

Waldzustandsbericht 2018



Vorwort



Liebe Leserin und lieber Leser,

ich freue mich, Ihnen den Waldzustandsbericht für Schleswig-Holstein 2018 vorstellen zu können. Der Zustand des schleswig-holsteinischen Waldes ist für mich ein wichtiger Ausgangspunkt für den Zustand unserer Natur.

Wälder vereinen Naturschutz, Klimaschutz und Umweltschutz. Es geht um Nutzflächen, Erholungsräume und Schutzgebiete auf gleicher Fläche. In diesen Funktionen sind sie Lebensräume, Rückzugsorte und Wirtschaftsfaktor für Mensch und Tier. Sie regulieren das Klima, speichern Trinkwasser und Kohlenstoff, schützen den Boden vor Erosion und Austrocknung und liefern den unverzichtbaren Rohstoff Holz.

Das aktuelle Jahr war gekennzeichnet von lang anhaltender Trockenheit und hohen Temperaturen. Dieser Sommer gab uns einen ersten Einblick auf das, was uns im Klimawandel erwarten wird. Ernteausfälle in der Landwirtschaft, überdurchschnittlich viele Waldbrände und Rekordniedrigwasserstände in den Flüssen sind nur wenige Beispiele, die uns aufzeigen, welche Auswirkungen wir in Zukunft in den Wäldern Schleswig-Holsteins zu erwarten haben. Neben einer Verringerung des Waldwachstums werden die zurzeit projizierten Klimaveränderungen vermutlich auch vermehrt zu Katastrophen aufgrund von Risiken wie z. B. Insekten und Stürmen führen. Deshalb müssen wir den Waldumbau weiter vorantreiben, um zu einer Verbesserung des Gesundheitszustandes zu kommen und um unsere Wälder fit für Klimaveränderungen zu machen. Im Sinne der Tiere und der Menschen.

Der nun vorliegende Waldzustandsbericht informiert über die Inhalte und Ergebnisse der Waldzustandserhebung auf der einen Seite und über Veränderungen im Waldwachstum, über den Erhalt und die Vermehrung seltener Baumarten, über Auswirkungen der Trockenheit auf Wachstum und Vitalität und über Schwermetalle im Sickerwasser auf der anderen Seite.

Für die Erfassung und Auswertung der Daten und Darstellung der Ergebnisse möchte ich den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt herzlich danken.

Ich wünsche allen Leserinnen und Lesern eine spannende Lektüre und möchte sie ermuntern alles zu tun, um unsere Wälder zu stärken und zu gestalten, um sie fit für die Klimaveränderungen zu machen.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Jan Albrecht', written in a cursive style.

Jan Philipp Albrecht

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



Inhaltsverzeichnis

	Seite
Vorwort	2
Inhaltsverzeichnis	3
Hauptergebnisse Inge Dammann und Uwe Paar	4
Forstliches Umweltmonitoring Johannes Eichhorn, Uwe Paar und Inge Dammann	6
WZE-Ergebnisse für alle Baumarten Inge Dammann und Uwe Paar	8
Buche	10
Eiche	11
Fichte	12
Kiefer	13
Andere Laub- und Nadelbäume	14
Witterung und Klima Johannes Suttmöller	15
Auswirkungen der Trockenheit 2018 auf Wachstum und Vitalität Johannes Suttmöller, Birte Scheler, Markus Wagner, Inge Dammann, Uwe Paar und Johannes Eichhorn	19
Insekten und Pilze Michael Habermann, Ulrich Bressemer, Rainer Hurling, Gitta Langer und Pavel Plašil	30
Stoffeinträge Birte Scheler	31
Schwermetalle im Sickerwasser Birte Scheler	33
Veränderung des Waldwachstums Christoph Fischer, Susanne Sprauer, Matthias Schmidt, Jürgen Nagel und Hermann Spellmann	36
Erhaltung und Vermehrung seltener Baumarten Aki Michael Höltken und Hans Jürgen Arndt	39
Literaturverzeichnis	43
Impressum	44

Hauptergebnisse

Waldzustandserhebung (WZE)

Die Witterungsbedingungen 2018 waren aufgrund der warmen Frühjahrswitterung bei aufgefülltem Bodenwasserspeicher zunächst optimal für die Laubentwicklung und das Wachstum. Ab Juli zeigten sich jedoch Anzeichen von Trockenstress bei den Kiefern und den anderen Laubbäumen. Die Ergebnisse der Waldzustandserhebung in Schleswig-Holstein insgesamt (alle Baumarten, alle Alter) zeigen seit sieben Jahren konstante Verlichtungswerte. Die mittlere Kronenverlichtung beträgt in diesem Jahr 17 %. Bei den jüngeren (bis 60-jährigen) Beständen stieg die Kronenverlichtung 2018 allerdings um 4 Prozentpunkte an. Das Kronenverlichtungsniveau liegt seit 2012 insgesamt deutlich unter dem Wert des Jahres 2004, in dem der höchste Wert im Beobachtungszeitraum (24 %) erreicht wurde.

Bei den älteren Buchen, Eichen, Fichten und Kiefern gab es 2018 keine Veränderungen gegenüber dem Vorjahr. Für die anderen Laubbäume dagegen ist der Anstieg der Kronenverlichtung 2018 so groß, dass im Vergleich der Baumarten die Gruppe der anderen Laubbäume (alle Alter) mit 21 % die höchste Kronenverlichtung aufweist.

Schäden durch Insekten und Pilze sind (mit Ausnahme des Eschentriebsterbens) im WZE-Stichprobenkollektiv nur in geringem Umfang aufgetreten.

Der Anteil starker Schäden blieb stabil (2,6 %), die Absterberate liegt 2018 mit 0,4 % über dem langjährigen Durchschnitt (0,2 %).

Die Baumartenverteilung in der WZE-Stichprobe in Schleswig-Holstein ergibt für die Buche einen Flächenanteil von 24 %, die Fichte ist mit 17 %, die Eiche mit 14 % und die Kiefer mit 6 % an der WZE-Stichprobe vertreten. Die anderen Laub- und Nadelbäume nehmen zusammen einen Anteil von 39 % ein.

Die Ergebnisse der Waldzustandserhebung zeigen einen deutlichen Alterstrend: Die mittlere Kronenverlichtung der über 60jährigen Waldbestände liegt mit 21 % fast doppelt so hoch wie die der jüngeren Waldbestände (12 %).

Bei den Laubbaumarten Buche und Eiche haben sich die Kronenverlichtungswerte im Erhebungszeitraum deutlich erhöht. Die Entwicklung der Kronenverlichtung der älteren Buchen ist durch starke Schwankungen gekennzeichnet.



Foto: J. Evers

Diese Entwicklung ist mit beeinflusst durch die Fruchtbildung der Buchen. Höchstwerte der Kronenverlichtung wurden 2000 und 2004 (38 %) ermittelt. In diesem Jahr beträgt die mittlere Kronenverlichtung 21 %. Der Verlauf der mittleren Kronenverlichtung der älteren Eichen (2018: 25 %) weist seit 2008 kaum Schwankungen auf.

Bei den älteren Fichten wird seit Beginn der Zeitreihe der Waldzustandserhebung ein anhaltend hoher Verlichtungsgrad festgestellt. Der höchste Wert wurde 2006 ermittelt (37 %). Seit 2013 haben die Verlichtungswerte schrittweise abgenommen, mit einer mittleren Kronenverlichtung von 19 % wird in diesem Jahr der niedrigste Wert in der Zeitreihe erreicht.

Die älteren Kiefern zeigen im Beobachtungszeitraum ebenfalls Schwankungen, 2004 war die mittlere Kronenverlichtung am höchsten (27 %). Zurzeit sind die Verlichtungswerte niedriger (2018: 19 %).

Die Auswirkungen der lang anhaltenden Trockenheit 2018 sind in der Gruppe der anderen Laubbäume am stärksten. Die mittlere Kronenverlichtung (21 %), der Anteil starker Schäden (7,7 %) und die Absterberate (1,2 %) der anderen Laubbäume sind 2018 deutlich erhöht. Die anderen Nadelbäume (alle Alter) haben ihr geringes Kronenverlichtungsniveau mit einer mittleren Kronenverlichtung von 10 % (alle Alter) beibehalten.

Witterung und Klima

Das Vegetationsjahr 2017/2018 (Oktober-September) wird aufgrund des außergewöhnlichen Witterungsverlaufes und der extremen Dürre in Erinnerung bleiben. Von Mai bis weit in den September hinein wurden im gesamten Land Schleswig-Holstein überdurchschnittlich hohe Temperaturen und gleichzeitig sehr geringe Niederschlagsmengen gemessen. Mit einer Mitteltemperatur von 10,3 °C im Flächenmittel des Landes war das Vegetationsjahr 2017/2018 eines der wärmsten Jahre seit Messbeginn. Die gemessene Niederschlagssumme entspricht mit 741 mm annähernd der langjährig üblichen Niederschlagsmenge. Dabei fielen in den Monaten von Oktober 2017 bis Januar 2018 über die Hälfte der gesamten Niederschlagsmenge des Vegetationsjahres. In der Vegetationsperiode 2018 von Mai bis September wurde im Flächenmittel des Landes Schleswig-Holstein nur rund die Hälfte des sonst üblichen Niederschlagsolls erreicht.

Auswirkungen der Trockenheit 2018 auf Wachstum und Vitalität

Die Waldböden waren ausgangs des Winters in der Regel gut wassergesättigt. Die nachfolgend außergewöhnlich lang anhaltende Trockenheit ab April 2018 führte in den Trägerländern der NW-FVA zu unterschiedlichen Reaktionen der Baumarten. Buche und Eiche verzeichneten Dank ausreichender Bodenwasservorräte aus dem Winterhalbjahr auf den Flächen des Intensiven Monitorings durchschnittliche bis überdurchschnittliche Zuwachsraten. Stresssymptome wie verfrühte Herbstverfärbung oder vorzeitiger Blattabfall waren für beide Baumarten bei der WZE zwar häufiger als in den Vorjahren, blieben aber insgesamt moderat. Der Zuwachs der Fichten entsprach zunächst den Vorjahreswerten, zwischen Mitte Juni und Mitte Juli kam das Dickenwachstum dann aber zum Stillstand. Äußerliche Trockenstresssympto-

Hauptergebnisse

me waren bei der Fichte aber bis Mitte August nicht erkennbar. Das Wachstum auf den Kiefernflächen in Niedersachsen und Sachsen-Anhalt blieb bereits im Frühjahr hinter den Vorjahreswerten zurück, während sich im Hess. Ried bis Mitte Juni im Vergleich zum Vorjahr kein vermindertes Wachstum zeigte. Sichtbares Anzeichen für Trockenstress bei der Kiefer war die bereits im Juli einsetzende Herbstverfärbung. Für andere Laubbaumarten wie Birke, Ahorn, Hainbuche und Linde usw. wurden bei der WZE ab Juli besonders häufig Herbstverfärbung und vorzeitiger Blattabfall beobachtet. Insgesamt war durch die Trockenheit der Wassermangel für die Waldbäume in Sachsen-Anhalt am größten. Wie die früheren Trockenjahre zeigen, ist von Spätfolgen im nachfolgenden Jahr auszugehen.

Insekten und Pilze

Der Bruterfolg der Borkenkäfer war durch die anhaltende Trockenheit und Wärme gut und zusätzlich war durch den Wassermangel der Harzfluss der Fichten zur Abwehr der Borkenkäfer erheblich eingeschränkt.

Das Eschentriebsterben hat sich seit seiner Einschleppung in Mitteleuropa rasch verbreitet und stellt eine starke Gefährdung für die heimischen Eschen dar.

Stoffeinträge

Zusätzlich zum Eintrag mit dem Niederschlag werden im Wald durch die Filterwirkung der Baumkronen Nähr- und Schadstoffeinträge aus trockener Deposition (Gase und Partikel) in den Stoffkreislauf eingetragen. 2017 war in Schleswig-Holstein ein besonders niederschlagsreiches Jahr.

2017 betrug der Sulfatschwefeleintrag je Hektar in einem Buchenbestand bei Bornhöved 5,8 kg und 3,6 kg im Freiland. Der anthropogen verursachte, nicht seesalzbürtige Anteil am Schwefeleintrag betrug jedoch pro Hektar nur 3,0 kg unter Buche und 1,9 kg im Freiland. Die sehr hohe Belastung in den 1980er konnte durch Maßnahmen zur Luftreinigung wirksam reduziert werden.

Seit Untersuchungsbeginn sind auch die Stickstoffeinträge (Ammonium und Nitrat) zurückgegangen. 2017 betrug der anorganische Stickstoffeintrag pro Hektar 16,9 kg unter Buche und 8,8 kg im Freiland.

Schwermetalle im Sickerwasser

Schwermetalle werden als Stäube durch die Atmosphäre weit verteilt und in Waldböden eingetragen. Daneben kommen Schwermetalle von Natur aus im Waldboden vor. In gelöster Form geht insbesondere von den toxischen Schwermetallen Blei und Cadmium eine Gefährdung für die belebte Umwelt und das Grundwasser aus.

Die Untersuchungen des Bodenwassers unterhalb des Hauptwurzelraums auf 23 Flächen des Intensiven Monitorings ergeben, dass die Bleikonzentration in 95 % der Bodenwasserproben z. T. weit unter dem Grenzwert liegt. In Folge der höheren Löslichkeit von Cadmium wird der Grenzwert für diesen Stoff jedoch nur auf fünf von 23 Flächen in allen Proben eingehalten, während er auf 11 Flächen in allen Proben z. T. erheblich überschritten wird. Nennenswerte Cadmumeinträge in das Grundwasser können auf einigen Flächen nicht ausgeschlossen werden.

Für Kupfer, Nickel und Chrom werden auf fast allen Flä-



Foto: M. Spielmann

chen die Grenzwerte in der Bodenlösung eingehalten. Die Konzentrationen von Zink und Kobalt sind auf einigen Flächen erhöht; eine Verlagerung mit dem Sickerwasser bis ins Grundwasser ist möglich.

Veränderung des Waldwachstums

Junge Waldbestände im Alter zwischen 20 und 60 Jahren wachsen schneller als dies nach Ertragstafelwerten zu erwarten wäre. Dies zeigen die Daten der Bundeswaldinventur zur Zuwachsentwicklung von Buche, Fichte und Kiefer. Darüber hinaus zeigt ein Vergleich von Versuchsflächen, dass die Zuwachs- und Höhenentwicklungen für Bestände, die nach 1960 gewachsen sind, oberhalb der Verläufe liegen, die in vor 1960 gewachsenen Beständen beobachtet werden. Erhöhte Stickstoffeinträge, höhere CO₂-Konzentrationen, die Erholung der Böden nach Beendigung historischer Waldnutzungsformen (z. B. Streunutzung) und der Anstieg der Temperatur könnten sich, ebenso wie Änderungen in der Bewirtschaftung der Waldbestände (weite Pflanzverbände, Hoch- und Auslesedurchforstung u. a.), wachstumsfördernd ausgewirkt haben.

Eine weitere Erhöhung der Temperaturen in Verbindung mit einer Verschiebung der Niederschlagsdynamik und verstärkten abiotischen und biotischen Risiken im Zuge des Klimawandels könnte langfristig jedoch auch mit einer Verschlechterung des Waldwachstums verbunden sein.

Erhaltung und Vermehrung seltener Baumarten

Die genetische Vielfalt ist für Baumarten elementar, um sich im Laufe ihres langen Lebens an eine Vielzahl von Umweltveränderungen anpassen zu können. Seltene Baumarten wie Schwarzpappel, Wildapfel oder Elsbeere sind lichtbedürftig und konkurrenzschwach und können sich daher nur auf Sonderstandorten gegenüber dominanten Baumarten durchsetzen. Infolge der Dezimierung dieser Sonderstandorte durch menschliche Eingriffe ist es nicht nur zu Bestandsverlusten sondern auch zu einer teilweise erheblichen Verringerung genetischer Vielfalt bei diesen Baumarten gekommen.

In Erhaltungs-Samenplantagen wird gezielt genetisch vielfältiges Vermehrungsgut herangezogen, mit dem bestehende Populationen angereichert oder neue Vorkommen begründet werden können. Mit der kontrollierten Produktion von Vermehrungsgut in Samenplantagen besteht die Möglichkeit, die genetische Ausstattung von Regionen zu rekonstruieren, Erntemengen gegenüber von Freilandabsaaten deutlich zu steigern und Einkreuzungen nicht-heimischer Arten oder von Kultursorten zu vermeiden.

Forstliches Umweltmonitoring

Johannes Eichhorn, Inge Dammann und Uwe Paar

Aufgaben

Die natürliche zeitliche Veränderung der Waldbestände, Managementmaßnahmen und vor allem biotische und abiotische Einflüsse der Umwelt führen zu Veränderungen in Waldökosystemen. Hinzu kommt, dass die Ansprüche der Gesellschaft an den Wald weit gefächert sind und gesellschaftliche Veränderungen widerspiegeln. Während noch vor wenigen Jahrzehnten der Kohlenstoffspeicherung in Waldböden keine besondere Bedeutung zugemessen wurde, erlangt heute der Kohlenstoffvorrat in Waldböden und seine Veränderung ein zunehmendes wissenschaftliches, politisches und wirtschaftliches Interesse. Waldfunktionen als Ausdruck gesellschaftlicher Erwartungen können nur dann nachhaltig entwickelt, gesichert und bewirtschaftet werden, wenn sie in ihrem Zustand und in ihrer Veränderung zahlenmäßig darstellbar sind.

Das Forstliche Umweltmonitoring leistet dazu einen wesentlichen Beitrag. Es erfasst mittel- bis langfristig Einflüsse der Umwelt auf die Wälder wie auch deren Reaktionen, zeigt Veränderungen von Waldökosystemen auf und bewertet diese auf der Grundlage von Referenzwerten. Die Forstliche Umweltkontrolle leistet Beiträge zur Daseinsvorsorge, arbeitet die Informationen bedarfsgerecht auf, erfüllt Berichtspflichten, gibt für die Forstpraxis Entscheidungshilfen und berät die Politik auf fachlicher Grundlage.



Foto: M. Spielmann

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 2014) und durch das Durchführungskonzept Forstliches Umweltmonitoring (2016).

Die Rechtsgrundlagen stellen sicher, dass die Kernelemente des Forstlichen Umweltmonitorings langfristig zu erarbeiten sind. Die daraus entstehenden Zeitreihen sind eine wesentliche Informationsgrundlage für die Entscheidungsträger der Waldentwicklung.

Konzept

Grundsätzlich werden im Forstlichen Umweltmonitoring waldfächenrepräsentative Übersichtserhebungen auf Rasterebene (Level I), die intensive Dauerbeobachtung ausgewählter Waldökosysteme im Rahmen verschiedener Beobachtungsprogramme (Bodendauerbeobachtungsprogramm (BDF), Level II, Waldökosystemstudie Hessen (WÖSSH)) sowie Experimentalflächen unterschieden.

Das Konzept umfasst folgende Monitoringprogramme, wobei einzelne Monitoringflächen mehreren Programmen zugeordnet sein können:

- Level I (Übersichtserhebungen)
- BDF (Bodendauerbeobachtungsprogramm)
- Level II (ICP Forests Intensive Monitoring Plots)
- Level II Core (Level II mit intensivierten Erhebungen)
- WÖSSH (Waldökosystemstudie Hessen)
- Experimentalflächen; dazu zählen:
Forsthydrologische Forschungsgebiete, Flächen zur Bodenschutzkalkung und zur Nährstoffergänzung sowie zur wasser- und stoffhaushaltsbezogenen Bewertung von Nutzungsalternativen.

Die im Forstlichen Umweltmonitoring verwendeten Instrumente der Ökosystemüberwachung stehen europaweit harmonisiert nach den Grundsätzen des ICP Forests (2010), der BDF-Arbeitsanleitung (Barth et al. 2000), der BZE-Arbeitsanleitung (Wellbrock et al. 2006) sowie dem Handbuch Forstliche Analytik (BMELV (Hrsg.) 2005) zur Verfügung.

Qualitätssichernde und -prüfende Maßnahmen sind danach verbindlich vorgeschrieben. Sie bestätigen die Qualität und die Nutzbarkeit der Ergebnisse.

Waldzustandserhebung – Methodik und Durchführung

Die Waldzustandserhebung (WZE) ist Teil des Forstlichen Umweltmonitorings in Schleswig-Holstein. Sie liefert als Übersichtserhebung Informationen zur Vitalität der Waldbäume unter dem Einfluss sich ändernder Umweltbedingungen.

Aufnahmeumfang

Die Waldzustandserhebung erfolgt auf mathematisch-statistischer Grundlage. Auf einem systematisch über Schleswig-Holstein verteilten Rasternetz werden seit 1984 an jedem Erhebungspunkt 24 Stichprobenbäume begutachtet.

Forstliches Umweltmonitoring

Für den Zeitraum 1984-2012 beträgt die Rasterweite des landesweiten Stichprobennetzes 2 x 2 km, 2 x 4 km, 4 x 2 km und 4 x 4 km mit 148 bis 200 Erhebungspunkten. Alle Stichprobenbäume wurden mit gleicher Gewichtung bei der Berechnung der Ergebnisse berücksichtigt.

Im Vorfeld der Erhebung 2013 wurde ein landesweit einheitliches Erhebungsraster (4 x 2 km) mit jetzt 129 Stichprobenpunkten eingerichtet. 2018 konnten 127 Erhebungspunkte in die Inventur einbezogen werden. Dieser Aufnahmeumfang ermöglicht repräsentative Aussagen zum Waldzustand auf Landesebene sowie Zeitreihen für die Baumarten Buche, Eiche, Fichte, Kiefer und die Gruppen der anderen Laub- und Nadelbäume.

Für den Parameter mittlere Kronenverlichtung zeigt die Tabelle unten die 95 %-Konfidenzintervalle (Vertrauensbereiche) für die Baumarten und Altersgruppen der WZE-Stichprobe 2018. Je weiter der Vertrauensbereich, desto unschärfer sind die Aussagen. Die Weite des Vertrauensbereiches wird im Wesentlichen beeinflusst durch die Anzahl der Stichprobenpunkte in der jeweiligen Auswerteeinheit und die Streuung der Kronenverlichtungswerte. Für relativ homogene Auswerteeinheiten (z. B. Eiche bis 60 Jahre) mit relativ gering streuenden Kronenverlichtungen sind enge Konfidenzintervalle auch bei einer geringen Stichprobenanzahl sehr viel leichter zu erzielen als für heterogene Auswerteeinheiten (z. B. Eiche, alle Alter), die sowohl in der Altersstruktur als auch in den Kronenverlichtungswerten ein breites Spektrum umfassen.

Aufnahmeparameter

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

95 %-Konfidenzintervalle für die Kronenverlichtung der Baumartengruppen und Altersstufen der Waldzustandserhebung 2018 in Schleswig-Holstein. Das 95 %-Konfidenzintervall (= Vertrauensbereich) gibt den Bereich an, in dem der wahre Mittelwert mit einer Wahrscheinlichkeit von 95 % liegt.

Baumarten- gruppe	Altersgruppe	Anzahl Bäume	Anzahl Plots	Raster	95%-Konfidenz- intervall (+/-)
Buche	alle Alter	741	70	4x2 km	3,1
	bis 60 Jahre	216	25	4x2 km	2,2
	über 60 Jahre	525	48	4x2 km	3,1
Eiche	alle Alter	427	62	4x2 km	3,9
	bis 60 Jahre	123	22	4x2 km	2,3
	über 60 Jahre	304	47	4x2 km	3,4
Fichte	alle Alter	519	55	4x2 km	3,3
	bis 60 Jahre	191	20	4x2 km	5,8
	über 60 Jahre	328	37	4x2 km	3,9
Kiefer	alle Alter	169	21	4x2 km	3,7
	bis 60 Jahre	25	5	4x2 km	12,0
	über 60 Jahre	144	16	4x2 km	4,2
andere Laub- bäume	alle Alter	732	78	4x2 km	3,8
	bis 60 Jahre	455	41	4x2 km	3,5
	über 60 Jahre	277	45	4x2 km	6,5
andere Nadelbäume	alle Alter	460	49	4x2 km	2,1
	bis 60 Jahre	188	21	4x2 km	3,7
	über 60 Jahre	272	30	4x2 km	6,5
alle Baumarten	alle Alter	3048	127	4x2 km	1,7
	bis 60 Jahre	1198	60	4x2 km	2,1
	über 60 Jahre	1850	88	4x2 km	2,1

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

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

Mittlere Kronenverlichtung

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

Starke Schäden

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

Absterberate

Die Absterberate ergibt sich aus den seit der letzten Erhebung abgestorbenen Bäumen, die am Stichprobenpunkt stehen. Durch Windwurf, Durchforstung usw. ausgefallene Bäume gehen nicht in die Absterberate ein.



Foto: J. Weymar

WZE-Ergebnisse für alle Baumarten

Inge Dammann und Uwe Paar

Mittlere Kronenverlichtung

Die Waldzustandserhebung 2018 weist eine mittlere Kronenverlichtung für die Waldbäume in Schleswig-Holstein (alle Baumarten, alle Alter) von 17 % auf. Dies sind 2 Prozentpunkte mehr als im Vorjahr. Während für die älteren (über 60-jährigen) Bestände keine Veränderung festzustellen ist, hat sich die mittlere Kronenverlichtung der jüngeren Bestände in diesem Jahr um 4 Prozentpunkte erhöht.

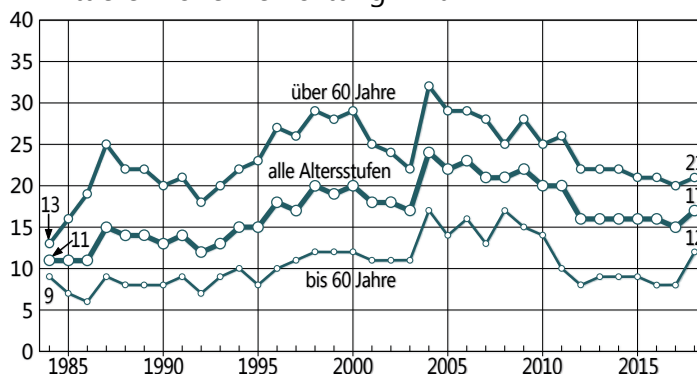
Nachdem in den ersten drei Erhebungsjahren (1984-1986) relativ geringe Verlichtungswerte (11 %) ermittelt wurden, stiegen in den Folgejahren die Verlichtungswerte an, am höchsten waren sie 2004 (24 %). Die Zunahme der Kronenverlichtung im Jahr 2004 ist bei allen Baumartengruppen aufgetreten. Buche, Eiche, Fichte, Kiefer und die anderen Laubbäume hatten im Anschluss an das Extremjahr 2003 die höchsten Verlichtungswerte in der Zeitreihe. Inzwischen sind die Verlichtungswerte für alle Baumartengruppen wieder zurückgegangen, am wenigsten jedoch bei der Eiche und bei den anderen Laubbäumen ist 2018 mit 21 % die mittlere Kronenverlichtung wieder fast so hoch wie 2004 (23 %). Bei den anderen Laubbäumen und den Kiefern löste die lang anhaltende Trockenheit 2018 bereits am Juli Herbstverfärbung aus.

Einen bedeutsamen Einfluss auf das Gesamtergebnis hat die Altersstruktur der Waldbestände, denn in den jüngeren bis 60-jährigen Beständen sind Schadsymptome – trotz des diesjährigen Anstiegs der Kronenverlichtung – sehr viel weniger verbreitet als in den älteren über 60-jährigen Waldbeständen. Die mittlere Kronenverlichtung der über 60-jährigen Waldbestände liegt mit 21 % fast doppelt so hoch wie die der jüngeren Waldbestände (12 %). Im WZE-Kollektiv sind 60 % der Stichprobenbäume älter als 60 Jahre.

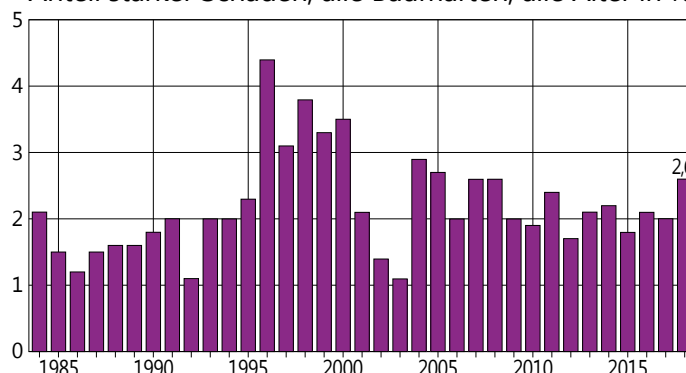


Foto: J. Evers

Mittlere Kronenverlichtung in %



Anteil starker Schäden, alle Baumarten, alle Alter in %



Anteil starker Schäden

Für den Erhebungszeitraum liegt der durchschnittliche Anteil an starken Schäden bei 2,2 %. Im Jahr 2018 wurden 2,6 % der Waldfläche als stark geschädigt eingestuft. Die Spanne reicht von 0,8 % (Buche) bis 7,7 % (andere Laubbäume). Bei den anderen Laubbaumarten ist der Anteil starker Schäden 2018 mehr als doppelt so hoch wie der langjährige Durchschnittswert (3,0 %).



Foto: J. Evers

WZE-Ergebnisse für alle Baumarten

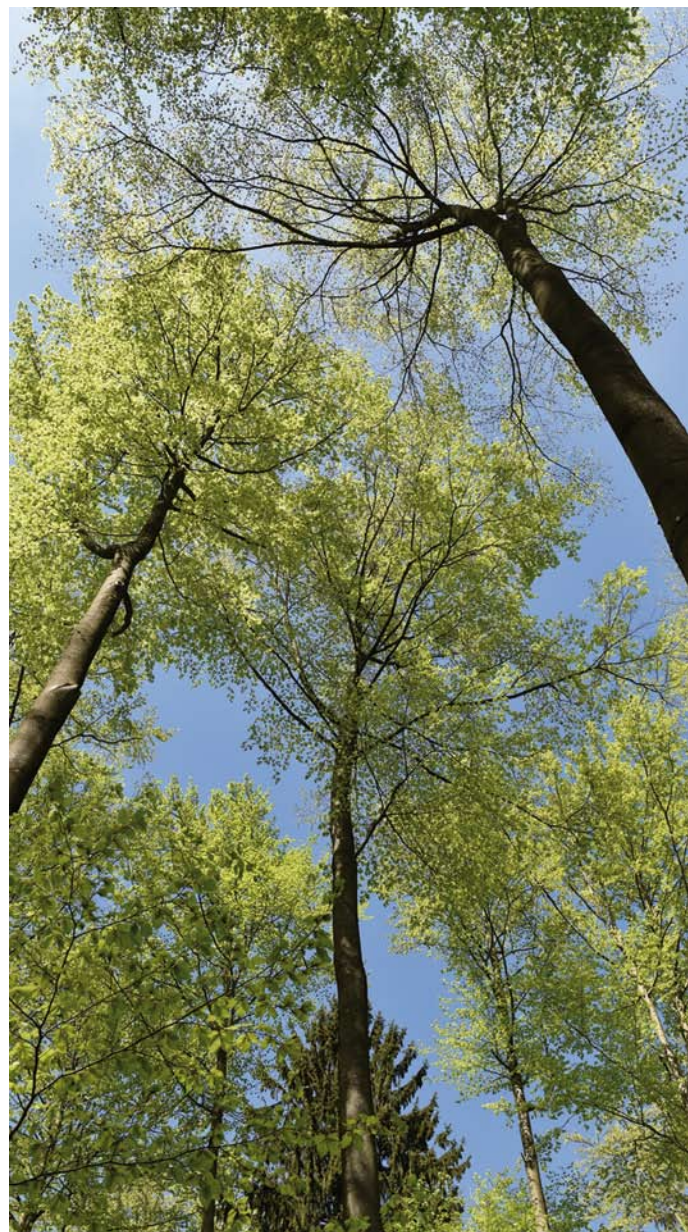
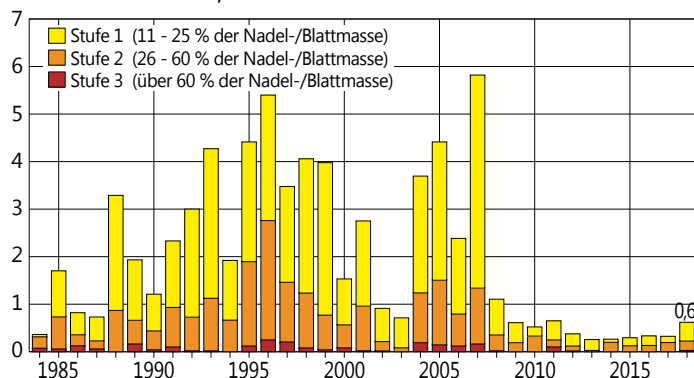


Foto: J. Evers

Vergilbungen

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

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



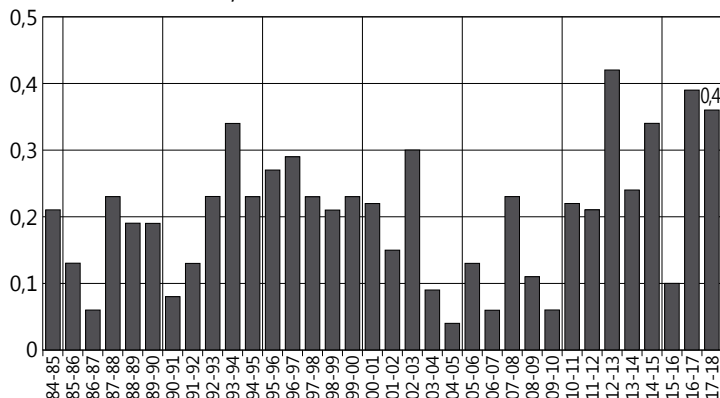
Früher Blattaustrieb 2018

Foto: J. Evers

Absterberate

Im Mittel der Beobachtungsjahre 1984-2018 ergibt sich mit 0,2 % eine sehr geringe Absterberate. Dieser Durchschnittswert (alle Baumarten, alle Alter) wurde 2018 überschritten (0,4 %). Buchen, Eichen und Kiefern sind seit der letzten Erhebung nicht abgestorben und bei den Fichten entspricht die Absterberate dem langjährigen Mittel. Die Absterberate bei den anderen Laubbäumen ist dagegen 2018 überdurchschnittlich hoch (1,2 %).

Jährliche Absterberate, alle Baumarten, alle Alter in %



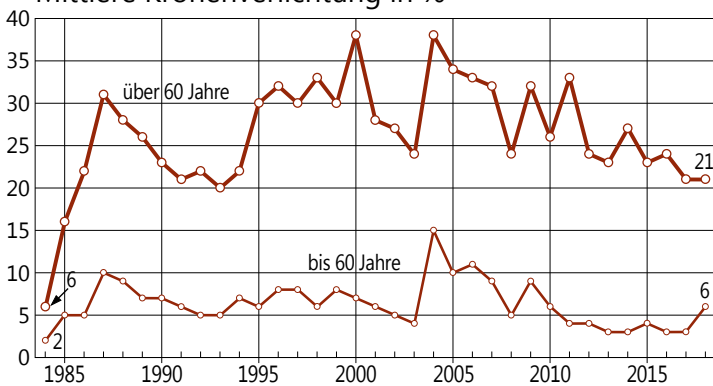
Buche

Die warme Frühjahreswitterung und aufgefüllte Bodenwasservorräte boten gute Bedingungen für die Blattentwicklung und das Wachstum der Buchen. Trotz der lang anhaltenden Trockenheit waren in der Phase der Waldzustandserhebung (Mitte Juli bis Mitte August) kaum Trockenschäden sichtbar. Die Kronenverlichtung, der Anteil starker Schäden und die Absterberate der Buchen blieben stabil.

Ältere Buche

Die mittlere Kronenverlichtung der älteren Buchen beträgt 2018 wie im Vorjahr 21 %. Über den Gesamtzeitraum der WZE betrachtet, ist dies ein günstiger Wert. In den ersten beiden Erhebungsjahren war die Belaubungsdichte der Buchen vergleichsweise niedrig, in den Folgejahren stiegen die Kronenverlichtungswerte sprunghaft an. Seit 1987 liegen die Verlichtungswerte der älteren Buchen relativ hoch und

Mittlere Kronenverlichtung in %



Anteil starker Schäden in %

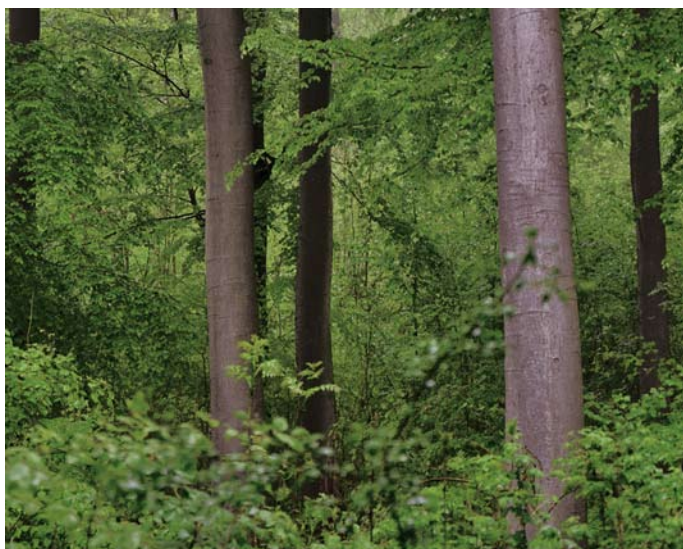
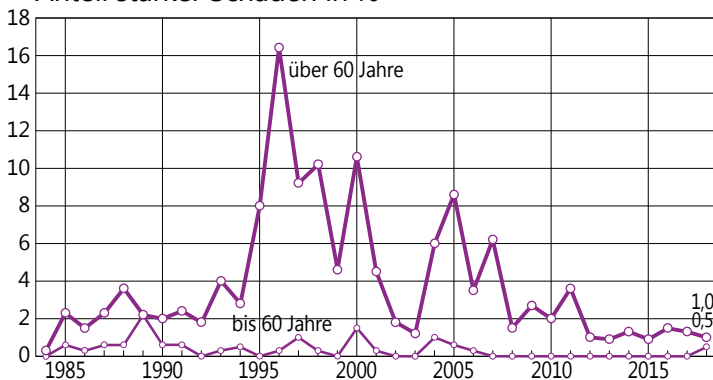


Foto: J. Evers

erhebliche Schwankungen von Jahr zu Jahr sind typisch für die Zeitreihe. Eine Ursache für die zunehmende Variabilität der Verlichtungswerte ist die Intensität der Fruchtbildung. Höchstwerte der Kronenverlichtung traten in den Jahren 2000 und 2004 auf.

Jüngere Buche

Bei den Buchen sind die Unterschiede in der Belaubungsdichte zwischen jüngeren und älteren Beständen besonders stark ausgeprägt. Die jüngeren Buchen weisen ein geringes Kronenverlichtungsniveau auf. Im Jahr 2018 stieg die mittlere Kronenverlichtung auf 6 % an.

Starke Schäden

Wie beim Verlauf der mittleren Kronenverlichtung der Buchen, treten auch beim Anteil starker Schäden bei den älteren Buchen im Beobachtungszeitraum erhebliche Schwankungen (zwischen 0,3 und 16,4 %) auf. 2018 ist der Anteil stark geschädigter älterer Buchen mit 1 % sehr viel niedriger als der Mittelwert der Zeitreihe (3,8 %).

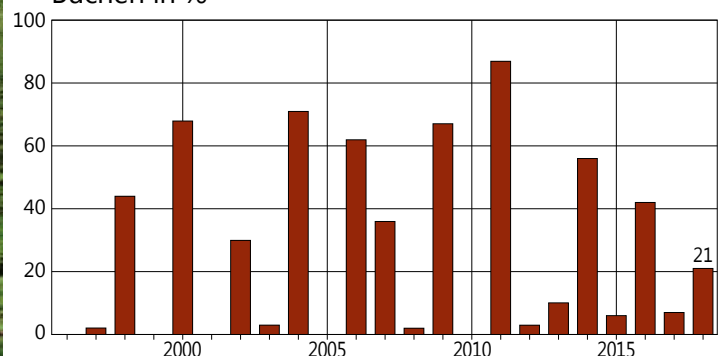
Absterberate

Obwohl die Anteile starker Schäden bei den älteren Buchen in einzelnen Jahren angestiegen waren, führte dies nicht zu einer Steigerung der Absterberate. Im Vergleich zu den anderen Hauptbaumarten weisen die Buchen die niedrigste Absterberate auf, im Mittel der Jahre 1984-2018 liegt sie bei 0,04 %. In den letzten sechs Jahren ist keine Buche im Stichprobenkollektiv der Waldzustandserhebung abgestorben.

Fruchtbildung

Die Ergebnisse zur Fruchtbildung im Rahmen der Waldzustandserhebung zeigen für die Buchen die Tendenz, in kurzen Abständen und vielfach intensiv zu fruktifizieren. Dies steht im Zusammenhang mit einer Häufung warmer Jahre sowie einer erhöhten Stickstoffversorgung der Bäume. Die intensivste Fruchtbildung seit 1996 wurde 2011 festgestellt, 87 % der älteren Buchen wiesen mittlere und starke Fruchtbildung auf. 2018 haben 21 % der älteren Buchen mittel oder stark fruktifiziert. Geht man davon aus, dass eine starke Mast erreicht wird, wenn ein Drittel der älteren Buchen mittel oder stark fruktifiziert, ergibt sich rechnerisch für den Zeitraum 1996-2018 alle 2,6 Jahre eine starke Mast. Literaturrecherchen (Paar et al. 2011) hingegen ergaben für den Zeitraum 1839-1987 Abstände zwischen zwei starken Masten für 20-Jahresintervalle zwischen 3,3 und 7,1 Jahren.

Anteil mittel und stark fruktifizierender älterer Buchen in %



Eiche

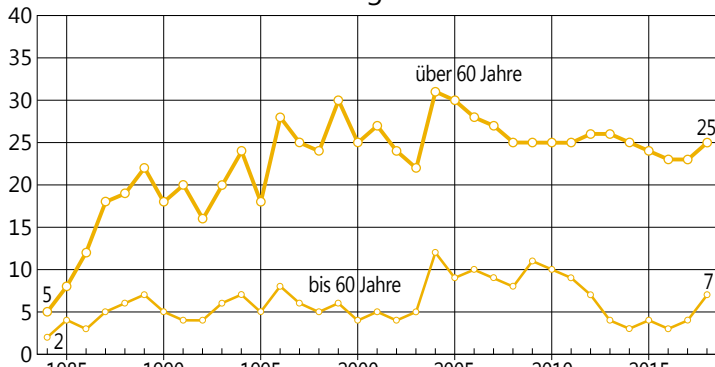
Auch die Eichen konnten 2018 von den warmen Frühjahrestemperaturen bei ausreichendem Wasserangebot profitieren. Während der WZE-Phase blieben Trockenschäden weitgehend aus.

Ältere Eiche

Die Zeitreihe der mittleren Kronenverlichtung der älteren Eichen weist zu Beginn relativ günstige Verlichtungswerte aus, es folgt ein rascher Anstieg der Verlichtung mit besonders hohen Kronenverlichtungswerten in den Jahren 1999 sowie 2004 und 2005. Seitdem sind die Werte nur leicht zurückgegangen. Ab 2008 wird ein relativ konstanter Kronenverlichtungswert (2018: 25 %) ermittelt.

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

Mittlere Kronenverlichtung in %



Anteil starker Schäden in %

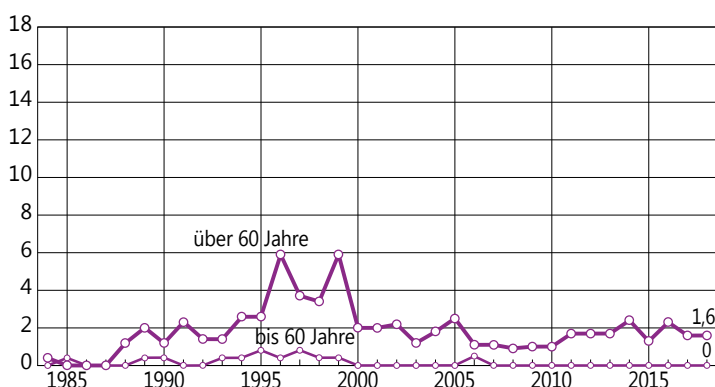


Foto: J. Evers

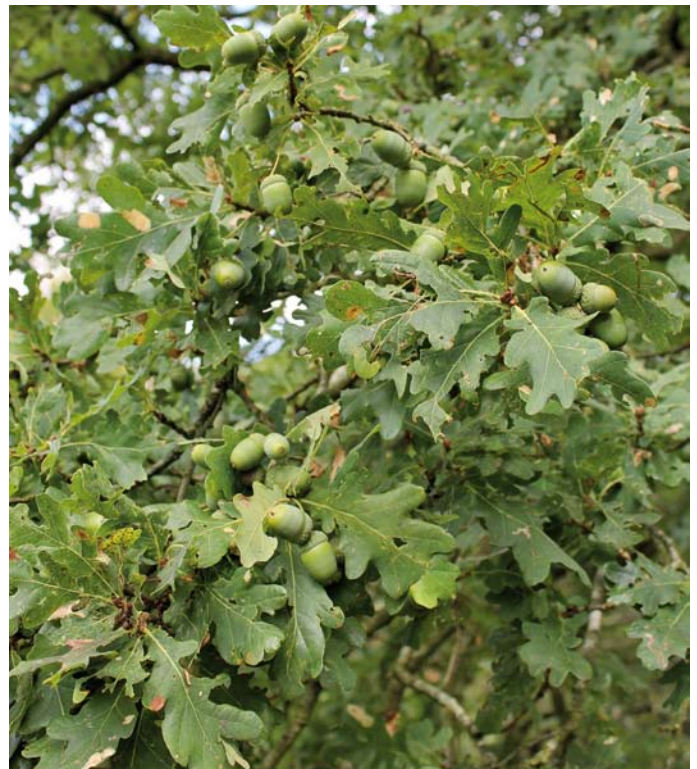


Foto: J. Weymar

Jüngere Eiche

Die Kronenentwicklung der Eichen in der Altersstufe bis 60 Jahre zeigt einen sehr viel günstigeren Verlauf als die Entwicklung der älteren Eichen. Von 1984-2003 wurden Verlichtungswerte zwischen 2 und 8 % ermittelt, nach dem Trockensommer 2003 lag die mittlere Kronenverlichtung höher (8 bis 12 %), seit 2012 werden wieder niedrigere Verlichtungswerte festgestellt (2018: 7 %).

Starke Schäden

Der Mittelwert der starken Schäden in der Zeitreihe liegt für die älteren Eichen bei 1,9 %. Eine Phase mit erhöhten Anteilen starker Schäden (bis 6 %) wird für die älteren Eichen im Zeitraum 1996-1999 in Verbindung mit intensivem Insektenfraß verzeichnet. Anschließend sind die starken Schäden wieder zurückgegangen, 2018 liegt der Anteil bei 1,6 %. Bei den jüngeren Eichen sind in den letzten 12 Jahren keine starken Schäden aufgetreten.

Absterberate

Die Absterberate der Eichen liegt im Mittel der Jahre 1984-2018 bei 0,1 %. Überdurchschnittliche Absterberaten wurden vor allem im Anschluss an starken Insektenfraß ermittelt, am höchsten war die Absterberate 1997 (0,5 %) und 2013 (0,4 %). 2018 ist keine Eiche im Stichprobenkollektiv der Waldzustandserhebung abgestorben.

Fruchtbildung

Die Fruchtbildung der Eichen ist zum Zeitpunkt der Waldzustandserhebung im Juli und August nur schwer einzuschätzen, weil die Eicheln dann noch sehr klein sind. In diesem Jahr waren die Eicheln bereits sehr früh ausgebildet und gut zu sehen. 24 % der älteren Eichen fruktifizierten mittel oder stark.

Fichte

Auf den Fichtenstandorten der WZE-Stichprobe haben die Wasservorräte im Boden offensichtlich ausgereicht, um die Bäume bis zur WZE-Erhebungsphase ausreichend mit Wasser zu versorgen. Sichtbare Trockenstresssymptome wurden bis Mitte August nicht festgestellt.

Ältere Fichte

Im gesamten Beobachtungszeitraum werden für die älteren Fichten anhaltend hohe Kronenverlichtungswerte bis zu 37 % (2006) festgestellt. Seit 2012 ist ein deutlicher Rückgang der mittleren Kronenverlichtung auf jetzt 19 % zu verzeichnen. Dies ist der niedrigste Wert für die älteren Fichten in der Zeitreihe der Waldzustandserhebung.

Mittlere Kronenverlichtung in %

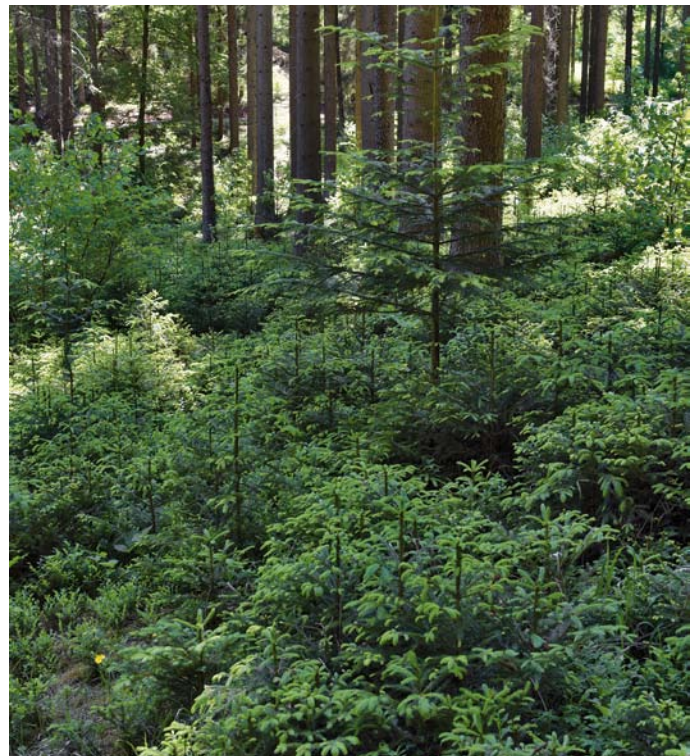
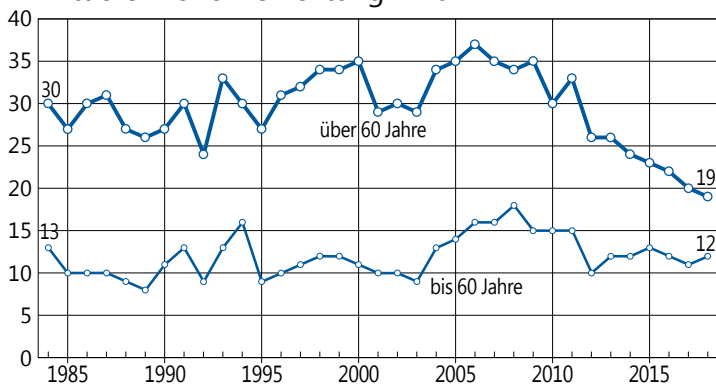


Foto: J. Evers

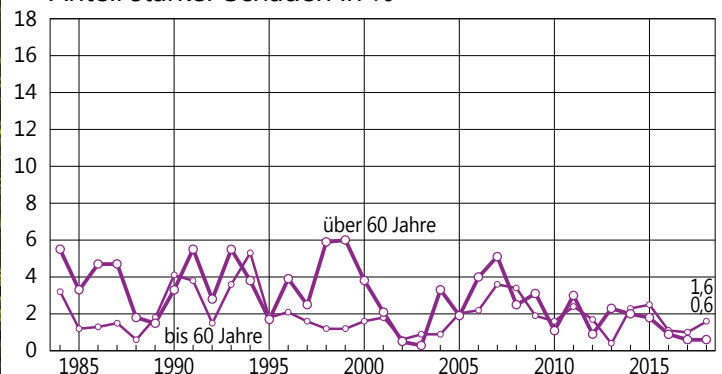
Jüngere Fichte

Für die Fichten ist ein deutlicher Alterstrend festzustellen, in den letzten beiden Jahren nähern sich die Verlichtungswerte beider Altersgruppen allerdings an. Für die jüngeren Fichten beträgt die mittlere Kronenverlichtung aktuell 12 %.

Starke Schäden

In der Mehrzahl der Erhebungsjahre bestehen bei den starken Schäden kaum Unterschiede zwischen jüngeren und älteren Fichten. Insgesamt (alle Alter) ergibt sich im Mittel aller Erhebungsjahre ein durchschnittlicher Anteil an starken Schäden von 2,3 %. 2018 ist der Anteil starker Schäden unterdurchschnittlich (1 %). Die Werte schwanken im Erhebungszeitraum ohne zeitlichen Trend zwischen 0,6 und 4,7 %.

Anteil starker Schäden in %



Absterberate

Die Absterberate der Fichten liegt im Mittel der Jahre 1984-2018 bei 0,2 %. Im Jahr 2018 ist die Absterberate durchschnittlich. Die höchste Absterberate (1 %) wurde für die Fichten 1994 ermittelt.



Foto: J. Evers

Kiefer

Bei den Kiefern hat aufgrund der lang anhaltenden Trockenheit bereits im Juli die Herbstverfärbung eingesetzt. An 21 % der Kiefern wurden braune Nadeln registriert.

Ältere Kiefer

Die älteren Kiefern weisen seit 1986 durchgehend niedrigere Kronenverlichtungswerte auf als die älteren Buchen, Eichen und Fichten. 2018 ist die mittlere Kronenverlichtung der älteren Kiefern und der älteren Fichten gleich (19 %).

Mittlere Kronenverlichtung in %

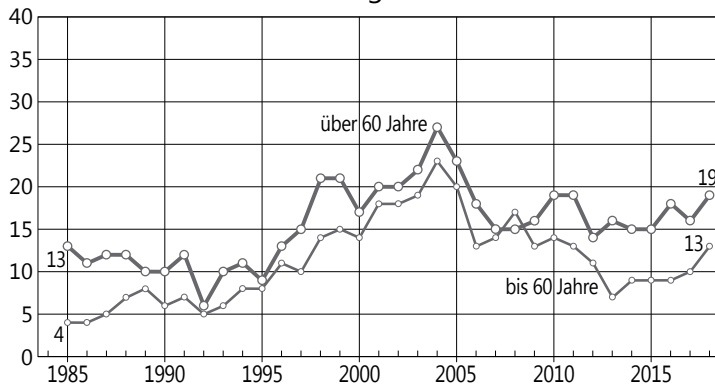


Foto: J. Evers



Foto: J. Evers

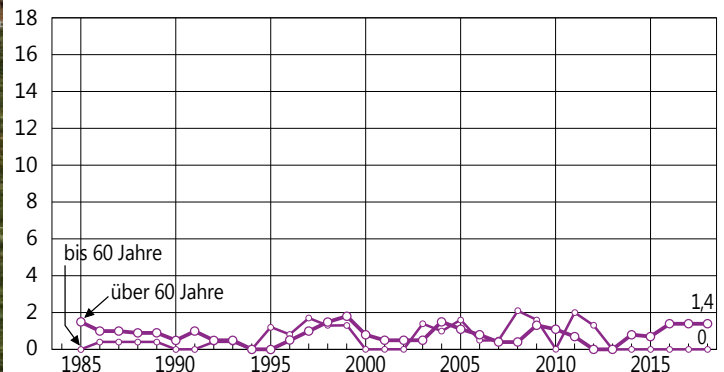
Jüngere Kiefer

Im Gegensatz zu Buche, Fichte und Eiche sind bei der Kiefer die Unterschiede im Kronenverlichtungsgrad zwischen den Altersgruppen sehr viel weniger ausgeprägt. Die Entwicklung jüngerer und älterer Kiefern verläuft weitgehend parallel. Die mittlere Kronenverlichtung der jüngeren Kiefer beträgt in diesem Jahr 13 %.

Starke Schäden

Der Anteil starker Schäden liegt bei den Kiefern (alle Alter) im langjährigen Mittel der Erhebungsjahre bei 0,8 %. Im Vergleich der Baumarten zeigen die Kiefern auffallend geringe Anteile an starken Schäden. Im Erhebungszeitraum treten kaum Schwankungen auf. Im Jahr 2018 wurden 1,4 % der älteren Kiefern als stark geschädigt eingestuft, bei den jüngeren Kiefern sind seit sechs Jahren keine starken Schäden festgestellt worden.

Anteil starker Schäden in %



Absterberate

Die Absterberate der Kiefern schwankt im Erhebungszeitraum zwischen 0 und 0,7 %, im Mittel der Zeitreihe beträgt sie 0,2 %. In diesem Jahr ist keine Kiefer im Kollektiv der Waldzustandserhebung abgestorben.

Andere Laub- und Nadelbäume

Die größten Veränderungen der Verlichtungswerte sind 2018 in der Gruppe der anderen Laubbäume aufgetreten. Sowohl die Kronenverlichtung als auch der Anteil starker Schäden und die Absterberate liegen 2018 über dem Durchschnitt der Zeitreihe und übersteigen auch die Verlichtungswerte von Buche, Eiche, Fichte und Kiefer. Bei den anderen Nadelbäumen bleibt die mittlere Kronenverlichtung, der Anteil starken Schäden und die Absterberate 2018 stabil.

In Schleswig-Holstein werden bei der Waldzustandserhebung als landesweite flächendeckende Stichprobeninventur 29 Baumarten erfasst. Neben den Hauptbaumarten Kiefer, Fichte, Buche und Eiche kommt in den Wäldern Schleswig-Holsteins eine Vielzahl weiterer Baumarten vor, die insgesamt 39 % der Stichprobenbäume der Waldzustandserhebung ausmachen. Jede Baumart für sich genommen ist in der Stichprobe der Waldzustandserhebung allerdings zahlenmäßig so gering vertreten, dass allenfalls Trendaussagen zur Kronenentwicklung möglich sind. Bei der Darstellung der Ergebnisse der Waldzustandserhebung werden sie daher in den Gruppen andere Laubbäume und andere Nadelbäume zusammengefasst. In der Baumartenverteilung der Waldzustandserhebung beträgt der Anteil der anderen Laubbäume zurzeit 24 %, die anderen Nadelbäume machen 15 % des Stichprobenkollektivs aus.

Mittlere Kronenverlichtung in %

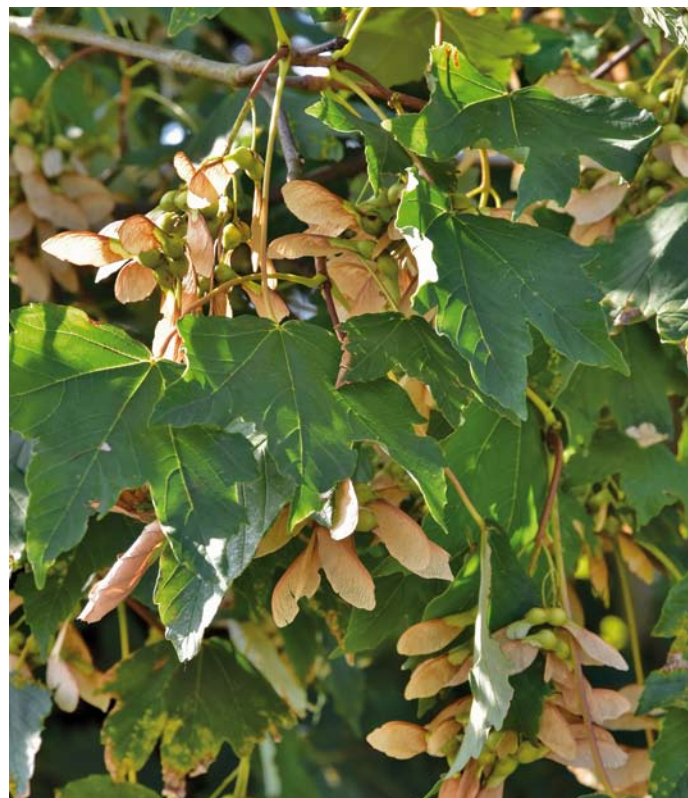
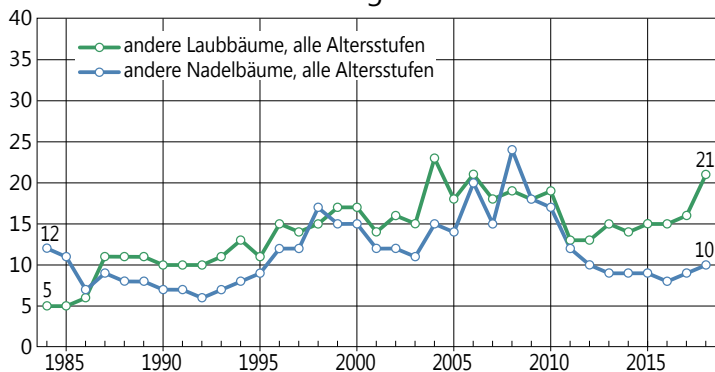


Foto: M. Spielmann

Andere Laubbäume

Zu den anderen Laubbäumen gehören u. a. Ahorn, Linde und Hainbuche. Am stärksten vertreten ist die Birke, gefolgt von der Esche und der Erle. Die Kronenverlichtungswerte sind ausgehend von einem geringen Niveau 1984 (alle Alter: 5 %) im Laufe der Jahre angestiegen, der Höchstwert wurde 2004 (alle Alter: 23 %) erreicht. Anschließend waren die Verlichtungswerte wieder rückläufig. Im Jahr 2018 stieg die mittlere Kronenverlichtung (alle Alter) auf 21 % an. Die Verlichtungswerte der Eschen heben sich hiervon deutlich ab, mitverursacht durch das Eschentriebsterben liegt die mittlere Kronenverlichtung der Esche bei 46 %.

Der Anteil starker Schäden liegt für die Gruppe der anderen Laubbäume im Erhebungszeitraum im Mittel bei 3 %. 2018 wird dieser Durchschnittswert überschritten (7,7 %). Auch bei den starken Schäden kommt die besondere Belastung der Eschen durch das Eschentriebsterben zum Tragen, der Anteil starker Schäden beträgt 31 %.

Die Absterberate der anderen Laubbäume liegt 2018 mit 1,2 % über dem Mittelwert der Zeitreihe (0,5 %). Die Esche weist eine Absterberate von 5,7 % auf.

Andere Nadelbäume

Die Gruppe der anderen Nadelbäume setzt sich vorwiegend aus Lärche und Sitkafichte zusammen. Der Höchstwert der mittleren Kronenverlichtung (alle Alter) liegt 2008 bei 24 %. In den letzten Jahren ist eine erhebliche Verbesserung eingetreten. Die mittlere Kronenverlichtung (alle Alter) liegt 2018 bei 10 %. Für die anderen Nadelbäume sind seit 1984 Anteile an starken Schäden zwischen 0,3 und 7,2 % aufgetreten, im Mittel beträgt er 1,4 %. 2018 liegt der Anteil starker Schäden bei 1,3 %.

Die Absterberate bleibt 2018 mit 0,2 % niedrig, liegt aber über dem Mittel der Zeitreihe (0,1 %).



Herbstverfärbung im Juli

Foto: M. Spielmann

Witterung und Klima

Johannes Suttmöller

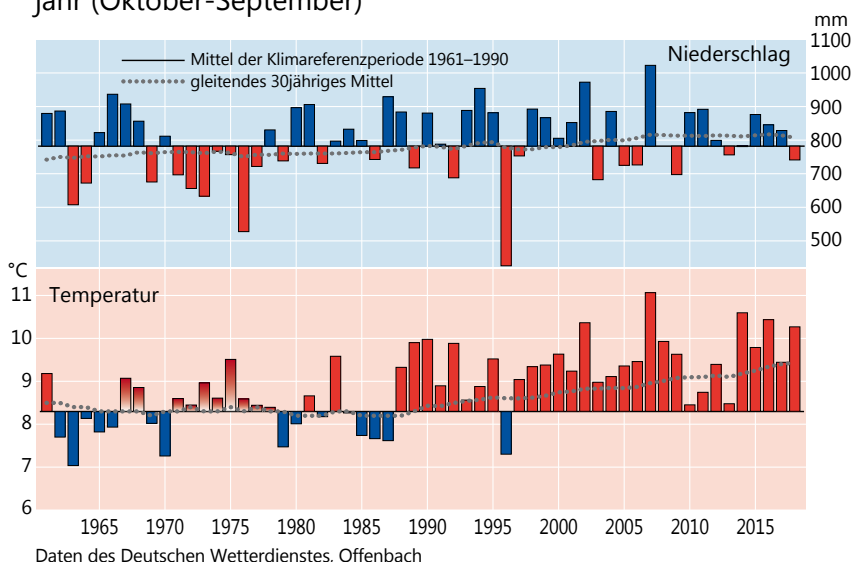
Das Vegetationsjahr 2017/2018 (Oktober bis September) wird aufgrund der extremen Trockenheit, die besonders den Norden und die Mitte Deutschlands betraf, in Erinnerung bleiben. Von April bis weit in den September hinein wurden überdurchschnittlich hohe Temperaturen und gleichzeitig sehr geringe Niederschlagsmengen gemessen. Dies hatte in großen Teilen Deutschlands eine ausgeprägte Dürre zur Folge.

Die Höhe der Niederschläge und ihre Verteilung über das Jahr sowie die Temperaturdynamik sind wichtige Einflussgrößen auf die Vitalität und das Wachstum der Waldbäume. Dabei spielen sowohl der lang-



Foto: J. Evers

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



jährige Witterungsverlauf als auch die Werte des vergangenen Jahres eine wichtige Rolle. Um eine flächenhafte Aussage für das Land Schleswig-Holstein treffen zu können, werden die klimatologischen Größen Niederschlag und Temperatur anhand der Messstationen des Deutschen Wetterdienstes (DWD) ausgewertet, indem die Messwerte mit einem kombinierten Regionalisierungsverfahren (Inverse Distance Weighting, Höhenregression) auf ein 200 m-Raster interpoliert werden.

Im Landesmittel von Schleswig-Holstein betrug die Mitteltemperatur für das Vegetationsjahr 2017/2018 10,3 °C. Damit war dieses Jahr nicht ganz so warm wie das bisher wärmste Vegetationsjahr 2006/2007 (11,1 °C). Allerdings zählt auch das Vegetationsjahr 2017/2018 zu den wärmsten seit Messbeginn. Der langfristige Erwärmungstrend ist weiter ungebrochen. Im Durchschnitt der letzten Jahre stieg die Temperatur etwa alle 3 Jahre um 0,1 °C. Die gemessene Niederschlagssumme entspricht mit 741 mm im Landesmittel annähernd der langjährig üblichen Niederschlagsmenge. Dabei fielen in den Monaten von Oktober 2017 bis Januar 2018 über die Hälfte der gesamten Niederschlagsmenge des Vegetationsjahres. In der Vegetationsperiode 2018 von Mai bis September wurden dagegen im Flächenmittel des Landes Schleswig-Holstein nur rund 50 % des sonst üblichen Niederschlags erreicht.

Temperatur und Niederschlag im langjährigen Verlauf

Der langfristige beobachtete Erwärmungstrend hat sich auch im vergangenen Vegetationsjahr unverändert fortgesetzt, wie das gleitende 30jährige Mittel verdeutlicht (gepunktete Linie in der Abb. links). Die Abweichung der Temperatur im Vegetationsjahr 2017/2018 zum Mittelwert der Klimanormalperiode 1961–1990 beträgt +1,9 °C und zur wärmeren Periode 1981–2010 noch +1,3 °C. Diese hohe positive Temperaturanomalie ist umso bemerkenswerter, da die Monate Februar und März deutlich zu kalt waren. Alle übrigen Monate fielen z. T. deutlich zu warm aus, wobei im Mai mit einer Abweichung von über +4 °C ein neuer Monatsrekord seit Messbeginn im Jahr 1881 aufgestellt wurde.

Obwohl die Vegetationszeit in Schleswig-Holstein sehr trocken war, wurde die langjährige Jahresniederschlagssumme der Referenzperiode 1961 bis 1990 aufgrund der überdurchschnittlich feuchten Nichtvegetationszeit nur wenig unterschritten. Das gleitende 30jährige Mittel zeigt eine leichte Abnahme auf 807 mm und liegt damit über der mittleren Niederschlagshöhe der Klimareferenzperiode von rund 780 mm.

Die Nichtvegetationszeit von Oktober 2017 bis April 2018 war zu warm und sehr nass, während die Vegetationsperiode von Mai bis September 2018 deutlich zu trocken und zu warm ausgefal-

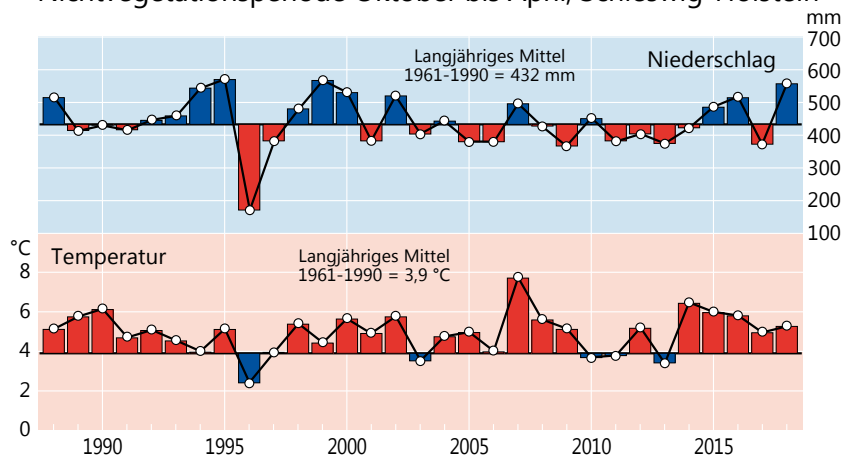
Witterung und Klima



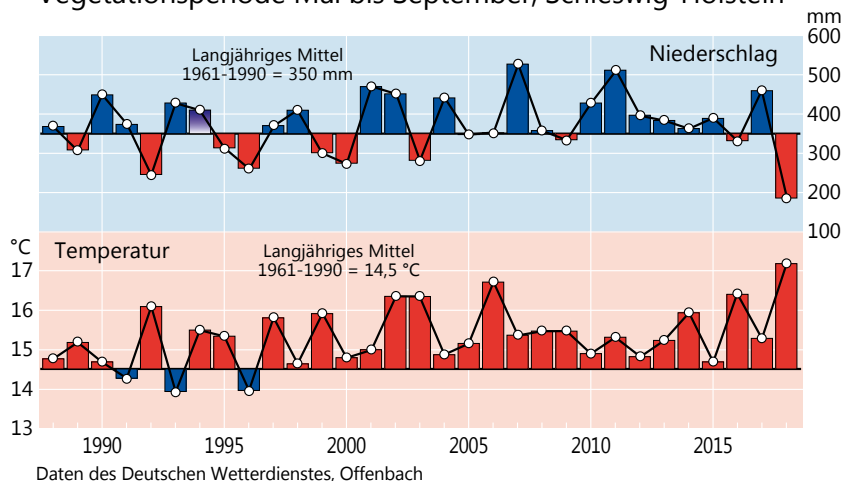
Foto: J. Evers

len ist. Mit einer Mitteltemperatur von 5,3 °C war die Nichtvegetationszeit um 1,3 °C wärmer als die Klimanormalperiode (Abb. unten). Im Vergleich zur Periode 1981-2010 betrug die Abweichung dagegen +0,7 °C. In der Vegetationszeit 2018 wurde im Landesmittel eine Mitteltemperatur von 17,2 °C gemessen. Die Abweichung betrug +2,7 °C im Vergleich zur Klimanormalperiode bzw. +1,9 °C zur Periode 1981-2010 (Abb. unten). Damit war die diesjährige Vegetationsperiode die wärmste seit Beobachtungsbeginn in Schleswig-Holstein. Die Niederschläge fielen über das Vegetationsjahr betrachtet sehr ungleichmäßig. In der Nichtvegetationsperiode wurden im Flächenmittel von

Langjährige Klimawerte (1988-2018) Nichtvegetationsperiode Oktober bis April, Schleswig-Holstein



Langjährige Klimawerte (1988-2018) Vegetationsperiode Mai bis September, Schleswig-Holstein



Daten des Deutschen Wetterdienstes, Offenbach

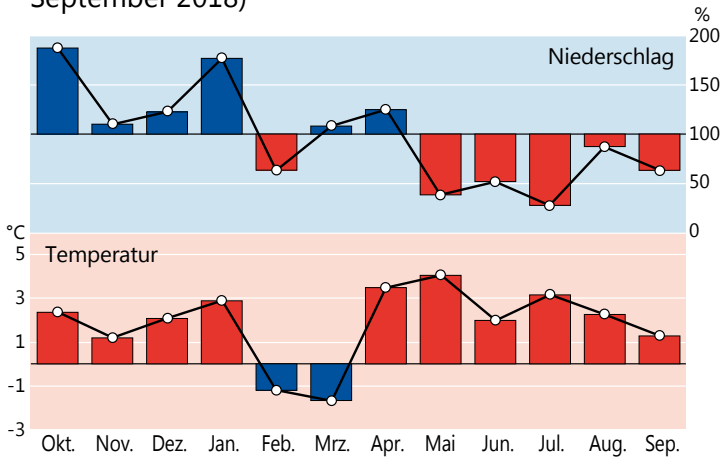
Schleswig-Holstein 557 mm Niederschlag gemessen (Abb. unten) und damit über 30 % mehr als im langjährigen Durchschnitt. In der Vegetationsperiode 2018 zeigte sich dagegen ein komplett anderes Bild. Alle Monate waren deutlich zu trocken, so dass von Mai bis September nur 184 mm Niederschlag fielen. Dies entspricht rund 50 % der sonst üblichen Niederschlagsmenge (Abb. unten).

Witterungsverlauf von Oktober 2017 bis September 2018

Der Witterungsverlauf in diesem Vegetationsjahr zeichnete sich sowohl bei den Temperaturen wie auch bei den Niederschlägen durch große Gegensätze aus (Abb. Seite 17 oben). Der Oktober 2017 war ein warmer Herbstmonat. Die Mitteltemperatur betrug 12,2 °C und lag damit knapp 2,4 °C über dem langjährigen Mittelwert. Gleichzeitig wurde das Niederschlagssoll um fast 90 % übertroffen. Zudem brachten zwei starke Sturmtiefs regional Windböen in Orkanstärke, so dass es in Schleswig-Holstein in den noch belaubten Wäldern zu Windwurf kam. Im November setzte sich die milde und nasse Witterung fort. Mit einer Mitteltemperatur von 6,5 °C war der Monat 1,2 °C zu warm. Der Einfluss atlantischer Tiefdruckgebiete führte dazu, dass es mit rund 90 mm sehr feucht war (+10 %). Der Dezember war wechselhaft und sehr mild. Es wurde rund 20 % mehr Niederschlag gemessen als im Mittel der Klimanormalperiode (1961-1990). Zusammen mit der außergewöhnlich geringen Sonnenscheindauer dominierte im Dezember 2017 ein trüber Witterungscharakter. Die Monatsmitteltemperatur betrug +4,1 °C (+2,1 °C). Auch das Jahr 2018 startete sehr mild, nass und trüb. Der Januar war mit 3,3 °C fast 3 °C zu warm und mit über 100 mm Niederschlag fielen im Flächenmittel mehr als 70 % der vieljährigen Normalwerte. Im Februar stellte sich die Wetterlage über Mitteleuropa komplett um. Von nun an dominierten Hochdruckgebiete über Nord- und Osteuropa das Witterungsgeschehen. Infolge fielen die Temperaturen und die Monatsmitteltemperatur lag bei -0,4 °C. Damit war der Februar der erste Monat seit über einem Jahr, der zu kalt ausfiel (-1,2 °C). Gleichzeitig wurde seit über einem Jahr weniger Niederschlag als im langjährigen Monatsmittel gemessen und mit nur 25 mm im Flächenmittel war es deutlich zu trocken (62 %). Im März setzte sich die winterliche Witterung fort und führte zu einer Temperaturabweichung von -1,7 °C. Im Vergleich zum Februar fiel mit 56 mm deutlich mehr Niederschlag, so dass das Niederschlagssoll etwas übertroffen wurde. Vom Winter in den Sommer innerhalb einer Woche, so lässt sich der April 2018 charakterisieren. Mit einer Temperaturabweichung von +3,5 °C wurde seit Messbeginn im Jahr 1881 einer der wärmsten Monatsmittelwerte für den April in Schleswig-Holstein gemessen. Die sommerliche Witterung zu Beginn des Monats verlieh der Vegetation einen enormen Entwicklungsschub

Witterung und Klima

Abweichung von Niederschlag und Temperatur vom Mittel der Klimareferenzperiode 1961-1990 (durchgezogene schwarze Linie) in Schleswig-Holstein, Monatswerte für das Vegetationsjahr 2018 (Oktober 2017-September 2018)



Daten des Deutschen Wetterdienstes, Offenbach

und einen frühen Vegetationsbeginn. Die Niederschlagsmenge von rund knapp 60 mm übertraf das langjährige Soll um 25 %.

Der Mai, als erster Monat in der forstlichen Vegetationsperiode, setzte die Rekordjagd fort und mit einer Temperaturabweichung von +4,1 °C wurde seit Messbeginn im Jahr 1881 kein wärmerer Monatsmittelwert für den Mai in Schleswig-Holstein gemessen. Dabei fielen im Mai mit 20 mm nur 37 % der sonst üblichen Niederschlagsmenge. Der Juni brachte mit knapp 35 mm im Flächenmittel erneut deutlich zu wenig Niederschlag (51 %) und verschärfte damit die Trockenheit. Der Monat war mit einer Mitteltemperatur von 17,0 °C ebenfalls zu warm (+2,0 °C). Auch im Juli änderte sich die hochdruckdominierte Wetterlage nicht, die nun schon seit Februar



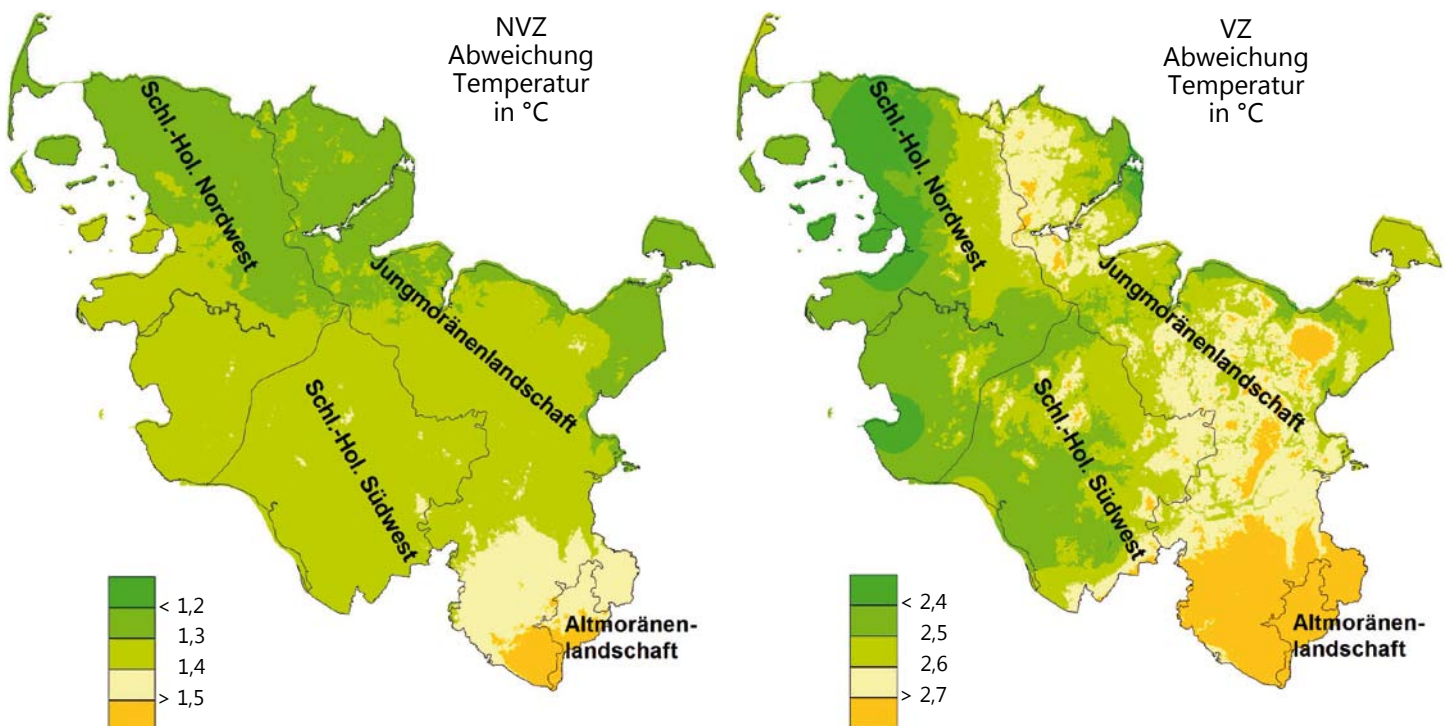
Foto: J. Weymar

mit kurzen Unterbrechungen andauerte. Mit einer Mitteltemperatur von 19,6 °C war der Monat heiß und +3,2 °C zu warm. Die Trockenheit weitete sich landesweit zu einer Dürre aus, da nur 27 % (21 mm) vom üblichen Niederschlagsoll fielen. Auch im August 2018 setzte sich die Dürre in weiten Landesteilen von Schleswig-Holstein fort. Allerdings wurde der Westen des Landes vermehrt von Niederschlagsgebieten atlantischer Tiefdruckgebiete gestreift. Trotzdem wurde im Flächenmittel auch in diesen Monat das vieljährige Mittel von 74 mm nur zu 85 % erreicht. Der August war mit einer Mitteltemperatur 18,7 °C nur wenig kühler als der Juli und folglich auch deutlich zu warm (+2,3 °C). Zum Abschluss des Vegetationsjahres 2017/2018 folgte ein ebenfalls zu warmer (+1,3 °C) und trockener September (63 %).

Die Nichtvegetationszeit 2017/2018 war in Schleswig-Holstein landesweit zu warm. Die höchsten Abweichungen zum langjährigen Mittel der Klimanormalperiode von 1961-1990 wurden mit mehr als +1,5 °C in der Altmoränenlandschaft (Abb. unten) beobachtet. Im Nordwesten betrug die positiven Abweichungen regional weniger als +1,2 °C.

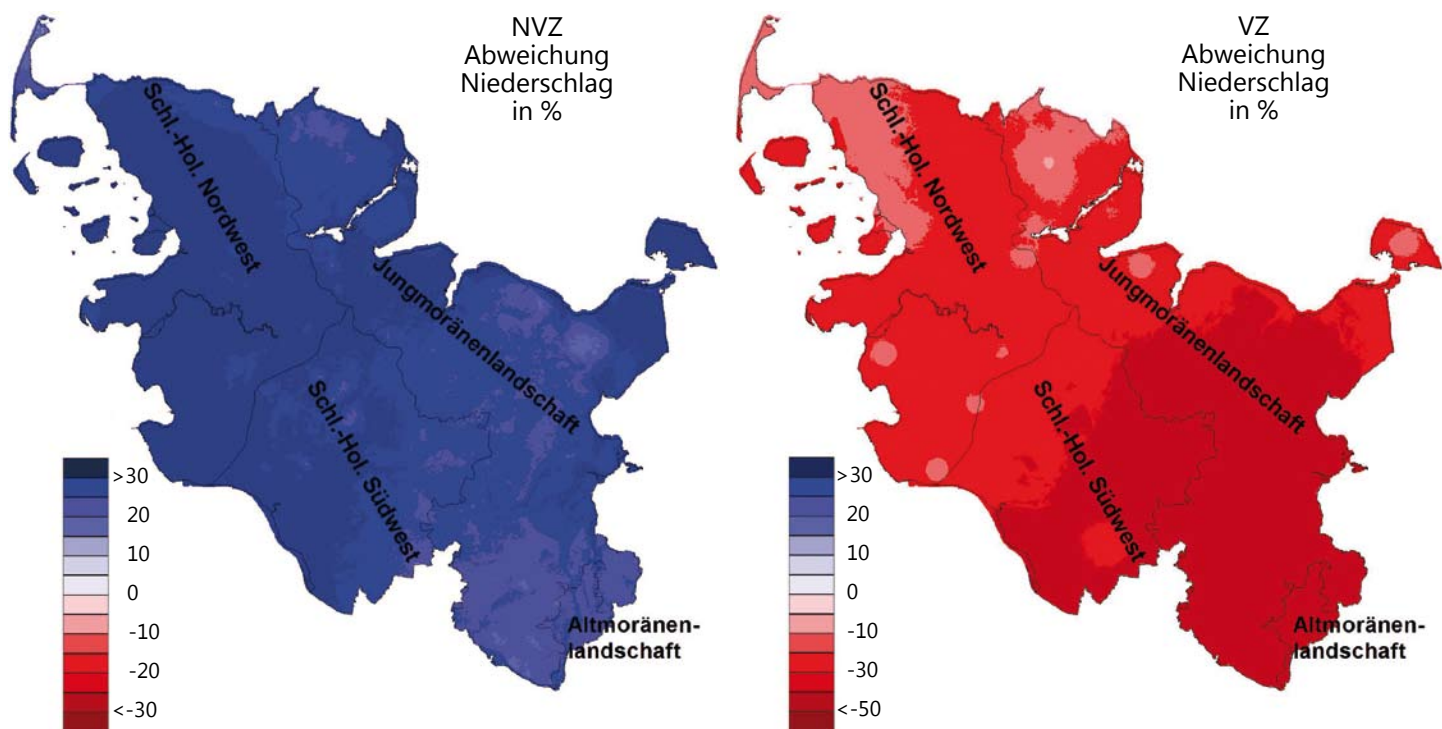
Die Monate Oktober 2017 bis April 2018 waren im gesamten Land Schleswig-Holstein zu nass. Besonders im Norden und

Abweichung der Temperatur vom langjährigen Mittel in der Nichtvegetationszeit (NVZ) 2017/2018 und in der Vegetationszeit (VZ) 2018



Witterung und Klima

Abweichung der Niederschlagssumme vom langjährigen Mittel in der Nichtvegetationszeit (NVZ) 2017/2018 und in der Vegetationszeit (VZ) 2018



Westen wurden teilweise mehr als 50 % der üblichen Niederschlagsmenge gemessen (Abb. oben links). In den südlichen Landesteilen schwankt die positive Abweichung um 10 bis 15 %.

In der Vegetationsperiode von Mai bis September fielen im Mittel rund 50 % der sonst üblichen Niederschlagsmenge (Abb. oben rechts). Besonders trocken war es in den süd-

östlichen Landesteilen, wo teilweise nur 40 % des Niederschlagsolls erreicht wurden. Im Nordwesten und Nordosten Schleswig-Holsteins war das Niederschlagsdefizit mit 10 bis 30 % geringer als im übrigen Land. Gleichzeitig war es in der Vegetationsperiode 2018 im ganzen Land deutlich zu warm (Abb. Seite 17). Besonders hohe Temperaturabweichungen im Vergleich zu den Werten der Periode von 1961-1990 von bis zu 3 °C wurden im südöstlichen Schleswig-Holstein gemessen. An den Küsten von Nord- und Ostsee waren die Abweichungen mit weniger als +2,5 °C geringer als im Landesdurchschnitt.

Fazit

Das Vegetationsjahr 2017/2018 (Oktober-September) wird aufgrund des außergewöhnlichen Witterungsverlaufes und der extremen Trockenheit in Erinnerung bleiben. Mit einer Temperaturabweichung von +1,9 °C ist es eines der wärmsten Vegetationsjahre seit Messbeginn und reiht sich damit nahtlos in die überdurchschnittlich warmen Jahre der letzten Jahrzehnte ein. Nach einer nassen Nichtvegetationszeit (Oktober bis April) begann im Mai 2018 eine lang anhaltende Trockenperiode, die bis zum Ende des Vegetationsjahres im September 2018 andauerte und zu einer Dürre in weiten Teilen des Landes Schleswig-Holstein führte (s. Seite 19: Auswirkungen der Trockenheit 2018 auf Wachstum und Vitalität).

Auswertungen des DWD zeigen, dass die Monate Januar bis September 2018 deutschlandweit im Mittel um 2,3 °C im Vergleich zur Klimanormalperiode (1961-1990) zu warm waren. Dies ist die höchste Abweichung seit Messbeginn im Jahr 1881. Sollten die letzten drei Monate des Jahres 2018 ebenfalls deutlich zu warm ausfallen, würde das Jahr 2014 als bisher wärmstes Jahr in der Messgeschichte durch 2018 abgelöst werden.



Foto: M. Spielmann

Auswirkungen der Trockenheit 2018 auf Wachstum und Vitalität

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

Der warme und sehr niederschlagsarme Witterungsverlauf, der in weiten Teilen von Deutschland von Anfang April bis einschließlich August 2018 herrschte, hatte eine außergewöhnliche Trockenheit zur Folge.

Ernteaussfälle in der Landwirtschaft, überdurchschnittlich viele Waldbrände und Rekordniedrigwasserstände in den Flüssen sind nur einige Beispiele, die zeigen, welche enormen Auswirkungen die Trockenheit auf die Umwelt hatte. Wie aber lässt sich die diesjährige Witterung langfristig einordnen? Hierzu erfolgte ein Vergleich mit ähnlich markanten Trockenperioden der Jahre 1976 und 2003, die aus der jüngeren Vergangenheit ebenfalls als extreme Jahre in Erinnerung geblieben sind. Zur Abschätzung und Einordnung der drei Trockenperioden wurden die Klimatische Wasserbilanz (KWB) und das potenzielle Wasserangebot bzw. der Bedarf flächenhaft für die Trägerländer der NW-FVA berechnet.

Die **Klimatische Wasserbilanz (KWB)** ergibt sich aus der Differenz von Niederschlag (P) und potenzieller Evapotranspiration (ET_p). Die klimatische Wasserbilanz kennzeichnet den Überschuss oder das Defizit des gefallenen Niederschlags gegenüber Verdunstungsverlusten. Im Herbst und Winter (Nichtvegetationszeit) sind die Verdunstungsverluste gering. Dies führt zu einer Auffüllung des Bodenwasservorrats (im Wald) durch die gefallenen Niederschläge. Nach FAO-Norm wird die KWB für eine einheitliche Grasbedeckung berechnet. Untersuchungen der NW-FVA, Abt. Umweltkontrolle, belegen, dass die Vegetationsform Wald mehr verdunstet als die Vegetationsform Gras. Deshalb werden bei den nachfolgenden Berechnungen der KWB für Wälder (Laub- und Nadelwälder) pauschal 50 mm abgezogen.

Die **nutzbare Feldkapazität für den effektiven Wurzelraum (nFK WRe, pflanzenverfügbares Bodenwasser)** ist die Differenz zwischen dem Wassergehalt bei Feldkapazität und dem permanenten Welkepunkt (unterhalb dieses Wassergehaltes kann das Bodenwasser nicht mehr durch die Pflanzen genutzt werden). Ein Boden ist wassergesättigt, wenn alle Poren mit Wasser gefüllt sind. Da der Anteil freien Bodenwassers (Grobporen) nicht für Pflanzen verfügbar ist, wird in diesem Artikel von **Wassersättigung** gesprochen, wenn der Bodenwasservorrat der nFK WRe entspricht. Gegenüber flachgründigen Böden steigt bei tiefgründigen Böden die Bezugstiefe für die Berechnung der nFK WRe an, da die

Bäume deutlich tiefer wurzeln und folglich einen höheren Bodenwasservorrat ausschöpfen können. Für alle vier Bundesländer wird als Informationsgrundlage die Bodenübersichtskarte für Wald verwendet (Maßstab 1:1.000.000).

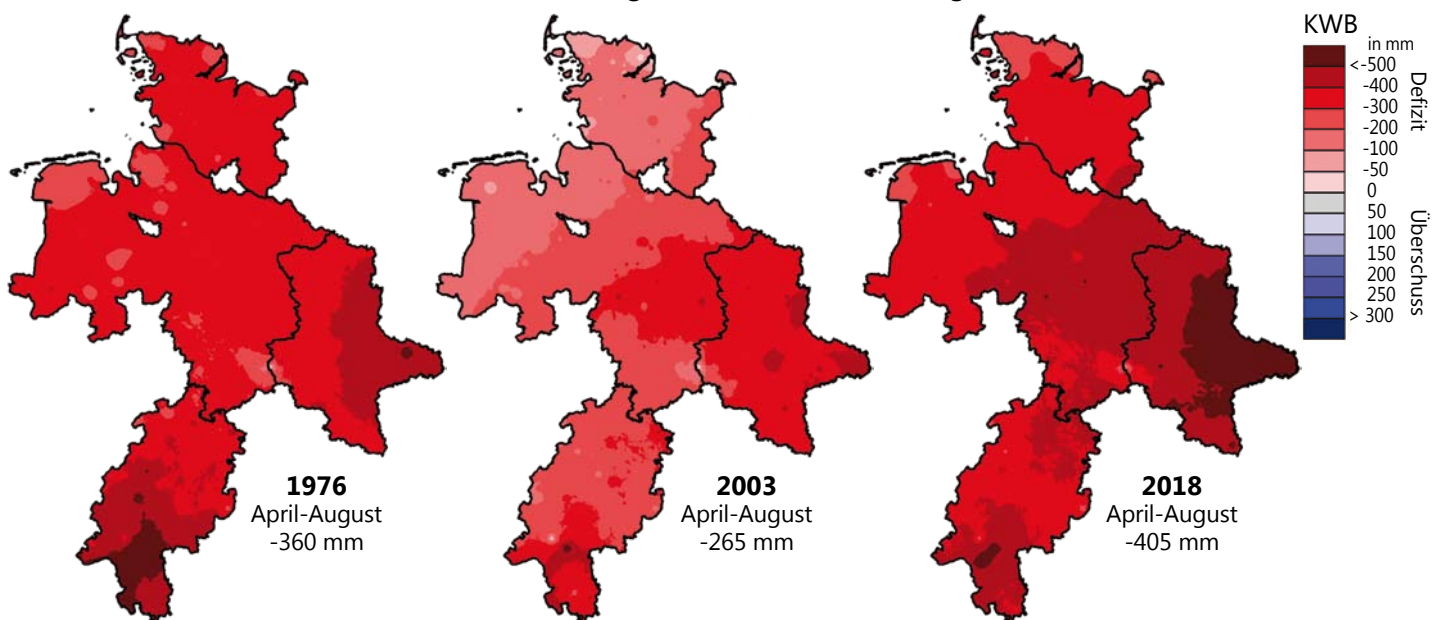
Das **potenzielle Wasserangebot** zu Beginn der Vegetationszeit leitet sich aus der KWB der Nichtvegetationszeit und der nFK WRe ab. Der pflanzenverfügbare Bodenwasserspeicher ist vollständig aufgefüllt, wenn der Wert für die KWB der Nichtvegetationszeit größer als die nFK WRe ist. Das potenzielle Wasserangebot entspricht in diesem Fall der nFK WRe, ansonsten ist das potenzielle Wasserangebot gleich dem Wert der KWB der Nichtvegetationszeit. Der pflanzenverfügbare Wasservorrat wird während der Vegetationszeit mit den monatlichen Werten für die KWB verrechnet. Da bei steigenden Verdunstungsraten in der Vegetationszeit die KWB überwiegend negativ ist, wird der Bodenwasserspeicher im Laufe des Frühjahrs geleert. Im Sommer kann die potenzielle Verdunstung der Pflanzen meist nicht mehr aus dem Bodenwasserspeicher gedeckt werden, so dass ein mehr oder weniger hohes Defizit (**potenzieller Wasserbedarf**) entsteht. Die Höhe des Defizits kann als Maß für die Trockenheit interpretiert werden.

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

Räumliche Analyse der Klimatischen Wasserbilanz für die Vegetationszeiten 1976, 2003 und 2018

Die KWB in der Vegetationszeit war in den drei betrachteten Perioden (1976, 2003 und 2018) regional sehr unterschiedlich (Abb. unten). 1976 sind besonders hohe Wasserdefizite in Teilen von Süd- und Mittelhessen und im Osten von Sachsen-Anhalt erkennbar. 2003 bestehen Schwerpunkte in Südhessen, im mittleren und östlichen Niedersachsen sowie in Sachsen-Anhalt. 2018 sind die Defizite insgesamt großflächiger ausgebildet, besonders stark im östlichen Sachsen-Anhalt.

Klimatische Wasserbilanz (KWB) in der Vegetationszeit für die 4 Trägerländer der NW-FVA



Auswirkungen der Trockenheit 2018 auf Wachstum und Vitalität



Foto: J. Weymar

Das Wasserdefizit der KWB in der Vegetationszeit beträgt im Mittel der Jahre 1961-1990 je nach Bundesland zwischen 45 mm (Schleswig-Holstein) und 130 mm (Sachsen-Anhalt).

Die diesjährige Trockenperiode von April bis August (Vegetationszeit) weist im Flächenmittel aller vier Trägerländer ein Defizit in der KWB von mehr als 400 mm auf. Damit wird die Dürre aus dem Jahr 1976, die mit einem mittleren Defizit von rund 360 mm bereits extrem ausfiel, nochmals übertroffen.

Für Hessen zeigt sich im Jahr 2018 im Vergleich zu 1976 vor allem in Süd- und Mittelhessen ein etwas geringeres Defizit in der KWB. Dagegen waren das südöstliche Niedersachsen und Sachsen-Anhalt 2018 stärker betroffen als 1976.

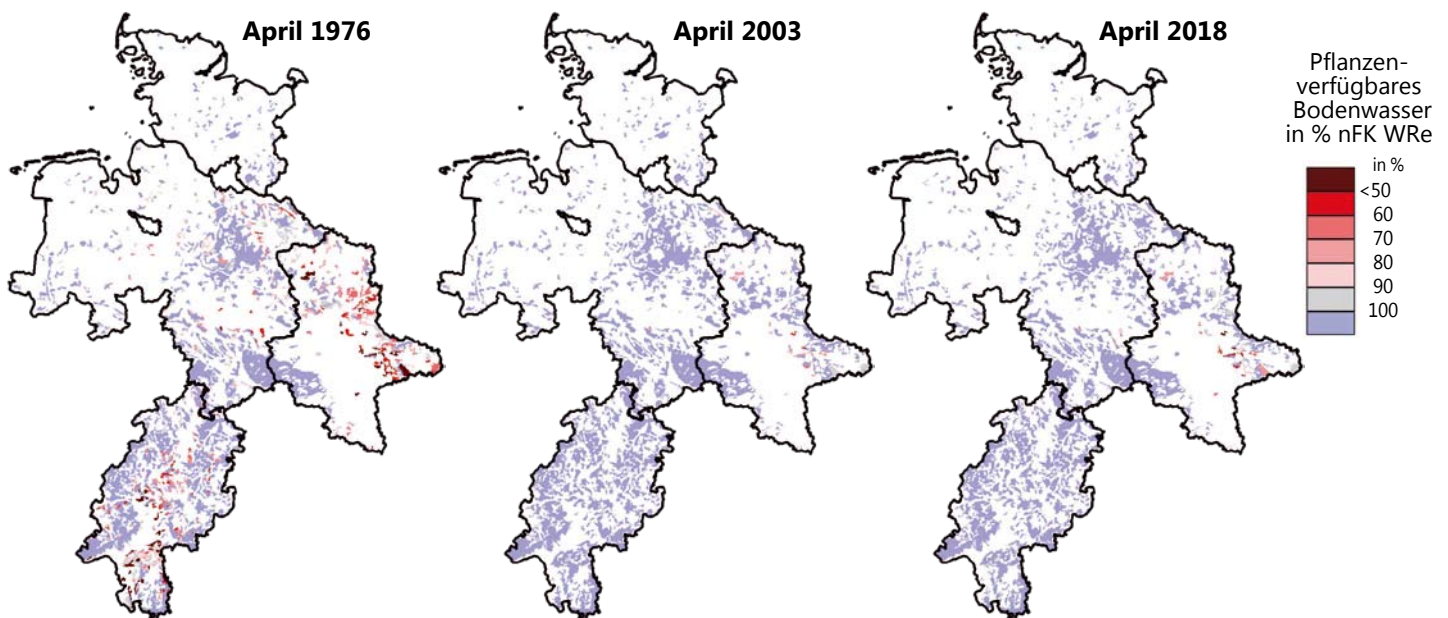
Während im Jahrhundertsommer 2003 Trockenheit und Hitze vor allem der Mitte und dem Süden Deutschlands zu schaffen machten, war der Norden nur moderat betroffen. Entsprechend war das Wasserdefizit in der KWB in den tieferen Lagen in Hessen, Sachsen-Anhalt und im östlichen Niedersachsen deutlich höher als im Nordwesten des Untersuchungsgebietes.

Wasserspeicherung in der Nichtvegetationszeit und Klimatische Wasserbilanz für die Vegetationszeit

Für die Auswirkungen auf den Wald ist nicht allein ausschlaggebend, ob eine Dürreperiode in der Vegetationszeit Rekordwerte erreicht. Außerordentlich wichtig für die Wasserversorgung des Waldes ist zusätzlich, ob Niederschläge in der vorangegangenen Nichtvegetationszeit die Wasserspeicher der Waldböden auffüllen konnten. In der Regel verbrauchen Wälder in der Vegetationszeit mehr Wasser als mit dem Niederschlag eingetragen wird. Waldbestände, deren Bodenwasserspeicher im Winter nicht vollständig aufgefüllt werden konnten, haben demzufolge in der nachfolgenden Vegetationszeit ein besonders hohes Risiko für Trockenstress. Es wird angenommen, dass die Baumvegetation in ihrem Wachstum und ihren Bestandeseigenschaften an die jeweilige absolute Größe des Wasserspeichers angepasst ist. Risiken entstehen vor allem in Phasen, in denen nur ein kleiner Teil des möglichen pflanzenverfügbaren Wasserangebots zur Verfügung steht. Verschiedene Autoren geben als kritische Grenze einen Anteil von 40 % der nFK WRe an. Wird dieser Wert bereits zu Beginn der Wachstumsprozesse im Frühjahr unterschritten, ist Trockenstress für die Baumvegetation wahrscheinlich.

Zu Beginn der Vegetationszeit im April 2018 waren nur wenige Böden (< 5 %) nicht wassergesättigt (Abb. unten). Dies betraf ausschließlich Standorte in Sachsen-Anhalt, die über einen besonders hohen pflanzenverfügbaren Bodenwasserspeicher verfügen (Bemessungsgrundlage: < 95 % der nFK WRe; die konkreten Daten sind nur als Näherungswerte

Pflanzenverfügbares Bodenwasser zu Beginn der Vegetationszeit (1. April des jeweiligen Jahres) in den 4 Trägerländern der NW-FVA



Auswirkungen der Trockenheit 2018 auf Wachstum und Vitalität



Foto: J. Evers

für die jeweilige lokale Situation zu verstehen). Im Frühjahr 2003 stellte sich die Situation ähnlich günstig dar. 1976 waren dagegen im Mittel der vier Länder die Niederschläge in der Nichtvegetationszeit für 21 % der Waldböden nicht ausreichend, um den Bodenwasserspeicher aufzufüllen. Vom Bodenwasserdefizit besonders betroffen waren damals in Hessen die Regionen Hess. Ried, Wetterau sowie die Ausläufer des Vogelsberges, in Niedersachsen das Harzvorland und in Sachsen-Anhalt die Altmark und das Altmoränenland.

Selbst wenn zu Beginn der Vegetationszeit große Wärme sowie Niederschlagsarmut auftreten, ist dies nicht gleichbedeutend mit Trockenstress für Wälder. Wärme in Verbindung mit guten Wasservorräten in den Waldböden kann sogar für sehr günstige Wuchsbedingungen der Wälder sorgen. In Wäldern mit zunächst wassergesättigten Böden ist auch in Extremjahren oft erst im Juli Trockenstress zu erwarten. Das Waldinnenklima größerer zusammenhängender Waldkomplexe wirkt sich zudem günstig auf den Wasserhaushalt aus, indem es Witterungsextreme dämpft. So kühlt die Verdunstung der Waldbäume die Luft und mindert auf diesem Wege die weitere Transpiration, was sich günstig auf den Wasserhaushalt auswirkt. Auch wenn zwischen Baumarten und konkreten Bestandesbedingungen Unterschiede bestehen, vollziehen sich wesentliche physiologische Abläufe wie die Blattentfaltung, Blüte oder das Höhen- und Dickenwachstum im Wesentlichen zu Beginn der Vegetationszeit. Folglich ist das Risiko für Trockenschäden und Wachstumsseinbußen in Wäldern umso größer, je früher im Jahr der Wasserstress auftritt. Deutlich empfindlicher gegenüber Trockenstress sind jedoch neu angelegte Waldkulturen und sehr junge Bestände. Aufgrund des noch wenig entwickelten Wurzelsystems der jungen Pflanzen können sie nur das Wasser in den oberflächennahen Bodenschichten nutzen.

Dürreentwicklung im Jahresverlauf nach Bundesländern

– Vergleich der Extremjahre 1976, 2003 und 2018 –

Nachfolgend wird für die drei Extremjahre 1976, 2003 und 2018 die zeitliche Veränderung des potenziellen Wasserangebotes und des Wasserbedarfes für die Waldstandorte in den Ländern Hessen, Sachsen-Anhalt, Niedersachsen und Schleswig-Holstein untersucht. Dabei wird ausgehend von der SWB zu Beginn der Vegetationsperiode am 1. April die durch die Abnahme der Bestandes-KWB bedingte Entwicklung der Wasserbilanz in Monatsschritten betrachtet.

Hessen

Die KWB in der Nichtvegetationszeit, also der Überschuss der Niederschläge gegenüber der potenziellen Verdunstung der Wälder, lag sowohl 2002/03 als auch 2017/18 landesweit über den Werten der nFK WRe (Abb. Seite 22). Man kann folglich davon ausgehen, dass der Bodenwasserspeicher aufgefüllt war und die Waldbäume zu Beginn des Austreibens durchweg günstige Wachstumsbedingungen vorfanden. 1976 hingegen erreichte der Niederschlagsüberschuss nur etwa 60 % der üblichen Werte, so dass die KWB nicht auf allen Flächen über den Werten der nFK WRe lag. Zwar war der Wasserspeicher der meisten Waldböden auch zu Beginn der Vegetationsperiode 1976 aufgefüllt, doch besonders die Böden mit einer hohen nFK WRe in den Tieflagen von Mittel- und Südhessen verfügten zu Beginn der Vegetationszeit nur über einen verminderten Anteil an pflanzenverfügbarem Bodenwasser.

Alle drei Extremjahre hatten trockene und heiße Sommer. Dadurch wurde in der Vegetationszeit durch die Bäume durchweg wesentlich mehr Wasser verdunstet als im langjährigen Mittel 1961-1990. Im langjährigen Mittel liegt das

Auswirkungen der Trockenheit 2018 auf Wachstum und Vitalität

Wasserdefizit im September bei rund -50 mm. 1976, 2003 und 2018 erreicht dieses Defizit jedoch Werte von -250 mm bis knapp -400 mm und veranschaulicht damit die extreme Trockenheit in diesen Jahren. Die Dürreperioden von 1976 und 2018 sind dabei stärker ausgefallen und umfassen größere Landesteile als im Jahr 2003. Als besonders kritisch erwiesen sich im Jahr 1976 die Waldstandorte in Hessen, deren Bodenwasservorrat in der Nichtvegetationszeit nicht vollständig aufgefüllt war. Hier kam es frühzeitig in der Vegetationsperiode zu Wachstumseinbußen und einer verminderten Vitalität der Bäume, außerdem starben ungewöhnlich viele Bäume ab.

Sachsen-Anhalt

In Sachsen-Anhalt sind im langjährigen Mittel der Periode 1961-1990 nicht alle Böden zu Beginn der Vegetationszeit (1. April) vollständig mit Wasser aufgefüllt (Abb. rechts). Im Jahr 1976 waren die Böden im Landesmittel zu 80 % der nFK WRre gefüllt (101 mm) und im Jahr 2018 zu 89 % (111 mm). Die Nichtvegetationszeit 2002/2003 war dagegen in Sachsen-Anhalt so feucht, dass nahezu alle Waldböden wassergesättigt waren (122 mm). Im Vergleich der drei Dürreperioden ergibt sich 2018 bereits für Anfang Juni eine fehlende Wassermenge von knapp 50 mm. Auch im weiteren Verlauf der Vegetationszeit ist der Wasserbedarf 2018 deutlich höher als 2003 und 1976, so dass die diesjährige Dürre in Sachsen-Anhalt als eines der bisher stärksten beobachteten Ereignisse bezeichnet werden kann. Daraus ergeben sich für 2018 ein besonders hohes Risiko für Trockenschäden in den Wäldern des Landes und die damit verbundenen hohen abiotischen und biotischen Risiken wie Waldbrand oder Insektenkalamitäten.

Niedersachsen

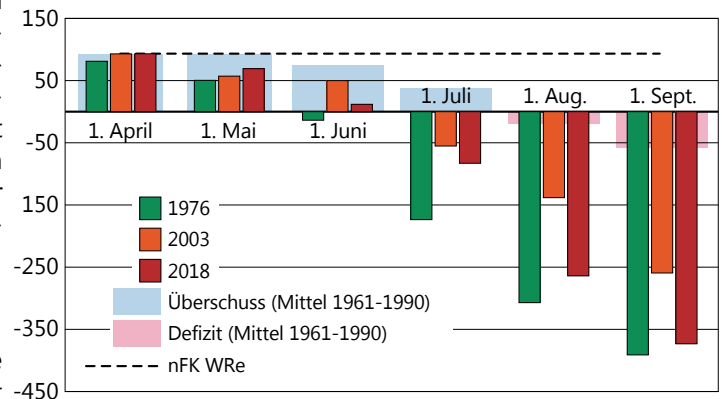
In Niedersachsen ist der Wasserspeicher der Waldböden zu Beginn der Vegetationszeit im langjährigen Mittel landesweit gut gefüllt (Abb. rechts). Dies trifft auch auf die Jahre 2003 und 2018 zu. Im April 1976 waren im Harzvorland allerdings einige Standorte nur teilweise wassergesättigt. 2018 verlief die Austrocknung der Böden aufgrund des rekordwarmen April und Mai bei gleichzeitig geringen Niederschlägen besonders schnell, so dass bereits im Juni auf vielen Standorten Wassermangel eintreten konnte. Am 1. September lag das Defizit vergleichbar mit 1976 unter -250 mm. Damit erreichte auch in Niedersachsen die diesjährige Dürre für die Wälder Rekordwerte, die in ihrem Ausmaß als außergewöhnlich zu bezeichnen sind.

Schleswig-Holstein

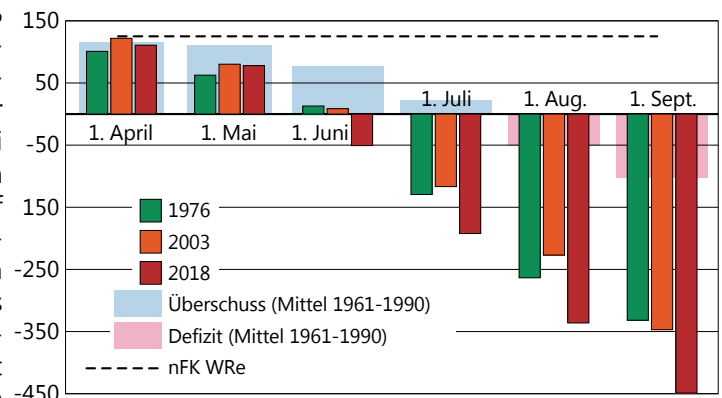
Vergleichbar mit Niedersachsen werden die Waldböden in Schleswig-Holstein während der Nichtvegetationszeit im langjährigen Durchschnitt vollständig mit Wasser aufgefüllt (Abb. rechts). Hohe Niederschläge bedingen im langjährigen Mittel einen Überschuss in der KWB von knapp 300 mm, so dass die nFK WRre von 135 mm deutlich übertroffen wird. Anders als in den übrigen Trägerländern wird der potenzielle Wasserbedarf während der drei Trockenperioden erst im Juli nicht mehr durch das potenzielle Wasserangebot vollständig gedeckt. Die Trockenperiode 2003 kann in Schleswig-Holstein nicht als Dürre bezeichnet wer-

Monatliche Veränderung des potenziellen Wasserangebots und -bedarfs in mm

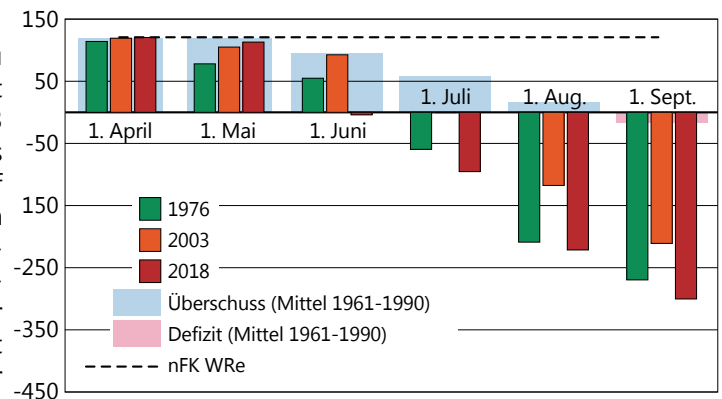
Hessen (Flächenmittel)



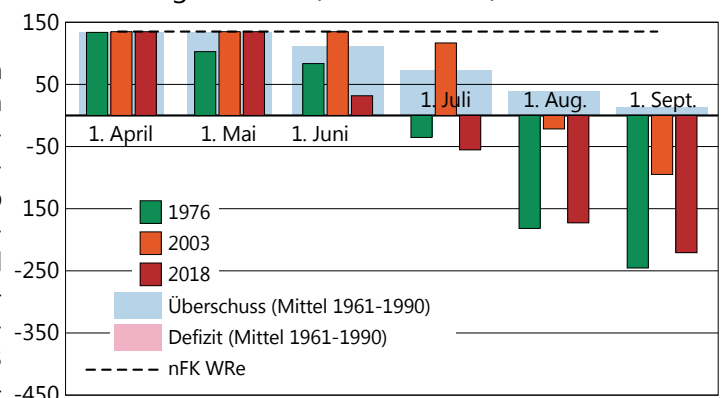
Sachsen-Anhalt (Flächenmittel)



Niedersachsen (Flächenmittel)



Schleswig-Holstein (Flächenmittel)



Auswirkungen der Trockenheit 2018 auf Wachstum und Vitalität

den, da der potenzielle Wasserbedarf während der gesamten Vegetationszeit deutlich geringer war als 1976 und 2018 und auch zum 1. September nur knapp 100 mm unter dem langjährigen Mittelwert liegt. Die Trockenheit 1976 und 2018 sind jedoch auch für Schleswig-Holstein als seltenes und extremes Ereignis einzustufen. Der potenzielle Wasserbedarf liegt rund 200-250 mm höher als der Mittelwert der Periode 1961-1990.

Radialzuwachs und Bodenfeuchte

Das Wachstum der Bäume ist Ausdruck ihrer Vitalität. Es ist abhängig von einer Vielzahl von Faktoren wie Baumart und Herkunft, Baumalter, Konkurrenzsituation im Bestand, Bodenwasserhaushalt, Temperatur und Niederschlag. Eine genaue Abschätzung, welchen Anteil die verschiedenen Einflussgrößen auf das Dickenwachstums der Bäume haben, ist schwierig. Fest steht aber, dass die Witterung einen wesentlichen Einfluss auf die Variabilität der Jahrringbreite hat. Die Wirkung der Witterung auf den Zuwachs der Bäume lässt sich besonders gut aus der Bodenfeuchte (Matrixpotenzial) ableiten, da Bäume ihren Wasserbedarf mittels ihres Wurzelsystems aus dem im Boden gespeicherten Wasser decken.

*Das **Dickenwachstum der Baumstämme** wird in 1,3 m Höhe gemessen und üblicherweise als Radialzuwachs bzw. Jahrringbreite in Millimeter (mm) angegeben. Die Jahrringbreite entspricht dabei der Jahressumme des Radialzuwachses.*

*Das **Matrixpotenzial** ist ein Maß für die Saugspannung, welche die Pflanzen aufbringen müssen, um dem Boden Wasser entziehen zu können. Sie wird als negativer Druck in Hektopascal (hPa) angegeben. Mit zunehmender Austrocknung des Bodens wird das Matrixpotenzial negativer.*

In Süddeutschland wurden für Buchen und Fichten in unterschiedlichen Höhenlagen für die meisten Standorte eindeutige Beziehungen zwischen der Witterung in der Vegetationszeit (April-August) und der Jahrringbreite gefunden (Dittmar 1999). Danach bestimmen in tieferen Lagen (bis ca. 600-700 m ü. NN) die Niederschläge in der Vegetationszeit maßgeblich die Jahrringbreite, während in Hochlagen über 800 m ü. NN vor allem das Wärmeangebot ausschlaggebend für das Radialwachstum ist. In Sachsen konnte für die Kiefer nachgewiesen werden, dass sich eine hohe Verdunstung in der Vegetationszeit negativ auf die Jahrringbreite auswirkt (Röhle et al. 2010).

Als Folge des Klimawandels wird sich sowohl die Temperatur als auch die Niederschlagshöhe und -verteilung ändern und das hiesige Klima zukünftig vermehrt durch wärmere Sommer und länger andauernde Hitze- und Trockenperioden geprägt sein. Diese globale – aber auch für unsere Region bereits beobachtete – Erwärmung stellt hinsichtlich der Stabilität und Produktivität der Wälder eine große Herausforderung für die Forstwirtschaft dar.

Mit Hilfe der Daten von hochauflösenden Dendrometern an jeweils sechs Bäumen auf 11 Flächen des Intensiven Forstlichen Umweltmonitorings sowie von 14-tägigen Ablesungen der Dauerumfangmessbänder ausgewählter Bäume auf weiteren acht Intensivmessflächen kann die Entwicklung des Radialzuwachses im Laufe der Vegetationsperiode nachvollzogen und so der Einfluss der Witterung auf das Dicken-

wachstum abgeschätzt werden. Dies gibt Hinweise auf die Plastizität der untersuchten Baumarten gegenüber Trockenheit und einem erhöhten Wärmeangebot. Die Ergebnisse sind dabei aufgrund des geringen Stichprobenumfanges nicht repräsentativ für die Wälder der Trägerländer, zeigen jedoch exemplarisch Reaktionsmuster des Wachstums an. Die untersuchten Eichen- und Kieferbestände wachsen in der planaren Höhenstufe (bis ca. 120 m ü. NN), die Buchenbestände mit Ausnahme der Flächen Hess. Ried und Lüss Buche (91 m bzw. 115 m ü. NN) im kollinen bis submontanen Bereich in Höhen von 280-508 m ü. NN und die Fichtenbestände in der submontanen bis montanen Stufe zwischen 425 m und 660 m ü. NN. Das Alter der Buchenbestände liegt zwischen 115 und 171 Jahren, die beiden Eichenbestände sind 136 bzw. 209 Jahre und die Fichtenbestände 70-136 Jahre alt. Die Kieferbestände sind mit einem Alter zwischen 46 und 100 Jahren am jüngsten.

Auf den beiden hessischen **Fichtenflächen** setzte das Dickenwachstum 2018 Anfang Mai ein, die Fichtenflächen Solling und Lange Bramke folgten Mitte bzw. Ende Mai. Aufgrund der nach dem niederschlagsreichen Winterhalbjahr gut gefüllten Bodenwasserspeicher zeigte das Dickenwachstum der Fichten zunächst keine Auffälligkeiten im Vergleich zu den Vorjahren. Zwischen Mitte Juni und Mitte Juli stellen die Fichten jedoch auf allen vier untersuchten Flächen ihr Wachstum ein, obwohl die Niederschlagssumme zu diesem Zeitpunkt noch größer als 2017 war. Die hohen Lufttempe-

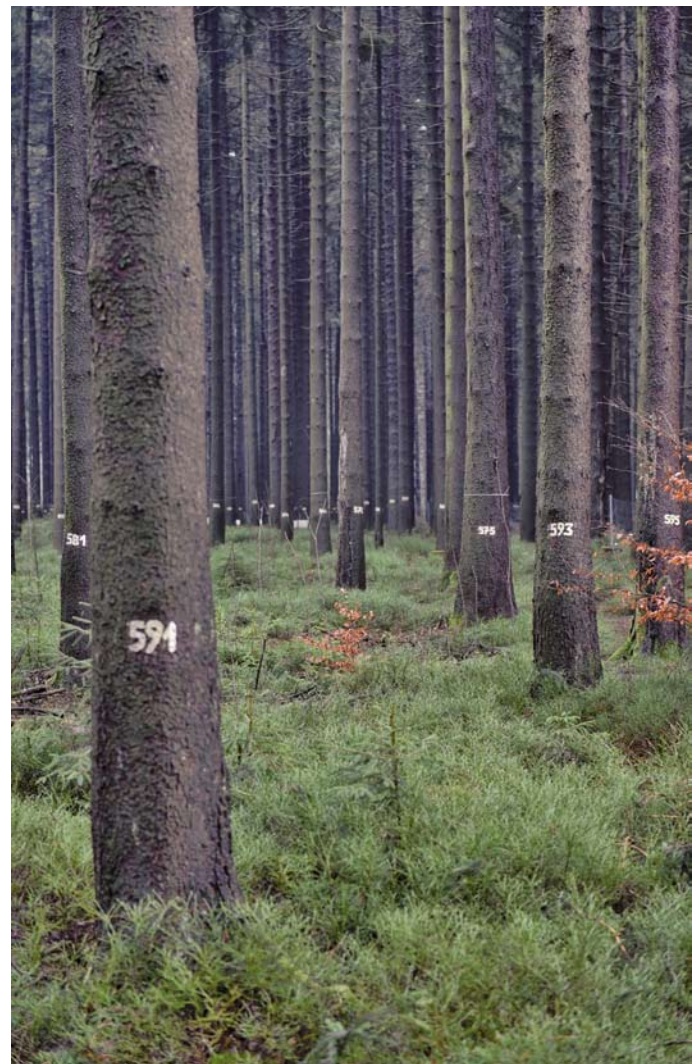


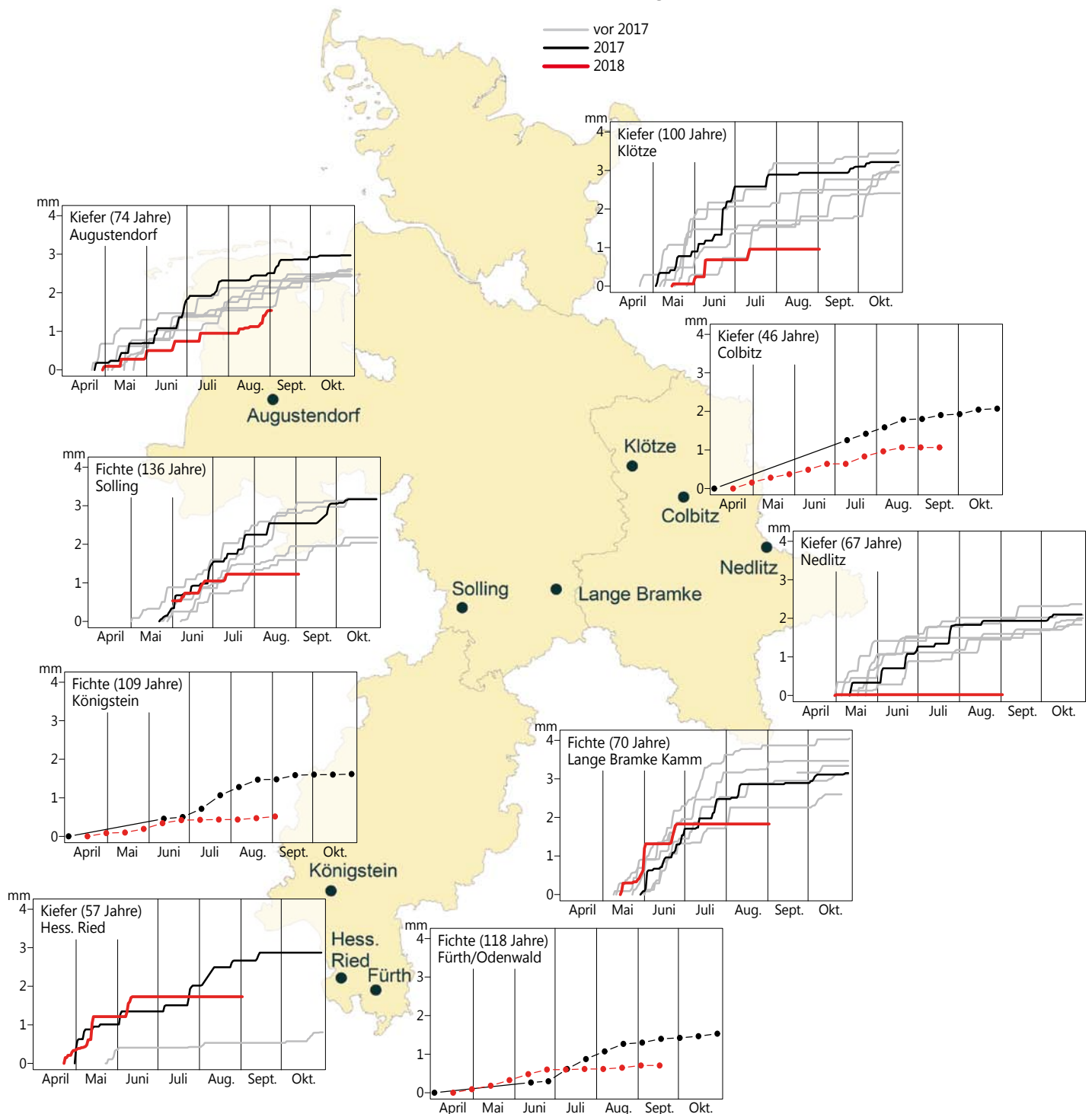
Foto: J. Evers

Auswirkungen der Trockenheit 2018 auf Wachstum und Vitalität

raturen und die hierdurch bedingte sehr hohe Verdunstung wirkten sich offensichtlich negativ auf das Dickenwachstum aus (s. a. Röhle 2010). Der Zuwachs blieb dadurch bis Ende August deutlich hinter den Zuwächsen der Vorjahre zurück. Das Dickenwachstum der **Kiefer** begann 2018 in Augustendorf, Colbitz und im Hess. Ried bereits Mitte/Ende April, in Klötze Mitte Mai. Vermutlich aufgrund der geringen Niederschläge blieb der Radialzuwachs aber schon sehr zeitig in der Vegetationsperiode hinter dem Zuwachs der vorangegangenen Jahre zurück, was sich bis Ende August fortsetzte. Auf der Kiefernfläche in Augustendorf setzte trotz des vollständig aufgefüllten Bodenwasserspeichers zu Beginn der Vegetationsperiode aufgrund sehr geringer Niederschläge

bereits Mitte Mai eine Austrocknung bis in 1 m Bodentiefe ein (Abb. Seite 26). Die Austrocknung verschärfte sich ab Anfang Juni deutlich. Ab Juli lag das Matrixpotenzial in 60 cm Bodentiefe durchgehend unter -800 hPa. Vereinzelt Niederschläge sorgten nur im Oberboden für eine kurzzeitige Wiederbefeuchtung des Bodens. Die für diesen Standort ungewöhnlich lang anhaltende Austrocknung des Unterbodens trug zu einem insbesondere zwischen Juli und Ende August stark verminderten Radialzuwachs der Kiefern bei. Die extrem trocken-warme Witterung im Osten von Sachsen-Anhalt spiegelt sich eindrücklich in der Bodenfeuchte wider. Zwar war auch auf der Fläche Nedlitz der Bodenwasserspeicher Anfang April vollständig aufgefüllt, doch be-

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



Auswirkungen der Trockenheit 2018 auf Wachstum und Vitalität

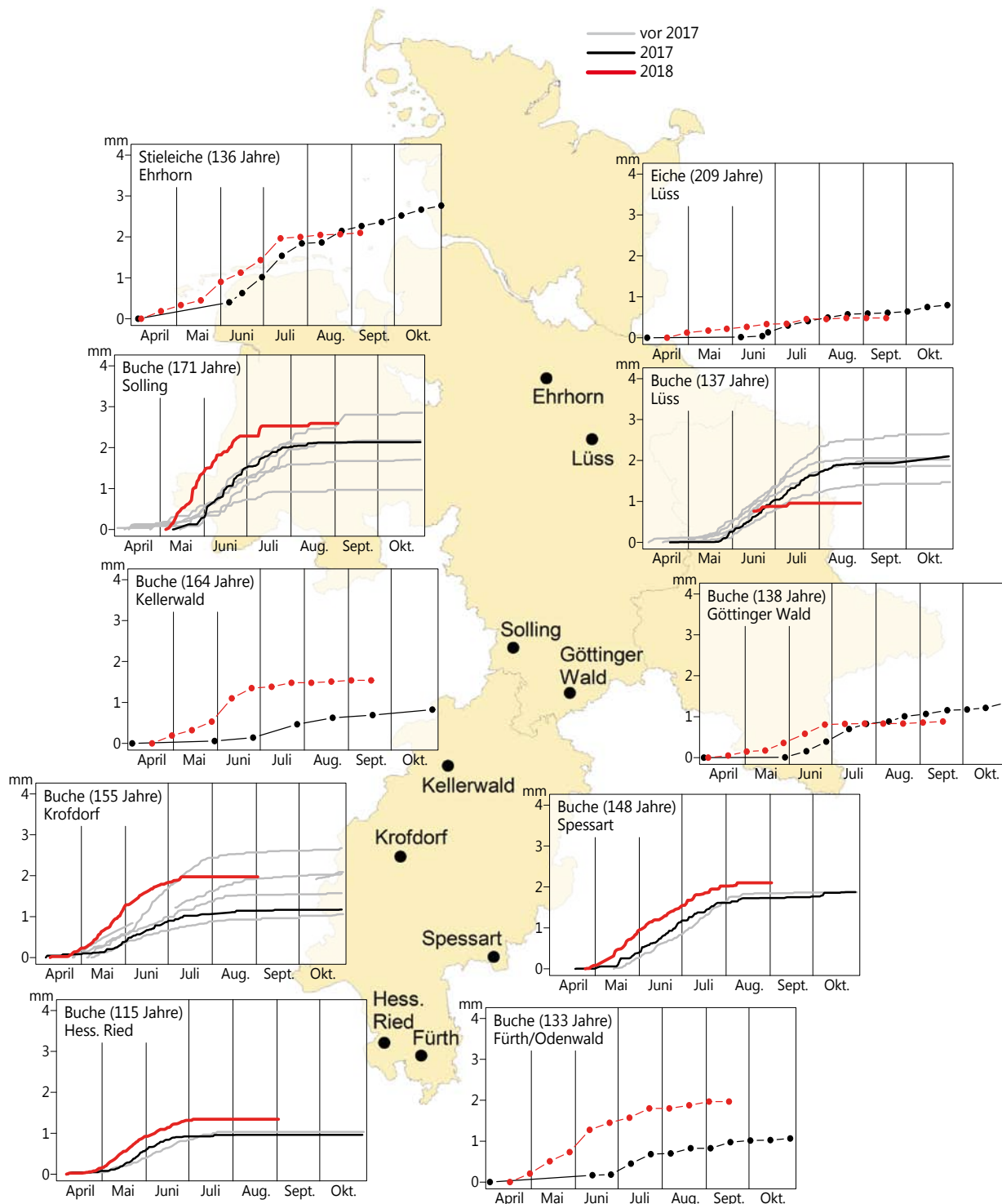
reits Ende April setzte eine starke Austrocknung ein, welche bis Ende Juni bis 1 m Tiefe zu Matrixpotenzialen von unter -800 hPa führte. Infolge dieser extrem frühen und anhaltenden Austrocknung des Bodens ließ sich bis Ende August kein Radialzuwachs der Kiefern registrieren.

Im Hess. Ried blieb das Dickenwachstum der Kiefern hingegen entsprechend den in Südhessen lange Zeit vergleichsweise günstigeren Witterungsbedingungen erst Mitte Juli hinter dem des Vorjahrs zurück.

Das Dickenwachstum der untersuchten **Buchen** begann 2018 aufgrund der sehr zeitigen Blattentfaltung bereits Mitte/Ende April, im Solling Anfang Mai. Mit Ausnahme

der Fläche Lüss lag der Radialzuwachs der Buchen dabei bis Ende Juni/Anfang Juli über dem Zuwachs der Vorjahre. Während auf den Flächen Lüss, Solling, Göttinger Wald, Krofdorf und Hess. Ried ab Anfang Juli kein Dickenwachstum mehr beobachtet werden konnte, war der Zuwachs auf den Flächen Kellerwald, Spessart und Fürth/Odenwald erst Ende Juli weitestgehend abgeschlossen. Ende August wiesen somit alle Buchenflächen einen durchschnittlichen bis überdurchschnittlichen Radialzuwachs auf. Lediglich für die Fläche Lüss (östl. Niedersachsen) lag der Zuwachs deutlich unter dem der Vorjahre. Dies passt zu den Ergebnissen der regionalen Witterungsanalyse, wonach neben Sachsen-

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



Auswirkungen der Trockenheit 2018 auf Wachstum und Vitalität

Anhalt vor allem Ostniedersachsen durch ein sehr großes und frühzeitiges Defizit bei der klimatischen Wasserbilanz in der Vegetationsperiode gekennzeichnet ist. Die übrigen Buchenflächen befinden sich in Hessen und Südniedersachsen, wo ein akuter Wassermangel bis in den Juni hinein durch das regelmäßige Auftreten ausreichend hoher Niederschläge verhindert wurde. Die Aufzeichnung der Bodenfeuchte auf der Buchenfläche im Hessischen Ried zeigt, dass die beginnende Austrocknung des Bodens durch lang anhaltende Niederschläge oder Starkregenereignisse bis in den Juli hinein immer wieder unterbrochen wurde. Die Niederschläge bewirkten sogar bis 1 m Bodentiefe eine temporäre Wiederbefeuchtung (Abb. unten). Das bis Anfang Juli kaum begrenzte Bodenwasserangebot sorgte in Verbindung mit den hohen Temperaturen und einem frühen Blattaustrieb für die bis zu diesem Zeitpunkt vergleichsweise starken Radialzuwächse auf dieser Fläche.

Der Radialzuwachs der beiden **Eichenflächen** unterscheidet sich deutlich im Niveau. Gründe für das deutlich schwächere Wachstum der Eichen auf der Fläche Löss sind vermutlich das mit 209 Jahren viel höhere Bestandesalter sowie der geringere Standraum der Bäume. Auf die 2018 herrschen-

den Wachstumsverhältnisse mit hohen Temperaturen und einem zu Beginn der Vegetationsperiode gut gefüllten Bodenwasserspeicher reagierten beide Bestände mit früh einsetzendem Zuwachs Mitte April und mit höheren Zuwächsen als 2017. Ab Juli (Löss) bzw. August (Ehrhorn) entspricht der Radialzuwachs etwa dem Niveau des Vorjahres. Beide Eichenflächen liegen im vergleichsweise stark von der warm-trockenen Witterung betroffenen östlichen Teil Niedersachsens.

Trockenstresssymptome 2018

Die Ergebnisse der Waldzustandserhebung (WZE) in Niedersachsen, Hessen, Sachsen-Anhalt und Schleswig-Holstein, die im Juli/August erhoben wurden, zeigen für 2018 – ausgelöst durch die extrem trocken-heiße Witterung ab April – einige Besonderheiten. Die Laubbäume haben mit eingerollten Blättern, einer früh einsetzenden Herbstverfärbung und vorzeitigem Blattabfall reagiert. Bei der Kiefer fiel auf, dass ältere Nadeln z. T. bereits braun verfärbt waren. Bei der Fichte wurden keine Auffälligkeiten in der Benadelung festgestellt.

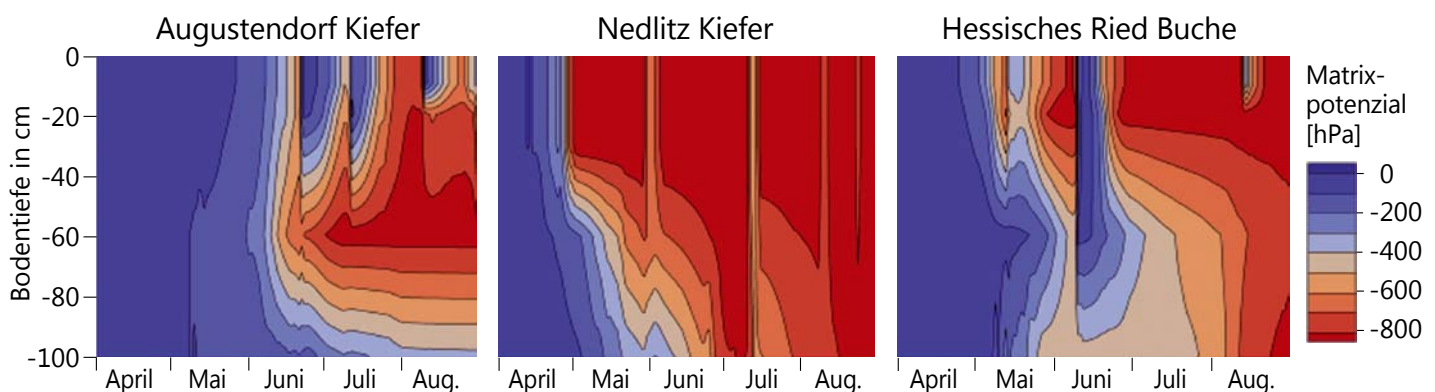
Das so genannte Blattrollen, bei dem die Blattspreite an der Blattachse nach oben gebogen ist und einen Verdunstungsschutz darstellt, ist im Erhebungszeitraum der WZE seit 1984 vor allem bei der Buche aufgetreten. 2018 wurden gerollte Blätter an vielen Laubbaumarten festgestellt (Abb. Seite 27). In allen vier Ländern war das Blattrollen bei der Buche am häufigsten, gefolgt von der Gruppe der anderen Laubbäume, zu denen z. B. Birke, Linde, Hainbuche, Esche, Erle und Ahorn gehören. Bei der Eiche sind gerollte Blätter in den Vorjahren nur selten beobachtet worden, 2018 dagegen an 1 % (Schleswig-Holstein) bis 35 % (Hessen) der Eichen.

Während in Jahren mit durchschnittlichem Witterungsverlauf die Herbstverfärbung und der Blattabfall im September/Oktober einsetzen, wurden 2018 bereits in der Erhebungsphase der Waldzustandserhebung (Mitte Juli-Mitte August) Verfärbungen an Blättern und Kiefernadeln sowie bei den Laubbäumen zusätzlich vorzeitiger Blattabfall dokumentiert. Auch mit diesen Reaktionen auf den Witterungsverlauf schützen sich die Bäume vor Austrocknung durch hohe Wasserverluste mit der Transpiration. Allerdings ist mit der früh einsetzenden Herbstverfärbung eine Verkürzung des Assimilationszeitraums verbunden. Das Wachstum, der Aufbau von Reservestoffen und die Anlage von Knospen zum



Foto: J. Evers

Entwicklung der Bodenfeuchte zwischen April und August 2018 bis in 1 m Bodentiefe auf ausgewählten Flächen des Intensiven Monitorings



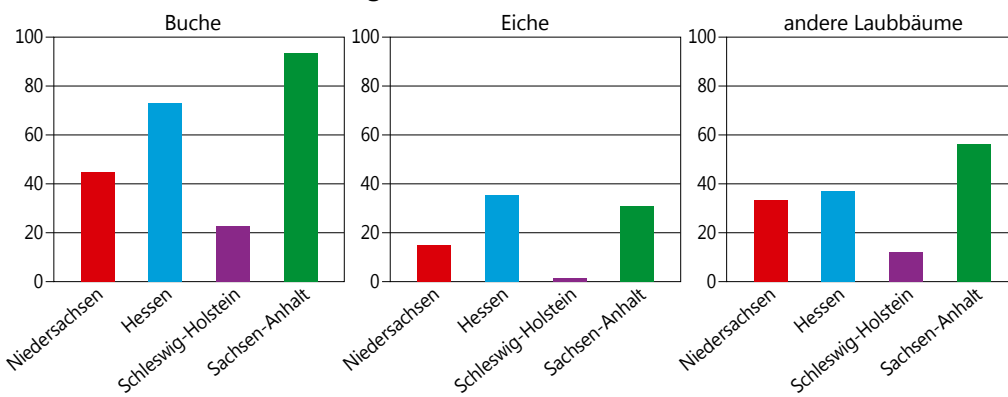
Rote Farben zeigen die Austrocknung verschiedener Bodentiefen an. Niederschläge bewirken Befeuchtungen (blaue Farben).

Auswirkungen der Trockenheit 2018 auf Wachstum und Vitalität



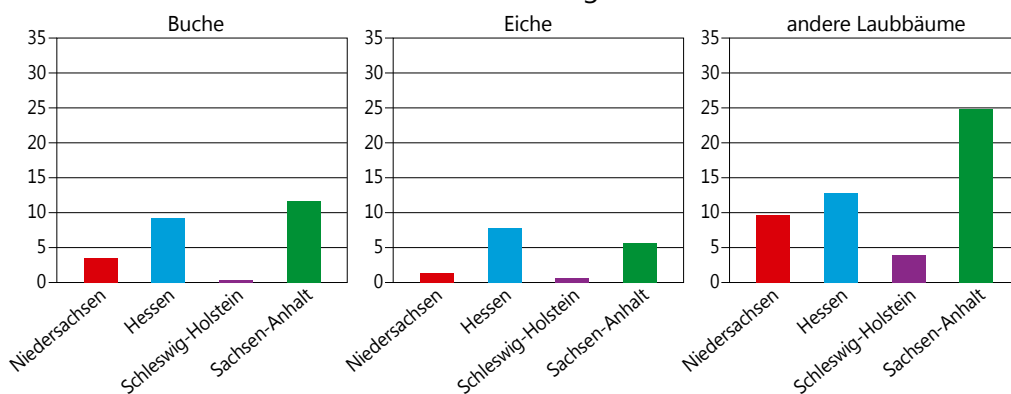
Foto: J. Weymar

Anteil der Bäume mit eingerollten Blättern in %



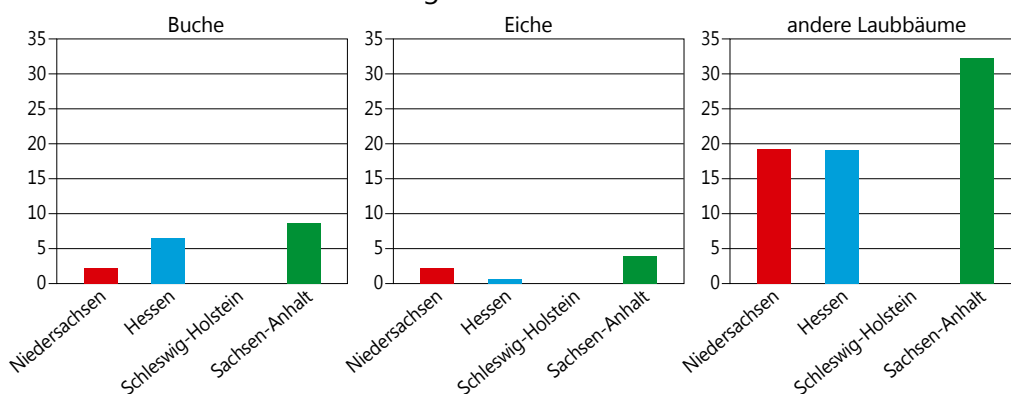
Austrieb im nächsten Jahr waren dadurch 2018 nicht im optimalen Umfang möglich. Die frühe Herbstverfärbung und vorzeitiger Blattabfall sind bei den anderen Laubbäumen häufiger als bei Buche und Eiche aufgetreten (Abb. links). In Schleswig-Holstein wurde kein vorzeitiger Blattabfall festgestellt. Neben dem vorzeitigen Abfall brauner Blätter fielen in Hessen und Sachsen-Anhalt an 30 % und in Niedersachsen an 20 % der WZE-Punkte mit Laubholz (mindestens 6 Laubbäume am WZE-Punkt) auch grüne Blätter (meist Hainbuche und Bergahorn, aber auch Buche) ab. Die Rückverlagerung wichtiger Nährstoffe aus dem Blatt konnte bei den betroffenen Bäumen vor dem Laubfall nicht mehr vollständig stattfinden.

Anteil der Bäume mit früher Herbstfärbung in %

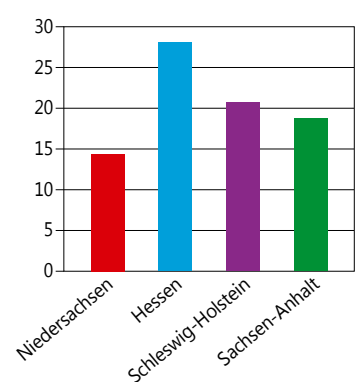


In allen vier Ländern war ein Teil der Kiefernadeln verfärbt. Der Anteil an Kiefern mit braunen Nadeln war in Hessen am höchsten (Abb. unten).

Anteil der Bäume mit vorzeitigem Blattabfall in %



Anteil Kiefern mit braunen Nadeln in %



Auswirkungen der Trockenheit 2018 auf Wachstum und Vitalität

Für Buche, Eiche, Fichte und Kiefer reichte offenbar die Wasserversorgung bis in den August aus, um die Belaubungsdichte weitgehend aufrecht zu erhalten. Die mittlere Kronenverlichtung ist für diese Baumarten im Vergleich zum Vorjahr nicht länderübergreifend angestiegen. In allen vier Ländern hat jedoch die Kronenverlichtung der anderen Laubbäume 2018 signifikant zugenommen (Abb. unten). In Hessen und Sachsen-Anhalt wurde 2018 für die Gruppe der anderen Laubbäume der Höchstwert der mittleren Kronenverlichtung im Zeitraum der Waldzustandserhebung erreicht. In Niedersachsen war der Verlichtungsgrad der anderen Laubbäume nur 1992 und in Schleswig-Holstein nur 2004 höher als 2018.

Die Ergebnisse der WZE spiegeln die Witterungssituation 2018 deutlich wider. In Sachsen-Anhalt, wo die Trockenheit 2018 am stärksten ausfiel, sind auch die Trockenstressreaktionen der Laubbäume häufiger. Niedersachsen und Hessen nehmen eine Mittelstellung ein, die geringsten Effekte treten in Schleswig-Holstein auf. Die Gruppe der anderen Laubbäume reagierte auf den Extremsommer stärker als Buche, Eiche, Fichte und Kiefer.

Andere Laubbäume (alle Alter)
mittlere Kronenverlichtung in %

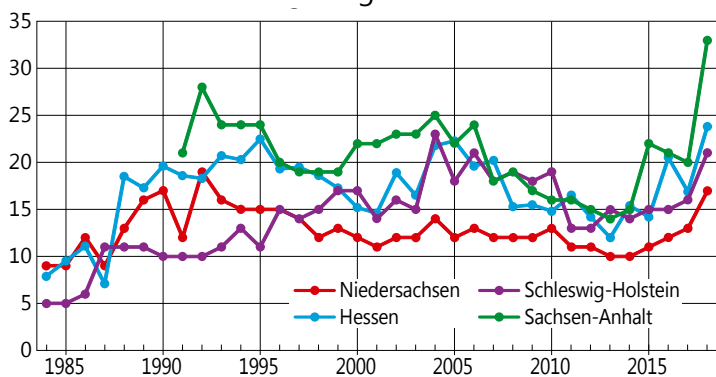


Foto: J. Weymar

Waldbrand

Die Waldbrandgefährdung ist in den vier Trägerländern der NW-FVA durch die Waldstruktur sehr unterschiedlich. Während in Hessen und Schleswig-Holstein Laubwälder mit geringem Waldbrandrisiko überwiegen, sind Niedersachsen und Sachsen-Anhalt großflächig mit Kiefernbeständen auf Sandböden bewaldet, für die ein deutlich höheres Waldbrandrisiko besteht. Im Jahr 2018 war das Waldbrandrisiko durch die lang anhaltende Dürre und auch durch das Sturmholz jedoch in allen vier Ländern überdurchschnittlich hoch.

In Sachsen-Anhalt brannte es im Wald 2018 häufiger als in den vorangegangenen acht Jahren. Die Waldbrandstatistik verzeichnet in diesem Jahr bis zum 1. 10. 2018 bereits 162 Waldbrände mit einer Gesamtfläche von 122 Hektar. Der in diesem Jahr größte Waldbrand in Sachsen-Anhalt entstand im Landkreis Wittenberg am 3. Juli 2018 durch einen Feldbrand, der auf den angrenzenden Wald übergriff.

Anzahl und Fläche der Waldbrände 2010-2018 in Sachsen-Anhalt

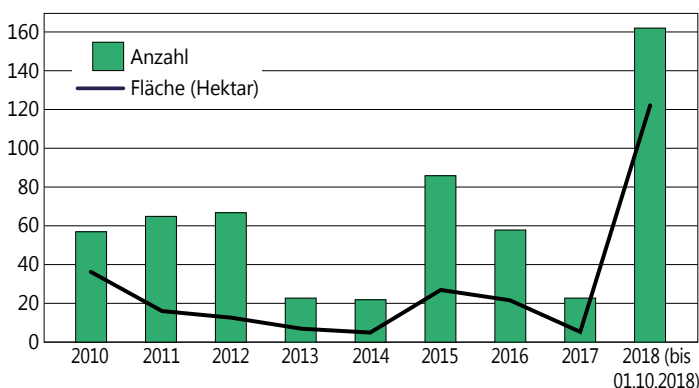
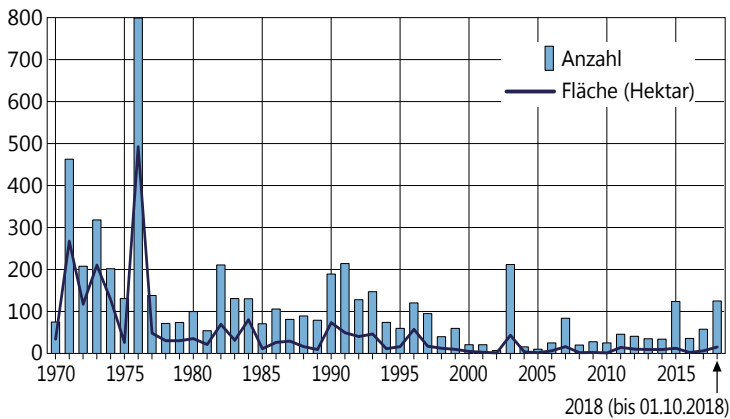


Foto: T. Ullrich

Auswirkungen der Trockenheit 2018 auf Wachstum und Vitalität

In Hessen hat es in den 1970er Jahren besonders häufig im Wald gebrannt. Die meisten Brände (492) mit einer Gesamtfläche von 800 Hektar gab es im Trockenjahr 1976. Seit den 1980er Jahren sind sowohl Anzahl als auch Flächengröße von Waldbränden stark zurückgegangen. 1982, 1991, 1992 und das Trockenjahr 2003 fallen durch erhöhte Waldbrandzahlen auf, erreichen aber bei weitem nicht das Niveau der 1970er Jahre. Während es im Zeitraum 2010-2017 im Mittel 50 Waldbrände pro Jahr gab, waren es 2018 (bis zum 1.10.2018) bereits 125 Brände.

Anzahl und Fläche der Waldbrände 1970-2018 in Hessen



Für Niedersachsen und Schleswig-Holstein liegen für 2018 noch keine Zahlen zur Waldbrandsituation vor.

Obwohl mit dem Klimawandel auch die Waldbrandgefährdung in den letzten Jahrzehnten angestiegen ist, zeigen die Waldbrandzahlen und insbesondere die Flächengröße in den letzten 20 Jahren eine abnehmende Tendenz. Dies ist vor allem ein Erfolg der verbesserten Waldbrandüberwachungssysteme, mit deren Hilfe Waldbrände schneller entdeckt und gelöscht werden können. Auch der Ausbau des Wegenetzes, zusätzliche Löschwassereinsatzstellen und die gezielte Ausstattung und Ausbildung der Feuerwehren haben zur Verminderung der Waldbrandzahlen beigetragen.



Foto: Landesforstbetrieb Sachsen-Anhalt



Foto: J. Weymar

Fazit

Die lang anhaltende Trockenperiode 2018 ist als außergewöhnliche Dürre einzuordnen. Sie betraf alle Trägerländer der NW-FVA und ist in ihrer Ausprägung mit dem Ereignis von 1976 vergleichbar, wobei in Sachsen-Anhalt die diesjährige Trockenheit sogar noch extremer war als im Jahr 1976. Aufgrund der gut gefüllten Bodenwasserspeicher zu Beginn der Vegetationszeit 2018 waren die Folgen der Trockenheit erst relativ spät im Verlauf des Jahres zu beobachten. Es ist jedoch davon auszugehen, dass sich Wirkungen der Trockenheit erst in nachfolgenden Jahren zeigen. Ähnliches gilt für die Fichte mit Blick auf die wärmebegünstigte Entwicklung der Borkenkäfer. Besonderes Augenmerk ist auf die Entwicklung der Anzahl absterbender Bäume in Folge des Witterungsverlaufes 2018 zu legen.

Die bezüglich ihres Stammzuwachses untersuchten Kiefern- und Fichtenbestände reagierten stärker auf die ab Frühjahr 2018 herrschende Witterung als Buchen und Eichen. Dies zeigt sich besonders gut an den Standorten Solling und Fürth im Odenwald, wo Fichten- und Buchenbestände in unmittelbarer Nachbarschaft bei nahezu identischen Standortbedingungen untersucht werden, sowie im Hess. Ried, mit dem Baumartenvergleich Buche - Kiefer. Der Zuwachs der Fichten und Kiefern lag in allen untersuchten Beständen bis Ende August deutlich unter dem der letzten Jahre, während der Radialzuwachs der Buchen lediglich auf der Fläche Lüss deutlich geringer war als in den Vorjahren. Die übrigen Buchenflächen verzeichneten dagegen normale bis hohe Zuwächse und auch bei den beiden Eichenbeständen entsprach das Dickenwachstum dem Niveau des Vorjahres.

Auf die Wärme im Frühjahr bei überwiegend noch gefülltem Bodenwasserspeicher haben die Bäume mit einem frühen Laubaustrieb reagiert. Für Buche, Eiche und Fichte sind bis in den August hinein keine gravierenden Trockenstresssymptome beobachtet worden. Bei der Kiefer sind dagegen bereits ab Juli braune Nadeln aufgetreten. Für die anderen Laubbäume waren die Auswirkungen der lang anhaltenden Trockenheit in allen vier Trägerländern der NW-FVA am stärksten. In Sachsen-Anhalt waren die Folgen des Wassermangels am auffälligsten, in Schleswig-Holstein am geringsten.

Die Waldbrandzahlen stiegen 2018 in Sachsen-Anhalt und Hessen an.

Insekten und Pilze

Michael Habermann, Ulrich Bressemer, Rainer Hurling,
Gitta Langer und Pavel Plašil

Borkenkäfer

Eine brisante Entwicklung der Borkenkäfer kennzeichnet das Jahr 2018. Vor allem der rindenbrütende Buchdrucker (*Ips typographus*) nutzte das riesige Angebot von Brutraum, das ihm Wurf- und Bruchholz sowie umfangreiche Holzlager nach einer durch zahlreiche Stürme besonders schadens-trächtigen Wintersaison boten. Seine Brutn entwickelten sich bei Sommertemperaturen, die bereits ab Mitte April einsetzten, und bei einer monatelangen gravierenden Trockenheit überwiegend sehr gut. Besonders ab Juni zeigten verbreitet Fichtenbestände einen massiven Befall und raschen Befallsfortschritt, was auf fehlende Abwehrkräfte der Fichte und sich dramatisch verschärfende Brutherdbildungen der Käfer hinwies. Die trocken-heiße Witterung führte dazu, dass sich Befall selbst im Innern bisher intakter Bestände und auf frischeren Standorten, die sonst weniger gefährdet sind, entwickeln konnte. Vereinzelt musste bereits die vollständige Bestandesauflösung hingenommen werden. Der nur geringe Harzdruck, zu dem die Fichten unter diesen Witterungsbedingungen in der Lage waren, machte zudem die Befallsansprache bei Sichtkontrollen der Fichten schwierig. Die Forstbetriebe in den Fichtengebieten bemühen sich, in der verbleibenden Zeit bis zum Saisonende, mittels Sanitärtrieb der befallenen Bäume und durch Behandlung besiedelter Holzpolter vor dem Ausflug möglichst wenige Buchdrucker in die Überwinterung gehen zu lassen, um den Befallsdruck für das kommende Frühjahr zu reduzieren. Lokal zeigten auch Kupferstecher (*Pityogenes chalcographus*) in der Fichte und anderen Nadelhölzern, der Lärchenborkenkäfer (*Ips cembrae*) und der Zwölfzählige Kiefern-borkenkäfer (*Ips sexdentatus*) vermehrte Vorkommen. Unter den holzbrütenden Borkenkäfern traten, vermutlich ebenfalls aufgrund der Witterungsbedingungen, der Asiatische Nutzholzborkenkäfer (*Xyleborus germanus*) und der Amerikanische Nadelnutzholzborkenkäfer (*Gnathotrichus materiarius*) lokal wieder verstärkt auf. Der früh schwärmende Gestreifte Nadelnutzholzborkenkäfer (*Xyloterus lineatus*) profitierte vergleichsweise wenig von dem noch frischen Bruch- und Wurfholz des Winters.



Borkenkäferbefall

Foto: NW-FVA, Abteilung Waldschutz

Eschentriebsterben

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 führte örtlich im Zuständigkeitsbereich der NW-FVA zur Auflösung von Bestandteilen und zum Absterben von Eschen. Das Eschentriebsterben wird weiterhin intensiv auf Beobachtungsflächen untersucht und es werden Waldschutzberatungen durchgeführt sowie Wissenstransfer bezüglich der Erkrankung geleistet.



Eschentriebsterben

Foto: M. Spielmann

Tannen-Rindennekrose

Die komplexe Erkrankung der Tannen-Rindennekrose, die seit dem Frühjahr 2016 regional im Zuständigkeitsbereich der NW-FVA beobachtet wird, ist noch nicht zum Stillstand gekommen. Auslösende Faktoren dieser Erkrankung sind Witterungsbedingung sowie ein Befall mit (Stamm-)Läusen (in der Regel *Adelges piceae*) und nachfolgend ein Befall mit dem Mikropilz *Neonectria neomacrospora*. Erkrankte Bäume (*Abies alba* und *A. grandis*) der letzten Jahre sind weiterhin betroffen und fallen durch abnehmende Vitalität auf oder starben teilweise ab.

Absterbeerscheinungen bei Douglasie

Bei Douglasien aller Altersklassen traten in diesem Jahr gehäuft unterschiedlichste Schadsymptome und Absterbeerscheinungen auf. Ein entscheidender, auslösender Faktor für Absterbeerscheinungen bei den Douglasien waren die besonderen Witterungsbedingungen im Spätwinter mit Frostereignissen sowie zu warmen Temperaturen vom Frühling bis in den Sommer. Bei Douglasien unterschiedlichen Alters löste das Frostereignis unter -10 °C Ende Februar/Anfang März eine auffällige Nadelverfärbung und massive Rußige Schütte (*Phaeocryptopus gaeumannii*) aus. Ab April 2018 zeigten sich bei diesjährigen Pflanzungen mit wurzelnackten Pflanzen teilweise hohe Absterberaten infolge des Pflanzschocks und der zu hohen Temperaturen und Trockenheit.

Stoffeinträge

Birte Scheler

In Wäldern ist der atmosphärische Eintrag für viele Nähr- und Schadstoffe die Haupteintragsquelle. Luftverunreinigungen gelangen in gelöster Form mit dem Niederschlag und zusätzlich durch den Auskämmeffekt der Baumkronen gas- und partikelförmig in das Ökosystem Wald. Aufgrund dieses Filtereffektes ist der Eintrag anthropogener bedingter Schwefel- und Stickstoffverbindungen (Nitrat und Ammonium) im Wald deutlich höher als bei anderen Landnutzungsformen. Diese so genannte Immissionsschutzfunktion des Waldes stellt jedoch für das Ökosystem Wald selbst eine Belastung dar, da Stoffeinträge das chemische Bodenmilieu durch Versauerung und Eutrophierung verändern. In Schleswig-Holstein wird seit 1989 im Rahmen des Intensiven Forstlichen Umweltmonitorings der Stoffeintrag in einen 113-jährigen Buchenbestand bei Bornhöved erfasst. Der Bestandesmessfläche (Kronentraufe und Stammbauflur) ist eine Freifläche (Freilandniederschlag) zugeordnet. Zusätzlich wird zur Erfassung des gesamten Bestandesniederschlags der Stammbauflur gemessen und analysiert, der in Buchenbeständen quantitativ bedeutsam ist. Mittels eines Kronenraumbilanzmodells (Ulrich 1991) werden aus den gemessenen Stoffflüssen Gesamtdositionsraten berechnet. Die Höhe der Stoffeinträge wird maßgeblich durch verschiedene Faktoren wie Niederschlagsmenge und -verteilung, Baumart, Bestandeshöhe, Kronenrauigkeit bzw. lokale Emittenten bestimmt. Aus diesem Grund sind die Stoffeinträge in niederschlagsärmeren Gebieten in der Regel niedriger als in niederschlagsreichen Gegenden und aufgrund des Laubabwurfs unter Buche geringer als unter Fichte und Douglasie.

Niederschlag

2017 betrug der Bestandesniederschlag (Kronentraufe und Stammbauflur) in Bornhöved 774 mm und lag damit 175 mm bzw. 29 % über dem 10-jährigen Mittel 2007-2016. Im Freiland fielen 980 mm Niederschlag bzw. 240 mm (30 %) mehr als im Vergleichszeitraum. Insgesamt zeigt sich im Beobachtungszeitraum aber kein Trend der Niederschlagshöhe.



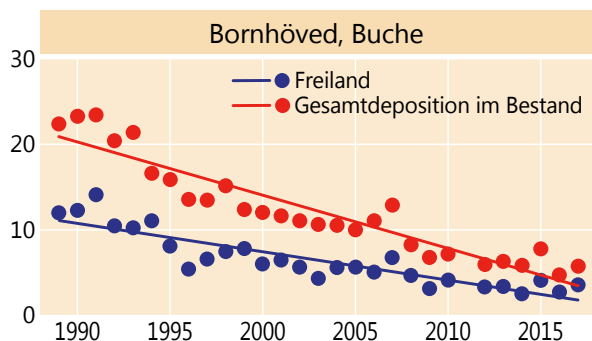
Intensiv-Monitoringfläche Bornhöved

Foto: O. Schwedtfeger

Schwefeleintrag

Durch die konsequente Umsetzung von Maßnahmen zur Luftreinhaltung wie Rauchgasentschwefelung und die Einführung schwefelarmer Kraft- und Brennstoffe konnten die Schwefeldioxidemissionen wirksam reduziert werden. In der Folge ging auch der Schwefeleintrag (gemessen als Sulfatschwefel SO_4-S) seit Mitte der 1980er Jahre stark zurück. Die stetige Abnahme der Schwefeleinträge setzte sich trotz des bereits zu Beginn der 2000er Jahre erreichten niedrigen Niveaus in den vergangenen 10 Jahren in abgeschwächter Form weiter fort. Aufgrund der deutlich erhöhten Niederschlagsmenge im Jahr 2017 hat sich der Schwefeleintrag im Vergleich zu 2016 wieder leicht erhöht. 2017 betrug er pro Hektar 3,6 kg im Freiland und 5,8 kg unter Buche und war damit pro Hektar 1,1 kg (Buche) bzw. 0,9 kg (Freiland) höher als im Vorjahr. Der Anteil von nicht seesalzbürtigem Sulfat betrug dabei pro Hektar 3,0 kg mit der Gesamtdosition unter Buche und 1,9 kg im Freiland.

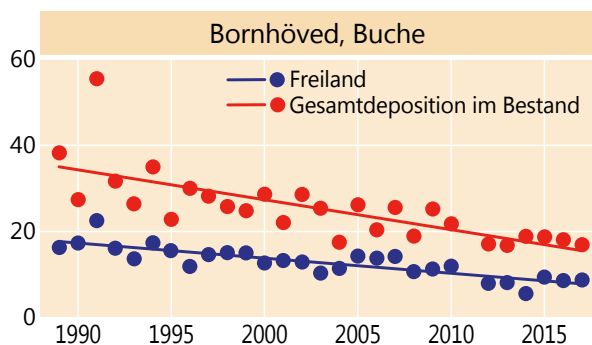
Sulfatschwefel-Eintrag (SO_4-S inkl. seesalzbürtigem Anteil) im Freiland und im Bestand in kg pro Hektar und Jahr



Stickstoffeintrag

Stickstoff wird einerseits in oxidierter Form als Nitrat (Quellen: Kfz-Verkehr, Verbrennungsprozesse) andererseits in reduzierter Form als Ammonium (landwirtschaftliche Quellen) in das Ökosystem eingetragen. Im langjährigen Mittel (1989-2016) betrug das Verhältnis Ammonium zu Nitrat annähernd 60:40, der Ammoniumanteil schwankte in den einzelnen Jahren zwischen 43 und 67 %.

Stickstoff-Eintrag ($NH_4-N + NO_3-N$) im Freiland und im Bestand in kg pro Hektar und Jahr



Stoffeinträge

Der Eintrag von Nitratstickstoff hat im Freiland und der Gesamtdeposition seit Untersuchungsbeginn signifikant abgenommen. Er betrug 2017 pro Hektar im Freiland 3,4 kg und unter Buche 7,2 kg (Gesamtdeposition mit Stammablauf). Im Vergleich zum Mittel der Jahre 2007-2016 reduzierte sich der Nitratreintrag pro Hektar unter Buche um 2,4 kg und im Freiland um 0,7 kg.

Der Ammoniumstickstoffeintrag hat über den Gesamtzeitraum seit 1989 betrachtet ebenfalls signifikant abgenommen, verharret jedoch in den letzten 10 Jahren mit jährlichen Schwankungen auf dem bis dahin erreichten Niveau. 2017 betrug er im Freiland 5,2 kg pro Hektar und unter Buche 9,9 kg.

Verschiedene Bemühungen haben in der Vergangenheit zu einer Reduktion der Stickstoffemissionen und hieraus resultierenden rückläufigen Einträgen geführt. Diese Entwicklung hat sich in Bornhöved in den vergangenen Jahren jedoch nur für Nitrat weiter fortgesetzt. Der anthropogen bedingte atmosphärische anorganische Stickstoffeintrag überschreitet im Mittel der letzten 10 Jahre (2008-2017) mit 20,1 kg pro Hektar nach wie vor den Bedarf der Wälder für das Baumwachstum. Stickstoffeinträge, die über dem Bedarf des Ökosystems für das Wachstum liegen, ziehen jedoch – ggf. zeitverzögert – gravierende negative Konsequenzen für den Wald selbst sowie angrenzende Ökosysteme wie Oberflächen- und Grundgewässer nach sich.

Gesamtsäureeintrag

Der Gesamtsäureeintrag berechnet sich als Summe der Gesamtdeposition von Nitrat, Ammonium, Sulfat und Chlorid (jeweils nicht seesalzbürtige Anteile). Der Netto-Gesamtsäureeintrag berechnet sich aus dem Gesamtsäureeintrag abzüglich der mit dem Niederschlag eingetragenen Basen Calcium, Magnesium und Kalium (jeweils nicht seesalzbürtige Anteile; Gauger et al. 2002).

2017 betrug der Gesamtsäureeintrag pro Hektar im Freiland 0,8 kmol_c und im Buchenbestand 1,6 kmol_c.



Stammablauf-Messanlage

Foto: T. Friedhoff

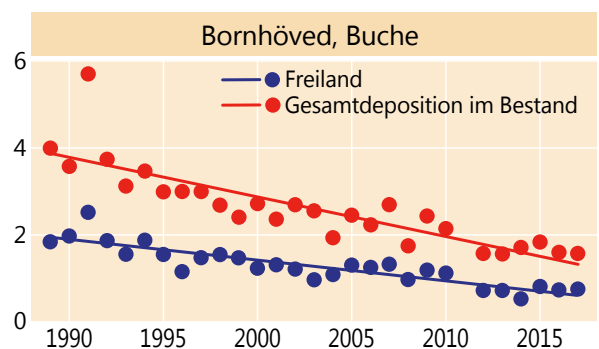


Intensiv-Monitoringfläche Bornhöved

Foto: O. Schwedtfeger

Die Höhe der atmosphärischen Baseneinträge pro Hektar mit dem Bestandesniederschlag lag 2017 bei 0,05 kmol_c. Durch diese basischen Einträge werden auf der Fläche nur 3 % der Säureeinträge in den Wald neutralisiert. Ein weiterer Teil der Säureeinträge wird auf dem Wege der Basenfreisetzung durch Verwitterung gepuffert. Die nachhaltige Säurepufferkapazität insbesondere nährstoffarmer Waldstandorte reicht jedoch auch unter Berücksichtigung der Baseneinträge nicht zur Kompensation der Säureeinträge aus. Eine standortsangepasste Kalkung zum Schutz der Waldböden und der Erhaltung ihrer Filterfunktion für das Grundwasser kann empfohlen werden.

Gesamtsäure-Eintrag im Freiland und im Bestand in kmol_c pro 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.

Schwermetalle im Sickerwasser

Birte Scheler

Schwermetalle und ihre Bedeutung

Schwermetalle können durch ihre Neigung zur Akkumulation toxisch auf Pflanzen, Tiere und Menschen wirken (Scheffer & Schachtschabel 2002). In erster Linie stellen sie eine Gefahr für die Organismen der Zersetzerkette dar; krautige Pflanzen und Bäume werden erst bei höheren Belastungen geschädigt. Blei, Cadmium und Quecksilber sind für die belebte Umwelt aufgrund ihrer hohen Toxizität besonders problematisch. Die Schwermetalle Kupfer, Kobalt und Zink sind hingegen als so genannte essentielle Mikronährstoffe Bestandteile von Enzymen und Vitaminen und für einen gesunden Organismus notwendig (Schneider 1999, Hintermaier-

Erhard & Zech 1997). Kupfer ist beispielsweise Bestandteil eines Enzyms, das wichtig für die Heilung des Pflanzengewebes nach Verletzungen ist, Zink ist an der Bildung von Wuchsstoffen beteiligt und Kobalt regelt wahrscheinlich Prozesse in der Zellatmung (www.duenger-und-erde.de, Finck 1991). Bei erhöhter Konzentration und Bioverfügbarkeit wirken aber auch diese Schwermetalle toxisch.

Ursprung der Schwermetallbelastung

In Böden kommen Schwermetalle je nach Ausgangsgestein naturbedingt in unterschiedlichen Konzentrationen vor. Durch menschliche Aktivitäten wie Verbrennungsprozesse und Güterproduktion wurden und werden teilweise große Mengen verschiedener Schwermetalle freigesetzt. Blei wurde früher dem Benzin als Antiklopfmittel zugesetzt, findet Verwendung in Akkumulatoren (v. a. Starterbatterie für Kraftfahrzeuge, Energiespeicher für E-Autos) oder als Pigment in rostschützenden Grundierungen und Farben. Cadmium ist in Batterien, älteren Energiesparlampen und Düngemitteln enthalten und findet Verwendung als Stabilisator in Kunststoffen sowie als Korrosionsschutz.

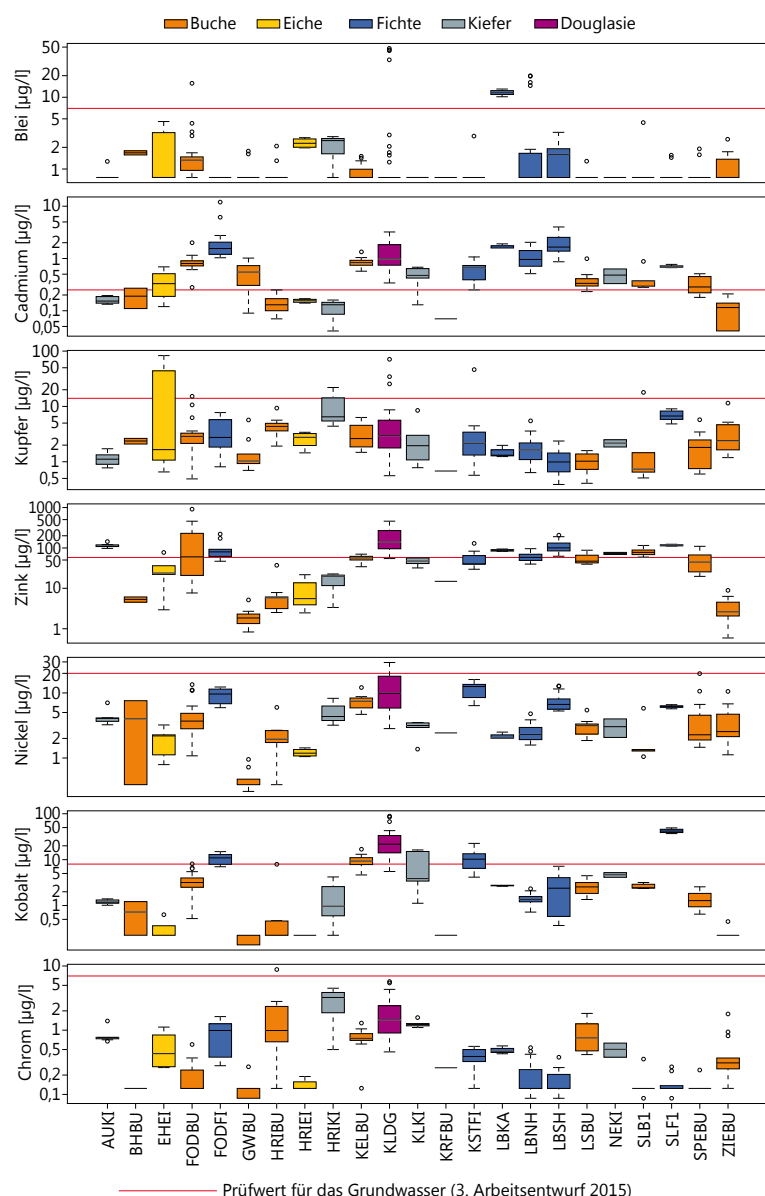
Mit dem Ferntransport in der Atmosphäre gelangen diese Stoffe als Stäube auch in Gebiete, die von den Emissionsquellen weit entfernt liegen. Durch den Auskämmeffekt der Baumkronen kommt es besonders in Waldböden zu einer Anreicherung von Schwermetallen, obwohl im Rahmen der forstlichen Bewirtschaftung keine Schwermetalle durch den Einsatz von mineralischen und organischen Düngern oder Pflanzenschutzmitteln in das Waldökosystem eingetragen werden.

Schwermetalle in der Bodenlösung

Schwermetalle kommen im Waldboden sowohl in schwerlöslicher Form als Carbonate, Sulfate und Sulfide als auch in leichter löslicher Form angelagert an Huminstoffe oder mineralischen Oberflächen vor. Ihre Toxizität hängt stark von der Löslichkeit ab. Geringe Säuregrade (d. h. hohe pH-Werte im Boden) und hohe Ton- und Humusgehalte tragen zur Immobilisierung von Schwermetallen bei, während in sauren sowie ton- und humusarmen Böden bereits geringe Schwermetallgehalte ökologische Beeinträchtigungen zur Folge haben können. Im Bodenwasser gelöste Schwermetalle sind besonders leicht verfügbar. Aus diesem Grund geht von ihnen eine höhere Gefährdung aus. Zudem können gelöste Schwermetalle mit dem Sickerwasser in das Grundwasser übertreten.

Im Rahmen des Forstlichen Umweltmonitorings werden in den Trägerländern der NW-FVA auf ausgewählten Level II-Flächen die Schwermetallkonzentrationen in der Bodenlösung erfasst. Zusätzlich wurden 2016 bzw. 2017 auf allen Flächen des Intensiven Monitorings ein Jahr lang die Schwermetalle in der Bodenlösung unterhalb des Hauptwurzelraumes, d. h. je nach Fläche in einer Bodentiefe zwischen 60 und 400 cm, bestimmt. In der Zusammenschau mit den

Schwermetallkonzentration



Schwermetallkonzentration ($\mu\text{g/l}$) in der Bodenlösung von Intensiv-Monitoringflächen unterhalb des Hauptwurzelraums.

AUKI = Augustendorf Kiefer, BHBU = Bornhöved Buche, EHEI = Ehrhorn Eiche, FODBU = Fürth/Odenwald Buche, FODFI = Fürth/Odenwald Fichte, GWBU = Göttinger Wald Buche, HRIBU = Hess. Ried Buche, HREI = Hess. Ried Eiche, KELBU = Kellerwald Buche, KLDG = Klütze Douglasie, KLKI = Klütze Kiefer, KRFBU = Krodorf Buche, KSTFI = Königstein Fichte, LBKA = Lange Bramke Kamm Fichte, LBNH = Lange Bramke Nordhang Fichte, LBSH = Lange Bramke Südhang Fichte, LSBU = Lüss Buche, NEKI = Nedlitz Kiefer, SLB1 = Solling Buche, SLF1 = Solling Fichte, SPEBU = Spessart Buche, ZIEBU = Zierenberg Buche

Schwermetalle im Sickerwasser

Schwermetallgehalten des Bodens, die im Rahmen der im 10-jährigen Turnus stattfindenden Bodenuntersuchungen erhoben werden, konnte so ein Überblick über die Schwermetallbelastung von Waldstandorten gewonnen werden. In Abhängigkeit von der Anzahl der Bodenlösungssammler (Lysimeter) konnten pro Fläche zwischen 1 und 39 Bodenlösungsproben auf die Gehalte von Blei, Cadmium, Kupfer, Zink, Nickel, Kobalt und Chrom analysiert werden.

Da es für Sickerwasser keine speziellen Grenzwerte für die Schwermetallbelastung gibt, werden zur Beurteilung der Qualität der Bodenlösung die Prüfwerte für das Grundwasser herangezogen (3. Arbeitsentwurf, Anlage 9, 2015). Für die Elemente Blei und Cadmium entsprechen die Grundwasserprüfwerte den Schwellenwerten der Umweltqualitätsnorm gemäß Richtlinie 2008/105/EG.

Die Ergebnisse dieser einjährigen Messkampagne dienen der Beantwortung folgender Fragen:

- Wie hoch sind die Schwermetallkonzentrationen von Blei, Cadmium, Chrom, Kobalt, Kupfer, Nickel und Zink in der Bodenlösung von Waldböden?
- Lassen sich baumartenspezifische Belastungsunterschiede erkennen?

Blei wird stark an mineralischen Oberflächen angelagert und im Humus gebunden. Die Bodeninventuren auf den Intensiv-Monitoringflächen zeigen, dass die Bleigehalte in der oberen Bodentiefe (0-5 cm) zwischen 13 mg/kg (Lüss Buche, schwach verlehmt Sand) und 337 mg/kg (Lange Bramke Südhang, Fichte, Grauwacke) betragen, mit der Tiefe jedoch deutlich abnehmen auf Werte zwischen 1 mg/kg und 49 mg/kg. Trotz geringer Bleigehalte im Boden unterhalb des Hauptwurzelraums wurden in der Bodenlösung der Douglasienfläche in Klötze (Sachsen-Anhalt) in 100 cm Bodentiefe in vier von 39 Proben Bleigehalte zwischen 33 µg/l

und 48 µg/l gemessen. Auf den Fichtenflächen Lange Bramke im Harz wurden auf der Kammfläche in 80 cm Bodentiefe in drei Proben Bleikonzentrationen zwischen 10 µg/l und 13 µg/l und auf der Nordhangfläche in 4 von 20 Proben Bleigehalte zwischen 15 µg/l und 20 mg/l gemessen. Abgesehen von diesen Werten, welche die EU-Umweltqualitätsnorm in Höhe von 7 µg/l teilweise ganz erheblich überschritten, lag die Bleikonzentration über alle Flächen betrachtet jedoch in 95 % der Proben unterhalb der Umweltqualitätsnorm, in 68 % der Proben sogar unterhalb der Bestimmungsgrenze von 1,14 µg/l.

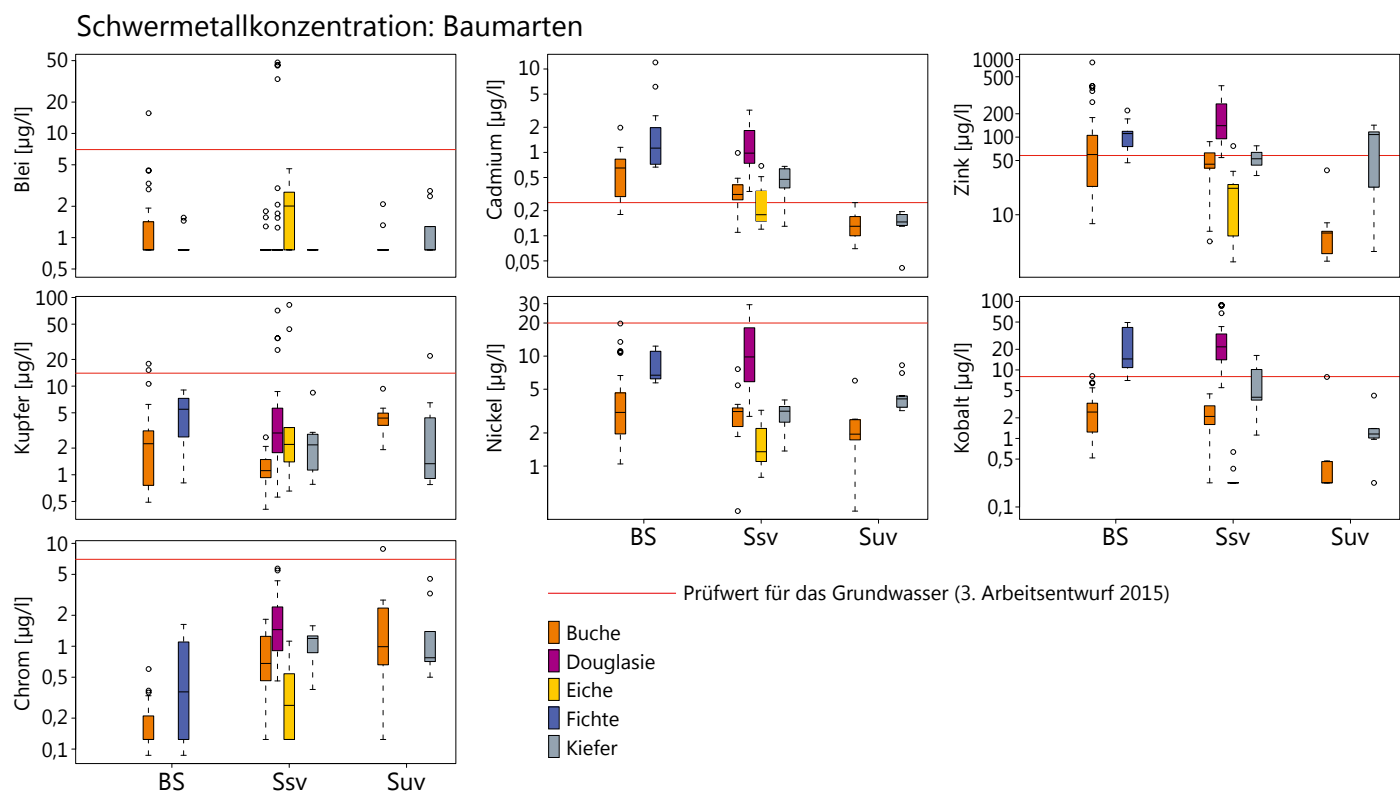
Cadmium wird im Gegensatz zu Blei nur schwach im Boden gebunden und dadurch leichter in größere Bodentiefen verlagert. Die Umweltqualitätsnorm für Cadmium beträgt 0,25 µg/l. Dieser Wert wurde jedoch nur auf fünf von 23 Flächen bei allen Proben eingehalten, auf 11 Flächen wurde er dagegen in allen Proben erheblich überschritten. Die maximale Konzentration wurde mit 12 µg/l unter Fichte in Fürth/Odenwald gemessen.

Die **Kupfer**konzentration war in 96 % der Proben geringer als 14 µg/l, dem Prüfwert für das Grundwasser. Überschritten wurde dieser Wert in 10 Proben.

Für **Zink** liegt der Prüfwert für das Grundwasser bei 58 µg/l. Auf sieben Flächen wurde der Grundwasserprüfwert in allen Proben eingehalten, auf sechs Flächen in keiner Probe. Besonders hohe Konzentrationen von über 300 µg/l wurden in Fürth/Odenwald unter Buche und in Klötze unter Douglasie gemessen.

Die **Nickel**konzentration war auf 22 von 23 Flächen in allen Proben geringer als der Prüfwert (20 µg/l); dieser wurde nur auf der Douglasienfläche in Klötze in acht von 39 Proben nicht eingehalten.

Auf 16 von 23 Flächen wurde der Prüfwert für **Kobalt** (8 µg/l) in allen Analysen unterschritten. Auffallend hohe Kobaltkonzentrationen wurden auf den Fichtenflächen Sol-



Schwermetallkonzentrationen (µg/l) in der Bodenlösung unter verschiedenen Baumarten auf den Substratgruppen Buntsandstein (BS), schwach verlehmt Sande (Ssv) und unverlehmt Sande (Suv)

Schwermetalle im Sickerwasser

ling, Königstein und Fürth/Odenwald gemessen, außerdem in Klütze unter Douglasie und im Kellerwald unter Buche.

Auf 22 von 23 Flächen lag die Konzentration von **Chrom** in allen Proben deutlich unter dem Prüfwert in Höhe von $7 \mu\text{g/l}$. Lediglich auf der Fläche Hess. Ried Buche wies eine von neun Proben eine höhere Chromkonzentration auf.

Für die Beantwortung der Frage, ob die Baumart ggf. einen Einfluss auf die Schwermetallbelastung der Bodenlösung hat, wurden die Flächen an Hand ihrer Substratgruppe zusammengefasst. Innerhalb derselben Substratgruppe wurden die Schwermetallkonzentrationen der verschiedenen Baumarten miteinander verglichen. Für die Substratgruppe Buntsandstein konnten Buche und Fichte, für die Substratgruppe schwach verlehmt Sande Buche, Eiche, Kiefer und Douglasie und bei den unverlehmt Sanden Buche und Kiefer miteinander verglichen werden. Aufgrund der geringen Flächen- und Analysenanzahl sowie der unterschiedlichen Tiefe der Probenahme geben diese Ergebnisse jedoch nur einen ersten Hinweis auf einen möglichen Baumarteneinfluss und können nicht ohne Weiteres verallgemeinert werden.

Beim Vergleich Fichte/Buche (Substratgruppe Buntsandstein, Solling und Fürth/Odenwald) ist die Konzentration von Cadmium, Kupfer, Kobalt und Chrom unter Fichte signifikant höher als unter Buche. Die Bleikonzentration hingegen war unter Buche höher als unter Fichte.

Auf den schwach verlehmt Sanden ist die Konzentration von Cadmium und Nickel unter Douglasie deutlich höher als unter den Baumarten Buche, Eiche und Kiefer, die sich bezüglich der Konzentration dieser beiden Schwermetalle nicht nennenswert unterscheiden. Bei den Konzentrationen von Zink, Kupfer, Kobalt und Chrom fällt die Douglasienfläche ebenfalls durch besonders hohe Werte auf, während sich die Bleikonzentration in der Bodenlösung von Douglasie, Buche, Eiche, und Kiefer auf schwach verlehmt Sanden nicht signifikant unterscheidet. Unter Eiche sind die Cadmium-, Zink-, Nickel-, Kobalt- und Chromwerte im Vergleich der vier Baumarten am geringsten.

Auf den unverlehmt Sanden sind die Gehalte von Zink, Nickel und Kobalt in der Bodenlösung unter Kiefer signifikant höher als unter Buche. Hinsichtlich der Blei-, Cadmium und Chromgehalte unterscheiden sich Kiefer und Buche jedoch nicht.



Mit Unterdruck wird Bodenlösung aus verschiedenen Bodentiefen gewonnen
Foto: O. Schwerdtfeger



Saugkerzen zur Gewinnung von Bodenlösung

Foto: NW-FVA

Fazit

Aufgrund der hohen Toxizität ist eine Überschreitung der Umweltqualitätsnorm bei den Schwermetallen Blei und Cadmium besonders kritisch zu bewerten. Trotz hoher Einträge mit der Kronentraufe in der Vergangenheit (König et al. 2016) wurde in der Bodenlösung die Umweltqualitätsnorm für Blei nur in wenigen Proben überschritten, in 68 % der Proben lag die Konzentration sogar unterhalb der Bestimmungsgrenze des Labors. Nach derzeitigem Stand ist das Risiko für eine Belastung des Grundwassers durch Bleiausträge unter Wald – mit Ausnahme der Fläche Lange Bramke Kamm – gering.

Deutlich ungünstiger stellt sich die Situation bei Cadmium dar. Obwohl die Cadmumeinträge mit der Kronentraufe ebenfalls deutlich zurückgegangen sind und die Cadmiumgehalte der Bodenfestphase (Ausnahme Göttinger Wald Buche, Tiefenstufe 0-5 cm) unter dem Vorsorgewert nach Bundes-Bodenschutzverordnung liegen, überschreitet die Cadmiumkonzentration in der Bodenlösung die Umweltqualitätsnorm auf allen Fichtenflächen, der Douglasienfläche, auf drei von fünf Kiefern- sowie sechs von zehn Buchenflächen zum Teil erheblich. Bei der Cadmiumbelastung zeigt sich ein deutlicher Baumarteneffekt. Sie ist unter Fichte (Buntsandstein) und Douglasie (schwach verlehmt Sande) höher als unter den anderen Baumarten der jeweiligen Substratgruppe. Es ist zu vermuten, dass die höheren Cadmumeinträge unter Fichte (König et al. 2016) mitverantwortlich sind für die hohen Konzentrationen im Sickerwasser dieser Baumarten. Es kann daher nicht ausgeschlossen werden, dass das Grundwasser unter Wald durch Cadmumeinträge belastet wird.

Eine Belastung des Grundwassers durch anthropogen bedingt erhöhte Austräge unter Wald ist für die Schwermetalle Kupfer, Nickel und Chrom nicht zu befürchten, für Zink und Kobalt kann sie auf einigen Flächen nicht ausgeschlossen werden.

Veränderung des Waldwachstums

Christoph Fischer, Susanne Sprauer, Matthias Schmidt, Jürgen Nagel und Hermann Spellmann

Ertragstafeln

Zum Erfolg der nachhaltigen Forstwirtschaft in Deutschland haben Ertragstafeln, die aus dem ertrags- bzw. waldwachstumskundlichen Versuchswesen abgeleitet wurden, entscheidend beigetragen. Sie bilden die durchschnittliche Entwicklung von gleichaltrigen Reinbeständen in ökologischen Großregionen differenziert nach der Leistungsfähigkeit des Standortes ab. „Im herkömmlichen Sinne sind Ertragstafeln tabellarische Übersichten, die für bestimmte Baumarten unter Berücksichtigung von Standortgüte und Behandlungsart den Wachstumsgang und die Nutzung von

Waldbeständen im Laufe ihres Lebens angeben. Sie stellen somit gleichzeitig Wachstums- und Nutzungsmodelle dar“ (Kramer 1988). Ertragstafeln sind somit für die Forstpraxis eine grundlegende Planungshilfe für die Vorrats- und Zuwachsschätzung und dienen der mittelfristigen Veranschlagung der Nutzungen. Die Abschätzung der „objektiven Nutzungsmöglichkeiten“ sichert zugleich die Einhaltung des Nachhaltigkeitsprinzips.

Seit Anfang der 1960er Jahre lassen sich für viele Baumarten deutliche Abweichungen der realen Wachstumsverläufe von denen der Ertragstafeln beobachten. Als Gründe für das stärkere Wachstum – vor allem in jüngeren Beständen – können die Erholung der Waldböden nach Aufgabe der Streunutzung, die stark angestiegenen Stickstoffeinträge, die höheren CO₂-Konzentrationen in der Atmosphäre und der allgemeine Temperaturanstieg in Folge des fortschreitenden Klimawandels vermutet werden. Zudem basieren die meisten Ertragstafeln auf Versuchsflächendaten aus gleichaltrigen Reinbeständen, die im 19. und 20. Jahrhundert noch in engen Pflanzverbänden begründet, niederdurchforstet und im Kahlschlag- bzw. kurzfristigen Schirmschlagbetrieb bewirtschaftet wurden. Dagegen haben weitere Verbände, Hoch- oder Auslesedurchforstungen mit gestaffelten Eingriffsstärken und die Zielstärkenutzungen dazu geführt, dass in heutigen Beständen im Vergleich zur Ertragstafel in der Regel deutlich höhere Mitteldurchmesser auftreten und die angestrebten Zieldurchmesser der Bäume erheblich früher erreicht werden.

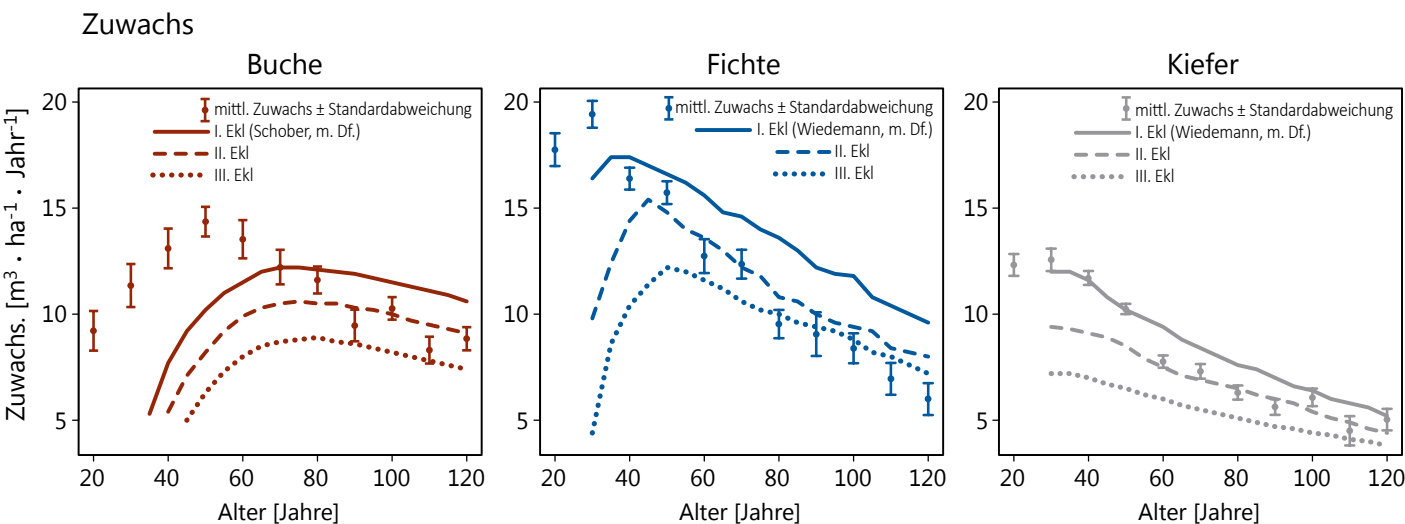


Buchenversuchsfläche

Foto: I. Kehr

Ergebnisse aus der Bundeswaldinventur

Auch in den Trägerländern der NW-FVA (Niedersachsen, Hessen, Sachsen-Anhalt und Schleswig-Holstein) weichen aktuell die beobachteten Wachstumsgänge zum Teil deutlich von denen der Ertragstafeln ab, wie ein Vergleich der mittleren Volumenzuwächse aus der Bundeswaldinventur in der Zuwachsperiode 2002-2012 zu den Ertragstafelzuwächsen zeigt (Abb. unten). Für die drei Baumarten Buche, Fichte und Kiefer ist ersichtlich, dass die mittleren Zuwächse für Bestände, die nach 1960 begründet wurden (Alter unter 50 Jahre), deutlich oberhalb der Zuwächse für die I. Ertragsklasse liegen. Besonders starke Abweichungen sind bei



Vergleich der mittleren Zuwächse (Kubikmeter pro Hektar und Jahr) aus der Bundeswaldinventur (BWI) im Bereich der Trägerländer der NW-FVA (Zuwachsperiode 2002-2012) und der Zuwächse nach Ertragstafeln

Veränderung des Waldwachstums

der Baumart Buche zu erkennen. In Beständen mit einem Alter zwischen 20 und 50 Jahren werden durchschnittlich jährliche Volumenzuwächse zwischen 8 und 15 Kubikmeter je Hektar erreicht, während nach der Buchenertragstafel in diesem Altersbereich deutlich geringere Volumenzuwächse zu erwarten wären. Demgegenüber folgen die Wachstumsgänge der älteren Bestände (Fichte und Kiefer ab Alter 60, Buche ab Alter 80) bei allen drei Baumarten relativ genau den Verläufen der II. und III. Ertragsklasse. Ursache für die Abweichungen sind zum einen Mängel in den Ertragstafeln, die das Wachstum junger Bestände nur unzureichend beschreiben, aber auch ein verändertes Wachstum unserer Wälder, das sich anhand von langfristigen Versuchsflächen zeigen lässt.

Ergebnisse von langfristigen Versuchsflächen

Der Volumenzuwachs von Waldbeständen setzt sich zusammen aus dem Höhen- und Durchmesserzuwachs der einzelnen Bäume sowie der Stammzahlentwicklung. Anhand der Volumenzuwächse, die in den Jahren nach 1990 auf Versuchsflächen geleistet wurden, können die Abweichungen des aktuellen Wachstums von dem der Ertragstafeln näher untersucht werden. Dabei zeigt der Vergleich bei gleichem Alter und gleicher Bonität/Höhe Zuwachsunterschiede, die auf Unterschiede des Durchmesserwachstums und/oder der Stammzahlentwicklung zurückzuführen sind (Tabelle unten). In Buchenbeständen I. Ertragsklasse, die jünger als

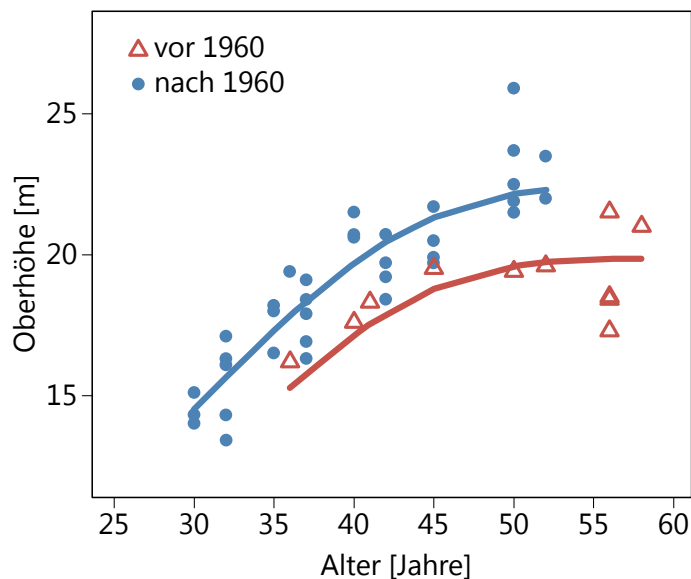


„Mitwachsendes“ Dauerumfangmessband zur millimetergenauen Erfassung des Dickenzuwachses
Foto: O. Schwerdtfeger

Mehrzuwächse auf Versuchsflächen im Vergleich zur Ertragstafel im Zeitraum 1990-2017. Werte können nur für Alters- und Ertragsklassen angegeben werden, die sowohl von Versuchsflächen als auch den Ertragstafeln abgedeckt sind.

	21 - 40 Jahre	41 - 60 Jahre	> 60 Jahre
Buche I. Ertragsklasse		30 %	0 %
	II. Ertragsklasse		0 %
	III. Ertragsklasse		0 %
Fichte I. Ertragsklasse	25 %	15 %	15 %
	II. Ertragsklasse	15 %	30 %
	III. Ertragsklasse	15 %	25 %

Baumhöhe



Vergleich der Höhenentwicklung von Buchenbeständen im Alter von 30-80 Jahren, die vor bzw. nach 1960 begründet wurden

60 Jahre alt sind, liegt der Volumenzuwachs ca. 30 % über den Ertragstafelangaben, während der Zuwachs älterer Buchenbestände in etwa mit den Zuwächsen der Ertragstafel bei entsprechender Bonität übereinstimmt. Bei der Fichte sind Mehrzuwächse von 15 bis 30 % über alle Alter und Ertragsklassen zu beobachten.

Während Durchmesserzuwachs und Stammzahl durch die Bestandesbehandlung (z. B. die Art und Stärke der Durchforstung) entscheidend beeinflusst werden, wird das Höhenwachstum von Bäumen primär durch die Standortseigenschaften bestimmt. Aus diesem Grund eignet sich die Höhenentwicklung besonders gut, um die Auswirkungen veränderter Umweltbedingungen auf das Baumwachstum zu untersuchen. Eine Gegenüberstellung von jüngeren Beständen (bis 60 Jahre), die vor 1960 erwachsen sind mit jeweils gleichaltrigen, die ihr Wachstum ausschließlich nach 1960 geleistet haben, zeigt eine Beschleunigung der Höhenentwicklung (Abb. oben): Buchenversuchsflächen, die nach 1960 gewachsen sind, sind je nach Alter bis zu 3 m höher als solche, die vor 1960 gewachsen sind. Dieser „Wachstums-Beschleunigungseffekt“ wurde bereits in zahl-



Baumhöhenmessung mit Ultraschall-Entfernungsmesser
Foto: I. Kehr

Veränderung des Waldwachstums

reichen Studien nachgewiesen und zählt zu den wichtigsten Erkenntnissen der Waldwachstumsforschung in den vergangenen Jahren.

Fazit und Ausblick

Als Folge verbesserter Standortsbedingungen im Zuge einer Erholung devastierter Waldstandorte, erhöhter Stickstoffdeposition und zunehmender Temperaturen bei gleichzeitig noch überwiegend ausreichenden Niederschlagsmengen ist in den letzten Jahrzehnten ein beschleunigtes Waldwachstum zu beobachten. Gleichzeitig zeigt sich, dass die Ertragstafeln insbesondere für jüngere Bestände als Planungsgrundlage nicht (mehr) geeignet sind, weil (a) die Höhenbonitäten außerhalb des Spektrums der Tafeln liegen und (b) gestiegene Bestandesvolumenzuwächse bei gleicher Höhenbonität beobachtet werden. Somit kann davon ausgegangen werden, dass die Veränderungen der Wuchsbedingungen nicht nur zu einer allgemeinen Erhöhung der Wuchseistung auf den meisten Standorten geführt haben, sondern dass sich zusätzlich die Relationen zwischen Höhen- und Volumenwachstum verändert haben.

Aufgrund des projizierten Klimawandels ist es wahrscheinlich, dass dynamische Standortsveränderungen auch zukünftig der Regelfall sein werden. Nach derzeitigem Forschungsstand muss allerdings im Gegensatz zur Vergangenheit angenommen werden, dass ab der zweiten Hälfte des 21. Jahrhunderts mit einer Verschlechterung der Wuchsbedingungen auf vielen Standorten zu rechnen ist, für die höhere Temperaturen in Verbindung mit abnehmenden bzw. ungleichmäßig auftretenden Niederschlägen ausschlaggebend sein werden. Eine Ausnahme werden die höheren Lagen der Mittelgebirge sein, die noch län-



Fichtenversuchsfläche

Foto: J. Evers



Erfassung des Durchmessers mit dem Maßband

Foto: I. Kehr

ger von einer Temperaturerhöhung bei gleichzeitig noch relativ günstigen Niederschlagsbedingungen profitieren könnten. Neben einer Verringerung des Waldwachstums unter ungestörten Bedingungen werden die projizierten Klimaveränderungen vermutlich auch vermehrt zu Kalamitäten aufgrund von biotischen und abiotischen Risiken wie z. B. Insekten und Stürmen führen. Die Veränderungen des Waldwachstums bei gleichzeitig steigenden Risiken werden eine zentrale Herausforderung für die Forstwirtschaft sein. Gleichzeitig verdeutlicht dies die Notwendigkeit einer intensiven und auch kontinuierlichen Forschung in diesem Bereich, um durch den Transfer der gewonnenen Erkenntnisse Forstbetriebe bei der Anpassung an den Klimawandel zu unterstützen.

Um den aufgezeigten Veränderungsprozessen besser gerecht zu werden, wird zurzeit an der NW-FVA in Kooperation mit der Abteilung Forstökonomie und Forsteinrichtung der Universität Göttingen an einer neuen Generation dynamischer Ertragstafeln gearbeitet. Das Projekt dynET wird von der Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe (FNR) gefördert und hat zum Ziel, neue Ertragstafeln für die Praxis zu erstellen, welche die bereits eingetretenen Veränderungen der Wachstumsbedingungen und Bewirtschaftungsstrategien berücksichtigen und so konzipiert sind, dass sie in Zukunft periodisch an die sich bereits abzeichnenden Veränderungen angepasst werden können.

Erhaltung und Vermehrung seltener Baumarten

Aki Michael Höltken und Hans Jürgen Arndt

Bedeutung genetischer Ressourcen

Für Baumarten ist die genetische Vielfalt von besonders großer Bedeutung. Der einzelne Baum wird aufgrund seiner Langlebigkeit und Ortsgebundenheit mit einer Vielzahl unterschiedlicher Umwelteinflüsse konfrontiert, denen er ausschließlich mit einer großen Bandbreite an Reaktionsmustern begegnen kann. Genetische Studien belegen, dass Bäume von Natur aus mit einem besser ausgestatteten genetischen Potenzial versehen sind als kurzlebige Pflanzen oder auch tierische Organismen. Um einerseits die physiologische Reaktionsfähigkeit einzelner Bäume an standörtliche Umweltheterogenität, andererseits aber auch Anpassungsprozesse ganzer Waldbestände an großräumige Umweltveränderungen zu gewährleisten, ist die Erhaltung einer hohen genetischen Vielfalt auf Populationsebene erforderlich. Nur genetisch vielfältige Baumbestände können Nachkommen mit einer Fülle unterschiedlicher genetischer Typen und damit Anpassungspotenzial erzeugen.

Genetische Vielfalt kann als eine Art kostenlos verfügbarer „Versicherungsschutz“ für die Baumarten angesehen werden, insbesondere im Hinblick auf mögliche Klimaveränderungen (vgl. Eichhorn et al. 2016). Großflächige Rodungen, Wiederaufforstungen mit nicht angepasstem Vermehrungsgut, verschiedene forstliche Nutzungsarten und der Verlust ganzer Lebensräume haben den Genpool von Bäumen seit Jahrhunderten verändert. Da genetische Vielfalt während langer evolutiver Prozesse entstanden und Verluste nicht wieder rückgängig gemacht werden können, wird der Erhaltung genetischer Ressourcen im Rahmen internationaler Abkommen, wie z. B. der Biodiversitätskonvention (Convention on Biological Diversity = CBD), eine hohe Priorität eingeräumt.



Schwarzpappel im Überflutungsbereich der Eder Foto: H. J. Arndt



Früchte der Wildbirne

Foto: H. J. Arndt

Genetische Erosion: Seltene Arten besonders gefährdet

Lichtbedürftige und konkurrenzschwache Baumarten, wie z. B. die heimische Schwarzpappel oder Arten aus der Familie der Rosengewächse (Wildapfel, Wildbirne, Elsbeere, Speierling etc.), sind von Natur aus selten und meist auf Standorte beschränkt, an denen die Konkurrenzkraft dominanter Baumarten (z. B. Rotbuche) nachlässt. Die Verfügbarkeit geeigneter Habitats hat sich durch Eingriffe in Landschaftsstrukturen sowie durch Veränderungen forstwirtschaftlicher Betriebsformen zusätzlich deutlich reduziert. Hierzu haben die Umwandlung von Wäldern in landwirtschaftliche Nutzfläche, die Einführung der klassischen Hochwaldwirtschaft mit einem hohen Anteil konkurrenzstarker Wirtschaftsbaumarten und Flussbegradigungen wesentlich beigetragen. Das alles hat „genetische Spuren“ hinterlassen. Die Reduktion der Populationsgrößen und geographische Isolation haben in den einzelnen Vorkommen zu teilweise erheblichen Verlusten an genetischer Vielfalt geführt. Diese genetische Erosion kann über natürliche Pollen- und Samenausbreitung (Genfluss) vielerorts nicht mehr ausgeglichen werden. Ohne Schutzmaßnahmen schreitet dieser Prozess weiter fort und beschleunigt, in Verbindung mit ungünstigen Bestandesstrukturen (Überalterung, fehlende Verjüngung) und verringerter Vitalität, die Auslöschung vieler lokaler Vorkommen (vgl. Höltken et al. 2017).

Erhaltungs-Samenplantagen

Aufgrund der ungünstigen Populationsstrukturen und fehlender Verjüngung ist die Erhaltung vieler seltener Baumarten in ihren ursprünglichen Lebensräumen (*in-situ*) oftmals nicht mehr möglich. Aber nur durch die Neukombination von Erbanlagen in Nachkommen kann genetische Vielfalt erzeugt und aufrechterhalten werden und damit der natürlichen Auslese unterliegen. Schutzprogramme dürfen deshalb nicht nur auf die Erhaltung geeigneter Lebensräume ausgerichtet sein, sondern müssen auch die gezielte Erzeugung von genetisch vielfältigem Vermehrungsgut für Anreicherungspflanzungen oder die Etablierung neuer Vorkommen berücksichtigen.

Erhaltung und Vermehrung seltener Baumarten

Samenplantagen sind künstlich angelegte Populationen außerhalb der natürlichen Lebensräume (*ex-situ*), die ausschließlich der Erzeugung von Saatgut dienen. Die Pflanzen, aus denen eine Samenplantage aufgebaut wird, stammen entweder direkt aus Samen oder werden von ungeschlechtlich vermehrten Pflanzenteilen einer Mutterpflanze gewonnen. Im ersten Fall spricht man von Sämlings-Samenplantagen, im zweiten von Pfropflings-Samenplantagen.

Erhaltungs-Samenplantagen müssen strengen Qualitätsstandards genügen, die an der NW-FVA entwickelt und umgesetzt werden. Dazu zählen Artreinheit und eine hohe genetische Vielfalt. Um auch die Vorgaben des Bundesnaturschutzgesetzes (§ 40) einzubeziehen, sollen Erhaltungs-Samenplantagen in ihrer genetischen Zusammensetzung idealerweise die natürliche genetische Variabilität der jeweiligen Art innerhalb eines Vorkommensgebietes oder eines Teils davon repräsentieren und diese an die Nachkommen weitergeben. Mit der Verwendung dieses Vermehrungsmaterials wird die Ausbringung gebietsfremder Herkünfte (Florenverfälschung) vermieden und die Funktionsfähigkeit von Ökosystemen durch eine möglichst gute Anpassung an derzeitige und künftige abiotische und biotische Umweltfaktoren sichergestellt (Kleinschmit et al. 2017).

Beispiel Wildapfel – eine botanische Rarität

Der Wildapfel ist eine lichtbedürftige und konkurrenzschwache Baumart. Deshalb bleiben seine natürlichen Vorkommen auf Sonderstandorte beschränkt. Dazu zählen lichte Auwälder aber auch historische Betriebsformen wie Hute- und Mittelwälder.

Die natürlichen Lebensräume des Wildapfels sind sehr selten geworden, so dass sein Fortbestand in vielfacher Hinsicht stark gefährdet ist. Zusätzlich zu den oben bereits aufgezählten Ursachen (Überalterung, geringe Populationsgrößen, genetische Isolation) hat die Hybridisierung mit Kulturäpfeln, die vom Asiatischen Wildapfel (*Malus sieversii*) abstammen, zum Verlust der reinen Wildform und damit gebietsheimischer genetischer Vielfalt geführt. Die Erhaltung des Wildapfels zählt zu den großen Herausforderungen des Artenschutzes.



Eine Hummel bei der Bestäubung von Wildapfelblüten

Foto: H. J. Arndt

Samenplantagen des Wildapfels

Die hohen Qualitätsstandards (siehe Tabelle Seite 41), denen Samenplantagen seltener Arten genügen müssen, werden hier am Beispiel des Wildapfels näher erläutert. Wichtige Kriterien betreffen die genetischen Eigenschaften des Ausgangsmaterials, den Aufbau von Samenplantagen sowie die Möglichkeiten der Identitätskontrolle von Vermehrungsgut auf dem Markt.



Wildapfel-Samenplantage der Herkunft „Hessisches Berg- und Hügelland“

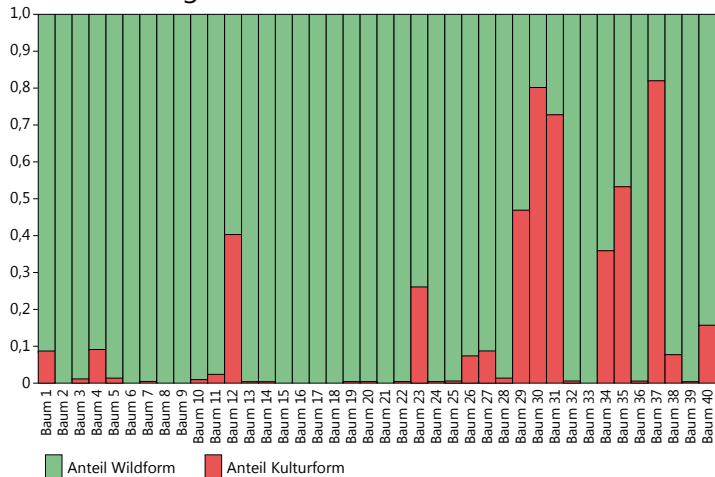
Foto: H. J. Arndt

Qualitätsstandards für Wildapfel-Samenplantagen:

- Ausgangsmaterial: Ein entscheidendes Kriterium ist die Beurteilung der Wildnähe. Zur eindeutigen Erkennung der Wildform setzt die NW-FVA ein genetisches Verfahren ein, welches als Ergänzung zu den morphologischen Bestimmungsmethoden eine hoch auflösende Differenzierung zwischen Wild- und Kulturäpfeln sowie potenziellen Hybriden zulässt. Grundlage ist ein DNA-Archiv, das die Erbinformation von mittlerweile über 800 Wildäpfeln aus dem gesamten Bundesgebiet sowie über 70 der aktuell und historisch gebräuchlichsten Kulturapfelsorten enthält. Diese genetischen Daten ermöglichen eine optimale Zusammenstellung von Samenplantagen nicht nur hinsichtlich der Artreinheit sondern auch im Hinblick auf die Rekonstruktion des Genpools mit einer Mindestzahl an Ausgangspflanzen eines Vorkommensgebietes (Höltken et al. 2014, 2017).
- Aufbau: Neben der Auswahl eines geeigneten Standorts muss auch eine möglichst effiziente Reproduktion gewährleistet sein. Um eine Bestäubung mit Kulturapfelpollen zu verhindern, werden die Plantagen zur Blütezeit vollständig mit einem Insektenschutznetz abgedeckt. Eine effiziente Bestäubung innerhalb der Anlage erfolgt durch speziell hierfür gezüchtete Erdhummeln.

Erhaltung und Vermehrung seltener Baumarten

Bestimmung der Artreinheit



Bestimmung der Artreinheit von 40 potentiellen Wildäpfeln aus Schleswig-Holstein nach DNA-Analyse (Exemplare mit weniger als 90 % Wildanteil scheiden für die weitere Verwendung aus)

- **Controlling:** Die vollständig erfassten genetischen Fingerabdrücke der Pflanzen lassen eine lückenlose Identitätsprüfung des produzierten Vermehrungsgutes in allen Schritten der Handelskette von der Saatguternte bis zur Jungpflanze zu (durch so genannte Elternschaftsanalyse). Damit steht ein DNA-basiertes Instrument der Kontrolle zur Verfügung, das auch hinsichtlich der vorgeschriebenen Verwendung gebietsheimischen Materials ab dem Jahr 2020 (§ 40 BNatSchG) anwendbar ist.

In den verschiedenen Samenplantagen sind im Jahr 2018 insgesamt über 300 kg artreine Wildäpfel für verschiedene Vorkommensgebiete geerntet worden.

Qualitätsstandards für Pflanzlings-Samenplantagen des Wildapfels (*Malus sylvestris* L.)

	Kriterium	Anforderungen	Werkzeuge
Ausgangsmaterial	Artreinheit	artreine Wildäpfel ohne Einkreuzung von Kultursorten	DNA-Analyse, Morphologie
	Anzahl repräsentativer Ursprungsbestände	mindestens 5	GPS-Koordinaten
	Anzahl Komponenten (Genotypen)	mindestens 50	DNA-Analyse
	genetische Vielfalt	hoch	DNA-Analyse, Referenzdaten
	genetische Repräsentativität für Region	hoch	DNA-Analyse, Referenzdaten
Reproduktion	Isolation	keine Einkreuzung von Kulturapfel (reines Wildapfelsaatgut)	Abnetzung, DNA-Test (Vaterschaftsanalyse), Referenzdaten
	Bestäubungseffizienz	freie, zufallsmäßige Bestäubung in der Samenplantage	Pflanzdesign, Hummeln als Bestäuber
Standort	günstige Standorte für Blüte und Saatgutaussreifung	Schutz vor Spätfrost	Klimadaten
Controlling	Identitätskontrolle von Vermehrungsgut auf dem Markt	Archivierung der DNA; laufende Aktualisierung bei Erweiterung der Samenplantage	DNA-Analyse, Referenzdaten

Die Europäische Schwarzpappel

Die Voraussetzungen für die natürliche Verbreitung und die Überlebensfähigkeit der heimischen Schwarzpappel (*Populus nigra* L.) haben sich in den letzten Jahrhunderten erheblich verschlechtert. Als Hauptursache gilt die Zerstörung der Auwälder mit ungestörter Überflutungsdynamik. Grundwasserabsenkungen haben die Bäume zusätzlich oft auch physiologisch geschwächt und damit einem erhöhten Befallsdruck pathogener Organismen ausgesetzt. Darüber hinaus sind seit dem 18. Jahrhundert Anbauten mit Pappelhybriden verbreitet, die aufgrund höherer Wuchsleistungen unseren heimischen Pappelarten vorgezogen worden sind. Zusätzlich besteht auch bei dieser Art eine generelle Gefahr der Einkreuzung durch andere Pappelarten und -hybriden. Aufgrund der relativ schwierigen morphologischen Differenzierbarkeit der heimischen Schwarzpappel sind genetische Verfahren zur taxonomischen Artunterscheidung entwickelt worden. Für Erhaltungsmaßnahmen werden diese Methoden heute routinemäßig an der NW-FVA eingesetzt.



Schwarzpappelverjüngung: Wurzelbrut (li) und Keimling (re) im Kiesbett der Eder
Foto: H. J. Arndt

Stecklingsquartier Schwarzpappel

Die vegetative Vermehrung spielt neben der generativen bei der heimischen Schwarzpappel von Natur aus eine große Rolle. Diese erfolgt durch Wurzelbrut und die Bewurzelung abgebrochener Äste und Zweige. Daher haben sich Methoden der Stecklingsvermehrung bewährt. Sie sind auch technisch effizienter zu handhaben als die generative Anzucht über Samen (Weisgerber 1998).

Über 2000 Einzel- und Bestandesvorkommen wurden in den letzten Jahrzehnten im Zuständigkeitsbereich der NW-FVA erfasst. Daraus sind vier Stecklingsquartiere mit durchschnittlich über 100 Schwarzpappeln getrennt nach Flüssen und Vorkommensgebieten (VKG) zusammengestellt worden (Hessen-Eder, Hessen-Rhein, Elbe-Sachsen-Anhalt und Elbe-Niedersachsen). Das Ausgangsmaterial ist im DNA-Labor zunächst auf Artreinheit getestet worden, um anschließend etwa 10 bis 20 Steckhölzer pro Baum im Nebeltunnel anzuziehen. Beim Aufbau eines Stecklingsquartiers wird schließlich darauf geachtet, dass die einzelnen Ausgangsgenotypen mit ihren Stockausschlägen auch nach einigen Jahren deutlich voneinander getrennt sind.

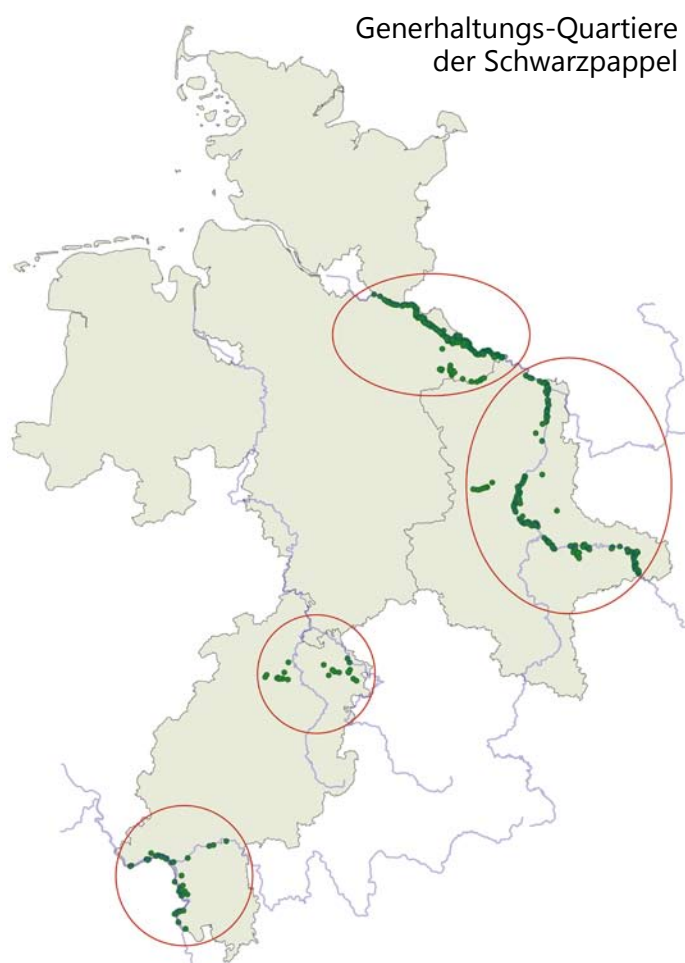
Erhaltung und Vermehrung seltener Baumarten



Stecklingsanzucht der Schwarzpappel im Nebeltunnel

Foto: H. J. Arndt

Mittlerweile steht aus den verschiedenen VKG auch Vermehrungsmaterial für Generhaltungsmaßnahmen in geringem Umfang zur Verfügung.



Grüne Punkte: Erfasste Generhaltungsobjekte der Schwarzpappel im Bereich der NW-FVA; rote Kreise: Zusammenstellung der Generhaltungs-Quartiere an der NW-FVA nach Flusssystemen und Vorkommensgebieten (Hessen: Rhein, Eder/Werra; Niedersachsen: Elbe; Sachsen-Anhalt: Elbe)

Fazit

Das Konzept der Samenplantage ist nicht nur für die Erhaltung seltener und gefährdeter Baumarten von großem Wert. Die hier vorgestellten Qualitätsstandards sind insbesondere auch für den Naturschutz eine wichtige Option, da mit § 40 BNatSchG ab dem Jahr 2020 die ausschließliche Verwendung gebietsheimischer Gehölze vorgeschrieben ist. Gegenüber Freilandabsaaten sind *Ex-situ*-Bestände zur Produktion von Vermehrungsgut sowohl ökologisch-genetisch als auch ökonomisch von großem Vorteil:

- Möglichkeit der optimalen Rekonstruktion der genetischen Ausstattung einer Region bzw. eines Vorkommensgebietes (genetische Vielfalt, Differenzierung)
- Schaffung von vergleichsweise großen Reproduktionseinheiten (Populationen) und damit Aufrechterhaltung einer hohen genetischen Vielfalt im Vermehrungsgut, insbesondere bei Arten, die von Natur aus teilweise ausgeprägte klonale Strukturen über vegetative Ausbreitung entwickeln (z. B. Schlehe, Vogelkirsche oder meist nur noch als Kleinstvorkommen existierende Arten wie Wildapfel, Wildbirne, Elsbeere und Schwarzpappel)
- Garantie der Artreinheit bei Arten, die durch Einkreuzung nicht-heimischer Arten bzw. Kultursorten gefährdet sind (z. B. Wildapfel, Wildbirne, Schwarzpappel, Haselnuss)
- Garantie der Artreinheit bei bestimmungskritischen und hybridisierenden Arten (z. B. aus den Gattungen *Rosa*, *Crataegus* etc.), die nur von Botanikspezialisten taxonomisch eindeutig zugeordnet werden können
- deutlich gesteigerte Erntemengen bei zeitlich-technisch einfacheren Beerntungsmöglichkeiten im Gegensatz zu *In-situ*-Beständen (Kostenoptimierung)
- Möglichkeit einer DNA-basierten Herkunfts- und Identitätskontrolle (Zertifizierung) von gehandeltem Vermehrungsgut

Literaturverzeichnis

Barth N, Brandtner W, Cordsen E, Dann T, Emmerich KH, Feldhaus D, Kleefisch B, Schilling B, Utermann J (2000): Boden-Dauerbeobachtung, Einrichtung und Betrieb von Bodendauerbeobachtungsflächen. – In: Bachmann G, König W & Utermann J (Hrsg.): Bodenschutz. Ergänzbare Handbuch der Maßnahmen und Empfehlungen für Schutz, Pflege und Sanierung von Böden, Landschaft und Grundwasser, 3, Kennziffer: 9152, 1-127, Erich Schmidt Verlag, Berlin

BMEL (2016): Forstliches Umweltmonitoring in Deutschland – Durchführungskonzept Forstliches Umweltmonitoring. 40 S.

BMVEL (Hrsg.) (2005): BMELV-Gutachterausschuss Forstliche Analytik: Handbuch Forstliche Analytik – Eine Loseblatt-Sammlung der Analysemethoden im Forstbereich. Mit Ergänzungen bis 2015.

Deutscher Wetterdienst (2017): Monatlicher Witterungsreport Deutschland. DWD, Geschäftsbereich Klima und Umwelt, Offenbach

Deutscher Wetterdienst (2018): Monatlicher Klimastatus Deutschland. DWD, Geschäftsbereich Klima und Umwelt, Offenbach, www.dwd.de/DE/derdwd/bibliothek/fachpublikationen/selbstverlag/selbstverlag_node.html

Dittmar C & Elling W (1999): Jahrringbreite von Fichte und Buche in Abhängigkeit von Witterung und Höhenlage. Forstw. Cbl. 118, 251-270

Eichhorn J, Höltnen AM, Klinck C (2016): Zur Resilienz von Wäldern. In: „Waldbauliche Anpassung im regionalen Focus: Sind unsere Wälder fit für den Klimawandel?“ aus der Reihe: „Klimawandel in Regionen zukunftsfähig gestalten“, Band 10, OEKOM-Verlag. 49-80

Finck A (1991): Düngung – ertragssteigernd, qualitätsverbessernd, umweltgerecht. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart

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

Hintermaier-Erhard G & Zech W (1997): Wörterbuch der Bodenkunde. Enke-Verlag Stuttgart

Höltnen AM, Steiner W, Kleinschmit J (2014): Artintegrität und geographisch-genetische Strukturen des heimischen Wildapfels (*Malus sylvestris* (L.) Mill.). Allg. Forst- und Jagdzeitung 11/12, 285-296

Höltnen AM, Hennig A, Kleinschmit JRG, Arndt HJ, Steiner W (2017): Erhaltung und Produktion gebietseigener genetischer Vielfalt in Ex-situ-Populationen: Umsetzung der Ergebnisse aus DNA-Studien am Wildapfel (*Malus sylvestris* (L.) Mill.). Naturschutz und Landschaftsplanung 49: 126-134

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

Kleinschmit J, Bund-Länder-Arbeitsgruppe `Forstliche Genressourcen und Forstsaatgutrecht` (2017): Empfehlungen für die Anlage von Samenplantagen zur Produktion gebietseigener Gehölze. Natur und Landschaft 92: 221-227

König N, Fortmann H, Klinck U, Scheler B, Wagner M (2016): Schwermetallbelastung der Wälder. In: Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt (Hrsg.). Waldzustandsbericht für Niedersachsen 2016. S 34-38

Kramer H. (1988): Waldwachstumslehre. Parey Verlag, Hamburg. 374 S

Paar U, Guckland A, Dammann I, Albrecht M, Eichhorn J (2011): Häufigkeit und Intensität der Fruktifikation der Buche. AFZ-DerWald, 6, 26-29

Röhle H, Gerold D, Gemballa R (2010): Beziehungen zwischen Klima und Zuwachs, dargestellt am Beispiel von Fichte, Kiefer und Buche in Sachsen. AFZ, 181 Jg., 1/2

Scheffer F & Schachtschabel P (2002): Lehrbuch der Bodenkunde, 15. Auflage, Springer-Verlag Berlin

Schneider J (1999): Schwermetalle in Böden Niedersachsens. Hintergrundwerte für Schwermetalle in Böden Niedersachsens. Schwermetallbelastung in den Böden der Talauen des Harzes und des Harzvorlandes. Schwermetalle in einem städtischen Belastungsraum. – Arb.-H. Boden 1999/2: 24 S,3 Abb., 4 Tab., 3 Kt.; Hannover (NLFb)

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)

Weisgerber H (1998): Vorkommen, Wuchsverhalten und Gefährdungen der Schwarzpappel. In: Die Schwarzpappel - Probleme und Möglichkeiten bei der Erhaltung einer gefährdeten heimischen Baumart (Hrsg.: Weisgerber H & Janßen A). Forschungsberichte Hessische Landesanstalt für Forsteinrichtung, Waldforschung und Waldökologie, Bd. 24

Wellbrock N, Aydin CT, Block J, Bussian B, Deckert M, Diekmann O, Evers J, Fetzer KD, Gauer J, Gehrman J, Kölling C, König N, Liesebach M, Martin J, Meiwes KJ, Milbert G, Raben G, Riek W, Schäffer W, Schwerhoff J, Ullrich T, Utermann J, Volz HÄ, Weigel A, Wolff B (2006): Bodenzustandserhebung im Wald (BZE II), Arbeitsanleitung für die Außenaufnahmen. BMELV (Hrsg.). Berlin, 413 S

www.duenger-und-erde.de

3. Entwurf der Verordnung zur Festlegung von Anforderungen für das Einbringen oder das Einleiten von Stoffen in das Grundwasser, an den Einbau von Ersatzbaustoffen und zur Neufassung der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung, 2015, Referat WR III 2

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,
Spielmann M, Weymar J und
Eichhorn J

Titelfoto: Weymar J

Layout: Paar E

Herstellung: Nordwestdeutsche
Forstliche Versuchsanstalt

Druck: Printec Offset Kassel

Der Waldzustandsbericht 2018

ist abrufbar unter

www.nw-fva.de und

www.schleswig-holstein.de/

Landesregierung

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
Datenbank



Jörg Weymar
Außenaufnahmen und Kontrollen



Michael Spielmann
Außenaufnahmen und Kontrollen



Dr. Bernd Westphal
Außenaufnahmen und Kontrollen



Diese Druckschrift wird im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit der Schleswig-Holsteinischen Landesregierung herausgegeben. Sie darf weder von Parteien noch von Wahlwerberinnen und Wahlwerbern, Wahlhelferinnen und Wahlhelfern während eines Wahlkampfes zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für Europa-, Bundestags-, Landtags- und Kommunalwahlen.

Missbräuchlich ist insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen, an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken oder Aufkleben parteipolitischer Informationen oder Werbemittel. Untersagt ist gleichfalls die Weitergabe an Dritte zum Zwecke der Wahlwerbung. Auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl darf die Druckschrift nicht in einer Weise verwendet werden, die als Parteinahme der Landesregierung zugunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden könnte. Die Beschränkungen gelten unabhängig davon, wann, auf welchem Weg und in welcher Anzahl diese Druckschrift dem Empfänger zugegangen ist. Den Parteien ist jedoch gestattet, die Druckschrift zur Unterrichtung ihrer eigenen Mitglieder zu verwenden.