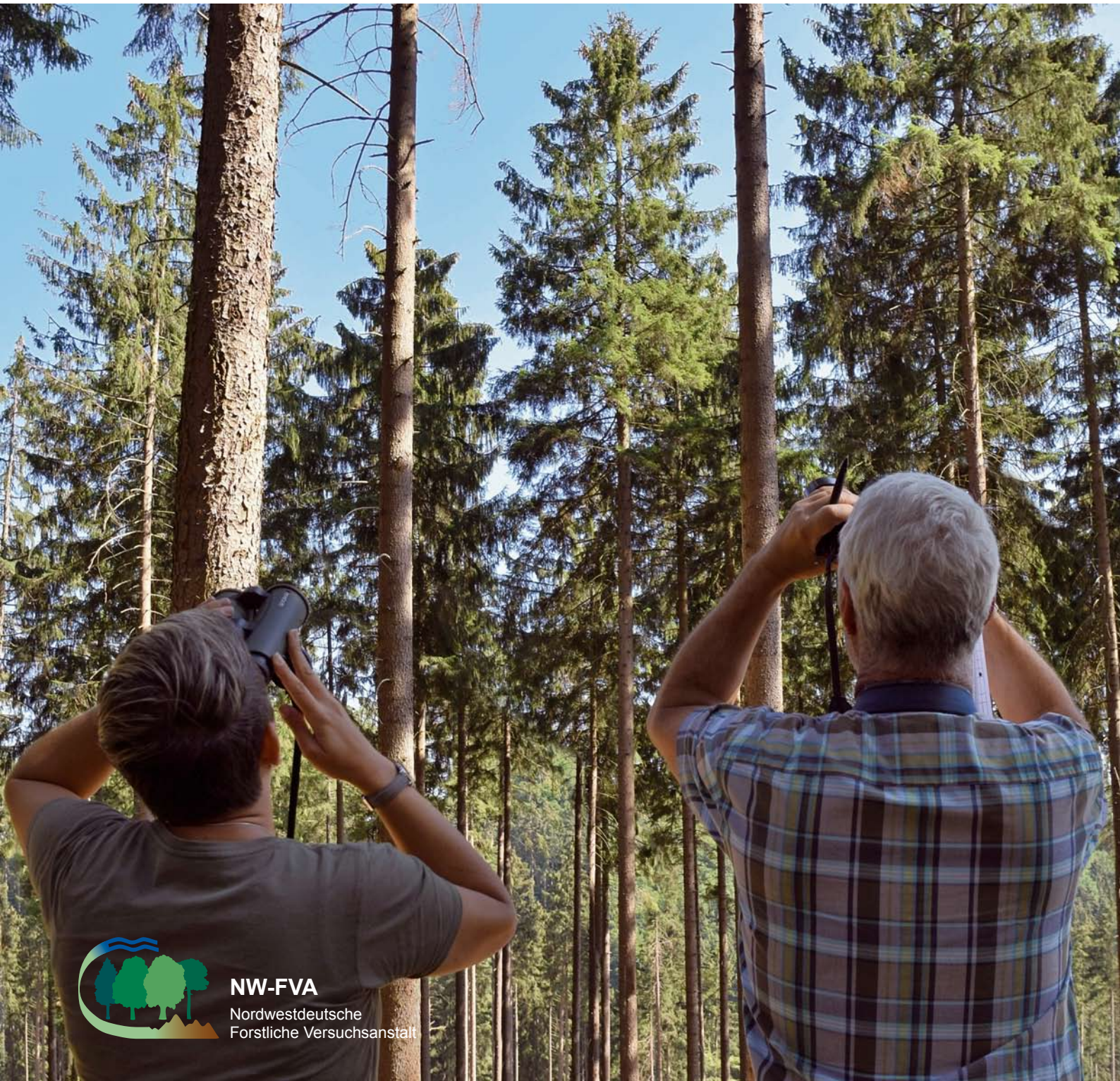
Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt,
Natur und Digitalisierung des Landes Schleswig-Holstein

SH
Schleswig-Holstein
Der echte Norden

Waldzustandsbericht 2020



NW-FVA
Nordwestdeutsche
Forstliche Versuchsanstalt

Vorwort

Liebe Leserin und lieber Leser,

ich freue mich, Ihnen den Waldzustandsbericht für Schleswig-Holstein 2020 vorstellen zu können. Der Waldzustandsbericht bestätigt leider unsere Vermutung aus dem letzten Jahr: Unserem Wald in Schleswig-Holstein geht es nicht gut.

11 % der Fläche in Schleswig-Holstein sind mit Wald bedeckt. Unsere Sorge aus dem letzten Jahr hat sich leider bestätigt, auch wenn wir im Vergleich mit anderen Bundesländern verhältnismäßig wenig Schäden an unseren Waldbäumen zu verzeichnen haben.

Besonders die Sitkafichte hatte in diesem Jahr mit der Fichtenröhrenlaus zu kämpfen. Trockene und nadellose Sitkafichten sind überall im Land zu sehen. In der Regel werden diese Schäden erst im Frühsommer sichtbar, wenn die Nadeln von innen her verbräunen und abfallen, die Spitzen aber meist grün bleiben.

Die Forstbetriebe haben in den letzten Jahren alle Hände voll zu tun, um Schäden zu beseitigen und die Verkehrssicherheit im Wald zu erhalten. Viele Waldbesitzer, Unternehmer und Forstleute arbeiteten in diesem Jahr trotz Corona-Pandemie über ihre Kräfte. Dafür möchte ich mich an dieser Stelle ausdrücklich bedanken.

Der Wald ist nicht nur ein Paradies für Jogger und Hundebesitzer. Gerade in dieser Zeit ist der Wald für viele Menschen ein Wohlfühlraum und Rückzugsraum – und frei von Corona-Ängsten. Ein Spaziergang im Wald in Zeiten von Corona zeigt uns, dass wir Menschen nach wie vor ein Teil der Natur und extrem abhängig von ihr sind.

Der aktuelle Waldzustandsbericht belegt, was vielerorts bereits auch für Laien sichtbar war: Stürme, Trockenheit und Borkenkäfer haben dem Wald massiv zugesetzt, und die Mehrfachbelastungen aus den letzten Jahren haben sich gegenseitig verstärkt.

Schleswig-Holstein ist ein waldarmes Land. Für eine intakte Umwelt ist gerade bei uns ein gesunder, vielfältiger und klimastabiler Wald wichtig. Maßnahmen des Waldumbaus und der Wiederbewaldung müssen in den kommenden Jahren zentraler Kern der forstlichen Förderung bleiben.
Fördermittel des Bundes und des Landes werden dabei helfen, private und kommunale Waldbesitzer dabei zu unterstützen, auf wissenschaftlicher Basis klimaresiliente und standortgerechte Laub- oder Mischwälder aufzubauen. Die Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt (NW-FVA) leistet hierbei einen wesentlichen Beitrag.

Ich lade Sie alle ein, sich anhand der ausgewählten Themenbeiträge über aktuelle Forschungsergebnisse der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt zu informieren.

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, Inge Dammann und Uwe Paar	6
WZE-Ergebnisse für alle Baumarten Inge Dammann und Uwe Paar	8
Buche	10
Eiche	12
Fichte	14
Kiefer	15
Andere Laub- und Nadelbäume	16
Witterung und Klima Johannes Sutmöller	18
Entscheidungshilfen zur klimaangepassten Baumartenwahl Hermann Spellmann, Johannes Sutmöller und Ralf-Volker Nagel	22
Samenplantagen und Mutterquartiere als Beitrag zur Biologischen Vielfalt Matthias Paul, Wilfried Steiner, Samuel Schleich, Meinolf Lau, Dagmar Leisten, Matthias Moos und Carola Schmidt	29
Stoffeinträge Birte Scheler	33
Literaturverzeichnis	35
Impressum	36

Foto: NW-FVA

Hauptergebnisse

Waldzustandserhebung (WZE)

Das Jahr 2020 brachte keine Entlastung für die Wälder in Schleswig-Holstein. Mit einer mittleren Kronenverlichtung von 21 % ist gegenüber dem Vorjahr keine Verbesserung eingetreten.
Bei den älteren Buchen und Kiefern sowie bei der Gruppe der anderen Laubbäume (alle Alter) sind die Verlichtungswerte im Vergleich zum Vorjahr zurückgegangen. Die älteren Fichten und Eichen behalten das Vorjahresniveau bei, für die Gruppe der anderen Nadelbäume hat sich der Kronenzustand verschlechtert.
Die Ergebnisse der Waldzustandserhebung zeigen einen deutlichen Alterstrend: Die mittlere Kronenverlichtung der über 60-jährigen Waldbestände liegt mit 25 % fast doppelt so hoch wie die der jüngeren Waldbestände (13 %).
Der Anteil starker Schäden für den Gesamtwald in Schleswig-Holstein erreicht mit 4,7 % den Höchststand in der Zeitreihe der Waldzustandserhebung. Die Spanne reicht von 1,2 % (Kiefer) bis zu 11,6 % (andere Nadelbäume).
Die diesjährige Absterberate liegt mit 0,3 % nur wenig über dem langjährigen Durchschnitt (0,2 %). Am höchsten ist die Absterberate 2020 bei der Gruppe der anderen Laubbäume (1,1 %). Buchen, Eichen und Kiefern sind 2020 nicht abgestorben.
Die Ausfallrate ist 2020 doppelt so hoch wie im langjährigen Mittel. Es sind vor allem Fichten und Eschen entnommen worden.
Die Baumartenverteilung in der WZE-Stichprobe in Schleswig-Holstein ergibt für die Buche einen Flächenanteil von 25 %, die Fichte ist mit 17 %, die Eiche mit 14 % und die Kiefer mit 6 % an der WZE-Stichprobe vertreten. Die anderen Laub- und Nadelbäume nehmen zusammen einen Anteil von 38 % ein.

Witterung und Klima

Im Vegetationsjahr 2019/2020 setzte sich die Trockenheit in Teilen des Landes im dritten Jahr in Folge unvermindert fort. Mit einer Mitteltemperatur von 10,4 °C (+2,0 K) war das Jahr wiederum außergewöhnlich warm. Ein Vergleich der aktuellen Referenzperiode 1961-1990 mit der neuen Periode von 1991-2020 zeigt deutlich, dass die Klimaveränderung in Schleswig-Holstein bereits zu einer signifikanten Erwärmung geführt hat. Die Jahresmitteltemperatur ist von 8,4 °C auf 9,4 °C in den letzten dreißig Jahren angestiegen. Im Vegetationsjahr 2019/2020 fielen im Flächenmittel des Landes 805 mm Niederschlag. Dies entspricht dem langjährigen Niederschlagssoll der Klimanormalperiode 1961-1990.

Foto: J. Evers

Hauptergebnisse

Foto: M. Mahrenholz

Trotzdem reichten die Niederschläge nicht aus, um die Defizite der letzten Jahre auszugleichen. Von der Trockenheit besonders betroffen sind die südlichen und östlichen Landesteile von Schleswig-Holstein.

Entscheidungshilfen zur klimaangepassten Baumartenwahl

Die Klimaanpassung der Wälder ist derzeit die größte Herausforderung der Forstbetriebe. Die in Vorbereitung befindlichen Entscheidungshilfen der NW-FVA zur klimaangepassten Baumartenwahl sollen im kommenden Jahr die bisherige standortsbezogene Zuordnung der Baumarten, die auf Kombinationen der Nährstoff- und Wasserhaushaltsziffern basieren, um die so genannte Standortswasserbilanz in der Vegetationszeit (SWB_{VZ}) ergänzen. Dabei wird das Trockenstressrisiko der Wälder unter zukünftigen Klimabedingungen des Klimaszenarios RCP8.5 anhand der SWB_{VZ} abgeschätzt.
Zwischen den Baumarten gibt es hinsichtlich der Ansprüche an die Standortsbedingungen deutliche Unterschiede. Zur Potenzialabschätzung der Baumarten wurde an der NW-FVA eine Zuordnungstabelle entwickelt. Darin wird die Stellung der Baumarten in Mischwäldern entsprechend ihrer Wasser- und Nährstoffansprüche nach der SWB_{VZ} und der Nährstoffziffer eingeordnet. In der Regel ergeben sich unter künftigen Klimabedingungen mehrere Optionen für die Wahl geeigneter Mischbestandstypen. Sie werden in Form von Waldentwicklungstypen (WET) beschrieben, die im letzten Jahr in einer gemeinsamen Arbeitsgruppe mit Vertretern/innen des Ministeriums, des Privat-, Kommunal- und Landeswaldes sowie der NW-FVA für die waldbauliche Planung unter Berücksichtigung des Klimawandels und der spezifischen Belange der Waldbesitzarten erarbeitet wurden. Ihre Anzahl ist gegenüber heute allerdings weitaus geringer, weil ein nicht unerheblicher Teil der Waldstandorte in Schleswig-Holstein sich bezüglich der SWB_{VZ} schon bis zur Mitte des Jahrhunderts in Bereiche verschlechtert, die die Auswahl möglicher WET stark einschränken.

Samenplantagen und Mutterquartiere als Beitrag zur Biologischen Vielfalt

Samenplantagen und Mutterquartiere sind eine wichtige Quelle für die Bereitstellung von forstlichem Vermehrungsgut. Die NW-FVA unterhält in ihren Trägerländern über 200 Samenplantagen mit Laub- und Nadelbäumen sowie Straucharten. Auf diesen Flächen wird für forstliche Zwecke und für Naturschutzaufgaben höherwertiges Vermehrungsgut produziert, das zur Erhaltung und Nachzucht von genetisch vielfältigen Waldbeständen benötigt wird.
In Mutterquartieren werden von der NW-FVA auf Artreinheit geprüfte Pappeln und heimische Weiden von gefährdeten Vorkommen erhalten und vegetativ vermehrt.

Stoffeinträge

Aufgrund der Filterwirkung der Baumkronen für Gase und Partikel (trockene Deposition) sind die Einträge luftbürtiger Nähr- und Schadstoffe im Wald höher als im Freiland.
2019 war in Bornhöved ein überdurchschnittlich niederschlagsreiches Jahr, die Niederschlagsmenge betrug rund 110 % des Mittels der Jahre 1989-2018, die Höhe der Stoffeinträge war in der Folge höher als im Vorjahr.
Der Sulfatschwefeleintrag je Hektar war 2019 mit 4,1 kg unter Buche und 2,6 kg im Freiland 1,0 (Bestand) bzw. 0,9 kg je Hektar (Freiland) höher als 2018.
Die Stickstoffeinträge (Ammonium und Nitrat) haben auf der langjährig untersuchten Buchenfläche ebenfalls signifikant abgenommen. 2019 betrug der anorganische Stickstoffeintrag je Hektar 17 kg unter Buche (+4,7 gegenüber 2018) und 8,3 kg (+1,9) im Freiland.
Zwar sind die Stoffeinträge 2019 im Vergleich zu 2018 gestiegen, betrachtet man jedoch die Zeitreihe, handelt es sich beim Sulfateintrag um den zweitniedrigsten und beim anorganischen Stickstoffeintrag um den fünftniedrigsten Wert seit 1989.

Foto: M. Mahrenholz

Forstliches Umweltmonitoring

Johannes Eichhorn, Inge Dammann und Uwe Paar

Wie ist das Ausmaß der Schäden mit Blick auf die Veränderungen der Wälder über die Jahre richtig einzuordnen? Worin liegen die Besonderheiten der Witterung in den extremen Jahren 2018 bis 2020? Ist der Wald als Ganzes betroffen oder unterscheiden sich Regionen? Reagieren die Baumarten gleich sensitiv? Antworten auf diese Fragen zu geben, ist eine wesentliche Aufgabe des Forstlichen Umweltmonitorings.

Grundsätzlich werden im Forstlichen Umweltmonitoring folgende Kategorien unterschieden:

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

Das Forstliche Umweltmonitoring berät Verwaltung und Politik auf fachlicher Grundlage und erarbeitet Beiträge für Entscheidungshilfen der forstlichen Praxis. Die rechtliche Grundlage für Walderhebungen in der Forstlichen Umweltkontrolle stellt § 41a des Gesetzes zur Erhaltung des Waldes und zur Förderung der Forstwirtschaft (Bundeswaldgesetz–BWaldG) dar. Dies wird konkretisiert durch die Verordnung über Erhebungen zum Forstlichen Umweltmonitoring (ForUmV 2013) und durch das Durchführungskonzept Forstliches Umweltmonitoring (BMEL 2016). Die Rechtsgrundlagen sichern eine methodische Vergleichbarkeit über lange Zeiträume und über Ländergrenzen.
Die methodischen Instrumente der Ökosystemüberwachung sind europaweit harmonisiert nach den Grundsätzen des ICP Forests (2016).
Die Waldzustandserhebung (WZE) ist Teil des Forstlichen Umweltmonitorings in Schleswig-Holstein. Sie liefert als Übersichtserhebung Informationen zur Vitalität der Waldbäume unter dem Einfluss sich ändernder Umweltbedingungen. Das Stichprobenraster der WZE ist darauf ausgelegt, die gegenwärtige Situation des Waldes landesweit repräsentativ abzubilden. Ergebnis ist das Gesamtbild des Waldzustandes für das Bundesland.

Tensiometer zur Messung der Bodenfeuchte *Foto: J. Weymar*

WZE-Aufnahmeteam *Foto: M. Spielmann*

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

Waldzustandserhebung – Methodik und Durchführung

Aufnahmeumfang

Die Waldzustandserhebung erfolgt auf mathematisch-statistischer Grundlage. Auf einem systematisch über Schleswig-Holstein verteilten Rasternetz werden seit 1984 an jedem Erhebungspunkt 24 Stichprobenbäume begutachtet. Für den Zeitraum 1984-2012 beträgt die Rasterweite des landesweiten Stichprobennetzes 2 x 2 km, 2 x 4 km, 4 x 2km 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 km x 2 km) mit jetzt 129 Stichprobenpunkten eingerichtet. 2020 konnten 127 Erhebungspunkte in die Inventur einbezogen werden. Dieser Aufnahmeumfang ermöglicht repräsentative Aussagen zum Waldzustand auf Landesebene sowie Zeitreihen für die Baumarten Buche, Eiche, Fichte, Kiefer und die Gruppen der anderen Laub- und Nadelbäume. Die Aufnahmen zur Waldzustandserhebung erfolgten im Juli und August 2020. Sie sind mit qualitätssichernden Maßnahmen sorgfältig überprüft.
Für den Parameter mittlere Kronenverlichtung zeigt die Tabelle Seite 7 die 95 %-Konfidenzintervalle (Vertrauensbereiche) für die Baumarten und Altersgruppen der WZE-Stichprobe 2019. Je weiter der Vertrauensbereich, desto unschärfer sind die Aussagen. Die Weite des Vertrauensbereiches wird im Wesentlichen beeinflusst durch die Anzahl der Stichprobenpunkte in der jeweiligen Auswerteeinheit und die Streuung der Kronenverlichtungswerte. Für relativ homogene Auswerteeinheiten (z. B. Eiche bis 60 Jahre) mit relativ gering streu-

Foto: M. Mahrenholz

enden Kronenverlichtungen sind enge Konfidenzintervalle auch bei einer geringen Stichprobenanzahl sehr viel leichter zu erzielen als für heterogene Auswerteeinheiten (z. B. Eiche, alle Alter), die sowohl in der Altersstruktur als auch in den Kronenverlichtungswerten ein breites Spektrum umfassen.

Aufnahmeparameter

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

95 %-Konfidenzintervalle für die Kronenverlichtung der Baumartengruppen und Altersstufen der Waldzustandserhebung 2020 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	751	70	4x2 km	3,4
	bis 60 Jahre	204	25	4x2 km	3,0
	über 60 Jahre	547	49	4x2 km	3,0
Eiche	alle Alter	419	61	4x2 km	3,6
	bis 60 Jahre	114	20	4x2 km	2,0
	über 60 Jahre	305	48	4x2 km	2,9
Fichte	alle Alter	522	57	4x2 km	4,3
	bis 60 Jahre	156	18	4x2 km	7,4
	über 60 Jahre	366	41	4x2 km	4,9
Kiefer	alle Alter	170	21	4x2 km	2,0
	bis 60 Jahre	25	5	4x2 km	3,2
	über 60 Jahre	145	16	4x2 km	1,6
andere Laub-bäume	alle Alter	705	77	4x2 km	3,7
	bis 60 Jahre	413	38	4x2 km	3,6
	über 60 Jahre	292	47	4x2 km	6,4
andere Nadelbäume	alle Alter	457	49	4x2 km	7,1
	bis 60 Jahre	165	18	4x2 km	13,0
	über 60 Jahre	292	33	4x2 km	6,4
alle Baumarten	alle Alter	3024	126	4x2 km	2,0
	bis 60 Jahre	1077	57	4x2 km	3,0
	über 60 Jahre	1947	93	4x2 km	2,0

Mittlere Kronenverlichtung

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

Starke Schäden

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

Absterberate

Die Absterberate ergibt sich aus den Bäumen, die zwischen der Erhebung im Vorjahr und der aktuellen Erhebung abgestorben sind und noch am Stichprobenpunkt stehen. Durch Windwurf und Durchforstung ausgefallene Bäume gehen nicht in die Absterberate, sondern in die Ausfallrate ein.

Ausfallrate

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

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

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

WZE-Ergebnisse für alle Baumarten

Inge Dammann und Uwe Paar

Mittlere Kronenverlichtung

Die Waldzustandserhebung 2020 weist wie im Vorjahr eine mittlere Kronenverlichtung für die Waldbäume in Schleswig-Holstein (alle Baumarten, alle Alter) von 21 % auf.
Nachdem in den ersten drei Erhebungsjahren (1984-1986) relativ geringe Verlichtungswerte (11 %) ermittelt wurden, stiegen in den Folgejahren die Verlichtungswerte an, am höchsten waren sie 2004 (24 %). Die Zunahme der Kronenverlichtung im Jahr 2004 ist bei allen Baumartengruppen aufgetreten. Buchen, Eichen, Fichten und Kiefern hatten im Anschluss an das Extremjahr 2003 die höchsten Verlichtungswerte in der Zeitreihe. In den Folgejahren gingen die Verlichtungswerte zurück, am stärksten bei den Fichten und für die Gruppe der anderen Nadelbäume.
Die Trockenheit 2018 führte bei den anderen Laubbäumen zu Trockenstresssymptomen und einem Anstieg der Kronenverlichtung. 2019 stiegen auch die Verlichtungswerte der Fichten und Buchen an. 2020 sind die Buchen, Kiefern und die anderen Laubbäume wieder besser belaubt. Für Fichten und Eichen ist 2020 keine Veränderung gegenüber 2019 feststellbar.
Die anderen Nadelbäume zeigen 2020 eine mittlere Kronenverlichtung von 22 %, dies sind 9 Prozentpunkte mehr als im Vorjahr. Vor allem die Sitkafichten weisen in diesem Jahr Schäden auf.
Die Buchen und die anderen Laubbäume zu denen u. a. Birke, Esche und Ahorn gehören, nehmen zusammen fast 50 % der Waldfläche in Schleswig-Holstein ein. Die Ergebnisse der Waldzustandserhebung für den Gesamtwald sind daher stark durch die Verlichtungswerte der Buchen und der anderen Laubbäume geprägt.
Einen bedeutsamen Einfluss auf das Gesamtergebnis hat die Altersstruktur der Waldbestände, denn in den jüngeren bis 60-jährigen Beständen sind Schadsymptome sehr viel weniger verbreitet als in den älteren über 60-jährigen Waldbeständen. Die mittlere Kronenverlichtung der über 60-jährigen Waldbestände liegt mit 25 % fast doppelt so hoch wie die der jüngeren Waldbestände (13 %). Im WZE-Kollektiv sind zwei Drittel der Stichprobenbäume älter als 60 Jahre.

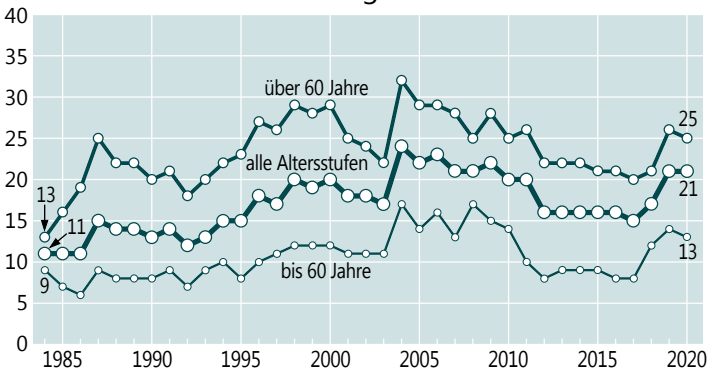
Foto: H. Heinemann

Foto: M. Mahrenholz

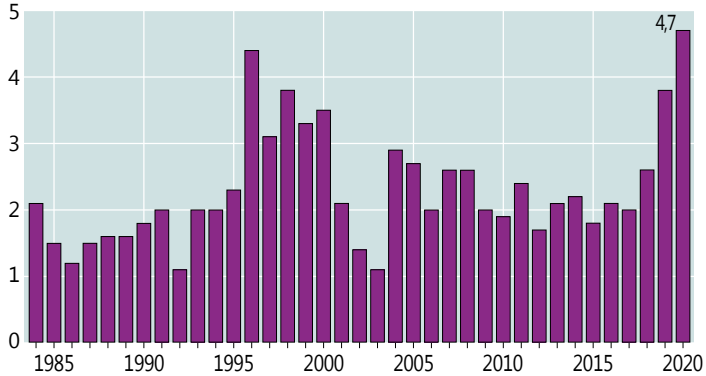
Anteil starker Schäden

Für den Erhebungszeitraum 1984-2020 liegt der durchschnittliche Anteil an starken Schäden bei 2,3 %. Im Jahr 2020 wurden 4,7 % der Waldfläche als stark geschädigt eingestuft. Die Spanne reicht von 1,2 % (Kiefer) bis 11,6 % (andere Nadelbäume).
Mit einer Kronenverlichtung über 60 % sind im Vergleich zu einer vollbelaubten Baumkrone Begrenzungen der Versorgung der Bäume mit Wasser und Energie verbunden. Das Vermögen der Bäume, sich an wechselnde Bedingungen anzupassen, wird eingeschränkt.

Mittlere Kronenverlichtung in %



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



WZE-Ergebnisse für alle Baumarten

Absterberate

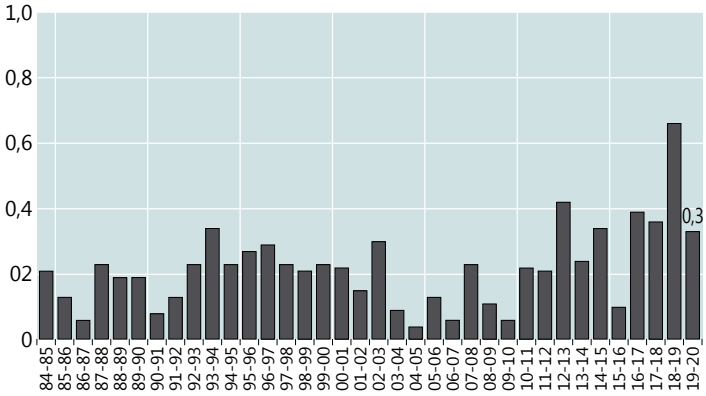
Zur Absterberate werden Bäume gezählt, die zum Zeitpunkt der Erhebung noch stehen, aber abgestorben sind. Im Mittel der Beobachtungsjahre ergibt sich mit 0,2 % eine sehr geringe Absterberate. Mit 0,3 % überschreitet die Absterberate 2020 für den Gesamtwald in Schleswig-Holstein den langjährigen Durchschnittswert geringfügig. Überdurchschnittlich hohe Absterberaten sind 2020 nur bei den anderen Laubbäumen festzustellen.

Ausfallrate

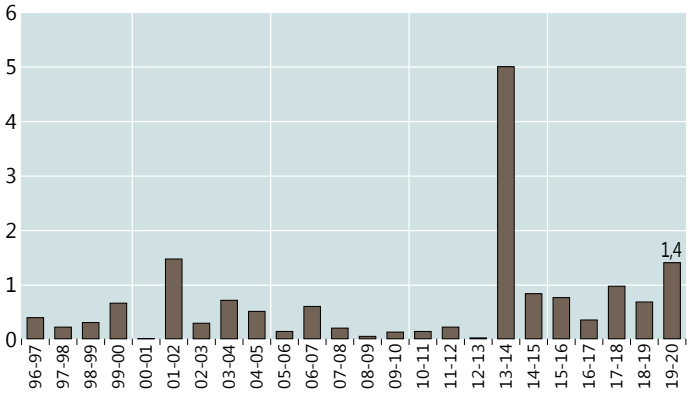
Die Ausfallrate ist das Ergebnis der infolge von Sturmwurf, Trockenheit, Insekten- und Pilzbefall am Stichprobenpunkt entnommenen Bäume. Im Zeitraum 1997-2020 liegen die jährlichen Ausfallraten zwischen 0,02 und 5 %, im Mittel bei 0,7 %. Durch die Orkane „Christian" und „Xaver" im Herbst/Winter 2013 waren die Ausfälle durch Sturmschäden bei der WZE 2014 höher als in anderen Jahren. Vor allem Fichten und die Gruppe der anderen Nadelbäume waren betroffen. 2020 sind 1,4 % der Stichprobenbäume ausgefallen.

Foto: M. Mahrenholz

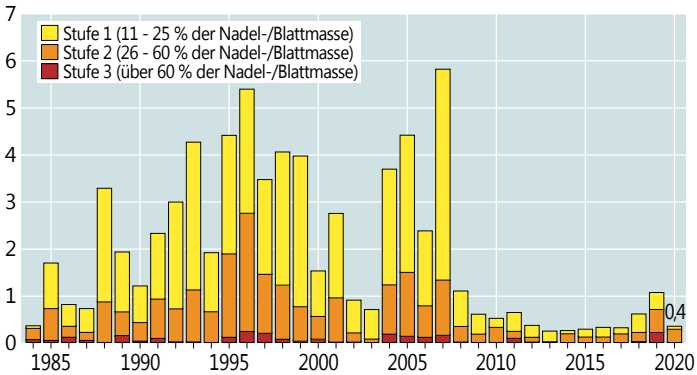
Jährliche Absterberate (stehende Bäume), alle Baumarten, alle Alter in %



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



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



Vergilbungen

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

Fazit

Die mittlere Kronenverlichtung für den Gesamtwald in Schleswig-Holstein ist 2020 gegenüber dem Vorjahr unverändert. Der Anteil starker Schäden und der Anteil der als Schadholz entnommenen Bäume (Ausfallrate) sind 2020 doppelt so hoch wie die langjährigen Mittelwerte. Die Absterberate ist gegenüber dem Mittelwert leicht erhöht.

Buche

Ältere Buche

Die mittlere Kronenverlichtung der älteren Buchen ist 2020 mit 26 % um 7 Prozentpunkte niedriger als im Vorjahr.
In den ersten beiden Erhebungsjahren war die Belaubungsdichte der Buchen vergleichsweise niedrig, in den Folgejahren stiegen die Kronenverlichtungswerte sprunghaft an. Höchstwerte der Kronenverlichtung traten in den Jahren 2000 und 2004 auf. Seit 1987 liegen die Verlichtungswerte der älteren Buchen relativ hoch und erhebliche Schwankungen von Jahr zu Jahr sind typisch für die Zeitreihe. Eine Ursache für die zunehmende Variabilität der Verlichtungswerte ist die Intensität der Fruchtbildung. 2019 hat die intensive Fruchtbildung der älteren Buchen zu erhöhten Verlichtungswerten beigetragen. Da die Buchen 2020 kaum Früchte ausbildeten, sind sie in diesem Jahr wieder besser belaubt, erreichen aber nicht das niedrige Niveau der Jahre 2017 und 2018.

Jüngere Buche

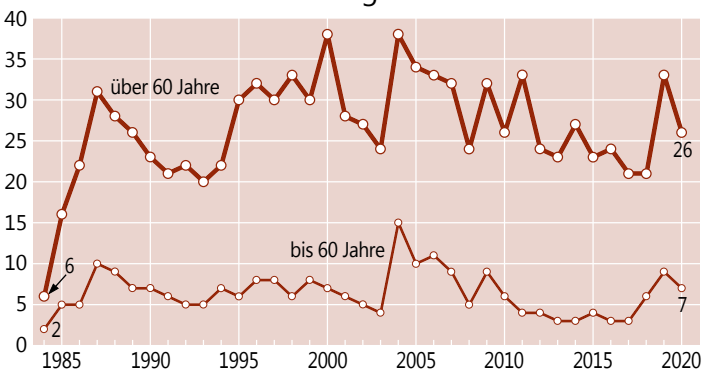
Bei den Buchen sind die Unterschiede in der Belaubungsdichte zwischen jüngeren und älteren Beständen besonders stark ausgeprägt. Die jüngeren Buchen wiesen seit 2010 ein geringes Kronenverlichtungsniveau um 5 % auf. 2019 war der Wert erhöht (9 %), hob sich aber nicht deutlich von den Befunden früherer Jahre ab.
2020 beträgt die mittlere Kronenverlichtung 7 %. Da die Blühreife der Buche erst mit einem Alter von 40-60 Jahren einsetzt, wird die Kronenentwicklung der jüngeren Buchen kaum durch die Fruchtbildung beeinflusst.

Starke Schäden

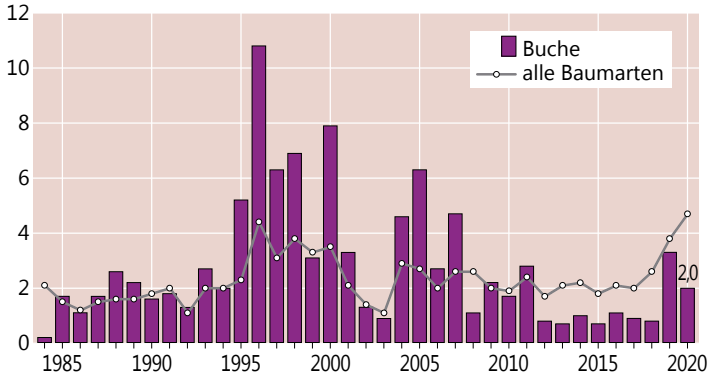
Wie beim Verlauf der mittleren Kronenverlichtung, treten auch beim Anteil starker Schäden bei den Buchen (alle Alter) im Beobachtungszeitraum erhebliche Schwankungen (zwischen 0,2 und 10,8 %) auf. 2020 liegt der Anteil stark geschädigter Buchen mit 2 % unter dem langjährigen Mittel (2,8 %).

Foto: J. Evers

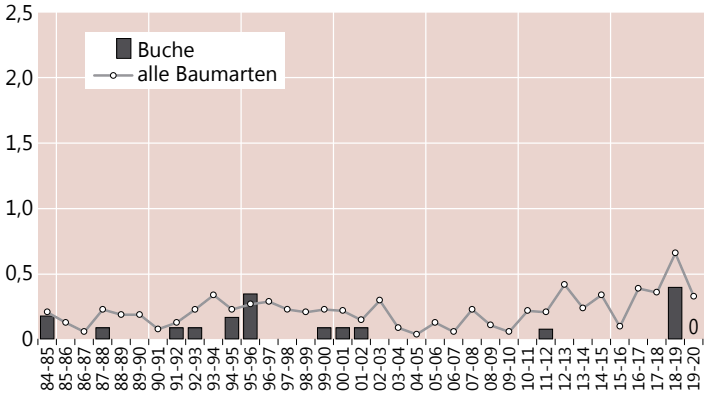
Mittlere Kronenverlichtung in %



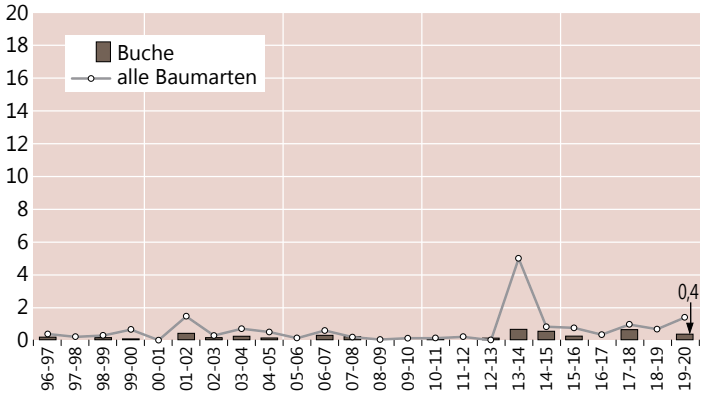
Anteil starker Schäden (inkl. abgestorbener Bäume), alle Alter in %



Jährliche Absterberate (stehende Bäume), alle Alter in %



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



Buche

Foto: H. Heinemann

Absterberate

Obwohl die Anteile starker Schäden bei den Buchen in einzelnen Jahren angestiegen waren, führte dies nicht zu einer Steigerung der Absterberate. Im Vergleich zu den anderen Hauptbaumarten weisen die Buchen die niedrigste Absterberate auf. Im Mittel der Jahre 1984-2020 liegt sie bei 0,05 %. 2020 ist keine Buche im Stichprobenkollektiv der WZE abgestorben.

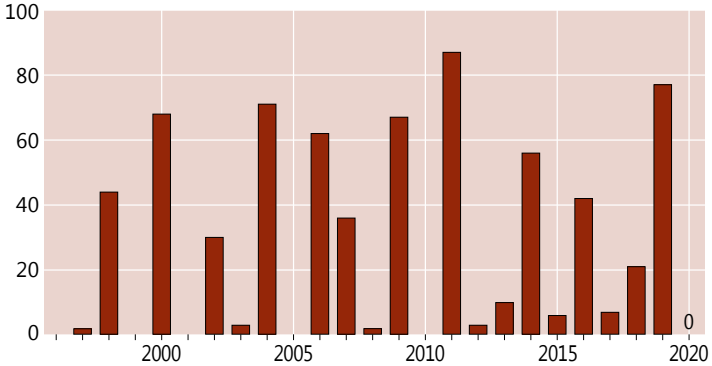
Ausfallrate

Die durchschnittliche Ausfallrate ist bei den Buchen vergleichsweise niedrig (0,2 %). 2014, 2015 und 2018 sind durch Sturmschäden überdurchschnittlich viele Buchen ausgefallen. 2020 sind 0,4 % der Buchen als Schadholz entnommen worden.

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 wurde 2011 festgestellt, 87 % der älteren Buchen wiesen mittlere und starke Fruchtbildung auf. 2019 haben 77 % der älteren Buchen mittel oder stark fruktifiziert. Dies ist der zweithöchste Wert in der Zeitreihe seit 1996. 2020 haben die älteren Buchen kaum Früchte ausgebildet. 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 1996-2020 alle 2,5 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

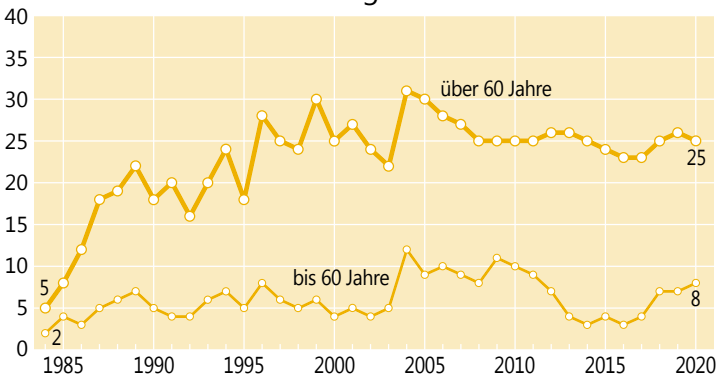
Ältere Eiche

Die Zeitreihe der mittleren Kronenverlichtung der älteren Eichen weist zu Beginn relativ niedrige 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 (2020: 25 %) ermittelt.
Die Entwicklung des Kronenzustandes der Eichen wird durch Insekten- und Pilzbefall beeinflusst. Die periodische Vermehrung von Insekten der so genannten Eichenfraßgesellschaft trägt maßgeblich zu den Schwankungen der Belaubungsdichte der Eichen bei. Seit 2014 wurden kaum mittlere oder starke Schäden durch Insektenfraß beobachtet.

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 (2020: 8 %).

Mittlere Kronenverlichtung in %



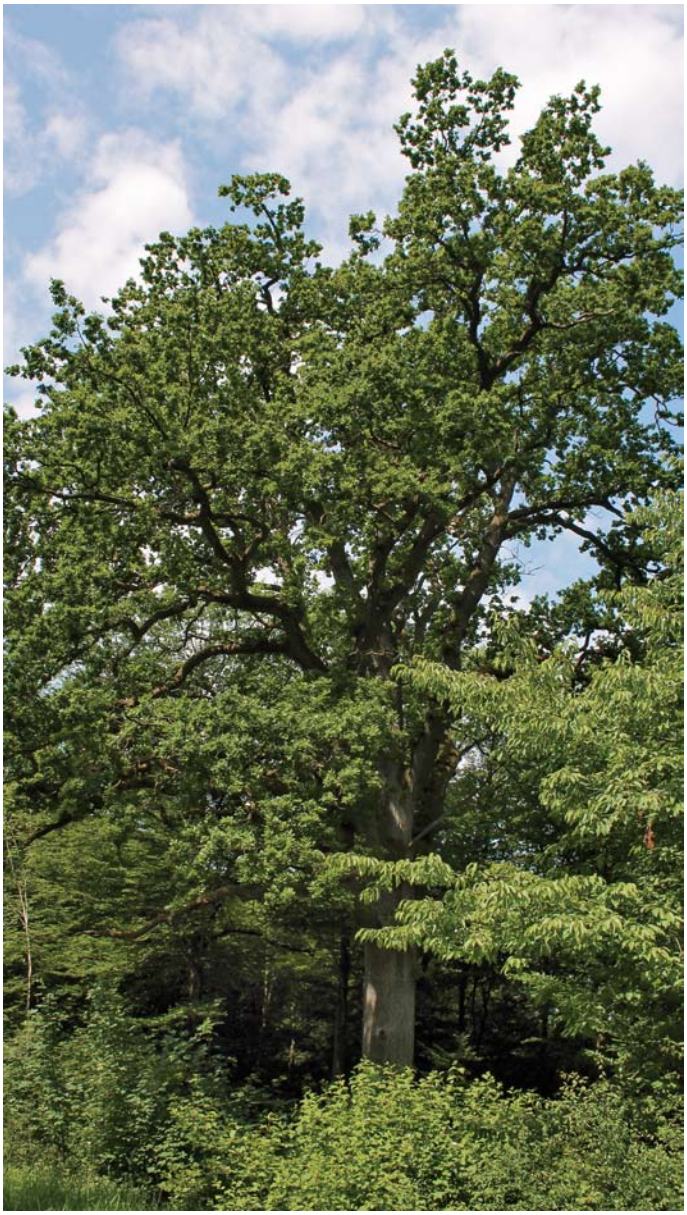


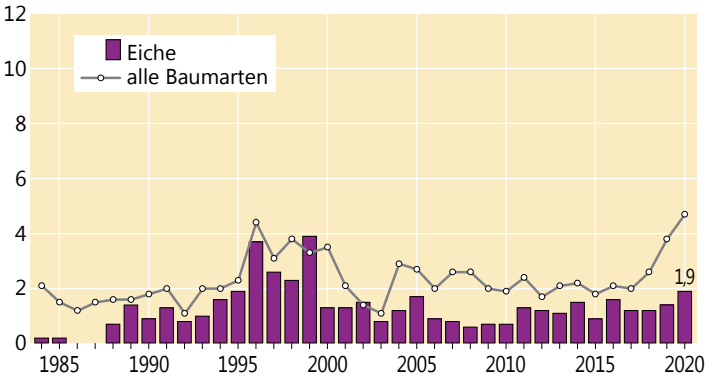
Foto: J. Weymar

Foto: J. Weymar

Starke Schäden

Der Mittelwert der starken Schäden in der Zeitreihe liegt für die Eiche (alle Alter) bei 1,3 %. Eine Phase mit erhöhten Anteilen starker Schäden (bis 3,9 %) wird für die älteren Eichen im Zeitraum 1996-1999 in Verbindung mit intensivem Insektenfraß verzeichnet. Anschließend sind die starken Schäden wieder zurückgegangen, 2020 liegt der Anteil bei 1,9 %.

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

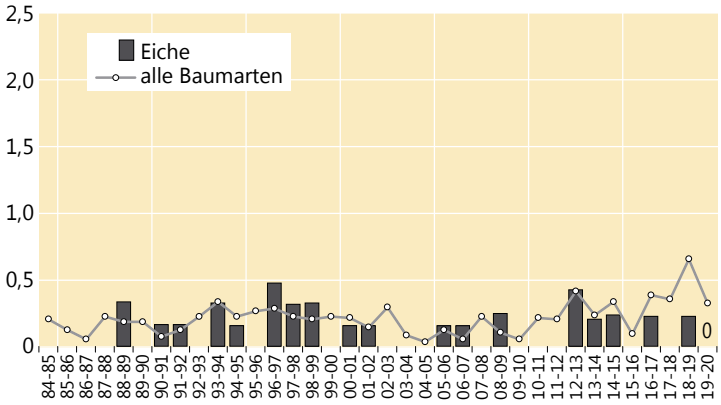


Eiche

Absterberate

Im Mittel der Jahre 1984-2020 ist die Absterberate der Eichen niedrig (0,1 %). Überdurchschnittliche Absterberaten wurden vor allem im Anschluss an starken Insektenfraß ermittelt, am höchsten war die Absterberate 1997 (0,5 %) und 2013 (0,4 %). 2020 ist keine Eiche abgestorben.

Jährliche Absterberate (stehende Bäume), alle Alter in %



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

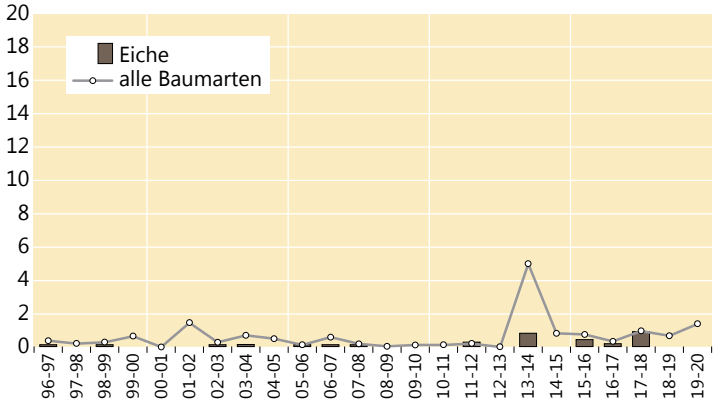


Foto: M. Spielmann

Ausfallrate

Die Ausfallrate der Eichen ist sehr niedrig und liegt in allen Erhebungsjahren unter dem Wert für den Gesamtwald in Schleswig-Holstein. 2014 (0,9 %) und 2018 (0,9 %) gab es Abweichungen vom Mittelwert der Ausfallrate (0,2 %). 2019 und 2020 ist keine Eiche außerplanmäßig (aufgrund von Sturmschäden oder Insektenbefall) entnommen worden.

Fruchtbildung

Die Fruchtbildung der Eiche ist zum Zeitpunkt der Waldzustandserhebung im Juli und August nur schwer einzuschätzen, weil die Eicheln dann noch sehr klein sind. Im Zuständigkeitsbereich der NW-FVA wurde daher für WZE-Punkte mit mindestens 17 Eichen im Alter über 60 Jahre im 8 km x 8 km-Raster eine zusätzliche Erfassung im September durchgeführt. Die Eichen an diesen Referenzpunkten, bestehend aus 13 WZE-Punkten, haben 2020 zu 31 % mittel und stark fruktifiziert.

Foto: J. Evers

Fichte

Ältere Fichte

Im gesamten Beobachtungszeitraum werden für die älteren Fichten anhaltend hohe Kronenverlichtungswerte bis zu 37 % (2006) festgestellt. Ab 2012 ist ein deutlicher Rückgang der mittleren Kronenverlichtung zu verzeichnen. Seit 2019 setzt sich diese Entwicklung nicht fort, die mittlere Kronenverlichtung steigt 2020 auf 27 %.

Jüngere Fichte

Für die Fichten ist ein deutlicher Alterstrend festzustellen, in den letzten Jahren nähern sich die Verlichtungswerte beider Altersgruppen allerdings an. Für die jüngeren Fichten beträgt die mittlere Kronenverlichtung aktuell 17 %.

Starke Schäden

Insgesamt (alle Alter) ergibt sich im Mittel aller Erhebungsjahre ein durchschnittlicher Anteil an starken Schäden von 2,4 %. Die Werte schwanken im Erhebungszeitraum ohne zeitlichen Trend zwischen 0,6 % und 4,7 %. 2019 und 2020 liegen die Anteile stark geschädigter Fichten (4 %) über dem langjährigen Mittel.

Absterberate

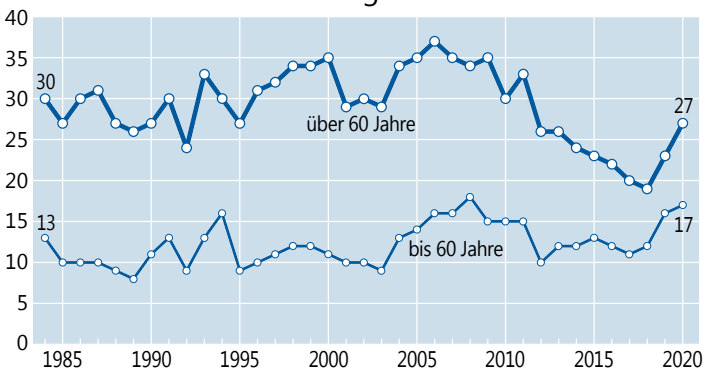
Die Absterberate der Fichten liegt im Mittel der Jahre 1984-2020 bei 0,2 %. Die höchste Absterberate (1 %) für die Fichten wurde 1994 ermittelt. Im Jahr 2020 ist die Absterberate durchschnittlich.

Ausfallrate

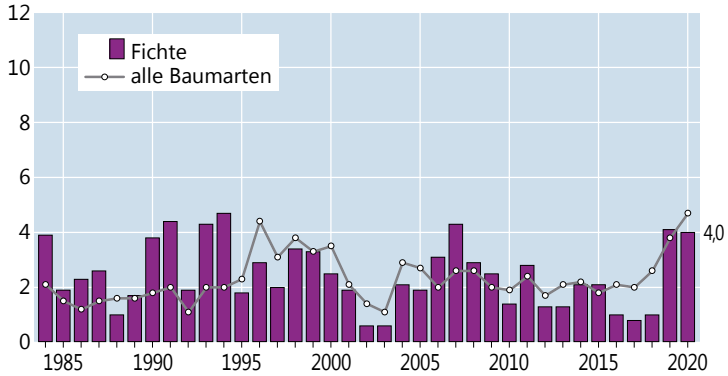
Jährlich fallen im Mittel (1997-2020) 1,1 % der Fichten in der WZE-Stichprobe durch Sturmschäden oder Insektenbefall aus. Nach den Orkanen „Christian“ und „Xaver“ fielen 2014 besonders viele Fichten aus (4,8 %). 2020 ist die Ausfallrate ebenfalls überdurchschnittlich (2,9 %).

Foto: M. Mahrenholz

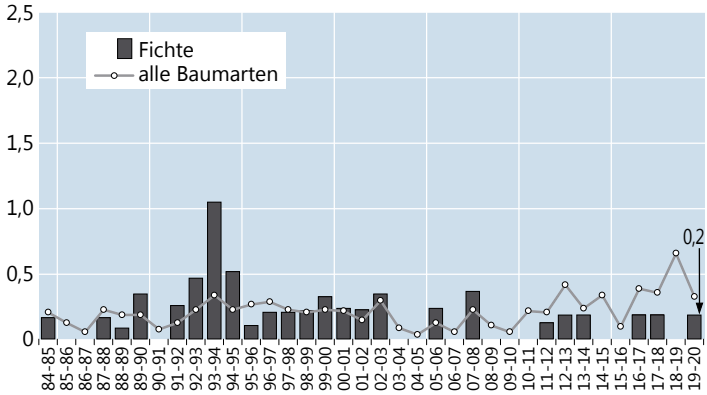
Mittlere Kronenverlichtung in %



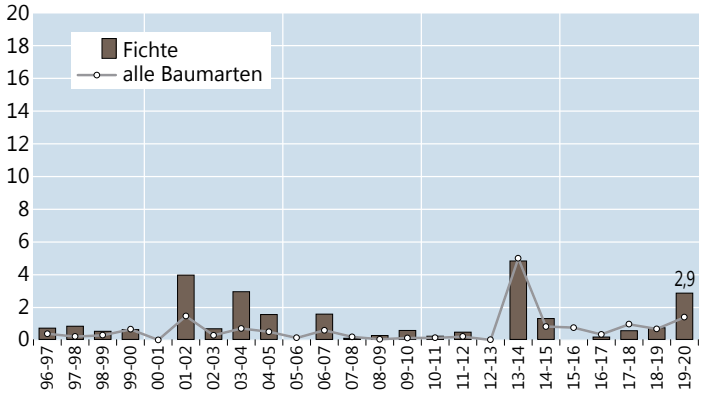
Anteil starker Schäden (inkl. abgestorbener Bäume), alle Alter in %



Jährliche Absterberate (stehende Bäume), alle Alter in %



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



Kiefer

Ältere Kiefer

Die älteren Kiefern weisen seit 1986 niedrigere Kronenverlichtungswerte auf als die älteren Buchen, Eichen und Fichten. 2020 beträgt die mittlere Kronenverlichtung 16 %.

Jüngere Kiefer

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

Starke Schäden

Der Anteil starker Schäden liegt bei den Kiefern (alle Alter) im langjährigen Mittel der Erhebungsjahre bei 0,8 % und bleibt durchgehend unter dem Wert für alle Baumarten. Im Erhebungszeitraum treten kaum Schwankungen auf. Im Jahr 2020 wurden 1,2 % der Kiefern als stark geschädigt eingestuft.

Absterberate

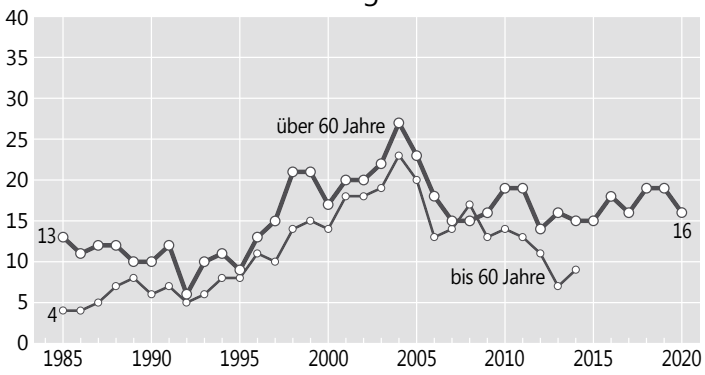
Die Absterberate der Kiefern schwankt im Erhebungszeitraum zwischen 0 und 0,7 %, im Mittel der Zeitreihe beträgt sie 0,2 %. 2020 ist keine Kiefer abgestorben.

Ausfallrate

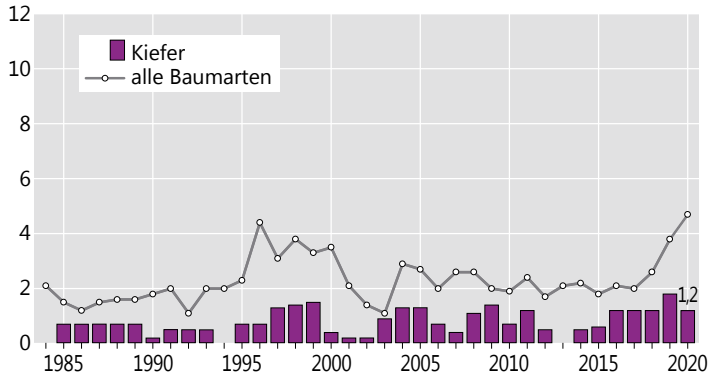
Die durchschnittliche Ausfallrate beträgt 0,4 %. Höhere Ausfälle in den Jahren 2000 und 2015 sind durch Sturmschäden bedingt. 2019 und 2020 mussten keine Kiefern als Schadholz entnommen werden.

Foto: J. Evers

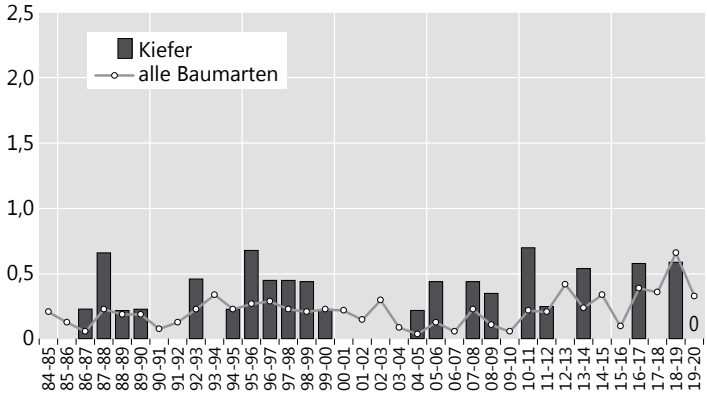
Mittlere Kronenverlichtung in %



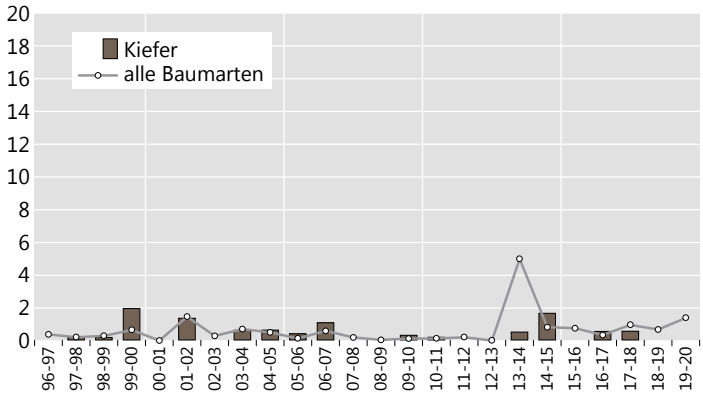
Anteil starker Schäden (inkl. abgestorbener Bäume), alle Alter in %



Jährliche Absterberate (stehende Bäume), alle Alter in %



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



Andere Laub- und Nadelbäume

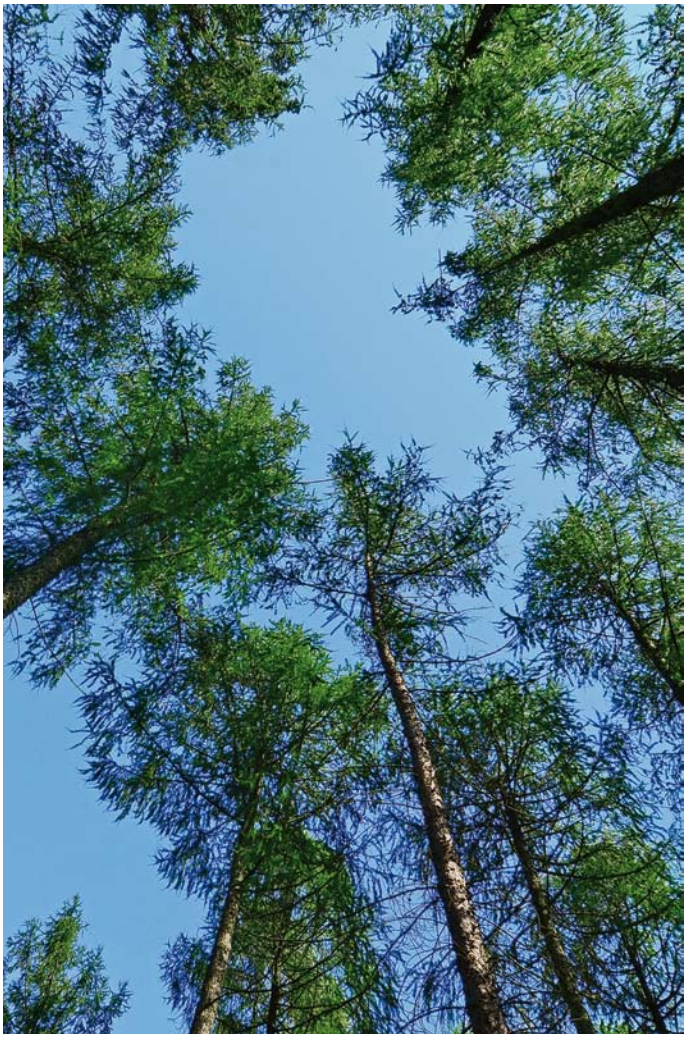
In Schleswig-Holstein werden bei der Waldzustandserhebung als landesweite flächendeckende Stichprobeninventur 29 Baumarten erfasst. Neben den Hauptbaumarten Kiefer, Fichte, Buche und Eiche kommt in den Wäldern Schleswig-Holsteins eine Vielzahl weiterer Baumarten vor. Jede Baumart für sich genommen ist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

Mittlere Kronenverlichtung

2019 erreichte die mittlere Kronenverlichtung der anderen Laubbäume (alle Alter) einen Höchststand (24 %) in der Zeitreihe der Waldzustandserhebung. 2020 hat sich die Situation leicht verbessert, mit 20 % ist die mittlere Kronenverlichtung aber immer noch vergleichsweise hoch.
Die mittlere Kronenverlichtung der anderen Nadelbäume (alle Alter) ist gegenüber dem Vorjahr um 9 Prozentpunkte angestiegen. Dies ist nach 2008 der zweithöchste Wert in der 37-jährigen Zeitreihe.

Starke Schäden

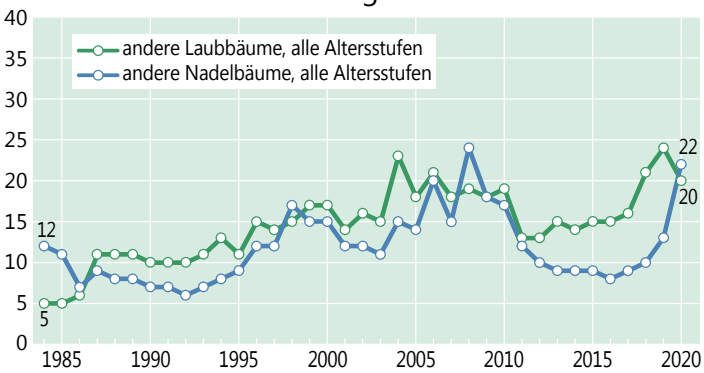
Der Anteil starker Schäden (alle Alter) liegt für die Gruppe der anderen Laubbäume im Erhebungszeitraum im Mittel bei 3,2 %. Seit 2010 wird dieser Durchschnittswert fortlaufend überschritten. 2020 werden 6,1 % der anderen Laubbäume als stark geschädigt eingestuft.
Für die anderen Nadelbäume (alle Alter) gibt es starke Schwankungen beim Anteil starker Schäden, im Mittel sind es 2,3 %. Erhöhte Werte sind 1984 und 2008 aufgetreten. 2020 sind besonders viele Bäume stark geschädigt (11,6 %).



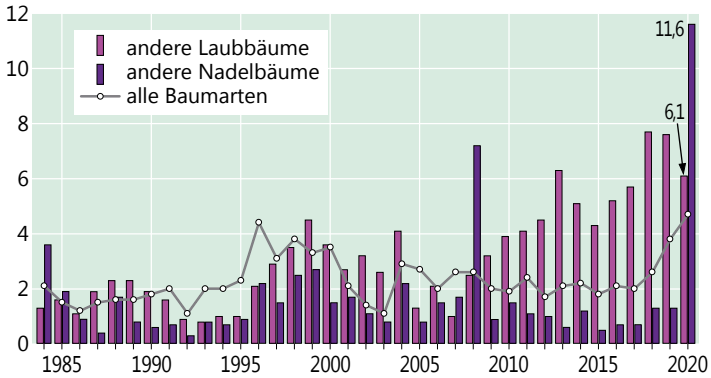
Lärche *Foto: H. Heinemann*

Erle *Foto: J. Weymar*

Mittlere Kronenverlichtung in %



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



Andere Laub- und Nadelbäume

Absterberate

Die Absterberate der anderen Laubbäume ist 2020 niedriger als 2019, liegt mit 1,1 % aber weiter über dem langjährigen Mittel (0,6 %).
Die Absterberate der anderen Nadelbäume liegt im Erhebungszeitraum durchgehend unter 0,5 %. Dies ist auch 2020 der Fall (0,2 %).

Ausfallrate

Bei den anderen Laubbäumen wird seit 2014 eine überdurchschnittliche Ausfallrate festgestellt. 2020 sind 3,3 % der Bäume als Schadholz entnommen worden. Hierbei spielen sowohl Sturmschäden als auch Entnahmen wegen des Eschentriebsterbens eine Rolle.
Die Gruppe der anderen Nadelbäume war 2014 stärker als alle anderen Baumartengruppen durch Sturmschäden betroffen. Anschließend blieb die Ausfallrate niedrig (0 bis 0,4 %).

Esche

Die WZE-Ergebnisse der Eschen (alle Alter) heben sich deutlich von denen der anderen Baumarten ab. Durch das Eschentriebsterben liegt die mittlere Kronenverlichtung der Esche 2020 bei 39 %, 25 % sind stark geschädigt und 4,5 % abgestorben. Auch die Ausfallrate (16 %) ist höher als bei anderen Baumarten.

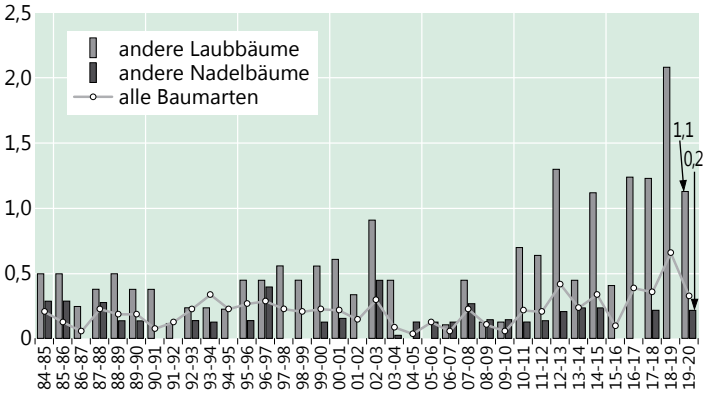
Sitkafichte

Bei der Sitkafichte haben die Schäden in diesem Jahr erheblich zugenommen. Die mittlere Kronenverlichtung (alle Alter) beträgt 50 % und 37 % der Sitkafichten weisen starke Schäden auf. Die Absterberate bleibt relativ niedrig (0,7 %) und keine Sitkafichte wurde als Schadholz entnommen.

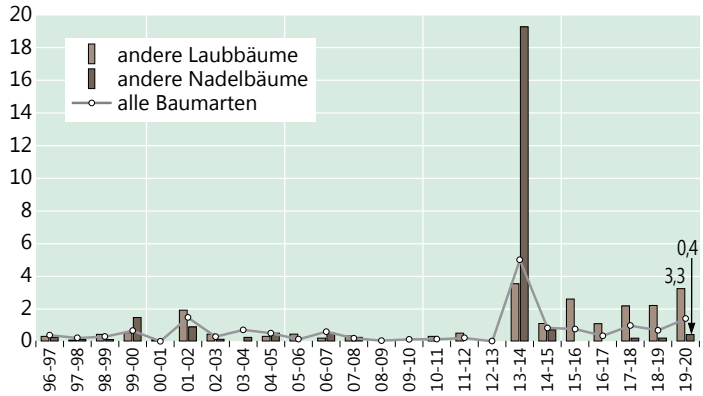
Birke *Foto: NW-FVA*

Eschentriebsterben *Foto: J. Evers*

Jährliche Absterberate (stehende Bäume), alle Alter in %



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



Witterung und Klima

Johannes Sutmöller

Für eine flächenhafte Aussage für das Land Schleswig-Holstein werden die klimatologischen Größen Niederschlag und Temperatur anhand der Messstationen des Deutschen Wetterdienstes (DWD) ausgewertet, indem die Messwerte mit einem kombinierten Regionalisierungsverfahren (Inverse Distance Weighting, Höhenregression) auf ein 200 m-Raster interpoliert werden. Die Mitteltemperaturen werden in Grad Celsius (°C) und die Abweichung in Kelvin (K, entspricht °C) angegeben. Im Waldzustandsbericht wird die Witterung des aktuellen Vegetationsjahres beschrieben. Das Vegetationsjahr umfasst die Monate Oktober des Vorjahres bis einschließlich September des aktuellen Jahres.

Im Vegetationsjahr 2019/20 setzte sich die Trockenheit im dritten Jahr in Folge in Teilen Schleswig-Holsteins fort. Obwohl die Nichtvegetationszeit von Oktober 2019 bis April 2020 überdurchschnittlich hohe Niederschläge brachte, konnte die Trockenheit der Waldböden dadurch nicht vollständig ausgeglichen werden. Dies ist einerseits in der ungleichen Niederschlagsverteilung begründet (nur in den Monaten Oktober, Januar und Februar fiel deutlich mehr Niederschlag als im langjährigen Mittel), andererseits waren alle Monate der Nichtvegetationszeit teilweise deutlich wärmer im Vergleich zur Periode 1961-1990, so dass auch die Verdunstungsleistung der Wälder überdurchschnittlich hoch war.

Das Vegetationsjahr 2019/20 war mit 10,4 °C im Landesmittel von Schleswig-Holstein ähnlich warm wie die Jahre zuvor und zählt damit ebenfalls zu den wärmsten seit Messbeginn im Jahr 1881. Mit 805 mm Jahresniederschlag wurde das langjährige Mittel von 782 mm leicht übertroffen. Dabei wurden in der Vegetationszeit nur rund 80 % der langjährigen Niederschlagssumme gemessen, während in der Nichtvegetationszeit rund 20 % mehr als im Mittel der Referenzperiode fiel.

Witterungsverlauf von Oktober 2019 bis September 2020

Im **Oktober** führten Westwindwetterlagen zu häufigen und flächendeckenden Niederschlägen. Mit 100 mm im Flächenmittel des Landes war der Monat nass (37 % über der mittleren Niederschlagsmenge). Mit einer Monatsmitteltemperatur von 10,6 °C war der Oktober 1,1 K wärmer als im langjährigen Durchschnitt (Abb. rechts, Tab. Seite 19).

Im **November** setzte sich die milde Witterung fort. Die Monatsmitteltemperatur betrug 5,9 °C (+0,8 K). Das Gegenspiel von Hochdruckgebieten über Osteuropa und tiefen Luftdruck über Westeuropa führte zu einem Wechsel aus wechselhaften und trockenen Witterungsphasen. Insgesamt fielen im Mittel 79 mm Niederschlag und damit fast genauso viel wie im langjährigen Mittel.

Der **Dezember** war aufgrund häufiger Südwest-Wetterlagen mit 5,0 °C deutlich zu warm (+3,2 K) und mit 53 mm Niederschlag trockener als üblich (73 %).

Im **Januar** dominierten weiterhin Westwind-Wetterlagen, so dass der Monat sehr mild und nass ausfiel. Die Abweichung betrug +5,1 K. Es fielen mit 84 mm rund 35 % mehr als üblich. Aufgrund der hohen Temperaturen blühten Hasel und Erle 2 bis 3 Wochen früher als im Mittel der Jahre 1961-1990.

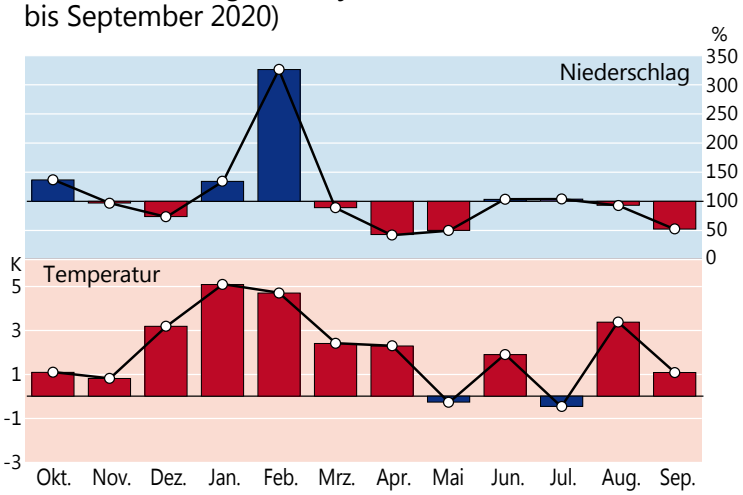
Foto: J. Weymar

Es folgte ein extrem niederschlagsreicher und milder **Februar**. Mit 5,4 °C (+4,7 K) war der Februar 2020 in Schleswig-Holstein einer der wärmsten seit Messbeginn im Jahr 1881. Wiederholt wurden in den tieferen Lagen Tageshöchsttemperaturen von über 15 °C gemessen. Zahlreiche Tiefdruckgebiete führten dazu, dass landesweit sehr viel Niederschlag fiel. Im Mittel wurden rund 137 mm gemessen. Dies entspricht rund dem dreifachen der üblichen Niederschlagsmenge, so dass die Böden zum Ende des Winters gut durchfeuchtet waren. Neben den hohen Niederschlagsmengen traten im Februar mehrere Sturmereignisse auf. Der Orkan „Sabine" am 9. und 10. Februar sorgte auch in Schleswig-Holstein für zahlreiche Schäden. Frostperioden blieben während des gesamten Winters 2019/20 in Schleswig-Holstein eine Ausnahme.

Auch im **März** setzte sich die milde Witterung zunächst fort. Erst in der letzten Märzdekade führte eine mehrere Tage andauernde Ostwetterlage dazu, dass vielfach die tiefsten Temperaturen des Winters gemessen wurden. Trotzdem war der März mit einer Mitteltemperatur von 5,6 °C um 2,4 K zu warm. Die Niederschlagshöhe betrug rund 46 mm und entsprach damit knapp 90 % des langjährigen Mittels.

Im sonnigsten **April** seit Beginn der Aufzeichnungen im Jahr 1951 fielen im Flächenmittel von Schleswig-Holstein nur 20 mm Niederschlag. Dies entspricht nicht einmal der Hälfte der üblichen Niederschlagsmenge. Die vielfach sonnige Witterung sorgte gepaart mit hohen Temperaturen – die Monatsmitteltemperatur lag mit 8,9 °C um 2,3 K über

Abweichungen von Niederschlag und Temperatur vom Mittel der Klimareferenzperiode 1961-1990 (durchgezogene schwarze Linie) in Schleswig-Holstein, Monatswerte für das Vegetationsjahr 2020 (Oktober 2019 bis September 2020)



Daten des Deutschen Wetterdienstes, Offenbach

der vieljährigen Durchschnittstemperatur – für relativ hohe Verdunstungsraten. In der Folge trockneten die Oberböden bereits im April stark aus, so dass insbesondere in den südöstlichen Landesteilen die Trockenheit zu Vegetationsbeginn ähnlich wie im Vorjahr zu ungünstigen Startbedingungen für die Pflanzen führte. Aufgrund der warmen Witterung kam es wie in den Vorjahren zu einem vorzeitigen Austrieb der Vegetation.

Im **Mai** setzte sich die Trockenheit fort, da mit 27 mm nur rund 50 % der üblichen Niederschlagsmenge fiel. Die Mitteltemperatur betrug 11,2 °C und lag damit 0,3 K unter dem Durchschnitt der Jahre 1961-1990. Damit beendete der Mai eine 11-monatige Andauer zu warmer Monate. Die Eisheiligen machten in diesem Jahr ihrem Namen alle Ehre, da um den 10. Mai verbreitet nochmals Frost auftrat.

Temperaturmittelwerte und Niederschlagssummen für das Vegetationsjahr 2019/20 (Oktober 2019 bis September 2020) sowie die langjährigen Mittelwerte der Referenzperioden 1961-1990 und 1991-2020

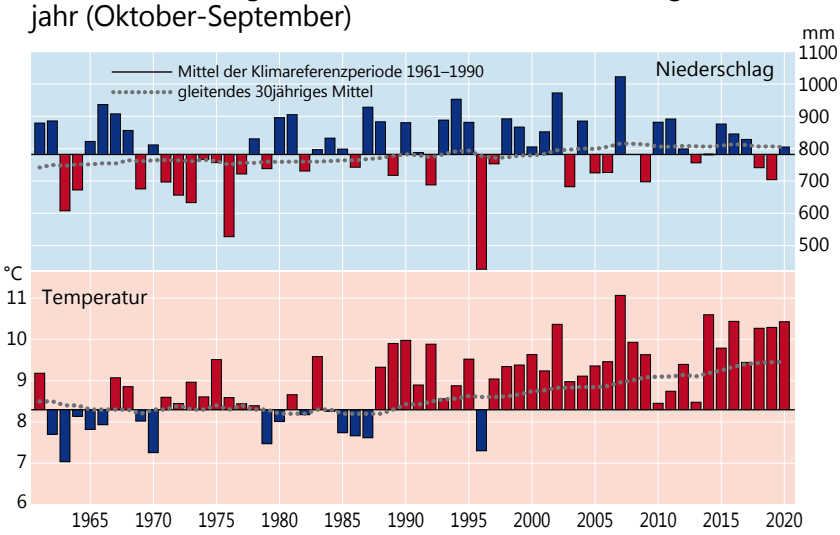
	Temperatur (°C)			Niederschlag (mm)		
	2019/20	1961 – 1990	1991 – 2020	2019/20	1961 – 1990	1991 – 2020
Oktober	10,6	9,5	9,9	100	73	74
November	5,9	5,1	5,6	79	82	70
Dezember	5,0	1,8	2,8	53	73	76
Januar	5,4	0,3	1,9	84	62	70
Februar	5,4	0,7	2,1	137	42	54
März	5,6	3,2	4,3	46	52	53
April	8,9	6,6	8,2	20	48	39
Nicht-vegetationszeit	**6,7**	**3,9**	**5,0**	**519**	**432**	**436**
Mai	11,2	11,5	12,2	27	55	54
Juni	16,9	15,0	15,4	71	68	73
Juli	15,8	16,3	17,7	83	80	83
August	19,6	16,2	17,5	68	74	84
September	14,4	13,3	14,1	37	73	72
Vegetationszeit	**15,6**	**14,5**	**15,4**	**286**	**350**	**366**
Vegetationsjahr	**10,4**	**8,4**	**9,4**	**805**	**782**	**802**

zu kalt* -5 K -3 K -1 K +1 K +3 K +5 K zu warm*

zu nass* 175 % 150 % 125 % 75 % 50 % 25 % zu trocken*

*Abweichung zur Periode 1961-1990

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



Daten des Deutschen Wetterdienstes, Offenbach

Der **Juni** war warm bei durchschnittlichen Niederschlägen. Die Monatsmitteltemperatur von 16,9 °C lag um 1,9 K über dem langjährigen Mittel für Schleswig-Holstein. Mit 71 mm im Landesmittel wurde das übliche Soll erreicht.

Der **Juli** zeigte ein ausgeprägtes Nord-Süd-Gefälle in Deutschland. Während der Norden häufig von Tiefausläufern überquert wurde, waren diese in der Mitte und im Süden Deutschlands nur abgeschwächt wirksam. Die Niederschlagsmenge im landesweiten Mittel betrug 83 mm und lag damit etwas über der vieljährigen Niederschlagsmenge. Auch bei den Temperaturen gab es ein Nord-Süd-Gefälle. Im Flächenmittel lag die Temperaturabweichung bei -0,5 K und einer Mitteltemperatur von 15,8 °C.

Der **August** begann mit einer Hitzewelle. Teilweise wurden an mehreren Tagen hintereinander Höchsttemperaturen von über 30 °C gemessen. Infolgedessen war der August mit einer Mitteltemperatur von 19,6 °C um 3,4 K wärmer als im Mittel der Referenzperiode 1961-1990. Zahlreiche Starkniederschlagsereignisse sorgten dafür, dass im Flächenmittel das Niederschlagssoll annähernd erreicht wurde.

Zum Abschluss des Vegetationsjahres 2019/20 folgte ein warmer, sehr trockener und sonnenscheinreicher **September**. Die Temperatur lag 1,1 K über dem Durchschnittswert und die Niederschlagsmenge erreichte nur die Hälfte des Niederschlagssolls.

Vergleich der Klimareferenzperiode 1961-1990 mit 1991-2020

Mit dem Jahr 2020 endet die aktuell international gültige Klimanormalperiode 1961-1990. Ab dem nächsten Jahr wird diese durch die neue Referenzperiode 1991-2020 abgelöst. Ein Vergleich der aktuellen Referenzperiode 1961-1990 mit der neuen Periode von 1991-2020 für das Vegetationsjahr zeigt deutlich, dass die Klimaveränderung in Schleswig-Holstein bereits zu einer signifikanten Erwärmung geführt hat. Die Jahresmitteltemperatur ist in den letzten dreißig Jahren von 8,4 °C auf 9,4 °C angestiegen (Tab. links). Dies betrifft sowohl die Nichtvegetationsperiode als auch die Vegetationsperiode. In allen Monaten hat sich die Temperatur im Zeitraum 1991-2020 gegenüber der Periode 1961-1990 erhöht. Besonders stark erwärmt haben sich die Monate Januar, Februar, März, April, Juli und August mit bis zu 1,6 K. In den Monaten Juni, Oktober und November ist die Erwärmung dagegen weniger stark ausgefallen.

Bei den Niederschlägen kam es zu einer leichten Zunahme von 782 mm auf 802 mm in der Jahressumme. Dabei sind besonders die Monate Januar, Februar und August deutlich feuchter geworden,

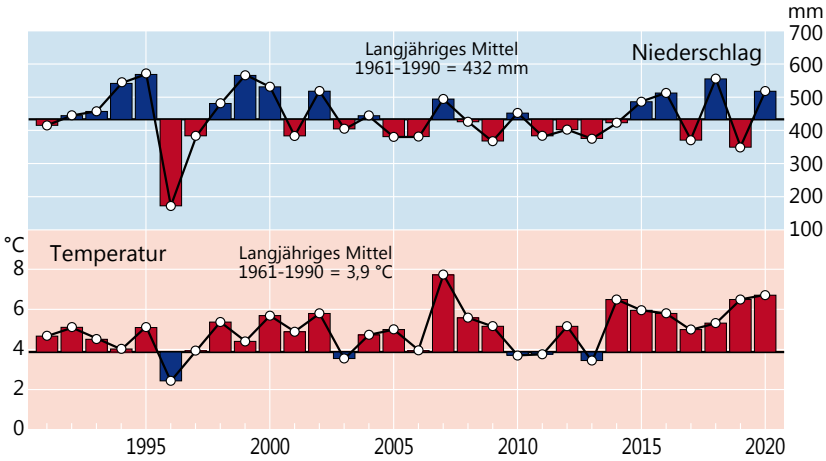
während der April und November trockener im Vergleich zur Periode 1961-1990 sind. In den übrigen Monaten gibt es sowohl geringfügige Ab- als auch Zunahmen. Es zeigt sich eine Tendenz zu wärmeren Klimabedingungen im Winter bis ins Frühjahr hinein und im Sommer. Eine von den Klimamodellen erwartete Verschiebung der Niederschläge in die Wintermonate kann für Schleswig-Holstein bisher nicht festgestellt werden.

Temperatur und Niederschlag im langjährigen Verlauf

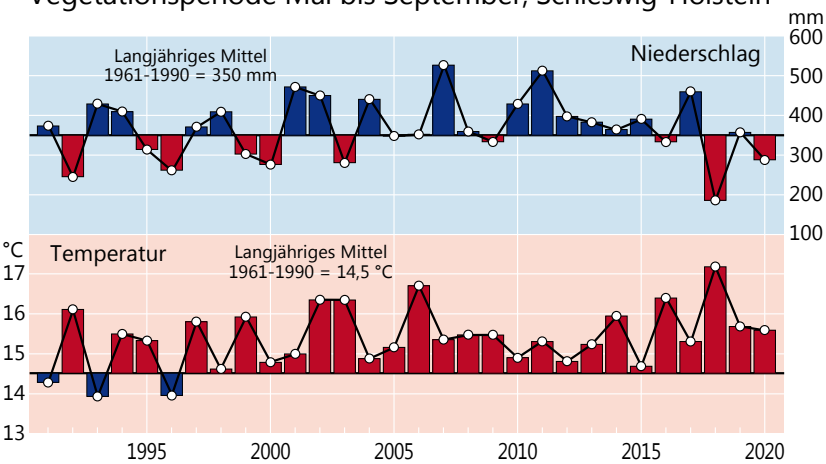
Auch das Vegetationsjahr 2019/20 war eines der wärmsten seit Messbeginn. Die Mitteltemperatur betrug 10,4 °C und lag damit 2,0 K über dem Mittelwert der Klimareferenzperiode 1961-1990 bzw. 1,0 K über der Periode 1991-2020 (Tab. Seite 19). Auch der langfristige Erwärmungstrend setzt sich ungehindert fort, wie das gleitende 30-jährige Mittel verdeutlicht (gepunktete Linie in Abb. Seite 19). Bis auf den Mai und den Juli waren alle Monate im Vergleich zur Referenzperiode 1961-1990 zu warm, wobei bei vier Monaten die Abweichung mehr als 3 K betrug. Auch waren die meisten Monate teilweise deutlich zu trocken. Aufgrund der hohen Niederschläge im Oktober, Januar und Februar wurde das Niederschlagssoll von 782 mm leicht übertroffen (Abb. Seite 19).

Die Nichtvegetationszeit von Oktober 2019 bis April 2020 war außergewöhnlich mild. Die Mitteltemperatur betrug 6,7 °C und lag 2,8 K über dem Wert der Klimareferenzperiode von 1961-1990 (Abb. unten). Überdurchschnittlich warm waren die östlichen und südlichen Landesteile (teilweise mehr als 3 K), während die Temperaturen im äußersten Westen des Landes um rund 2,5 K abwichen (Abb. Seite 21 oben links). In der Nichtvegetationszeit fielen im Flächenmittel von Schleswig-Holstein 519 mm Niederschlag und damit fast 200 mm mehr als im gleichen Zeitraum des Vorjahres (Abb. links oben). Das Niederschlagssoll wurde um 20 % übertroffen. Überdurchschnittlich nass war es im Nordwesten und Südwesten des Landes sowie in Teilen der östlichen Jungmoränenlandschaft (Abb. Seite 21 unten links). Nur in wenigen Gebieten Schleswig-Holsteins wurde ein geringer Niederschlagsüberschuss von bis zu 10 % gemessen.

Langjährige Klimawerte (1991-2020)
Nichtvegetationsperiode Oktober bis April, Schleswig-Holstein



Langjährige Klimawerte (1991-2020)
Vegetationsperiode Mai bis September, Schleswig-Holstein



Daten des Deutschen Wetterdienstes, Offenbach

Foto: M. Mahrenholz

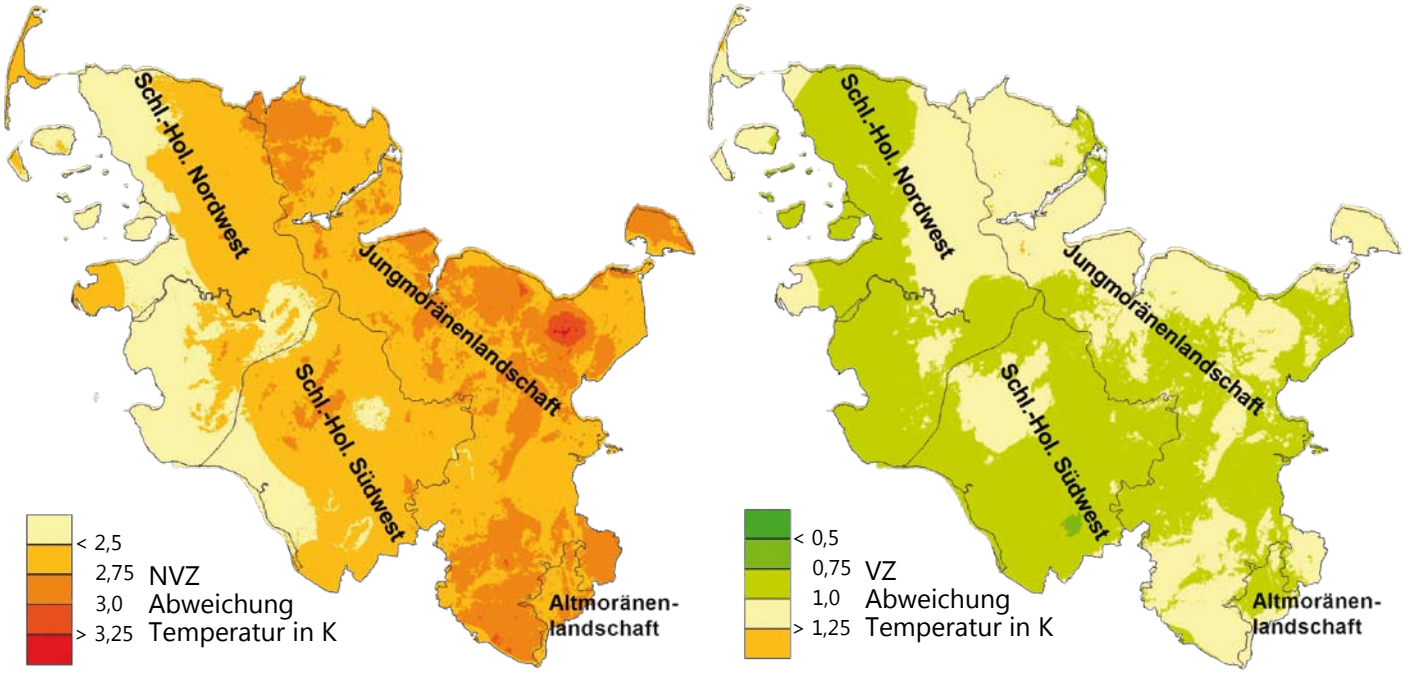
Die Vegetationszeit von Mai bis September 2020 war überdurchschnittlich warm und trocken. Im Flächenmittel des Landes Schleswig-Holstein betrug die Mitteltemperatur 15,6 °C und lag damit 1,1 K über dem langjährigen Mittel. Dabei gab es regional kaum Unterschiede. In der Vegetationszeit fielen landesweit im Mittel nur rund 286 mm Niederschlag. Dies entspricht rund 80 % der üblichen Niederschlagsmenge. Besonders trocken waren die südlichen Teile des Landes mit einem Defizit von bis zu 30 %. Im Nordwesten von Schleswig-Holstein betrug das Niederschlagsdefizit dagegen weniger als 10 %.

Fazit

- Auch das Vegetationsjahr 2019/20 war mit einer Mitteltemperatur von 10,4 °C wiederum außergewöhnlich warm. Der langjährige Erwärmungstrend setzte sich unvermindert fort.
- Dabei waren 10 von 12 Monaten zu warm und 7 von 12 Monaten zu trocken.
- In der Referenzperiode 1991-2020 beträgt der Temperaturanstieg 1,0 K im Vergleich zur Klimanormalperiode 1961-1990.
- Die Niederschlagsmenge von 805 mm übertraf das langjährige Mittel leicht. Allerdings reichten die Niederschläge nicht aus, um in den südöstlichen Landesteilen die Defizite der letzten Jahre auszugleichen und die tieferen Bodenschichten zu durchfeuchten. Die Trockenheit der letzten Jahre setzte sich in diesen Regionen fort.

Witterung und Klima

Abweichung der Temperatur vom langjährigen Mittel (1961-1990) in der Nichtvegetationszeit (NVZ) 2019/2020 und in der Vegetationszeit (VZ) 2020



Abweichung der Niederschlagssumme vom langjährigen Mittel (1961-1990) in der Nichtvegetationszeit (NVZ) 2019/2020 und in der Vegetationszeit (VZ) 2020

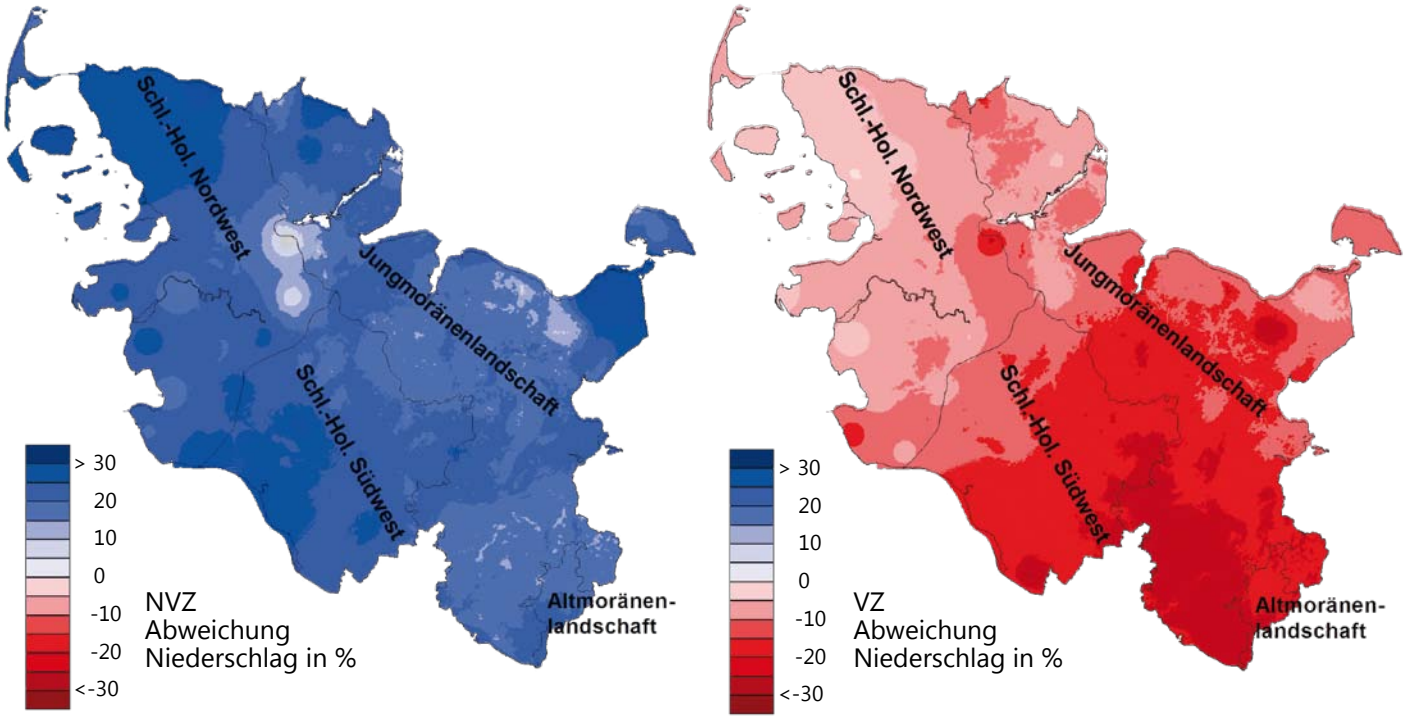


Foto: J. Evers

Entscheidungshilfen zur klimaangepassten Baumartenwahl

Hermann Spellmann, Johannes Sutmöller und Ralf-Volker Nagel

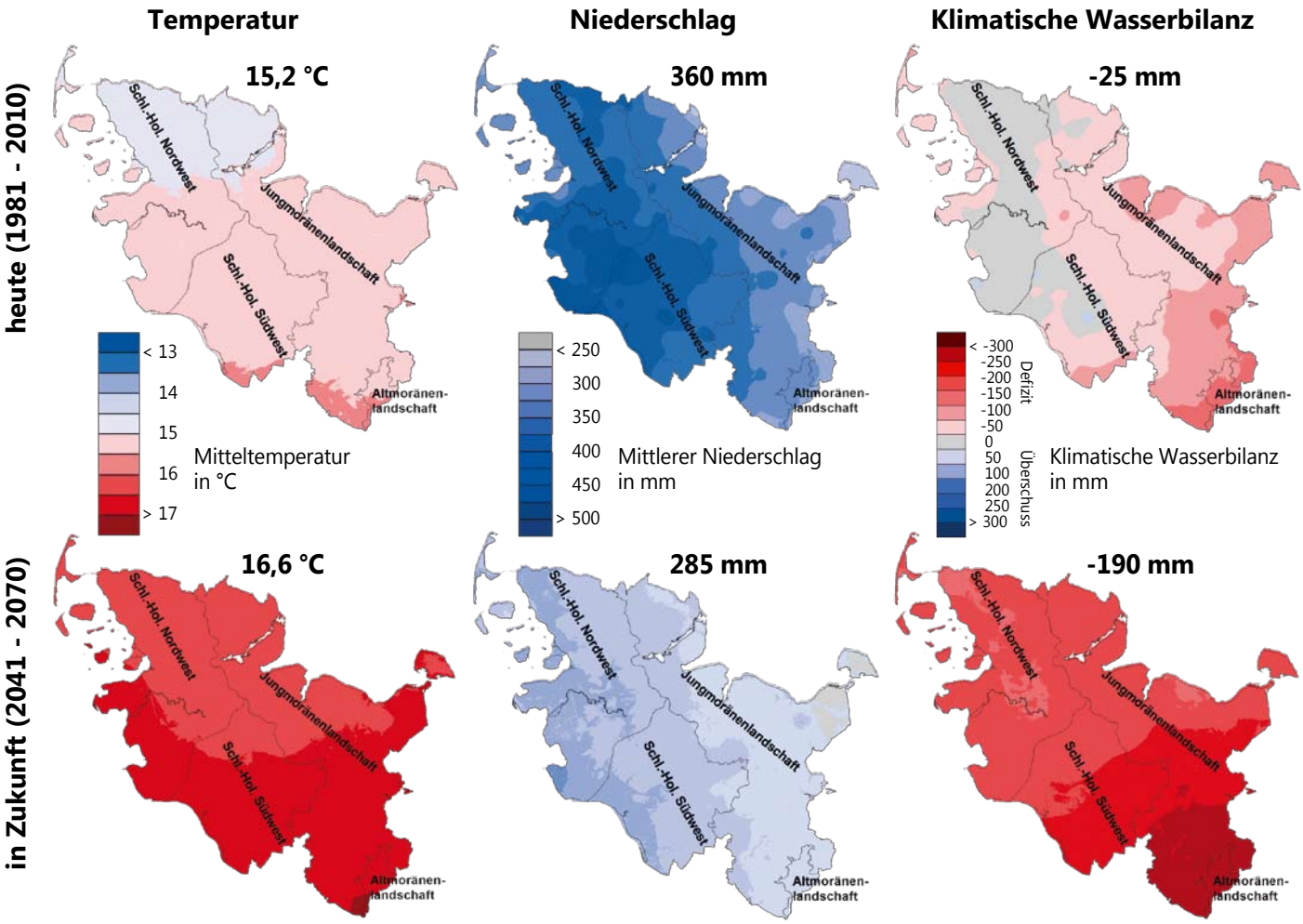
Ausgangssituation

Die Klimaerwärmung ist in Schleswig-Holstein seit Ende des letzten Jahrhunderts durch Messungen eindeutig belegt. Im Vergleich zur Klimanormalperiode 1961 bis 1990 beträgt die mittlere Temperaturerhöhung rund 1,0 K, im Vergleich zur vorindustriellen Zeit (vor 1880) bereits knapp 1,5 K. Von den letzten 20 Jahren (2000 bis 2019) gehören 19 Jahre zu den wärmsten seit Messbeginn im Jahr 1881. Insbesondere die Jahre 2018 und 2019 zeichneten sich durch eine außergewöhnliche Andauer und Intensität von Trockenperioden aus. Bis zum Ende des Vegetationsjahres 2020 setzte sich die Trockenheit und Wärme fort (s. Seite 18: Witterung und Klima). Die Jahre 2018 und 2019 waren in Schleswig-Holstein nach 2014 die wärmsten seit Beginn der regelmäßigen Beobachtungen. Gleichzeitig wurden im Jahr 2018 sehr geringe Niederschlagsmengen gemessen, so dass trotz gut gefüllter Bodenwasserspeicher zu Beginn der Vegetationsperiode im Laufe des Sommers die Waldböden vielfach austrockneten. Die Serie sehr warmer und trockener Monate setzte sich auch in der Nichtvegetationszeit 2019 fort. Viele Böden in Schleswig-Holstein waren zu Beginn der Vegetationsperiode 2019 nur unzureichend mit Wasser gefüllt, so dass die Bäume bereits frühzeitig unter Wassermangel litten. Die Folge waren sichtbare Schäden in den Wäldern, die zunehmend auch in der Öffentlichkeit wahrgenommen und diskutiert werden. Die Ursache für die Vielzahl an Waldschäden ist direkt (Trockenheit, Stürme) und indirekt (Begünstigung von Schadinsekten und Pilzen) durch die voranschreitende Klimaerwärmung begründet. Die Klimaanpassung der Wälder ist derzeit die größte Herausforderung der Forstbetriebe und hat einen unmittelbaren Einfluss auf den Beitrag des Forst- und Holzsektors zum Klimaschutz.

Datengrundlagen

Mögliche Klimaentwicklungen werden derzeit durch die RCP-Klimaszenarien[1] (IPCC 2014) beschrieben. Während das optimistische Szenario RCP2.6 gegenüber dem Zeitraum 1986-2005 einen Anstieg der globalen Jahresmitteltemperatur um 0,3 °C bis 1,7 °C bis zum Ende des Jahrhunderts projiziert, ist nach dem pessimistischen Szenario RCP8.5 mit einer Temperaturerhöhung von 2,6 °C bis 4,8 °C zu rechnen. Ungeachtet der Unterschiede im Detail lassen sämtliche Klimaprojektionen für Deutschland einen deutlichen Temperaturanstieg bei gleichzeitig veränderten jährlichen Niederschlagsverteilungen erwarten (Abb. unten). Sehr wahrscheinlich ist zudem ein gehäuftes Auftreten von Witterungsextremen wie Trockenperioden, Starkregenereignissen oder Stürmen (IPCC 2014, UBA 2015, Hübener et al. 2017).

Klima-Kennwerte in der Vegetationszeit für Schleswig-Holstein in den Klimaperioden 1981-2010 (Messwerte Deutscher Wetterdienst) und 2041-2070 (Klimaszenario RCP8.5, Modell ECHAM6 STARS II, Median-Lauf)



[1] RCP - Representative Concentration Pathways: Deren Ziffern geben an, welche zusätzliche Energie (in Watt/m²) maximal durch den fortschreitenden Treibhauseffekt in die bodennahe Atmosphäre eingebracht wird.

Entscheidungshilfen zur klimaangepassten Baumartenwahl

Die erarbeiteten Entscheidungshilfen der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt (NW-FVA) zur Klimaanpassung basieren auf dem Emissionsszenario RCP8.5, gerechnet mit dem Globalmodell ECHAM 6 (Max-Planck-Institut für Meteorologie in Hamburg, s. Jungclaus et al. 2010, Stevens et al. 2013) und dem statistischen Regionalmodell STARS II (Orlowsky et al. 2008) für den Zeitraum 2041 bis 2070. Diese wurden an der NW-FVA mit einem kombinierten Verfahren aus Inverse Distance Weighting (IDW) und Höhenregressionen (Schulla u. Jasper 2007) auf ein 50 x 50 m-Raster herunterskaliert, um den örtlichen Bezug herzustellen.
Neben den Daten zum zukünftigen Klima sind Informationen über die physikalischen und chemischen Bodeneigenschaften eine wichtige Voraussetzung für eine standortsgemäße Baumartenwahl. Diese Merkmale werden im Rahmen der forstlichen Standortskartierungen erfasst. Sie liegen für Schleswig-Holstein fast vollständig vor, da nur ungefähr 10 % der Waldfläche noch nicht kartiert sind (überwiegend im Privatwald). Die Angaben zum Wasserhaushalt und zur Nährstoffausstattung müssen aber noch nach einheitlichen Kriterien aufbereitet werden. Hierzu wird derzeit an der NW-FVA im Rahmen eines mit Landesmitteln finanzierten Projektes auf über 5.000 Bodenprofile der Standortskartierung und die Ergebnisse der Bodenzustandserhebung zurückgegriffen. Mit den aufbereiteten Standortsinformationen sollen Regionalisierungsmodelle parametrisiert werden, die eine flächenhafte Schätzung von quantitativen Bodenparametern wie der nutzbaren Feldkapazität (nFK), dem Grundwasserflurabstand oder der Nährstoffausstattung ermöglichen, um den Lückenschluss in der Standortskartierung zu realisieren.

Braunerde-Podsol *Foto: NW-FVA*

Klimaanpassung

Der Klimawandel führt zu verlängerten Vegetationsperioden und erhöht bei den meisten mitteleuropäischen Baumarten deren Verdunstungsanspruch. Hierdurch wird der Trockenstress für die Wälder zunehmen, so dass die Produktivität gemindert und die Anfälligkeit gegenüber weiteren abiotischen und biotischen Stressfaktoren steigen wird.
Um die Wasserversorgung der Wälder in der Vegetationszeit unter heutigen und zukünftigen Klimabedingungen abschätzen zu können, wird für die Trägerländer der NW-FVA die so genannte Standortswasserbilanz (SWB) flächendeckend berechnet. Die SWB ist ein einfach zu berechnender Indikator zur baumartenspezifischen Einschätzung des Trockenstressrisikos eines Standortes (s. Erläuterungskasten „Definitionen"). Neben der zentralen Größe der Klimatischen Wasserbilanz in der Vegetationszeit wird bei der Berechnung der SWB der Bodenwasserspeicher in Form der nutzbaren Feldkapazität (nFK) berücksichtigt. Stark vereinfacht ausgedrückt, handelt es sich dabei um die Eigenschaft der Waldböden, in gewissem Maße Niederschlagswasser zu bevorraten und den Bäumen für ihren Bedarf zur Verfügung zu stellen.

Definitionen

*Die **Standortswasserbilanz (SWB_{VZ})** für grund- und stauwasserfreie Waldstandorte ist die Summe aus der Klimatischen Wasserbilanz in der Vegetationszeit (KWB_{VZ}) und dem pflanzenverfügbaren Bodenwasser (nutzbare Feldkapazität, nFK).*
*Die **Klimatische Wasserbilanz (KWB)** ist die Differenz zwischen Niederschlag und potenzieller Verdunstung, die nach FAO-Norm (FAO = Ernährungs- und Landwirtschaftsorganisation der Vereinten Nationen) für eine einheitliche Grasbedeckung und nach dem Ansatz von Penman/Monteith berechnet wird (Monteith 1965, Penman 1948).*
*Das **pflanzenverfügbare Bodenwasser** (nutzbare Feldkapazität, nFK) ist die Differenz zwischen dem Wassergehalt bei Feldkapazität und dem permanenten Welkepunkt. Die nFK hängt maßgeblich von der Textur, der Lagerungsdichte und dem Humusgehalt des Bodens sowie der Durchwurzelungstiefe ab. Die beste Grundlage für eine möglichst genaue flächendeckende Berechnung der nFK sind die Daten der forstlichen Standortskartierung in Form detailliert beschriebener und genau verorteter Bodenprofile in Kombination mit der flächendeckenden Kartierung der wichtigsten Bodeneigenschaften. Im Mittel der kartierten Waldflächen beträgt die nFK 136 mm bis 1 m-Bodentiefe, wobei die Bandbreite von rund 80 mm auf den trockenen und bis zu rund 240 mm auf den nachhaltig frischen Standorten reicht. Bei den tief durchwurzelbaren Böden des Tieflandes werden für die nFK-Berechnung die bodenphysikalischen Parameter bis 1,4 m Bodentiefe herangezogen und anschließend wiederum „gewichtet" auf 1 m normiert, so dass z. B. tiefer liegende Lehmschichten von Zweischichtböden noch berücksichtigt werden.*
Die derzeit im Rahmen der Klimaanpassung von der NW-FVA verwendeten Berechnungen der Standortswasserbilanz in der Vegetationszeit (SWB_{VZ}) gehen von der Annahme aus, dass der pflanzenverfügbare Bodenwasserspeicher zu Beginn der Vegetationsperiode weitgehend aufgefüllt ist.

Hinsichtlich der Ansprüche an die Wasserversorgung und demzufolge auch in der Toleranz gegenüber Trockenstress gibt es deutliche Unterschiede zwischen den Baumarten, die grundlegend in ihren physiologischen Eigenschaften begründet liegen. Eine gewisse Spanne dieser Eigenschaf-

ten ist durch die genetische Differenzierung auf Artebene sowie eine individuelle phänotypische Anpassung in Interaktion mit dem jeweiligen Standort gegeben. Dennoch lassen sich die Baumarten auf der Grundlage vorliegender Erkenntnisse und Beobachtungen bestimmten Gruppen unterschiedlicher Trockenstress-Gefährdung und dementsprechenden Bereichen der Standortswasserbilanz zuordnen (Böckmann et al. 2019). Dabei bewerten die Schwellenwerte der Trockenstress-Risikostufen der SWB_{VZ} die Vitalität, Widerstandsfähigkeit und Produktivität der Baumarten, ohne jedoch auch bei hoher Gefährdung eine absolute Existenz- oder Verbreitungsgrenze darzustellen (Tab. rechts).
Unter den Klimabedingungen der Periode 1981 bis 2010 (Messdaten des DWD) ist die Standortswasserbilanz in der Vegetationsperiode (SWB_{VZ}) in weiten Regionen von Schleswig-Holstein positiv. Im Mittel aller Waldflächen beträgt sie +94 mm. Nach dem Regionalmodell STARS II wird sich die SWB_{VZ} für die Waldflächen in Schleswig-Holstein für den Zeitraum von 2041 bis 2070 deutlich auf -78 mm verschlechtern (Abb. unten).

Potenzialabschätzung der Baumarten

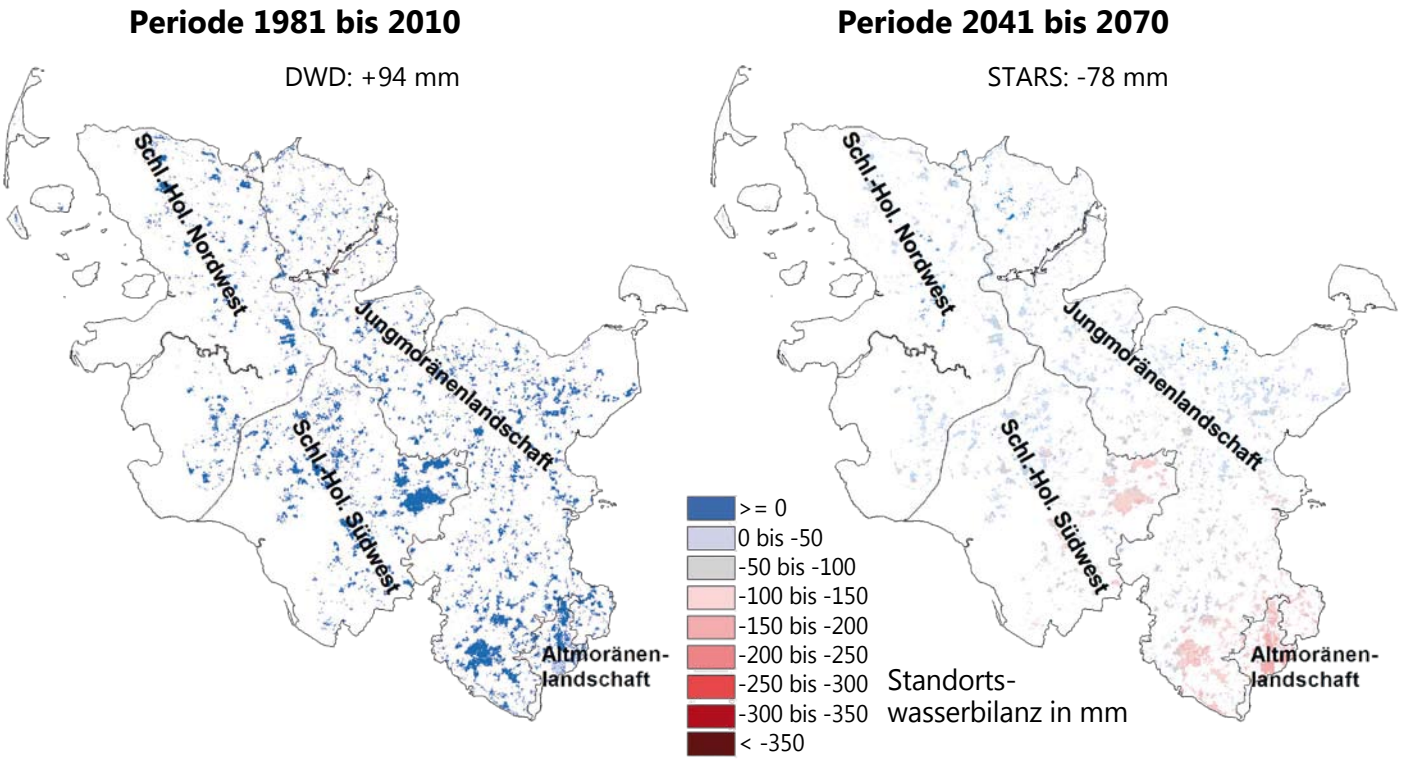
Die Grundlage der Klimaanpassungsmaßnahmen für die schleswig-holsteinischen Wälder ist die Überprüfung, ob auf gegebenem Standort die heute dort wachsenden bzw. dort zu verjüngenden Baumarten nach derzeitigem Stand des Wissens geeignet sind, sowohl mit dem herrschenden, als auch mit dem künftigen Klima zurechtzukommen.
Die bisherige standortsbezogene Zuordnung der Waldentwicklungstypen (WET, Seite 27) im schleswig-holsteinischen Landeswald baute auf Zuordnungsregeln für bestimmte Kombinationen der Nährstoff- und Wasserhaushaltsziffern auf. Im Rahmen der klimaangepassten Baumartenwahl wurde der Standortsbezug bei der Baumartenwahl um Standortswasserbilanzstufen erweitert. Diese stellen eine Unterteilung der Standortswasserbilanz in praktikable 50 mm-Stufen dar, die kompatibel zu den Risikoeinstufungen der Baumarten (Tab. unten) sind. Eine Ausnahme bilden die Klassen -51 bis -80 mm und -81 bis -100 mm, deren Stufengrenzen sich unmittelbar am Wert der hohen Risikoeinstufung der Fichte orientieren. Die Standortswasserbilanzstufen bilden die Grundlage, anhand derer sich das Trockenstressrisiko der Baumarten ableiten lässt. Das Risiko

Klassifizierung des Trockenstressrisikos der Hauptbaumarten und zugeordneter Nebenbaumarten im Anhalt an die Standortswasserbilanz in der Vegetationszeit (SWB_{VZ}) als Saldo aus Klimatischer Wasserbilanz in der Vegetationszeit (KWB_{VZ}, Grasreferenz) und nutzbarer Feldkapazität (nFK)

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

*benötigen hoch anstehendes Grundwasser

30-jähriges Mittel der Standortswasserbilanz in der Vegetationsperiode; links Periode 1981-2010 (berechnet aus Messdaten des Deutschen Wetterdienstes), rechts Periode 2041-2070 (berechnet nach der Klimaprojektion RCP8.5, ECHAM6 STARS II, Median-Lauf)



der jeweiligen Hauptbaumart eines Waldentwicklungstyps auf gegebenem Standort entscheidet darüber, ob dieser WET dort noch geplant werden kann. Bei Erwartung eines hohen Trockenstressrisikos der Hauptbaumart scheidet dieser WET künftig aus. Dies bedeutet z. B. für heutige Fichten- oder Buchenbestände mit künftig hohem Trockenstressrisiko einen Wechsel der Hauptbaumart. Bei einem hohen Trockenstressrisiko für die jeweilige Mischbaumart, z. B. bei den WET 25 (Buche-Fichte), 62 (Douglasie-Buche) oder 65 (Douglasie-Fichte), wurden die Anteile der jeweiligen Mischbaumart reduziert oder diese durch eine besser an die erwarteten Klimaänderungen angepasste Baumart ersetzt.

Eine mögliche Alternative zu diesem Vorgehen, die bei einer künftigen Überarbeitung der klimaangepassten Baumartenwahl in Schleswig-Holstein zu prüfen wäre, ist die direkte Zuordnung der Baumarten entsprechend ihrer Wasser-und Nährstoffansprüche nach der SWB_{VZ} und der Nährstoffversorgung der Standorte. Dabei handelt es sich um ein Vorgehen, das in anderen Trägerländern der NW-FVA bereits angewendet wird und das hier skizziert werden soll.

Zur Potenzialabschätzung der Baumarten wurde an der NW-FVA eine Zuordnungstabelle entwickelt. Darin wird die Stellung der Baumarten in Mischwäldern entsprechend ihrer Wasser-und Nährstoffansprüche nach der SWB_{VZ} und der Nährstoffziffer eingeordnet. Je nach Erfüllung ihrer ökologischen Ansprüche an den Standort kann die Baumart führend, beigemischt, vorübergehend beigemischt, begleitend oder vom Anbau ausgeschlossen sein. Eine durch Inventur- und Literaturangaben abgesicherte Bewertung ordnet dabei sowohl die derzeit verbreitetsten und wirtschaftlich wichtigsten, als auch alle derzeit weniger stark verbreiteten Baumarten dezidiert standörtlich zu. Ihre Trockenstressgefährdung wird berücksichtigt, indem die Hauptbaumarten nur bis zur Mitte ihrer mittleren Trockenstressgefährdung als führend eingeordnet werden (Tab. Seite 24). Ab der Mitte des Bereichs mittlerer Trockenstressgefährdung bis an die Grenze zu einer hohen Gefährdung bleibt die Baumart Mischbaumart. Der Sonderfall „vorübergehend beigemischt" bezieht sich auf waldbauliche Ausgangssituationen in Buchen- und Fichtenbeständen mit flächiger Naturverjüngung, die auf Standorten stocken, deren Wasserversorgung in der Vegetationszeit sich in den kommenden Jahrzehnten in die Standortswasserbilanz-Stufe mit hoher Trockenstressgefährdung verschlechtert, so dass hier die vorhandene Verjüngung nur „vorübergehend" mit kürzeren Produktionszeiten und geringeren Zielstärken in die Waldentwicklung einbezogen werden kann. Begleitend sind natürlich ankommende Baumarten, die im Wald oder am Waldrand im Sinne der Risikovorsorge und Artenvielfalt willkommen und in ökologisch nicht zu vernachlässigenden Anteilen an der Baumartenzusammensetzung in den Waldentwicklungszielen (WET) vorgesehen sind.

Abweichend von den standortsökologischen Kriterien SWB_{VZ} und Nährstoffversorgung enthält die Zuordnungstabelle noch folgende Setzungen:

- Die SWB_{VZ}-Stufe -50 bis -100 mm bildet den mittleren Trockenstressrisikobereich der Buche ab. Mit Blick auf die Bedeutung der Buche in Schleswig-Holstein und für den Naturschutz wurde hier für die ganze Stufe noch führende Buche vorgesehen, die i. d. R. aus Naturverjüngung hervorgeht.
- Im Bereich der SWB_{VZ}-Stufe ≥0 mm sind die dort ebenfalls standortsgemäßen Baumarten, wie z. B. Kiefer und Sandbirke, nicht eingeordnet, weil dieser Standortsbereich flächenmäßig stark schrumpft und Baumarten mit höheren Wasseransprüchen vorbehalten bleiben sollte.
- Im Bereich SWB_{VZ} -100 bis -150 mm ist die Vogelkirsche nicht als führend eingestuft, weil die Leistung und Vitalität mit abnehmender Wasserversorgung deutlich sinkt und damit die notwendigen hohen Investitionen nicht mehr gerechtfertigt sind.
- Im frischeren Bereich (SWB_{VZ} > -100 mm) ist keine führende Winterlinde vorgesehen, um ertragreicheren Baumarten Planungsfläche zu reservieren.
- Auf Standorten mit freiem Carbonat in der Bodenlösung – in Schleswig-Holstein vor allem Geschiebemergel – sind mehrere Baumarten ausgeschlossen, um Rotfäule oder Ernährungsungleichgewichten vorzubeugen.

Buchenwälder haben auch zukünftig eine große Bedeutung *Foto: J. Evers*

Elsbeere *Foto: NW-FVA*

Winterlinde *Foto: M. Spielmann*

Roteiche *Foto: M. Spielmann*

Spitzahorn *Foto: J. Evers*

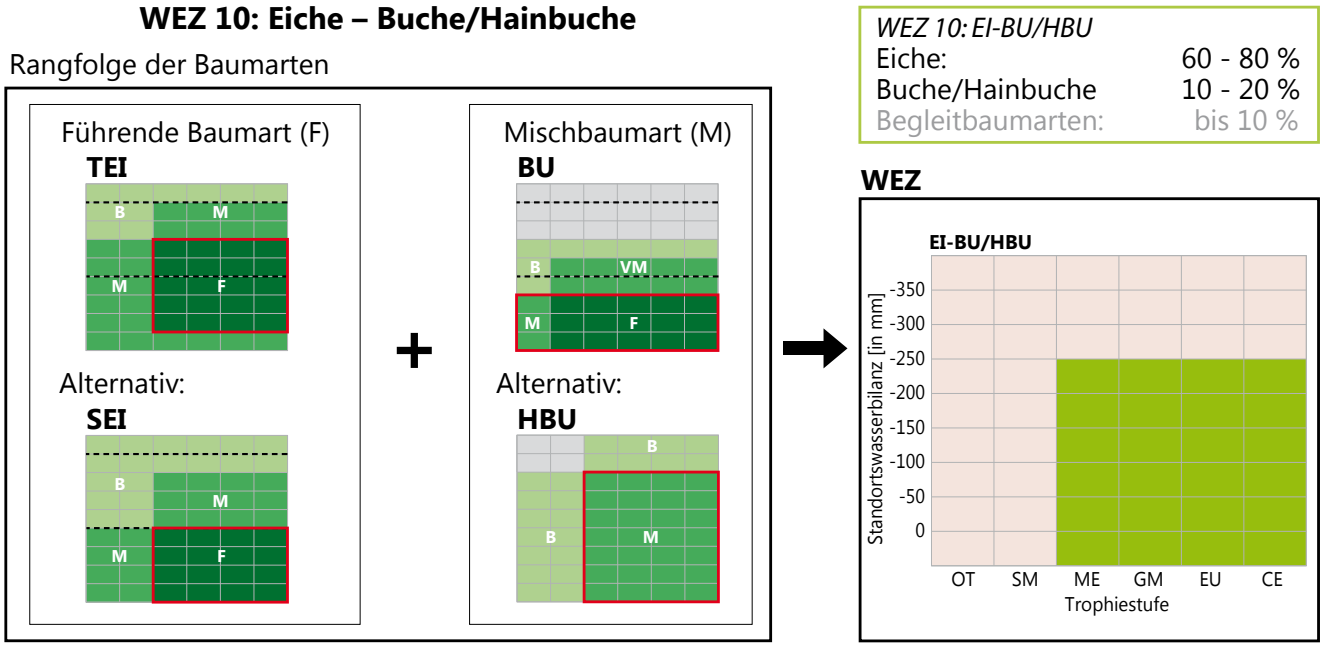
Douglasie *Foto: T. Friedhoff*

Kiefer *Foto: J. Evers*

Beispiele für Baumarten mit geringem Trockenstressrisiko

Entscheidungshilfen zur klimaangepassten Baumartenwahl

Aus der Zuordnungstabelle nach SWB_{VZ} und Trophiestufe abgeleiteter Planungsbereich des WEZ 10 Eiche-Buche/Hainbuche (Beispiel aus Hessen)



(B begleitende Baumart, VM vorübergehend beigemischte Baumart –
OT oligotroph, SM schwach mesotroph, ME mesotroph, GM gut mesotroph, EU eutroph, CE carbonat-eutroph)

Des Weiteren ist zu beachten, dass das breite Anbauspektrum der gut an den Klimawandel angepassten Esche nicht das biotische Risiko des Eschen-Triebsterbens berücksichtigt. In der Regel werden unter heutigen Bedingungen keine Eschen gepflanzt und auch im Fall von Naturverjüngung keine Bestände mit führender Esche angestrebt. Ein Ausschluss der Esche ist aber ebenso falsch. Die Potenzialabschätzung der Baumarten berücksichtigt außerdem keine Restriktionen, die sich aus Schutzgebiets- und Zertifizierungsauflagen ergeben. Es wird auch grundsätzlich nicht zwischen natürlicher und künstlicher Bestandesbegründung unterschieden. Dies muss betrieblich entschieden werden.

Aus der standörtlichen Zuordnung der Baumarten zu bestimmten Stufen der Standortswasserbilanz in der Vegetationszeit (SWB_{VZ}) und der Nährstoffversorgung sowie ihrer vom Trockenstress abhängigen Stellung (führend, beigemischt, vorübergehend beigemischt, begleitend oder ausgeschlossen) ergeben sich deren artspezifische Planungsbereiche und aus der Schnittmenge der an einem WET beteiligten Baumarten deren standörtliche Planungsbereiche. Zur Veranschaulichung dieses Vorgehens ist in der Abbildung oben ein Beispiel aus Hessen für das Waldentwicklungsziel Eiche – Buche/Hainbuche (WEZ 10) dargestellt. In Hessen steht der Begriff „Waldentwicklungsziel" synonym für den Begriff Waldentwicklungstyp in Schleswig-Holstein.

Für stärker Grund- und Stauwasser beeinflusste Böden ist eine Zuordnung der Baumarten mit Hilfe der Standortswasserbilanz nicht geeignet. Für diese Standorte erfolgt die Zuordnung der Baumarten nach dem Geländewasserhaushalt aus der Standortskartierung und der Nährstoffversorgung.

Waldentwicklungstypen (WET)

In ihrem standortsgebundenen Rahmen lassen sich Baumarten, die in ihren ökologischen Ansprüchen und in ihrem Wuchsverhalten zueinander passen und oftmals auch natürlich miteinander vergesellschaftet sind, zu Mischbestandstypen kombinieren. Für die Bevorzugung von Mischbeständen sprechen vor allem ihre oft höhere Stabilität und ihre fast immer höhere Resilienz beim Ausgleich von Störungen. Durch die strenge Beachtung der Standortsansprüche und des Konkurrenzverhaltens der Baumarten lassen sich Misserfolge vermeiden, Pflegekosten begrenzen und natürliche Entwicklungen gezielt nutzen. Unter Berücksichtigung dieser Gesichtspunkte ist es in gleichaltrigen Mischungen meist empfehlenswert, die Baumarten gruppen- bis horstweise oder kleinflächig zu mischen. Waldentwicklungstypen beschreiben für die waldbauliche Planung Leitbilder des angestrebten Waldaufbaus in der nächsten Waldgeneration, ordnen ihre sukzessionale Stellung ein und benennen Entwicklungsziele hinsichtlich der Schutz- und Erholungsfunktion. Die Ziele der Holzerzeugung sind in Form von angestrebten Zielstärken und Produktionszeiträumen dargelegt. Sowohl für die Entwicklungs- als auch für die Verjüngungsziele werden Baumartenanteile prozentual festgelegt.

Ausgehend von dem bisherigen Waldentwicklungstypen-Katalog der Schleswig-Holsteinischen Landesforsten wurden im letzten Jahr in einer gemeinsamen Arbeitsgruppe mit Vertretern/innen des Ministeriums, des Privat-, Kommunal- und Landeswaldes sowie der NW-FVA die Waldentwicklungsziele für die waldbauliche Planung unter Berücksichtigung des Klimawandels und der spezifischen Belange der Waldbesitzarten leicht modifiziert. Im Ergebnis wurden

30 WET beschrieben, die künftig auch die Grundlage für die forstliche Förderung des Privat- und Kommunalwaldes in Schleswig-Holstein bilden sollen. Zwanzig Laubmischwaldtypen stehen zehn Nadellaubmischwaldtypen gegenüber. Dieser WET-Katalog ermöglicht es den Waldbesitzenden, die Baumartenwahl unter Berücksichtigung der sich ändernden standörtlichen Verhältnisse, der waldbaulichen Ausgangssituationen und der betrieblichen Erfordernisse vorzunehmen. In der Regel ergeben sich auch unter künftigen Standortsbedingungen mehrere Optionen für die Wahl geeigneter WET. Ein nicht unerheblicher Teil der Waldstandorte in Schleswig-Holstein wird sich allerdings bezüglich der Standortswasserbilanz schon bis zur Mitte des Jahrhunderts in Bereiche verschlechtern, die die Auswahl möglicher WET gegenüber heute stark einschränken.

Darüber hinaus entscheidungsrelevant sind ggf. Restriktionen durch etwaige Schutzgebietsauflagen, sonstige Gefährdungen, die waldbauliche Ausgangssituationen oder betriebliche Belange. Die auf den einzelnen Bestand bezogene Baumartenwahl im Forstbetrieb folgt somit einem Entscheidungsbaum, der zunächst anhand des Trockenstressrisikos die Potenziale abschätzt und Schutzgebietsauflagen berücksichtigt, dann anhand von Wuchsleistung und Gefährdung unter den standortsgemäßen Baumarten bzw. Waldentwicklungstypen weiter differenziert und schließlich die waldbaulichen Ausgangssituationen (Istbestockung, Vorverjüngung) und betriebliche Belange (Ertragserwartung, Risikobereitschaft, Vorgaben eines Zertifikats, Investitionsbereitschaft, andere Ökosystemleistungen etc.) berücksichtigt.

Ausblick: Entscheidungshilfen als Web-Service der NW-FVA und Anwendung des Kernensembles für das RCP8.5-Klimaszenario

Die Entscheidungshilfen zur klimaangepassten Baumartenwahl sollen den Waldbesitzenden in Schleswig-Holstein im Jahr 2021 als Web-Service der NW-FVA zur Verfügung gestellt werden, dessen technische Basis bereits entwickelt ist. Mit einem Klick in die Karte für Schleswig-Holstein wird sich dann an jedem Waldstandort eine Tabelle mit Informationen zur Position, zum Standort und den dort empfohlenen Waldentwicklungstypen öffnen. Ein grund- und stauwasserfreier Standort wird mit der Standortswasserbilanz, angegeben in mm und Klassen, und der Nährstoffziffer beschrieben. Für stärker grund- bzw. stauwasserbeeinflusste Standorte werden die Wasserhaushaltszahl und die Nährstoffziffer angegeben. Die empfohlenen Waldentwicklungstypen (WET) werden nach führenden Baumarten sortiert aufgelistet. Die Reihenfolge ist keine Rangfolge und unabhängig von der waldbaulichen Ausgangssituation. Mit einem Klick auf einen WET gelangt man zur Beschreibung der Waldentwicklungstypen einschließlich des Leitbildes und waldbaulicher Details. Mischungsanteile der Baumarten mit Hinweisen zur Mischungsform werden nach dem Verjüngungs- und dem langfristig angestrebten Bestandesziel angegeben. Jeder am aufgerufenen Standort geplante WET wird mit seinem standörtlichen Planungsbereich aus Standortswasserbilanz und Nährstoffziffer in einem Ökogramm mit visualisiert, in das der konkrete Standort als Punktdarstellung genau eingeordnet ist. Darüber hinaus werden übersichtliche Tabellen zur Zuordnung der Einzelbaumarten und der WET getrennt nach grund- und stauwasserfreien und grund- und stauwasserbeeinflussten Standorten zum Abruf und Download bereitgestellt, ebenso der WET-Katalog sowie ausführliche Hintergrundinformationen und Erläuterungen.

In den letzten Jahren wurden im Rahmen des ReKliEs-De-Projektvorhabens (Regionale Klimaprojektionen Ensemble für Deutschland) erstmals für Deutschland umfassende Ensembles regionaler Klimaprojektionen der aktuellen RCP-Klimaszenarien RCP2.6 und RCP8.5 in einer räumlichen Auflösung von 12 x 12 km zur Verfügung gestellt (Hübener et al. 2017). Aus dem Gesamtensemble mit 26 verschiedenen Modellkombinationen (Global- und Regionalmodell) für das RCP8.5-Klimaszenario („Weiter-wie-bisher-Szenario") wurde nach vorgegebenen Qualitätskriterien für die Anwendung von Wirkmodellen im Rahmen des Bund-Länder-Fachgespräches ein so genanntes Kernensemble ausgewählt (Dalelane et al. 2018). Diese werden zurzeit an der NW-FVA im Rahmen eines Forschungsprojektes in ihren Auswirkungen bis 2100 überprüft. Für den Anwendungszweck der Klimaanpassung im Wald war es notwendig, die Projektionen auf eine sehr viel höhere räumliche Auflösung herunter zu skalieren. An der NW-FVA wurden dazu mit Hilfe des Quantile Mapping-Verfahrens die Modellergebnisse auf Gitterbasis an ausgewählte Klimastationen des Deutschen Wetterdienstes (DWD) anpasst (Feigenwinter et al. 2018, Sutmöller et al. 2020). Die so erzeugten Zeitreihen an den Klimastationen können in einem zweiten Schritt mittels Regionalisierungsverfahren an beliebige Punkte und in beliebige Rasterweiten interpoliert werden. Inzwischen liegt für alle Modellsimulationen des RCP8.5-Szenarios eine Auswertung mit einer räumlichen Auflösung von 50 x 50 m vor. Nach derzeitigem Auswertungsstand wird sich auch nach den Modellergebnissen des Kernensembles zum Klimaszenario RCP8.5 die SWB_{VZ} für die Waldflächen in Schleswig-Holstein im Zeitraum von 2071 bis 2100 deutlich verschlechtern. Diese Modellläufe bedürfen aber noch einer gemeinsamen Überprüfung und Bewertung, bevor sie 2021/2022 Eingang in Entscheidungshilfen für die forstliche Praxis finden werden.

Foto: J. Evers

Samenplantagen und Mutterquartiere als Beitrag zur Biologischen Vielfalt

Matthias Paul, Wilfried Steiner, Samuel Schleich, Meinolf Lau, Dagmar Leisten, Matthias Moos und Carola Schmidt

Die Wälder Nordwestdeutschlands weisen nach den letzten beiden Jahren mit extremen Witterungsbedingungen erhebliche strukturelle Störungen auf, die ein Risiko für die Erfüllung aller Waldfunktionen darstellen (Eichhorn et al. 2019). Davon betroffen sind neben den offensichtlichen Beeinträchtigungen der Rohholzproduktion auch Aspekte der Erholungswirkung, des Lärmschutzes, des Wasser- und Bodenschutzes und nicht zuletzt auch des Biotop- und Artenschutzes, weshalb eine aktive Aufforstung eines Großteiles dieser Flächen dringend geboten ist. In aktuellen Erhebungen geht die Bundesregierung für Nordwestdeutschland von einer Fläche von über 70.000 Hektar aus, die zu einer Wiederbewaldung ansteht (BMEL 2020).
In diesem Zusammenhang gewinnen Fragen der Verfügbarkeit von dafür geeignetem forstlichem Vermehrungsgut an Bedeutung. Neben den zugelassenen Forstsaatgutbeständen rücken forstliche Samenplantagen als verfügbare Saatgutquellen immer mehr in den Fokus. Mit Samenplantagen und Mutterquartieren können auch entscheidende Voraussetzungen für die Sicherung der Biologischen Vielfalt geschaffen werden.

Biologische Vielfalt

Der Begriff der Biologischen Vielfalt geht auf die UN-Konferenz über Umwelt und Entwicklung (UNCED) zurück, die 1992 in Rio de Janeiro stattfand und bei der das „Übereinkommen über die Biologische Vielfalt" (englischer Originaltitel: „United Nations Convention on Biological Diversity", CBD) beschlossen wurde (UN 1992). Dem Übereinkommen sind mittlerweile 196 Staaten beigetreten. Obwohl in Teilen der Biologie (z. B. der Populationsgenetik) die Termini „Vielfalt" und „Diversität" unterschieden werden, werden die Begriffe Biologische Vielfalt und Biodiversität im Folgenden gleichbedeutend verwendet.

Die Biologische Vielfalt umfasst drei Ebenen:
- die Vielfalt der Ökosysteme,
- die Vielfalt der Arten und
- die Vielfalt innerhalb der Arten (die genetische Vielfalt)

Neben der Erhaltung zielt das Übereinkommen über die Biologische Vielfalt ausdrücklich auch auf die nachhaltige Nutzung ihrer Bestandteile ab sowie auf die ausgewogene und gerechte Aufteilung der sich aus der Nutzung ergebenden Vorteile.

Eibensaatgut, noch vom roten Samenmantel (Arillus) umgeben
Foto: H.-J. Arndt

Der Begriff der Biologischen Vielfalt bzw. der Biodiversität ist aktuell sehr populär, wird aber häufig auf die Ebene der Artenvielfalt reduziert, indem die Konvention oft nur als „Artenschutzabkommen" bezeichnet wird (Institut für Biodiversität – Netzwerk e.V.). Der Zusammenhang von Erhaltung und nachhaltiger Nutzung wird im allgemeinen Gebrauch des Begriffes Biologische Vielfalt oft ausgeblendet.

Samenplantagen und Mutterquartiere – Begriffe und Ziele

Samenplantagen und Mutterquartiere sind forstliche Sonderkulturen, die ausschließlich der Produktion von forstlichem Vermehrungsgut (Saat- und Pflanzgut) dienen. Die Multifunktionalität als prägendes Merkmal deutscher Forstwirtschaft ist auf diesen Flächen daher eingeschränkt. Ihr Nutzen für die Biologische Vielfalt ergibt sich aber aus der Verwendung des dort erzeugten Vermehrungsgutes. Allerdings kann konstatiert werden, dass diese Flächen mit ihrem speziellen Management auch naturschutzfachliche Bedeutung – beispielsweise als „Offenlandbiotop" oder „Lichter Wirtschaftswald mit Habitatkontinuität" – haben können.
Auf Samenplantagen blühen die Bäume und bestäuben sich gegenseitig. Auf diese Art und Weise entsteht auf generativem Weg erntefähiges Saatgut. Mutterquartiere hingegen werden mit dem Ziel der vegetativen Erzeugung von Vermehrungsgut (z. B. Stecklinge, Setzstangen) angelegt, wobei genetisch identische Kopien (Klone) aus den Ausgangspflanzen gewonnen werden. Ein Klon ist die genetisch identische Kopie eines Baumes. Klone bzw. vegetative Vermehrung kommen auch in der Natur vor und stellen einen Überlebensmechanismus in bestimmten Ökosystemen dar (z. B. im Hochgebirge oder in Auenwäldern).

Die Ausgangsbäume der auf diesen Sonderkulturen angepflanzten Individuen wurden einzeln nach bestimmten Kriterien ausgewählt, um Vermehrungsgut mit gewünschten Eigenschaften zu erhalten. Dabei können vielfältige Ziele mit unterschiedlicher Schwerpunktsetzung verfolgt werden:
- Erhaltung genetischer Ressourcen
- gezielte Erhöhung der genetischen Vielfalt
- Erhaltung von Arten
- qualitative und quantitative Leistungssteigerung der Holzproduktion
- Überführung von Züchtungsergebnissen
- technologische Optimierung der Ernte von forstlichem Vermehrungsgut

Ein Großteil der vorhandenen Samenplantagen ist das Ergebnis einer Plusbaumauswahl. Dazu werden vitale, angepasste, wüchsige, gutgeformte (je nach Baumart: z. B. gerade, vollholzig, wipfelschäftig, ohne Zwiesel, beulenfrei) Bäume ausgewählt und über Pfropfreiser, wie dies auch aus dem Obstbau bekannt ist, vegetativ vermehrt. Diese genetischen Kopien werden dann nach einem speziellen Verteilungsmuster in Samenplantagen gepflanzt, um Saatgut für Bäume mit ähnlichen Eigenschaften zu produzieren. Bei den forstwirtschaftlich relevanten Baumarten ist auch die Steigerung der Wuchsleistung ein wichtiges Selektionskriterium. Die genannten Merkmale sind jedoch keine Ausschlusskriterien für die Biologische Vielfalt. Denn auch ein gerader Baum kann vielfältige Funktionen im Ökosys-

tem wahrnehmen und wäre zusätzlich für die Produktion von qualitativ hochwertigem Holz nutzbar. Dieser Bedarf ist vorhanden, denn nach wie vor ist Deutschland ein Holzimportland (Weimar 2018).

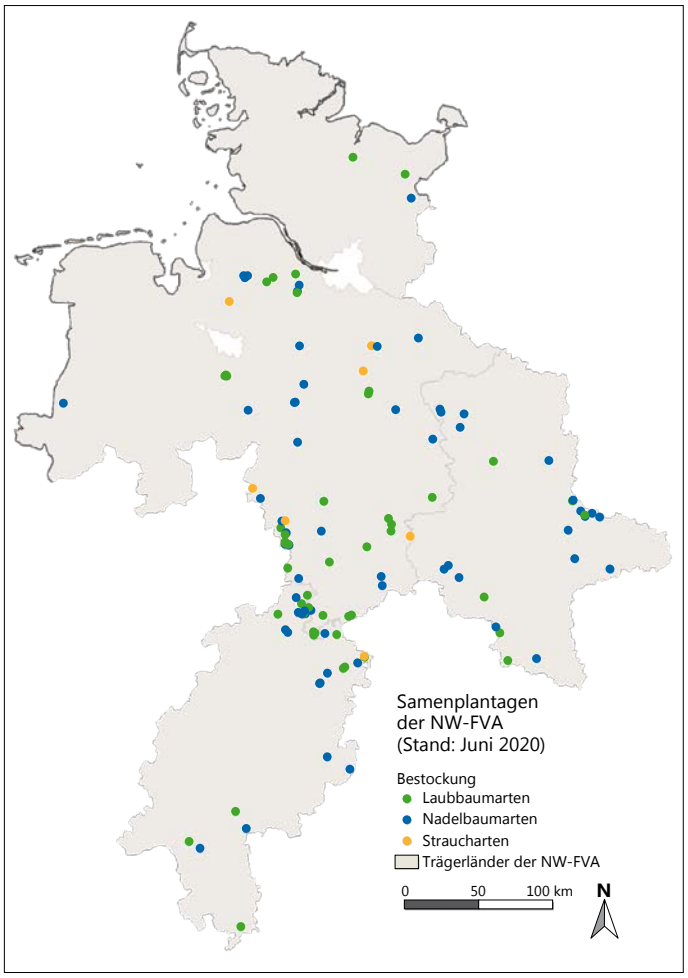
Samenplantagen der NW-FVA

In den Trägerländern der NW-FVA ist die Abteilung Waldgenressourcen für die Anlage und fachliche Betreuung der Samenplantagen verantwortlich. Dies geschieht in enger Zusammenarbeit mit den Forstbetrieben und den Darren, die für die Ernte und Vermarktung des Saatgutes zuständig sind.

Die Auswahl der genetischen Komponenten für die Plantagen ist Teil von Forschungs- und Generhaltungsaufgaben der NW-FVA. Das Netz der NW-FVA umfasst derzeit über 200 Samenplantagen (Tab. und Abb. unten) auf rund 400 Hektar mit 10 Nadelbaumarten, 23 Laubbaumarten und 12 Straucharten (Tab. rechts). Die Plantagen unterliegen einem strengen genetischen Qualitätsmanagement und das Saatgut wird im Rahmen wissenschaftlicher Versuchsprogramme genetisch geprüft.

Anzahl und Fläche der Samenplantagen in den Trägerländern der NW-FVA

Samenplantagen der NW-FVA	Niedersachsen	Hessen	Sachsen-Anhalt	Schleswig-Holstein	NW-FVA
Anzahl	116	70	31	5	222
Fläche [ha]	210	101	87	9	407



Samenplantagen der NW-FVA. An einigen Standorten befinden sich mehrere Samenplantagen.

Arten in den Samenplantagen der NW-FVA

Laubbaumarten		Nadelbaumarten	Straucharten
Bergahorn	Eberesche	Douglasie	Roter Hartriegel
Spitzahorn	Elsbeere	Gemeine Fichte	Gewöhnliche Hasel
Sandbirke	Speierling	Omorikafichte	Zweigriffliger Weißdorn
Moorbirke	Robinie	Waldkiefer	Eingriffliger Weißdorn
Rotbuche	Bergulme	Europ. Lärche	Pfaffenhütchen
Esche	Flatterulme	Hybridlärche	Faulbaum
Stieleiche	Walnuss	Jap. Lärche	Schlehe
Traubeneiche	Weide	Riesenmammutbaum	Kreuzdorn
Roteiche	Wildapfel	Strobe	Hundsrose
Schwarzerle	Wildbirne	Eibe	Schwarzer Holunder
Vogelkirsche			Roter Holunder
Sommerlinde			Gemeiner Schneeball
Winterlinde			

Optimierte Saatguternte in Samenplantagen

Die quantitativ nach wie vor wichtigste Quelle für Forstsaatgut ist der Saatguterntebestand, der bestimmte Voraussetzungen wie Mindestalter, Vitalität, Bestandsgröße und Form erfüllen muss und weitestgehend dem Regelbetrieb der normalen forstlichen Bewirtschaftung unterliegt. Die Saatguternte in diesen Beständen gestaltet sich allerdings zunehmend problematischer. Zum einen gibt es immer weniger Baumsteiger, welche die gefährliche Tätigkeit des Zapfenpflückens bei Koniferen durchführen, auf der anderen Seite hat sich bei Beständen schwersamiger Arten oft schon Naturverjüngung eingestellt, die das Sammeln erschwert. Auch veränderte Bewirtschaftungsformen mit früh einsetzender Zielstärkennutzung sowie großer Struktur- und Artenvielfalt lassen den typischen homogenen Saatguterntebestand immer seltener werden.

So kommt den Samenplantagen auch aus erntetechnologischer und wirtschaftlicher Sicht eine steigende Bedeutung zu. Die durchaus kostenintensive Anlage und Unterhaltung von Samenplantagen muss damit auch als langfristige Investition in ein wirtschaftliches Ernteverfahren betrachtet werden.

Ein Überblick über die Erntemenge aus Samenplantagen bei Baumarten, die dem FoVG unterliegen, zeigt die Tabelle auf Seite 31. Das Saatgut kommt als höherwertiges Vermehrungsgut auf den Markt und kann sowohl für Naturschutzaufgaben wie auch für forstliche Zwecke verwendet werden.

Pflege einer Kiefern-Samenplantage: Rückschnitt *Foto: M. Lau*

Samenplantagen und Mutterquartiere als Beitrag zur Biologischen Vielfalt

Erntemengen der FoVG-Arten aus Samenplantagen der NW-FVA-Trägerländer
Quelle: https://fgrdeu.genres.de/erntehandel/ernteaufkommen(aufgerufen 20.05.2020)

Baumart	Erntemengen an reinem Saatgut [kg]					zur Orientierung: durchschnittliche Sämlingsausbeute nach Burkart 2018
	2015	2016	2017	2018	2019	Anzahl der Sämlinge pro kg Saatgut*
Bergahorn	128			178	203	3.000
Spitzahorn		602		165	570	4.000
Sandbirke		340		57	28	300.000
Moorbirke		253		119		300.000
Rotbuche		893			479	1.200
Stieleiche	870			5.998		150
Traubeneiche	2.632	2.434		2.472		200
Schwarzerle		8			22	100.000
Vogelkirsche		1.475		5.262		1.500
Sommerlinde		45		7		3.000
Winterlinde				5		12.000
Robine				545		40.000
Douglasie		266		254	273	30.000
Fichte	87	236		42		70.000
Kiefer	4	448	78	176	53	70.000
Europäische Lärche	6	526	117	269	583	30.000
Hybridlärche	22	92		56		Abhängig vom Hybridisierungsgrad
Gesamtergebnis	**3.748**	**7.618**	**195**	**15.604**	**2.212**	

*kann jährlich sehr schwanken

Rechtliche Aspekte

*Für die meisten forstlich relevanten Baumarten sind die Zulassung von Ausgangsmaterial sowie die Ernte und der Vertrieb von Saat- und Pflanzgut durch das Forstvermehrungsgutgesetz (**FoVG**) geregelt. Dadurch wird ein Mindeststandard an Qualität und Herkunftssicherheit gewährleistet. Für Saatgut aus Samenplantagen sieht das FoVG eine eigene Kategorie „Qualifiziert" vor. Baumarten wie z. B. Strobe, Wildapfel, Wildbirne, Ulmenarten, Sorbusarten (Elsbeere, Speierling, Eberesche), Eibe sowie alle Straucharten unterliegen aber nicht diesem Gesetz und ihre Verwendung für forstliche Zwecke ist somit nicht geregelt. Hier gewährleistet die wissenschaftlich fundierte Arbeit der NW-FVA beim Aufbau und der Pflege von Samenplantagen einen hohen Qualitätsstandard als Voraussetzung für die Herkunftssicherheit auch bei diesen nicht gesetzlich geregelten Arten.*
*Bei der nicht-forstlichen Verwendung in der freien Landschaft ist jedoch das Bundesnaturschutzgesetz (**BNatSchG**), insb. § 40, zu beachten. Bei den meisten Samenplantagen dürfte, ggf. nach entsprechender Registrierung, auch eine BNatSchG konforme Verwendung außerhalb des Waldes zukünftig möglich sein.*

Flatterulmen-Samenplantage Fürstenberg (Niedersachsen), rechts: Ernte 2020
Fotos: M. Moos

Samenplantagen – Beispiele

Bei den Samenplantagen für seltene Baumarten stehen Ziele des Artenschutzes im Vordergrund. Hierzu wird in Samenplantagen genetisch vielfältiges und artreines Ausgangsmaterial angepflanzt, das gegenüber den oft sehr kleinen natürlichen Vorkommen in der Vermehrung eine erhöhte genetische Vielfalt und damit verbesserte Anpassungsfähigkeit aufweist.

So wurden beispielsweise in den Wäldern Pfropflinge von einzeln stehenden Eiben gesammelt und in einer Samenplantage zusammengebracht. Auf diese Art und Weise ist wieder eine reproduktionsfähige Population entstanden, in der genetisch wertvolles Saatgut für Erhaltungsmaßnahmen geworben werden kann. Dieser Weg ist bei der Erhaltung und Nutzung des genetischen Potentials der Eibe sehr effektiv, da auf einer Plantage ein optimales Geschlechterverhältnis dieser zweihäusigen Art hergestellt werden kann. Außerdem wird durch die absichtlich gewählte Isolierung der Anlage die Einbringung von Kultureiben aus Gärten oder Friedhöfen weitgehend vermieden.

Wildapfel und Wildbirne sind ebenfalls Beispiele, bei denen der Artenschutz und die Bildung reproduktionsfähiger Populationen das oberste Ziel darstellen. Wichtige Auswahlkriterien sind hier die Wildform und die Repräsentativität für eine konkrete Region, während Wuchsleistung und Schaftform hier nur untergeordnete Bedeutung haben.

Auch bei häufigen Arten gibt es besondere genetische Ressourcen, die unter dem Aspekt der genetischen Vielfalt in Samenplantagen gesichert werden, z. B. Fichte und Birke aus den Harzhochlagen. Als Beispiele für die Auswahl nach Leistungsfähigkeit – aber auch als Komponenten der genetischen und damit biologischen Vielfalt – können Herkünfte wie die Kiefer „Bärenthoren", die „Sudentenlärche" oder die Buche „Zwiesel-Ost" genannt werden.

Samenplantagen dienen auch der Überführung von Ergebnissen der Forstpflanzenzüchtung. Ein besonders erfolgreicher Zweig der letzten Jahrzehnte war die Hybridlärchen-Züchtung. Das Ergebnis von über 40 Jahren Forstpflanzenzüchtung ist durch zugelassene Hybridlärchen-Samenplantagen nutzbar, die es ermöglichen, auf ökonomische Art und Weise der Praxis geprüftes Saatgut von Arthybriden aus Europäischer und Japanischer Lärche zur Verfügung zu stellen.

Samenplantagen und Mutterquartiere als Beitrag zur Biologischen Vielfalt

Hybridlärchen-Samenplantage Stackelitz (Sachsen-Anhalt), rechts: Zapfen von Hybridlärchen *Fotos: NW-FVA*

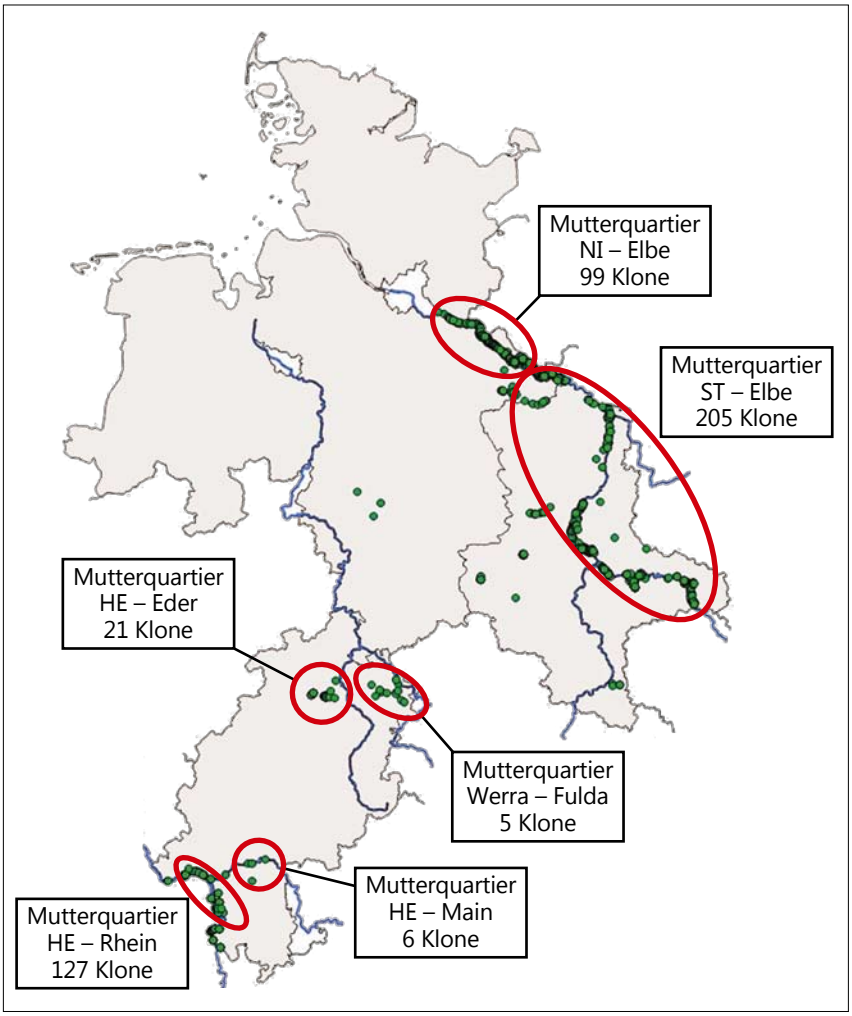
Mutterquartiere

An der NW-FVA werden Mutterquartiere für die Erhaltung und nachhaltige Nutzung von Pappeln und Weiden verwendet.

Als Beispiel sei an dieser Stelle die Schwarzpappel genannt. Die Schwarzpappel ist eine gefährdete Art der Auen. Für ihre Gefährdung sind zwei Faktoren maßgeblich: einerseits das Fehlen ihres angestammten Ökosystems im Überschwemmungsbereich der Auenwälder und andererseits die Gefährdung durch Einkreuzung fremdländischer (amerikanischer) Pappelarten. Die Hybridisierung der heimischen Schwarzpappel durch nicht-heimische Pappelarten führte dazu, dass auf generativem Weg eine natürliche Erhaltung artreiner heimischer Schwarzpappelvorkommen vielerorts fast nicht mehr möglich ist. Die Hybriden sind in der Natur oft nicht eindeutig erkennbar. Es gibt aber genetische Marker für die Schwarzpappel, mit denen alle Individuen, die in Erhaltungsprogramme und damit in Mutterquartiere Eingang finden, auf ihre Artreinheit geprüft und genetisch charakterisiert werden.

Im Rahmen eines Projektes wurden bundesweit Schwarzpappelvorkommen genetisch untersucht. Im Ergebnis zeigte sich, dass sich die Schwarzpappeln nach Flusssystemen genetisch unterscheiden (Kätzel et al. 2007). Daher wurden die Mutterquartiere der NW-FVA getrennt nach Flusssystemen angelegt (Abb. links). Neben der Sicherung der genetischen Vielfalt kann aus diesen Anlagen Material für Maßnahmen der Erhaltung, des Arten- und Biotopschutzes oder der Renaturierung von Auenwäldern gewonnen werden.

Schwarzpappeln aus den Mutterquartieren der NW-FVA fanden im Jahr 2020 beispielsweise bei Rekultivierungsmaßnahmen an der Elbe in Sachsen-Anhalt Verwendung (z. B. Hohe Garbe, Möwenwerder).



In Mutterquartieren gesicherte Schwarz-Pappeln

Fazit

Vielfalt ist ein Garant für Überleben, und das auf allen Ebenen: der genetischen Vielfalt, der Artenvielfalt und der Vielfalt der Ökosysteme, aber auch der Vielfalt der Bewirtschaftungs- und Nutzungssysteme. Ziel der Forstwirtschaft sollte es sein, unseren Nachfahren mit dem Wald auch Optionen zu hinterlassen, die ihnen verschiedene Reaktionsmöglichkeiten bieten, um künftige Bedürfnisse der Gesellschaft erfüllen zu können. Dafür bietet die multifunktionale Forstwirtschaft gute Voraussetzungen. Durch die Anlage und Unterhaltung von Samenplantagen und Mutterquartieren auf einem sehr kleinen Teil der Waldfläche wird dieses Ansinnen optimal unterstützt.

Stoffeinträge

Birte Scheler

Nähr- und Schadstoffe werden in gelöster Form mit dem Niederschlag sowie durch den Auskämmeffekt der Baumkronen gas- und partikelförmig in Wälder eingetragen.
Aufgrund der großen Oberflächen der Kronen ist der atmosphärische Stoffeintrag im Vergleich der Landnutzungsformen in Wäldern am höchsten. Diese so genannte Immissionsschutzfunktion des Waldes stellt jedoch für das Ökosystem Wald selbst eine Belastung dar, da Schwefel- und Stickstoffverbindungen (Nitrat und Ammonium) das chemische Bodenmilieu durch Versauerung und Eutrophierung verändern.
In Schleswig-Holstein wird seit 1989 im Rahmen des Intensiven Forstlichen Umweltmonitorings der Stoffeintrag in einem 115-jährigen Buchenbestand bei Bornhöved erfasst. Der Bestandesmessfläche (Kronentraufe) ist eine Freifläche (Freilandniederschlag) zugeordnet. Zusätzlich wird zur Erfassung des gesamten Bestandesniederschlags der Stammablauf gemessen und analysiert, der in Buchenbeständen quantitativ bedeutsam ist. Mittels eines Kronenraumbilanzmodells (Ulrich 1991) werden aus den gemessenen Stoffflüssen Gesamtdepositionsraten 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

Im Gegensatz zu vielen anderen Regionen in Deutschland war 2019 in Bornhöved kein weiteres niederschlagsarmes Jahr. Im Freiland fielen 832 mm, der Bestandesniederschlag (Kronentraufe und Stammablauf) betrug 633 mm. Damit fielen im Freiland 343 mm (bzw. 70 %) und im Bestand 633 mm (bzw. 68 %) mehr Niederschlag als 2018. Auch im Vergleich zum 30-jährigen Mittel 1989-2018 war das Jahr mit 110 % (Freilandniederschlag) bzw. 108 % (Bestandniederschlag) überdurchschnittlich niederschlagsreich.

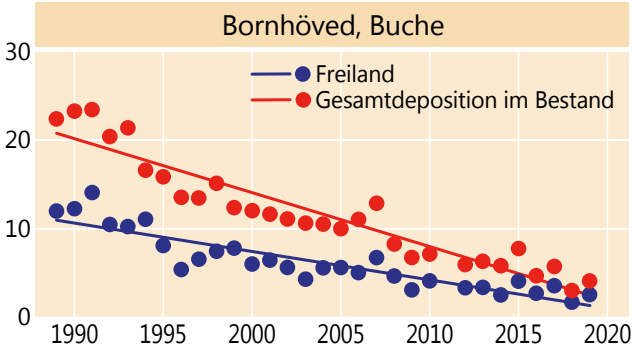
Intensiv-Monitoringfläche Bornhöved *Foto: H. Meesenburg*

Foto: H. Heinemann

Schwefeleintrag

Durch die konsequente Umsetzung von Maßnahmen zur Luftreinhaltung wie Rauchgasentschwefelung und die Einführung schwefelarmer Kraft- und Brennstoffe konnten die Schwefeldioxidemissionen wirksam reduziert werden. Aufgrund der deutlich höheren Niederschlagsmengen im Vergleich zum Vorjahr ist der Schwefeleintrag in Bornhöved im Vergleich mit 2018 leicht angestiegen. Er betrug 2019 je Hektar 2,6 kg im Freiland und 4,1 kg im Buchenbestand. Von der Sulfatschwefelgesamtdeposition unter Buche waren aufgrund der Nähe zum Meer 1,5 kg je Hektar bzw. 37 % seesalzbürtig.

Sulfatschwefeleintrag (SO_4-S inkl. seesalzbürtigem Anteil) im Freiland und im Bestand in kg je Hektar und Jahr



durchgezogene Linie: signifikante Abnahme

Stoffeinträge

Stickstoffeintrag

Stickstoff wird einerseits in oxidierter Form als Nitrat (Quellen: Kfz-Verkehr, Verbrennungsprozesse), andererseits in reduzierter Form als Ammonium (landwirtschaftliche Quellen) in die Ökosysteme eingetragen. In Bornhöved betrug der Ammoniumanteil am anorganischen Stickstoffeintrag im 10-jährigen Mittel (2010-2019) im Freiland 56 % und an der Gesamtdeposition 54 %.

Der Nitratstickstoffeintrag hat seit dem Untersuchungsbeginn im Jahr 1989 sowohl im Freiland als auch unter Buche signifikant abgenommen. Dieser deutliche Rückgang hat sich in den letzten 10 Jahren unter Buche fortgesetzt. 2019 betrug der Nitratstickstoffeintrag in Bornhöved je Hektar 3,2 kg im Freiland und 6,7 kg als Gesamtdeposition unter Buche.

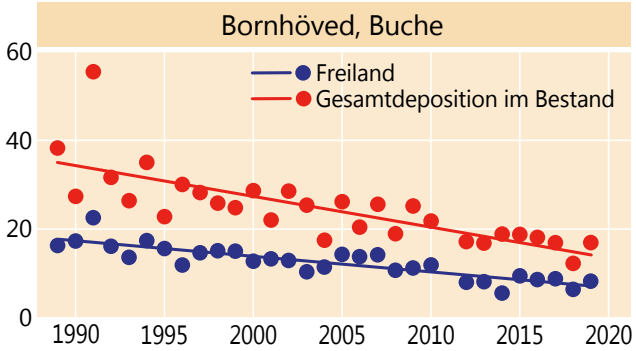
Der Ammoniumstickstoffeintrag hat in Bornhöved seit 1989 ebenfalls signifikant abgenommen. Im Gegensatz zum Nitrateintrag ist beim Ammoniumeintrag in den letzten 10 Jahren jedoch kein weiterer Rückgang zu beobachten. 2019 betrug er im Freiland 5,0 und unter Buche 10,3 kg je Hektar. Aufgrund der deutlich höheren Niederschlagsmenge lag der anorganische Stickstoffeintrag im Freiland 1,9 und mit der Gesamtdeposition 4,7 kg je Hektar über dem Eintrag von 2018.

Trotz des langfristig beobachteten Rückgangs überschreitet der anthropogen bedingte anorganische Stickstoffeintrag aus der Atmosphäre im Mittel der letzten fünf Jahre (2015-2019) mit 16,6 kg je Hektar unter Buche nach wie vor den Bedarf der Wälder für das Baumwachstum. Stickstoffeinträge, die über dem Bedarf des Ökosystems für das Wachstum liegen, ziehen jedoch – ggf. zeitverzögert – gravierende negative Konsequenzen für den Wald selbst sowie angrenzende Ökosysteme wie Oberflächen- und Grundwässer nach sich.

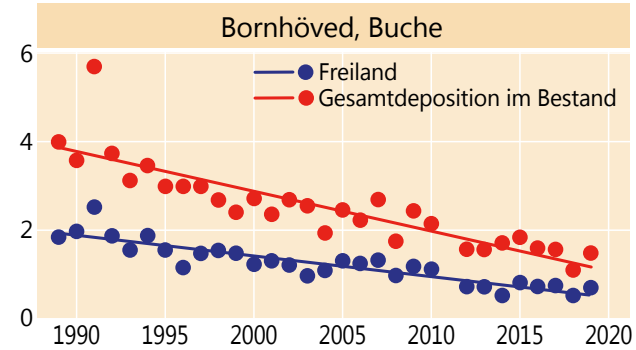
Extraktion von Bodenproben zur Bestimmung der Inhaltsstoffe *Foto: N. König*

Probenahme Bodenwasser, Intensiv-Monitoringfläche Bornhöved *Foto: O. Schwerdtfeger*

Stickstoffeintrag (NH_4-N + NO_3-N) im Freiland und im Bestand in kg je Hektar und Jahr



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



durchgezogene Linie: signifikante Abnahme

Gesamtsäure

Der Gesamtsäureeintrag berechnet sich als Summe der Gesamtdeposition von Nitrat, Ammonium, Sulfat und Chlorid (jeweils nicht seesalzbürtige Anteile, Gauger et al. 2002).

2019 betrug der Gesamtsäureeintrag je Hektar im Freiland 0,7 $kmol_c$ und 1,5 $kmol_c$ unter Buche und ist damit im Vergleich zu 2018 unter Buche um 0,4 $kmol_c$ je Hektar angestiegen. Ein Teil des Säureeintrags wird durch mit dem Niederschlag ebenfalls eingetragene Basen gepuffert.

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

anthropogen = durch menschliche Aktivitäten verursacht
Deposition = Ablagerung von Stoffen
Eutrophierung = Nährstoffanreicherung

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

Literaturverzeichnis

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

BMEL (2020): Waldschäden: Bundesministerium veröffentlicht aktuelle Zahlen. Pressemitteilung Nr. 40/2020

Böckmann T, Hansen J, Hauskeller-Bullerjahn K, Jensen T, Nagel J, Nagel R V, Overbeck M, Pampe A, Petereit-Bitter A, Schmidt M, Schröder M, Schulz C, Spellmann H, Stüber V, Sutmöller J, Wollborn P (2019): Klimaangepasste Baumartenwahl in den Niedersächsischen Landesforsten. Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt; Niedersächsische Landesforsten (Hrsg.): Aus dem Walde - Schriftenreihe Waldentwicklung in Niedersachsen, Band 61, 170 S

BNatSchG (1976): Gesetz über Naturschutz und Landschaftspflege (Bundesnaturschutzgesetz) vom 20.12.1976 (BGBl I S. 3573, 3574), zuletzt geändert am 19. Juni 2020 (BGBl I S. 1328, 1362)

BWaldG (1975): Gesetz zur Erhaltung des Waldes und zur Förderung der Forstwirtschaft (Bundeswaldgesetz) vom 2. Mai 1975 (BGBL. I S. 1037), zuletzt geändert am 17. Januar 2017) (BGBl. I S. 75).

Burkart A (2018): Kulturanleitungen für Waldbäume und Wildsträucher. WSL Berichte, Heft 63, 104 S

Dalelane C, Früh B, Steger C und Walter A (2018): A pragmatic approach to build a reduced egional climate projection ensemble for Germany using the EURO-CORDEX 8.5 ensemble, J. Appl. Meteorol. Clim., 57, 477–491, https://doi.org/10.1175/JAMC-D-17-0141.1.

Deutscher Wetterdienst (2019): Monatlicher Klimastatus Deutschland. DWD, Geschäftsbereich Klima und Umwelt, Offenbach, https://www.dwd.de/DE/leistungen/pbfb_verlag_monat_klimastatus/monat_klimastatus.html?nn=369384.

Deutscher Wetterdienst (2020): Monatlicher Klimastatus Deutschland. DWD, Geschäftsbereich Klima und Umwelt, Offenbach, www.dwd.de/klimastatus.

Eichhorn J, Sutmöller J, Scheler B, Wagner M, Dammann I, Meesenburg H, Paar U (2019): Auswirkungen der Stürme und der Dürre 2018/2019 auf die Vitalität der Wälder in Nordwestdeutschland. In: Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt (Hrsg.) Waldzustandsbericht 2019 für Niedersachsen, 20-30. (Beitrag ist ebenfalls erschienen in den Waldzustandsberichten 2019 für Hessen (21-31), Sachsen-Anhalt (21-31) und Schleswig-Holstein (20-30)

Ernteaufkommen Forstsaatgut: https://fgrdeu.genres.de/erntehandel/ernteaufkommen (aufgerufen 20.05.2020)

Feigenwinter I, Kotlarski S, Casanueva A, Fischer A M, Schwierz C und Liniger M A (2018): Exploring quantile mapping as a tool to produce user-tailored climate scenarios for Switzerland, Technical Report MeteoSwiss, 270, 44 S

FoVG (2002): Forstvermehrungsgutgesetz vom 22. Mai 2002 (BGBl I S. 1658), zuletzt geändert am 31. August 2015 (BGBl I S. 1474)

Gauger T, Anshelm F, Schuster H, Draaijers G P J, Bleeker A, Erisman J W, Vermeulen A T, Nagel H D (2002): Kartierung ökosystembezogener Langzeittrends atmosphärischer Stoffeinträge und Luftschadstoffkonzentrationen in Deutschland und deren Vergleich mit Critical Loads und Critical Levels. Forschungsvorhaben im Auftrag des BMU/UBA, FE-Nr. 299 42 210., Institut für Navigation, Univ. Stuttgart. 207 S

Hübener H, Bülow K, Fooken C, Früh B, Hoffmann P, Höpp S, Keuler K, Menz C, Mohr V, Radtke K, Ramthun H, Spekat A, Steger C, Toussaint F, Warrach-Sagi K und Woldt M (2017): ReKliEs-De Ergebnisbericht. DOI: 10.2312/WDCC/ReKliEsDe Ergebnisbericht.

ICP Forests (2016): Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests. UNECE, ICP Forests, Hamburg
Institut für Biodiversität - Netzwerk e.V. (https://www.bmu.de/faqs/biologische-vielfalt) aufgerufen am 04.07.2020

IPCC (2014): Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.

Jungclaus J H, Lorenz S J., Timmreck C, Reick C H, Brovkin V, Six K, Segschneider J, Giorgetta M A, Crowley T J, Pongratz J, Krivova N A, Vieira L E, Solanki S K, Klocke D, Botzet M, Esch M, Gayler V, Haak H, Raddatz T J, Roeckner E, Schnur R, Widmann H, Claussen M, Stevens B, Marotzke J (2010): Climate and Carbon-cycle Variability over the last Millenium. CLIM. PAST DISCUSS., 6

Kätzel R, Kramer W und Tröber U (2007): Erfassung der genetischen Ressourcen der Schwarz-Pappel in Deutschland. Schlussbericht des Auftrages „Erfassung und Dokumentation genetischer Ressourcen der Schwarz-Pappel und der Ulmenarten in Deutschland“, Teillos 1: „Erfassung und Dokumentation genetischer Ressourcen der Schwarz-Pappel (Populus nigra) in Deutschland“

Monteith J L (1965): Evaporation and environment. – Symp. Soc. Exp. Biol. 19, 205-224

Orlowsky B, Gerstengarbe F W, Werner P C (2008): A resampling scheme for regional climate simulations and its performance compared to a dynamical RCM. Theoretical and Applied Climatology, Vol. 92, Issue 3-4, 209-223

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

Penman H L (1948): Natural Evaporation from Open Water, Bare Soil and Grass. – Proc. Roy. Meteorol. Soc. A 193, 120-145

Schulla J, Jasper K (2007): Model Description WaSiM-ETH. Technical report.
http://www.wasim.ch/de/products/wasim_description.htm

Stevens B M, Giorgetta M, Esch T, Mauritsen T, Crueger S, Rast M, Salzmann H, Schmidt J, Bader K, Block R, Brokopf I, Fast S, Kinne L, Kornblueh U, Lohmann R, Pincus T, Reichler, Roeckner E (2013): Atmospheric component of the MPI-M Earth System Model: ECHAM6, J. Adv. Model. Earth Syst., 5, 146-172 (doi:10.1002/jame.20015)

Sutmöller J, Schönfelder E, Meesenburg H (2020): Perspektiven der Anwendung von Klimaprojektionen in der Forstwirtschaft. In: Deutscher Wetterdienst (Hrsg.): promet – Meteorologische Fortbildung, zur Veröffentlichung angenommen.

UBA (2015): Monitoringbericht 2015 zur deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel. Umwelt Bundesamt, Dessau, Eigenverlag, 256 S

Ulrich B (1991): Beiträge zur Methodik der Waldökosystemforschung. Berichte des Forschungszentrums für Waldökosysteme/Waldsterben. Reihe B, Band 24, 142 S
UN (1992): The Convention on Biological Diversity – https://www.cbd.int: aufgerufen am 06.08.2020

Verordnung über Erhebungen im forstlichen Umweltmonitoring (ForUmV) vom 20. Dezember 2013 (BGBl. I S. 4384)

Weimar H (2018): Holzbilanzen 2015 bis 2017 für die Bundesrepublik Deutschland und Neuberechnung der Zeitreihe der Gesamtholzbilanz ab 1995. Thünen Working Paper 101, 26 S

Schleswig-Holstein
Der echte Norden

Impressum:

Ansprechpartner

Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt
Abteilung Umweltkontrolle
Sachgebiet Wald- und Bodenzustand
Grätzelstraße 2, 37079 Göttingen
Tel.: 0551/69401-0
Fax: 0551/69401-160
Zentrale@nw-fva.de
www.nw-fva.de

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

Titelfoto: Spielmann M

Layout: Paar E

Herstellung: Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt

Druck: Printec Offset Kassel

Der Waldzustandsbericht 2020 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
Datenmanagement

Jörg Weymar
Außenaufnahmen und Kontrollen

Michael Spielmann
Außenaufnahmen und Kontrollen

Dr. Bernd Westphal
Außenaufnahmen und Kontrollen

Diese Druckschrift wird im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit der 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.