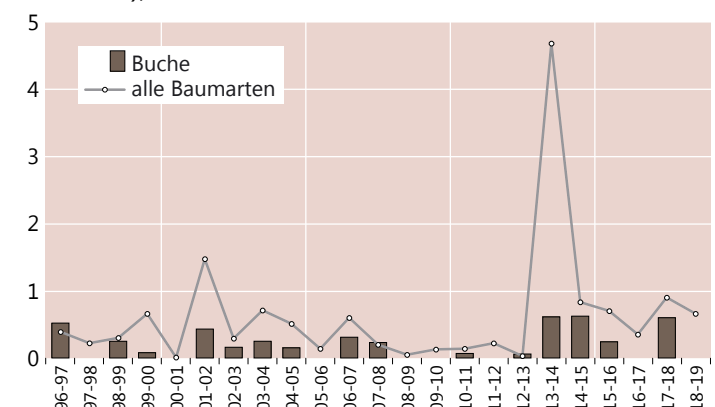
Anteil starker Schäden (inkl. abgestorbener Bäume), alle Alter in %



Jährliche Absterberate (stehende Bäume), alle Alter in %



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



Buche

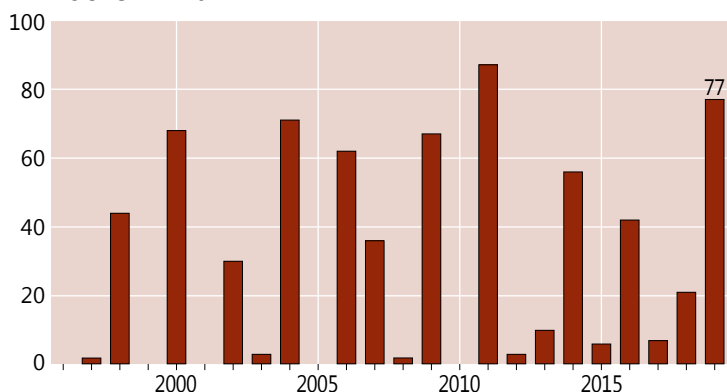
Ausfallrate

Die durchschnittliche Ausfallrate ist bei den Buchen vergleichsweise niedrig (0,2 %). 2014, 2015 und 2018 sind durch Sturmschäden überdurchschnittlich viele Buchen ausgefallen. 2019 ist keine Buche durch Sturmschäden oder Insektenbefall aus dem WZE-Kollektiv ausgeschieden.

Fruchtbildung

Die Ergebnisse zur Fruchtbildung im Rahmen der Waldzustandserhebung zeigen für die Buchen die Tendenz, in kurzen Abständen und vielfach intensiv zu fruktifizieren. Dies steht im Zusammenhang mit einer Häufung warmer Jahre sowie einer erhöhten Stickstoffversorgung der Bäume. Die intensivste Fruchtbildung seit 1996 wurde 2011 festgestellt, 87 % der älteren Buchen wiesen mittlere und starke Fruchtbildung auf. 2019 haben 77 % der älteren Buchen mittel oder stark fruktifiziert. Dies ist der zweithöchste Wert in der Zeitreihe seit 1996. 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 Zeitraum 1996-2019 alle 2,4 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.

Anteil mittel und stark fruktifizierender älterer Buchen in %



Bucheckern

Foto: T. Friedhoff

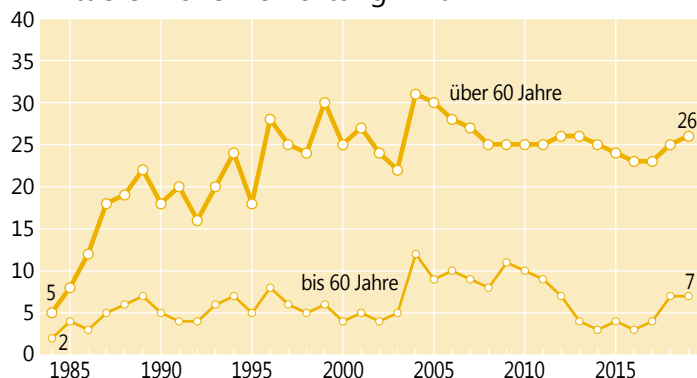
Eiche

Ältere Eiche

Die Zeitreihe der mittleren Kronenverlichtung der älteren Eichen weist zu Beginn relativ günstige Verlichtungswerte aus, es folgt ein rascher Anstieg der Verlichtung mit besonders hohen Kronenverlichtungswerten in den Jahren 1999 sowie 2004 und 2005. Seitdem sind die Werte nur leicht zurückgegangen. Ab 2008 wird ein relativ konstanter Kronenverlichtungswert (2019: 26 %) ermittelt.

Die Entwicklung des Kronenzustandes der Eichen wird durch Insekten- und Pilzbefall beeinflusst. Die periodische Vermehrung von Insekten der so genannten Eichenfraßgesellschaft trägt maßgeblich zu den Schwankungen der Belaubungsdichte der Eichen bei. Seit 2014 wurden kaum mittlere oder starke Schäden durch Insektenfraß beobachtet (2019: 2 %).

Mittlere Kronenverlichtung in %



Jüngere Eiche

Die Kronenentwicklung der Eichen in der Altersstufe bis 60 Jahre zeigt einen sehr viel günstigeren Verlauf als die Entwicklung der älteren Eichen. Von 1984-2003 wurden Verlichtungswerte zwischen 2 und 8 % ermittelt, nach dem Trockensommer 2003 lag die mittlere Kronenverlichtung höher (8 bis 12 %), seit 2012 werden wieder niedrigere Verlichtungswerte festgestellt (2019: 7 %).



Foto: T. Ullrich

Eiche

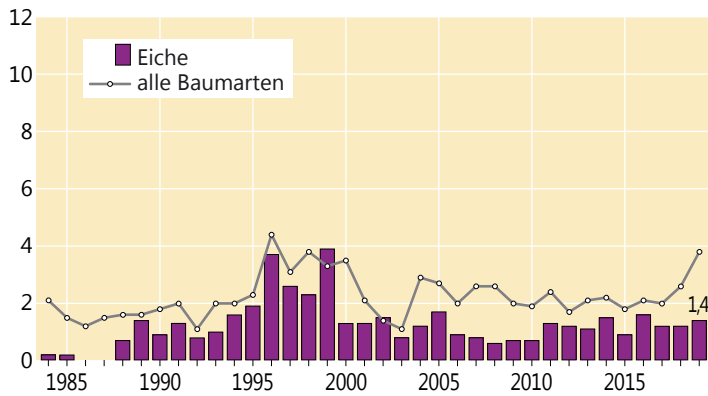
Starke Schäden

Der Mittelwert der starken Schäden in der Zeitreihe liegt für die Eiche (alle Alter) bei 1,3 %. Eine Phase mit erhöhten Anteilen starker Schäden (bis 3,9 %) wird für die älteren Eichen im Zeitraum 1997-1999 in Verbindung mit intensivem Insektenfraß verzeichnet. Anschließend sind die starken Schäden wieder zurückgegangen, 2019 liegt der Anteil bei 1,4 %.

Absterberate

Im Mittel der Jahre 1984-2019 ist die Absterberate der Eichen niedrig (0,1 %). Überdurchschnittliche Absterberaten wurden vor allem im Anschluss an starken Insektenfraß ermittelt, am höchsten war die Absterberate 1997 (0,5 %) und 2013 (0,4 %). 2019 ist der Anteil abgestorbener Eichen (0,2 %) gegenüber dem langjährigen Mittel etwas erhöht.

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



Jährliche Absterberate (stehende Bäume), alle Alter in %

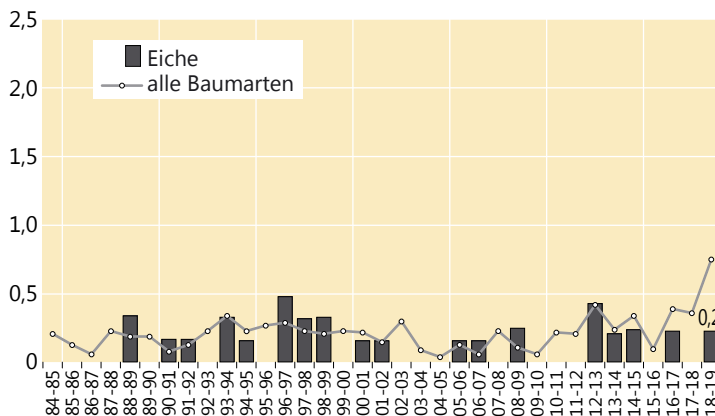
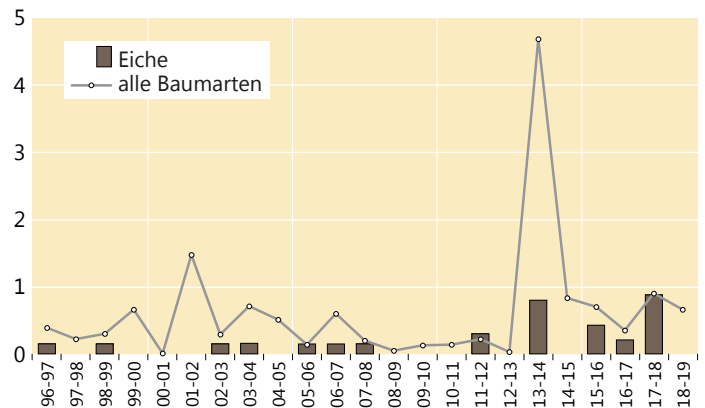


Foto: J. Weymar

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



Ausfallrate

2014 (0,8 %) und 2018 (0,9 %) gab es Abweichungen vom Mittelwert der Ausfallrate (0,2 %). 2019 ist keine Eiche außerplanmäßig (aufgrund von Sturmschäden oder Insektenbefall) entnommen worden.

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

Fichte

Ältere Fichte

Im gesamten Beobachtungszeitraum werden für die älteren Fichten anhaltend hohe Kronenverlichtungswerte bis zu 37 % (2006) festgestellt. Ab 2012 ist ein deutlicher Rückgang der mittleren Kronenverlichtung zu verzeichnen. Diese Entwicklung setzt sich 2019 nicht fort, die mittlere Kronenverlichtung steigt auf 24 %.

Jüngere Fichte

Für die Fichten ist ein deutlicher Alterstrend festzustellen, in den letzten Jahren nähern sich die Verlichtungswerte bei der Altersgruppen allerdings an. Für die jüngeren Fichten beträgt die mittlere Kronenverlichtung aktuell 16 %.

Starke Schäden

Insgesamt (alle Alter) ergibt sich im Mittel aller Erhebungsjahre ein durchschnittlicher Anteil an starken Schäden von 2,4 %. Die Werte schwanken im Erhebungszeitraum ohne zeitlichen Trend zwischen 0,6 und 4,7 %. 2019 liegt der Anteil stark geschädigter Fichten (4,2 %) über dem langjährigen Mittel.

Absterberate

Die Absterberate der Fichten liegt im Mittel der Jahre 1984 bis 2019 bei 0,2 %. Die höchste Absterberate (1 %) wurde 1994 ermittelt. Im Jahr 2019 ist die Absterberate durchschnittlich.

Ausfallrate

Jährlich fallen im Mittel 1 % der Fichten in der WZE-Stichprobe durch Sturmschäden oder Insektenbefall aus. Nach den Orkanen „Christian“ und „Xaver“ fielen 2014 besonders viele Fichten aus (4,6 %). 2019 bleibt die Ausfallrate unterdurchschnittlich (0,7 %).

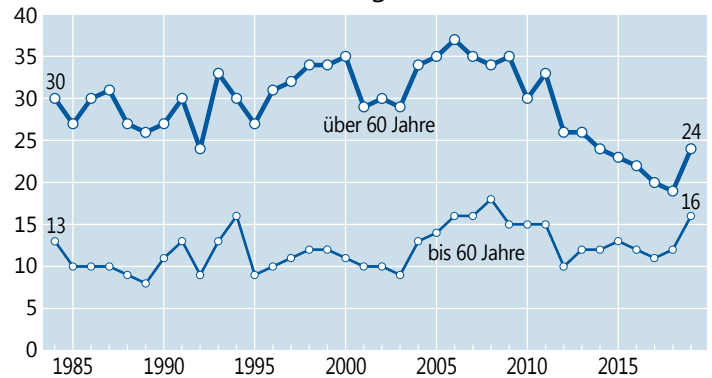
Fruchtbildung

Die älteren Fichten haben zu 57 % mittel und stark fruktifiziert. Nach 2011 (85 %) ist dies zusammen mit 2006 der zweithöchste Wert seit 1996.

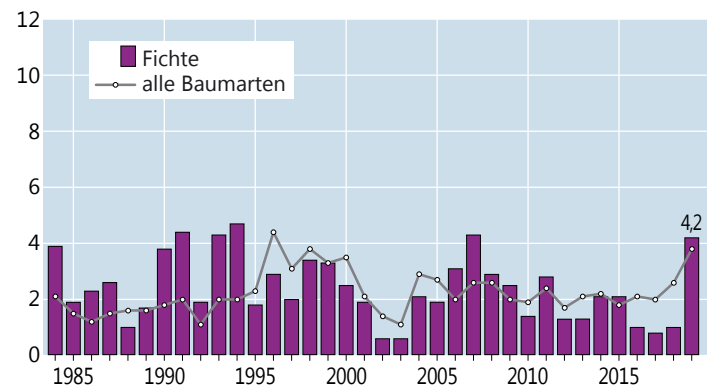


Foto: M. Spielmann

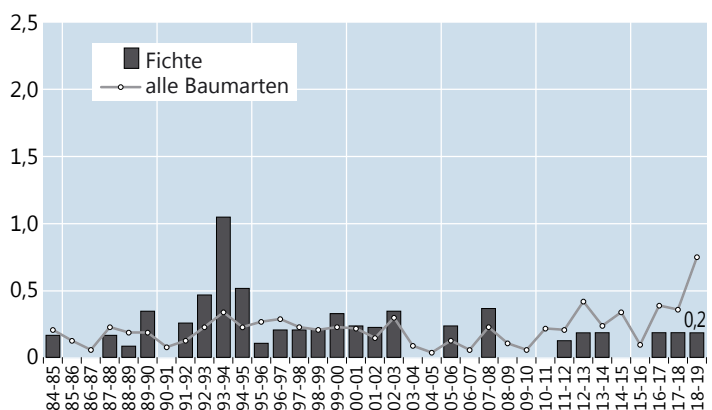
Mittlere Kronenverlichtung in %



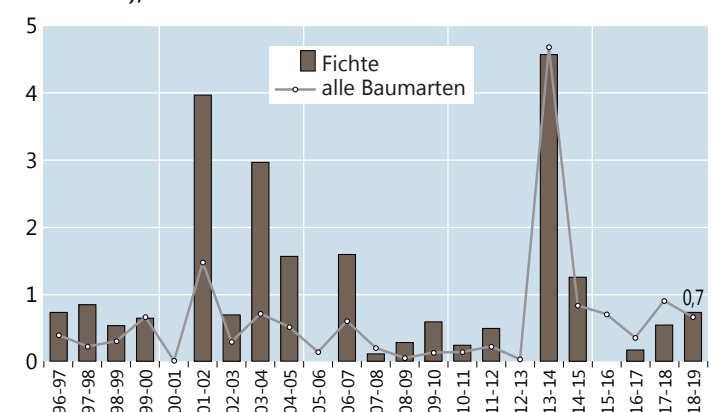
Anteil starker Schäden (inkl. abgestorbener Bäume), alle Alter in %



Jährliche Absterberate (stehende Bäume), alle Alter in %



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



Kiefer

Ältere Kiefer

Die älteren Kiefern weisen seit 1986 niedrigere Kronenverlichtungswerte auf als die älteren Buchen, Eichen und Fichten. 2019 beträgt die mittlere Kronenverlichtung 19 %.

Jüngere Kiefer

In den letzten Jahren hat die Anzahl der bis 60-jährigen Kiefern im Stichprobenkollektiv so stark abgenommen, dass keine Ergebnisse für diese Altersstufe dargestellt werden. Für den Zeitraum bis 2014 zeigen sich kaum Unterschiede im Kronenverlichtungsgrad zwischen den Altersgruppen. Die Entwicklung jüngerer und älterer Kiefern verläuft weitgehend parallel.

Starke Schäden

Der Anteil starker Schäden liegt bei den Kiefern (alle Alter) im langjährigen Mittel der Erhebungsjahre bei 0,8 %. Im Erhebungszeitraum treten kaum Schwankungen auf. Im Jahr 2019 wurden 1,8 % der Kiefern als stark geschädigt eingestuft.

Absterberate

Die Absterberate der Kiefern schwankt im Erhebungszeitraum zwischen 0 und 0,7 %, im Mittel der Zeitreihe beträgt sie 0,2 %. 2019 sind 0,6 % der Kiefern abgestorben.

Ausfallrate

Die durchschnittliche Ausfallrate beträgt 0,5 %. Höhere Ausfälle in den Jahren 2000 und 2015 sind durch Sturmschäden bedingt. 2019 gibt es bei den Kiefern keine Ausfälle.

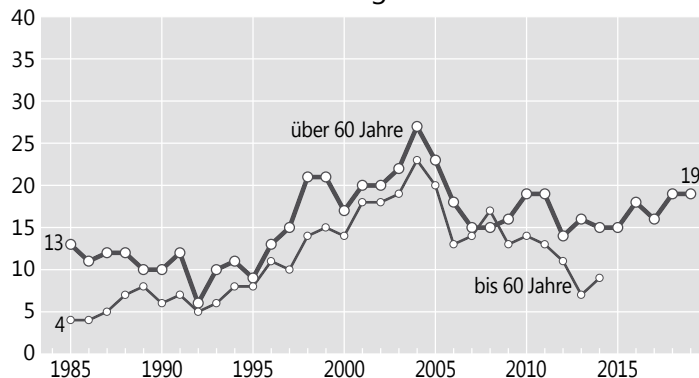
Fruchtbildung

66 % der älteren Kiefern fruktifizierten 2019 mittel oder stark und erreichen somit fast den Höchstwert im Jahr 2011 (67 %).

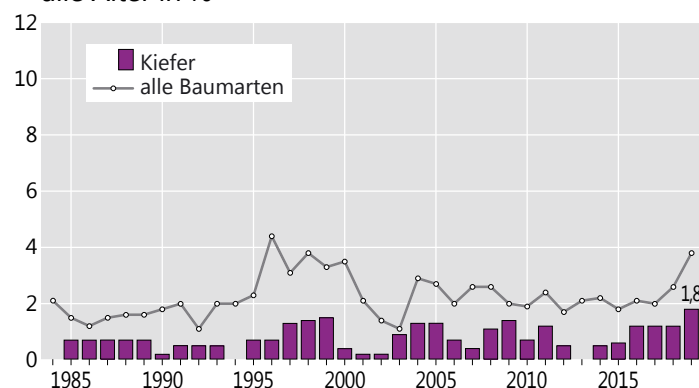


Foto: J. Evers

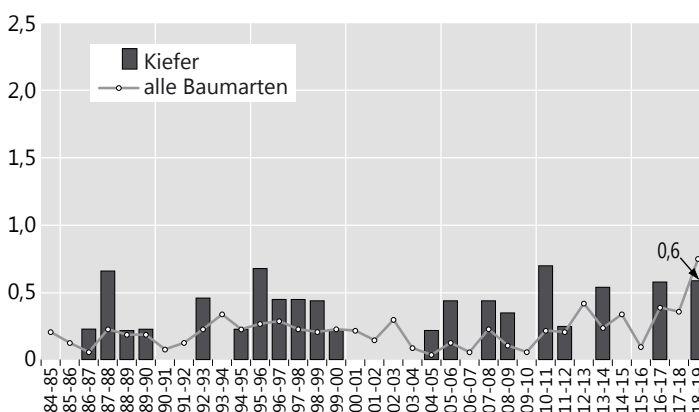
Mittlere Kronenverlichtung in %



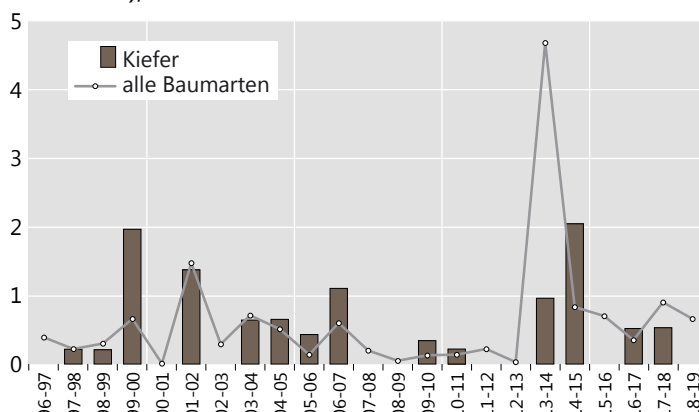
Anteil starker Schäden (inkl. abgestorbener Bäume), alle Alter in %



Jährliche Absterberate (stehende Bäume), alle Alter in %



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



Andere Laub- und Nadelbäume

In Schleswig-Holstein werden bei der Waldzustandserhebung als landesweite flächendeckende Stichprobeninventur 29 Baumarten erfasst. Neben den Hauptbaumarten Kiefer, Fichte, Buche und Eiche kommt in den Wäldern Schleswig-Holsteins eine Vielzahl weiterer Baumarten vor. Jede Baumart für sich genommen ist in der Stichprobe der Waldzustandserhebung allerdings zahlenmäßig so gering vertreten, dass allenfalls Trendaussagen zur Kronenentwicklung möglich sind. Bei der Darstellung der Ergebnisse der Waldzustandserhebung werden sie daher in den Gruppen andere Laubbäume und andere Nadelbäume zusammengefasst. Zu den anderen Laubbäumen gehören u. a. Birke, Esche und Erle, bei den anderen Nadelbäumen handelt es sich vorwiegend um Lärchen und Sitkafichten.

Mittlere Kronenverlichtung

2018 hat Trockenstress bei den anderen Laubbäumen zu einem Anstieg der Kronenverlichtung geführt. 2019 wird mit 24 % der höchste Wert in der 36-jährigen Zeitreihe festgestellt. Der Höchstwert der mittleren Kronenverlichtung der anderen Nadelbäume (alle Alter) liegt 2008 bei 24 %. In den letzten Jahren ist eine erhebliche Verbesserung eingetreten. Die mittlere Kronenverlichtung (alle Alter) liegt 2019 bei 13 %.

Starke Schäden

Der Anteil starker Schäden (alle Alter) liegt für die Gruppe der anderen Laubbäume im Erhebungszeitraum im Mittel bei 3,1 %. 2019 wird dieser Durchschnittswert überschritten (7,6 %).

Für die anderen Nadelbäume (alle Alter) sind seit 1984 Anteile an starken Schäden zwischen 0,3 und 7,2 % aufgetreten, im Mittel sind 1,4 % stark geschädigt. 2019 liegt der Anteil starker Schäden bei 1,3 %.

Absterberate

Die Absterberate der anderen Laubbäume liegt 2019 mit 2,2 % deutlich über dem Mittelwert der Zeitreihe (0,5 %). Andere Nadelbäume sind 2019 nicht abgestorben.

Esche

Die WZE-Ergebnisse der Eschen (alle Alter) heben sich deutlich von denen der anderen Baumarten ab. Durch das Eschentriebsterben liegt die mittlere Kronenverlichtung der Esche 2019 bei 47 %, 32 % sind stark geschädigt und 9,5 % abgestorben.

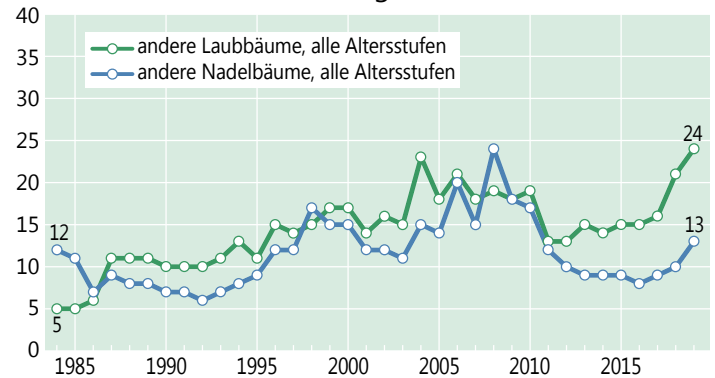
Ausfallrate

Bei den anderen Laubbäumen ist die Ausfallrate seit 2014 überdurchschnittlich hoch. Hierbei spielen sowohl Sturmschäden als auch Entnahmen wegen des Eschentriebsterbens eine Rolle. 2014 war die Gruppe der anderen Nadelbäume stärker als alle anderen Baumartengruppen durch Sturmschäden betroffen.

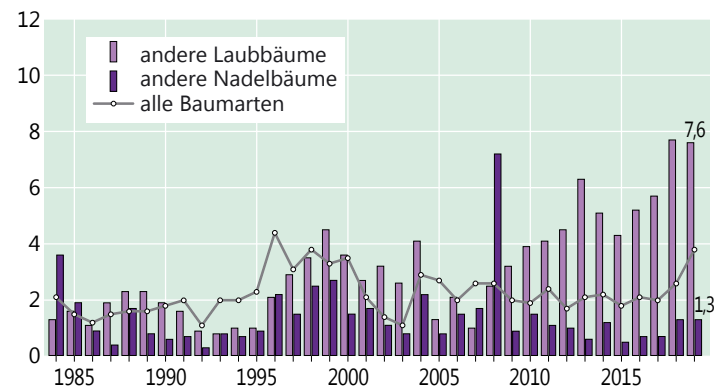
Fruchtbildung

Bei beiden Baumartengruppen ist der Anteil mittel oder stark fruktifizierender Bäume (alle Alter) mit 49 bzw. 68 % 2019 deutlich höher als im Zeitraum 1996-2018.

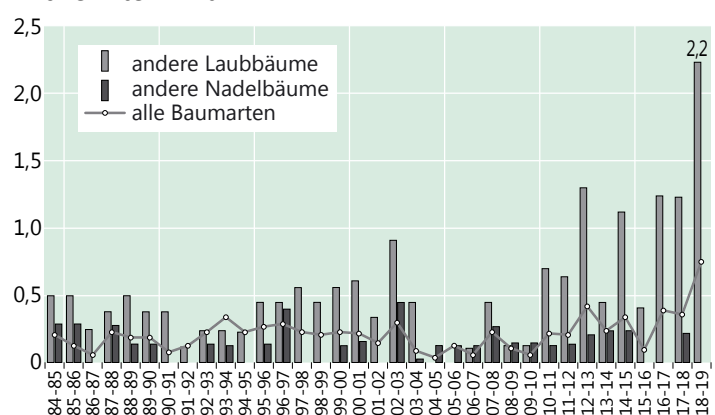
Mittlere Kronenverlichtung in %



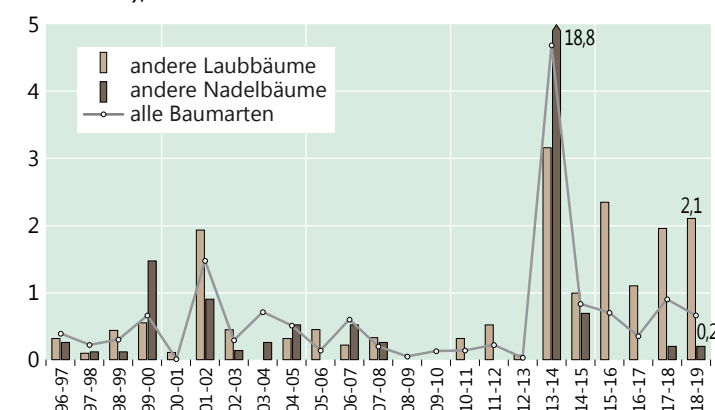
Anteil starker Schäden (inkl. abgestorbener Bäume), alle Alter in %



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 Schleswig-Holstein 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 °C) angegeben.

Im Landesmittel von Schleswig-Holstein betrug die Mitteltemperatur für das Vegetationsjahr 2018/2019 10,3 °C. Damit war dieses Jahr genauso warm wie das vergangene Vegetationsjahr. Die gemessene Niederschlagssumme entspricht mit 700 mm im Landesmittel 90 % der langjährig üblichen Niederschlagsmenge. Dabei fielen in der Nichtvegetationszeit von Oktober 2018 bis April 2019 rund 80 % des Niederschlagsolls, während in der Vegetationszeit von Mai bis September 2019 das langjährige Mittel leicht übertroffen wurde. Aufgrund der ausreichenden Niederschläge in der Vegetationszeit 2019 war Schleswig-Holstein kaum von der Trockenheit betroffen.

Witterungsverlauf von Oktober 2018 bis September 2019

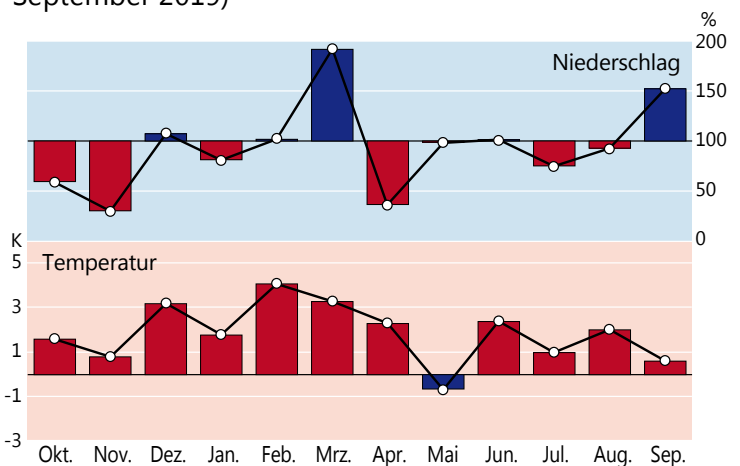
Zu Beginn des Vegetationsjahres setzte sich im Oktober 2018 die Trockenheit der vorausgegangenen Monate fort. Von Mai bis September 2018 waren nur rund 50 % der mittleren Niederschlagsmenge gefallen. Im Oktober fielen landesweit in Schleswig-Holstein nur rund 40 mm Niederschlag. Dies entspricht 58 % der mittleren Niederschlagsmenge (Abb. rechts). Beständige Hochdrucklagen sorgten für einen sonnenscheinreichen Monat. Der Oktober war zeitweise spätsommerlich warm und verzeichnete einige Sommertage mit Tageshöchsttemperaturen über 25 °C. Die Mitteltemperatur betrug 11,4 °C und lag damit +1,6 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 6,1 °C war der Monat +0,8 K zu warm. Mit knapp 30 mm war der November extrem trocken und lag um 70 % unter dem langjährigen Durchschnittswert von rund 80 mm. Die Bodentrockenheit erreichte damit ihren

Höhepunkt im Jahr 2018. Im südlichen Schleswig-Holstein wurden teilweise deutlich weniger als 50 % des pflanzenverfügbaren Bodenwassers (nutzbare Feldkapazität, nFK) ermittelt. Im Dezember dominierten Westwetterlagen und beendeten die seit dem Frühjahr andauernden zu trockenen Niederschlagsverhältnisse. Mit über 75 mm Niederschlag wurde das langjährige Soll um 10 % übertroffen. Die überwiegend milde Witterung führte zu einer deutlich positiven Abweichung der Monatsmitteltemperatur, die mit 5,2 °C um +3,2 K über dem langjährigen Wert lag.



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)



Daten des Deutschen Wetterdienstes, Offenbach

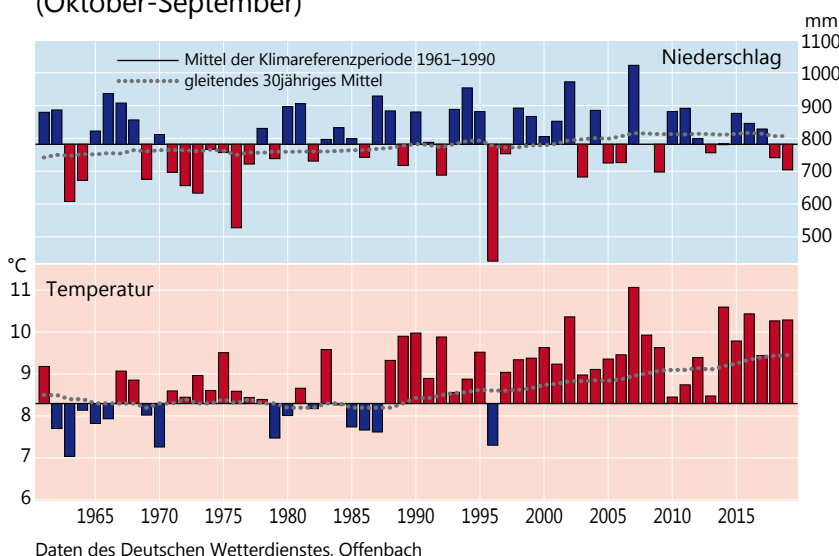
Witterung und Klima

Zu Beginn des Jahres 2019 folgte ein trockenerer Witterungsabschnitt. Im Januar fielen im Flächenmittel des Landes Schleswig-Holstein 50 mm Niederschlag. Dies ist knapp 80 % der üblichen Niederschlagsmenge. Besonders trocken war es in den nördlichen Landesteilen. Mit einer Mitteltemperatur von 2,2 °C war der Monat +1,8 K zu warm. Es folgte ein ungewöhnlich milder Februar. Die Temperaturabweichung zum Klimamittel der Periode 1961-1990 betrug +4,1 K und mit 40 mm fiel fast genau das langjährige Niederschlagssoll. Im März dominierten stürmische Westwetterlagen, so dass infolge der unbeständigen Witterung die Niederschlagsmenge von knapp 100 mm fast doppelt so hoch war wie im langjährigen Mittel. Dabei war der März ebenfalls deutlich zu warm. Die Abweichung zum Mittel der Klimanormalperiode betrug +3,3 K. Der April 2019 war im Vergleich zur Referenzperiode 1961-1990 der dreizehnte zu warme Monat in Folge. Bei einer Monatsmitteltemperatur von 9,0 °C lag die Abweichung bei knapp



Foto: J. Evers

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



Daten des Deutschen Wetterdienstes, Offenbach

+2,3 K. Infolge Hochdruck dominierter Wetterlagen lag das Niederschlagsdefizit im landesweiten Mittel bei 65 %. Ähnlich wie im Vorjahr führte die frühlingsliche Witterung zu einem vorzeitigen Austrieb der Vegetation.

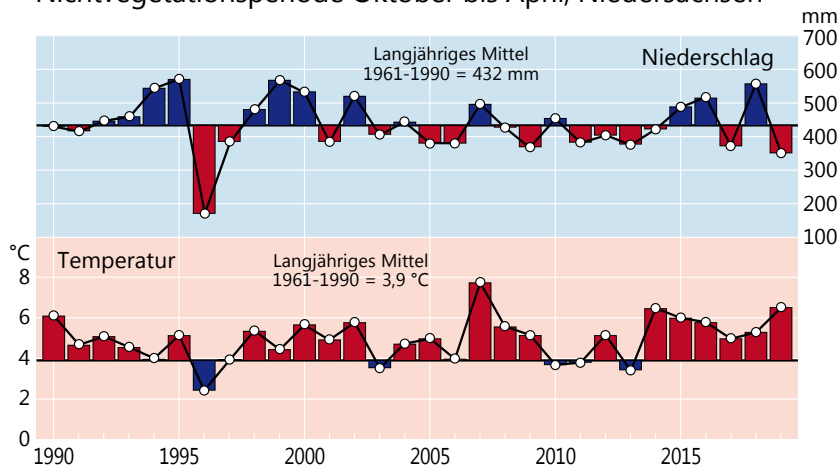
Zum Start in die forstliche Vegetationszeit folgte ein kühler Mai in Schleswig-Holstein. Erstmals seit März 2018 lag die Monatsmitteltemperatur wieder unter dem langjährigen Vergleichswert. Die Abweichung war mit -0,8 K allerdings relativ gering. Die mittlere Niederschlagshöhe erreichte mit 53 mm annähernd das langjährige Soll. Der Juni zeigte sich von seiner sonnigen Seite. Durch die beständige Zufuhr subtropischer Luftmassen lag die Monatsmitteltemperatur bei 17,4 °C und damit +2,4 K über dem langjährigen Durchschnitt. Mit 67 mm im Landesmittel fielen wiederum rund 100 % des Niederschlagssolls. Vereinzelt Starkniederschläge sorgten im Südosten des Landes für einen deutlichen Niederschlagsüberschuss. 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. Diese Hitzewelle erreichte Schleswig-Holstein jedoch nicht. Der Juli war etwas kühler als der Juni, aber mit einer Mitteltemperatur von 17,4 °C um 1,0 K zu warm. Landesweit fielen rund 75 % der mittleren Niederschlagsmenge. Im August setzte sich die warme Witterung fort. Die Mitteltemperatur betrug 18,4 °C (+2,0 K), so dass der Sommer 2019 (Juni bis August) in Schleswig-Holstein wie im vergangenen Jahr überdurchschnittlich warm war. Im Flächenmittel des Landes wurde das Niederschlagssoll in den drei Sommermonaten erfüllt. Zum Abschluss des Vegetationsjahres 2018/2019 folgte ein ebenfalls zu warmer (+0,6 K) September. Mit rund 110 mm fielen 150 % der langjährigen mittleren Niederschlagssumme.

Temperatur und Niederschlag im langjährigen Verlauf

Das Vegetationsjahr 2018/2019 war +1,9 K wärmer als der Mittelwert der Klimanormalperiode 1961-1990 und +1,3 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 bis 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 11 Monate zu warm im Vergleich zu den langjährigen Mittelwerten. Dabei fielen im Vegetationsjahr 2018/2019 mit 700 mm im Landesmittel 90 % der langjährigen Niederschlagssumme. Im Zeitraum von Mai 2018 bis März 2019 fielen allerdings nur 70 % der sonst üblichen Niederschlagsmenge.

Witterung und Klima

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



In den folgenden Monaten konnte das Niederschlagsdefizit zwar nicht ausgeglichen werden, da aber in der Vegetationszeit das Niederschlags-soll erreicht wurde, war die Trockenheit 2019 in Schleswig-Holstein moderat.

Mit einer Mitteltemperatur von 6,5 °C war die Nichtvegetationszeit um +2,4 K wärmer als die Klimanormalperiode (Abb. links oben). Die höchsten Abweichungen mit bis zu +3 K verzeichneten der Osten und Süden des Landes. An der Nordseeküste betrug die positive Abweichung rund +2,0 K (Abb. unten links).

In der Nichtvegetationszeit von Oktober 2018 bis April 2019 fielen in Schleswig-Holstein 350 mm Niederschlag. Dies sind knapp 200 mm weniger als im gleichen Zeitraum des Vorjahres. Das langjährige Niederschlags-soll wurde damit zu rund 80 % erreicht (Abb. links oben). Im östlichen und südlichen Schleswig-Holstein betrug das Niederschlagsdefizit teilweise mehr als 20 %, während im Westen des Landes das langjährige mittlere Niederschlags-soll nur wenig unterschritten wurde (Abb. Seite 19 links).

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

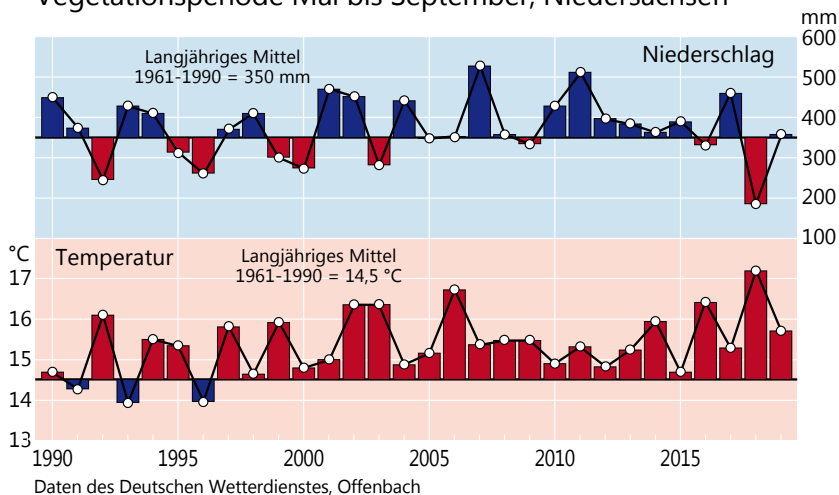
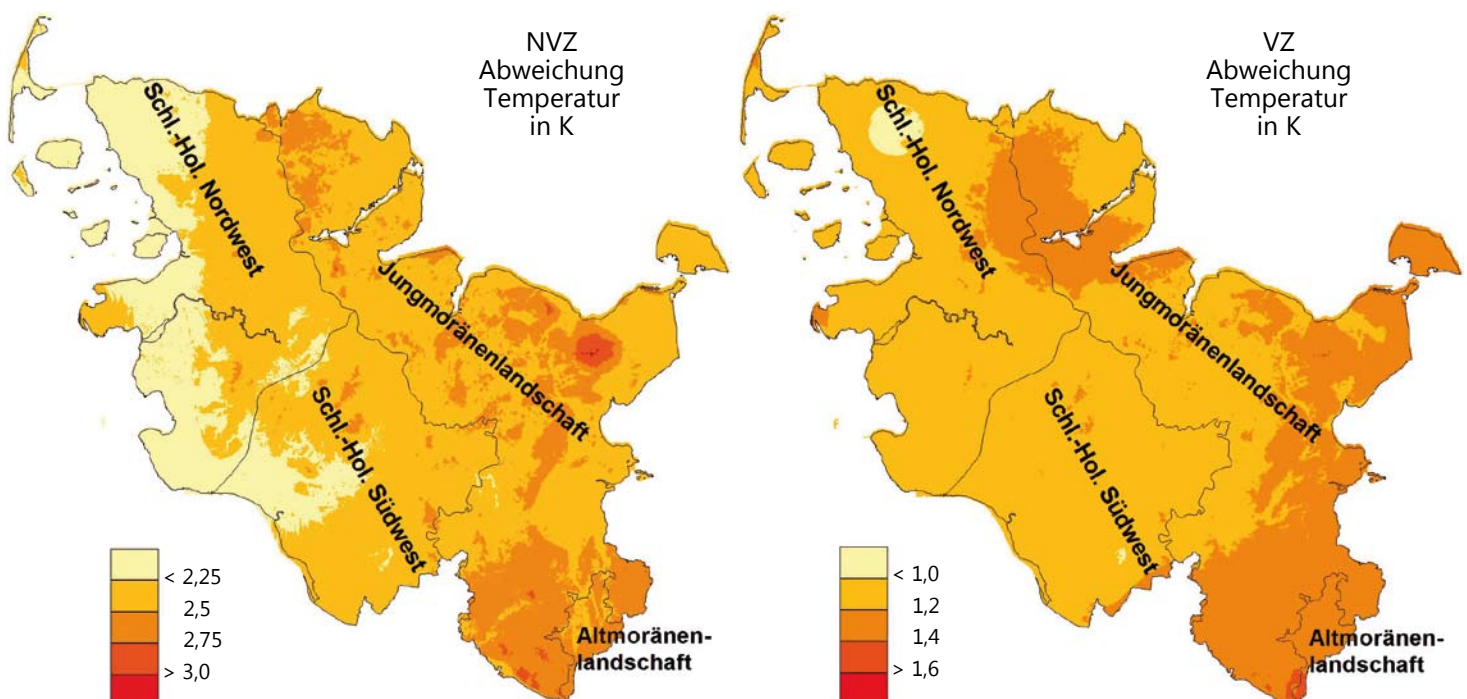


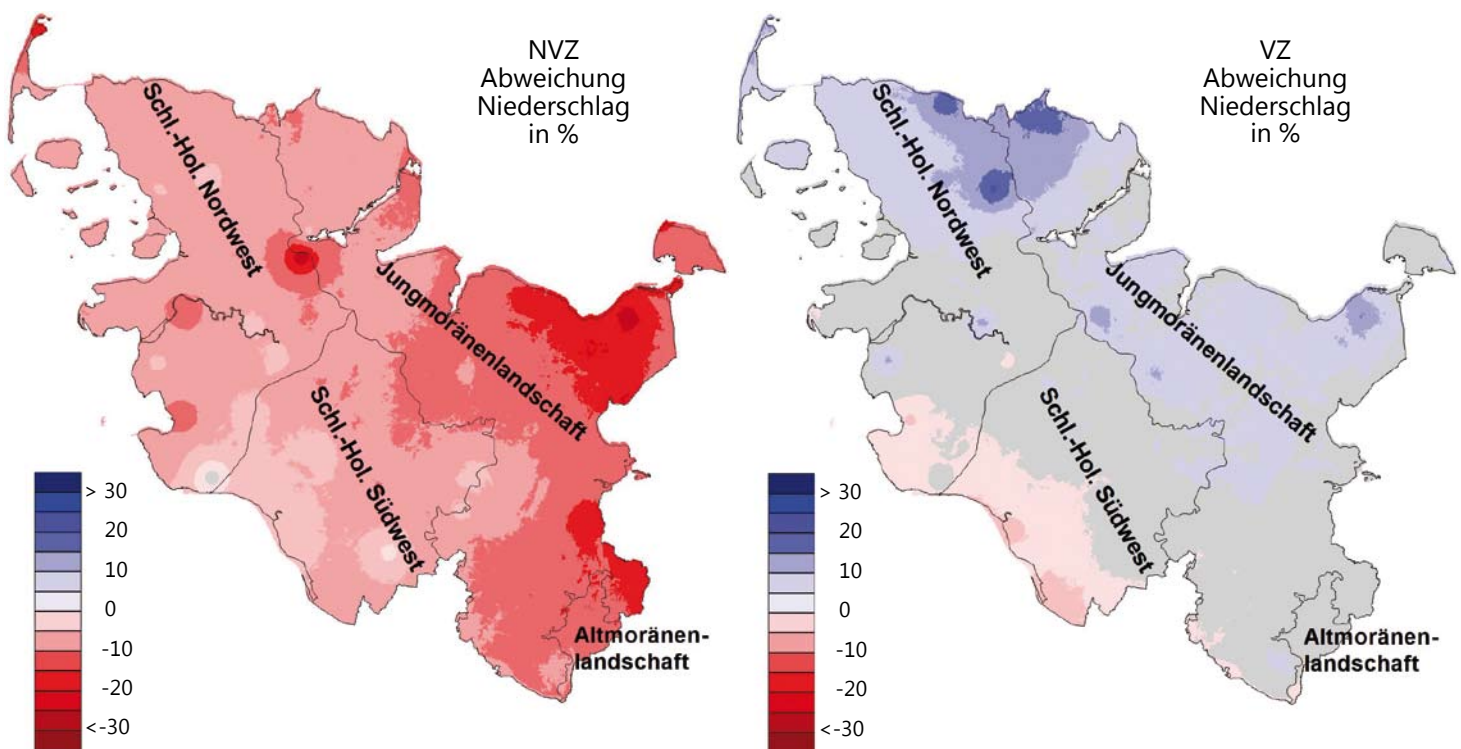
Foto: J. Evers

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



Auch die Vegetationszeit von Mai bis September war deutlich zu warm. Die Mitteltemperatur betrug 15,7 °C und war damit +1,2 K wärmer im Vergleich zur Klimanormalperiode von 1961-1990. Etwas höhere Temperaturabweichungen um +1,5 K wurden in einem Streifen von Nordosten bis Südosten beobachtet. Etwas geringer waren die Abweichungen im Westen mit rund +1,1 K (Abb. Seite 18 unten rechts). Im Flächenmittel des Landes Schleswig-Holstein fielen in der Vegetationszeit mit rund 360 mm etwas mehr als die mittlere langjährige Niederschlagsmenge (Abb. Seite 18 Mitte). Nur im südwestlichen Schleswig-Holstein war es etwas trockener. Dagegen betrug im Norden des Landes der Niederschlagsüberschuss bis zu 20 % im Vergleich zu den mittleren Niederschlagssummen der Klimareferenzperiode von 1961 bis 1990 (Abb. oben rechts).

Fazit

- Das Vegetationsjahr 2018/2019 war wiederum deutlich zu warm (Platz 5 seit 1961).
- Die Mitteltemperatur betrug 10,3 °C. Dies entspricht einer Abweichung von +1,9 K im Vergleich zum langjährigen Mittel.
- Im Vergleich zur Klimareferenzperiode 1961 bis 1990 waren 11 von 12 Monaten zu warm. Der langjährige Erwärmungstrend setzt sich unvermindert fort.
- Es fielen 90 % des langjährigen Niederschlagssolls (700 mm).
- Dank der ausreichenden Niederschläge in der Vegetationszeit 2019 war Schleswig-Holstein – trotz überdurchschnittlicher Temperaturen – nicht von einer außergewöhnlichen 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 gefallenen 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 geneigten 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

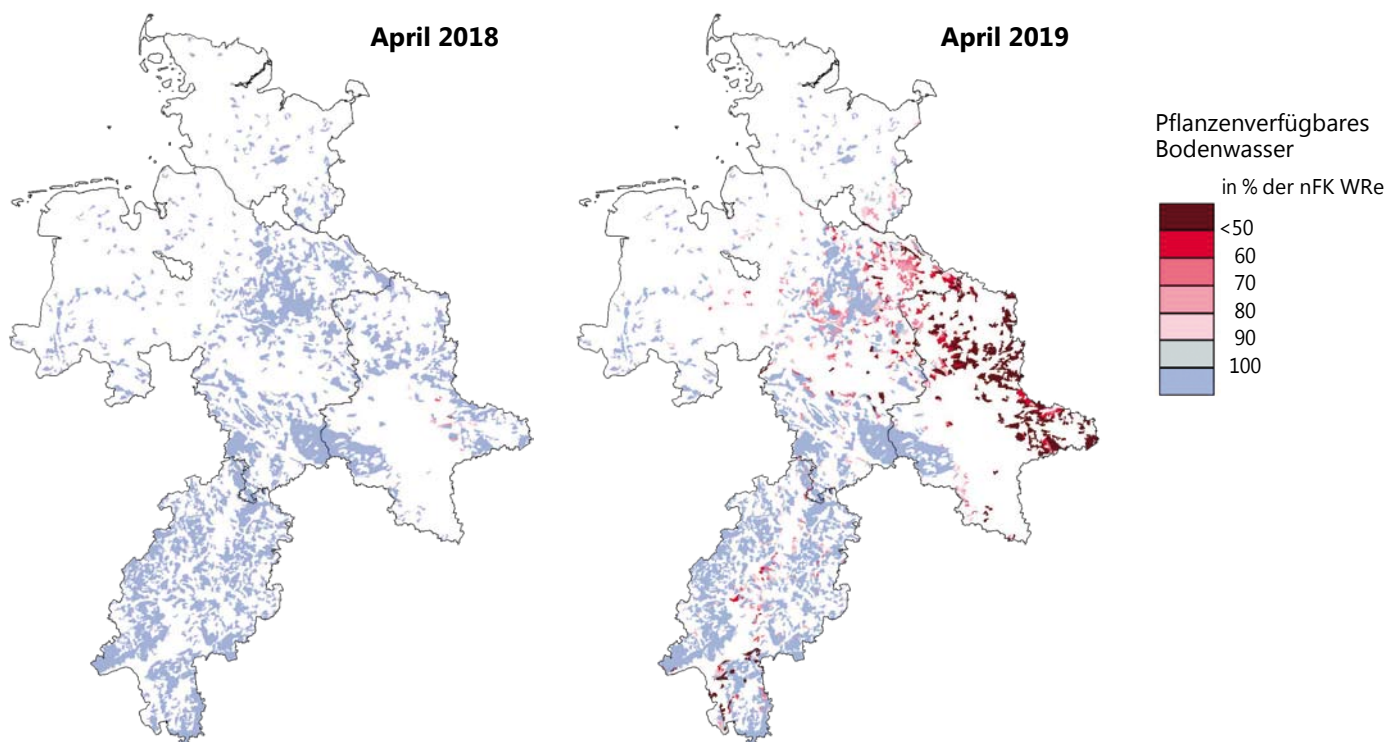
In Niedersachsen und Schleswig-Holstein waren rund 30 % der Waldstandorte betroffen. Schwerpunkte lagen im süd-östlichen Schleswig-Holstein sowie im mittleren und östlichen Niedersachsen, wo jedoch überwiegend mehr als 50 % der nFK WRe erreicht wurden. Nur wenige Standorte in Niedersachsen (2 %) wiesen 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.

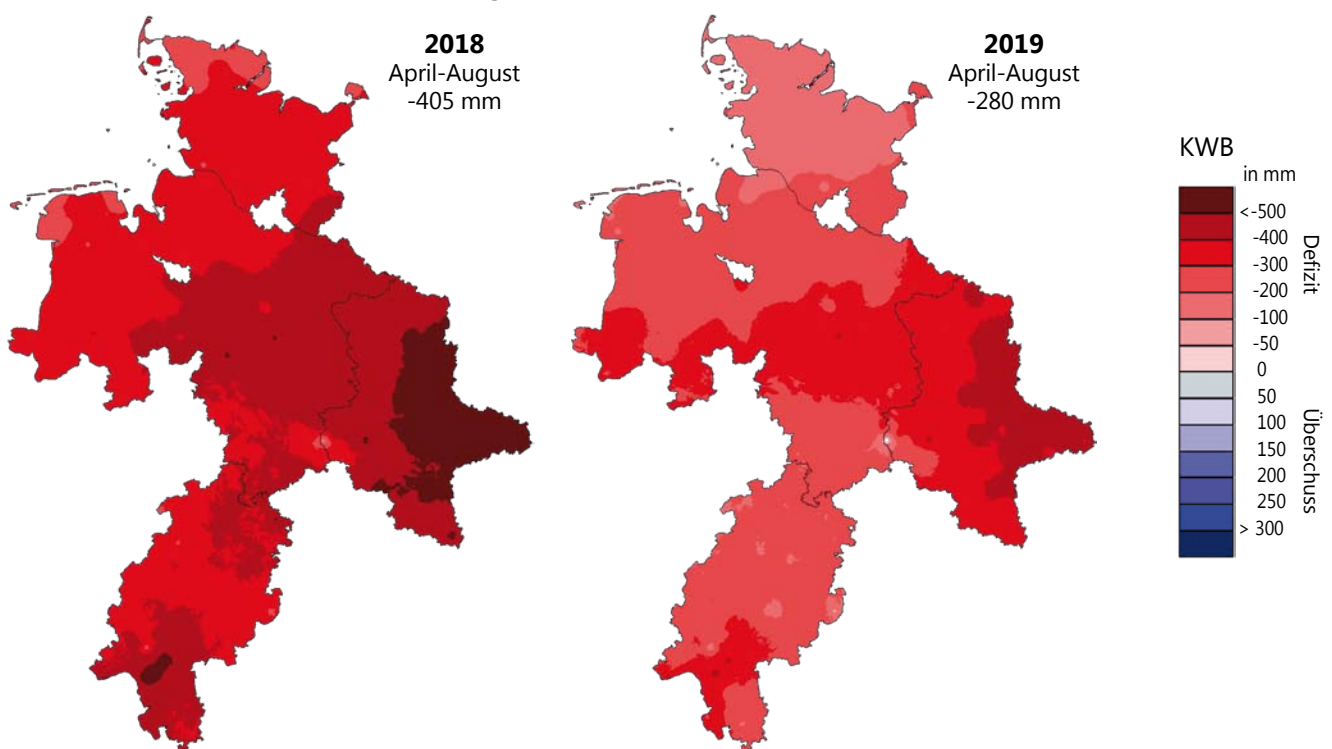
Strukturelle Störungen in den Wäldern

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.

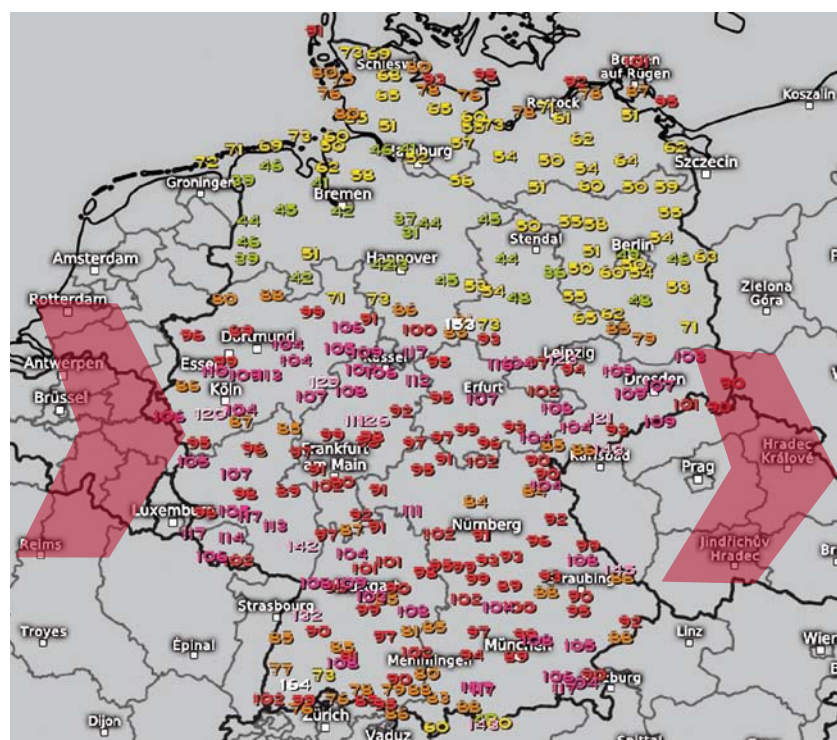
Stürme sind Extremereignisse, deren Wirkungen plötzlich eintreten, ihre Folgen können jedoch zu weitreichenden, langfristigen Veränderungen der Waldentwicklung führen. Die letzten beiden Jahre waren von einer Reihe von Stürmen geprägt.

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.

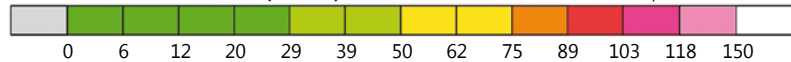
Klimatische Wasserbilanz (KWB) für die Monate April bis August
in den vier Trägerländern der NW-FVA



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



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 verschärften.

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 Schadereignissen 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 vorausgegangenen Voranbau bzw. aus vorhandener Naturverjüngung weiter zu ent-

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

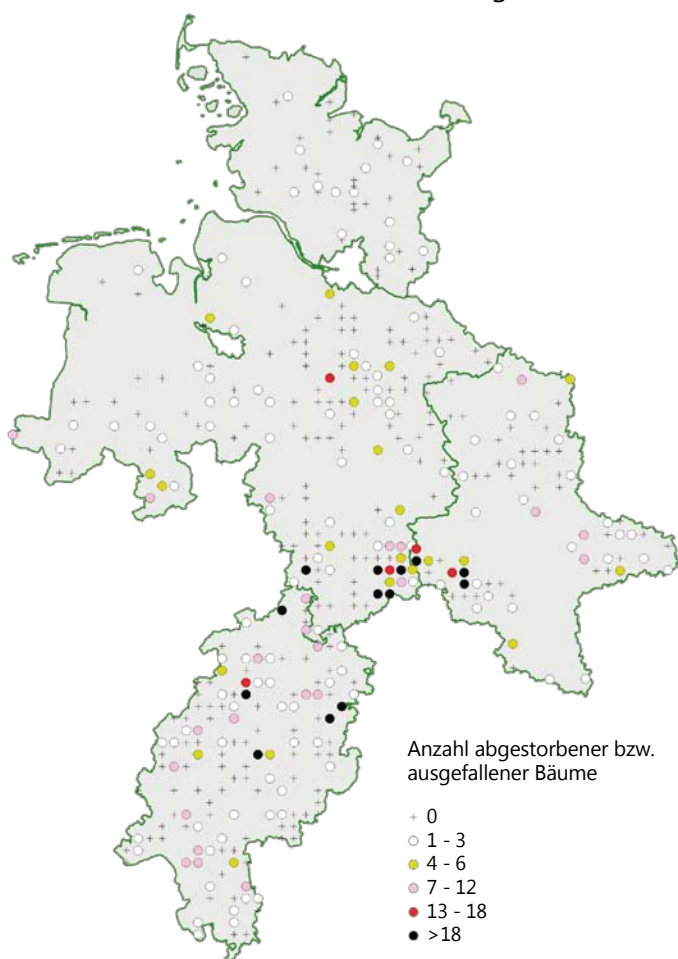
wickeln vermag. Belastbare Rückschlüsse auf die wieder zu bewaldenden Flächen sind nicht möglich.

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



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 Verbräunungen 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 seltenere 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-

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

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



Eingerolltes Buchenblatt

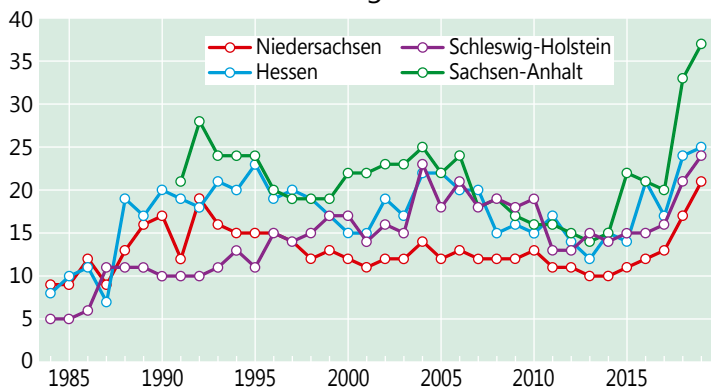


Buchenblatt ohne Trockenstress
Fotos: J. Weymar

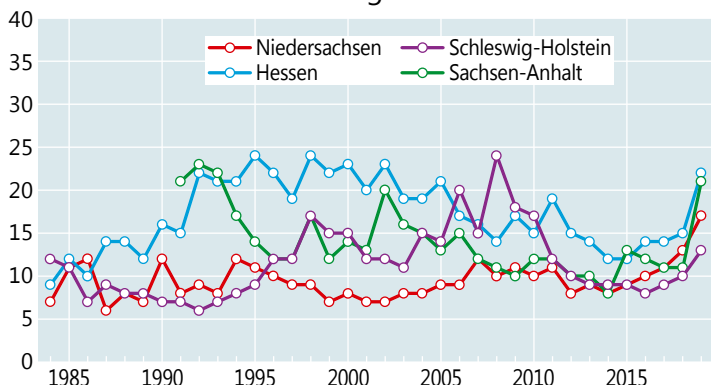
Anhalt, wo die Trockenheit am stärksten ausgebildet war, waren 2019 eingerollte Blätter besonders weit verbreitet (82 %). Im weniger stark durch Trockenheit belasteten Schleswig-Holstein war der Anteil von Buchen mit eingerollten Blättern dagegen deutlich geringer (16 %). Bei Eiche und anderen Laubbaumarten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

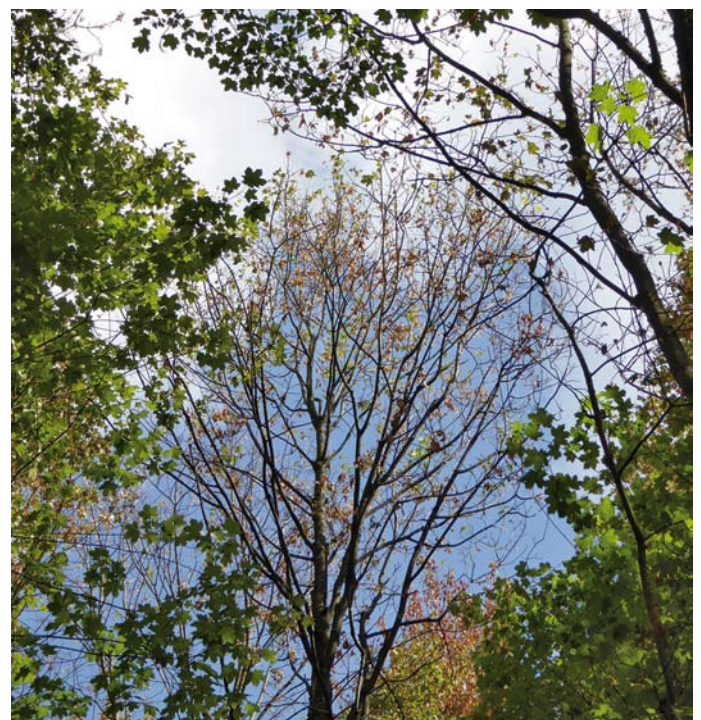
Reaktionen weiterer Baumarten

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

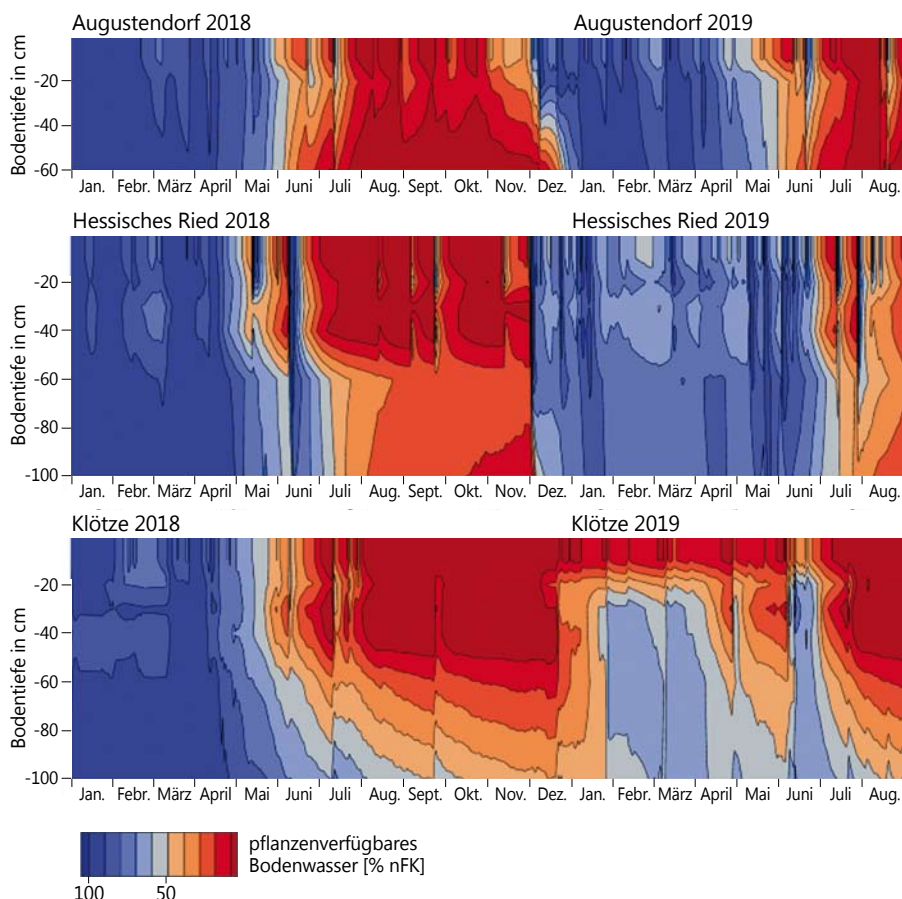
durch das Eschentriebsterben. In Sachsen-Anhalt war kein eindeutiger Trend bei der mittleren Kronenverlichtung der Esche abzulesen. Die Absterberate war 2019 jedoch erhöht. Bei der **Europäischen Lärche** fallen 2019 in Hessen, Niedersachsen und Sachsen-Anhalt die höchsten Absterberaten im Beobachtungszeitraum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

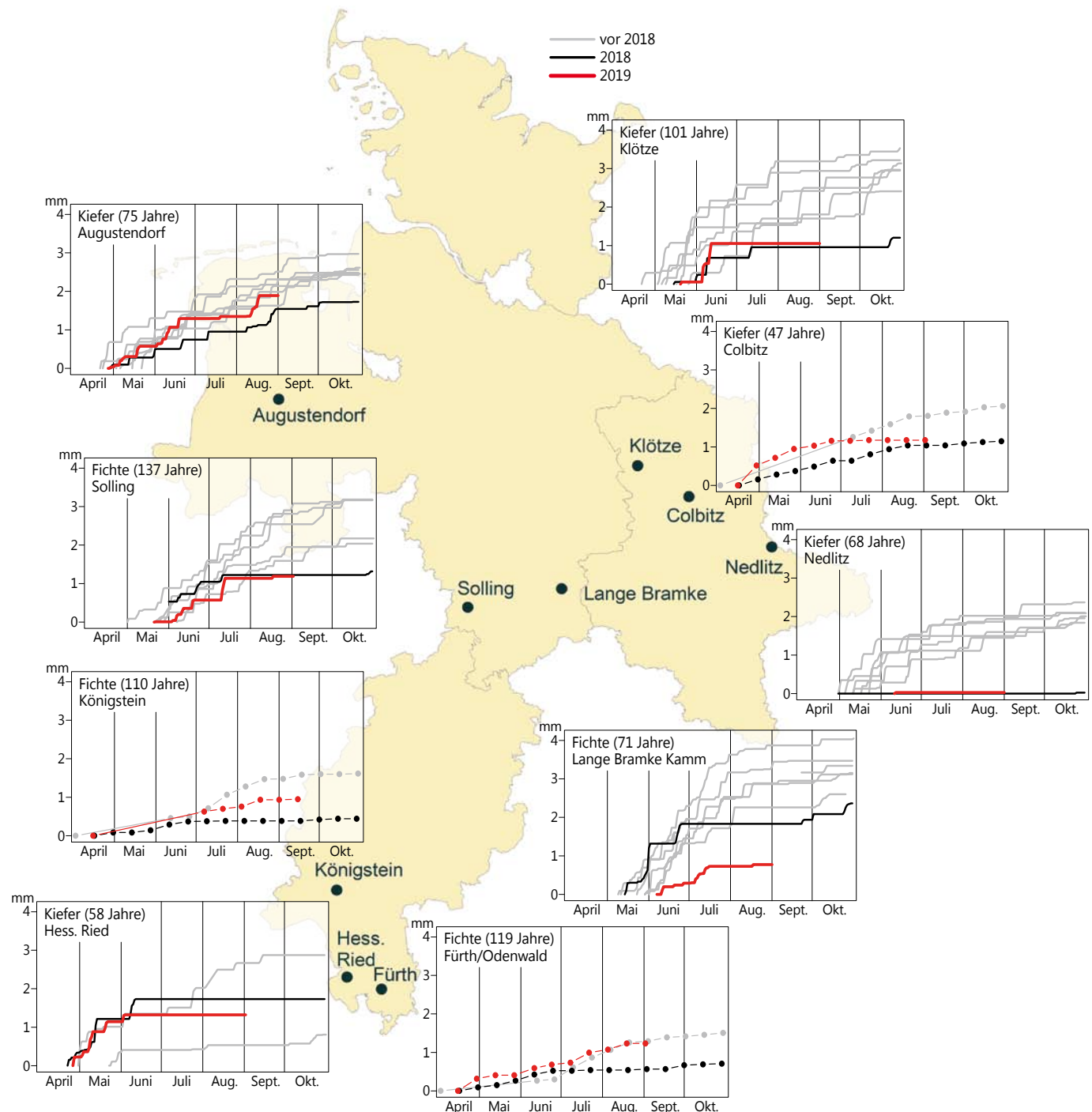
Zuwachs 2018 und 2019

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

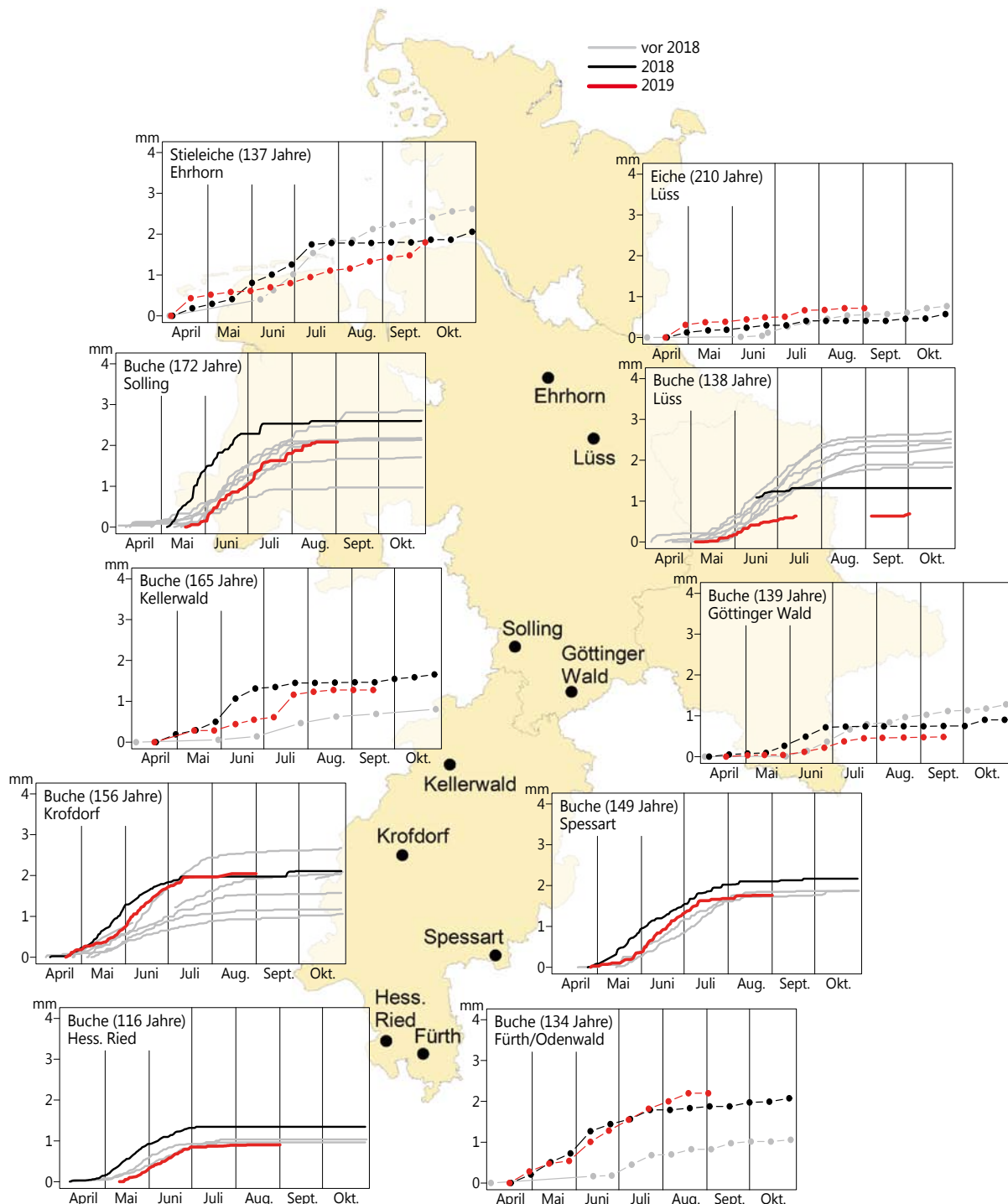
Solling und Lange Bramke (Niedersachsen) von Beginn an ein sehr geringer Zuwachs zu beobachten, bereits ab Mitte Juli kam dieser fast vollständig zum Erliegen. Bis Ende August ergab sich für die Fichten im Solling ein ähnlich niedriges Zuwachsniveau wie im Vorjahr, in der Lange Bramke wurde mit einem 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 Zuwachspanne 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 Zuwachseleistung 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 extremen 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 32: 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 vielerorts die Fichten- und Lärchenbestände durch starken Trockenstress. Gleichzeitig hatten die für Waldbäume gefährlichen Borkenkäferarten beste Vermehrungsmöglichkeiten. In der Folge wurde bei lang anhaltender Aktivität und Vermehrung von Käfern bis zum Jahresende 2018 ein hohes Schadensausmaß erreicht, wie es seit Jahrzehnten nicht mehr beobachtet wurde. Die Zahl der im Herbst 2018 in Überwinterung gegangenen Borkenkäfer war groß. In den Wintermonaten konnten sich die Waldbäume nicht ausreichend vom Trockenstress revitalisieren. Damit lagen bereits zu Beginn der Käfersaison 2019 ungünstige Ausgangsbedingungen vor. Die allgemeine Gefährdungslage für die Nadelholzbetriebe war sehr hoch. Die ab April 2019 aus der Überwinterung ausschwärmenden, 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 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 Brutnestern 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. Zusammenfassend muss für den Buchdrucker festgestellt werden, dass bereits durch die Überwinterer ein hoher Schaden entstand.

Die ab Ende Juni/Anfang Juli 2019 begonnene Besiedlung durch die Jungkäfer der 1. Generation fiel erwartungsgemäß nochmals stärker aus. Die Jungkäfer der 2. Generation dürften 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 Brutnester 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.



Borkenkäferbefall

Foto: J. Weymar

Bereits 2018 hat der **Lärchenborkenkäfer** (*Ips cembrae*) 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. Stattdessen sind wiederum starke Schäden im Stehenden entstanden, was vermutlich den hohen Ausgangsdichten der Käfer und der schlechten Konstitution der Lärchen zum Winterende geschuldet ist. Untersuchungen von diesjährigen Brutnestern 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 Pilzerkrankungen 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.

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 Bestandesteilen 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.

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 Standortkartierung. Für eine flächendeckende Bestimmung mit hoher Genauigkeit sind wissenschaftliche Berechnungen erforderlich, die die Vielzahl detailliert aufgenommenen Bodenprofile der Standortkartierung 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))

Trockenstress- risiko	Fichte Roterle* Moorbirke*	Buche Weißtanne Japanlärche Bergulme Schwarznuß	Eiche/ Douglasie Roteiche Ahornarten Esche Hainbuche Linde Europ. Lärche Küstentanne	Kiefer 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 Literatúrauswertungen 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.

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

Chancen auch erhebliche Risiken von Fehlschlägen und möglicherweise sogar Gefahren für die heimischen Waldökosysteme, wie das Beispiel der Spätblühenden Traubeneiche (*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 Altaszeder 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 Höltnen, 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 Laubhölzern 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 Tannenanbau 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

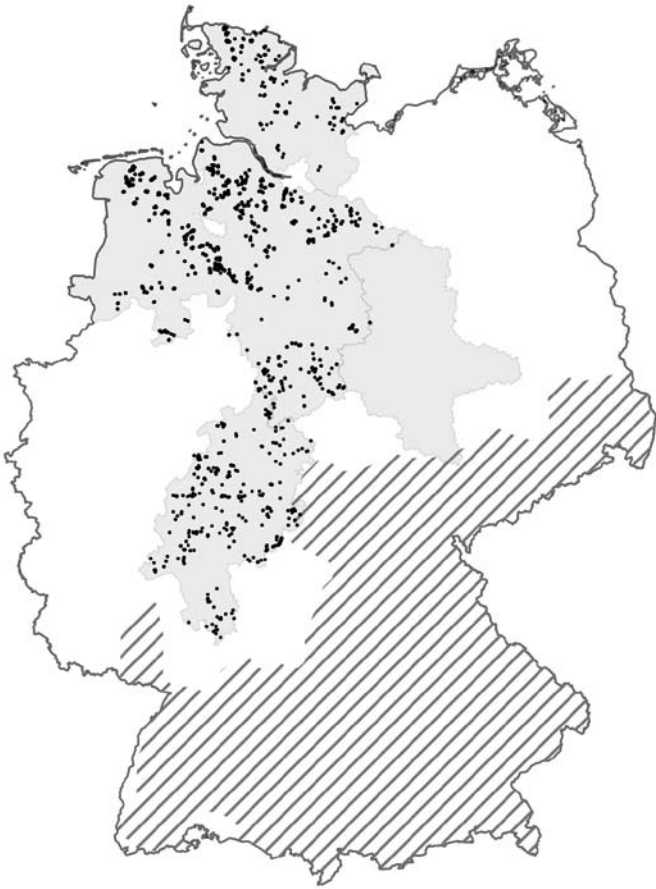


Natürliche Verjüngung der Weiß-Tanne im Mischbestand im südlichen Niedersachsen

Foto: A.M. Höltnen

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 Anbaugrenzen 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 Eingengung 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 ost-europäischer 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 in gelöster Form mit dem Niederschlag 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 Immissionsschutzfunktion 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.

In Schleswig-Holstein wird seit 1989 im Rahmen des Intensiven Forstlichen Umweltmonitorings der Stoffeintrag in einen 114-jährigen Buchenbestand bei Bornhöved erfasst. Der Bestandesmessfläche (Kronentraufe) ist eine Freifläche (Freilandniederschlag) zugeordnet. Zusätzlich wird zur Erfassung des gesamten Bestandesniederschlags der Stammablauf gemessen und analysiert, der in Buchenbeständen quantitativ bedeutsam ist. Mittels eines Kronenraumbilanzmodells (Ulrich 1991) werden aus den gemessenen Stoffflüssen Gesamtdpositionsraten berechnet.

Die Höhe der Stoffeinträge wird maßgeblich durch verschiedene Faktoren wie Niederschlagsmenge und -verteilung, Baumart, Bestandeshöhe, Kronenrauigkeit bzw. lokale Emittenten bestimmt. Aus diesem Grund sind die Stoffeinträge in niederschlagsärmeren Gebieten in der Regel niedriger als in niederschlagsreichen Gegenden und aufgrund des Laubabwurfs unter Buche geringer als unter Fichte und Douglasie.

Niederschlag

2018 war in Schleswig-Holstein ein besonders niederschlagsarmes Jahr. In Bornhöved fielen im Freiland 489 mm, der Bestandesniederschlag (Kronentraufe und Stammablauf) betrug 376 mm. Damit fielen im Freiland 256 mm (bzw. 34 %) und im Bestand 288 mm (bzw. 38 %) weniger Niederschlag als im Mittel 2008-2017. Ähnlich niederschlagsarm war im Beobachtungszeitraum nur das Jahr 1996. Insgesamt zeigt sich aber kein Trend bei der Niederschlagshöhe.

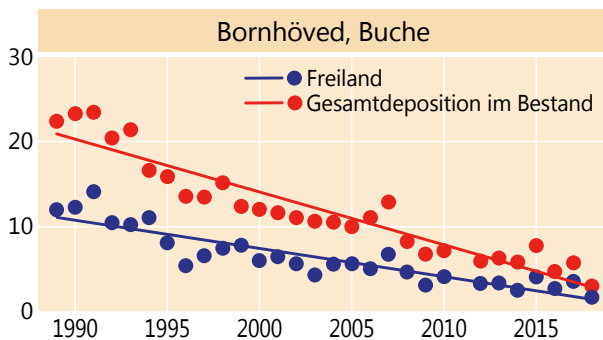
Schwefeleintrag

Durch die konsequente Umsetzung von Maßnahmen zur Luftreinhaltung wie Rauchgasentschwefelung und die Einführung schwefelarmer Kraft- und Brennstoffe konnten die Schwefeldioxidemissionen wirksam reduziert werden. Aufgrund der sehr geringen Niederschlagsmengen im Jahr 2018 sowie der anhaltend sehr niedrigen gasförmigen Belastung durch Schwefeldioxid wurde in Bornhöved der niedrigste Schwefeleintrag seit Messbeginn beobachtet. Er betrug 2018 je Hektar 1,7 kg im Freiland und 3,1 kg im Buchenbestand. Von der Sulfatgesamtdposition unter Buche waren aufgrund der Nähe zum Meer 1,3 kg bzw. 43 % seesalzbürtig.

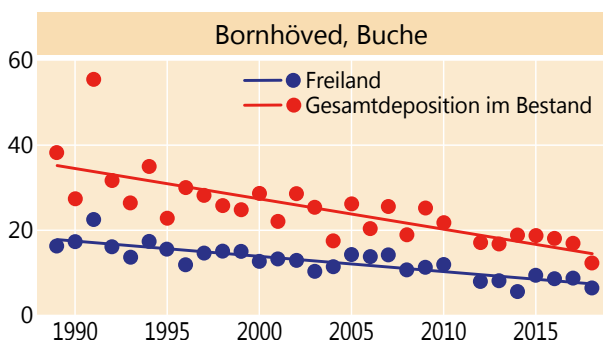
Stickstoffeintrag

Stickstoff wird einerseits in oxidierter Form als Nitrat (Quellen: Kfz-Verkehr, Verbrennungsprozesse) andererseits in reduzierter Form als Ammonium (landwirtschaftliche Quellen) in die Ökosysteme eingetragen. In Bornhöved betrug der

Sulfatschwefeleintrag ($\text{SO}_4\text{-S}$ inkl. seesalzbürtigem Anteil) im Freiland und im Bestand in kg je Hektar und Jahr



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



durchgezogene Linie: signifikante Abnahme



Foto: J. Evers

Stoffeinträge

Ammoniumanteil am anorganischen Stickstoffeintrag im 10-jährigen Mittel (2009-2018) im Freiland 56 % und an der Gesamtdosition 53 %.

Der Nitratstickstoffeintrag hat seit dem Untersuchungsbeginn im Jahr 1989 sowohl im Freiland als auch unter Buche signifikant abgenommen. Dieser deutliche Rückgang hat sich in den letzten 10 Jahren fortgesetzt. 2018 betrug der Nitratstickstoffeintrag in Bornhöved je Hektar 2,7 kg im Freiland und 5,5 kg als Gesamtdosition unter Buche. Damit war der Nitratreintrag im Buchenbestand so gering wie nie zuvor im Untersuchungszeitraum.

Der Ammoniumstickstoffeintrag hat in Bornhöved seit 1989 ebenfalls signifikant abgenommen. Im Zeitraum 2009-2018 ging er im Gegensatz zum Nitratreintrag jedoch nur leicht zurück. 2018 betrug er im Freiland je Hektar 3,6 kg und unter Buche 6,7 kg.

Trotz des beobachteten Rückgangs überschreitet der anthropogen bedingte atmosphärische anorganische Stickstoffeintrag im Mittel der letzten 5 Jahre (2014-2018) mit 17,0 kg je Hektar unter Buche 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 Grundwässer 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 je Hektar im Freiland 0,5 kmol_c und 1,1 kmol_c unter Buche

Ein Teil des Säureeintrags wird durch die ebenfalls mit dem Niederschlag eingetragenen Basen gepuffert. Berücksichtigt man diese Pufferleistung und zieht die nicht see-



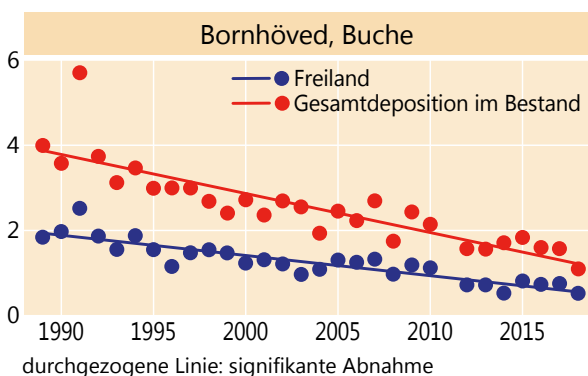
Analyse von Wasserproben

Foto: J. Evers

salzbürtigen 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 gepuffert, da bei der Verwitterung Basen freigesetzt werden. Die nachhaltige Säurepufferung 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.

Gesamtsäureeintrag im Freiland und im Bestand in kmol_c je Hektar und Jahr



anthropogen = durch menschliche Aktivitäten verursacht

Deposition = Ablagerung von Stoffen

Eutrophierung = Nährstoffanreicherung

kmol_c (Kilomol charge) = Menge an Ladungsäquivalenten. Sie berechnet sich wie folgt: Elementkonzentration multipliziert mit der Wertigkeit des Moleküls (=Ladungsäquivalente pro Molekül), dividiert durch das Molekulargewicht. Multipliziert mit der Niederschlagsmenge ergibt sich die Fracht an Ladungsäquivalenten in kmol_c je Hektar.



Intensiv-Monitoringfläche Bornhöved

Foto: O. Schwerdtfeger

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
- 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/pbfb_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/pbfb_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

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



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

Titelfoto: Rudolphi R

Layout: Paar E

Herstellung: Nordwestdeutsche
Forstliche Versuchsanstalt

Dr. Jan Evers
Bodenzustandserhebung



Andreas Schulze
Datenmanagement



Jörg Weymar
Außenaufnahmen und Kontrollen

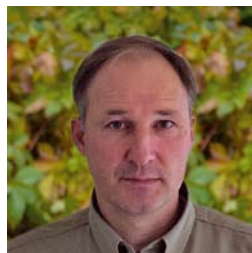


Druck: Printec Offset Kassel

Michael Spielmann
Außenaufnahmen und Kontrollen



Dr. Bernd Westphal
Außenaufnahmen und Kontrollen



Der Waldzustandsbericht 2019
ist abrufbar unter
www.nw-fva.de und
www.schleswig-holstein.de/
Landesregierung

Diese Druckschrift wird im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit der Schleswig-Holsteinischen 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.