



Waldzustandsbericht 2020





Foto: Jaworr

Liebe Leserin, lieber Leser,

die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt (NW-FVA) haben mit diesem Waldzustandsbericht die aktuellen Erkenntnisse zur Vitalität unseres Waldes dokumentiert. Die extremen Witterungsbedingungen nach drei aufeinander folgenden Jahren mit Stürmen, Trockenheit, Insekten- und Pilzbefall haben sichtbare Spuren in den Wäldern hinterlassen. Abgestorbene Bäume und entwaldete Freiflächen prägen das Landschaftsbild unserer Mittelgebirge. Mehr als die Hälfte der Fichten in der Stichprobe der Waldzustandserhebung ist seit 2017 durch Sturm und Borkenkäferbefall abgestorben.

Der Gesundheitszustand unserer Waldbäume spiegelt sich in den mittel- und langfristigen Durchschnittswerten für die Kronenverlichtung, für den Anteil starker Schäden und für die Absterberate wider. Im Jahr 2020 hat sich die Situation im Durchschnitt über alle Baumarten und Altersklassen nicht nennenswert verbessert. Mit 21% liegt die Kronenverlichtung einen Prozentpunkt unter dem Vorjahr – dem höchsten Wert überhaupt in der Zeitreihe der Waldzustandserhebung.

Der diesjährige Witterungsverlauf brachte für die Wälder in Niedersachsen keine Entlastung, erneut war es zu warm und zu trocken. 2020 sind – wie bereits im Vorjahr – überdurchschnittlich viele ältere Rotbuchen abgestorben. Wesentliche Ursache dieser Buchen-Vitalitätsschwäche sind Trockenheit sowie die Dauer und Intensität der Sonneneinstrahlung. Nachfolgend schwächende Pilze lassen die mächtigen Bäume rasch absterben. Insgesamt zeigen die Ergebnisse der Waldzustandserhebung, dass die Krise unseres Waldes noch nicht überstanden ist. Mit Ausnahme der Eichen zeigt dieser Bericht einen deutlich verschlechterten Gesundheitszustand unserer Waldbäume.

Die Schadensbewältigung und der klimagerechte Waldumbau stellen Forstbetriebe, Waldbesitzer und Forstwissenschaftler vor große Herausforderungen. Gemeinsames Ziel ist und bleibt ein stabiler, arten- und strukturreicher Wald, der nachhaltig auf ökologischer Grundlage bewirtschaftet wird. Eine klimaangepasste Baumartenwahl ist die Voraussetzung für den standortsgemäßen und zukunftssicheren Waldumbau. Bei dieser wichtigen und langfristigen Aufgabe ist die Verfügbarkeit von geeignetem forstlichen Vermehrungsgut von großer Bedeutung. Neben den zugelassenen Forstsaatgutbeständen rücken forstliche Samenplantagen als Saatgutquellen zunehmend in den Fokus.

Aktuelle Klimaprojektionen lassen für Niedersachsen einen Temperaturanstieg mit trockneren Sommern und verlängerten Vegetationsperioden erwarten. Für unsere Waldbäume bedeutet das ein zunehmendes Trockenstressrisiko. Um dies bei der klimaangepassten Waldbauplanung zu berücksichtigen, wurde die standortstypische Wasserhaushaltsziffer um eine Standortwasserbilanz ergänzt.

Der Boden ist neben dem Klima wichtigster Standortsfaktor für unsere Wälder und bedeutender Bestandteil des Forstlichen Umweltmonitorings. Bodenchemische Untersuchungen belegen, dass die Stoffeinträge aus der Luft abgenommen und sich der Humushaushalt vieler Waldböden verbessert hat. Kompensationskalkungen tragen dabei zur Erhaltung der Bodengesundheit bei.

Der vorliegende Waldzustandsbericht gibt Ihnen Einblicke in die praxisnahen Forschungsergebnisse der NW-FVA. Sie berät alle Waldbesitzenden und gibt wissenschaftlich begründete Empfehlungen – ein wichtiger Beitrag in diesen herausfordernden Zeiten.

Ich wünsche Ihnen eine interessante Lektüre und trotz der schwierigen Lage viel Zuversicht!

Ihre

A handwritten signature in black ink that reads "Barbara Otte-Kinast". The signature is written in a cursive, flowing style.

Barbara Otte-Kinast

Niedersächsische Ministerin für Ernährung,
Landwirtschaft und Verbraucherschutz

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Vorwort	2
Inhaltsverzeichnis	3
Hauptergebnisse	4
Inge Dammann und Uwe Paar	
Forstliches Umweltmonitoring	6
Johannes Eichhorn, Inge Dammann und Uwe Paar	
WZE-Ergebnisse für alle Baumarten	8
Inge Dammann und Uwe Paar	
Kiefer	10
Fichte	11
Buche	12
Eiche	13
Andere Laub- und Nadelbäume	15
Witterung und Klima	17
Johannes Suttmöller	
Insekten und Pilze	21
Martin Rohde, Rainer Hurling, Gitta Langer, Johanna Bußkamp, Pavel Plašil und Ines Graw	
Entscheidungshilfen zur klimaangepassten Baumartenwahl	24
Hermann Spellmann, Johannes Suttmöller, Christian Schulz und Ralf-Volker Nagel	
Samenplantagen und Mutterquartiere als Beitrag zur Biologischen Vielfalt	31
Matthias Paul, Wilfried Steiner, Samuel Schleich, Meinolf Lau, Dagmar Leisten, Matthias Moos und Carola Schmidt	
Stoffeinträge	35
Birte Scheler	
Literaturverzeichnis	39
Impressum	40

Hauptergebnisse

Waldzustandserhebung (WZE)

Der Witterungsverlauf 2020 brachte keine Entlastung für die Wälder in Niedersachsen. Erneut war es zu warm und zu trocken, so dass nach drei aufeinanderfolgenden Jahren mit extremer Witterung die Schäden in den Wäldern höher sind als im Zeitraum 1984-2017. Der Vitalitätszustand aller Baumartengruppen mit Ausnahme der Eichen hat sich seitdem verschlechtert, insbesondere in den Fichtenbeständen sind die Schäden verheerend. Mehr als 50 % der Fichten in der Stichprobe der Waldzustandserhebung mussten seit 2017 als Schadholz entnommen werden oder sind abgestorben.

Die mittlere Kronenverlichtung der Waldbäume in Niedersachsen beträgt in diesem Jahr 21 %. Dies ist nach 2019 der zweithöchste Wert seit Beginn der Waldzustandserhebung 1984. Mit Sturmschäden, Trockenstress und Insektenbefall setzte 2018 eine Entwicklung der Schäden in den Wäldern ein, die bislang nicht zum Stillstand gekommen ist. Bei den älteren Kiefern, Fichten, Buchen und für die Gruppe der anderen Nadelbäume (alle Alter) gibt es 2020 kaum Veränderungen gegenüber dem Vorjahr. Für die älteren Eichen und die Gruppe der anderen Laubbäume (alle Alter) sind die Verlichtungswerte leicht zurückgegangen.

Der Anteil starker Schäden liegt 2020 für den Gesamtwald in Niedersachsen mit 3,8 % mehr als doppelt so hoch wie das langjährige Mittel (1,5 %). Den höchsten Anteil starker Schäden weisen auch in diesem Jahr die Fichten (13,6 %) auf. Am niedrigsten ist der Anteil starker Schäden bei den Kiefern (1,1 %).

Auch für die Absterberate werden 2020 erneut hohe Werte verzeichnet. Mit 1,1 % überschreitet die diesjährige Absterberate für den Gesamtwald in Niedersachsen den langjährigen Mittelwert (0,18 %) um das 6-fache. Es sind vor allem überdurchschnittlich viele Fichten (4,6 %) abgestorben.

Bei der Ausfallrate (als Schadholz entnommene Bäume) wird mit 3,5 % der zweithöchste Wert in der Zeitreihe verzeichnet. Bei der Fichte ist die Ausfallrate besonders hoch (22,4 %).



Foto: M. Spielmann

Die Baumartenverteilung in der WZE-Stichprobe in Niedersachsen ergibt für die Kiefer einen Flächenanteil von 38 %, die Ergebnisse der Waldzustandserhebung für den Gesamtwald in Niedersachsen werden daher stark durch die vergleichsweise niedrigen Verlichtungswerte der Kiefer geprägt. Die Fichte ist mit 13 %, die Buche mit 16 % und die Eiche mit 7 % im Kollektiv der Waldzustandserhebung vertreten. Die anderen Laub- und Nadelbäume nehmen zusammen einen Anteil von 26 % ein.

Witterung und Klima

Im Vegetationsjahr 2019/2020 setzte sich die Trockenheit im dritten Jahr in Folge unvermindert fort. Mit einer Mitteltemperatur von 10,8 °C (+2,2 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 Niedersachsen bereits zu einer signifikanten Erwärmung geführt hat. Die Jahresmitteltemperatur ist von 8,6 °C auf 9,7 °C in den letzten dreißig Jahren angestiegen. Im Vegetationsjahr 2019/2020 fielen im Flächenmittel des Landes 733 mm Niederschlag. Dies entspricht nahezu dem langjährigen Niederschlagsoll der Klimanormalperiode 1961-1990. Damit reichten die Niederschläge jedoch nicht aus, um die Defizite der letzten Jahre auszugleichen und die tieferen Bodenschichten zu durchfeuchten. Von der Trockenheit besonders betroffen sind die südlichen und östlichen Landesteile von Niedersachsen.

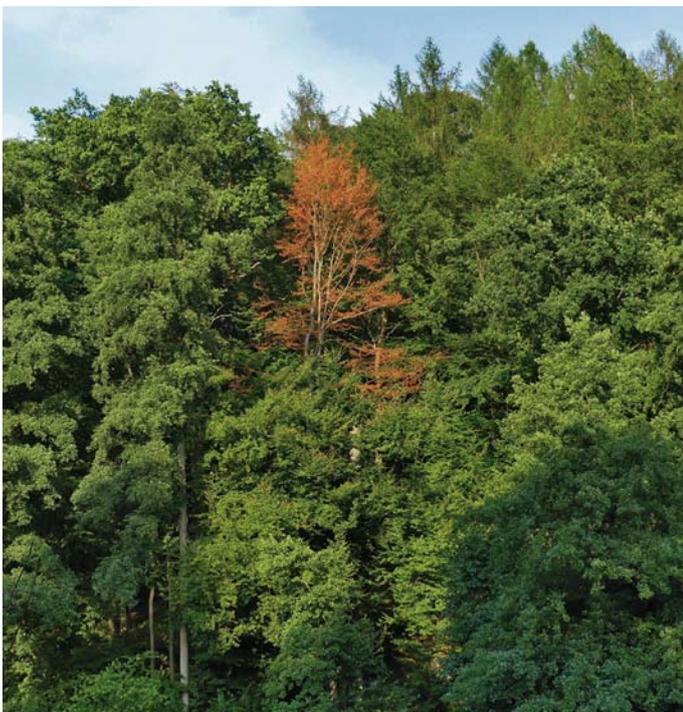


Foto: K. Dammann

Hauptergebnisse

Insekten und Pilze

Die Schäden durch Borkenkäfer an Fichte haben auch 2020 weiter stark zugenommen. Nach dem milden Winter 2019/2020 kam es früh zu Schwärmflügen des Buchdruckers. Ab Ende Mai waren nicht nur besonnte Bestandesränder, sondern auch Fichten im Bestandesinneren befallen. Insgesamt sind sehr viele Schadflächen und hohe Schadmengen entstanden. Die Fichten hatten aufgrund des seit drei Jahren anhaltenden Wassermangels kaum Abwehrkräfte gegen Borkenkäfer.

Auch für Absterbeerscheinungen durch Pilze war die besondere Witterungssituation ein entscheidender auslösender Faktor. Die Buchen-Vitalitätsschwäche, die Rußrindenerkrankung des Ahorns und das *Diplodia*-Triebsterben der Kiefer werden in den letzten Jahren zunehmend festgestellt.

Entscheidungshilfen zur klimaangepassten Baumartenwahl

Die Klimaanpassung der Wälder ist derzeit die größte Herausforderung der Forstbetriebe. Die erarbeiteten Entscheidungshilfen der NW-FVA zur klimaangepassten Baumartenwahl ergänzen die bisherige standortsbezogene Zuordnung der Waldentwicklungstypen (WET), die auf Kombinationen der Nährstoff- und Wasserhaushaltsziffern basieren, um die so genannte Standortwasserbilanz in der Vegetationszeit (SWB_{VZ}). Dabei wird das Trockenstressrisiko der Wälder unter zukünftigen Klimabedingungen des Emissionsszenarios RCP8.5 anhand der SWB_{VZ} abgeschätzt.

Zwischen den Baumarten gibt es hinsichtlich der Ansprüche an die Standortbedingungen 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 WET. Ihre Anzahl ist gegenüber heute allerdings weitaus geringer, weil ein nicht unerheblicher Teil der Waldstandorte in Niedersachsen sich bezüglich der SWB_{VZ} schon bis zur Mitte des Jahrhunderts in Bereiche verschlechtert, die die Auswahl möglicher WET stark einschränken.



Foto: M. Spielmann



Foto: M. Delpho

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.

Im Vergleich zum Trockenjahr 2018 fiel auf allen Flächen des Intensiven Monitorings zwar mehr Niederschlag, aber bis auf die Region Solling erneut weniger als im Mittel der Jahre 2009–2018.

2019 betrug der Sulfatschwefeleintrag je Hektar zwischen 2,3 (Göttinger Wald Buche) und 4,7 kg (Solling Fichte). Die ganzjährige dichte Benadelung führt in den Fichtenbeständen zu deutlich höheren Einträgen als bei Kiefer, Buche und Eiche. Die sehr hohe Belastung in den 1970er und 1980er Jahren mit Schwefeleinträgen bis zu 108 kg je Hektar konnte durch Maßnahmen zur Luftreinhaltung wirksam reduziert werden.

Seit Untersuchungsbeginn sind auch die Stickstoffeinträge (Ammonium und Nitrat) zurückgegangen. Im fünfjährigen Mittel der Jahre 2015–2019 lag der Stickstoffeintrag zwischen 11,9 (Ehrhorn Eiche) und 26,8 kg je Hektar und Jahr (Solling Fichte).

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.

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.

Konzept

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 Bodenschuttkalkung (Level III).

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

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

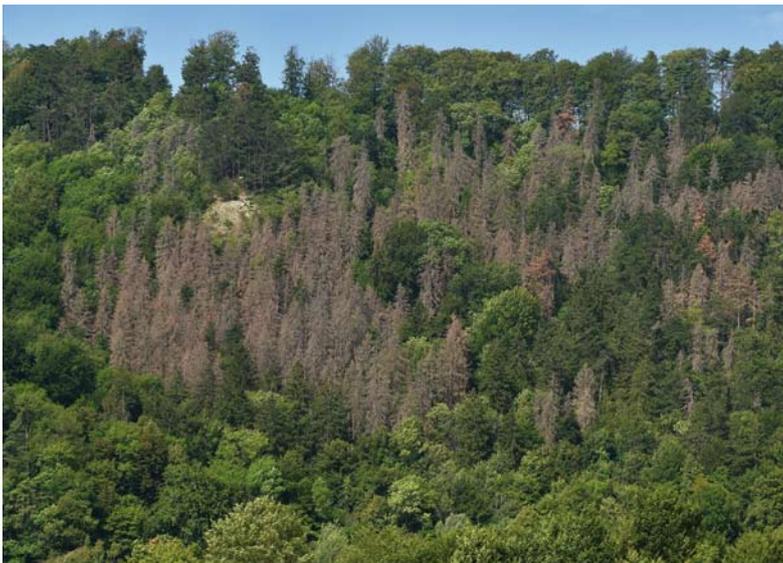
Foto: M. Spielmann

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 ein extremer Befall der Kiefer durch Pilze können von dem landesweiten Ergebnis abweichen.

Waldzustandserhebung – Methodik und Durchführung

Aufnahmeumfang

Die Waldzustandserhebung erfolgt auf mathematisch-statistischer Grundlage. Die Rasterweite des landesweiten Stichprobennetzes beträgt seit 2005 8 km x 8 km, für Buche und Eiche werden zusätzliche Erhebungspunkte im 4 km x 4 km-Raster durchgeführt, wenn 2004 mindestens 6 Buchen oder Eichen am WZE-Punkt vorhanden waren. Nach einer Rasterüberprüfung im Frühjahr 2020 wurden 12 weitere WZE-Punkte in das 8 km x 8 km-Raster integriert, so dass jetzt 315 Erhebungspunkte zum Stichprobenkollektiv gehören, von denen in diesem Jahr 298 Erhebungspunkte in die Inventur einbezogen werden konnten. Dieser Aufnahmeumfang ermöglicht repräsentative Aussagen zum Waldzustand auf Landesebene sowie Zeitreihen für die Baumarten Buche, Eiche, Fichte, Kiefer und die Gruppen der anderen Laub- und Nadelbäume. Die Aufnahmen zur Waldzustandserhebung erfolgten im Juli und August 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 2020. Je weiter der Vertrauensbereich, desto unschärfer sind die Aussagen. Die Weite des Vertrauensbereiches wird im Wesentlichen beeinflusst durch die Anzahl der Stichprobenpunkte in der jeweiligen Auswerteeinheit und die Streuung der Kronenverlichtungswerte. Für relativ homogene Auswerteeinheiten mit relativ gering streuenden Kronenverlichtungen (z. B. Kiefer bis 60 Jahre) sind enge Konfidenzintervalle auch bei einer geringen Stichprobenanzahl



Borkenkäferschäden 2020

Foto: J. Weymar

sehr viel leichter zu erzielen als für heterogene Auswerteeinheiten, die sowohl in der Altersstruktur als auch in den Kronenverlichtungswerten ein breites Spektrum umfassen (z. B. Fichte bis 60 Jahre).

Aufnahmeparameter

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

95 %-Konfidenzintervalle für die Kronenverlichtung der Baumartengruppen und Altersstufen der Waldzustandserhebung 2020 in Niedersachsen. Das 95 %-Konfidenzintervall (= Vertrauensbereich) gibt den Bereich an, in dem der wahre Mittelwert mit einer Wahrscheinlichkeit von 95 % liegt.

Baumarten- gruppe	Altersgruppe	Anzahl Bäume	Anzahl Plots	Raster	95%-Konfidenz- intervall (+-)
Buche	alle Alter	2272	153	4x4 km	2,4
	bis 60 Jahre	316	25	4x4 km	3,7
	über 60 Jahre	1956	134	4x4 km	2,3
Eiche	alle Alter	1027	111	4x4 km	3,2
	bis 60 Jahre	159	23	4x4 km	2,2
	über 60 Jahre	868	94	4x4 km	2,8
Fichte	alle Alter	500	47	8x8 km	8,7
	bis 60 Jahre	181	19	8x8 km	21,2
	über 60 Jahre	319	31	8x8 km	7,7
Kiefer	alle Alter	1501	83	8x8 km	1,4
	bis 60 Jahre	327	22	8x8 km	2,1
	über 60 Jahre	1174	66	8x8 km	1,6
andere Laubbäume	alle Alter	644	75	8x8 km	3,0
	bis 60 Jahre	330	36	8x8 km	3,7
	über 60 Jahre	314	42	8x8 km	4,7
andere Nadelbäume	alle Alter	394	45	8x8 km	3,8
	bis 60 Jahre	186	19	8x8 km	5,1
	über 60 Jahre	208	26	8x8 km	4,7
alle Baumarten	alle Alter	3960	165	8x8 km	1,9
	bis 60 Jahre	1178	61	8x8 km	3,8
	über 60 Jahre	2782	131	8x8 km	2,1

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

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 (insbesondere durch Borkenkäfer) am Stichprobenpunkt entnommenen Bäumen.

WZE-Ergebnisse für alle Baumarten

Inge Dammann und Uwe Paar

Die extremen Witterungsbedingungen der Jahre 2018 bis 2020 haben zu sichtbaren Schäden in den Wäldern Niedersachsens geführt. Nach Sturmwurf und Borkenkäferbefall prägen umfangreiche Freiflächen und abgestorbene Fichten das Waldbild in den Fichtenregionen.

Mittlere Kronenverlichtung

Die Waldzustandserhebung 2020 weist als Gesamtergebnis für die Waldbäume in Niedersachsen (alle Baumarten, alle Alter) eine mittlere Kronenverlichtung von 21 % aus. Nachdem im Vorjahr mit 22 % der höchste Wert in der Zeitreihe der Waldzustandserhebung erreicht wurde, hat sich 2020 die Situation nicht nennenswert verbessert.

Insgesamt wird der Verlauf der mittleren Kronenverlichtung für den Gesamtwald ganz wesentlich durch die Kiefer geprägt, die als häufigste Baumart in Niedersachsen maßgeblich das Gesamtergebnis mit relativ konstanten niedrigen Verlichtungswerten beeinflusst. Auch die anderen Laub- und Nadelbäume, die an der WZE-Stichprobe einen Anteil von 26 % einnehmen, wirken – trotz erhöhter Verlichtung seit 2018 – mit vergleichsweise niedrigen Verlichtungswerten ausgleichend auf die höheren Verlichtungswerte von Fichte, Buche und Eiche.

Anteil starker Schäden

Der Anteil starker Schäden liegt im Mittel der Zeitreihe (1984-2020) bei 1,5 %. 2020 wird dieser Mittelwert deutlich überschritten (3,8 %). Dies ist der höchste Wert in der Zeitreihe der Waldzustandserhebung. Vor allem bei den Fichten liegt der Anteil starker Schäden 2020 weit über dem langjährigen Durchschnitt. Die Spanne der starken Schäden reicht in diesem Jahr von 1,1 % (Kiefer) bis 13,6 % (Fichte). Mit einer Kronenverlichtung über 60 % sind im Vergleich zu einer vollbelaubten Baumkrone Begrenzungen der Versorgung der Bäume mit Wasser und Energie verbunden. Das Vermögen der Bäume, sich an wechselnde Bedingungen anzupassen, wird eingeschränkt.



Foto: J. Evers

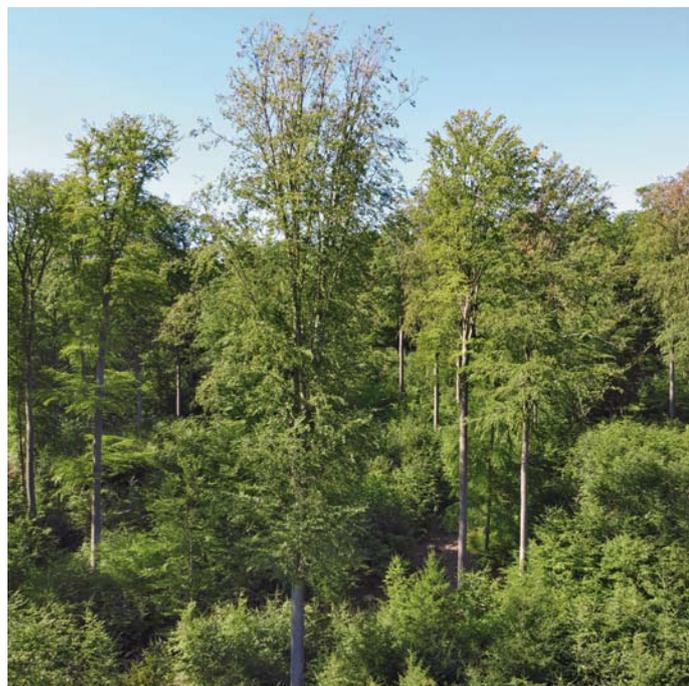
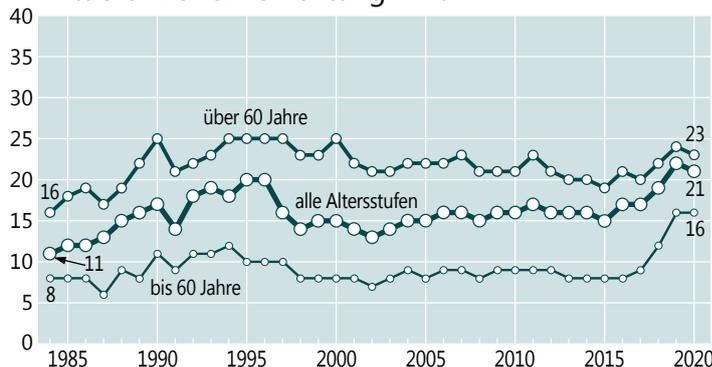
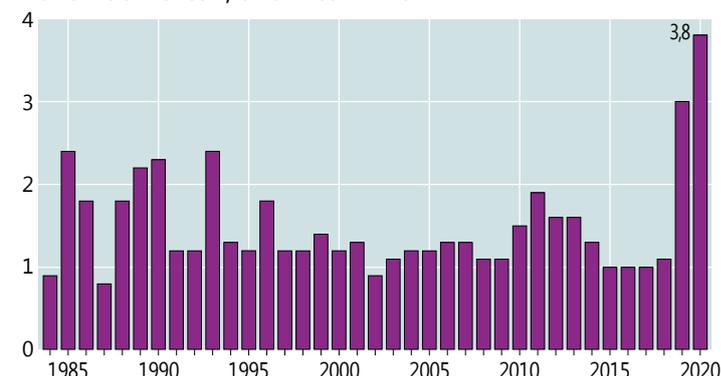


Foto: J. Weymar

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. Die Absterberate (alle Bäume, alle Alter) ist 2020 mit 1,1 % niedriger als im Vorjahr, übersteigt aber das langjährige Mittel um das 6-fache. Bis 2018 lag die Absterberate in allen Jahren weit unter 1 %. Bei den Eichen ist die Absterberate 2020 durchschnittlich, bei den anderen Baumarten(gruppen) liegen die aktuellen Absterberaten über den Durchschnittswerten.

Ausfallrate

Die Ausfallrate ist das Ergebnis der infolge von Sturmwurf, Trockenheit, Insekten- und Pilzbefall (z. B. Borkenkäferbefall) am Stichprobenpunkt entnommenen Bäume. Die jährlichen Ausfallraten bilden die Auswirkungen der Stürme „Kyrill“ (2007) und „Friederike“ (2018) deutlich ab. In beiden Jahren waren Sturmschäden die Hauptausfallursache. 2019 und 2020 ist dagegen Borkenkäferbefall der Hauptausfallgrund. Besonders betroffen ist die Fichte mit einer Ausfallrate von 22,4 %.

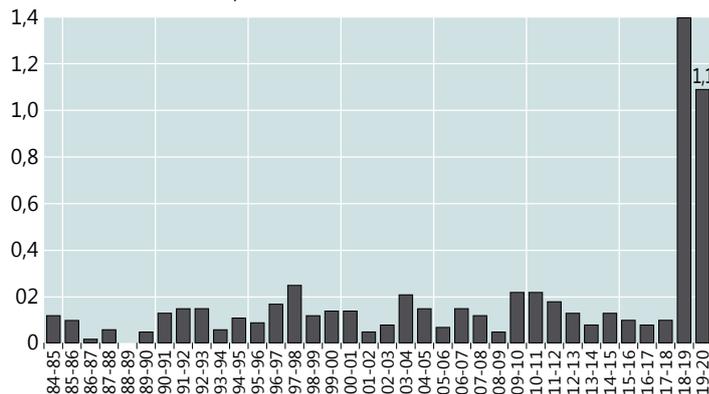
Vergilbungen

Vergilbungen der Nadeln und Blätter sind häufig ein Indiz für Magnesiummangel in der Nährstoffversorgung der Waldbäume. Bis Mitte der 1990er Jahre waren Vergilbungen häufig beobachtet worden, seither ist die Vergilbungsrate merklich zurückgegangen. Im Jahr 2020 wurde dieses Merkmal nur sehr vereinzelt (0,1 %) festgestellt. Die von den Waldbesitzern und Forstbetrieben durchgeführten Waldkalkungen mit magnesiumhaltigen Kalken und der Rückgang der Schwefelemissionen haben dazu beigetragen, das Auftreten dieser Mangelerscheinung zu reduzieren.

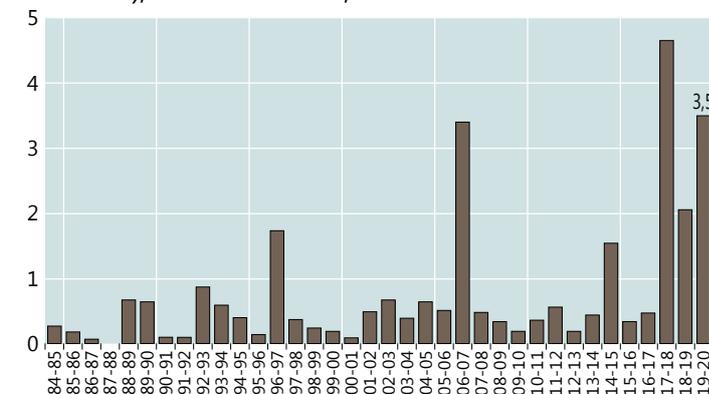


Foto: M. Spielmann

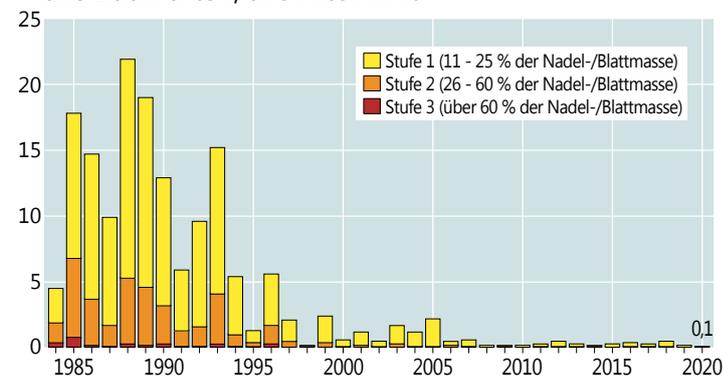
Jährliche Absterberate (stehende Bäume), alle Baumarten, alle Alter in %



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



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



Fazit

Seit drei Jahren haben Stürme, Borkenkäfer, Hitze- und Trockenperioden umfangreiche Schäden in den Wäldern verursacht. Die Vitalitätsparameter aller Baumartengruppen mit Ausnahme der Eichen belegen eine Verschlechterung des Waldzustandes. Die Ergebnisse der Waldzustandserhebung zeigen 2018-2020 die höchsten Anteile an stark geschädigten und abgestorbenen Bäumen. Die mit Abstand höchsten Ausfallraten sind bei der Fichte aufgetreten. Strukturelle Störungen in Form von Blößen und Freiflächen sind die Folge. Die Krise der Wälder ist noch nicht überstanden, Folgeschäden durch den mehrjährigen Trockenstress werden vermutlich auch in den nächsten Jahren noch festzustellen sein.

Kiefer

Die WZE-Ergebnisse für die Kiefern zeigen eine moderate Reaktion auf das Witterungsgeschehen der letzten drei Jahre. Schadensausmaß und -intensität sind bei der Kiefer geringer als bei Fichten, Buchen und Eichen. Gleichwohl gibt es auch bei der Kiefer lokale Schäden durch Sturm, Pilzbefall und Trockenheit.

Ältere Kiefer

Die älteren Kiefern weisen über den gesamten Erhebungszeitraum einen stabilen, vergleichsweise niedrigen Kronenverlichtungsgrad auf. Im Zeitraum 1993-2001 wurden leicht erhöhte Werte festgestellt, die Kiefer bleibt aber durchgehend unter den Verlichtungswerten von Fichte, Buche und Eiche. Die mittlere Kronenverlichtung der älteren Kiefern beträgt in diesem Jahr 18 %.

Jüngere Kiefer

Die Unterschiede im Kronenverlichtungsgrad zwischen den Altersgruppen sind bei der Kiefer im Vergleich zu den anderen Hauptbaumarten nur gering ausgeprägt. Die mittlere Kronenverlichtung der jüngeren Kiefern liegt 2020 bei 13 %.

Starke Schäden

Auch bei den starken Schäden heben sich die Ergebnisse der Kiefer von denen der anderen Baumarten ab. Im Erhebungszeitraum treten nur geringe Schwankungen auf. Der Anteil an starken Schäden ist bei den jüngeren und älteren Kiefern etwa gleich. Im langjährigen Mittel liegt der Anteil starker Schäden unter 1 %. 2020 sind 1,1 % der Kiefern stark geschädigt.

Absterberate

Die Absterberate der Kiefer lag bis 2019 ebenfalls bemerkenswert niedrig (0-0,3 %). Im Jahr 2020 ist die Absterberate erhöht (0,5 %).

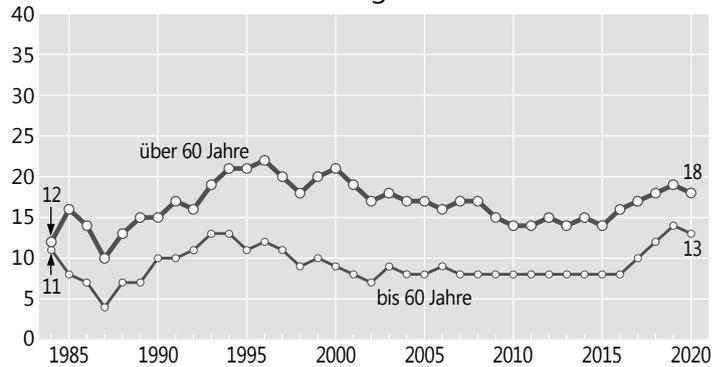
Ausfallrate

Jährlich fallen im Durchschnitt 0,5 % der Kiefern aufgrund außerplanmäßiger Nutzung (als Schadholz entnommene Bäume) aus. Auch 2020 bleibt die Ausfallrate gering (0,2 %).

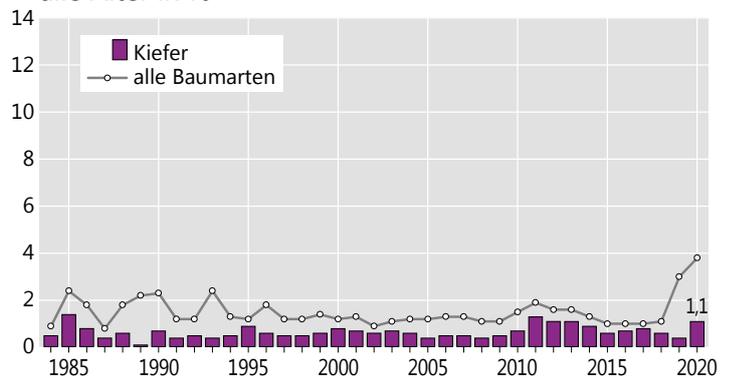


Foto: J. Evers

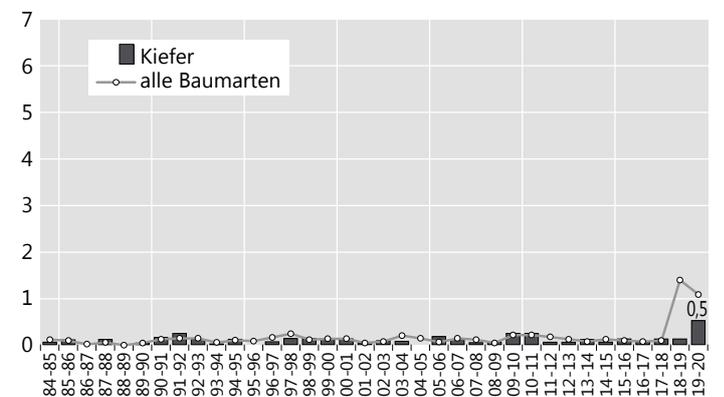
Mittlere Kronenverlichtung in %



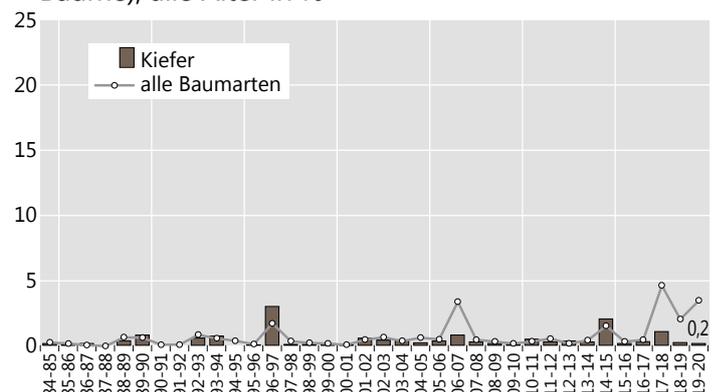
Anteil starker Schäden (inkl. abgestorbener Bäume), alle Alter in %



Jährliche Absterberate (stehende Bäume), alle Alter in %



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



Fichte

Das Ausmaß der Schäden durch Sturm, Trockenheit und Borkenkäferbefall ist bei den Fichten auch 2020 außerordentlich hoch. Die Anteile starker Schäden und die Absterbe- und Ausfallraten überragen die Mittelwerte der Zeitreihe um ein Vielfaches.

Ältere Fichte

Im gesamten Beobachtungszeitraum werden für die älteren Fichten anhaltend hohe Kronenverlichtungswerte zwischen 24 und 30 % festgestellt. 2020 erreicht die mittlere Kronenverlichtung mit 34 % ein Maximum in der Zeitreihe der Waldzustandserhebung.

Jüngere Fichte

Für die Fichte ist ein deutlicher Alterstrend festzustellen. Die mittlere Kronenverlichtung der jüngeren Fichten lag bis 2018 weit unter den Werten der älteren Fichten. 2020 ist das Schadniveau der jüngeren Fichten (29 %) fast so hoch wie das der älteren Fichten.

Starke Schäden

Für die Fichten wurden bis 1996 wiederholt erhebliche Anteile an starken Schäden (bis 5,5 %) festgestellt. Bis Mitte der 1990er Jahre haben mittlere und starke Vergilbungen von >25 % der Nadelmasse, die zur Einstufung in die nächsthöhere Schadstufe führen, eine bedeutsame Rolle gespielt. Mit dem Rückgang der Vergilbung gingen bei der Fichte auch die Anteile an starken Schäden zurück. Ab 1997 sind nur leichte Schwankungen aufgetreten.

2019 stieg der Anteil starker Schäden auf 8,4 % und 2020 wird ein neuer Höchststand mit einem Anteil von 13,6 % starker Schäden erreicht.

Absterberate

Die Absterberate der Fichte (alle Alter) schwankt im Erhebungszeitraum bis 2018 nur wenig (0-0,5 %). 2019 und 2020 sind außergewöhnlich hohe Absterberaten (6,1 % bzw. 4,6 %) festzustellen

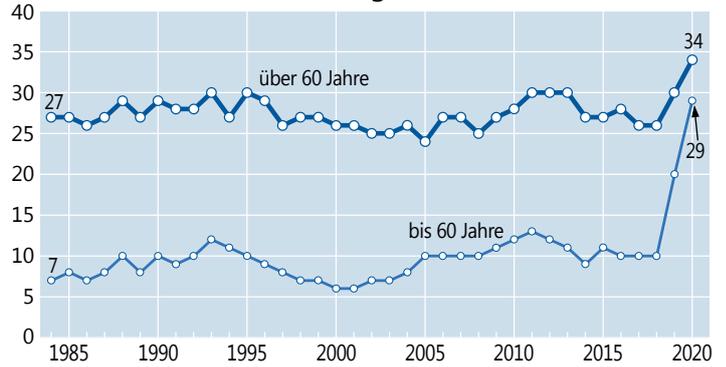
Ausfallrate

Der Anteil als Schadholz entnommener Fichten liegt im Mittel der Beobachtungsjahre bei jährlich 3 %. Im Zeitraum 2018-2020 mussten aufgrund der Sturmschäden und Borkenkäferbefall sehr viele Fichten außerplanmäßig genutzt werden. 2018 überwogen die Ausfälle durch Sturmschäden, 2019 und 2020 sind die meisten Fichten aufgrund von Borkenkäferbefall entnommen worden.

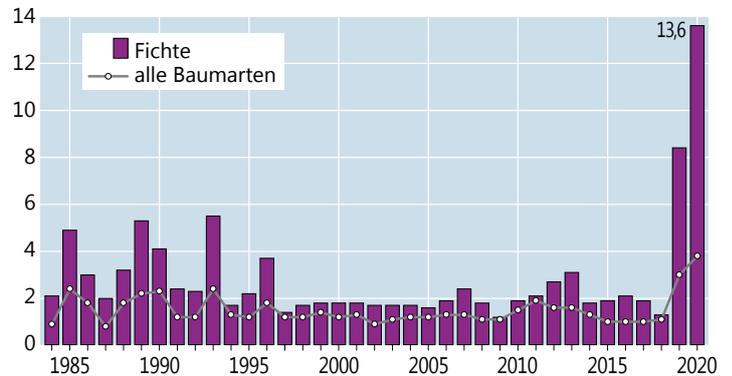


Foto: M. Spielmann

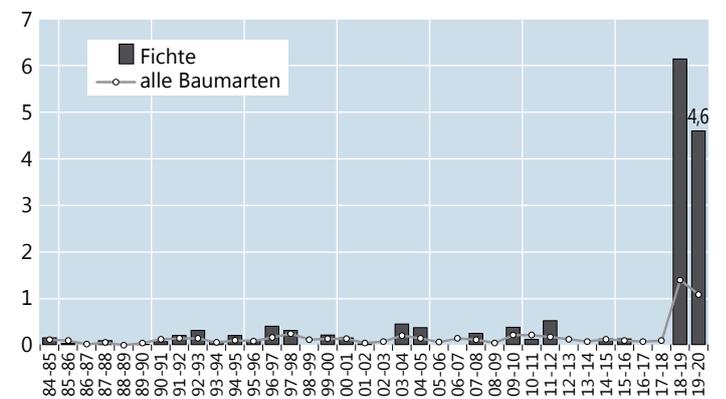
Mittlere Kronenverlichtung in %



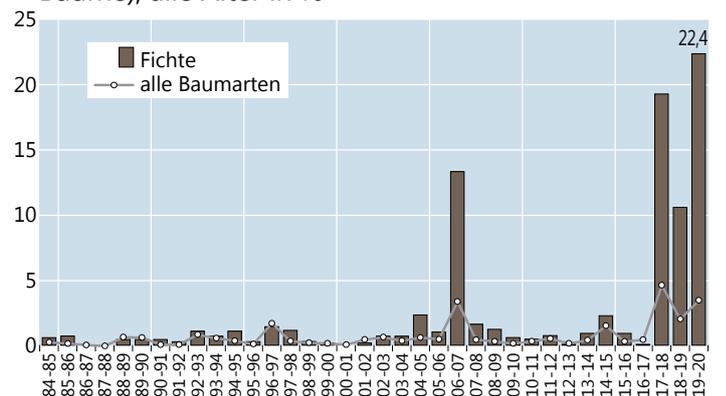
Anteil starker Schäden (inkl. abgestorbener Bäume), alle Alter in %



Jährliche Absterberate (stehende Bäume), alle Alter in %



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



Buche

Für die Buchen bleibt das 2019 festgestellte erhöhte Schadniveau auch 2020 bestehen.

Ältere Buche

Bei den älteren Buchen beträgt die mittlere Kronenverlichtung in diesem Jahr 31 %.

Auffällig sind bei der Buche die Schwankungen von Jahr zu Jahr. Eine Ursache für die zunehmende Variabilität der Verlichtungswerte der älteren Buchen ist die Intensität der Fruchtbildung. In Jahren mit intensiver Fruchtbildung steigen die Kronenverlichtungswerte an, in den Folgejahren ohne Fruchtbildung weisen die Buchen dann wieder eine dichtere Belaubung auf. In den Jahren 2018 bis 2020 sind die Schwankungen allerdings nicht auf die Fruchtbildung zurückzuführen, da sich die Fruchtintensität in diesen drei Jahren nicht wesentlich unterschieden hat.

Jüngere Buche

Bei der Buche sind die Unterschiede in der Belaubungsdichte zwischen jüngeren und älteren Beständen besonders stark ausgeprägt. Die jüngeren Buchen weisen seit 1995 ein geringes Kronenverlichtungsniveau auf. 2019 und 2020 sind die Werte erhöht (11 bzw. 8 %), heben sich aber nicht deutlich von den Befunden früherer Jahre ab.

Starke Schäden

Auch beim Anteil starker Schäden treten bei den Buchen im Beobachtungszeitraum Schwankungen auf. 2020 liegt der Anteil starker Schäden mit 3,6 % über dem langjährigen Mittel (2,1 %).

Absterberate

Die Buche weist eine auffallend niedrige Absterberate auf. Im Mittel der Zeitreihe liegt die Absterberate der Buche bei nur 0,06 %. 2019 und 2020 sind überdurchschnittlich viele Buchen abgestorben. Gerade weil in den letzten Jahrzehnten kaum Buchen abgestorben sind, sind diese Absterbeerscheinungen besonders auffällig.

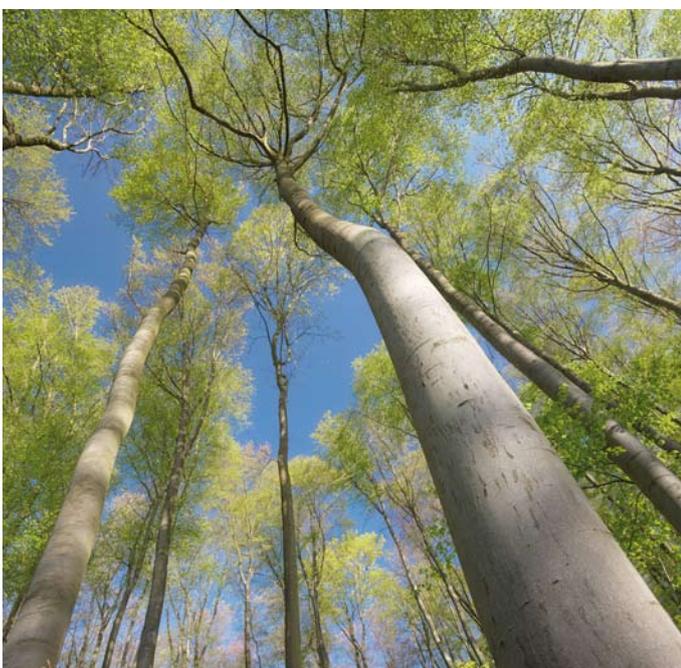
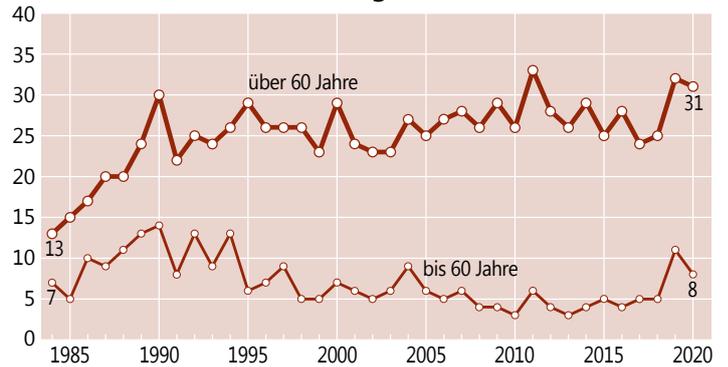
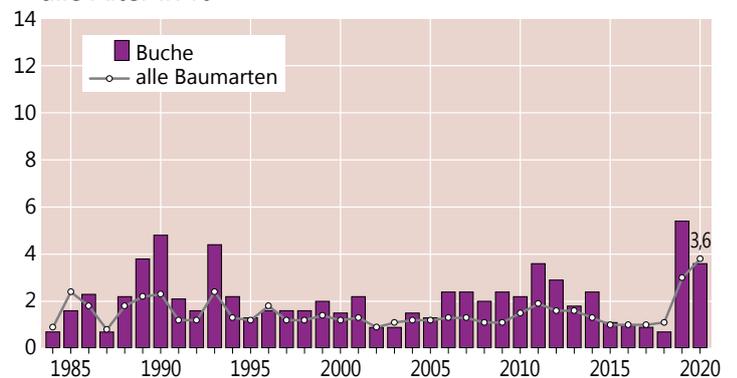


Foto: H. Heinemann

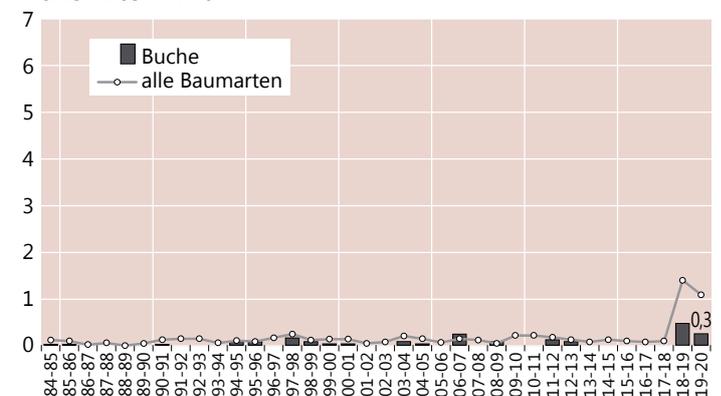
Mittlere Kronenverlichtung in %



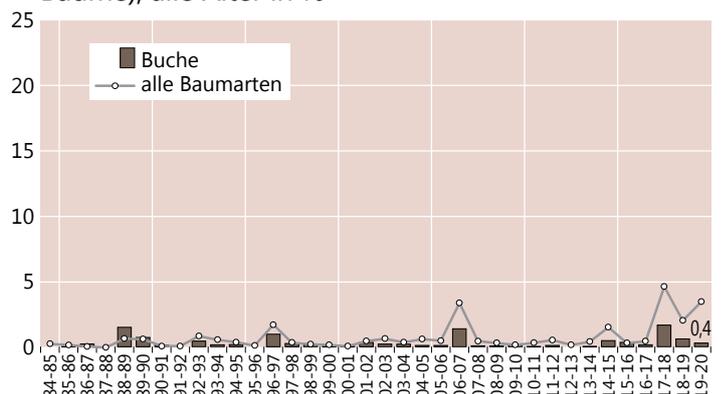
Anteil starker Schäden (inkl. abgestorbener Bäume), alle Alter in %



Jährliche Absterberate (stehende Bäume), alle Alter in %



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



Buche

Ausfallrate

Die durchschnittliche Ausfallrate ist bei der Buche vergleichsweise niedrig (0,4 %). Dieser Durchschnittswert ist auch 2020 festzustellen, 0,4 % der Buchen sind als Schadholz entnommen worden.

Fruchtbildung

Die Ergebnisse zur Fruchtbildung im Rahmen der Waldzustandserhebung zeigen die Tendenz, dass die Buchen in kurzen Abständen und vielfach intensiv fruktifizieren. Dies steht im Zusammenhang mit einer Häufung warmer Jahre sowie einer erhöhten Stickstoffversorgung der Bäume. Geht man davon aus, dass eine starke Mast erreicht wird, wenn ein Drittel der älteren Buchen mittel oder stark fruktifiziert, ergibt sich rechnerisch für den Beobachtungszeitraum der Waldzustandserhebung 1984-2020 alle 2,2 Jahre eine starke Mast. Literaturrecherchen (Paar et al. 2011) hingegen ergaben für den Zeitraum 1839-1987 Abstände zwischen zwei starken Masten für 20-Jahresintervalle zwischen 3,3 und 7,1 Jahren.

In der Regel ist bei der Buche nach einem Jahr mit intensiver Fruchtbildung im Folgejahr eine geringe Fruchtbildung zu erwarten. Die letzten drei Jahre zeigen eine Abweichung von dieser Regel.

Anteil mittel und stark fruktifizierender älterer Buchen in %

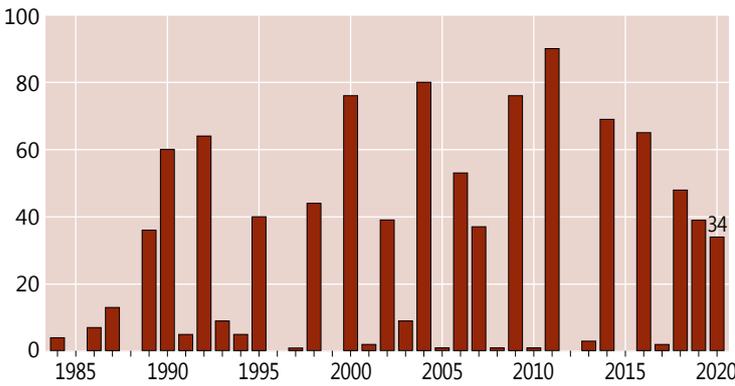


Foto: J. Evers

Eiche

Die Vitalitätsparameter der Eiche zeigen 2020 eine Verbesserung gegenüber dem Vorjahr.

Ältere Eiche

In der Zeitreihe der mittleren Kronenverlichtung der älteren Eichen treten die höchsten Verlichtungswerte (>30 %) in den Jahren 1996-1997 und 2010-2013 unter dem Einfluss von Insekten- und Pilzbefall auf. Für den allmählichen Anstieg der Verlichtung seit 2015 spielt die Eichenfraßgesellschaft allerdings keine Rolle, da in diesem Zeitraum nur moderate Fraßschäden beobachtet wurden. 2020 ist die mittlere Kronenverlichtung der älteren Eichen gegenüber dem Vorjahr etwas zurückgegangen (31 %).

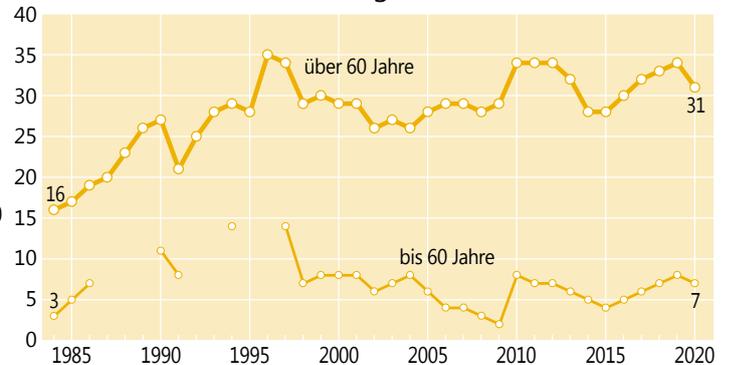
Jüngere Eiche

Die Kronenentwicklung der Eichen in der Altersstufe bis 60 Jahre zeigt einen sehr viel günstigeren Verlauf als die Entwicklung der älteren Eichen. Mit einer mittleren Kronenverlichtung von 7 % wird für die jüngeren Eichen 2020 wieder ein niedriger Kronenverlichtungswert festgestellt.

Starke Schäden

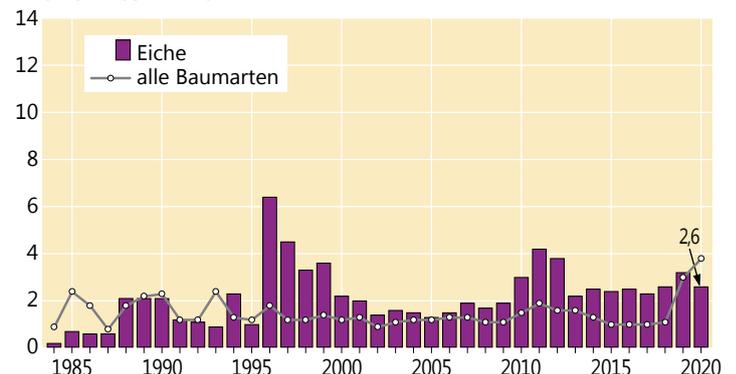
Parallel zu den erhöhten Kronenverlichtungswerten in den Jahren 1996-1997 und 2010-2013 waren in diesen Phasen auch erhöhte Anteile starker Schäden zu verzeichnen. Im Durchschnitt der Zeitreihe sind 2,2 % der Eichen als stark geschädigt eingestuft worden. Der diesjährige Anteil stark geschädigter Eichen (2,6 %) ist nicht durch Insektenfraß bedingt.

Mittlere Kronenverlichtung in %



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

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



Eiche

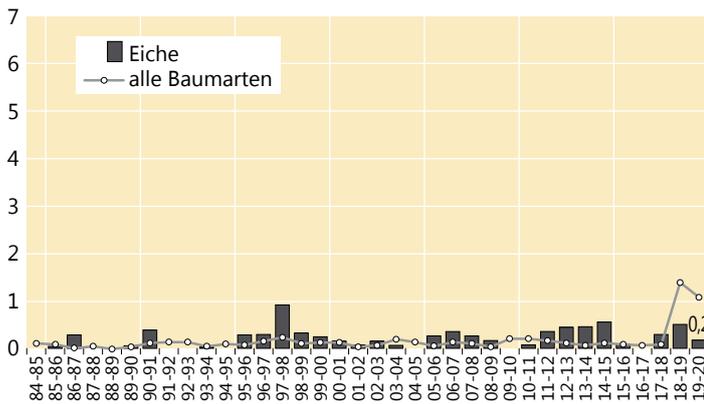
Absterberate

Die Absterberate der Eiche liegt im Mittel der Jahre 1984-2020 bei 0,2 %. Überdurchschnittliche Absterberaten wurden jeweils im Anschluss an starken Insektenfraß ermittelt. Am höchsten war die Absterberate 1998 (0,9 %). Im Jahr 2020 entspricht die Absterberate (0,2 %) dem Durchschnittswert.

Ausfallrate

Im Mittel der Erhebungsjahre liegt die Ausfallrate bei 0,3 %. Nach einer Erhöhung 2018 und 2019 (1,1 %) ist die aktuelle Ausfallrate niedriger (0,4 %).

Jährliche Absterberate (stehende Bäume), alle Alter in %



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

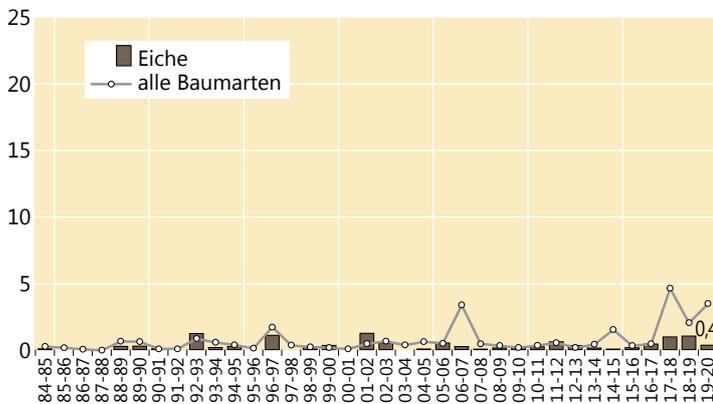


Foto: J. Weymar



Foto: M. Spielmann

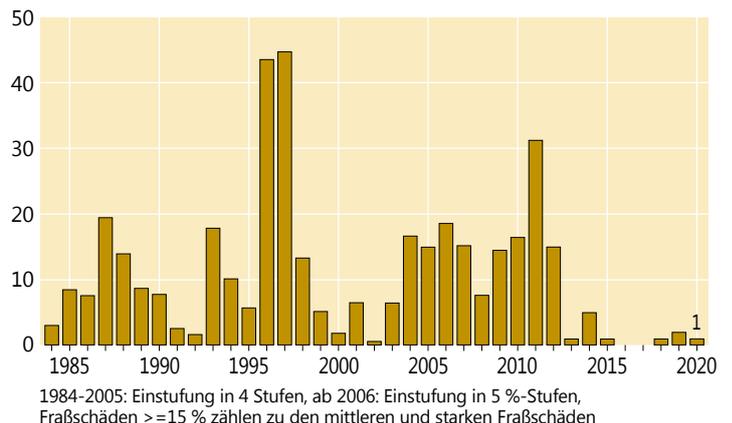
Fraßschäden

Die periodische Vermehrung von Insekten der so genannten Eichenfraßgesellschaft trägt maßgeblich zu den Schwankungen der Belaubungsdichte der älteren Eichen bei. Der Fraß an Knospen und Blättern durch die Eichenfraßgesellschaft wirkte sich besonders stark in den Jahren 1996-1997 und 2011 aus. Seit 2013 ist der Anteil mittlerer und starker Fraßschäden gering (2020: 1 %).

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.

Anteil mittlerer und starker Fraßschäden an älteren Eichen in %



Andere Laub- und Nadelbäume

In Niedersachsen werden bei der Waldzustandserhebung als landesweite flächendeckende Stichprobeninventur 30 Baumarten erfasst. Neben den Hauptbaumarten Kiefer, Fichte, Buche und Eiche kommt in den Wäldern eine Vielzahl von anderen Baumarten vor, die insgesamt 26 % der Stichprobenbäume der Waldzustandserhebung in Niedersachsen ausmachen. Jede Baumart für sich genommen ist allerdings zahlenmäßig so gering vertreten, dass allenfalls Trendaussagen zur Kronenentwicklung möglich sind. Bei den Ergebnissen der Waldzustandserhebung werden sie daher in den Gruppen andere Laubbäume und andere Nadelbäume zusammengefasst. Zu den anderen Laubbäumen gehören u. a. Esche, Ahorn, Linde und Hainbuche. Am häufigsten ist die Birke, gefolgt von der Erle. Die Gruppe der anderen Nadelbäume setzt sich vorwiegend aus Lärche und Douglasie zusammen.

Mittlere Kronenverlichtung

Die mittlere Kronenverlichtung der anderen Laubbäume (alle Alter) ist nach dem Anstieg 2019 (21 %) in diesem Jahr wieder zurückgegangen (16 %). Bei den anderen Nadelbäumen (alle Alter) wurde der 2019 festgestellte Höchststand (17 %) auch 2020 erreicht.

Starke Schäden

Für die anderen Laubbäume (alle Alter) schwanken die Anteile an starken Schäden von Jahr zu Jahr, im langjährigen Mittel wurden 1,5 % als stark geschädigt eingestuft. 2020 sind es 3,3 %. Bei den anderen Nadelbäumen wurden in den ersten Jahren der Waldzustandserhebung hohe Anteile an starken Schäden festgestellt, anschließend gingen die Werte zurück. 2020 beträgt der Anteil 3 %.



Douglasie

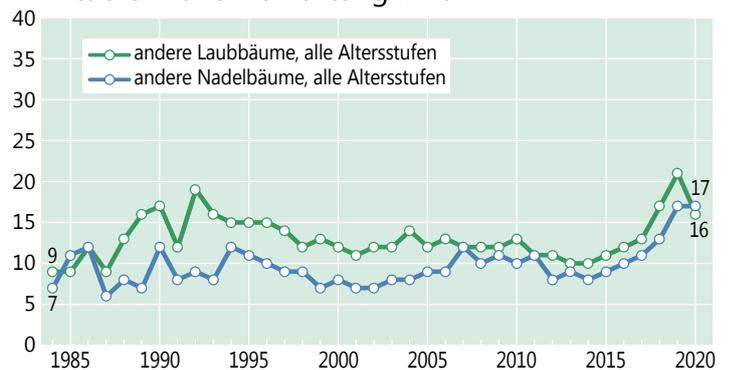
Foto: J. Evers



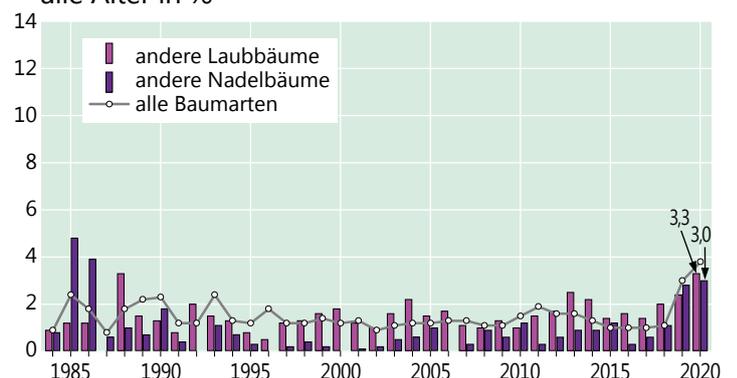
Esche

Foto: J. Evers

Mittlere Kronenverlichtung in %



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



Andere Laub- und Nadelbäume



Feldahorn

Foto: T. Ullrich

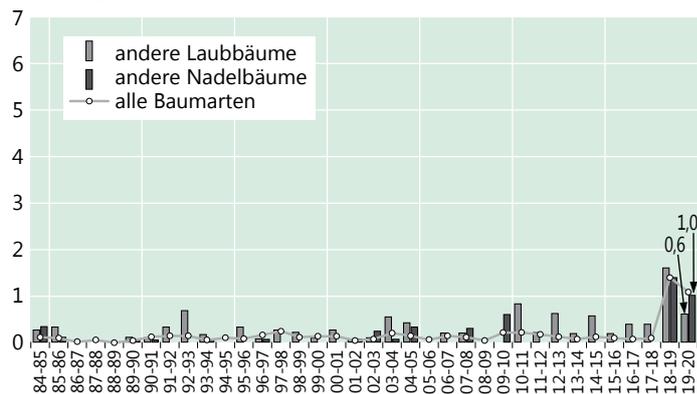
Absterberate

Die Absterberaten sind für beide Baumartengruppen im Vergleich zum Vorjahr 2020 etwas niedriger, überschreiten aber weiterhin die Mittelwerte der Zeitreihe.

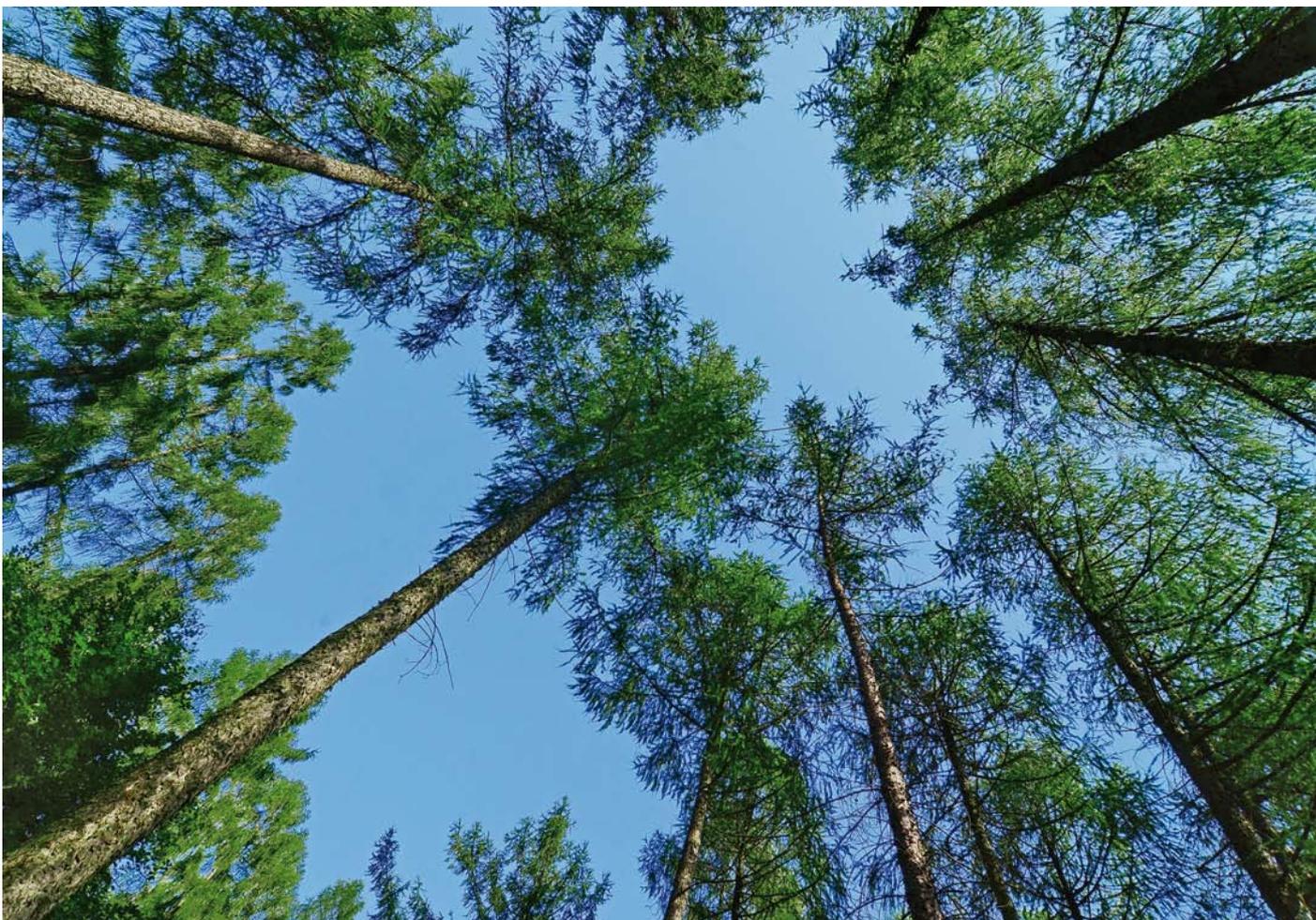
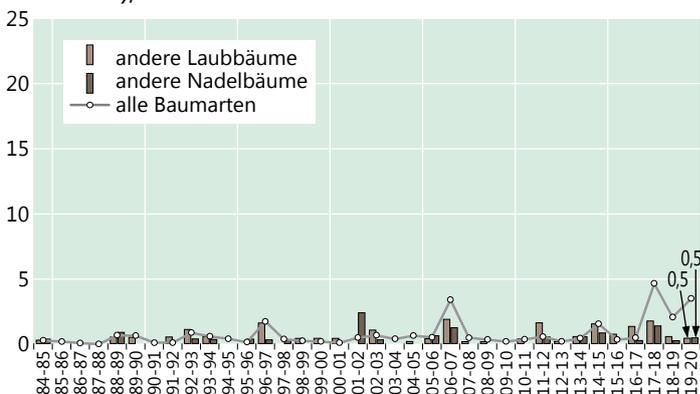
Ausfallrate

Beide Gruppen weisen im Erhebungszeitraum eine relativ niedrige Ausfallrate auf. Dies gilt auch für 2020 mit Ausfallraten von 0,6 % (andere Laubbäume) bzw. 0,5 % (andere Nadelbäume).

Jährliche Absterberate (stehende Bäume), alle Alter in %



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



Lärche

Foto: H. Heinemann

Witterung und Klima

Johannes Suttmöller

Seit 2018 haben extreme Witterungsbedingungen mit Hitzeperioden, Trockenheit und heftigen Stürmen zu Schäden in den Wäldern geführt, wie sie seit Jahrzehnten nicht beobachtet wurden.

Für eine flächenhafte Aussage für das Land Niedersachsen 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 unvermindert fort. Obwohl die Nichtvegetationszeit von Oktober 2019 bis April 2020 leicht 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 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 10,8 °C im Landesmittel von Niedersachsen ähnlich warm wie die Jahre zuvor und zählt damit ebenfalls zu den wärmsten seit Messbeginn im Jahr 1881. Mit 733 mm Jahresniederschlag wurde das langjährige Mittel von 742 mm annähernd erreicht. Dabei wurden in der Vegetationszeit nur rund 80 % der langjährigen Niederschlagssumme gemessen, während in der Nichtvegetationszeit rund 15 % mehr als im Mittel der Referenzperiode fiel.

Witterungsverlauf von Oktober 2019 bis September 2020

Nach dem trockenen Sommer 2019 führten im **Oktober** Westwindwetterlagen zu häufigen und flächendeckenden Niederschlägen. Mit 96 mm im Flächenmittel von Niedersachsen war der Monat sehr nass (74 % über der mittleren Niederschlagsmenge), so dass in den oberen Bodenschichten die Trockenheit gelindert wurde. Mit einer Monatsmitteltemperatur von 11,1 °C war der Oktober fast 1,5 K wärmer als im langjährigen Durchschnitt (Abb. rechts, Tab. Seite 18).

Im **November** setzte sich die milde Witterung fort. Die Monatsmitteltemperatur betrug 5,7 °C (+0,7 K). Das Gegenpiel von Hochdruckgebieten über Osteuropa und tiefen Luftdruck über Westeuropa führte zu einem Wechsel aus wechselhaften und trockenen Witterungsphasen. Insgesamt fielen im Flächenmittel von Niedersachsen 66 mm Niederschlag und damit genauso viel wie im langjährigen Mittel. Der **Dezember** war aufgrund häufiger Südwest-Wetterlagen mit 4,9 °C deutlich zu warm (+3,0 K) und mit 51 mm Niederschlag trockener als üblich (73 %).



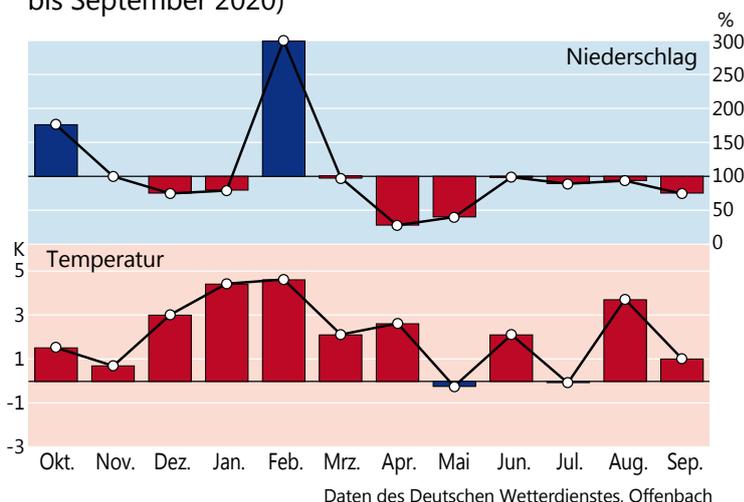
Foto: T. Ullrich

Im **Januar** dominierten weiterhin Westwind-Wetterlagen, so dass der Monat sehr mild ausfiel. Die Abweichung betrug +4,4 K. Da die Niederschlagsgebiete häufig nur abgeschwächt auf Niedersachsen übergriffen, fielen mit 47 mm nur knapp 60 % der üblichen Niederschlagsmenge. Aufgrund der hohen Temperaturen blühten Hasel und Erle 2 bis 3 Wochen früher als im Mittel der Jahre 1961-1990.

Es folgte ein extrem niederschlagsreicher und milder **Februar**. Mit 5,7 °C (+4,6 K) war der Februar 2020 in Niedersachsen einer der wärmsten seit Messbeginn im Jahr 1881. Wiederholt wurden in den tieferen Lagen Tageshöchsttemperaturen von 15 °C bis knapp 20 °C gemessen. Zahlreiche Tiefdruckgebiete führten dazu, dass landesweit sehr viel Niederschlag fiel. Im Mittel wurden rund 133 mm gemessen. Dies entspricht rund dem dreifachen der üblichen Niederschlagsmenge. Zumindest die Oberböden waren zum Ende des Winters gut durchfeuchtet. Neben den hohen Niederschlagsmengen traten im Februar mehrere Sturmereignisse auf. Der Orkan „Sabine“ am 9. und 10. Februar sorgte auch in Niedersachsen für zahlreiche Schäden. Frostperioden blieben während des gesamten Winters 2019/20 in Niedersachsen 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

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



Daten des Deutschen Wetterdienstes, Offenbach

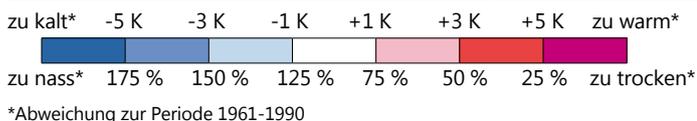
Witterung und Klima

Temperaturen des Winters gemessen wurden. Trotzdem war der März mit einer Mitteltemperatur von 6,0 °C um 2,1 K zu warm. Die Niederschlagshöhe betrug rund 53 mm und entsprach damit dem langjährigen Mittel.

Im sonnigsten **April** seit Beginn der Aufzeichnungen im Jahr 1951 fielen im Flächenmittel von Niedersachsen nur 14 mm Niederschlag. Dies entspricht nicht einmal 30 % der üblichen Niederschlagsmenge. Die vielfach sonnige Witterung sorgte gepaart mit hohen Temperaturen, die Monatsmitteltemperatur lag mit 10,0 °C um 2,6 K über der vieljährigen Durchschnittstemperatur, für relativ hohe Verdunstungsraten.

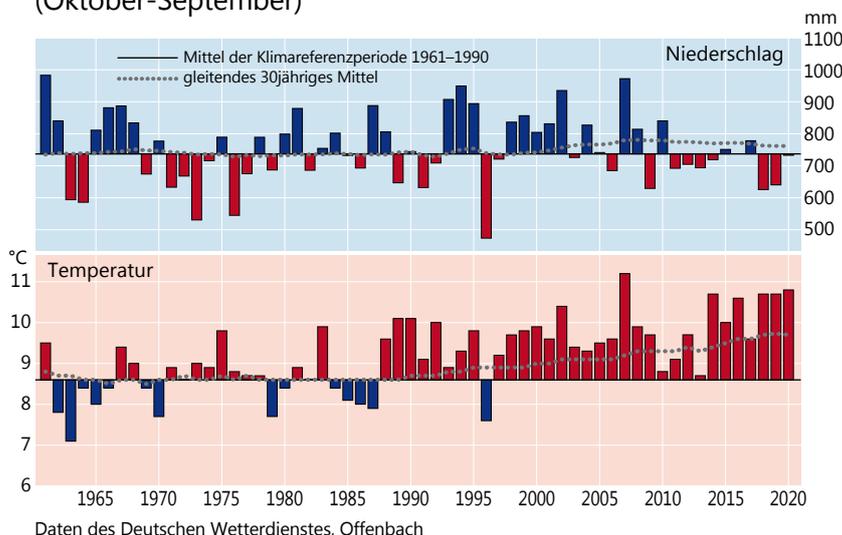
Temperaturmittelwerte und Niederschlagssummen für das Vegetationsjahr 2019/20 (Oktober 2019 bis September 2020) sowie die langjährigen Mittelwerte der Referenzperioden 1961-1990 und 1991-2020

	Temperatur (°C)			Niederschlag (mm)		
	2019/20	1961 – 1990	1991 – 2020	2019/20	1961 – 1990	1991 – 2020
Oktober	11,1	9,6	9,9	96	56	64
November	5,7	5,0	5,6	66	67	66
Dezember	4,9	1,9	2,8	51	71	72
Januar	5,0	0,6	2,0	47	60	69
Februar	5,7	1,1	2,3	133	43	53
März	6,0	3,9	5,1	53	55	55
April	10,0	7,4	9,1	14	51	42
Nicht-vegetationszeit	6,9	4,2	5,3	461	403	421
Mai	11,9	12,2	13,0	24	61	58
Juni	17,4	15,3	16,1	74	75	68
Juli	16,6	16,7	18,2	65	73	81
August	20,2	16,5	17,9	65	70	75
September	14,5	13,5	14,2	44	60	65
Vegetationszeit	16,1	14,8	15,9	272	339	347
Vegetationsjahr	10,8	8,6	9,7	733	742	768



*Abweichung zur Periode 1961-1990

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



In der Folge trockneten die Oberböden bereits im April stark aus, so dass 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 24 mm nur rund 40 % der üblichen Niederschlagsmenge fiel. Die Mitteltemperatur betrug 11,9 °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 Eiseiligen machten in diesem Jahr ihrem Namen alle Ehre, da um den 10. Mai verbreitet nochmals Frost auftrat.

Der **Juni** war warm bei durchschnittlichen Niederschlägen. Die Monatsmitteltemperatur von 17,4 °C lag um 2,1 K über dem langjährigen Mittel für Niedersachsen. Mit 74 mm im Landesmittel wurde das übliche Soll erreicht. Die Niederschläge reichten jedoch nicht aus, um die Trockenheit zu beenden.

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. Folglich fielen in Niedersachsen landesweit zwar rund 90 % der vieljährigen Niederschlagsmenge, allerdings wurde in den südlichen und östlichen Landesteilen das Niederschlagssoll teilweise deutlich unterschritten (<75 %). Auch bei den Temperaturen gab es ein Nord-Südgefälle. Im Flächenmittel lag die Temperaturabweichung bei -0,1 K und einer Mitteltemperatur von 16,6 °C. Insbesondere in den östlichen und südlichen Regionen Niedersachsens setzte sich die Trockenheit fort.

Der **August** begann mit einer extremen Hitzewelle. Teilweise wurden an mehreren Tagen hintereinander Höchsttemperaturen von 30 °C, regional sogar 35 °C, gemessen. Infolgedessen war der August mit einer Mitteltemperatur von 20,2 °C um 3,7 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, trockener und sonnenscheinreicher **September** (+1,0 K).

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 Niedersachsen bereits zu einer signifikanten Erwär-

Witterung und Klima

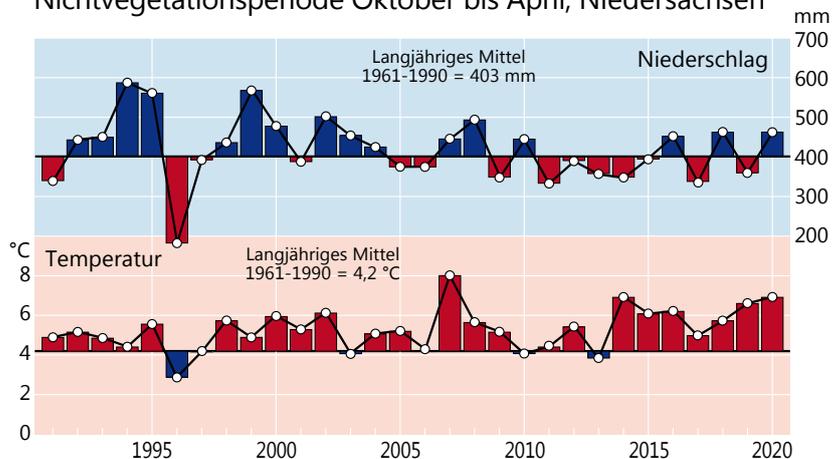
mung geführt hat. Die Jahresmitteltemperatur ist in den letzten dreißig Jahren von 8,6 °C auf 9,7 °C angestiegen (Tab. Seite 18). Dies betrifft sowohl die Nichtvegetationsperiode als auch die Vegetationsperiode. In allen Monaten hat sich die Temperatur im Zeitraum 1991-2020 gegenüber der Periode 1961-1990 erhöht. Besonders stark erwärmt haben sich die Monate Januar, Februar, März, April, Juli und August mit bis zu 1,7 K. In den Monaten September, Oktober und November ist die Erwärmung dagegen weniger stark ausgefallen.

Bei den Niederschlägen kam es zu einer leichten Zunahme von 742 mm auf 768 mm in der Jahressumme. Dabei sind besonders die Monate Oktober, Januar, Februar und Juli deutlich feuchter geworden, während der April und Juni 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 und trockeneren Klimabedingungen im Frühjahr und Sommer. Dies entspricht den Ergebnissen der meisten Klimamodelle. Eine ebenfalls prognostizierte Verschiebung der Niederschläge in die Wintermonate kann für Niedersachsen bisher nicht festgestellt werden.

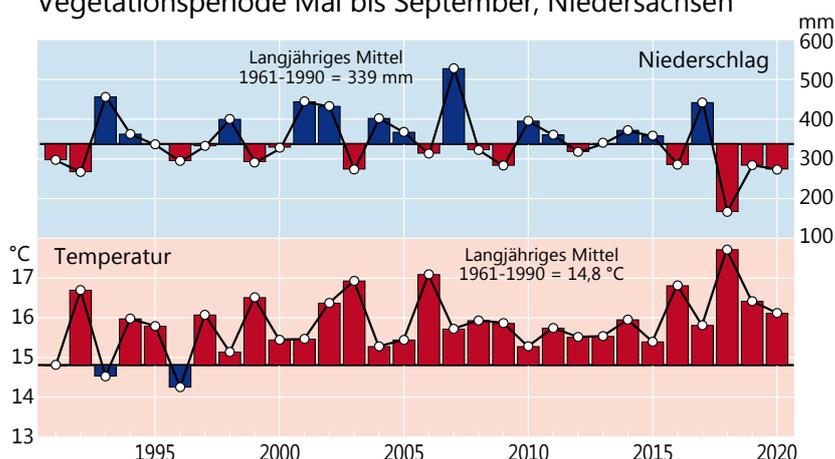
Temperatur und Niederschlag im langjährigen Verlauf

Auch das Vegetationsjahr 2019/20 war eines der wärmsten seit Messbeginn. Die Mitteltemperatur betrug 10,8 °C und lag damit 2,2 K über dem Mittelwert der Klimareferenzperiode 1961-1990 bzw. 1,1 K über der Periode 1991-2020 (Tab. Seite 18). Auch der langfristige Erwärmungstrend setzt sich ungehindert fort, wie das gleitende 30-jährige Mittel verdeutlicht (gepunktete Linie in der Abb. Seite 18). Bis auf den Mai und Juli waren alle Monate im Vergleich zur Referenzperiode

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



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



Daten des Deutschen Wetterdienstes, Offenbach

ode 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 und Februar wurde das Niederschlagsoll von 742 mm annähernd erreicht (Abb. Seite 18).

Die Nichtvegetationszeit von Oktober 2019 bis April 2020 war außergewöhnlich mild. Die Mitteltemperatur betrug 6,9 °C und lag 2,7 K über dem Wert der Klimareferenzperiode von 1961-1990 (Abb. links oben). Überdurchschnittlich warm waren die südöstlichen Landesteile sowie der Harz (>3 K), während die Temperaturen im Nordwesten um rund +2,5 K abwichen (Abb. Seite 20 oben links). In der Nichtvegetationszeit fielen im Flächenmittel von Niedersachsen 461 mm Niederschlag und damit knapp 100 mm mehr als im gleichen Zeitraum des Vorjahres. Das Niederschlagsoll wurde leicht übertroffen (+15 %). Überdurchschnittlich nass war es im gesamten Nordwesten des Landes (Abb. Seite 20 unten links). Im Harz wurde teilweise ein geringes Niederschlagsdefizit von bis zu 10 % gemessen.

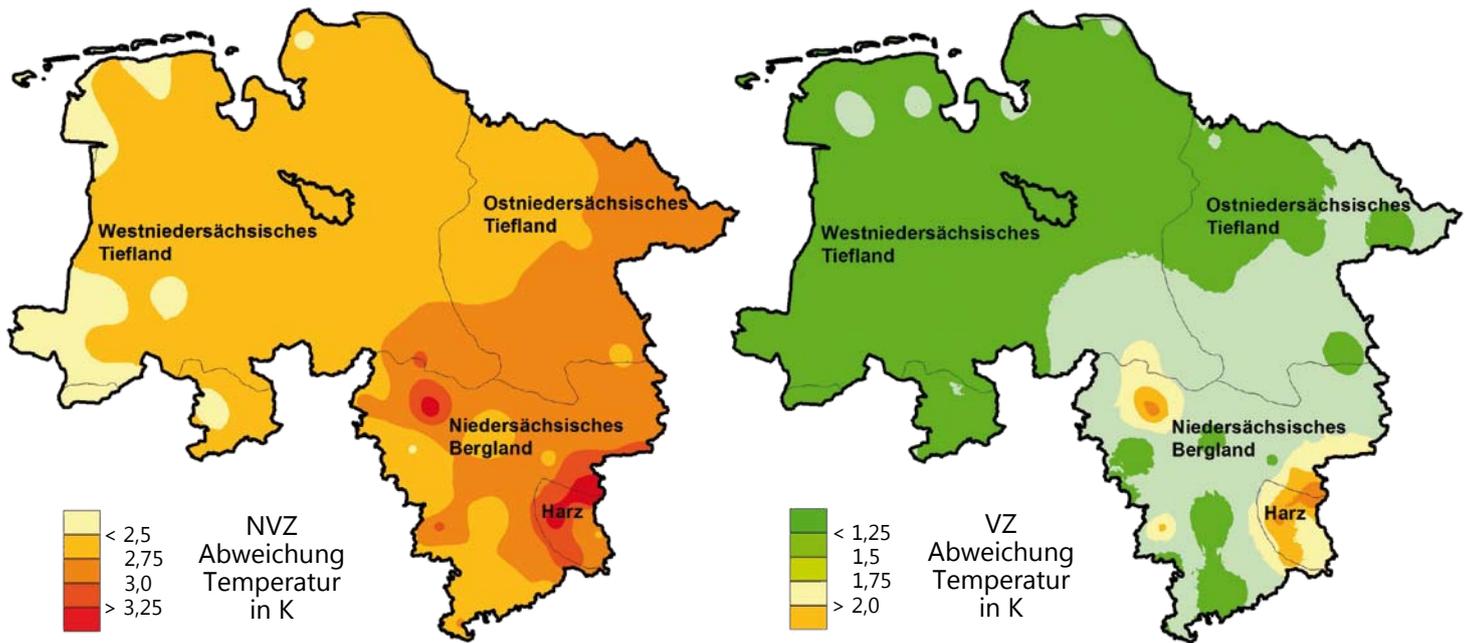
Die Vegetationszeit von Mai bis September 2020 war überdurchschnittlich warm und trocken (Abb. links unten). Im Flächenmittel des Landes Niedersachsen betrug die Mitteltemperatur 16,1 °C und lag damit 1,3 K über dem langjährigen Mittel. Dabei gab es allerdings regional deutliche Unterschiede. Im Harz betrug die Abweichung teilweise mehr als 2,0 K, während im Tiefland regional die Temperaturen teilweise nicht einmal 1 K über dem Mittelwert der Klimareferenzperiode lagen (Abb. Seite 20 oben rechts). In der Vegetationszeit fielen landesweit im Mittel nur rund 270 mm Niederschlag. Dies entspricht 80 % der üblichen Niederschlagsmenge. Besonders trocken waren Teile des Harzes und des niedersächsischen Berglandes sowie die mittleren Regionen des Tieflandes (Abb. Seite 20 unten rechts). Im westlichen Tiefland betrug das Niederschlagsdefizit dagegen weniger als 10 %. Vereinzelt wurde sogar etwas mehr Niederschlag gemessen als im langjährigen Mittel.

Fazit

- Auch das Vegetationsjahr 2019/20 war mit einer Mitteltemperatur von 10,8 °C wiederum außergewöhnlich warm. Der langjährige Erwärmungstrend setzte sich unvermindert fort.
- Dabei waren 10 von 12 Monaten zu warm und 10 von 12 Monaten zu trocken.
- In der Referenzperiode 1991-2020 beträgt der Temperaturanstieg 1,1 K im Vergleich zur Klimanormalperiode 1961-1990.
- Die Niederschlagsmenge von 733 mm reichte nicht aus, um die Defizite der letzten Jahre auszugleichen und die tieferen Bodenschichten zu durchfeuchten. Die Trockenheit der letzten Jahre setzte sich fort. Besonders betroffen sind das südliche und östliche Niedersachsen.

Witterung und Klima

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



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

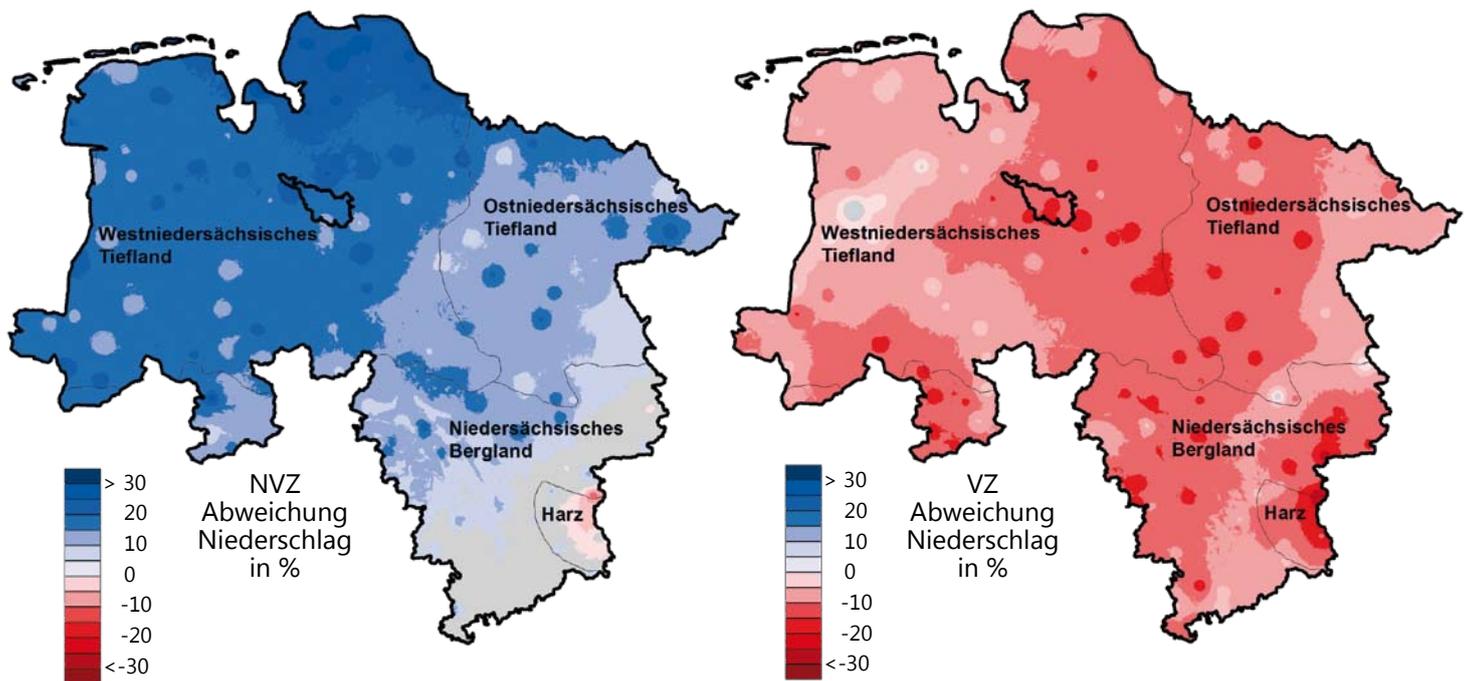


Foto: R. Maus

Insekten und Pilze

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

Borkenkäfer

Bis zum Jahresende 2019 übertraf das Schadensausmaß des Borkenkäferbefalls insbesondere beim Buchdrucker an Fichte die enormen Schadensumfänge des Vorjahres nochmals erheblich. Daher konnten erneut vielerorts sehr große Käfermengen überwintern. Der milde Witterungsverlauf des Winters 2019/2020 und des folgenden Frühjahrs führte zu sehr frühen ersten Schwärmflügen stammüberwinternder Borkenkäfer. Ab dem 5. April wurde in wärmeren Lagen erster starker Flug beobachtet, in höheren und kühleren Lagen ab etwa Mitte April. Soweit noch liegendes Windwurfholz vorhanden war, wurde dieses in kurzer Zeit vollständig besiedelt, danach erfolgte schnell der Übergang des Befalls auf stehende Bäume.

Nach einem Kälteeinbruch zwischen Ostern und Pfingsten traten auch die bodenüberwinternden Borkenkäfer in Erscheinung. Der Hauptschwärmflug des **Buchdruckers** (*Ips typographus*), der regional unterschiedlich etwa ab Mitte Mai einsetzte, fiel nochmals wesentlich stärker aus als der zuvor im April beobachtete Schwärmflug. Bis etwa Mitte Mai konzentrierte sich der Stehendbefall vornehmlich auf besonnte Ränder, ab Ende Mai wurden zunehmend auch Befallsheerde im Bestandesinneren beobachtet.

Von Mitte bis Ende Mai gab es beim Buchdrucker vermehrt Anzeichen für Befall durch Geschwisterbruten. Auslöser diesjähriger Geschwisterbruten war neben der starken Überbesiedlung der Wirtsbäume vermutlich oft ein ungewöhnlich schlechter Rindenzustand auch noch nicht befallener Fichten. Während die Fichten sich im letzten Winter in manchen Regionen zunächst vom Wassermangel etwas erholen konnten und daher im April bei Befall deutlich harzten, boten sie im Mai aufgrund fehlender Niederschläge schon praktisch keinen Widerstand mehr gegen Borkenkäfer. Die Rindenqualität war daher ab Mai stellenweise zu schlecht für eine optimale Brutentwicklung, so dass eierlegende Weibchen auswichen und Geschwisterbruten anlegten. Durch die zahlreichen Überbesiedlungen war zwar je Brutbild der Bruterfolg geringer als in sonstigen Jahren, trotzdem war



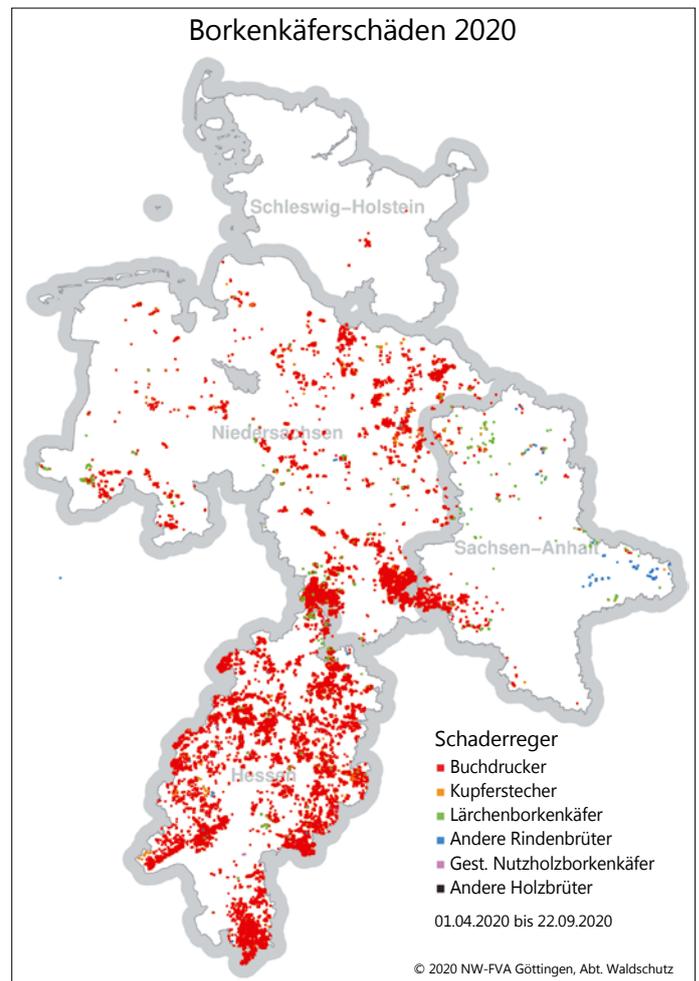
Ein Buchdrucker-Weibchen bohrt sich in die Rinde.
Foto: NW-FVA, Abteilung Waldschutz

für die zweite Generation schon allein aufgrund der riesigen Menge der Brutanlagen weiterer massiver Stehendbefall im Sommer zu verzeichnen.

So war zur Jahresmitte festzustellen, dass sich der letztjährige Befall erheblich weiter ausweitete und sehr viele Schadflächen (Abb. unten) und hohe Schadvolumina entstanden sind. Die im Frühjahr eingesetzten Fangsysteme wiesen zwar gute Fangleistungen auf, waren aber lokal in Situationen mit sehr starkem Vorbefall aus dem Vorjahr durch die Vielzahl der anfliegenden Buchdrucker von Beginn an überfordert und haben dort einen erneuten Stehendbefall nicht verhindern können. Nach zahlreichen Beobachtungen und Rückkopplungen aus der Praxis kann aber davon ausgegangen werden, dass gegenüber gleichartigen Situationen ohne Fangeinrichtungen eine deutliche Dichtereduktion stattgefunden hat. Der Befall wäre in diesen Bereichen ohne Fangeinrichtungen noch dramatischer ausgefallen.

Obwohl **Kupferstecher** (*Pityogenes chalcographus*) insgesamt eine nur noch untergeordnete Rolle spielten, waren sie vielerorts an den massiven Neubesiedlungen geschwächter Fichten beteiligt. Vom Buchdrucker nicht vollständig genutzte Rindenpartien wurden häufig vom Kupferstecher gefüllt.

Lärchenborkenkäfer (*Ips cembrae*) wurden nur noch aus wenigen Regionen als stark schädigend gemeldet. Meist war der diesjährige Befall kleinräumig. Die Qualität der diesjährigen Bruten zeigte häufig stark gestörte Entwicklungen, so dass ab Sommer zumeist nur noch verhältnismäßig geringer Neubefall festgestellt wurde.



Borkenkäferschäden in den Trägerländern der NW-FVA 2020
Quelle: Waldschutzmeldeportal der NW-FVA (WSMP)

Insekten und Pilze

Eichenfraßgesellschaft

Die Ergebnisse der Überwachung der Populationsdichten des **Kleinen Frostspanners** (*Operophtera brumata* L.) und **Großen Frostspanners** (*Erannis defoliaria* Cl.) mit Hilfe von Leimringen im Herbst/Winter 2019 wiesen auf den meisten Flächen auf eine Retrogradation bzw. rückläufige Populationsdichten hin.

Das Monitoring des **Eichenprozessionsspinners** (*Thaumetopoea processionea* L.; EPS) ergab in den Beständen mit stärkerem vorjährigem Befall eine geringe Schlupfrate des EPS. In diesen Eichenbeständen kam es im Jahr 2020 nicht erneut zu starkem Fraß bzw. Kahlfraß.

Auf insgesamt 2.762 Hektar erfolgte eine Fraßbonitur. Vom Niedersächsischen Forstamt Neuenburg wurde auf 79 Hektar starker Fraß bis Kahlfraß durch die Eichenfraßgesellschaft gemeldet. Auf rund 500 Hektar wurde mittlerer Fraß festgestellt und knapp 2.200 Hektar waren gering oder unbefressen.

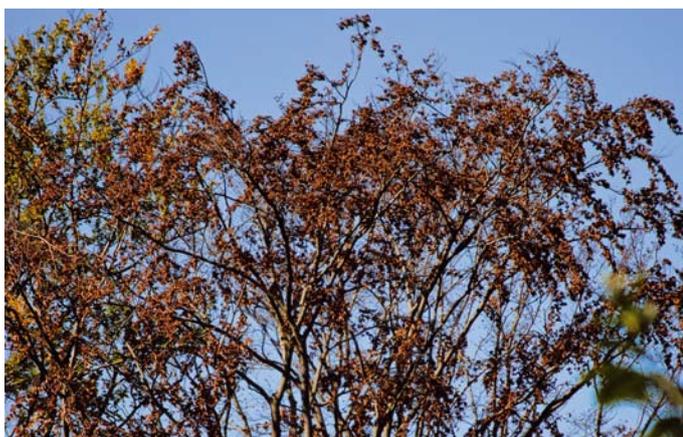
Darüber hinaus wurden auf weiteren 217 Hektar Schäden durch die Eichenfraßgesellschaft inklusive des EPS und des Schwammspinners gemeldet. Mit 165 Hektar wurde ein Großteil dieser Schäden durch den Fraß des Frostspanners verursacht.

Sonstige Schäden durch Schmetterlinge

Aus den Niedersächsischen Forstämtern Ankum, Unterlüß und Wolfenbüttel wurden auf insgesamt ca. 24 Hektar Schäden durch die Lärchenminiermotte gemeldet (Stand: 15.09.2020).

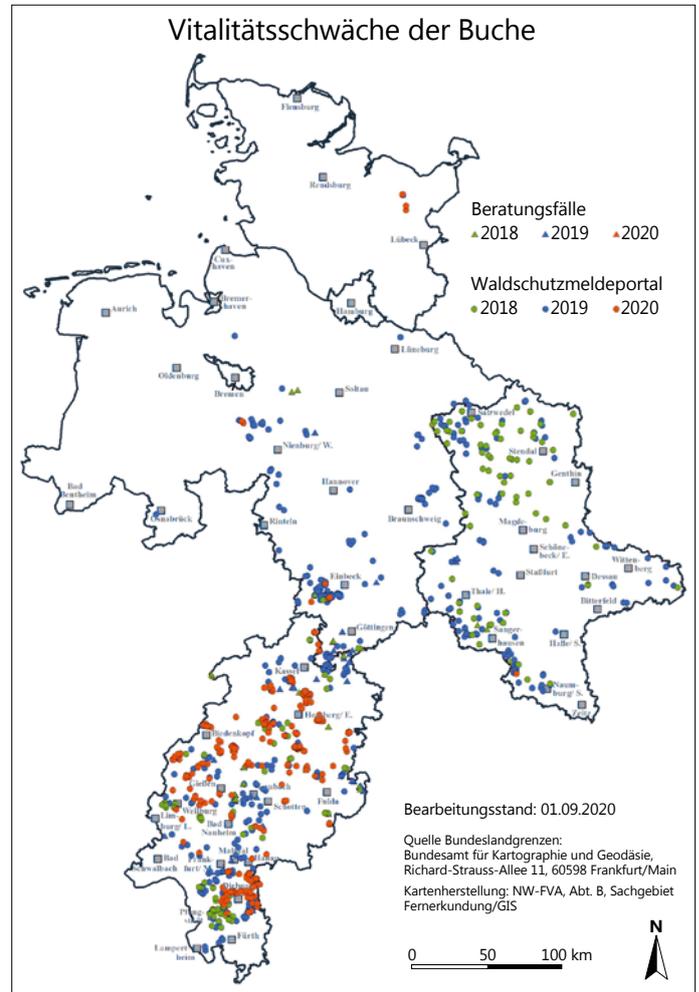
Komplexe Schäden an Rotbuche

Seit den beiden Vorjahren werden mit zunehmender Tendenz bestandesbedrohende Absterbeerscheinungen infolge der Hitze- und Trockenheit bei Rotbuchen in Niedersachsen, Hessen, Sachsen-Anhalt und erstmalig auch in geringem Umfang in Schleswig-Holstein (Abb. rechts) beobachtet, die sich dem Schadbild der so genannten **Buchen-Vitalitätsschwäche** zuordnen lassen. Wesentliche Ursachen sind die erneute starke Trockenheit sowie die hohe Dauer und Intensität der Sonneneinstrahlung. In der Folge führen verschiedene pilzliche Schwächepathogene schnell zum Absterben der Buchen mittlerweile auf einer breiten Standortspalette. An den zunehmend umfangreicheren Schadensverläufen der letzten zwei Jahre in Buchenbeständen waren **Buchenborkenkäfer** und **Buchenprachtkäfer** auffällig beteiligt. Sie



Buche mit vorzeitig verbräunten und vertrockneten Blättern
Foto: NW-FVA, Abteilung Waldschutz

werden jedoch nicht als Auslöser der Absterbeerscheinungen betrachtet, sondern treten nach Trockenheit oder Pilzkrankungen als sekundäre Schädlinge auf. Die Befürchtung, dass diese beiden Arten aufgrund der Prädisposition gestresster Buchen und durch die guten Vermehrungsmöglichkeiten Populationsdichten aufbauen können, die im weiteren Verlauf primär Schaden verursachen, konnte bisher aufgrund fehlender Beispiele nicht bestätigt werden.



Aktuelle Schadensmeldungen zur Rotbuche

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

Eschentriebsterben (ETS)

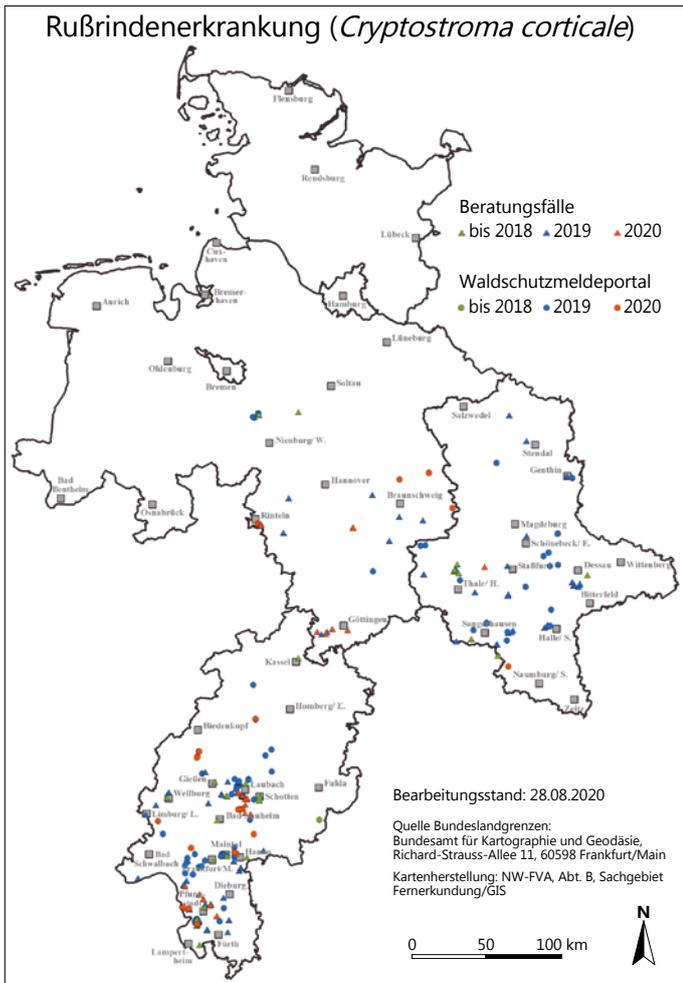
Das Eschentriebsterben (Erreger: *Hymenoscyphus fraxineus*) wird in Europa weiterhin auf großer Fläche beobachtet. *H. fraxineus* ist ein aggressives und höchst erfolgreiches, invasives Pathogen, das sich nach seiner Einschleppung in Mitteleuropa schnell verbreitete und schwerwiegende Folgen für die heimischen Eschen-Populationen hervorgerufen hat. Es führt auch im Zuständigkeitsbereich der NW-FVA örtlich zur Auflösung von Bestandesteilen und zum Absterben von Eschen. Im Jahr 2020 ist ein vom Waldklimafonds gefördertes Verbundprojekt zum „Erhalt der Gemeinen Esche (FraxForFuture)“ angelaufen.

Rußbrindenerkrankung des Ahorns

Als Folge der trockenen Sommer seit dem Jahr 2018 kam es in den Trägerländern der NW-FVA mit Ausnahme von Schleswig-Holstein vermehrt zum Auftreten der Rußbrinden-

Insekten und Pilze

krankheit des Ahorns (Abb. unten). Die Rußrindenerkrankung wird durch den ursprünglich in Nordamerika beheimateten, invasiven Schlauchpilz *Cryptostroma corticale* ausgelöst. Die Ausbreitung des Pilzes erfolgt luftgebunden über Sporen (Konidien). Die Rußrindenerkrankung tritt in Deutschland in erster Linie beim Bergahorn (*Acer pseudoplatanus*), seltener bei Spitz- (*A. platanoides*) und Feldahorn (*A. campestre*) auf. Neben *C. corticale* führten jedoch auch andere pilzliche Schaderreger zu Absterbeerscheinungen bei Ahorn, z. B. *Stegosporium pyriforme*. *S. pyriforme* ist ebenso wie *C. corticale* ein Schwächepathogen, das von der trocken-warmen Witterung begünstigt war, und die Bäume schädigt.



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

Diplodia-Triebsterben der Kiefer

Der Wärme liebende Pilz *Sphaeropsis sapinea* (Synonym: *Diplodia sapinea*) tritt seit mehreren Jahren verstärkt in Kiefernbeständen des Zuständigkeitsgebietes der NW-FVA auf (Abb. rechts). Es ist davon auszugehen, dass dieser Pilz endophytisch in allen Kiefernbeständen des Zuständigkeitsbereichs der NW-FVA vorkommt. Schaden löst er erst aus, wenn er bei vorgeschädigten oder geschwächten Wirtspflanzen in seine parasitische Phase übergeht und das *Diplodia*-Triebsterben verursacht.

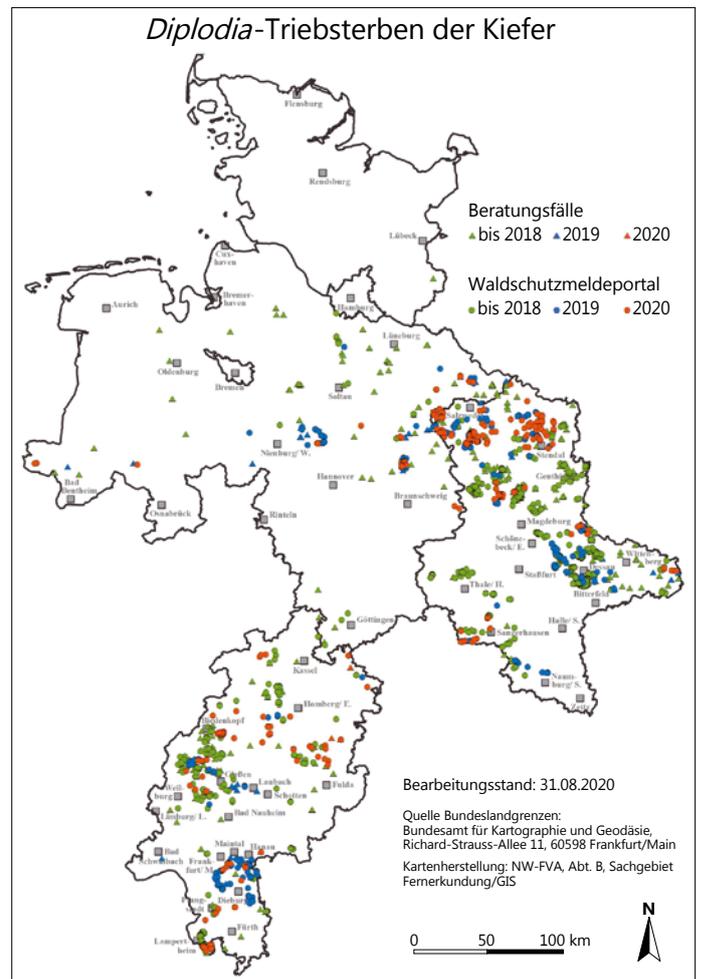
Auslösende Faktoren können nach derzeitiger Einschätzung Wasserdefizite durch Trockenheit / Hitze / starke Besonnung oder Verletzungen der Triebe durch Hagelschlag sein. Ein prädisponierender Faktor kann auch Mistelbefall sein, der ebenfalls Trockenstress hervorruft bzw. verstärkt. Tro-

ckenstress kann zudem auf flachgründigen, südexponierten Standorten oder in Kuppenlagen entstehen. Zahlreiche Schadensfälle stehen mit Wurzelfäulen, insbesondere durch den Wurzelschwamm, in Verbindung, der auch als prädisponierender Faktor in Erscheinung tritt. Ferner wird angenommen, dass anhaltende Wärmephasen im Winter im Wechsel mit Kälteperioden zu einer physiologischen Schwächung der Kiefer beitragen. Vermutlich führt eine Kombination mehrerer schwächender Faktoren eher zu Krankheitsfällen als ein einzelner der genannten Faktoren.



Kieferntriebsterben

Foto: NW-FVA, Abteilung Waldschutz



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

Entscheidungshilfen zur klimaangepassten Baumartenwahl

Hermann Spellmann, Johannes Suttmöller, Christian Schulz und Ralf-Volker Nagel

Ausgangssituation

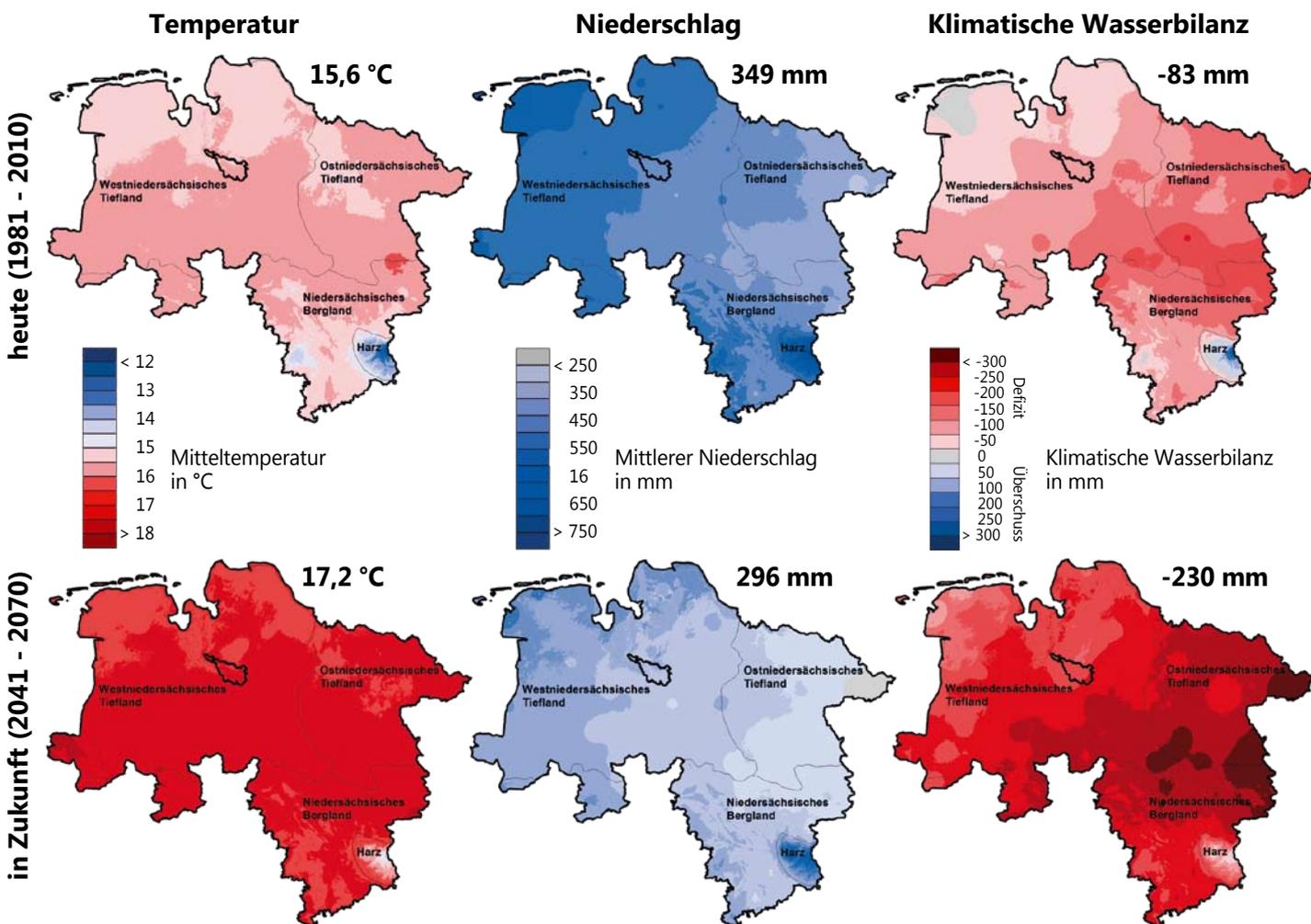
Die Klimaerwärmung ist in Niedersachsen seit Ende des letzten Jahrhunderts durch Messungen eindeutig belegt. Im Vergleich zur Klimanormalperiode 1961 bis 1990 beträgt die mittlere Temperaturerhöhung rund 1,1 K, im Vergleich zur vorindustriellen Zeit (vor 1880) bereits knapp 1,5 K. Von den letzten 20 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 17: Witterung und Klima). Das Jahr 2018 war in Niedersachsen das wärmste seit Beginn der regelmäßigen Beobachtungen, dicht gefolgt von 2019 und 2014. 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 im Jahr 2019 fort. Viele Böden in Niedersachsen waren zu Beginn der Vegetationsperiode 2019 nur unzureichend mit Wasser gefüllt, so dass die Bäume bereits frühzeitig unter Wassermangel litten. Die Folge waren sicht-

bare 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-Klimaszenarien¹ (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 Niedersachsen 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 standortgemäße Baumartenwahl. Diese Merkmale werden im Rahmen der forstlichen Standortkartierungen erfasst. Diese liegt für den Privatwald in Niedersachsen nur unvollständig vor (ca. 250.000 Hektar sind noch nicht kartiert). Als Grundlage für eine beschleunigte Kartierung der noch nicht erfassten Waldflächen und als verbesserte Grundlage für eine klimaangepasste Waldbauplanung bearbeitet die NW-FVA derzeit mit Mitteln des Landes Niedersachsen ein Projekt zur Vorschätzung der forstlichen Standortstypen für nicht kartierte Flächen des niedersächsischen Privatwaldes. Hierbei werden multivariate Verfahren von Köhler et al. (2016) eingesetzt, deren Güte sich durch lokale Kalibrierungen und durch die Verfügbarkeit neuer flächenhafter Informationen (z. B. nutzungsdifferenzierte BK 50) noch verbessern lässt. Angestrebt werden landesweit harmonisierte Standortinformationen.



Ein typischer Waldboden in Niedersachsen: unverlehmter Sand mit Bodenbearbeitung
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 (KW_{Bvz}) 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. Diese Kenngröße lag für größere Gebiete Niedersachsens bislang nur in einer geringen räumlichen Auflösung vor und wurde auf der Datenbasis von ca. 4.000 verorteten Bodenprofilen nach der von Overbeck et al. (2011) entwickelten Methode für die Waldflächen regionalisiert, für die eine forstliche Standortkartierung vorliegt. Im Mittel der kartierten Waldflächen beträgt die nFK 173 mm bis 1 m Bodentiefe, wobei die Bandbreite von knapp 50 mm auf den trockenen und bis zu rund 300 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, sodass 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

Entscheidungshilfen zur klimaangepassten Baumartenwahl

begründet liegen. Eine gewisse Spanne dieser Eigenschaften 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 Standortwasserbilanz 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 Standortwasserbilanz in der Vegetationsperiode (SWB_{VZ}) in weiten Regionen von Niedersachsen positiv. Im Mittel aller Waldflächen beträgt sie +85 mm. Nach dem Regionalmodell STARS II wird sich die SWB_{VZ} für die Waldflächen in Niedersachsen für den Zeitraum von 2041 bis 2070 deutlich auf -66 mm verschlechtern (Abb. unten).

Potenzialabschätzung der Baumarten

Die Grundlage der Klimaanpassungsmaßnahmen für die niedersächsischen 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 29) in Niedersachsen baute auf Zuordnungsregeln für bestimmte Kombinationen der

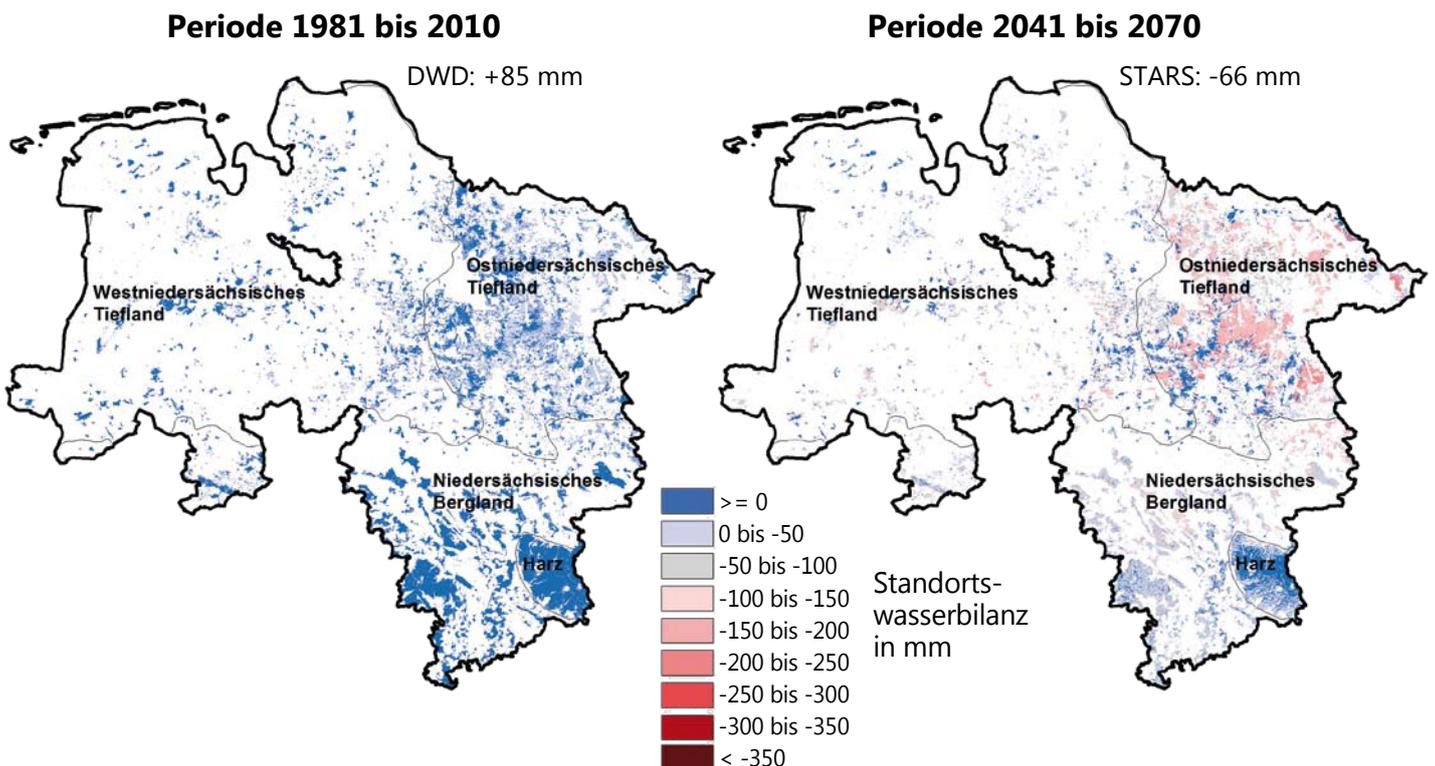
Nährstoff- und Wasserhaushaltsziffern auf. Im Rahmen der klimaangepassten Baumartenwahl wurde der Standortsbezug bei der Baumartenwahl um Standortwasserbilanzstufen erweitert. Diese stellen eine Unterteilung der Standortwasserbilanz in praktikable 50 mm-Stufen dar, die kompatibel zu den Risikoeinstufungen der Baumarten (Tab. unten) sind. Eine Ausnahme bilden die Klassen -51 bis -80 mm und -81 mm bis -100 mm, deren Stufengrenzen sich unmittelbar am Wert der hohen Risikoeinstufung der Fichte orientieren. Die Standortwasserbilanzstufen bilden die Grundlage, anhand derer sich das Trockenstressrisiko der Baumarten

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

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

*benötigen hoch anstehendes Grundwasser

30-jähriges Mittel der Standortwasserbilanz 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)



Entscheidungshilfen zur klimaangepassten Baumartenwahl



Klimaangepasster Mischwald nach Fichtenbestockung

Foto: M. Delpho

ableiten lässt. Das Risiko 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 Niedersachsen 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 26). 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 Ausgangssitu-

ationen 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 Waldentwicklungstypen (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 Niedersachsen 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 ertragreichere Baumarten Planungsfläche zu reservieren.
- Auf Kalkstandorten sind mehrere Baumarten ausgeschlossen, um Rotfäule oder Ernährungsungleichgewichten vorzubeugen.

Entscheidungshilfen zur klimaangepassten Baumartenwahl



Elsbeere

Foto: NW-FVA



Winterlinde

Foto: M. Spielmann



Roteiche

Foto: M. Spielmann



Spitzahorn

Foto: J. Evers



Douglasie

Foto: T. Friedhoff



Kiefer

Foto: J. Evers

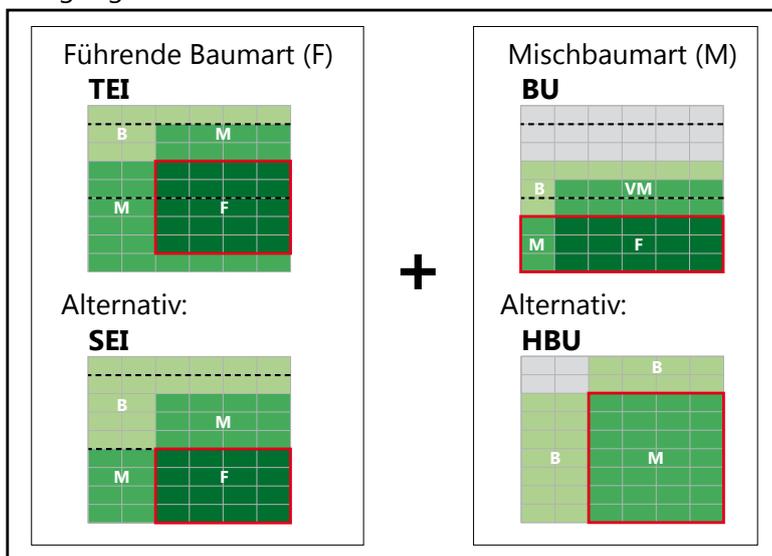
Beispiele für Baumarten mit geringem Trockenstressrisiko

Entscheidungshilfen zur klimaangepassten Baumartenwahl

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

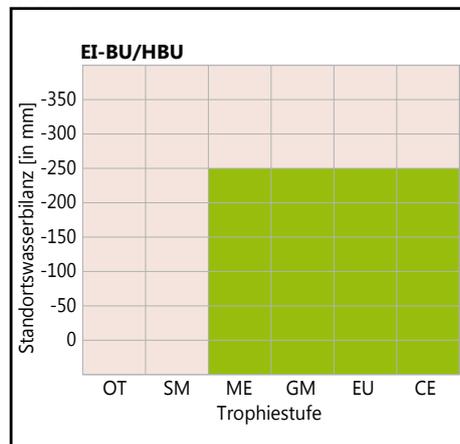
WEZ 10: Eiche – Buche/Hainbuche

Rangfolge der Baumarten



WEZ 10: EI-BU/HBU	
Eiche:	60 - 80 %
Buche/Hainbuche	10 - 20 %
Begleitbaumarten:	bis 10 %

WEZ



Planungsbereiche der Baumarten

----- Grenzen der Risikoklassifizierung des Trockenstresses (Tab. Seite 26)

(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 Zertifizierungsaufgaben 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 Niedersachsen.

Für hydromorphe Standorte (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 Standortkartierung (nass, feucht, wechselfeucht, sickerfeucht und wechsell trocken) 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 Mischbeständen 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 Standortansprüche 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 für die waldbauliche Planung beschreiben Leitbilder des angestrebten Waldaufbaus in der nächsten Waldgeneration, ordnen ihre sukzessionale Stellung ein und benennen Entwicklungsziele hinsichtlich der Schutz- und Erholungsfunktion. Die Ziele der Holzherzeugung sind in Form von angestrebten Zielstärken und Produktionszeiträumen dargelegt. Sowohl für die Entwicklungs- als auch für die Verjüngungsziele werden Baumartenanteile prozentual festgelegt.

Für den Wald der Niedersächsischen Landesforsten (NLF) sind 41 WET beschrieben und planbar. Deren WET-Katalog bildet auch weitgehend die Grundlage für die forstliche Förderung des Privat- und Kommunalwaldes in Niedersachsen. Er wurde im Zuge der klimaangepassten Fortschreibung der Richtlinie zur Baumartenwahl in den niedersächsischen Landesforsten (Böckmann et al. 2019) um einige Waldentwick-

Entscheidungshilfen zur klimaangepassten Baumartenwahl



Aufforstungsfläche nach Sturmwurf und Borkenkäferbefall in Fichtenbeständen
Foto: J. Weymar

lungstypen erweitert. Mit der Einbeziehung der tief wurzelnden, Schatten ertragenden Weißtanne (WET 55) und der gut an Trockenstress angepassten Küstentanne (WET 56) wird die Palette der waldbaulichen Möglichkeiten in wichtigen Standortbereichen vergrößert. Darüber hinaus ermöglicht die künftige Unterscheidung der nach kalamitätsbedingten Freilagen sehr wichtigen Waldentwicklungstypen mit führender Europäischer Lärche (WET 82) bzw. führender Japanlärche (WET 88) die genauere standörtliche Zuordnung der in ihren Standortansprüchen etwas unterschiedlichen Lärchenarten. Neben den Ergänzungen durch die neuen WET wurde außerdem das Anbauspektrum einzelner Baumarten bezüglich der Anforderungen an ihre Nährstoffversorgung erweitert, so dass Eichen-WET künftig auch ohne Grundwasseranschluss bereits ab Nährstoffziffer 3+ geplant werden können und die anspruchsvolleren Nadelbaumarten bis zu einer ziemlich guten Nährstoffversorgung, um auf künftig trockeneren Standorten mehr waldbauliche Optionen zu erhalten.

In der Regel ergeben sich auch unter künftigen Standortbedingungen mehrere Optionen für die Wahl geeigneter WET. Ein nicht unerheblicher Teil der Waldstandorte in Niedersachsen wird sich allerdings bezüglich der Standortwasserbilanz 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. So beträgt in den NLF der Anteil der Waldflächen, bei denen die Schutzgebietsziele den Waldent-

wicklungstyp bestimmen, fast ein Drittel des Landeswaldes. 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.

Die Entscheidungshilfen zur klimaangepassten Baumartenwahl sind für den Landeswald in das forstbetriebliche GIS der NLF integriert. Für den Privat- und Kommunalwald stehen die Informationen für Waldflächen mit Standortkartierung über das Geodatenportal des Landes Niedersachsen mittelbar im Rahmen der Beratung durch die Landwirtschaftskammer Niedersachsen zur Verfügung. Dort, wo keine Standortkartierung vorliegt, wird im Fall von Förderanträgen zur Durchführung von Bestandesbegründungsmaßnahmen anlassbezogen eine Standortkartierung vorgeschaltet und vom Land Niedersachsen finanziert.

Ausblick: Anwendung des Kernensembles für das RCP8.5-Klimaszenario

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 Anwender 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) angepasst (Feigenwinter et al. 2018, Suttmöller 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 Niedersachsen 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.

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 Voraussetzung 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-

Samenplantagen und Mutterquartiere als Beitrag zur Biologischen Vielfalt

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).

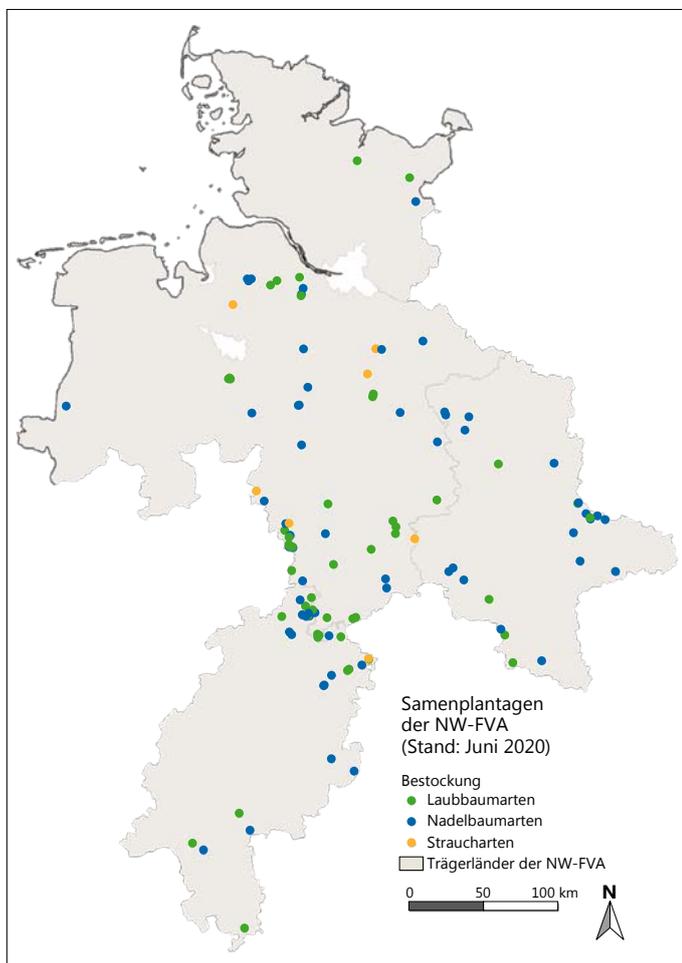
Samenplantagen der NW-FVA

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	Zweigrifflicher Weißdorn
Moorbirke	Robinie	Waldkiefer	Eingrifflicher 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 33. Das Saatgut kommt als höherwertiges Vermehrungsgut auf den Markt und kann sowohl für Naturschutzaufgaben wie auch für forstliche Zwecke verwendet werden.



Pflege einer Kiefern-Samenanlage: 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\(aufgerufen 20.05.2020\)](https://fgrdeu.genres.de/erntehandel/ernteaufkommen(aufgerufen%2020.05.2020))

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

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 Pflöpfung 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 gewonnen 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 Kulturreiben 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.

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 und Mutterquartiere als Beitrag zur Biologischen Vielfalt



Hybridlärchen-Samenplantage Stackelitz (Sachsen-Anhalt), rechts: Zapfen von Hybridlärchen

Fotos: NW-FVA

Mutterquartiere

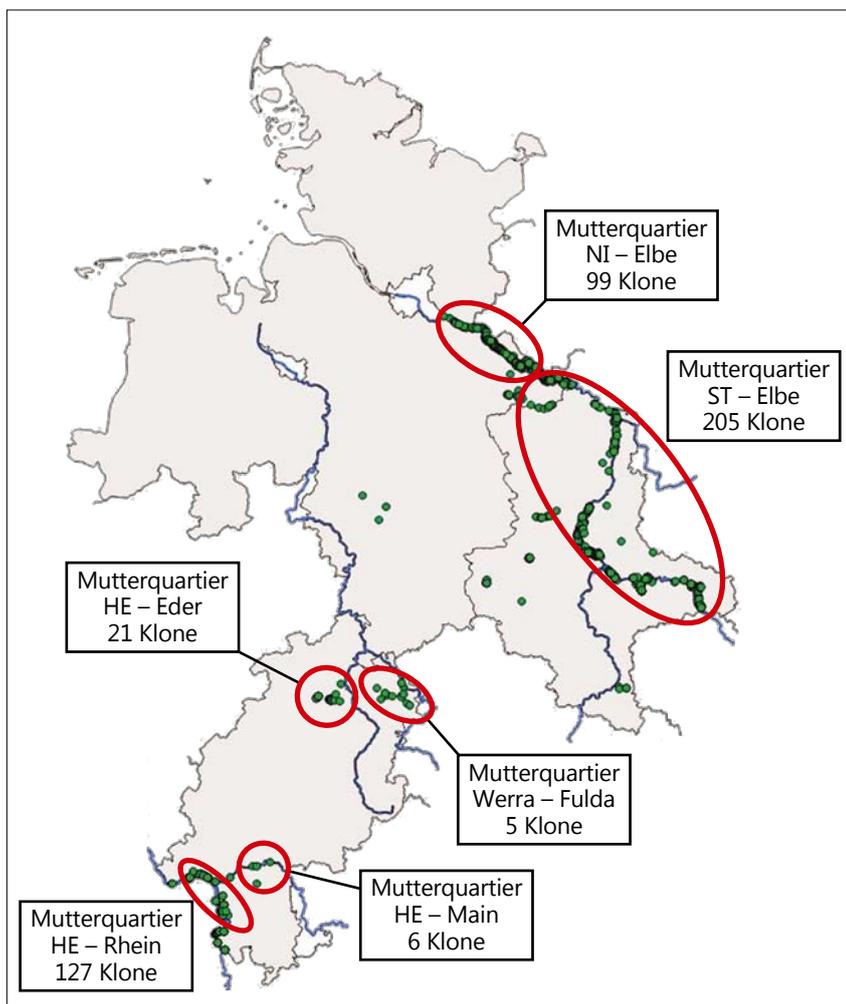
An der NW-FVA werden Mutterquartiere für die Erhaltung und nachhaltige Nutzung von Pappeln und Weiden verwendet.

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

Aufgrund der großen Oberflächen der Kronen ist der atmosphärische Stoffeintrag in Wälder im Vergleich der Landnutzungsformen am höchsten. Diese so genannte Immissionschutzfunktion des Waldes stellt jedoch für das Ökosystem Wald selbst eine Belastung dar, da Schwefel- und Stickstoffverbindungen (Nitrat und Ammonium) das chemische Bodenmilieu durch Versauerung und Eutrophierung verändern.

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

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

Auf der Fichtenfläche im Solling wurde im Juli 2019 massiver Borkenkäferbefall festgestellt. Da ein Teil der Bäume, die über den Depositionssammlern standen, entnommen werden musste, wird der Stoffeintrag auf dieser Fläche für das Jahr 2019 vermutlich unterschätzt.

Die Höhe der Stoffeinträge wird maßgeblich durch verschiedene Faktoren wie Niederschlagsmenge, -intensität und -verteilung, Windgeschwindigkeit, Baumart, Bestandeshöhe, Kronenrauigkeit oder lokale Emittenten bestimmt. So sind die Stoffeinträge im Bergland (Harz und Solling) aufgrund

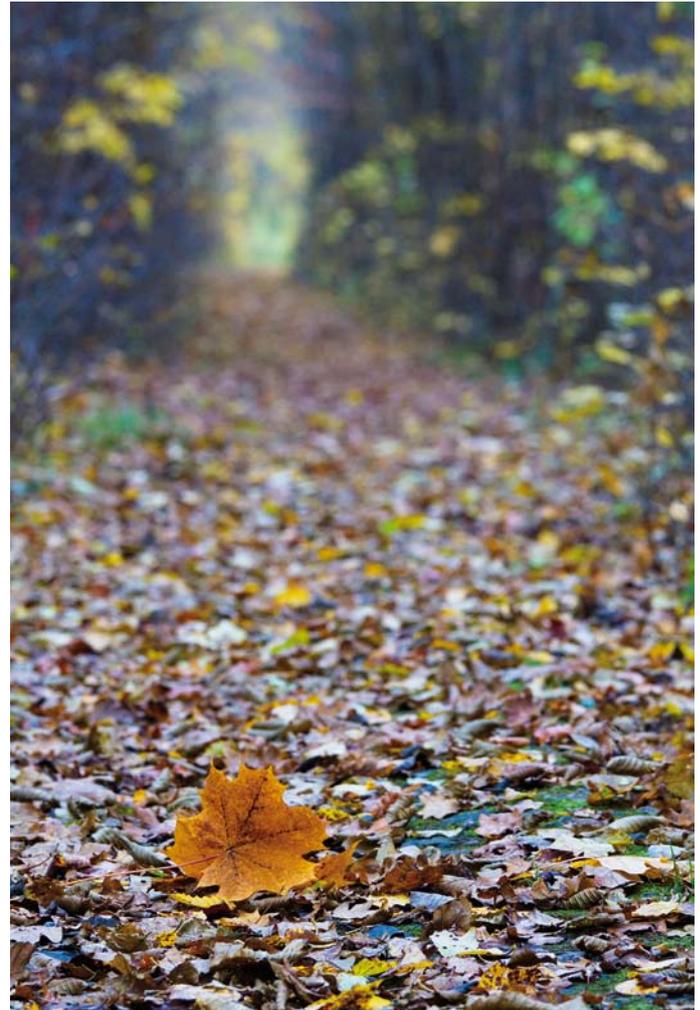


Foto: H. Heinemann

größerer Niederschlagsmengen höher als im niedersächsischen Tiefland. Fichten- und Douglasienbestände sind wegen der ganzjährigen und im Vergleich mit Kiefern dichteren Benadelung stärker durch Stoffeinträge belastet als Buchen-, Eichen- und Kiefernbestände. Dieser Baumarteneffekt zeigt sich sehr gut im Solling, wo eine Fichten- und eine Buchenfläche in unmittelbarer Nachbarschaft und somit unter gleicher Immissionsbelastung und gleichen klimatischen Verhältnissen beobachtet werden.

Niederschlag

In weiten Teilen Niedersachsens war 2019 nach 2018 ein weiteres sehr niederschlagsarmes Jahr. Zwar fielen auf allen sechs Freiflächen des Intensiven Monitorings zwischen 142 mm (Göttinger Wald) und 282 mm (Solling) mehr Niederschlag als 2018, im Vergleich zum 10-jährigen Mittel der Jahre 2009-2018 wurde jedoch auf vier der sechs Flächen zwischen 43 mm (Lange Bramke, Harz) und 80 mm (Lüss) weniger Niederschlag gemessen. In Augustendorf entsprach der Niederschlag dem Mittel und im Solling wurden 95 mm mehr registriert. Der Bestandesniederschlag war zwischen 18 mm (Augustendorf Kiefer) und 73 mm (Göttinger Wald) geringer als im Mittel des genannten Zeitraums. Im Solling übertraf der Bestandesniederschlag das 10-jährige Mittel mit 119 mm (Solling, Buche) bzw. 129 mm (Solling, Fichte) deutlicher als im Freiland, was durch den zum Vergleichszeitraum geringeren Überschirmungsgrad der beiden Bestände bedingt ist.

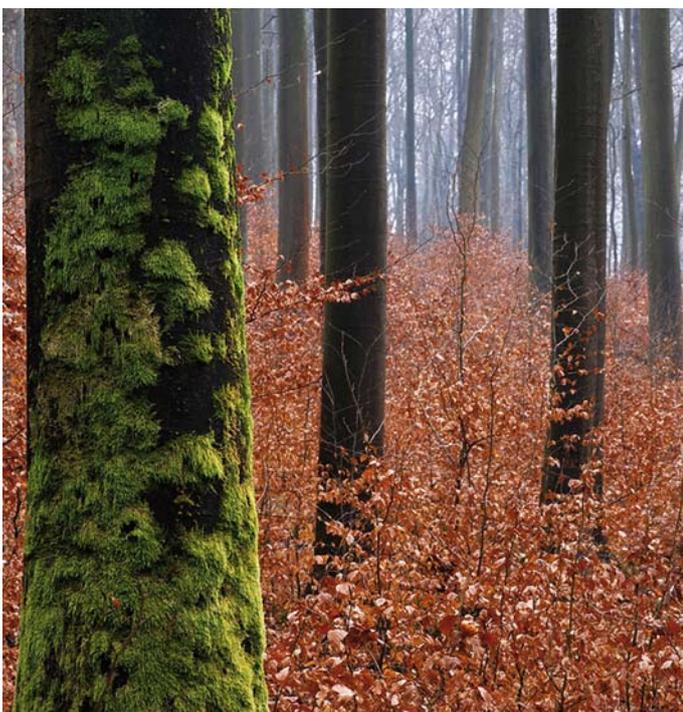


Foto: H. Heinemann



Extraktion von Bodenproben zur Bestimmung der Inhaltsstoffe

Foto: N. König

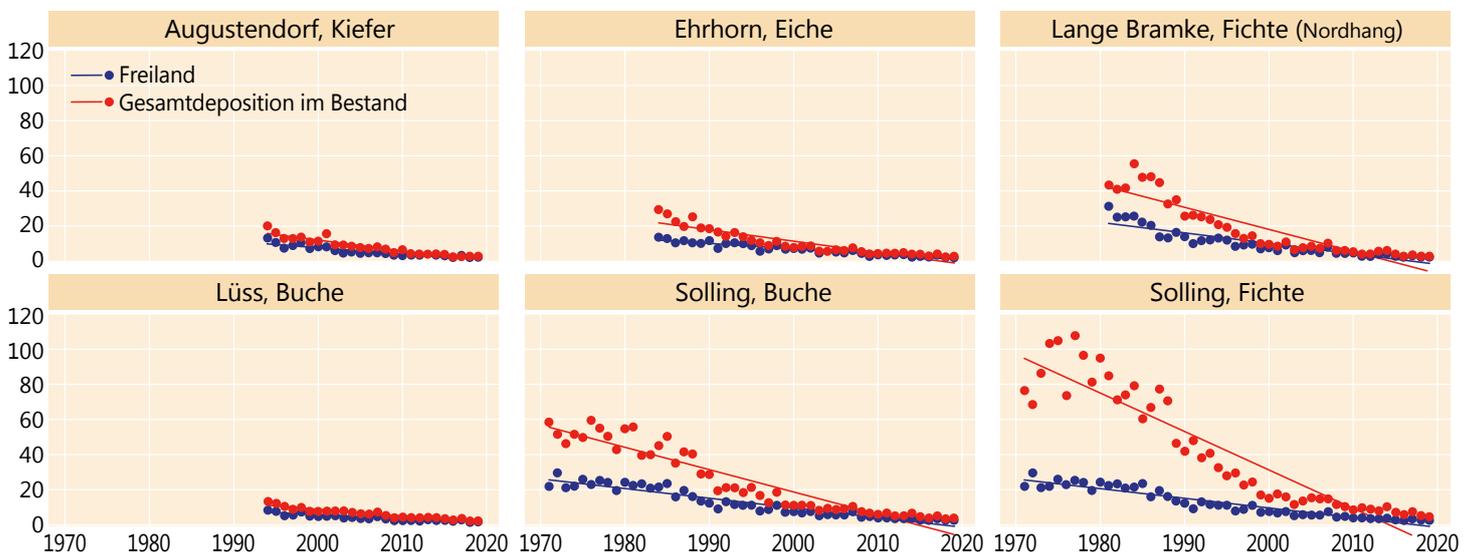
Schwefeleintrag

Durch die konsequente Umsetzung von Maßnahmen zur Luftreinhaltung wie Rauchgasentschwefelung und die Einführung schwefelarmer bzw. schwefeldreier Kraft- und Brennstoffe konnten die Schwefeldioxidemissionen wirksam reduziert werden. Aufgrund der seit Jahren sehr geringen Schwefeldioxidkonzentration der Luft spielt der gasförmige Eintrag nur noch eine untergeordnete Rolle. Der Sulfatschwefeleintrag erfolgt hauptsächlich in gelöster Form mit dem Niederschlag. Er betrug mit dem Bestandesniederschlag je Hektar zwischen 2,3 (Göttinger Wald Buche) und 4,7 kg (Solling Fichte) sowie zwischen 1,7 (Göttinger Wald) und 2,8 kg je Hektar (Solling) im Freiland. Die deutliche Abnahme der Sulfatschwefeleinträge um 0,7 auf 4,7 kg je Hektar im Bestand Solling Fichte trotz höherer Stoffeinträge im Freiland und höherer Bestandesniederschläge ist im geringeren Schlussgrad des Bestandes infolge des Borkenkäferbefalls begründet.

Stickstoffeintrag

Stickstoff wird einerseits in oxidierter Form als Nitrat (Quellen: Kfz-Verkehr, Verbrennungsprozesse), andererseits in reduzierter Form als Ammonium (landwirtschaftliche Quellen) in das Ökosystem eingetragen. In Augustendorf (Weser-Ems-Region) betrug der Ammoniumanteil im 10-jährigen Mittel (2010-2019) 66 % und in Ehrhorn (Hohe Heide) 64 %. Auf den anderen Flächen des Intensiven Monitorings lag er zwischen 46 % (Göttinger Wald Buche) und 58 % (Lüss Buche, Solling Fichte). In dem hohen Ammoniumeintrag in Augustendorf spiegelt sich die intensive Landwirtschaft einschließlich Intensivtierhaltung dieser Region wider. Der Nitratstickstoffeintrag hat im Freiland und der Gesamtd deposition aller vier Baumarten auf allen untersuchten Flächen bei der Betrachtung des Zeitraums seit Untersuchungsbeginn bzw. seit 1994 signifikant abgenommen. Im Gegensatz zum Schwefeleintrag ist er in den vergangenen 10 Jahren (2010-2019) jedoch nur noch auf der Fläche Au-

Sulfatschwefeleintrag (SO₄-S) im Freiland und im Bestand in kg je Hektar und Jahr



Stoffeinträge

Augustendorf Kiefer nennenswert weiter rückläufig. Auf allen anderen Flächen zeigt sich eine tendenzielle Abnahme mit jährlichen Schwankungen auf einem vergleichsweise niedrigen Niveau. 2019 betrug der Nitratstickstoffeintrag im Freiland zwischen 2,8 (Augustendorf, Göttinger Wald, Lüss) und 4 kg je Hektar (Solling) und unter Buche (Gesamtdeposition) zwischen 4,4 (Lüss) und 6,8 kg je Hektar (Solling). Unter Fichte betrug die Gesamtdeposition von Nitratstickstoff im Solling 10 kg je Hektar und zwischen 6,1 und 8 kg je Hektar im Harz.

Der Ammoniumstickstoffeintrag hat auf den niedersächsischen Intensiv-Monitoringflächen seit Untersuchungsbeginn ebenfalls signifikant abgenommen. Im 10-Jahreszeitraum 2010-2019 wurde eine weitere signifikante Abnahme jedoch nur auf einer der neun Bestandesflächen (Lange Bramke Kamm Fichte) und auf einer Freifläche (Solling) beobachtet. Im Freiland lag er 2019 zwischen 3,2 (Göttinger Wald) und 5,3 kg je Hektar (Solling) und unter Buche zwischen 5,4 (Göttinger Wald) und 9 kg je Hektar (Solling). Unter Fichte betrug er je Hektar 13,2 kg im Solling und zwischen 7,1 und 9,3 kg je Hektar im Harz. Auffallend hoch sind nach wie vor die Ammoniumstickstoffeinträge in Augustendorf unter Kiefer mit 10,6 kg je Hektar.



Intensiv-Monitoringfläche Solling Buche

Foto: NW-FVA

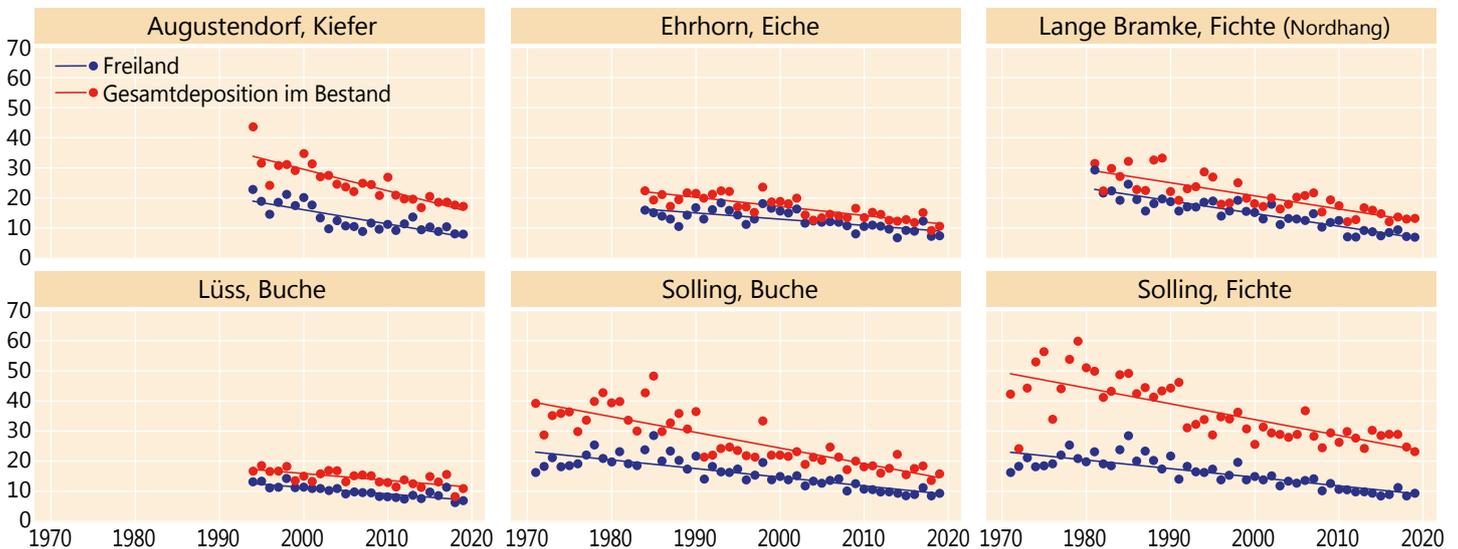
Verschiedene Bemühungen haben in der Vergangenheit zu einer Reduktion der Stickstoffemissionen und hieraus resultierenden rückläufigen Einträgen geführt. Da sich diese Entwicklung in den vergangenen Jahren jedoch nicht im gleichen Maße fortgesetzt hat, überschreitet der anthropogen bedingte atmosphärische Stickstoffeintrag im Mittel der letzten 5 Jahre (2015-2019) mit Werten bis zu 16,2 kg je Hektar unter Buche (Solling) und 26,8 kg je Hektar unter Fichte (Solling) nach wie vor den Bedarf der Wälder für das Baumwachstum. Dieser überschüssige Stickstoff reichert sich zunächst im Ökosystem an. Wird die Speicherkapazität überschritten oder kommt es zu abrupten Störungen im Ökosystem durch Kalamitäten wie Windwurf oder Schädlingsbefall, wird der Stickstoff rasch mineralisiert. Da Nitrat den Austrag basischer Nährstoffkationen fördert, kommt es zu erhöhten Nährstoffverlusten mit dem Sickerwasser aus den ohnehin meist nährstoffarmen Waldböden. Zusätzlich werden angrenzende Ökosysteme wie Oberflächen- und Grundgewässer ggf. durch hohe Nitratausträge gefährdet. Dieser Prozess wurde auf einer Teilfläche der Fläche Solling Fichte Mitte 2019 durch Borkenkäferbefall angestoßen. Die Konsequenzen für das Ökosystem werden sich in den kommenden Jahren an der Entwicklung der Stoffkonzentration im Sickerwasser zeigen.



Erfassung der Niederschlagsmenge

Foto: O. Schwerdtfeger

Stickstoffeintrag (NH₄-N + NO₃-N) im Freiland und im Bestand in kg je Hektar und Jahr



Stoffeinträge

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 zwischen 0,5 (Göttinger Wald) und 0,8 kmol_c, unter Buche zwischen 0,9 (Göttinger Wald) und 1,3 kmol_c je Hektar (Solling) sowie unter Fichte zwischen 1,1 (Lange Bramke Nordhang) und 1,9 kmol_c je Hektar (Solling). Auffallend hoch waren die Gesamtsäureeinträge mit 1,3 kmol_c je Hektar auch auf der Kiefernfläche in Augustendorf, eine Folge der sehr hohen Ammoniumbelastung in dieser Region.

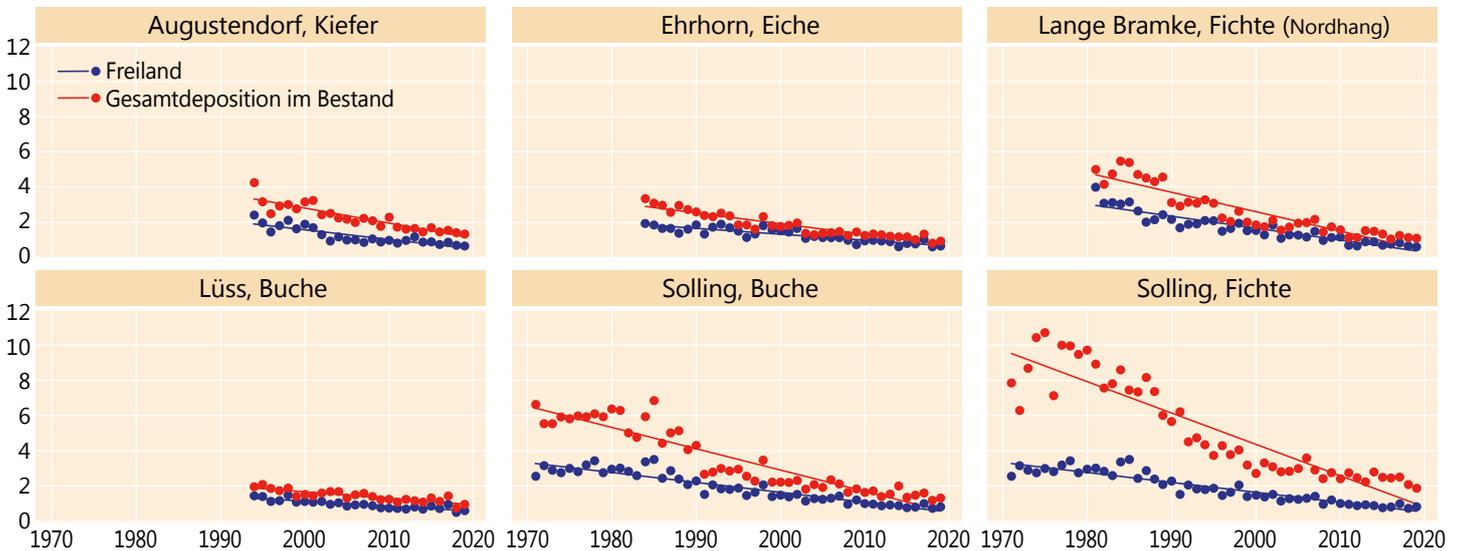
Ein Teil des Säureeintrags wird durch ebenfalls mit dem Niederschlag eingetragene Basen neutralisiert, ein anderer wird im Waldboden durch Basen gepuffert, die durch Verwitterung freigesetzt werden. Der Eintrag basischer Stäube spielt nur in Einzelfällen, z. B. in der Nähe von Steinbrüchen,

eine Rolle. Die nachhaltige Säurepufferkapazität aus Verwitterung reicht auf den oft nährstoffarmen Waldstandorten jedoch auch unter Berücksichtigung der Baseneinträge nicht aus, um die Säureinträge 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.

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



Intensiv-Monitoringfläche Ehrhorn Eiche

Foto: J. Weymar

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, Suttmöller 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
- 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 regional 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, Suttmöller 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
- 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, Fooker 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, Segsneider 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“
- Köhler M, Steinicke C, Evers J, Meesenburg H, Ahrends B (2016): Modellierung von Wasserhaushalts- und Nährstoffstufen im Rahmen der Niedersächsischen forstlichen Standortskartierung. *Waldökologie, Landschaftsforschung u. Naturschutz*, 16, 83-94
- 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
- Overbeck M, Schmidt Mat, Fischer C, Evers J, Schulze A, Hövelmann T, Spellmann H (2011): Ein statistisches Modell zur Regionalisierung der nutzbaren Feldkapazität von Waldstandorten in Niedersachsen. *Forstarchiv*, 82. Jg., 92-100
- 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)
- Suttmöller 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



Impressum:

Ansprechpartner

Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt

Abteilung Umweltkontrolle

Sachgebiet Wald- und Bodenzustand

Grätzelstraße 2, 37079 Göttingen

Tel.: 0551/69401-0

Fax: 0551/69401-160

Zentrale@nw-fva.de

www.nw-fva.de

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

Prof. Dr. Johannes Eichhorn
Abteilungsleiter
Umweltkontrolle



Dr. Uwe Paar
Sachgebietsleiter Wald- und
Bodenzustand, Redaktion



Inge Dammann
Leiterin der Außenaufnahmen,
Auswertung, Redaktion



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

Titelfoto: Spielmann M

Layout: Paar E

Herstellung: Nordwestdeutsche
Forstliche Versuchsanstalt

Druck: Printec Offset Kassel

Dr. Jan Evers
Bodenzustandserhebung



Andreas Schulze
Datenmanagement



Jörg Weymar
Außenaufnahmen und Kontrollen



Michael Spielmann
Außenaufnahmen und Kontrollen



Dr. Bernd Westphal
Außenaufnahmen und Kontrollen



Der Waldzustandsbericht 2020
ist abrufbar unter
www.nw-fva.de und
www.ml.niedersachsen.de >=>
Themenbereich Wald, Holz und Jagd

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