



SACHSEN-ANHALT

Ministerium für
Umwelt, Landwirtschaft
und Energie

Waldzustandsbericht 2019



NW-FVA
Nordwestdeutsche
Forstliche Versuchsanstalt



Vorwort



Sehr geehrte Leserinnen und Leser,

nach den überdurchschnittlichen Temperaturen und massiven Niederschlagsdefiziten in den Vegetationsperioden der Jahre 2018 und 2019 wurde landesweit der Wald geschwächt. Mit Trockenstress und teilweise Hitzeschäden hatten alle Waldbaumarten zu kämpfen.

In diesem Jahr ist neben den Nadelbaumarten auch bei Laubbaumarten eine Zunahme der Schäden sowie ein Absterben vieler Bäume festzustellen. Die mittlere Kronenverlichtung aller Altersstufen – als ein Kriterium der Vitalitätsansprache – übertrifft mit 26 Prozent den Wert des Dürrejahres 2018 mit 21 Prozent. Insgesamt reagieren die über 60-jährigen Bestände aller Baumarten auf den Trockenstress deutlicher als die bis 60 Jahre alten Bestände.

Der Sturm „Friederike“ im Januar 2018 und der massive Borkenkäferbefall 2018 und 2019 haben vor allem bei der Fichte zu Ausfällen und einer erhöhten Absterberate geführt. Für die Hauptbaumart Fichte in der Standortsregion Harz wurde eine mittlere Kronenverlichtung in den über 60 Jahre alten Beständen von 43 Prozent und damit eine Erhöhung um 15 Prozentpunkte gegenüber dem Vorjahr festgestellt.

Vielerorts spielen derzeit Pilze, die normalerweise unauffällig sind, eine zunehmend bedeutendere Rolle und verursachen spürbare Schäden. Teilweise treten zusammen mit diesen Pilzen rinden- und holzbrütende Schadinsekten in Erscheinung und verschärfen den Schadensverlauf. Diese Aussage trifft insbesondere für die Hauptbaumart Kiefer vornehmlich in der Standortsregion Tiefland zu. Für die Kiefer wurde in der diesjährigen Waldzustandserhebung eine mittlere Kronenverlichtung (über 60 Jahre) von 16 Prozent festgestellt. Neben den massiven Schäden durch rindenbrütende Insekten wie den Kiefernborkeäfern und Kiefernprachtkäferarten tritt das Kieferntriebsterben, verursacht durch den Pilz „Sphaeropsis sapinea“ auf, das für erhebliche Schäden in den Waldbeständen verantwortlich ist.

Bei der Baumart Buche hat sich die mittlere Kronenverlichtung (über 60 Jahre) von 34 Prozent auf 49 Prozent erhöht. Bei der Baumart Eiche wurde im Vergleich zum Vorjahr keine nennenswerte Veränderung festgestellt.

In Anbetracht der massiven Schäden werden erhebliche Verjüngungsmaßnahmen erforderlich sein. Der Waldumbau ist in vollem Gange. Es ist jetzt unsere Aufgabe, klimastabile Wälder aufzubauen. Die Forschung wird uns dabei unterstützen und Antworten auf die Fragen geben, welche Baumarten auf welchen Standorten geeignet sind. Unser Wald ist das erste Opfer der Klimakrise. Wenn wir unsere Wälder kurzfristig schützen wollen, müssen wir das Klima schützen.

Die Herausforderungen des Klimawandels setzen ein gemeinsames Handeln voraus. Der Waldzustandsbericht 2019 ist in einem der schwierigsten Jahre für den Forstbereich eine notwendige Fachlektüre, die für den weiteren Waldumbau eine Hilfestellung bietet.

A handwritten signature in dark ink, which appears to read 'C. Dalbert'.

Prof. Dr. Claudia Dalbert
Ministerin für Umwelt, Landwirtschaft und Energie des Landes Sachsen-Anhalt



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	
Kiefer	10
Fichte	11
Buche	12
Eiche	14
Andere Laub- und Nadelbäume	16
Witterung und Klima	17
Johannes Suttmöller	
Auswirkungen der Stürme und der Dürre 2018/2019 auf die Vitalität der Wälder in Nordwestdeutschland	21
Johannes Eichhorn, Johannes Suttmöller, Birte Scheler, Markus Wagner, Inge Dammann, Henning Meesenburg und Uwe Paar	
Insekten und Pilze	32
Martin Rohde, Rainer Hurling, Gitta Langer, Johanna Bußkamp und Pavel Plašil	
Wiederbewaldung von Schadflächen in Anpassung an den Klimawandel	36
Ralf-Volker Nagel	
Weiß-Tanne (<i>Abies alba</i>) als Baumart im Klimawandel	38
Matthias Paul, Aki Michael Höltnen, Samuel Schleich, Matthias Moos und Wilfried Steiner	
Stoffeinträge	41
Birte Scheler	
Literaturverzeichnis	43
Impressum	44

Hauptergebnisse

Waldzustandserhebung (WZE)

Der extreme Witterungsverlauf 2018 und 2019 hat zu erheblichen Schäden in den Wäldern Sachsen-Anhalts geführt. Im Harz, mit der Fichte als prägender Baumart, wurden durch Stürme, Dürre und Borkenkäferbefall ganze Waldbestände aufgelöst und Freiflächen entstanden. Bei Kiefern, Buchen, Hainbuchen, Birken und Lärchen traten Schäden durch Insekten- und Pilzbefall und die lang anhaltende Trockenheit auf. Die Ergebnisse der Waldzustandserhebung 2019 zeigen für den Wald in Sachsen-Anhalt Höchstwerte der mittleren Kronenverlichtung, des Anteils starker Schäden und der Absterberate seit Beginn der Zeitreihe (1991).

Die mittlere Kronenverlichtung der Waldbäume in Sachsen-Anhalt erhöhte sich im Vergleich zum Vorjahr um 5 Prozentpunkte auf 26 %. Dies ist der höchste Wert seit Beginn der Waldzustandserhebung.

Besonders starke Veränderungen gab es 2019 bei der mittleren Kronenverlichtung der älteren Fichten und Buchen. Bei beiden Baumarten stieg die mittlere Kronenverlichtung gegenüber dem Vorjahr um 15 Prozentpunkte an und beträgt bei der älteren Fichte 43 % und bei der älteren Buche 49 %. Auch für die Gruppe der anderen Laubbäume (alle Alter) stieg 2019 die mittlere Kronenverlichtung auf den höchsten Stand seit 1991 an (37 %).

Bei den älteren Eichen sind seit der ersten Erhebung vergleichsweise hohe Verlichtungswerte zwischen 26 und 40 % zu beobachten. 2019 liegt die mittlere Kronenverlichtung bei 34 %. Mit einer mittleren Kronenverlichtung von 16 % ist der Kronenzustand der älteren Kiefern weiterhin markant besser als der von Fichte, Buche und Eiche.

Der Anteil starker Schäden liegt für den Gesamtwald in Sachsen-Anhalt 2019 mit 12 % weit über dem langjährigen Durchschnittswert (2,9 %). Den höchsten Anteil starker Schäden weisen in diesem Jahr die Fichten (23 %) auf.

Auch für die Absterberate werden 2019 Extremwerte verzeichnet. Mit 4,2 % überschreitet die Absterberate 2019 für den Gesamtwald in Sachsen-Anhalt den langjährigen Mittelwert (0,5 %) um das 8-fache. Während Kiefer, Buche und Eiche 2019 leicht überdurchschnittliche Absterberaten aufweisen, sind bei der Fichte und den anderen Laubbäumen weit überdurchschnittlich viele Bäume (16 % bzw. 5,8 %) abgestorben.

Bei der Ausfallrate (infolge von Sturmschäden und Borkenkäferbefall als Schadholz entnommene Bäume) wird mit 4,3 % im Jahr 2018 ein Höchststand seit Beginn der Waldzustandserhebung verzeichnet. 2019 sind dann noch einmal 1,8 % der Stichprobenbäume ausgefallen. Bei der Fichte ist die Ausfallrate besonders hoch.

Die Baumartenverteilung in der WZE-Stichprobe in Sachsen-Anhalt ergibt für die Kiefer einen Flächenanteil von 51 %, die Ergebnisse der Waldzustandserhebung für den Gesamtwald in Sachsen-Anhalt werden daher stark durch die vergleichsweise niedrigen Verlichtungswerte der Kiefer geprägt. Die Fichte ist mit 10 %, die Eiche mit 12 % und die Buche mit 9 % im Kollektiv der Waldzustandserhebung vertreten. Die anderen Laubbäume nehmen einen Anteil von 17 % ein, die anderen Nadelbäume sind relativ selten (1 %).

Witterung und Klima

Auch im Vegetationsjahr 2018/2019 (Oktober bis September) setzte sich die Dürre des Vorjahres unvermindert fort. Dies führte dazu, dass auf vielen Waldstandorten in Sachsen-Anhalt die Niederschläge in der Nichtvegetationszeit nicht ausreichten, um den pflanzenverfügbaren Bodenwasserspeicher zu Beginn der Vegetationszeit ausreichend aufzufüllen. Mit einer Mitteltemperatur von 10,8 °C (+2,5 K) und einer Niederschlagssumme von 458 mm (80 % des Niederschlagssolls) im Flächenmittel des Landes war es im Vergleich zu den langjährigen Mittelwerten der Klimanormalperiode 1961-1990 deutlich zu trocken und zu warm. Insgesamt waren 11 von 12 Monaten zu warm und 8 von 12 Monaten teilweise deutlich zu trocken. Neben der Trockenheit wurden die Wälder in Sachsen-Anhalt durch Sturmereignisse zusätzlich geschwächt.

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

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

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

In beiden Jahren traten in den Wäldern deutlich erhöhte starke Schäden und Absterberaten auf. Hohe Werte werden für die Fichte in Hessen, Niedersachsen und Sachsen-Anhalt festgestellt. Die Aufeinanderfolge von zwei Dürrejahre hat bei vielen Baumarten Reaktionen ausgelöst. Trockenstresssymptome wurden insbesondere bei der Buche festgestellt. Abgestorbene Buchen – bisher seltene Ausnahme in der Zeitreihe der Waldzustandserhebung – waren 2019 häufiger



Foto: M. Spielmann

Hauptergebnisse



Foto: J. Evers

zu beobachten. Auch Birken, Eschen und Lärchen starben vermehrt ab. Die Ausfallrate 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. Lärchen waren ähnlich stark betroffen. An weiteren Baumarten wie Buche und Kiefer traten verschiedene Käferarten als zum Teil sekundäre Schädlinge in großer Anzahl auf.

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

Wiederbewaldung von Schadflächen in Anpassung an den Klimawandel

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

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

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

Stoffeinträge

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

In Sachsen-Anhalt war 2018 ein besonders niederschlagsarmes Jahr. In Klötze betrug die Niederschlagsmenge rund 70 %, in Nedlitz sogar nur 57 % des Mittels der Jahre 1998-2017, die Höhe der Stoffeinträge war folglich geringer als im Vorjahr.

Der Sulfatschwefeleintrag betrug 2018 nur noch zwischen 2,0 (Nedlitz Kiefer) und 3,0 (Klötze Douglasie) kg je Hektar. Hier zeigt sich deutlich der Erfolg verschiedener Maßnahmen zur Luftreinhaltung.

Die Stickstoffeinträge (Ammonium und Nitrat) haben auf den langjährig untersuchten Kiefernflächen in Nedlitz und Klötze ebenfalls signifikant abgenommen. Der anorganische Stickstoffeintrag betrug 2018 unter Kiefer zwischen 11,0 (Colbitz) und 12,9 (Nedlitz) sowie unter Douglasie (Klötze) 12,4 kg je Hektar.



Buchenstamm mit Sonnenbrand

Foto: J. Weymar

Forstliches Umweltmonitoring

Johannes Eichhorn, Inge Dammann und Uwe Paar

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

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

Grundsätzlich werden im Forstlichen Umweltmonitoring folgende Kategorien unterschieden:

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

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



Borkenkäferbefall 2019

Foto: J. Weymar

Die methodischen Instrumente der Ökosystemüberwachung sind europaweit harmonisiert nach den Grundsätzen des ICP Forests (2010).

Die Waldzustandserhebung (WZE) ist Teil des Forstlichen Umweltmonitorings in Sachsen-Anhalt. 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 ein extremer Befall der Kiefer durch Pilze können von dem landesweiten Ergebnis abweichen.

Waldzustandserhebung – Methodik und Durchführung

Aufnahmeumfang

Die Waldzustandserhebung erfolgt auf mathematisch-statistischer Grundlage. Auf einem systematisch über Sachsen-Anhalt verteilten Rasternetz werden seit 1991 an jedem Erhebungspunkt 24 Stichprobenbäume begutachtet. Die Waldzustandserhebung wurde im Zeitraum 1991 bis 2014 im 4 km x 4 km-Raster durchgeführt. Ab 2015 beträgt die Rasterweite des landesweiten Stichprobennetzes 8 km x 8 km. Für Buche, Eiche, Fichte sowie die anderen Laub- und Nadelbäume wurde das 4 km x 4 km-Raster beibehalten, wenn 2014 mindestens 6 Bäume dieser Baumartengruppen am WZE-Punkt vorhanden waren. Im Jahr 2019 konnten 160 Erhebungspunkte in die Inventur einbezogen werden.

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

Aufnahmeparameter

Bei der Waldzustandserhebung erfolgt eine visuelle Beurteilung des Kronenzustandes der Waldbäume, denn Bäume reagieren auf Umwelteinflüsse u. a. mit Änderungen in der Belaubungsdichte und der Verzweigungsstruktur. Wichtigstes Merkmal ist die Kronenverlichtung der Waldbäume, deren Grad in 5 %-Stufen für jeden Stichprobenbaum erfasst wird. Die Kronenverlichtung wird unabhängig von den Ursachen bewertet, lediglich mechanische Schäden (z. B. das Abbrechen von Kronenteilen durch Wind) gehen nicht

Forstliches Umweltmonitoring



Aufnahmeteam der Waldzustandserhebung

Foto: J. Weymar

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 Sachsen-Anhalt. 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	482	38	4x4 km	7,0
	bis 60 Jahre	121	9	4x4 km	9,8
	über 60 Jahre	361	33	4x4 km	5,6
Eiche	alle Alter	731	72	4x4 km	4,6
	bis 60 Jahre	148	15	4x4 km	6,1
	über 60 Jahre	583	63	4x4 km	4,6
Fichte	alle Alter	556	30	4x4 km	11,4
	bis 60 Jahre	214	9	4x4 km	15,3
	über 60 Jahre	342	21	4x4 km	15,8
Kiefer	alle Alter	841	44	8x8 km	2,4
	bis 60 Jahre	169	10	8x8 km	7,0
	über 60 Jahre	672	34	8x8 km	2,3
andere Laub- bäume	alle Alter	864	82	4x4 km	5,9
	bis 60 Jahre	317	38	4x4 km	11,4
	über 60 Jahre	547	60	4x4 km	6,4
andere Nadelbäume	alle Alter	138	12	4x4 km	14,7
	bis 60 Jahre	98	7	4x4 km	7,4
	über 60 Jahre	40	5	4x4 km	6,4
alle Baumarten	alle Alter	1656	69	8x8 km	5,2
	bis 60 Jahre	435	22	8x8 km	9,5
	über 60 Jahre	1221	53	8x8 km	6,2

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, Durchforstung usw. 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 zur Baumklasse 1-3 gehört), Sturmschäden oder außerplanmäßige Nutzung aufgrund von Insektenschäden.

Dort, wo an den WZE-Punkten Stichprobenbäume ausfallen, werden nach objektiven Vorgaben Ersatzbäume ausgewählt. Sind aufgrund großflächigen Ausfalls der Stichprobenbäume keine geeigneten Ersatzbäume vorhanden, ruht der WZE-Punkt bis eine Wiederbewaldung vorhanden ist. Die im Bericht aufgeführte Ausfallrate ergibt sich aus den infolge von Sturmschäden, Trockenheit und Insekten- oder Pilzbefall (insbesondere durch Borkenkäfer) am Stichprobenpunkt entnommenen Bäume.



Intensiv-Monitoringfläche Klötze, Kiefer

Foto: H. Meesenburg

WZE-Ergebnisse für alle Baumarten

Inge Dammann und Uwe Paar

Zwei aufeinanderfolgende Dürresommer und fehlender Niederschlag im Winterhalbjahr sowie die Stürme 2018 und 2019 haben zu erheblichen Schäden in den Wäldern Sachsen-Anhalts geführt.

Die Ergebnisse der Waldzustandserhebung zeigen für 2019

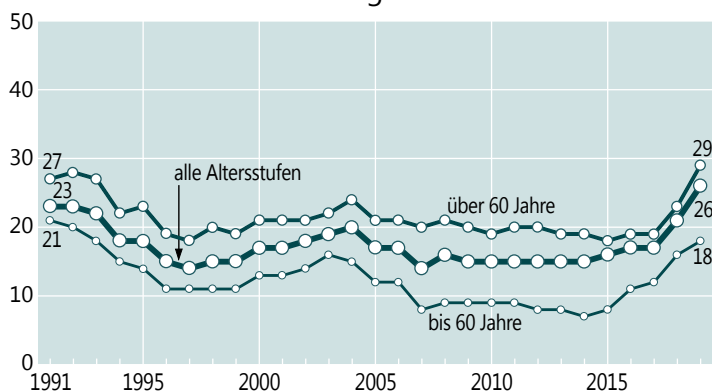
- eine überdurchschnittlich hohe Kronenverlichtung im Mittel aller Bäume
- den höchsten Anteil an starken Schäden in der WZE-Zeitreihe
- und eine besonders hohe Absterberate.

Mittlere Kronenverlichtung

Die Waldzustandserhebung 2019 weist als Gesamtergebnis für die Waldbäume in Sachsen-Anhalt (alle Baumarten, alle Alter) eine mittlere Kronenverlichtung von 26 % aus. Dies ist der höchste Wert seit Beginn der Waldzustandserhebung. Für Fichte und Buche stieg die Kronenverlichtung besonders stark an. Die Gruppe der anderen Laubbäume (u. a. Birke, Erle, Hainbuche, Ahorn) hatte bereits 2018 stark auf die heiß-trockene Witterung mit Trockenstresssymptomen reagiert, 2019 stiegen die Verlichtungswerte noch weiter an. Bei Kiefer und Eiche waren die Veränderungen gegenüber dem Vorjahr gering.

Die mittlere Kronenverlichtung der jüngeren (bis 60-jährigen) Bestände zeigte zwischen 2007 und 2015 konstant niedrige Werte zwischen 7 und 9 %. Danach sind die Verlichtungswerte kontinuierlich angestiegen. 2019 beträgt die mittlere Kronenverlichtung 18 %. Vor allem bei den jüngeren Fichten nahm die Kronenverlichtung – bedingt durch Borkenkäferbefall – deutlich zu.

Mittlere Kronenverlichtung in %



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

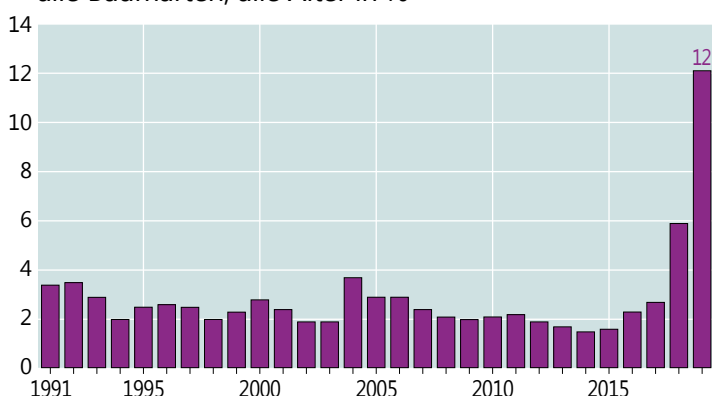


Foto: M. Spielmann

Der Kronenzustand der älteren (über 60-jährigen) Fichten und Buchen hat sich 2019 gravierend verschlechtert. Bei beiden Baumarten stieg die Kronenverlichtung um 15 Prozentpunkte gegenüber dem Vorjahr auf aktuell 43 bzw. 49 % an. Für die älteren Eichen beträgt die mittlere Kronenverlichtung 34 %. Die mittlere Kronenverlichtung der älteren Kiefern liegt sehr viel niedriger (16 %).

Anteil starker Schäden

Der Anteil starker Schäden liegt im Mittel der Zeitreihe bei 2,9 %. 2019 wird dieser Mittelwert deutlich überschritten (12 %). Dies ist mit Abstand der höchste Wert in der Zeitreihe der Waldzustandserhebung. Bei den Fichten, Buchen und für die Gruppe der anderen Laubbäume liegt der Anteil starker Schäden 2019 weit über dem langjährigen Durchschnitt. Der Anstieg bei den Fichten ist vor allem durch Borkenkäferbefall bedingt. Bei den Buchen und den anderen Laubbäumen ist vermutlich vor allem Wassermangel für den Anstieg der starken Schäden ausschlaggebend. Die Spanne der starken Schäden reicht in diesem Jahr von 1,8 % (Kiefer) bis 23 % (Fichte).

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

WZE-Ergebnisse für alle Baumarten

Absterberate

Zur Absterberate werden Bäume gezählt, die zum Zeitpunkt der Erhebung noch stehen, aber abgestorben sind. Die Absterberate (alle Bäume, alle Alter) ist 2019 mit 4,2 % außerordentlich hoch. Im Zeitraum 1992-2017 lag die Absterberate in allen Jahren unter 1 %. Bei Kiefer, Eiche und Buche sind 2019 überdurchschnittlich viele Bäume abgestorben, die Absterberaten verbleiben aber unter 1 %. Der überaus starke Borkenkäferbefall führte bei der Fichte zu einer besonders hohen Absterberate (16 %). Auch die Gruppe der anderen Laubbäume weist eine überdurchschnittliche Absterberate (5,8 %) auf.

Ausfallrate

Die Ausfallrate ist das Ergebnis der infolge von Sturmwurf, Trockenheit, Insekten- und Pilzbefall (z. B. Borkenkäferbefall) am Stichprobenpunkt entnommenen Bäumen. Die Ausfallraten bilden die Auswirkungen der Stürme „Kyrill“ (2007) und „Friederike“ (2018) deutlich ab. In beiden Jahren waren Sturmschäden die Hauptausfallursache. Besonders betroffen ist die Fichte: 2018 fielen bereits 13 % aller Fichten im WZE-Kollektiv aus, 2019 waren es knapp 9 %.

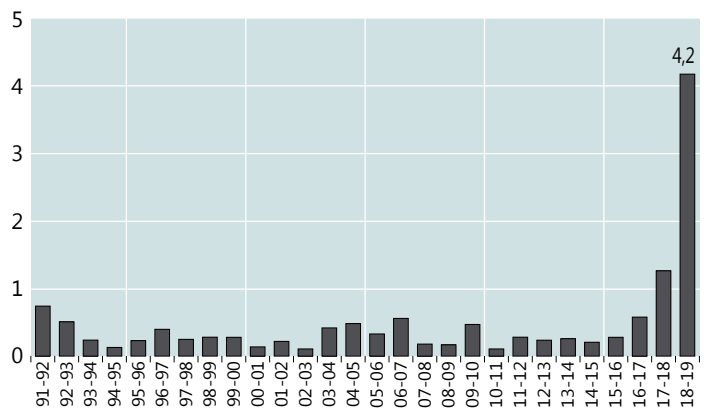
Vergilbungen

Vergilbungen der Nadeln und Blätter sind häufig ein Indiz für Magnesiummangel in der Nährstoffversorgung der Waldbäume. Der Anteil an Bäumen mit nennenswerten Vergilbungen (>10 % der Nadel- bzw. Blattmasse) liegt im Erhebungszeitraum zwischen 0,1 und 11 %, die Vergilbungen waren überwiegend gering ausgeprägt. 2018 wurden keine Vergilbungen an den Stichprobenbäumen festgestellt. Mit einer Vergilbungsrate von 0,1 % wird 2019 wieder ein niedriger Wert ermittelt.

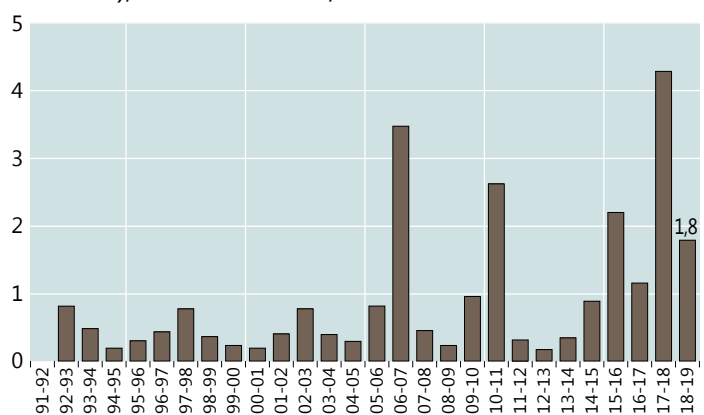
Fazit

Die extremen Witterungsbedingungen der letzten beiden Jahre haben den Wald in Sachsen-Anhalt stark verändert. Die Ergebnisse der Waldzustandserhebung zeigen 2019 die seit 1991 höchsten Anteile an stark geschädigten und abgestorbenen Bäumen. Ebenso erreicht die Ausfallrate der

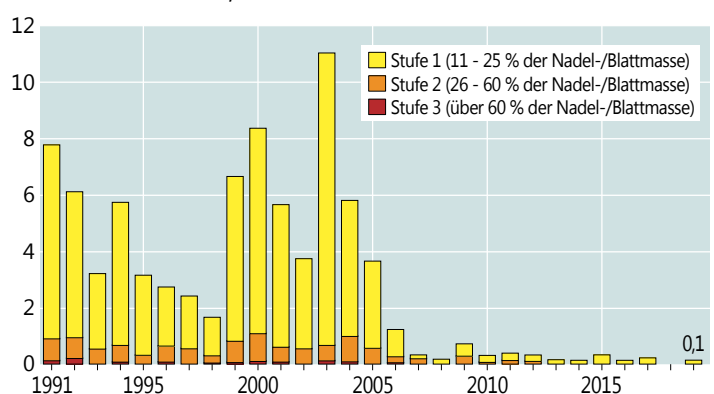
Jährliche Absterberate (stehende Bäume), alle Baumarten, alle Alter in %



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



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



als Schadholz entnommenen Bäume sowohl 2018 als auch etwas reduziert 2019 besonders hohe Werte. 2018 sind auf 4,3 % und 2019 auf weiteren 1,8 % der Waldfläche strukturelle Störungen entstanden. Vielfach haben diese zu Freiflächen, Blößen und Lücken in den Waldbeständen geführt. Vieles weist darauf hin, dass sich die ungünstige Entwicklung 2020 fortsetzen wird. Dies ist wahrscheinlich, wenn der Bodenwasserspeicher im kommenden Winter nur ungenügend aufgefüllt wird, wenn die Bäume nur noch sehr wenig Laub oder Nadeln haben und dadurch in der Wasser- und Nährstoffversorgung eingeschränkt sind, wenn Wurzelsysteme durch Stürme angerissen sind, wenn bereits junge Bäume in ihrer Vitalität beeinträchtigt sind oder wenn weiterhin die Bedingungen für eine Vermehrung von Insekten und Pilzen günstig sind.



Foto: M. Spielmann

Kiefer

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

Ältere Kiefer

Die älteren Kiefern wiesen im ersten Erhebungsjahr 1991 – mitverursacht durch Insektenschäden – einen hohen Verlichtungsgrad auf. In den Folgejahren verbesserte sich der Kronenzustand erheblich und die Kiefer ist seit Mitte der 1990er Jahre unter den Hauptbaumarten die Baumart mit den niedrigsten Kronenverlichtungswerten. Dies gilt auch für 2019 mit einer mittleren Kronenverlichtung von 16 %.

Jüngere Kiefer

Im Zeitraum 2005-2017 war die Benadelung der jüngeren Kiefern gut. 2015 wurde der niedrigste Verlichtungswert im Erhebungszeitraum festgestellt. Nach einer Zunahme der Verlichtung 2018 liegt die mittlere Kronenverlichtung der jüngeren Kiefern 2019 wieder unter 10 %.

Im Gegensatz zu Buche, Fichte und Eiche sind bei der Kiefer die Unterschiede im Kronenverlichtungsgrad zwischen den Altersgruppen sehr viel weniger ausgeprägt.

Starke Schäden

Auch bei den starken Schäden heben sich die Ergebnisse der Kiefern von denen der anderen Baumarten ab. Seit 1992 liegt der Anteil starker Schäden bei der Kiefer in allen Jahren unter dem Mittelwert für alle Baumarten. Es gibt nur wenige Schwankungen in der Zeitreihe, der langjährige Mittelwert beträgt 1,1 %. 2019 waren 2 % der Kiefern stark geschädigt.

Absterberate

Die Absterberate der Kiefer liegt im Mittel der Jahre 1991-2019 bei 0,3 %. In den ersten beiden Erhebungsjahren wurden erhöhte Absterberaten (bis 0,8 %) festgestellt. Bei der Waldzustandserhebung 2019 ist die Absterberate der Kiefer ebenfalls erhöht (0,7 %), liegt aber weit unter dem Mittelwert für alle Baumarten (4,2 %).

Ausfallrate

Jährlich fallen im Durchschnitt 0,7 % der Kiefern aufgrund außerplanmäßiger Nutzung (als Schadholz entnommene Bäume) aus. 2007 und 2018 führten Sturmschäden zu erhöhten Ausfallraten, 2011 wurden überdurchschnittlich viele Kiefern wegen Schneebruch und Insektenschäden entnommen.

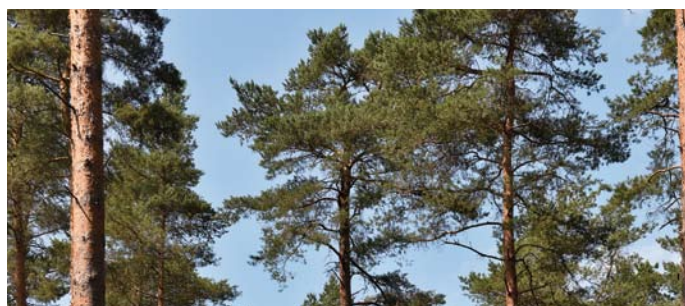
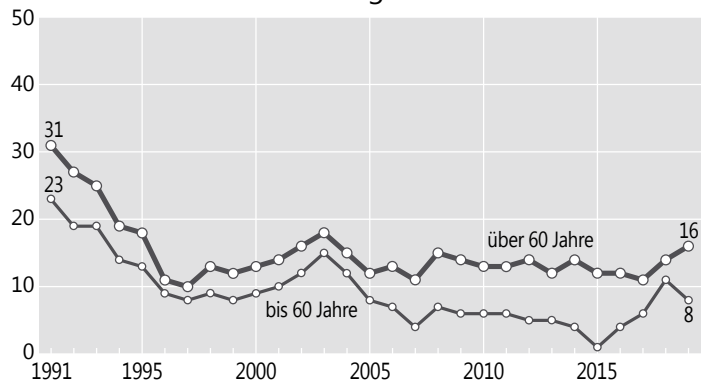
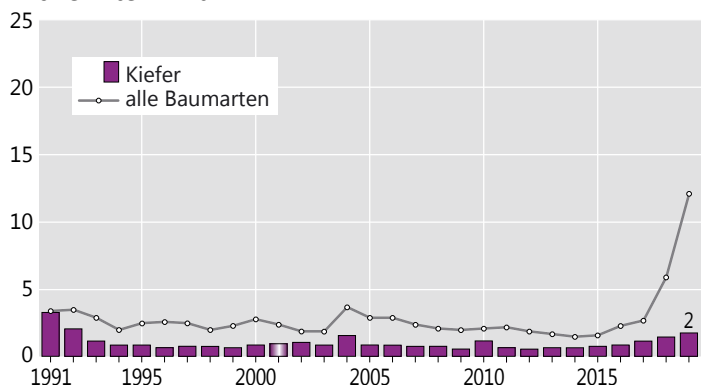


Foto: J. Evers

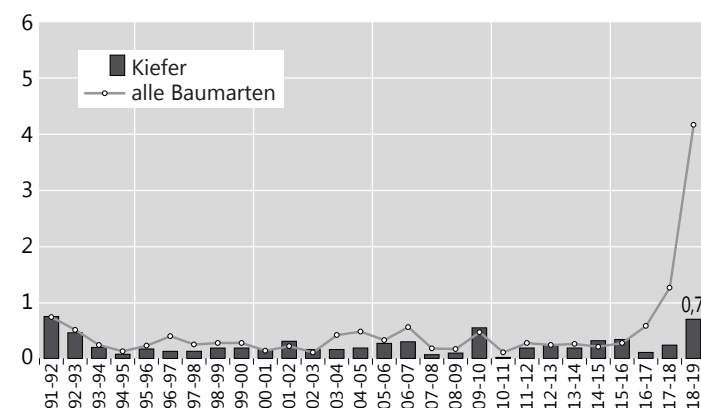
Mittlere Kronenverlichtung in %



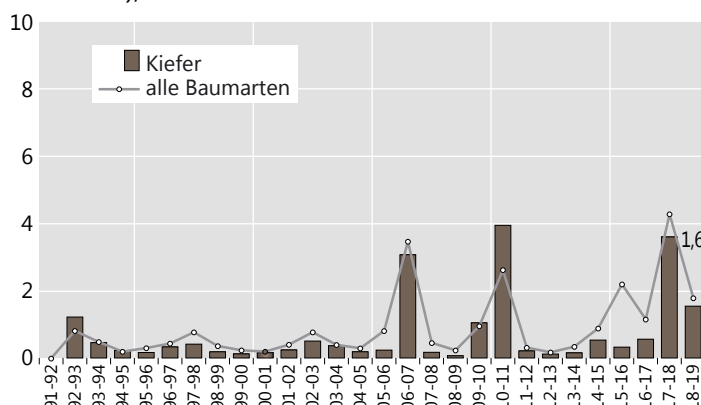
Anteil starker Schäden (inkl. abgestorbener Bäume), alle Alter in %



Jährliche Absterberate (stehende Bäume), alle Alter in %



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



Fichte

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

Ältere Fichte

Bei den älteren Fichten werden im Beobachtungszeitraum vergleichsweise hohe Kronenverlichtungswerte zwischen 21 und 35 % registriert. Nach dem Rekordsommer 2003 hatten sich die Kronenverlichtungswerte für einige Jahre erhöht. 2019 stieg die mittlere Kronenverlichtung auf 43 % an und erreicht damit den bislang höchsten Stand seit Beginn der Waldzustandserhebung.

Jüngere Fichte

Auch die jüngeren Fichten wurden 2019 durch Borkenkäfer geschädigt und weisen eine weit überdurchschnittliche Verlichtung (23 %) auf.

Starke Schäden

Bis zum Jahr 2003 wurden bei den Fichten vergleichsweise niedrige Anteile starker Schäden (zwischen 0,6 und 3 %) verzeichnet. Nach dem Trockenjahr 2003 stiegen die Anteile an. Im Jahr 2019 ist mehr als jede 5. Fichte (23 %) stark geschädigt.

Absterberate

Bis zum Jahr 2003 war die Absterberate überwiegend gering, anschließend wurden infolge von Trockenstress und Borkenkäferbefall bis 2007 erhöhte Absterberaten (bis 1,3 %) ermittelt.

Die durchschnittliche Absterberate beträgt 0,9 %. Im Jahr 2018 war die Absterberate mit 3,4 % bereits deutlich erhöht. 2019 ist jede 6. Fichte abgestorben (16 %).

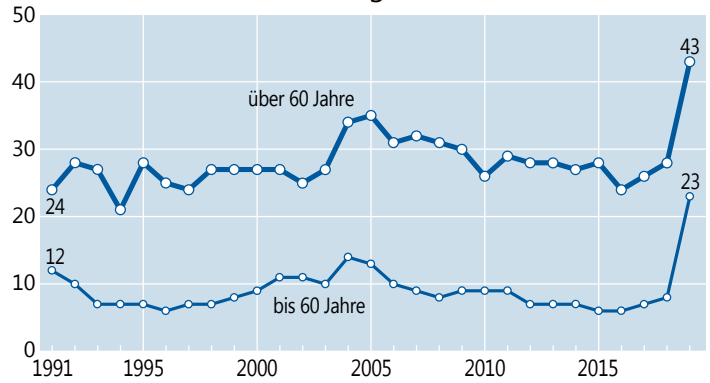
Ausfallrate

Der Anteil als Schadholz entnommener Fichten liegt im Mittel der Beobachtungsjahre bei jährlich 2 %. 2018 und 2019 sind durch Sturmschäden und Borkenkäferbefall insgesamt 22 % der Fichten ausgefallen. 2018 überwogen die Ausfälle durch Sturmschäden, 2019 wurden die meisten Fichten aufgrund von Borkenkäferbefall entnommen.

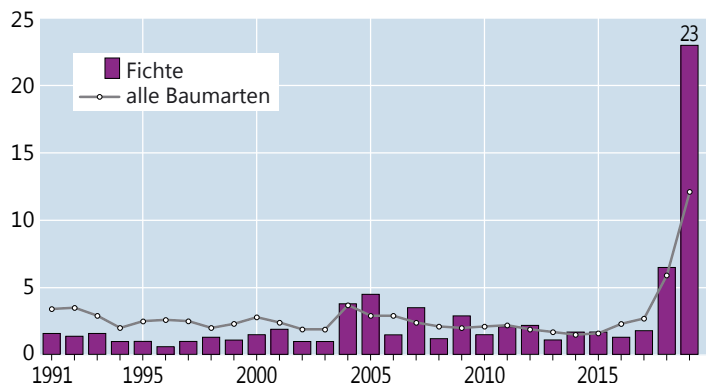


Foto: J. Weymar

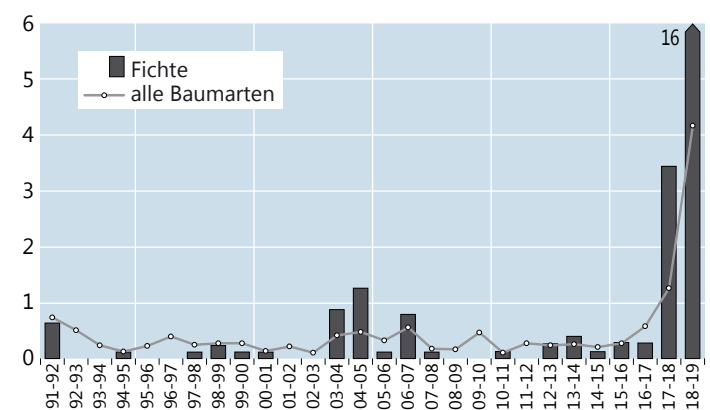
Mittlere Kronenverlichtung in %



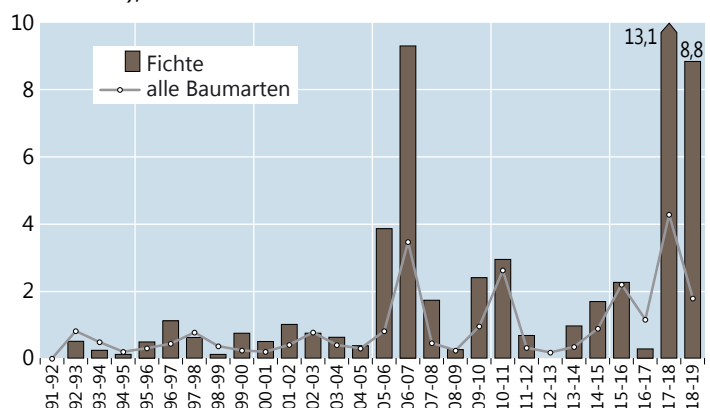
Anteil starker Schäden (inkl. abgestorbener Bäume), alle Alter in %



Jährliche Absterberate (stehende Bäume), alle Alter in %



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



Buche

Der Wassermangel durch zwei aufeinanderfolgende Dürresommer hat bei der Buche zu Schäden geführt, wie sie bisher in der Zeitreihe der Waldzustandserhebung noch nicht aufgetreten sind.

Ältere Buche

Bei den älteren Buchen beträgt die mittlere Kronenverlichtung in diesem Jahr 49 %. Die Buche weist von den Hauptbaumarten 2019 den höchsten Verlichtungsgrad auf. Auffällig sind bei der Buche die Schwankungen von Jahr zu Jahr. Eine Ursache für die zunehmende Variabilität der Verlichtungswerte der älteren Buchen ist die Intensität der Fruchtbildung. In Jahren mit intensiver Fruchtbildung steigen die Kronenverlichtungswerte an, in den Folgejahren ohne Fruchtbildung weisen die Buchen dann wieder eine dichtere Belaubung auf. Die Fruchtbildung 2019 mit 48 % mittlerer und starker Fruktifikation kann allerdings nicht die Hauptursache für den Anstieg der Kronenverlichtung sein, denn in Jahren mit weitaus intensiverer Fruktifikation (z. B. 2011, 2016) sind so hohe Verlichtungswerte wie 2019 nicht vorgekommen.

Jüngere Buche

Bei der Buche sind die Unterschiede in der Belaubungsdichte zwischen jüngeren und älteren Beständen besonders stark ausgeprägt. 2019 wird aber auch bei den jüngeren Buchen der höchste Kronenverlichtungswert im Erhebungszeitraum festgestellt. Da die Blühreife der Buche erst mit einem Alter von 40-60 Jahren einsetzt, wird die Kronenentwicklung der jüngeren Buchen kaum durch die Fruchtbildung beeinflusst.

Starke Schäden

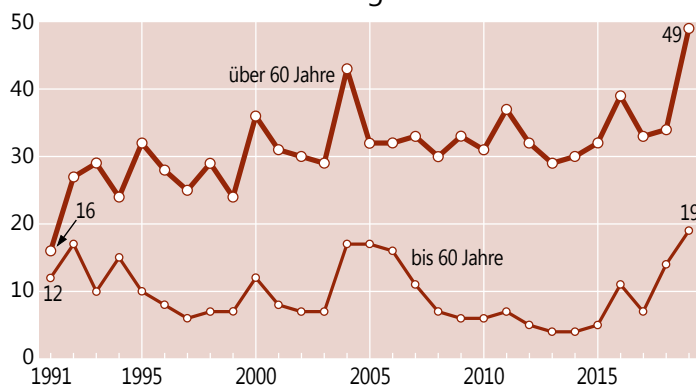
Wie beim Verlauf der mittleren Kronenverlichtung treten auch beim Anteil starker Schäden im Beobachtungszeitraum Schwankungen auf. 2019 wird ein Extremwert (21 %) ermittelt.



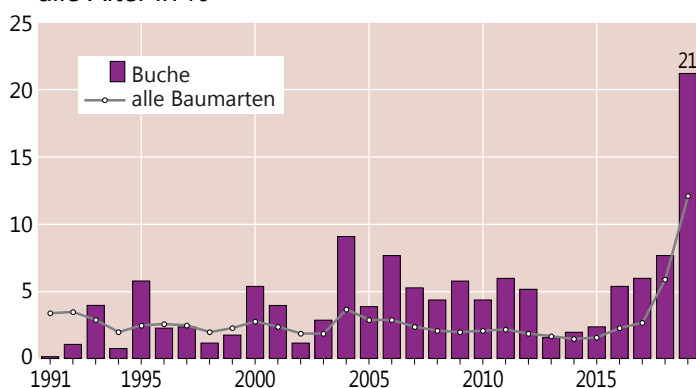
Auffällige Kronenschäden an Altbuchen

Foto: J. Weymar

Mittlere Kronenverlichtung in %



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



2019 bildeten die Buchen häufig kleine Blätter aus

Foto: J. Evers

Buche

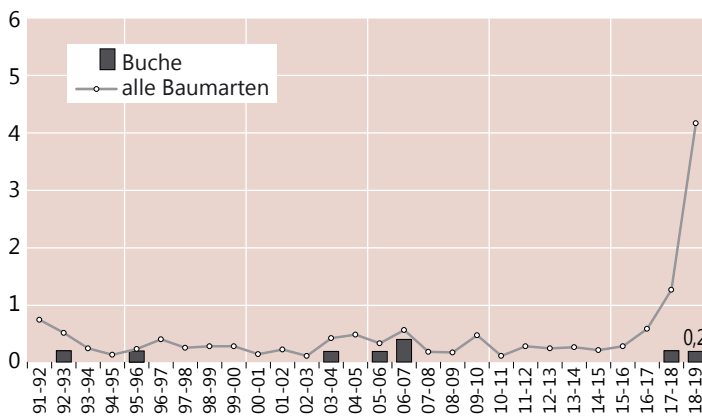
Absterberate

Im Vergleich zu den anderen Hauptbaumarten weisen die Buchen die niedrigste Absterberate auf. Im Mittel der Jahre 1991-2019 liegt die Absterberate der Buchen bei 0,06 %. 2019 beträgt die Absterberate 0,2 %. Gerade weil in den letzten Jahrzehnten kaum Buchen abgestorben sind, sind die diesjährigen Absterbeerscheinungen besonders auffällig.

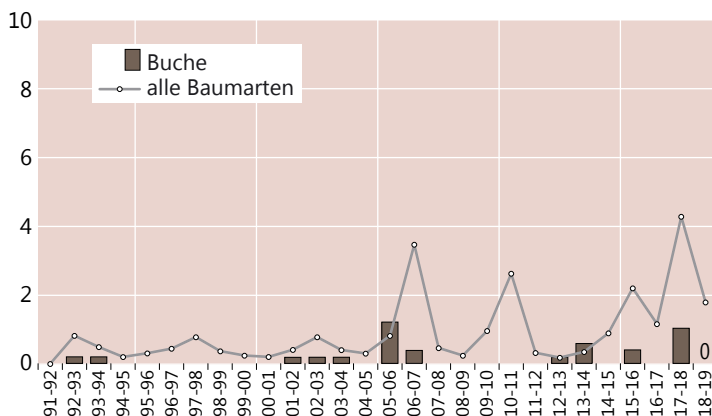
Ausfallrate

Die durchschnittliche Ausfallrate ist bei der Buche vergleichsweise niedrig (0,2 %). 2019 ist keine Buche durch Sturmschäden oder Insektenbefall aus dem WZE-Kollektiv ausgeschieden.

Jährliche Absterberate (stehende Bäume),
alle Alter in %



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



Anteil mittel und stark fruktifizierender älterer
Buchen in %

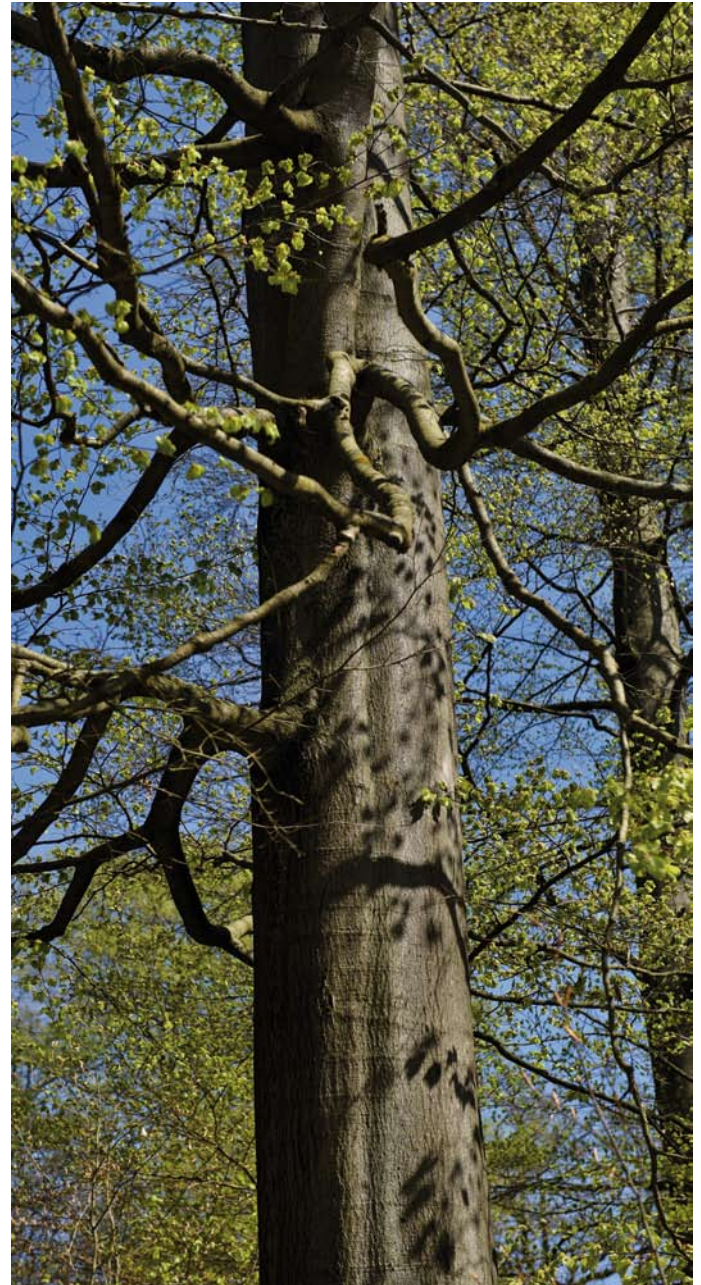
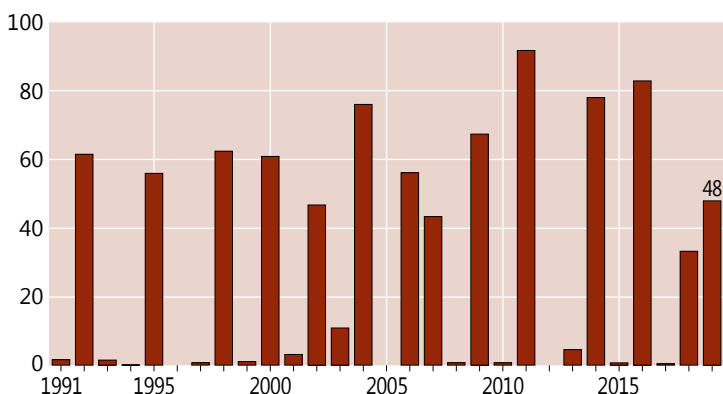


Foto: J. Evers

Fruchtbildung

Die Ergebnisse zur Fruchtbildung im Rahmen der Waldzustandserhebung zeigen die Tendenz, dass die Buchen in kurzen Abständen und vielfach intensiv fruktifizieren. Dies steht im Zusammenhang mit einer Häufung warmer Jahre sowie einer erhöhten Stickstoffversorgung der Bäume. Geht man davon aus, dass eine starke Mast erreicht wird, wenn ein Drittel der älteren Buchen mittel oder stark fruktifiziert, ergibt sich rechnerisch für den Beobachtungszeitraum der Waldzustandserhebung 1991-2019 alle 2,1 Jahre eine starke Mast. Literaturrecherchen (Paar et al. 2011) hingegen ergaben für den Zeitraum 1839-1987 Abstände zwischen zwei starken Masten für 20-Jahresintervalle zwischen 3,3 und 7,1 Jahren.

In der Regel ist bei der Buche nach einem Jahr mit intensiver Fruchtbildung im Folgejahr eine geringe Fruchtbildung zu erwarten. Die letzten beiden Jahre zeigen eine Abweichung von dieser Regel. 2018 haben 33 % der älteren Buchen mittel oder stark fruktifiziert, 2019 sind es 48 %.

Eiche

Bei der Eiche ist im Gegensatz zu Fichte und Buche 2019 kein sprunghafter Anstieg der Verlichtungswerte festzustellen. Dennoch liegt das Verlichtungsniveau 2019 über den Werten vor den beiden Dürresommern.

Ältere Eiche

Die mittlere Kronenverlichtung der älteren Eichen liegt 2019 bei 34 %. Nachdem 2016 der niedrigste Wert im Beobachtungszeitraum festgestellt wurde, sind anschließend die Verlichtungswerte kontinuierlich angestiegen.

Die Entwicklung des Kronenzustandes der Eichen wird stark durch Insekten- und Pilzbefall beeinflusst. Für die Zunahme der Verlichtung in den letzten drei Jahren war der Insektenbefall allerdings nicht ausschlaggebend, da nur moderate Fraßschäden beobachtet wurden.

Jüngere Eiche

Die Kronenentwicklung der Eichen in der Altersstufe bis 60 Jahre zeigt einen sehr viel günstigeren Verlauf als die Entwicklung der älteren Eichen. Die mittlere Kronenverlichtung beträgt aktuell 16 %.

Starke Schäden

Die Anteile starker Schäden liegen bis 2017 bei den Eichen höher als bei den anderen Baumarten. Ab 2018 liegen die Anteile starker Schäden bei der Fichte, Buche und den anderen Laubbäumen über denen der Eiche. Im Durchschnitt der Zeitreihe sind 6 % der Eichen als stark geschädigt eingestuft worden. Der Anteil starker Schäden variiert bei der Eiche stark und verläuft parallel zum Anteil der Fraßschäden. Phasen erhöhter Anteile treten vor allem im Anschluss an mittleren und starken Insektenfraß auf. Der diesjährige Anteil stark geschädigter Eichen (9 %) war allerdings nicht durch Insektenfraß bedingt.

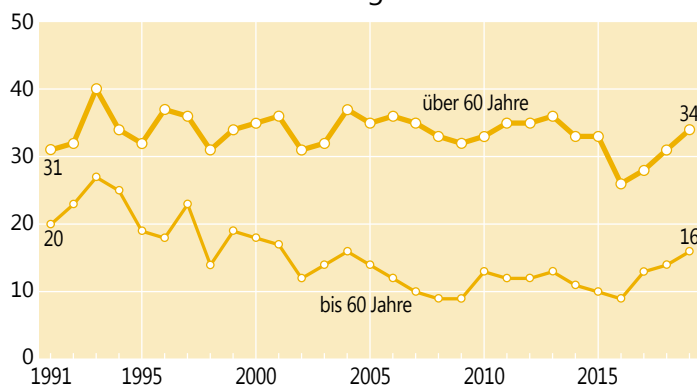


Foto: J. Weymar

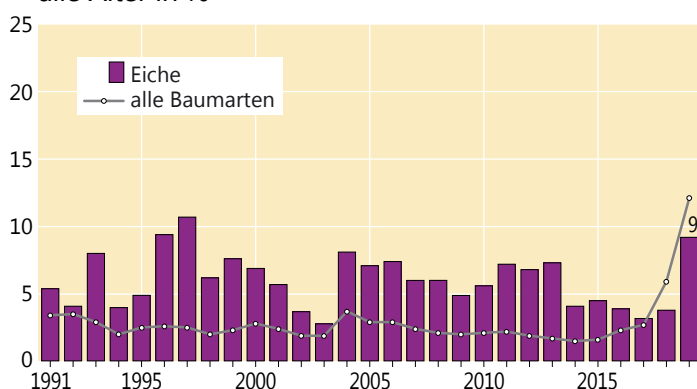


Foto: J. Weymar

Mittlere Kronenverlichtung in %



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



Eiche

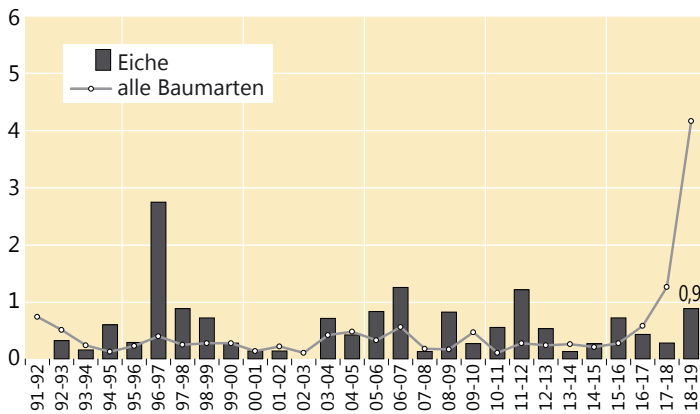
Absterberate

Überdurchschnittliche Absterberaten wurden bei den Eichen jeweils im Anschluss an Perioden mit starkem Insektenfraß ermittelt, am höchsten war die Absterberate 1997 (2,7 %). Im Jahr 2019 liegt die Absterberate bei 0,9 %.

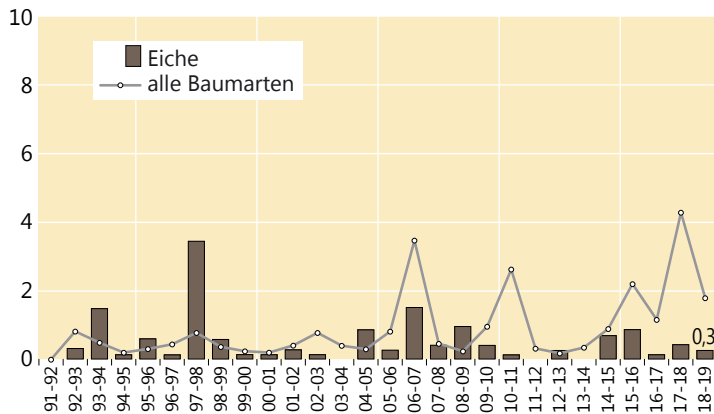
Ausfallrate

Auch die Ausfallrate der Eiche ist nach intensivem Insektenfraß erhöht, im Mittel der Erhebungsjahre liegt sie bei 0,5 %. Die Witterungsextreme 2018 und 2019 haben nicht zu einer Erhöhung geführt, die aktuelle Ausfallrate beträgt 0,3 %.

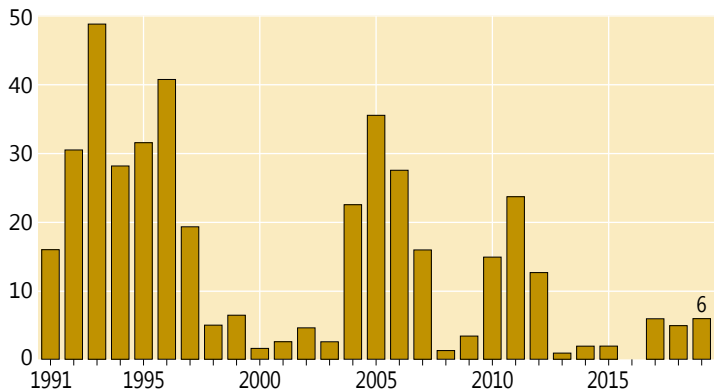
Jährliche Absterberate (stehende Bäume), alle Alter in %



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



Anteil mittlerer und starker Fraßschäden an älteren Eichen in %



1991-2005: Einstufung in 4 Stufen, ab 2006: Einstufung in 5 %-Stufen, Fraßschäden >=15 % zählen zu den mittleren und starken Fraßschäden

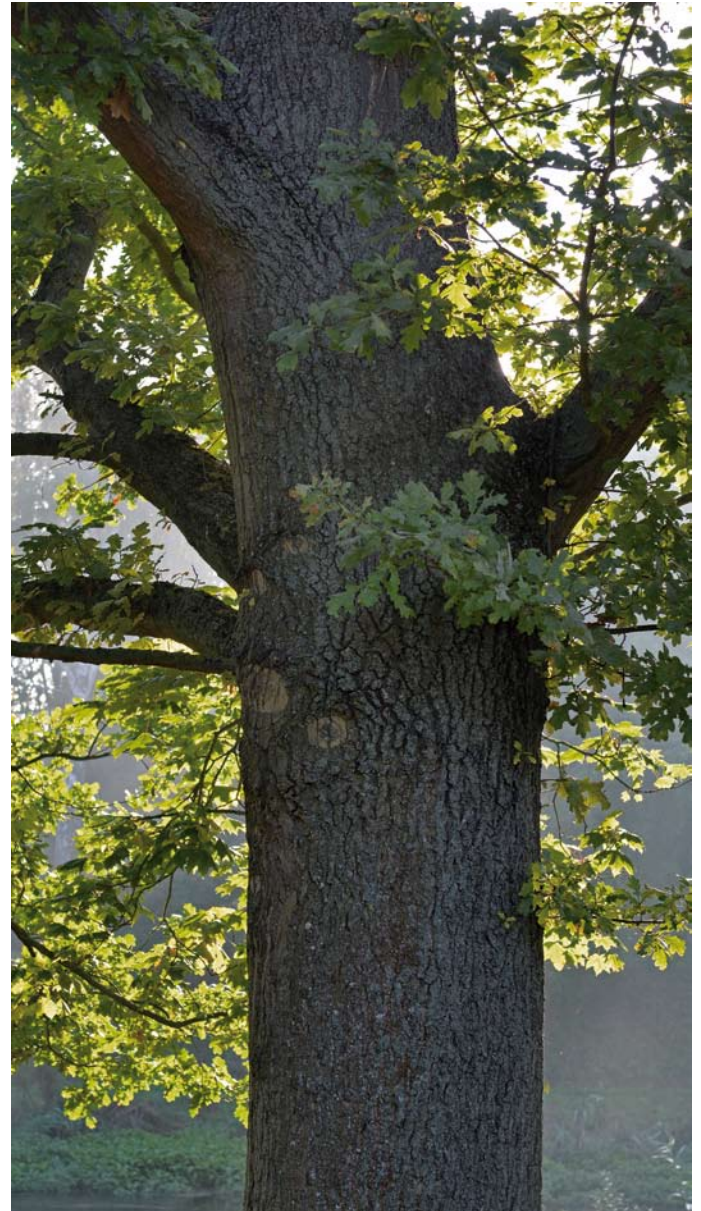


Foto: J. Evers

Fraßschäden

Die periodische Vermehrung von Schmetterlingsraupen der so genannten Eichenfraßgesellschaft trägt maßgeblich zu den Schwankungen der Belaubungsdichte der Eichen bei. Der Fraß an Knospen und Blättern durch die Eichenfraßgesellschaft wurde verstärkt in den Jahren 1991-1997 beobachtet. Von 2004-2007 und von 2010-2012 folgten zwei weitere Perioden mit Fraßschäden. Seit 2013 ist der Anteil mittlerer und starker Fraßschäden an älteren Eichen gering (2019: 6 %).

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.

Andere Laub- und Nadelbäume

In Sachsen-Anhalt werden bei der Waldzustandserhebung als landesweite flächendeckende Stichprobeninventur 32 Baumarten erfasst. Neben den Hauptbaumarten Kiefer, Fichte, Buche und Eiche kommt in den Wäldern eine Vielzahl von anderen Baumarten vor, die insgesamt 18 % der Stichprobenbäume der Waldzustandserhebung in Sachsen-Anhalt ausmachen. Jede Baumart für sich genommen ist allerdings zahlenmäßig so gering vertreten, dass allenfalls Trendaussagen zur Kronenentwicklung möglich sind. Bei den Ergebnissen der Waldzustandserhebung werden sie daher in den Gruppen andere Laubbäume und andere Nadelbäume zusammengefasst. Das Vorkommen der anderen Nadelbäume ist mit 1 % so gering, dass auf eine Darstellung der Ergebnisse verzichtet wird. Zu den anderen Laubbäumen gehören u. a. Esche, Ahorn, Linde und Hainbuche. Am häufigsten ist die Birke, gefolgt von der Erle.

Mittlere Kronenverlichtung

Bereits 2018 waren Trockenstresssymptome bei den anderen Laubbäumen offensichtlich und die mittlere Kronenverlichtung angestiegen. 2019 erreicht die mittlere Kronenverlichtung (alle Alter) den höchsten Wert in der Zeitreihe der Waldzustandserhebung (37 %). Bei den anderen Laubbäumen weisen die Werte für die Altersgruppen im Beobachtungszeitraum kaum Differenzen auf.

Starke Schäden

Für die anderen Laubbäume (alle Alter) liegt der Anteil starker Schäden im Mittel der Jahre 1991-2019 bei 5,5 % und damit fast doppelt so hoch wie der langjährige Durchschnitt für alle Baumarten (2,9 %). Im Jahr 2019 führte der Trockenstress zu einem außergewöhnlichen Anstieg auf 21 %.

Absterberate

Die Absterberate der anderen Laubbäume überschreitet 2019 den Mittelwert der Zeitreihe (0,8 %) erheblich (5,8 %).

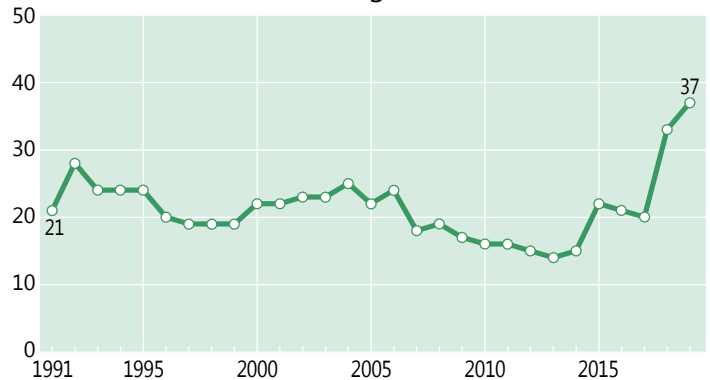
Ausfallrate

Nach den Stürmen 2007 und 2018 war die Ausfallrate erhöht. 2019 liegt sie mit 1,3 % im Bereich des langjährigen Durchschnitts (0,9 %).

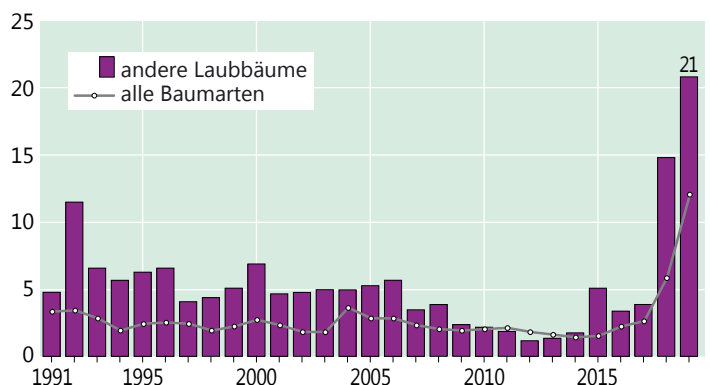


Foto: J. Evers

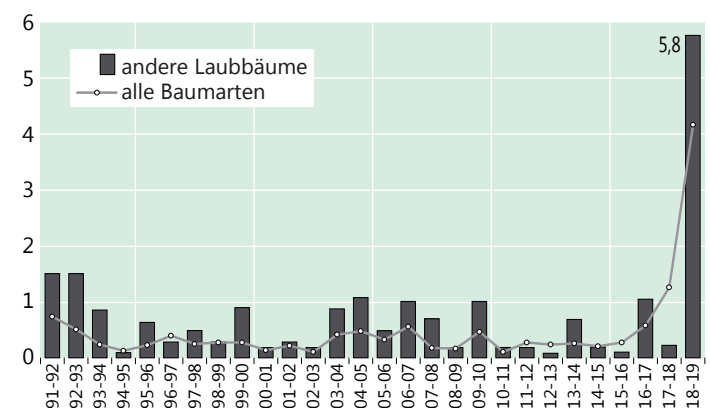
Mittlere Kronenverlichtung in %



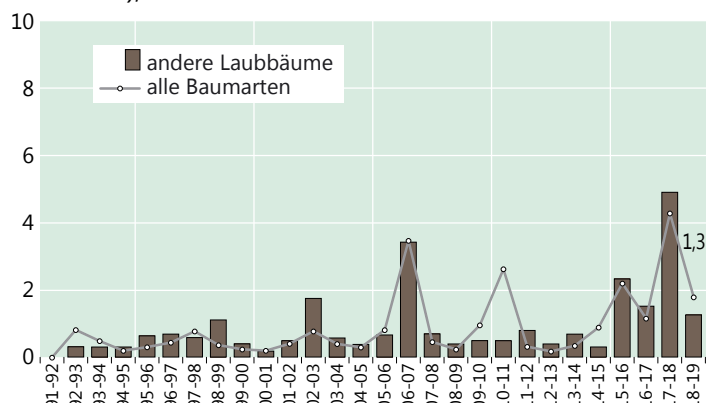
Anteil starker Schäden (inkl. abgestorbener Bäume), alle Alter in %



Jährliche Absterberate (stehende Bäume), alle Alter in %



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



Witterung und Klima

Johannes Suttmöller

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

Um eine flächenhafte Aussage für das Land Sachsen-Anhalt 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 Sachsen-Anhalt betrug die Mitteltemperatur für das Vegetationsjahr 2018/2019 10,8 °C. Damit war dieses Jahr etwas wärmer als das vergangene Vegetationsjahr. Die gemessene Niederschlagssumme entspricht mit 458 mm im Landesmittel 80 % der langjährig üblichen Niederschlagsmenge und war damit genauso niederschlagsarm wie das vergangene Vegetationsjahr. Dabei waren sowohl die Nichtvegetationszeit von Oktober 2018 bis April 2019 als auch die Vegetationszeit von Mai bis September 2019 deutlich zu trocken. Nur in den Monaten Dezember, Januar, März und September fiel mehr Niederschlag als im langjährigen Mittel der Klimanormalperiode (1961-1990).

Witterungsverlauf von Oktober 2018 bis September 2019

Zu Beginn des Vegetationsjahres 2018/2019 setzte sich die extreme Trockenheit der vorausgegangenen Monate fort. Im Oktober fielen landesweit in Sachsen-Anhalt nur knapp 15 mm Niederschlag. Dies entspricht 40 % der mittleren Niederschlagsmenge (Abbildung rechts). Beständige Hochdrucklagen sorgten für einen sonnenscheinreichen Monat. Der Oktober war spätsommerlich und verzeichnete einige Sommertage mit Tageshöchsttemperaturen über 25 °C. Die Mitteltemperatur betrug 10,8 °C und lag damit 1,7 K über dem langjährigen Mittelwert. Auch im November dominierte ruhiges durch Hochdruckwetterlagen geprägtes Herbstwetter. Während zu Beginn des Monats noch Tageshöchsttemperaturen von über 20 °C gemessen wurden, traten in der zweiten Monatshälfte erste Schneefälle bis ins Tiefland auf. Mit einer Mitteltemperatur von 5,2 °C war der Monat 1,0 K zu warm. Mit 14 mm war der November extrem trocken und lag um 70 % unter dem langjährigen Durchschnittswert von rund 45 mm. Die Bodentrockenheit erreichte damit ihren Höhepunkt im Jahr 2018. Im südlichen Sachsen-Anhalt wurden teilweise weniger als 25 % des pflanzenverfügbaren

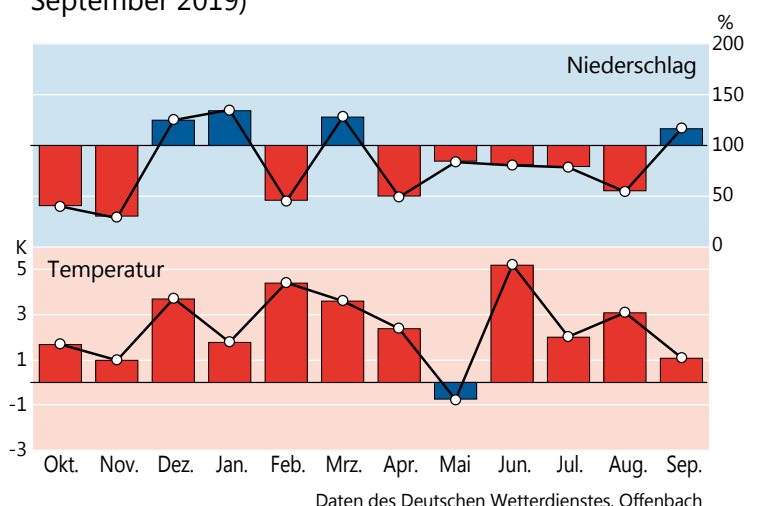
Bodenwassers (nutzbare Feldkapazität, nFK) ermittelt. Im Dezember dominierten Westwetterlagen und beendeten die seit acht Monaten andauernden zu trockenen Niederschlagsverhältnisse. Mit über 60 mm Niederschlag wurde das langjährige Soll um 25 % übertroffen. Die überwiegend milde Witterung führte zu einer deutlich positiven Abweichung der Monatsmitteltemperatur, die mit 4,5 °C um 3,7 K über dem langjährigen Wert lag.

Zu Beginn des Jahres 2019 setzte sich die unbeständige Witterung fort. Im Januar fielen im Flächenmittel des Landes Sachsen-Anhalt 55 mm Niederschlag. Dies ist rund ein Drittel mehr als die übliche Niederschlagsmenge. Besonders nass war es dabei im Harz. Mit einer Mitteltemperatur von 1,2 °C war der Monat fast 2 K zu warm. Es folgte ein ungewöhnlich milder und trockener Februar. Die Temperaturabweichung zum Klimamittel der Periode 1961-1990 betrug +4,4 K und mit 15 mm fiel nicht einmal die Hälfte des Niederschlagssolls. Dies hatte zur Folge, dass die unterdurchschnittlichen Bodenwasservorräte bereits im Februar wieder abnahmen. Am 10. März zog Sturmtief „Eberhard“ über die Mitte Deutschlands hinweg. Im Bergland wurden verbreitet und im Tiefland vereinzelt Orkanböen, wie an der Station Halle/Leipzig, gemessen. Infolge der unbeständigen Witterung



Foto: M. Spielmann

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



Witterung und Klima

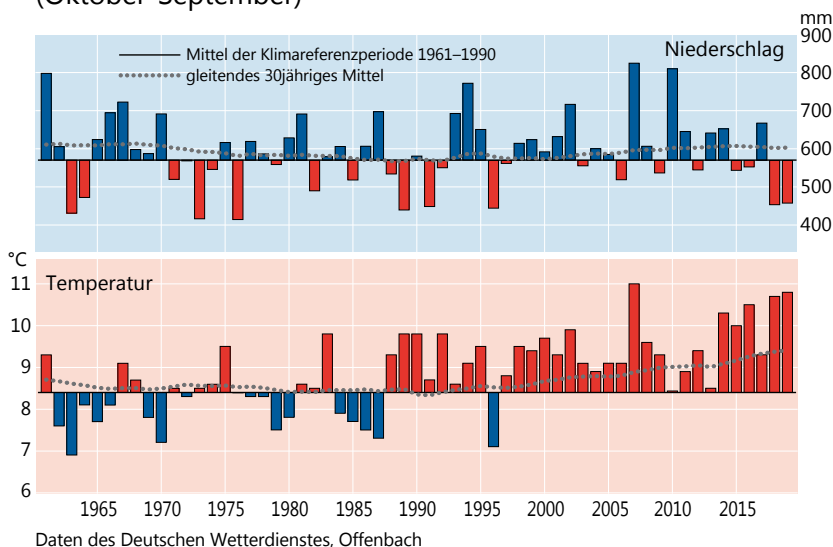
Der Juni wurde das Niederschlagssoll mit 53 mm um 30 % übertroffen. Dabei war der März ebenfalls deutlich zu warm. Die Abweichung zum langjährigen Mittel betrug +3,6 K. Die Bodenwasservorräte wurden in den oberen Bodenschichten wieder etwas aufgefüllt. Der April 2019 war im Vergleich zur Referenzperiode 1961-1990 der dreizehnte zu warme Monat in Folge. Bei einer Monatsmitteltemperatur von 9,9 °C lag die Abweichung bei knapp +2,5 K. Infolge Hochdruck dominierter Wetterlagen lag das Niederschlagsdefizit im landesweiten Mittel bei 50 %. Ähnlich wie im Vorjahr führte die fröhsommerliche Witterung zu einem vorzeitigen Austrieb der Vegetation. Da die Niederschläge in der Nichtvegetationszeit nicht ausreichten, um das enorme Defizit aus dem Vorjahr zu begleichen, waren die Startbedingungen für die Vegetation aufgrund der vielfach nur unzureichend gefüllten Bodenwasserspeicher deutlich ungünstiger als im April 2018.

Zum Start in die forstliche Vegetationsperiode folgte ein kühler und zu trockener Mai in Sachsen-Anhalt. 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 45 mm rund 80 % des langjährigen



Foto: J. Weymar

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



Solls. Der Juni zeigte sich von seiner sonnigen Seite. Durch die beständige Zufuhr subtropischer Luftmassen war der Juni 2019 der wärmste seit Aufzeichnungsbeginn. In Sachsen-Anhalt lag die Monatsmitteltemperatur bei 21,0 °C und damit 5,2 K über dem langjährigen Durchschnitt. Da mit 53 mm im Landesmittel wiederum nur rund 80 % des Niederschlagssolls fielen, verschärfte sich die Trockenheit im gesamten Land. Nur vereinzelte Starkniederschläge konnten die Trockenheit regional mildern. So wurde beispielsweise am 1. Juni an der Station Annaburg rund 92 mm Niederschlag gemessen. Der Juli 2019 wird durch seine Rekordhitze in Erinnerung bleiben. Besonders im Westen Deutschlands wurden die Rekordmarken gleich reihenweise gebrochen, wobei in Lingen (Emsland) mit 42,6 °C ein neuer Allzeitrekord für Deutschland gemessen wurde. Ganz so warm war es in Sachsen-Anhalt nicht, aber der Monat war mit einer Mitteltemperatur von 19,2 °C wiederum deutlich zu warm (+2,0 K). Die Trockenheit verschärfte sich im Juli weiter, da landesweit nur rund 80 % der mittleren Niederschlagsmenge fiel. Auch im August setzte sich die trocken warme Witterung fort. Die Mitteltemperatur betrug 20,0 °C (+3,1 K), so dass der Sommer 2019 (Juni bis August) der wärmste in Sachsen-Anhalt seit Messbeginn war. Trotz lokal eng begrenzter Starkniederschlagsereignisse wurde im Flächenmittel das Niederschlagssoll in diesem Zeitraum nur zu rund 50 % erfüllt. Zum Abschluss des Vegetationsjahres 2018/2019 folgte ein ebenfalls zu warmer (+1,1 °C) September. Mit rund 50 mm fielen 117 % der langjährigen mittleren Niederschlagssumme.

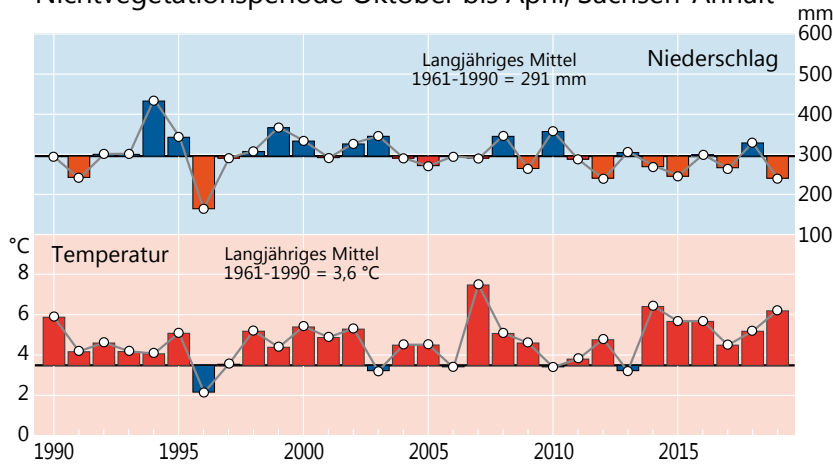
Temperatur und Niederschlag im langjährigen Verlauf

Das Vegetationsjahr 2018/2019 war 2,4 K wärmer als der Mittelwert der Klimanormalperiode 1961-1990 und 1,6 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 Abbildung 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 acht Monate teilweise deutlich zu trocken und 11 Monate zu warm im Vergleich zu den langjährigen Mittelwerten. Dabei fielen ähnlich wie im vorangegangenen Vegetationsjahr mit 458 mm im Landesmittel nur 80 % der langjährigen Niederschlagssumme. Damit konnte das Niederschlagsdefizit aus dem Vorjahr nicht ausgeglichen werden, sondern vergrößerte sich weiter, so dass das Vegetationsjahr 2018/2019 das zweite Jahr in Folge ist, das durch eine außergewöhnliche Trockenheit geprägt ist. Mit einer Mitteltemperatur von 6,2 °C war die Nichtvegetationszeit um 2,7 K wärmer als die Klimanormalperiode (Abbildung Seite 19 oben).

Witterung und Klima

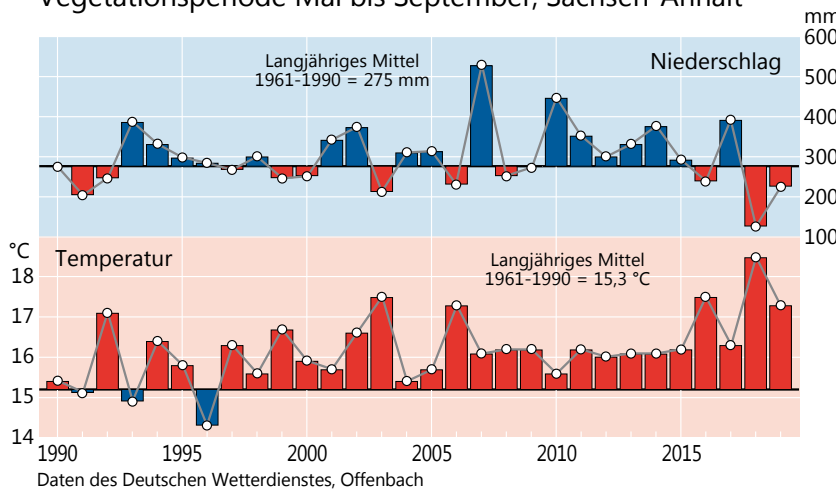
Langjährige Klimawerte (1990-2019)

Nichtvegetationsperiode Oktober bis April, Sachsen-Anhalt



Langjährige Klimawerte (1990-2019)

Vegetationsperiode Mai bis September, Sachsen-Anhalt



Daten des Deutschen Wetterdienstes, Offenbach

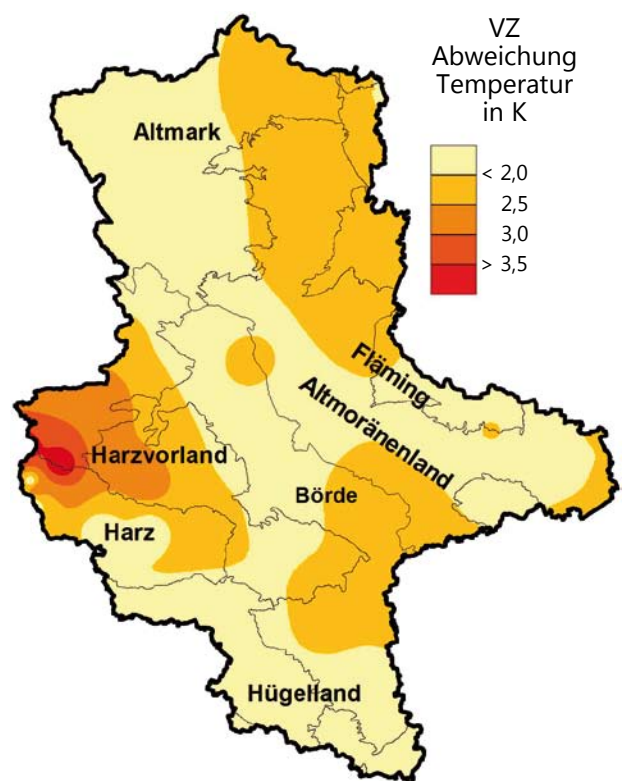
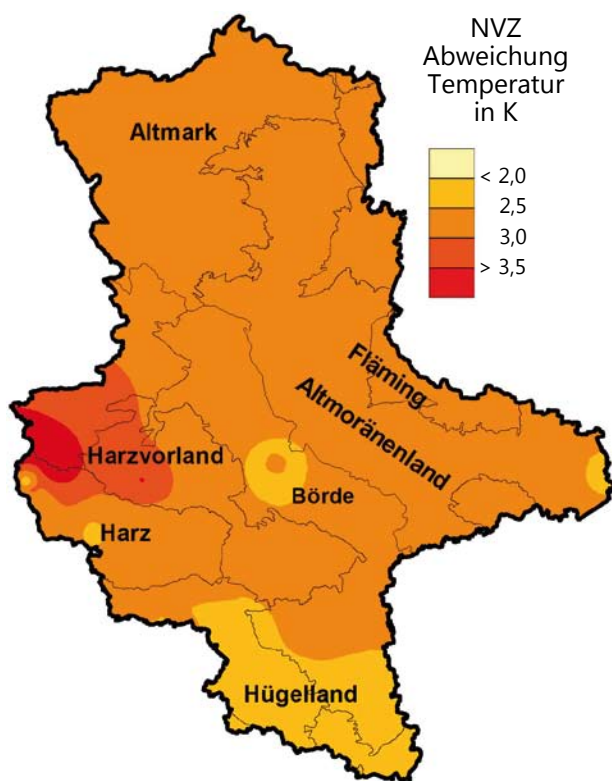
Die höchsten Abweichungen von mehr als 3 K verzeichneten Teile des Harzvorlandes und des Harzes. Im Hügelland betrug die positive Abweichung weniger als 2,5 K (Abbildung unten links).

In der Nichtvegetationszeit von Oktober 2018 bis April 2019 fielen in Sachsen-Anhalt 235 mm Niederschlag. Dies sind rund 100 mm weniger als im gleichen Zeitraum des Vorjahres. Das langjährige Niederschlagsoll wurde damit nur zu 80 % erreicht (Abbildung links). Dabei war es fast im gesamten Land zu trocken (Abbildung Seite 20 links). Im Fläming und in den mittleren und unteren Lagen des Harzes lag das Niederschlagsdefizit bei rund 10 %, während in weiten Teilen des Tief- und Hügellandes bis zu 30 % weniger Niederschlag fiel. Nur für die Hochlagen des Harzes wurden leicht überdurchschnittlich hohe Niederschlagssummen ermittelt. Regional wurden im Tiefland von Oktober bis April nicht einmal 200 mm erreicht.

Auch die Vegetationsperiode von Mai bis September war deutlich zu warm. Die Mitteltemperatur betrug 17,3 °C und war damit 2,1 K wärmer im Vergleich zur Klimanormalperiode von 1961-1990. Im Flächenmittel des Landes Sachsen-Anhalt fielen mit rund 220 mm nur 80 % der langjährigen Niederschlagsmenge (Abbildung links).

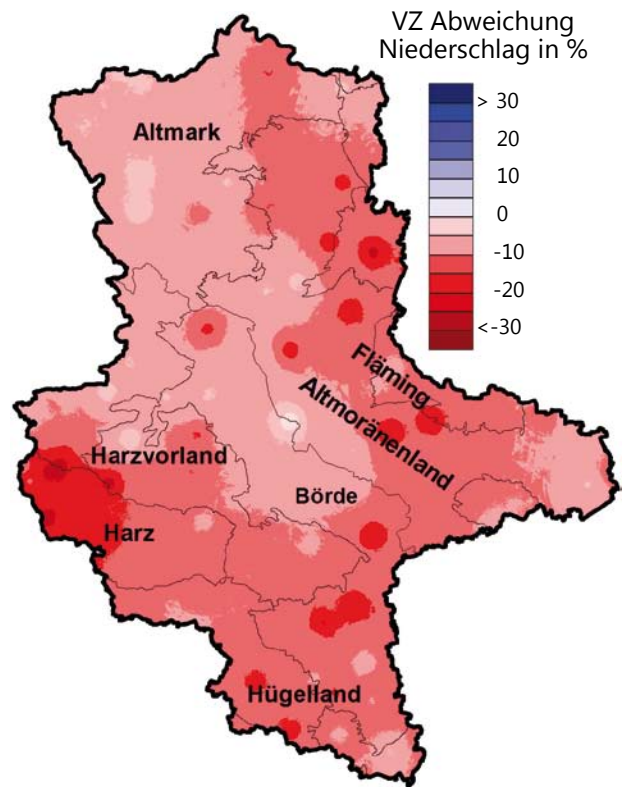
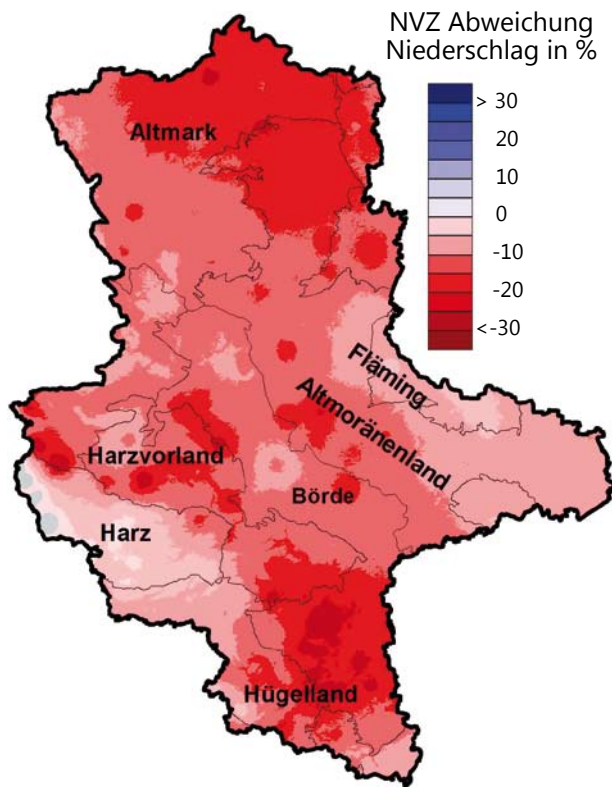
Besonders trocken war es im Harz und punktuell in den östlichen Landesteilen, wo teilweise weniger als 70 % des Niederschlagsolls erreicht wurde. Infolge von Starkniederschlagsereignissen betrug in der Altmark und in Teilen der Börde sowie des Altmoränenlandes das Defizit weniger als 10 % (Abbildung Seite 20 rechts). Gleichzeitig war es in

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



Witterung und Klima

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



der Vegetationsperiode 2019 im ganzen Land deutlich zu warm. Besonders hohe Temperaturabweichungen von mehr als 3 K wurden im Oberharz beobachtet. In weiten Teilen des Landes lagen die Temperaturen um etwa 2,5 K über den langjährigen Mittelwerten der Periode von 1961-1990. Etwas geringer waren die Abweichungen in einem Streifen von der Altmark bis ins Hügelland und den Fläming (Abbildung Seite 19 unten rechts).

Die Monate Januar bis September 2019 waren im Landesmittel von Sachsen-Anhalt 2,5 K wärmer als die Mitteltemperatur der Klimanormalperiode 1961-1990. Dies ist die höchste Abweichung seit Messbeginn im Jahr 1881. Sollten die Monate Oktober bis Dezember ebenfalls deutlich zu warm ausfallen, würde das Jahr 2019 das Jahr 2018 als wärmstes Jahr ablösen.

Fazit

- Das Vegetationsjahr 2018/2019 war das zweite Jahr in Folge, das deutlich zu trocken und zu warm ausfiel
- Im Vergleich zur Klimareferenzperiode 1961 bis 1990 waren 8 von 12 Monaten zu trocken und 11 von 12 Monaten zu warm
- Es fielen 80 % des langjährigen Niederschlagssolls (458 mm)
- Die Mitteltemperatur betrug 10,8 °C. Dies entspricht einer Abweichung von +2,5 K. Der langjährige Erwärmungstrend setzt sich unvermindert fort
- Die Niederschläge der Nichtvegetationszeit reichten nicht aus, um auf vielen Waldstandorten den pflanzenverfügbaren Bodenwasserspeicher zu Beginn der Vegetationszeit ausreichend aufzufüllen (s. Seite 21: Auswirkungen der Stürme und der Dürre 2018/2019 auf die Vitalität der Wälder in Nordwestdeutschland)



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

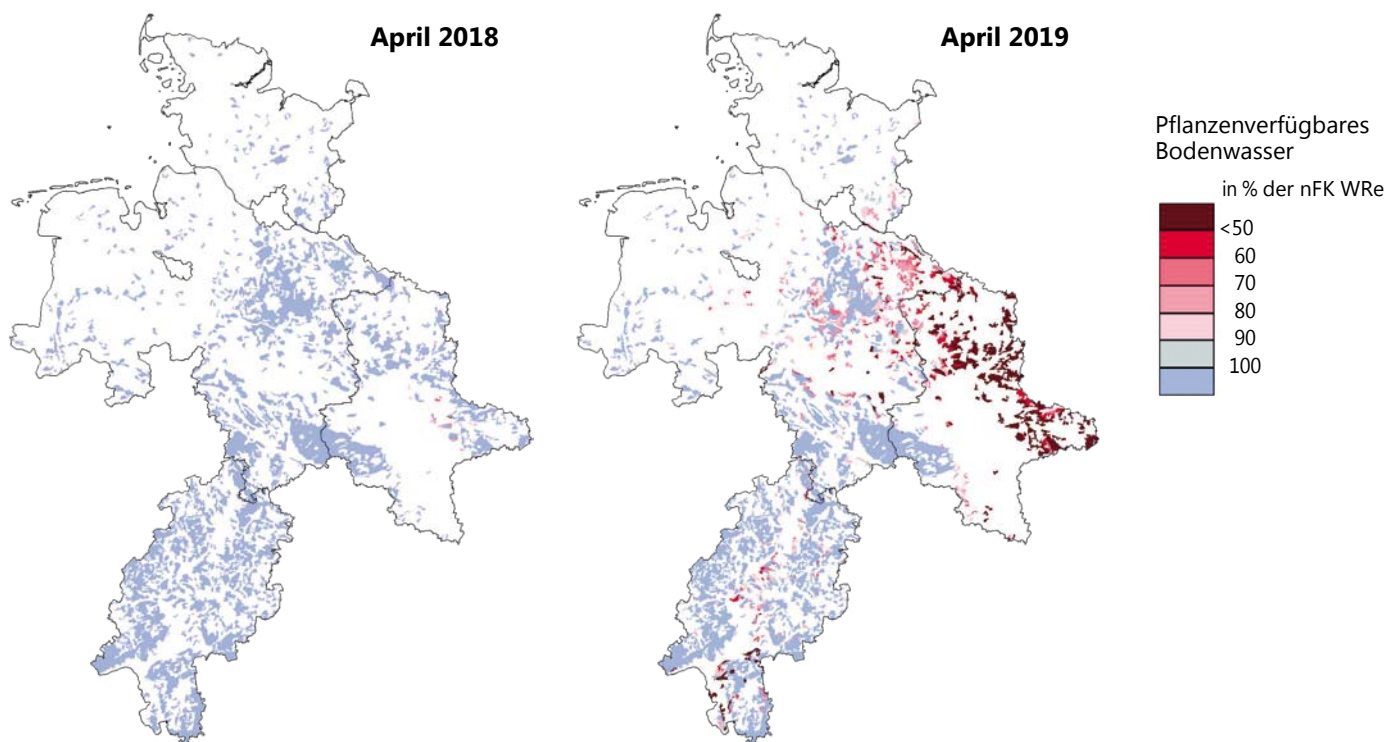
In Niedersachsen und Schleswig-Holstein waren rund 30 % der Waldstandorte betroffen. Schwerpunkte lagen im süd-östlichen Schleswig-Holstein sowie im mittleren und östlichen Niedersachsen, wo jedoch überwiegend mehr als 50 % der nFK WRe erreicht wurden. Nur wenige Standorte in Niedersachsen (2 %) wiesen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

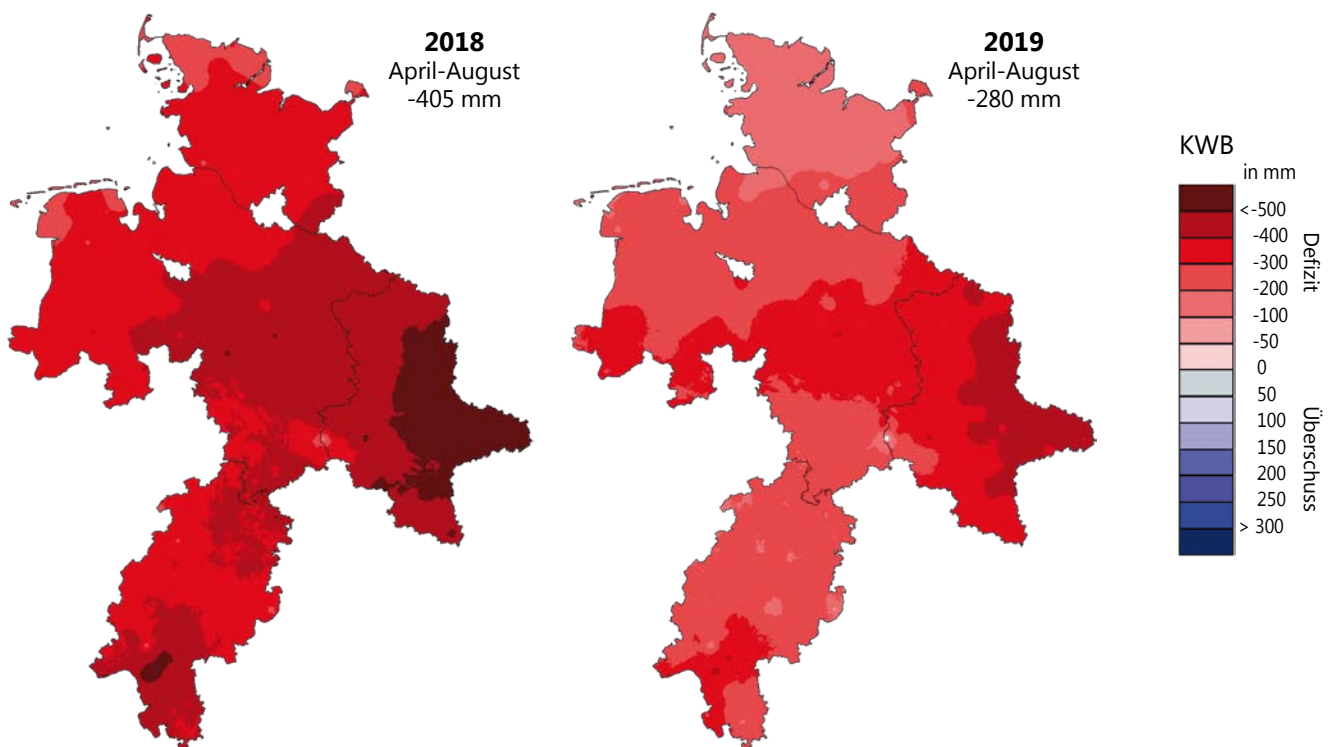
Strukturelle Störungen in den Wäldern

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.

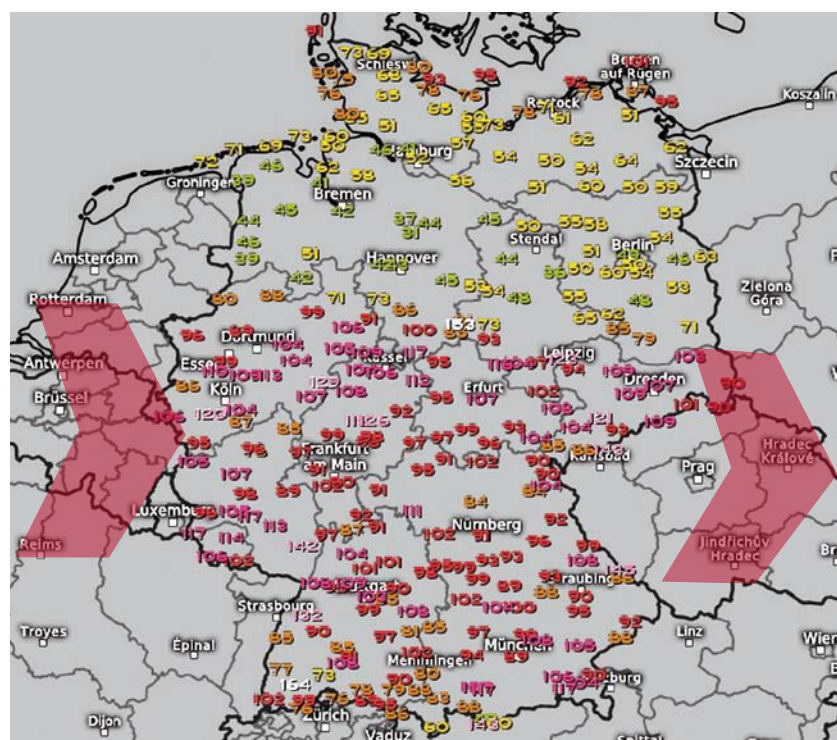
Stürme sind Extremereignisse, deren Wirkungen plötzlich eintreten, ihre Folgen können jedoch zu weitreichenden, langfristigen Veränderungen der Waldentwicklung führen. Die letzten beiden Jahre waren von einer Reihe von Stürmen geprägt.

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.

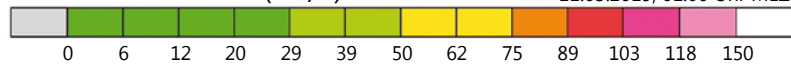
Klimatische Wasserbilanz (KWB) für die Monate April bis August in den vier Trägerländern der NW-FVA



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 25 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

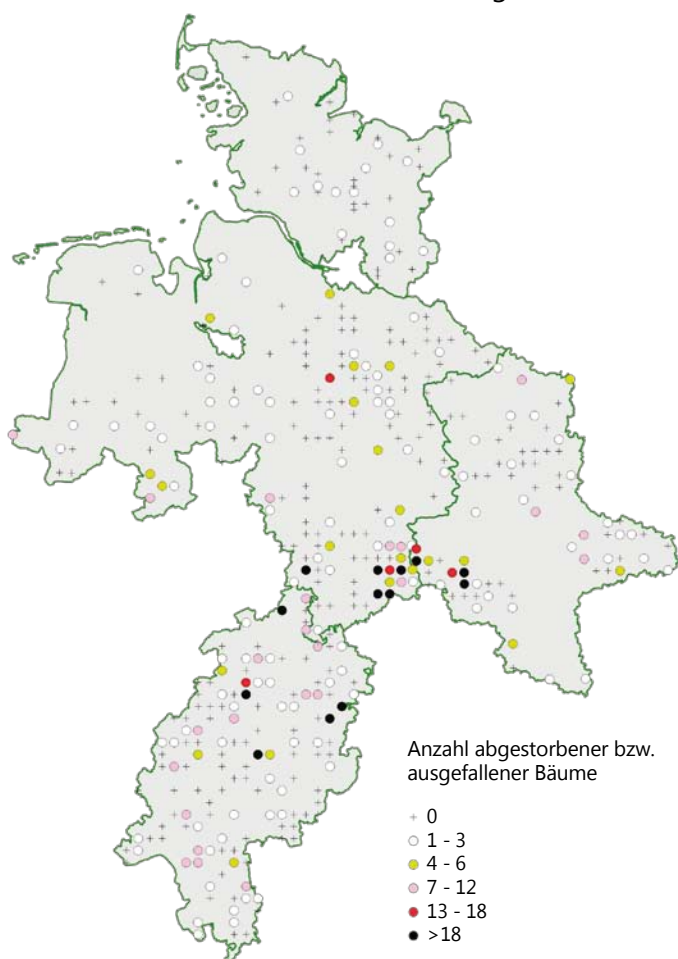
wickeln vermag. Belastbare Rückschlüsse auf die wieder zu bewaldenden Flächen sind nicht möglich.

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

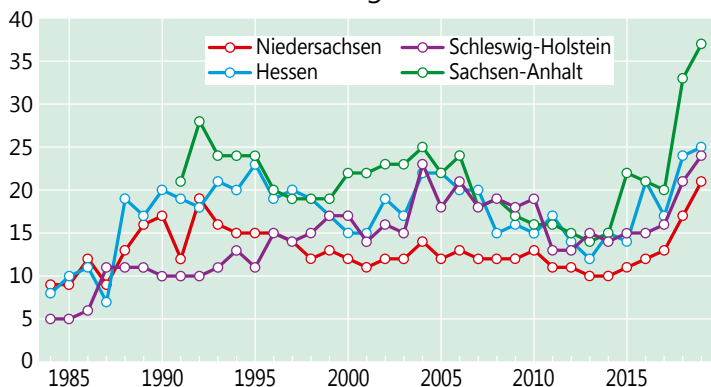


Buchenblatt ohne Trockenstress
Fotos: J. Weymar

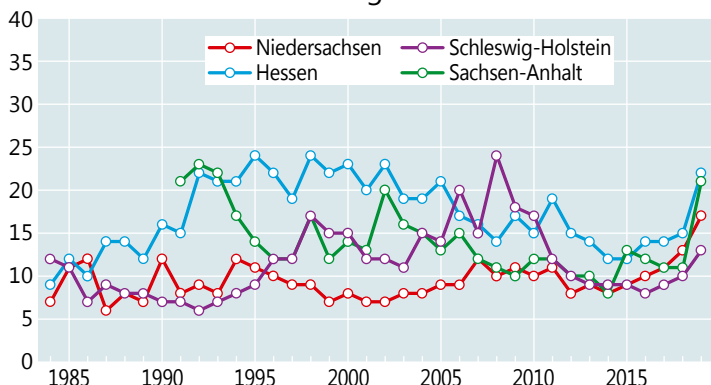
Anhalt, wo die Trockenheit am stärksten ausgebildet war, waren 2019 eingerollte Blätter besonders weit verbreitet (82 %). Im weniger stark durch Trockenheit belasteten Schleswig-Holstein war der Anteil von Buchen mit eingerollten Blättern dagegen deutlich geringer (16 %). Bei Eiche und anderen Laubbaumarten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

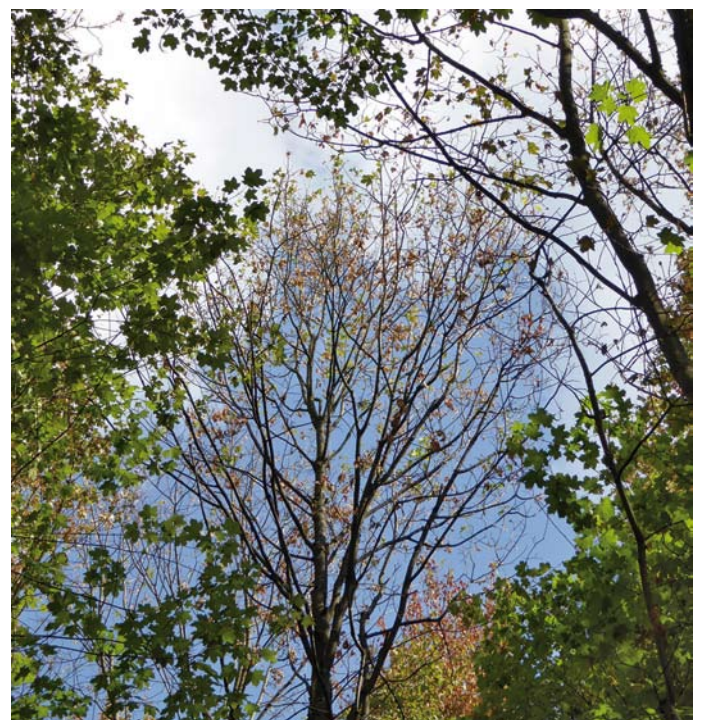
Reaktionen weiterer Baumarten

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

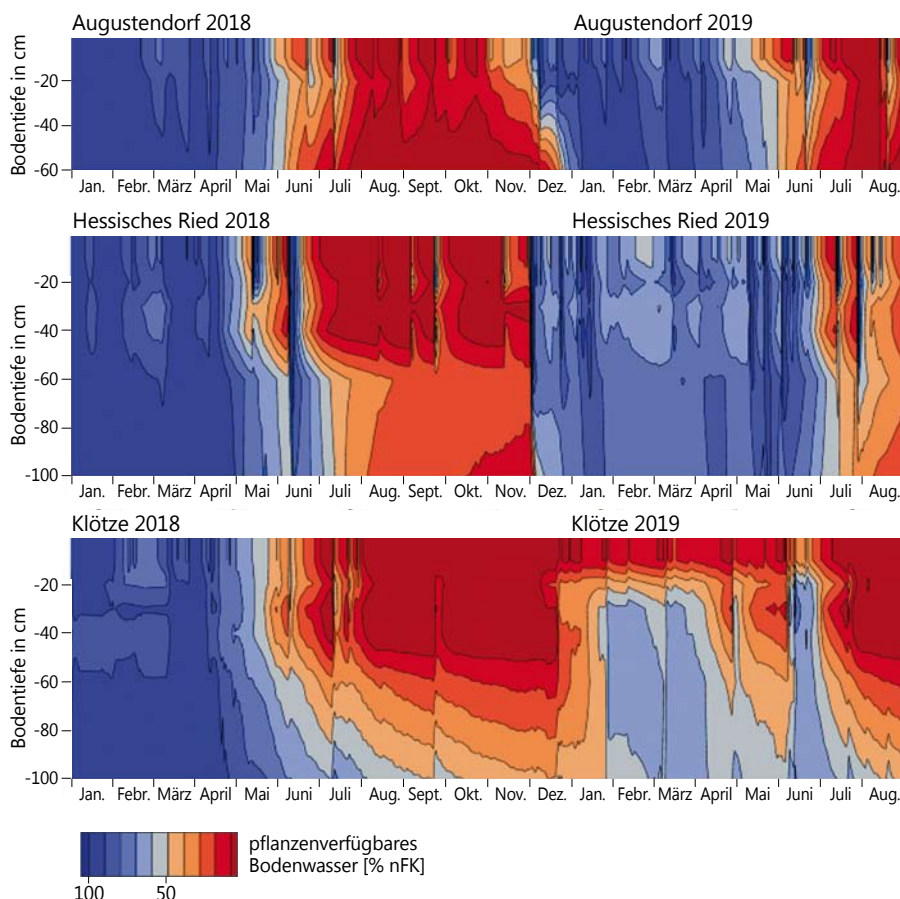
durch das Eschentriebsterben. In Sachsen-Anhalt war kein eindeutiger Trend bei der mittleren Kronenverlichtung der Esche abzulesen. Die Absterberate war 2019 jedoch erhöht. Bei der **Europäischen Lärche** fallen 2019 in Hessen, Niedersachsen und Sachsen-Anhalt die höchsten Absterberaten im Beobachtungszeitraum 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 22 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 22), 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.

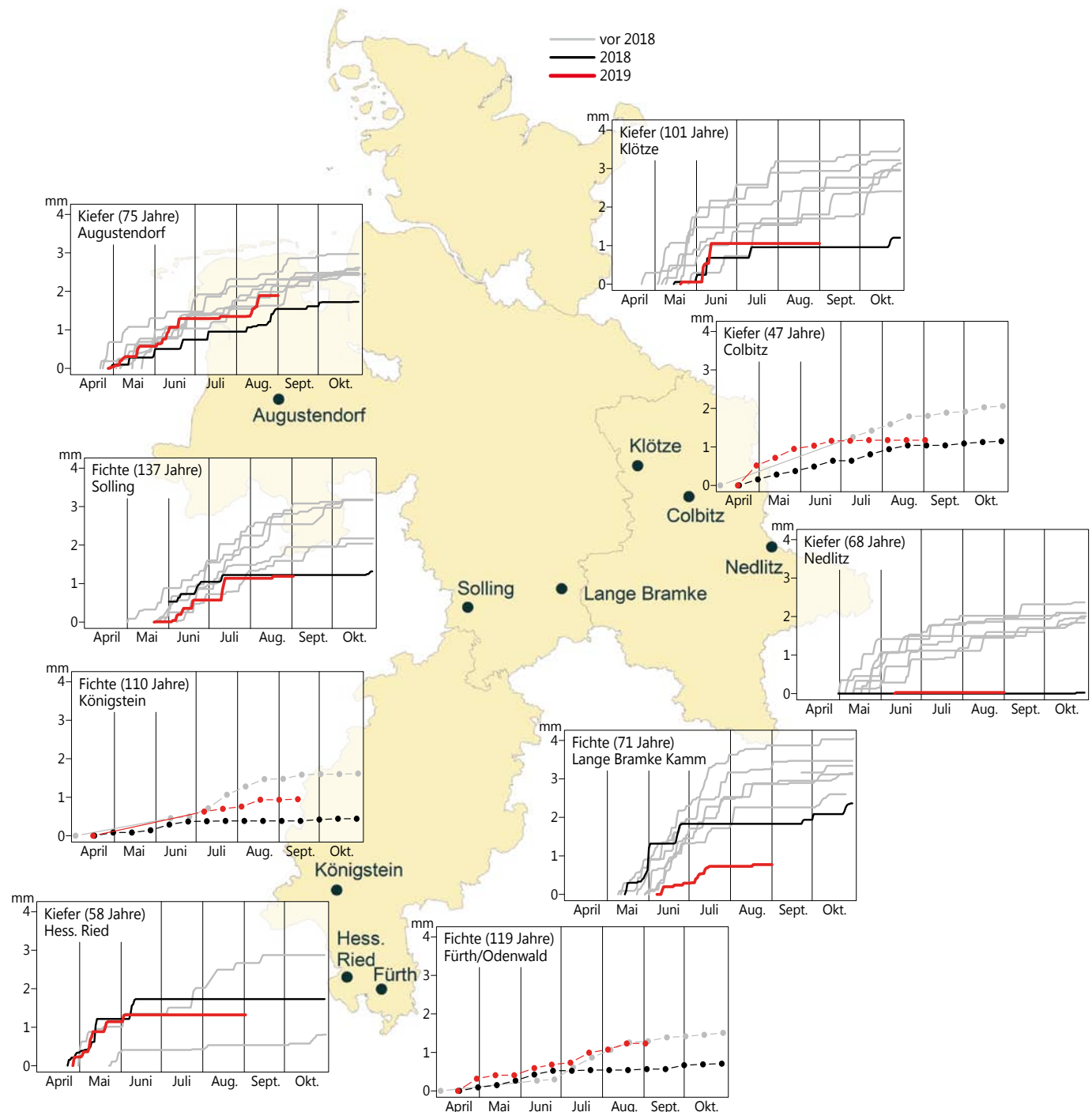
Zuwachs 2018 und 2019

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

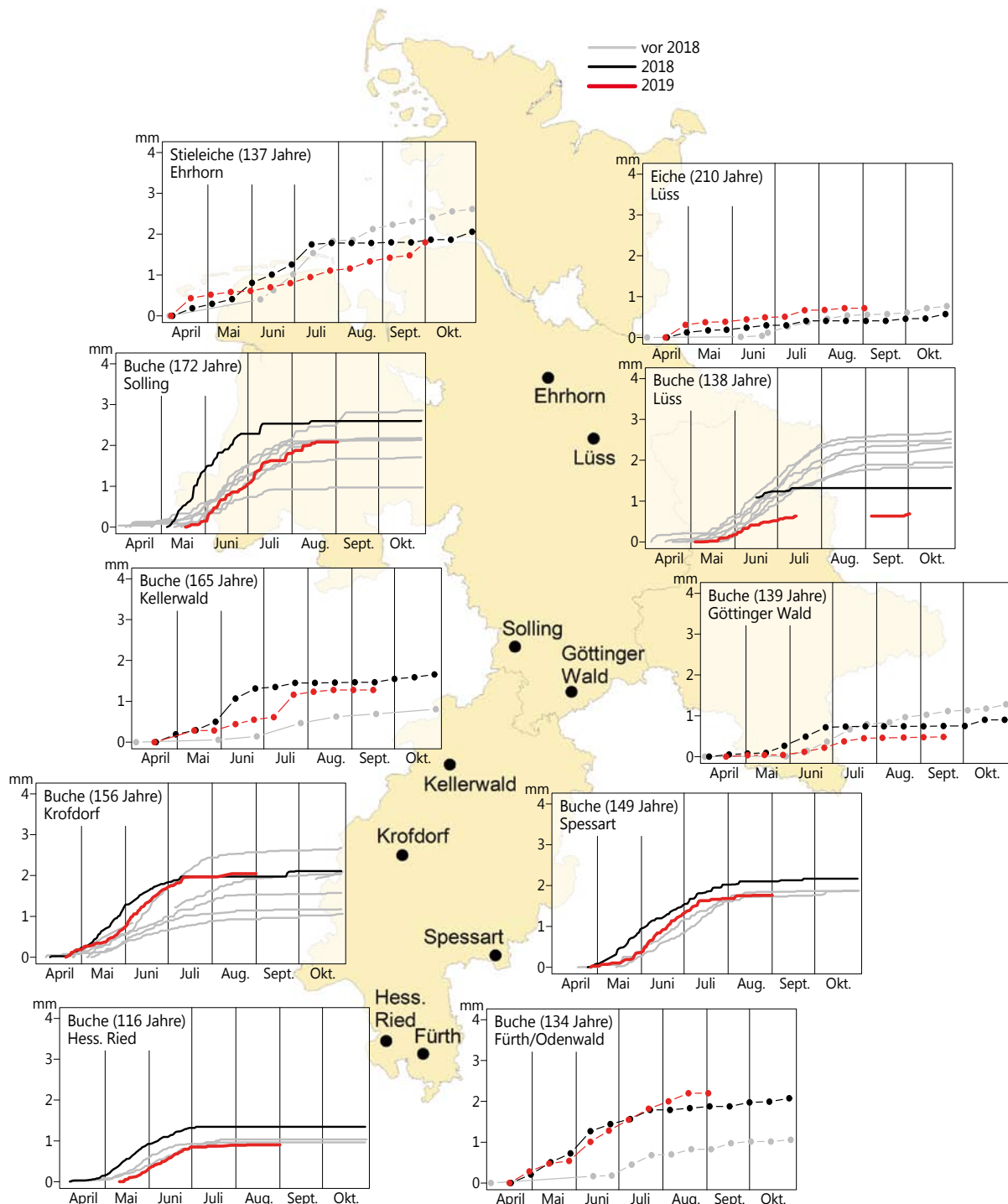
Solling und Lange Bramke (Niedersachsen) von Beginn an ein sehr geringer Zuwachs zu beobachten, bereits ab Mitte Juli kam dieser fast vollständig zum Erliegen. Bis Ende August ergab sich für die Fichten im Solling ein ähnlich niedriges Zuwachsniveau wie im Vorjahr, in der Lange Bramke wurde mit einem 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 28). 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 29). 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 36: Wiederbewaldung von Schadflächen in Anpassung an den Klimawandel).



Foto: M. Spielmann

Insekten und Pilze

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

Borkenkäfer

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

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

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

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

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



Borkenkäferbefall

Foto: NW-FVA, Abteilung Waldschutz

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

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

Bereits 2018 hat der **Lärchenborkenkäfer** (*Ips cembrae*) sehr ausgeprägte Schäden an Lärche, sowohl in Reinbeständen als auch in Mischungen, verursacht. Die Hoffnung war, dass dieser Borkenkäfer an den meisten Orten in 2019 bereits wieder an Kraft verliert, so wie es bei sonstigen Massenvermehrungen der Art meist beobachtet wird. Jedoch wurde aus vielen Regionen gemeldet, dass wiederum sehr starke Schäden im Stehenden entstanden sind, was vermutlich den hohen Ausgangsdichten der Käfer und der schlechten Konstitution der Lärchen zum Winterende geschuldet ist. Untersuchungen von diesjährigen Bruten 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 verstärkt 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 Vermehrungsmög-

Insekten und Pilze

lichkeiten dieser Käferarten Populationsdichten aufgebaut werden, die im weiteren Verlauf primär Schaden verursachen können.

Eichenfraßgesellschaft

Die Ergebnisse der laufenden Überwachung der beiden **Frostspanner**-Arten (Kleiner Frostspanner *Operophtera brumata* L. und Großer Frostspanner *Erannis defoliaria* Cl.) mit Hilfe von Leimringen im Herbst/Winter 2018 bestätigen, dass sich die Populationen in Sachsen-Anhalt weiterhin in der Latenz befinden.

Zur Bestimmung der Populationsdichte und der Schlupfrate bzw. Parasitierung der Eigelege des **Eichenprozessions-spinners** (*Thaumetopoea processionea* L.) wurden im November 2018 im Raum Dessau-Roßlau Probezweige entnommen. Die Untersuchungen der NW-FVA ergaben, dass in einem Großteil der Bestände im Frühjahr 2019 mit starkem Fraß bzw. Kahlfraß zu rechnen war. Ein Teil der betroffenen Eichenbestände wurde im Rahmen einer Biozidmaßnahme zum Gesundheitsschutz mit einem biologischen Mittel behandelt.

Die Überwachung des **Schwammspinners** (*Lymantria dispar* L.) mit Hilfe von Pheromonfallen im Jahr 2019 ergab im Raum Hettstedt eine erhebliche Warnschwellenüberschreitung. Die Fraßkartierung im Jahr 2019 in Sachsen-Anhalt ergab auf insgesamt 2.646 Hektar Fraß durch die Eichenfraßgesellschaft.



Schwammspinner – Falter und Raupe

Foto: NW-FVA, Abteilung Waldschutz

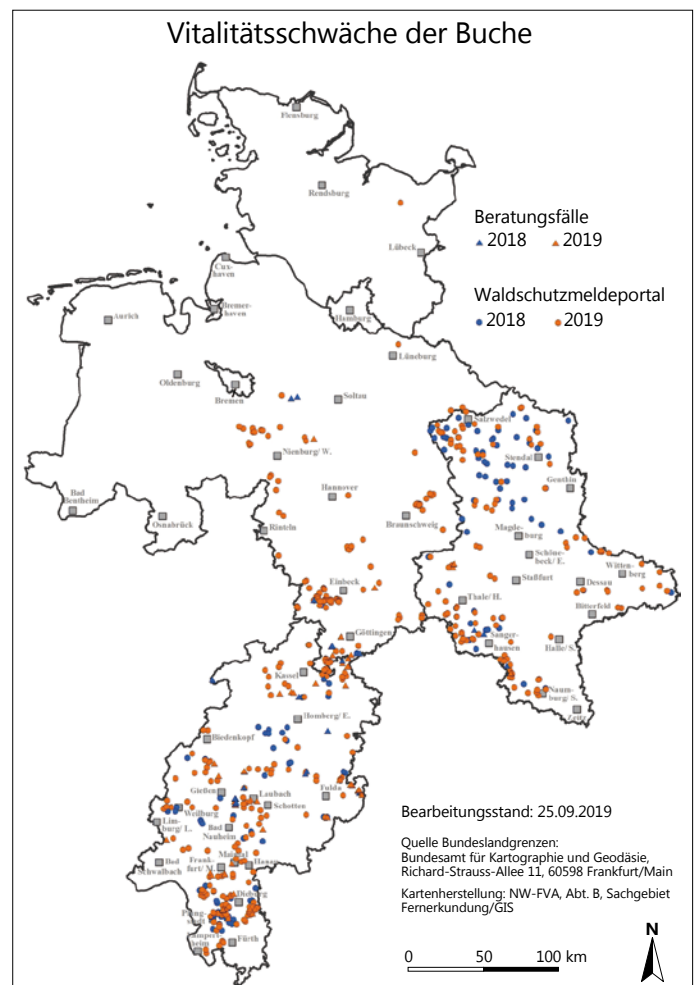
Kieferngroßschädlinge

Die winterliche Puppensuche 2018/19 nach Überwinterungsstadien der nadelfressenden Kieferngroßschädlinge ergab in allen untersuchten Gebieten eine zunehmende Populationsdichte der **Forleule** (*Panolis flammea* [Schiff.]). Dagegen befinden sich der **Kiefernspinner** (*Dendrolimus pini* L.) und der **Kiefernspanner** (*Bupalus piniarius* L.) in der Latenz. Eine Gefährdung durch hohe Belagsdichten mit Warnschwellenüberschreitungen bei den **Kiefernbuschhornblattwespen** (*Diprion* sp.) hat sich nach den Vitalitätsuntersuchungen der eingesandten Kokons nicht bestätigt. Des Weiteren zeigte sich bei der Falterflugüberwachung der Forleule auf nahezu allen Monitoringflächen ein Anstieg der Fangzahlen gegenüber dem Vorjahr. Die Warnschwelle wurde im Raum Gardelegen und Arendsee überschritten. Aufgrund der Warnschwellenüberschreitungen und der hohen Schlupfrate bei **Nonne** (*Lymantria monacha* L.) und Forleule erfolgte im Mai 2019 im Raum Arendsee auf 408 Hektar eine Pflanzenschutzmittelbehandlung der betroffenen Kiefernbestände.

Die im Jahr 2019 durchgeführte Falterflugüberwachung ergaben eine Warnschwellenüberschreitung für die Nonne im Bereich Fläming und für den Kiefernspinner im Großraum Dessau-Roßlau und der Glückburger Heide.

Komplexe Schäden an Rotbuche

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



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

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

Insekten und Pilze

bereits zuvor unter der Buchen-Vitalitätsschwäche litten. Zum anderen waren Bäume betroffen, die durch ihre Lage z. B. am Südhang, auf Kuppen, am Bestandesrand oder in Bestandesauflichtungen durch die lang anhaltende Hitze, hohe Sonneneinstrahlung und die Niederschlagsdefizite besonders stark in ihrer Vitalität beeinflusst waren. Nach der zu warmen und zu trockenen Witterung im Juni und Juli 2019 waren nahezu alle Altersklassen und zunehmend auch Bäume betroffen, die in günstigeren Lagen stockten, z. B. auf leichten Nordhängen auf Muschelkalk oder anderen gut nährstoffversorgten Böden, in Beständen, die an gute Wasserversorgung gewöhnt waren und trocken fielen oder vorgeschädigte Einzelbäume in geschlossenen Beständen. Gegenüber früheren Beobachtungen, die das Schadbild der so genannten Buchen-Vitalitätsschwäche beschreiben, traten aktuell neben *Neonectria coccinea* und Folgepilzen oder dem Spaltblättling zusätzliche pilzliche Schaderreger auf, z. B. *Botryosphaeria stevensii* (*Diplodia mutila*), *Botryosphaeria corticola* (*Diplodia corticola*) und *Botryosphaeria dothidea* (*Fusicoccum aesculi*).

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



Biscognauxia nummularia, Hauptfrucht

Foto: NW-FVA, Abteilung Waldschutz

Erstmals Schäden durch *Diplodia corticola* an Eiche

Regional wurde in Sachsen-Anhalt (Forstbetrieb Süd) ab dem Juli 2019 ein Absterben von Eichen (Stiel- und Traubeneiche) unterschiedlichen Alters beobachtet. Dies war verbunden mit vorzeitiger Laubverfärbung, Vertrocknen der Blätter und Totastbildung in der Krone, Schleimflussflecken am Stamm, Besiedelung mit *Botryosphaeria corticola* (Nebenfruchtform: *Diplodia corticola*), sekundärem Befall mit Prachtkäfern, sekundärem Befall mit Werftkäfern und Bock-

käfern, Bildung von Wasserreisern am Stamm sowie einsetzendem Befall mit Hallimasch im Wurzelraum. Es gab teilweise bestandesbedrohende Absterberscheinungen auf großer Fläche. Unter den Schleimflussflecken, die nicht mit einem Befall mit Käfern sondern mit *Diplodia* assoziiert waren, wurden große tiefgreifende Nekrosen festgestellt. Die betroffenen Bäume (oft geringes Baumholz) mit schlechtem Vitalitätszustand starben innerhalb von einem Monat nach Feststellung der Schleimflussflecken ab.

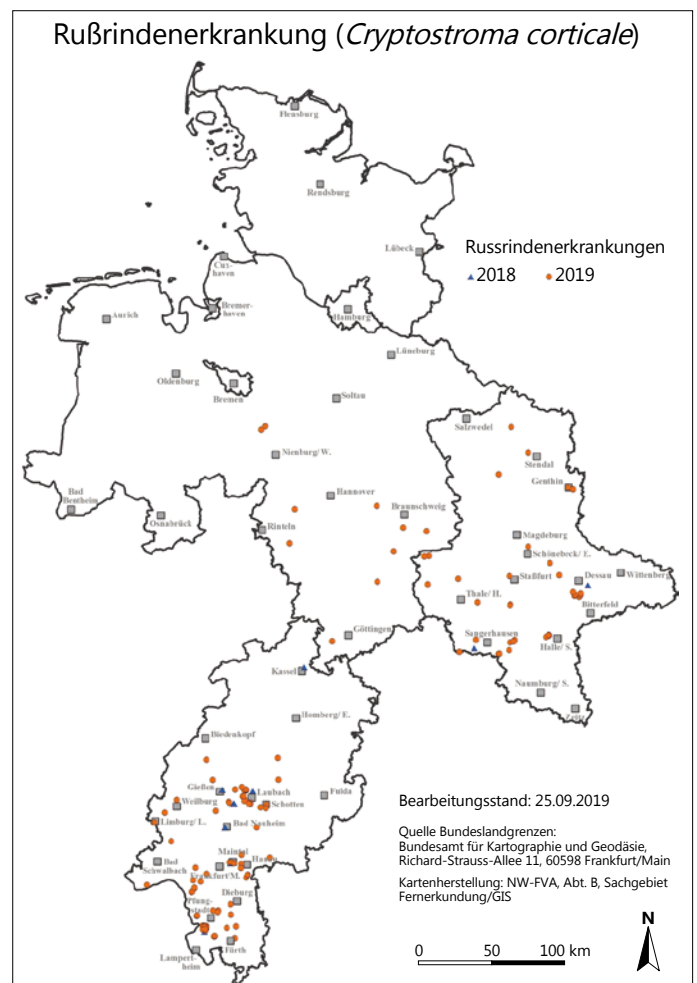


Infolge der vorangegangenen Hitze und Dürre sowie eines Befalls mit *Diplodia corticola* absterbende Eiche im Forstbetrieb Süd, Sachsen-Anhalt.

Foto: NW-FVA, Abteilung Waldschutz

Rußbrindenerkrankung des Ahorns

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



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

Insekten und Pilze

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

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

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

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.



Kieferntriebsterben

Foto: E. Langer

Diplodia-Triebsterben der Kiefer

Der wärmeliebende Pilz *Sphaeropsis sapinea* (Synonym: *Diplodia sapinea*) tritt seit einigen Jahren verstärkt auf. Es ist davon auszugehen, dass dieser Pilz endophytisch in allen Kiefernbeständen des Zuständigkeitsbereichs der NW-FVA vorkommt. Schaden löst er erst aus, wenn der Pilz bei vorgeschädigten oder geschwächten Wirtspflanzen in seine parasitische Phase übergeht und das *Diplodia*-Triebsterben verursacht. Dem Auftreten des *Diplodia*-Triebsterbens geht in der Regel eine Schwächung der Kiefer voraus.

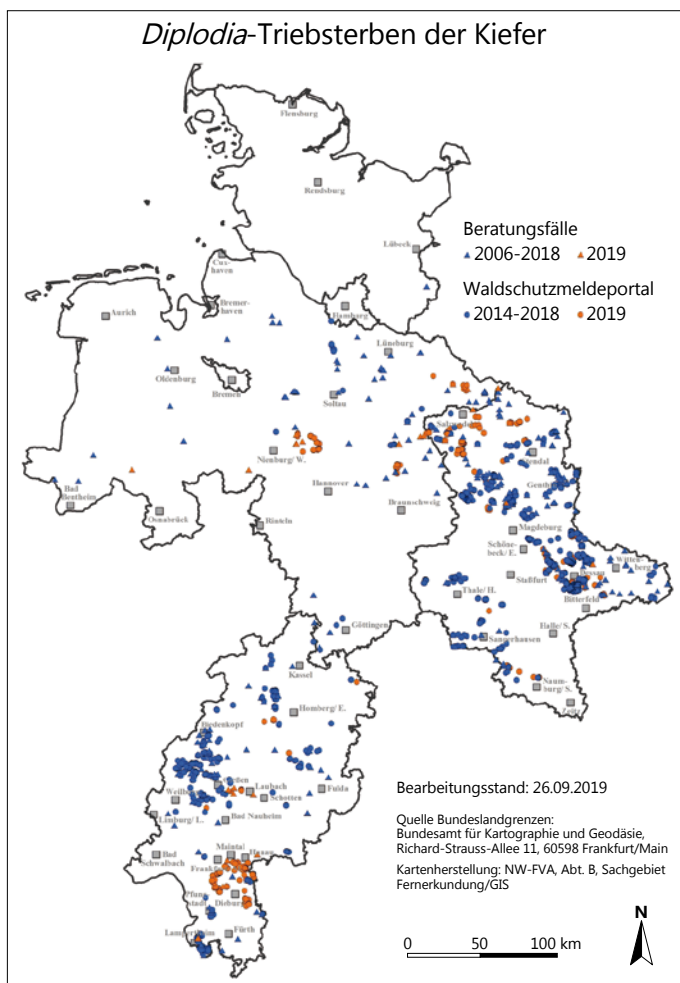
Schadensfälle wurden 2019 in Kulturen und älteren Bäumen in Niedersachsen (Kiefer, Douglasie, Küstentanne), Sachsen-Anhalt (Waldkiefer, Douglasie) und Hessen (Kiefer, Douglasie, Küstentanne) beobachtet. Auffällig war bei Kiefern, Douglasien und Küstentannen die Bildung von schildartigen Rindennekrosen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

Melanconium-Birkensterben

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

Anthostoma-Hainbuchensterben

Im August 2019 wurde bei Hainbuche in Sachsen-Anhalt das so genannte Hainbuchensterben festgestellt. Dies entspricht dem *Cryptospora*-Krebs und der Rindennekrosen-Krankheit an Hainbuche und wird durch den Schlauchpilz *Anthostoma decipiens* (Täuschender Schnabelkugelpilz, Nebenfruchtform: *Cytospora decipiens*) verursacht. Dieser Pilz kommt weit verbreitet und vorwiegend saprophytisch in Europa und Nordamerika vor. Als Schaderreger tritt er infolge trocken-heißer Sommer an vorgeschädigten Hainbuchen oder als Wundparasit auf.



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

Wiederbewaldung von Schadflächen in Anpassung an den Klimawandel

Ralf-Volker Nagel

Ausgangslage 2019

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

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

Entscheidungshilfen zur Klimaanpassung

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

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



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

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

Ausgangslage

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

Nach der Eiszeit war die Weiß-Tanne eine der letzten Baumarten, die in Mitteleuropa eingewandert ist. Eine anthropogene Rückwanderungsunterstützung ist nahezu auszuschließen, da das Saatgut im Gegensatz zu verschiedenen 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

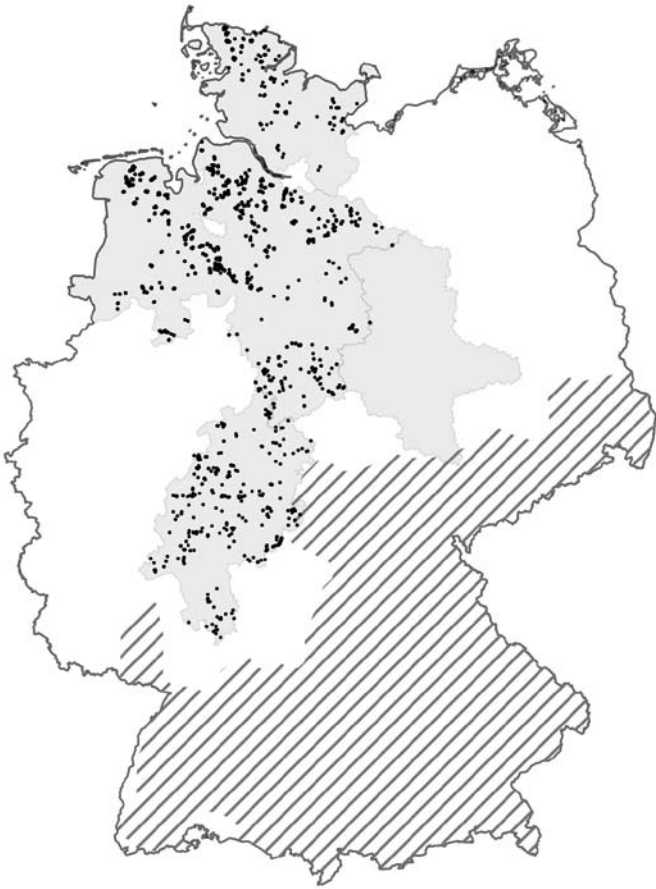


Natürliche Verjüngung der Weiß-Tanne im Mischbestand im südlichen Niedersachsen

Foto: A.M. Höltken

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

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



und der Leistungsfähigkeit stehen noch aus. Dennoch lässt sich bereits jetzt erkennen, dass die Weiß-Tanne auf trockenen Standorten ohne Grundwasseranschluss ihre 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 Wälder 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 Sachsen-Anhalt wurde der Stoffeintrag in Kiefernbeständen des nordostdeutschen Tieflandes erstmals 1985-1989 durch die Forschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft Eberswalde erfasst (Simon u. Westendorff 1991). Im Rahmen des Intensiven Forstlichen Umweltmonitorings werden seit 1998 bzw. 2013 die Stoffeinträge in drei Kiefernbeständen in Nedlitz (Fläming), Klötze (Altmark) und Colbitz (Letzlinger Heide) sowie in einen Douglasienbestand (Klötze) erfasst, um die Wirkung erhöhter Stoffeinträge sowie damit verbundene Risiken für Wälder, Waldböden und

angrenzende Ökosysteme abschätzen zu können. Jeder Bestandesmessfläche (Kronentraufe) ist eine Freifläche (Freilandniederschlag) zugeordnet. Mit Hilfe eines Kronenraumbilanzmodells (Ulrich 1991) werden aus den gemessenen Stoffflüssen Gesamtdpositionsraten berechnet.

Die Höhe der Stoffeinträge wird maßgeblich durch verschiedene Faktoren wie Niederschlagsmenge und -verteilung, Windgeschwindigkeit, Baumart, Bestandeshöhe, Kronenrauigkeit oder lokale Emittenten bestimmt. Der Baumarteneffekt zeigt sich sehr gut in Klötze, wo eine Douglasien- und eine Kiefernfläche in unmittelbarer Nachbarschaft und somit unter gleichen klimatischen Verhältnissen beobachtet werden. Aufgrund der dichteren Benadelung sind die Stoffeinträge unter Douglasie höher als unter Kiefer.

Niederschlag

In Sachsen-Anhalt war 2018 ein sehr niederschlagsarmes Jahr. In Nedlitz (Fläming) wurden im Freiland (370 mm) und unter Kiefer (266 mm) die geringsten Niederschlagsmengen der 21-jährigen Messperiode registriert. In Klötze fiel mit 436 mm im Freiland bzw. 314 mm unter Kiefer knapp 20 % mehr Niederschlag als im Fläming, aber 186 mm (Freiland) bzw. 157 mm (unter Kiefer) weniger als im Mittel der Jahre 1998-2017. Der Bestandesniederschlag unter Douglasie betrug 266 mm. In Colbitz fielen im Freiland 361 mm und unter Kiefer 300 mm. Den Wäldern stand folglich nur extrem wenig Wasser zur Verfügung.

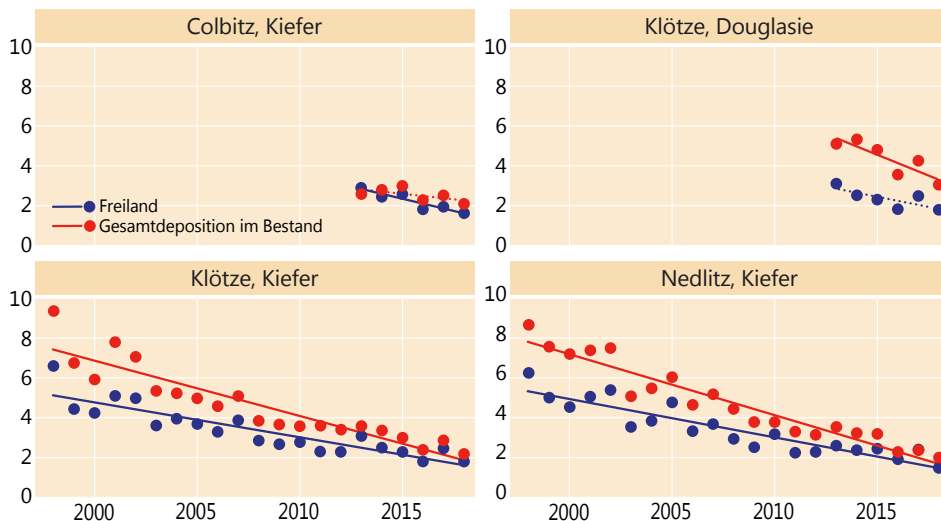
Schwefeleintrag

Durch die Substitution der Kohle als Hauptenergieträger, 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 wurde auf allen Flächen der niedrigste Schwefeleintrag seit Messbeginn beobachtet. Er betrug mit dem Bestandesniederschlag unter Kiefer zwischen 2,0 (Nedlitz) und 2,2 (Klötze) kg je Hektar und unter Douglasie 3,0 kg je Hektar und war damit rund 95 % geringer als im Mittel der Jahre 1985-1989. Im Freiland lag er zwischen 1,5 (Nedlitz) und 1,8 (Klötze) kg je Hektar.

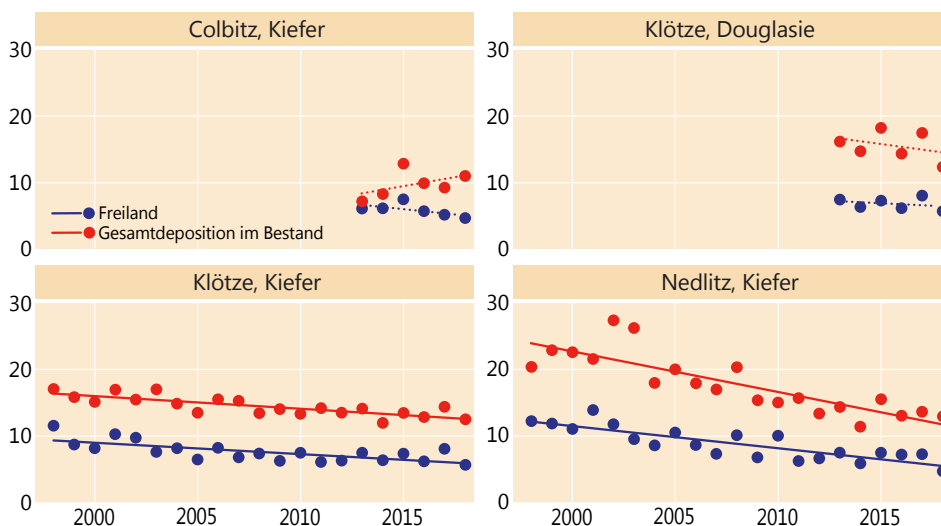
Stickstoffeintrag

Stickstoff wird einerseits in oxidierte Form als Nitrat (Quellen: Kfz-Verkehr, Verbrennungsprozesse), andererseits in reduzierter Form als Ammonium (landwirtschaftliche Quellen) in die Ökosysteme eingetragen. In Sachsen-Anhalt

Sulfatschwefeleintrag ($\text{SO}_4\text{-S}$) 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, gepunktete Linie: kein signifikanter Trend

Stoffeinträge



Intensiv-Monitoringfläche Colbitz

Foto: O. Schwerdtfeger

betrug der Ammoniumanteil am anorganischen Stickstoffeintrag im 10-jährigen Mittel (2009-2018) im Freiland 55 % (Klötze) bzw. 58 % (Nedlitz) und an der Gesamtdeposition 58 %.

Der Nitratstickstoffeintrag hat auf den langjährig untersuchten Flächen Klötze und Nedlitz sowohl im Freiland als auch der Gesamtdeposition seit Untersuchungsbeginn im Jahr 1998 signifikant abgenommen. 2018 betrug der Nitratstickstoffeintrag unter Kiefer 4,6 (Colbitz), 4,9 (Klötze) bzw. 5,4 (Nedlitz) und unter Douglasie 5,2 (Klötze) kg je Hektar. Im Freiland betrug der Eintrag in Colbitz und in Nedlitz 2,1 sowie in Klötze 2,4 kg je Hektar.

Der Ammoniumstickstoffeintrag hat auf den beiden Kiefernflächen Nedlitz und Klötze seit 1998 ebenfalls signifikant abgenommen. 2018 betrug er im Freiland 2,6 kg je Hektar in Colbitz und Nedlitz bzw. 3,3 kg je Hektar in Klötze. Unter Kiefer betrug er in Colbitz 6,4, in Nedlitz 7,5 und in

Klötze 7,6 kg je Hektar. Unter Douglasie (Klötze) betrug der Ammoniumstickstoffeintrag 7,2 kg je Hektar. Bemerkenswert ist, dass 2018 der anorganische Stickstoffeintrag unter Kiefer (Klötze und Nedlitz) erstmals höher war als unter Douglasie (Klötze). Die Erklärung hierfür sind ungewöhnlich hohe Ammonium- und Nitratkonzentrationen unter Kiefer während der Vegetationszeit. Warum diese unter Kiefer höher waren als unter Douglasie und ob dies eventuell mit dem schlechten Wachstum der Kiefer im Jahr 2018 zusammenhängt, kann derzeit noch nicht beantwortet werden.

Auf den meisten Flächen überschreitet der anthropogen bedingte atmosphärische anorganische Stickstoffeintrag im Mittel der letzten 5 Jahre (2014-2018) mit Werten bis zu 13,3 kg je Hektar unter Kiefer (Nedlitz) und 15,5 kg je Hektar unter Douglasie (Klötze) 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 Gesamtdeposition von Nitrat, Ammonium, Sulfat und Chlorid (jeweils nicht seesalzbürtige Anteile, Gauger et al. 2002).

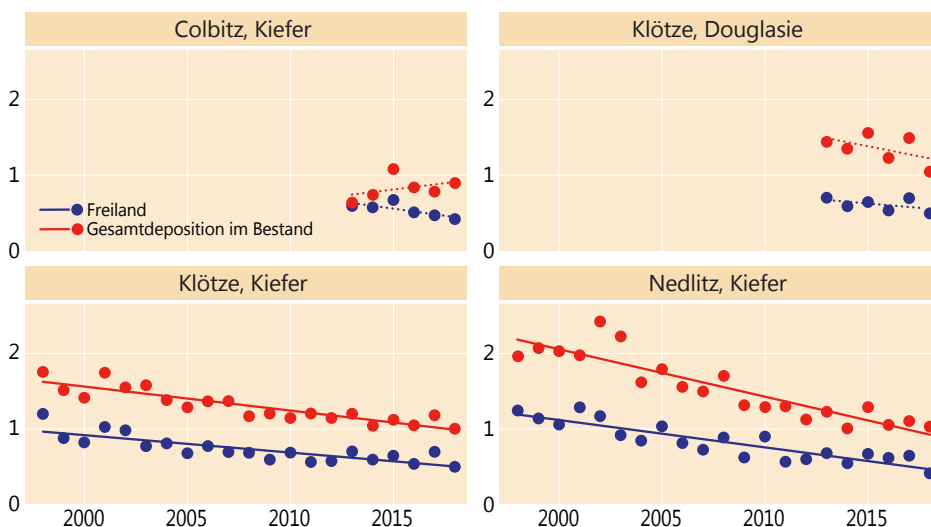
2018 betrug der Gesamtsäureeintrag im Freiland zwischen 0,4 (Colbitz; Nedlitz) und 0,5 (Klötze), unter Kiefer zwischen 0,9 und 1,0 und unter Douglasie 1,1 kmol_c je Hektar.

Ein Teil des Säureeintrags wird durch die ebenfalls mit dem Niederschlag eingetragenen Basen gepuffert. Berücksichtigt man diese Pufferleistung und zieht die nicht seesalzbürtigen Anteile der Basen Calcium, Magnesium und Kalium vom Gesamtsäureeintrag ab, erhält man den ökosystemar bedeutsamen Netto-Gesamtsäureeintrag (Gauger et al. 2002).

Ein weiterer Teil der Säureeinträge wird im Waldboden 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.

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 (2010): 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
- Simon K-H, Westendorff K (1991): Stoffeinträge mit dem Niederschlag in Kiefernbeständen des nordostdeutschen Tieflandes in den Jahren 1985–1989. Beiträge Forstwirtschaft 25(4),177-180
- 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, 74. Jg., 6, 47-50



SACHSEN-ANHALT

Ministerium für
Umwelt, Landwirtschaft
und Energie

Impressum:

Ansprechpartner

Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt

Abteilung Umweltkontrolle

Sachgebiet Wald- und Bodenzustand

Grätzelstraße 2, 37079 Göttingen

Tel.: 0551/69401-0

Fax: 0551/69401-160

Zentrale@nw-fva.de

www.nw-fva.de

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

Titelfoto: Weymar J

Layout: Paar E

Herstellung: Nordwestdeutsche
Forstliche Versuchsanstalt

Druck: Printec Offset Kassel

Der Waldzustandsbericht 2019
ist abrufbar unter
www.nw-fva.de und
www.mule.sachsen-anhalt.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



Dr. Jan Evers
Bodenzustandserhebung



Andreas Schulze
Datenmanagement



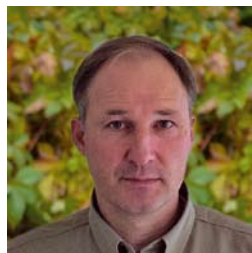
Jörg Weymar
Außenaufnahmen und Kontrollen



Michael Spielmann
Außenaufnahmen und Kontrollen



Dr. Bernd Westphal
Außenaufnahmen und Kontrollen



Diese Druckschrift wird im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit der Landesregierung Sachsen-Anhalt 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.