

Waldzustandsbericht 2017



Vorwort



Liebe Leserin, lieber Leser,

auch in diesem Jahr freue ich mich, Ihnen den Waldzustandsbericht für Schleswig-Holstein 2017 vorstellen zu können. Seit unserem Beitritt zur Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt im Jahre 2011 liegen hier nun zum siebten Mal die von den Göttinger Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern erhobenen Daten zum Gesundheitszustand der schleswig-holsteinischen Wälder vor.

Das Klima wird in den nächsten Jahrzehnten eine entscheidende Einflussgröße für das standörtliche Leistungsvermögen und das Risiko von biotischen Schädigungen unserer Wälder werden. Der Wald steht seit Generationen als Inbegriff für ursprüngliche Natur und als Lebensraum für zahlreiche Tier- und Pflanzenarten. Er wirkt regulierend auf das Klima, Wasser und Boden, filtert Schadstoffe aus der Luft, dient als Erholungs- und Lebensraum und steigert unsere Lebensqualität. Der schleswig-holsteinische Wald ist aber auch Rohstofflieferant.

Mit einem Waldflächenanteil von 11 % liegt Schleswig-Holstein deutlich unter dem bundesweiten Durchschnitt von 32 %. Dennoch sind in der lebenden ober- und unterirdischen Baumbiomasse rund 18 Mio. t Kohlenstoff gespeichert. Ein weiterer Speicher ist der Waldboden mit nochmal ca. 32 Mio. t Kohlenstoff. Durch stoffliche und energetische Substitution anderer Materialien bzw. fossiler Brennstoffe durch Holzprodukte aus der Bewirtschaftung schleswig-holsteinischer Wälder ergibt sich bis 2042 ein Substitutionspotential von etwa 32,5 Mio. t Kohlenstoff und dient so als CO₂-Minderungspotential.

Es deutet sich gegenwärtig eine Stabilisierung der Kronenschäden an, aber das Risiko von Witterungsextremen nimmt mit der Klimaerwärmung weiter zu. Die damit verbundenen Risiken für die Forstwirtschaft in Schleswig-Holstein beim Aufbau vitaler, stresstoleranter Wälder stellen eine Herausforderung bei der Baumartenwahl, der Auswahl geeigneter Herkünfte, Prüfung der Standortseignung und Pflege der Waldbestände dar.

Dieser Waldzustandsbericht ist daher ein wichtiger Baustein zum Erhalt der vielfältigen Waldfunktionen und liefert wichtige Informationen über den Zustand unserer Wälder, des Waldbodens sowie zu Stärke, Art und Auswirkung von Witterungs- und Umwelteinflüssen.

Die Landesregierung unterstützt deshalb alle Waldbesitzarten in Schleswig-Holstein intensiv durch ausgebildetes Forstpersonal, durch fachliche Beratung und Fördermaßnahmen.

A handwritten signature in black ink that reads "Robert Habeck".

Dr. Robert Habeck
Minister für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt,
Natur und Digitalisierung des Landes Schleswig-Holstein



Inhaltsverzeichnis

	Seite
Vorwort	2
Inhaltsverzeichnis	3
Hauptergebnisse	4
Inge Dammann und Uwe Paar	
Forstliches Umweltmonitoring	6
Johannes Eichhorn, Uwe Paar, Jan Evers, Andreas Schulze, Henning Meesenburg, Jörg Weymar, Michael Spielmann und Inge Dammann	
WZE-Ergebnisse für alle Baumarten	9
Inge Dammann und Uwe Paar	
Buche	11
Eiche	12
Fichte	13
Kiefer	14
Andere Laub- und Nadelbäume	15
Witterung und Klima	16
Johannes Suttmöller	
Insekten und Pilze	20
Ulrich Bressemer, Michael Habermann, Rainer Hurling, Andreas Rommerskirchen, Gitta Langer und Pavel Plašil	
Standortsinformationen für die Bundeswaldinventur in Schleswig-Holstein	21
Bernd Ahrends, Paul Schmidt-Walter und Henning Meesenburg	
Stoffeinträge	25
Birte Scheler	
Entwicklung der Bodenversauerung auf Intensiv-Monitoringflächen in Nordwestdeutschland	27
Nils König, Heike Fortmann, Henning Meesenburg und Egbert Schönfelder	
Literaturverzeichnis	31
Impressum	32

Foto: J. Weymar



Hauptergebnisse

Waldzustandserhebung

Die Ergebnisse der Waldzustandserhebung in Schleswig-Holstein insgesamt (alle Baumarten, alle Alter) zeigen seit sechs Jahren konstante Verlichtungswerte. Die mittlere Kronenverlichtung beträgt in diesem Jahr 15 %. Das Kronenverlichtungsniveau liegt seit 2012 insgesamt deutlich unter dem Wert des Jahres 2004, in dem der höchste Wert im Beobachtungszeitraum (24 %) erreicht wurde. Bei den älteren Buchen gingen die Verlichtungswerte gegenüber 2016 zurück, bei den anderen Baumarten sind nur geringe Veränderungen aufgetreten. Die Witterungsbedingungen 2017 waren für das Wachstum und die Laubentwicklung der Waldbäume günstig und Schäden durch Insekten und Pilze sind (mit Ausnahme des Eschentriebsterbens) im WZE-Stichprobenkollektiv nur in geringem Umfang aufgetreten. Auch der Anteil starker Schäden blieb stabil (2 %), die Absterberate war 2017 allerdings überdurchschnittlich (0,4 %). Die Baumartenverteilung in der WZE-Stichprobe in Schleswig-Holstein ergibt für die Buche einen Flächenanteil von 24 %, die Fichte ist mit 17 %, die Eiche mit 14 % und die Kiefer mit 6 % an der WZE-Stichprobe vertreten. Die anderen Laub- und Nadelbäume nehmen zusammen einen Anteil von 39 % ein.

Die Ergebnisse der Waldzustandserhebung zeigen einen deutlichen Alterstrend: Die mittlere Kronenverlichtung der über 60jährigen Waldbestände liegt mit 20 % mehr als doppelt so hoch wie die der jüngeren Waldbestände (8 %).

Bei den Laubbaumarten Buche und Eiche haben sich die Kronenverlichtungswerte im Erhebungszeitraum deutlich erhöht. Die Entwicklung der Kronenverlichtung der älteren Buche ist durch starke Schwankungen gekennzeichnet. Höchstwerte der Kronenverlichtung wurden 2000 und 2004 (38 %) ermittelt. Diese Entwicklung ist mit beeinflusst durch die Fruchtbildung der Buche. In diesem Jahr beträgt die mittlere Kronenverlichtung 21 %.

Der Verlauf der mittleren Kronenverlichtung der älteren Eiche (2017: 23 %) wird durch die Populationsdynamik der Eichenfraßgesellschaft mitbestimmt.

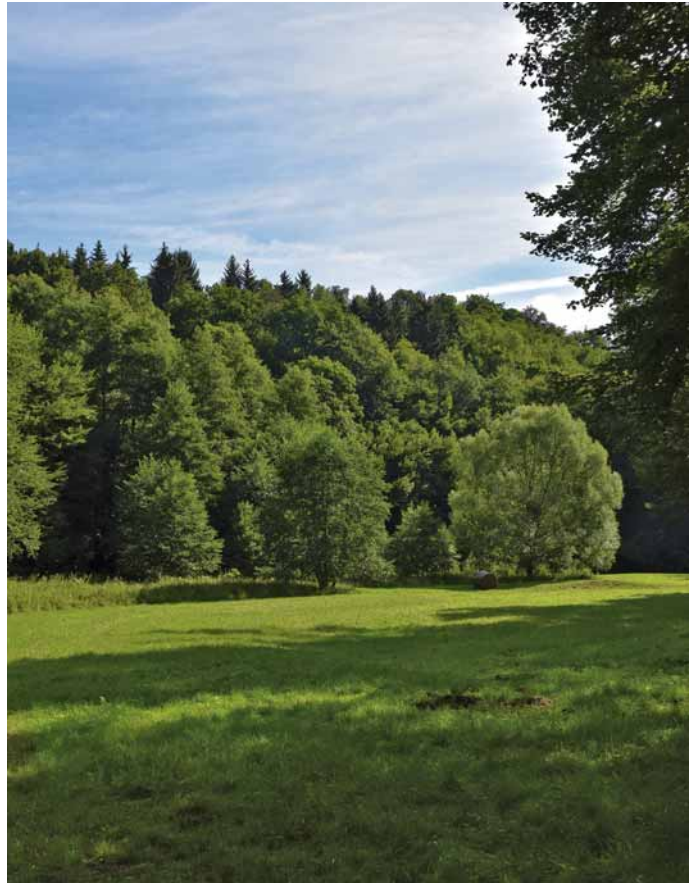


Foto: M. Spielmann

Bei der älteren Fichte wird seit Beginn der Zeitreihe der Waldzustandserhebung ein anhaltend hoher Verlichtungsgrad festgestellt. Der höchste Wert wurde 2006 ermittelt (37 %). Seit 2013 haben die Verlichtungswerte schrittweise abgenommen, mit einer mittleren Kronenverlichtung von 20 % wird in diesem Jahr der niedrigste Wert in der Zeitreihe erreicht.

Die ältere Kiefer zeigt im Beobachtungszeitraum ebenfalls Schwankungen, 2004 war die mittlere Kronenverlichtung am höchsten (27 %). Zurzeit sind die Verlichtungswerte niedriger (2017: 16 %).

Im Jahr 2017 liegt die mittlere Kronenverlichtung der anderen Laub- und Nadelbäume (alle Alter) bei 16 bzw. 9 %.

Witterung und Klima

Das Vegetationsjahr 2016/2017 (Oktober-September) ist das 21. Jahr in Folge, das im Vergleich zur Klimanormalperiode (1961-1990) zu warm ausfiel. Mit einer Mitteltemperatur von 9,3 °C im Flächenmittel des Landes Schleswig-Holstein betrug die Abweichung +1.0 °C. Damit war die positive Temperaturabweichung etwas geringer als in den Vorjahren.

Die Nichtvegetationsperiode 2016/2017 war in weiten Teilen des Landes Schleswig-Holsteins zu trocken. Im Flächenmittel fielen nur rund 85 % des langjährigen Niederschlagsolls. Im Westen des Landes betrug das Niederschlagsdefizit bis zu 25 %. Infolge der hohen Niederschlagssummen in den Sommermonaten konnte das Niederschlagsdefizit aus der Nichtvegetationszeit abgebaut werden, so dass in der Vegetationszeit die Wälder in Schleswig-Holstein nicht unter Wassermangel zu leiden hatten. Das langjährige Jahresniederschlagsoll wurde mit 830 mm leicht übertroffen.



Foto: M. Spielmann

Hauptergebnisse

Insekten und Pilze

Das Eschentriebsterben ist auf großer Fläche präsent, die Erkrankung kommt bei Eschen aller Altersklassen und auf allen Eschen-Standorten vor. Die heimische Esche ist durch die Pilzerkrankung stark gefährdet.

Standortsinformationen für die Bundeswaldinventur in Schleswig-Holstein

Für bundesweit mehr als 24.000 BWI-Punkte des 4 km x 4 km Grundnetzes konnten die Daten der Bundeswaldinventur (BWI) um zeitlich und räumlich hochaufgelöste Klima- und Bodendaten ergänzt werden. Die Ableitung von Leitprofilen mit vollständigen horizontweisen Angaben zu Bodenart, Skelettgehalt und Trockenrohdichte und die Ableitung von Klimadaten in hoher zeitlicher Auflösung erlauben eine präzise Modellierung des Wasserhaushaltes. Diese zeigt, dass in den letzten 50 Jahren das Trockenstressrisiko aufgrund einer veränderten Niederschlagsverteilung leicht zurückgegangen ist. Ein Trend, der sich vermutlich aufgrund des Klimawandels in der Zukunft wieder umkehren wird.

Stoffeinträge

Die Deposition ist in Wäldern für viele Nähr- und Schadstoffe eine bedeutende Eintragsquelle.

Durch vielfältige Maßnahmen zur Luftreinhaltung konnte die ehemals sehr hohe Belastung durch Schwefeleinträge deutlich reduziert werden. 2016 wurde im Buchenbestand Bornhöved mit 4,7 kg je Hektar der geringste Sulfatschwefeleintrag seit 1989 gemessen.



Foto: J. Evers



Foto: J. Evers

Der Eintrag von Nitrat und Ammonium ist auf der Monitoringfläche ebenfalls zurückgegangen. 2016 lag der anorganische Stickstoffeintrag mit der Gesamtdeposition je Hektar bei 18,2 kg. Er übersteigt damit nach wie vor den Bedarf des Waldes für das Baumwachstum deutlich.

Aufgrund des Rückgangs des Schwefeleintrags ist der anorganische Stickstoffeintrag ($\text{NH}_4 + \text{NO}_3$) im Mittel der letzten fünf Jahre für 78 % der Gesamtsäurebelastung verantwortlich.

Entwicklung der Bodenversauerung auf Intensiv-Monitoringflächen in Nordwestdeutschland

Bei 30 von 47 Intensiv-Monitoringflächen in Nordwestdeutschland handelt es sich um basenarme Standorte mit tiefgründiger Versauerung. Anhand der langen Zeitreihen einer Buchen- und einer Fichtenfläche im Solling sowie einiger anderer Flächen lässt sich der Versauerungsprozess im Boden seit den 1960er Jahren nachverfolgen: die Basensättigung geht zurück, die Calciumvorräte nehmen ab und die austauschbaren Aluminiumgehalte steigen an. Dank des starken Rückgangs der Säureeinträge in die Wälder scheint diese Entwicklung seit den 2000er Jahren nicht weiter fortzuschreiten.

Mit Kalkungsmaßnahmen wird der Bodenversauerung entgegengewirkt und damit eine Stabilisierung der bodenchemischen Verhältnisse erreicht. Die Kalkung hebt die Basensättigung, wirkt weiteren Nährstoffverlusten entgegen und führt zu einer Verlagerung von organischem Kohlenstoff aus dem Auflagehumus in den Mineralboden.

Forstliches Umweltmonitoring

Johannes Eichhorn, Uwe Paar, Jan Evers, Andreas Schulze, Jörg Weymar, Henning Meeseburg, Michael Spielmann und Inge Dammann

Aufgaben

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

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

Konzept

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

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

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

An den Level I-Punkten werden folgende Erhebungen durchgeführt:

- Kronen- und Baumzustand, abiotische und biotische Faktoren (auf allen Stichprobenpunkten der Waldzustandserhebung (WZE) und der Bodenzustandserhebung (BZE)).
- Auf den BZE-Punkten werden zusätzlich Baumwachstum, Nadel-/Blatternahrung, Bodenvegetation und der

morphologische, physikalische und chemische Bodenzustand untersucht. Auf dem BZE-Netz erfolgt zusätzlich in einer fünften Traktecke eine Erhebung von Daten entsprechend dem Verfahren der Bundeswaldinventur.

Auf Bodendauerbeobachtungsflächen (BDF) werden langfristig standorts-, belastungs- und nutzungsspezifische Einflüsse auf Waldböden erfasst. BDF dienen als Eichstelle und der Vorsorge für rechtzeitige Maßnahmen zum Schutz von Böden in ihrer Substanz und ihren Funktionen. Das BDF-Programm umfasst für forstlich genutzte Flächen folgende Erhebungen (Höper und Meeseburg 2012):

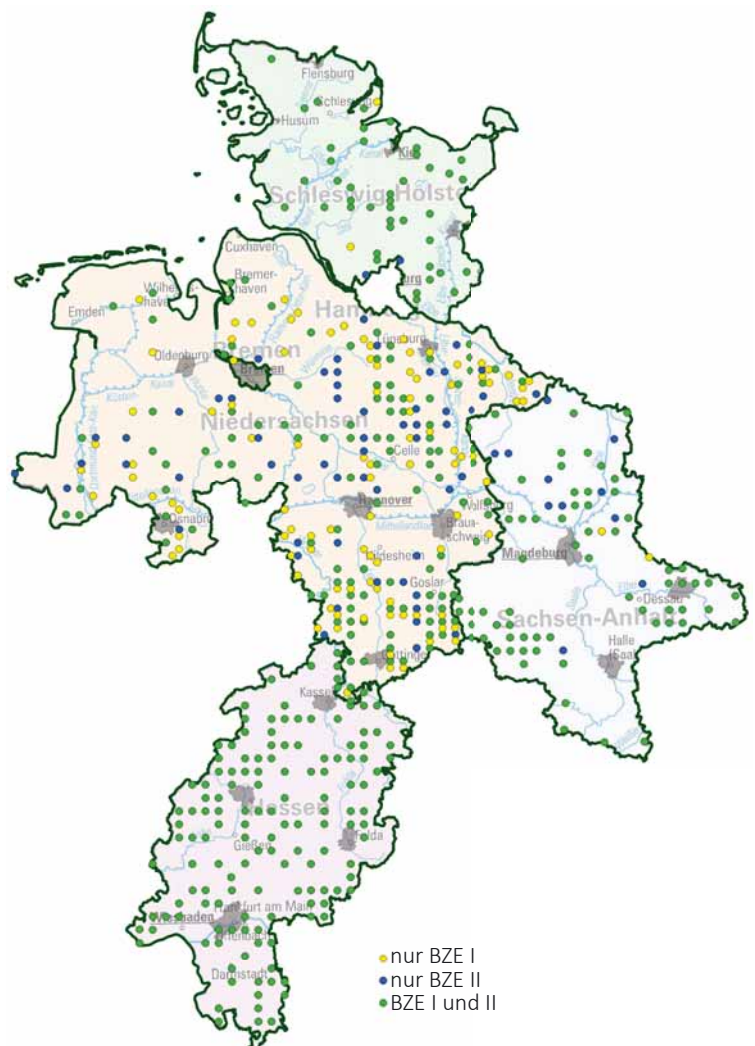
- Chemischer und physikalischer Bodenzustand, Nadel-/Blatternahrung, Baumwachstum, Bodenvegetation, Kronen- und Baumzustand, abiotische und biotische Faktoren.

Auf Intensiv-BDF werden zusätzlich Erhebungen zum Wasser- und Stoffhaushalt von Waldböden durchgeführt:

- Deposition, Bodenlösung, Streufall, Meteorologie und Bodenhydrologie.

Auf den Flächen der Waldökosystemstudie Hessen werden auf repräsentativen Standorten Waldökosystemzustände und -prozesse beobachtet, um Veränderungen von Waldfunktionen durch Umwelteinflüsse festzustellen. Die Erhebungen auf WÖSSH-Flächen beinhalten folgende Indikatoren:

Übersichtserhebung (Level I - BZE)



Forstliches Umweltmonitoring

- Deposition, Bodenlösung, Nadel-/Blatternahrung, Baumwachstum, Kronen- und Baumzustand, abiotische und biotische Faktoren, chemischer und physikalischer Bodenzustand sowie Bodenvegetation.

Das Monitoring auf Level II-Flächen (Standard) umfasst nach der Modifizierung im Rahmen der ICP Forests Manualrevision 2010 folgende Erhebungen:

- Kronen- und Baumzustand, abiotische und biotische Faktoren, Baumwachstum, Nadel-/Blatternahrung, Bodenvegetation, Deposition, Bodenzustand.

Level II Core-Flächen sind eine Unterstichprobe der Level II-Flächen. Sie haben die Zielsetzung einer möglichst umfassenden Beobachtung. Neben den Erhebungen auf Level II-Standardflächen sind hier folgende Erhebungen verpflichtend durchzuführen (ICP Forests 2010):

- Streufall, Baumphänologie, Baumwachstum (intensiviert), Bodenlösung, Bodenfeuchte, Luftqualität, Meteorologie.

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

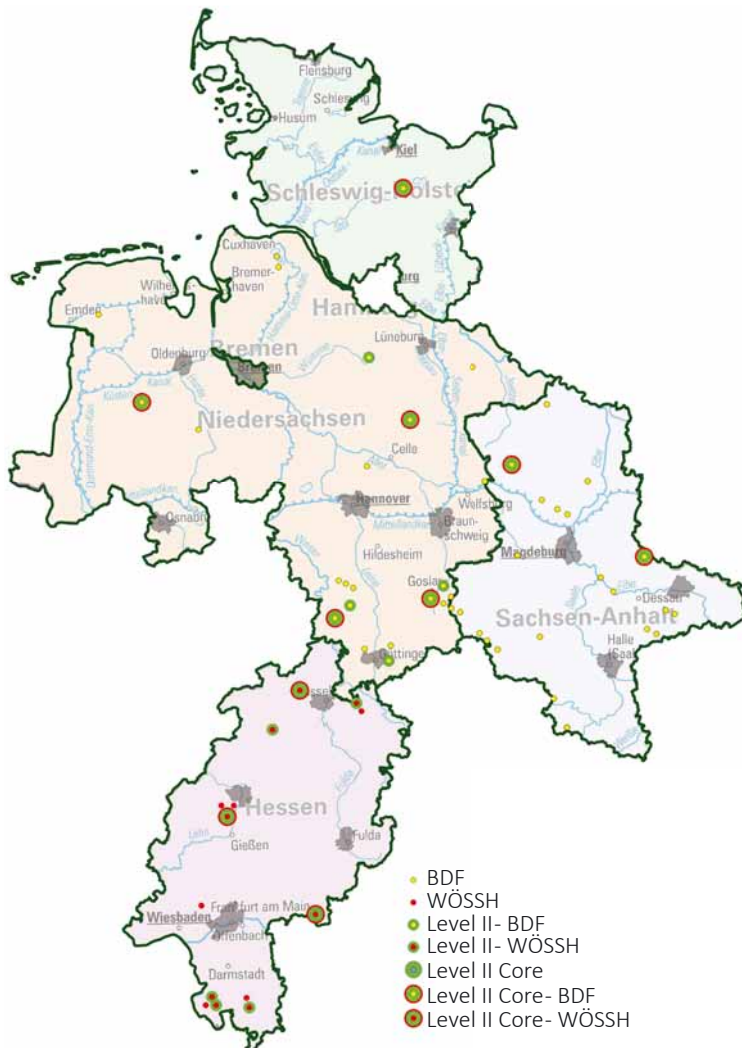
sind danach verbindlich vorgeschrieben. Sie bestätigen die Qualität und die Nutzbarkeit der Ergebnisse.

Das Untersuchungsdesign der Forstlichen Umweltkontrolle für die Bereiche Level I, Intensives Forstliches Umweltmonitoring und Experimentalflächen für die Länder Hessen, Niedersachsen, Bremen, Sachsen-Anhalt und Schleswig-Holstein zeigen die Abbildungen unten.

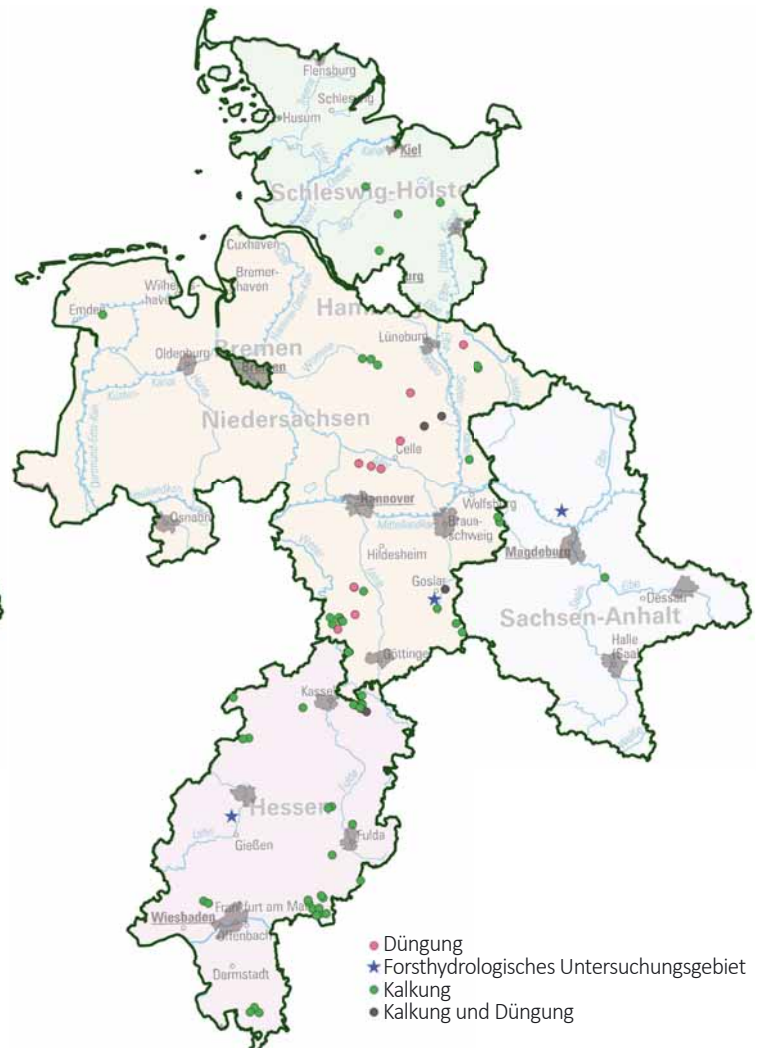


Foto: J. Evers

Intensives Monitoring



Experimentalflächen



Forstliches Umweltmonitoring

Waldzustandserhebung – Methodik und Durchführung

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

Aufnahmeumfang

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

Im Vorfeld der Erhebung 2013 wurde ein landesweit einheitliches Erhebungsraster (4 km x 2 km) mit jetzt 129 Stichprobenpunkten eingerichtet. 2017 konnten 127 Erhebungspunkte in die Inventur einbezogen werden. Dieser Aufnahmeumfang ermöglicht repräsentative Aussagen zum Waldzustand auf Landesebene sowie Zeitreihen für die Baumarten Buche, Eiche, Fichte und Kiefer.

Für den Parameter mittlere Kronenverlichtung zeigt die Tabelle unten die 95 %-Konfidenzintervalle (Vertrauensbereiche) für die Baumarten und Altersgruppen der WZE-Stichprobe 2017. Je weiter der Vertrauensbereich, desto unschärfer sind die Aussagen. Die Weite des Vertrauensbereiches wird im Wesentlichen beeinflusst durch die Anzahl der Stichprobenpunkte in der jeweiligen Auswerteeinheit und die Streuung der Kronenverlichtungswerte. Für relativ homogene Auswerteeinheiten (z. B. Eiche bis 60 Jahre) mit relativ gering streuenden Kronenverlichtungen sind enge Konfidenzintervalle auch bei einer geringen Stichprobenanzahl sehr viel leichter zu erzielen

95 %-Konfidenzintervalle für die Kronenverlichtung der Baumartengruppen und Altersstufen der Waldzustandserhebung 2017 in Schleswig-Holstein. Das 95 %-Konfidenzintervall (= Vertrauensbereich) gibt den Bereich an, in dem der wahre Mittelwert mit einer Wahrscheinlichkeit von 95 % liegt.

Baumarten- gruppe	Altersgruppe	Anzahl Bäume	Anzahl Plots	Raster	95%-Konfidenz- intervall (+-)
Buche	alle Alter	749	70	4x2 km	3,4
	bis 60 Jahre	201	24	4x2 km	1,5
	über 60 Jahre	548	49	4x2 km	3,3
Eiche	alle Alter	428	62	4x2 km	3,8
	bis 60 Jahre	124	21	4x2 km	1,8
	über 60 Jahre	304	48	4x2 km	3,1
Fichte	alle Alter	520	55	4x2 km	3,0
	bis 60 Jahre	199	20	4x2 km	3,6
	über 60 Jahre	321	37	4x2 km	3,7
Kiefer	alle Alter	171	22	4x2 km	3,3
	bis 60 Jahre	26	5	4x2 km	8,6
	über 60 Jahre	145	17	4x2 km	3,7
andere Laub- bäume	alle Alter	724	78	4x2 km	3,5
	bis 60 Jahre	446	41	4x2 km	2,5
	über 60 Jahre	278	45	4x2 km	6,6
andere Nadelbäume	alle Alter	456	49	4x2 km	2,3
	bis 60 Jahre	213	22	4x2 km	2,1
	über 60 Jahre	243	28	4x2 km	3,5
alle Baumarten	alle Alter	3048	127	4x2 km	1,6
	bis 60 Jahre	1209	60	4x2 km	1,5
	über 60 Jahre	1839	88	4x2 km	2,0



Schulung der WZE-Aufnahmeteams Foto: M. Spielmann

als für heterogene Auswerteeinheiten (z. B. Eiche, alle Alter), die sowohl in der Altersstruktur als auch in den Kronenverlichtungswerten ein breites Spektrum umfassen. Mit dem 4 km x 2 km-Raster werden – mit Abstrichen bei der Kiefer (bis 60 Jahre) und den anderen Laubbäumen (über 60 Jahre) – für die Baumartengruppen belastbare Ergebnisse für die Kronenverlichtungswerte erzielt.

Aufnahmeparameter

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

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

Starke Schäden

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

WZE-Ergebnisse für alle Baumarten

Inge Dammann und Uwe Paar

Mittlere Kronenverlichtung

Die Waldzustandserhebung 2017 weist eine mittlere Kronenverlichtung für die Waldbäume in Schleswig-Holstein (alle Baumarten, alle Alter) von 15 % auf. Seit 2012 sind die Verlichtungswerte stabil.

Nachdem in den ersten drei Erhebungsjahren (1984-1986) relativ geringe Verlichtungswerte (11 %) ermittelt wurden, stiegen in den Folgejahren die Verlichtungswerte an, am höchsten waren sie 2004 (24 %). Die Zunahme der Kronenverlichtung im Jahr 2004 ist bei allen Baumartengruppen aufgetreten. Buche, Eiche, Kiefer und die anderen Laubbäume hatten im Anschluss an das Extremjahr 2003 die höchsten Verlichtungswerte in der Zeitreihe. Inzwischen sind die Verlichtungswerte für alle Baumartengruppen wieder zurückgegangen, am wenigsten jedoch bei der Eiche.

Einen bedeutsamen Einfluss auf das Gesamtergebnis hat die Altersstruktur der Waldbestände, denn in den jüngeren bis 60jährigen Beständen sind Schadsymptome sehr viel weniger verbreitet als in den älteren über 60jährigen Waldbeständen. Die mittlere Kronenverlichtung der über 60jährigen Waldbestände liegt mit 20 % mehr als doppelt so hoch wie die der jüngeren Waldbestände (8 %). Im WZE-Kollektiv sind 60 % der Stichprobenbäume älter als 60 Jahre.

Mittlere Kronenverlichtung in %

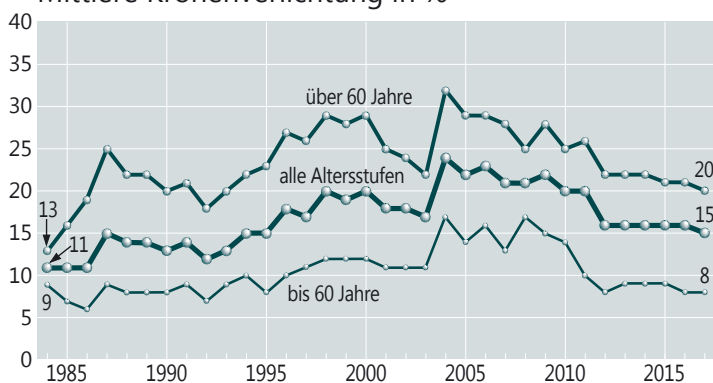


Foto: M. Spielmann

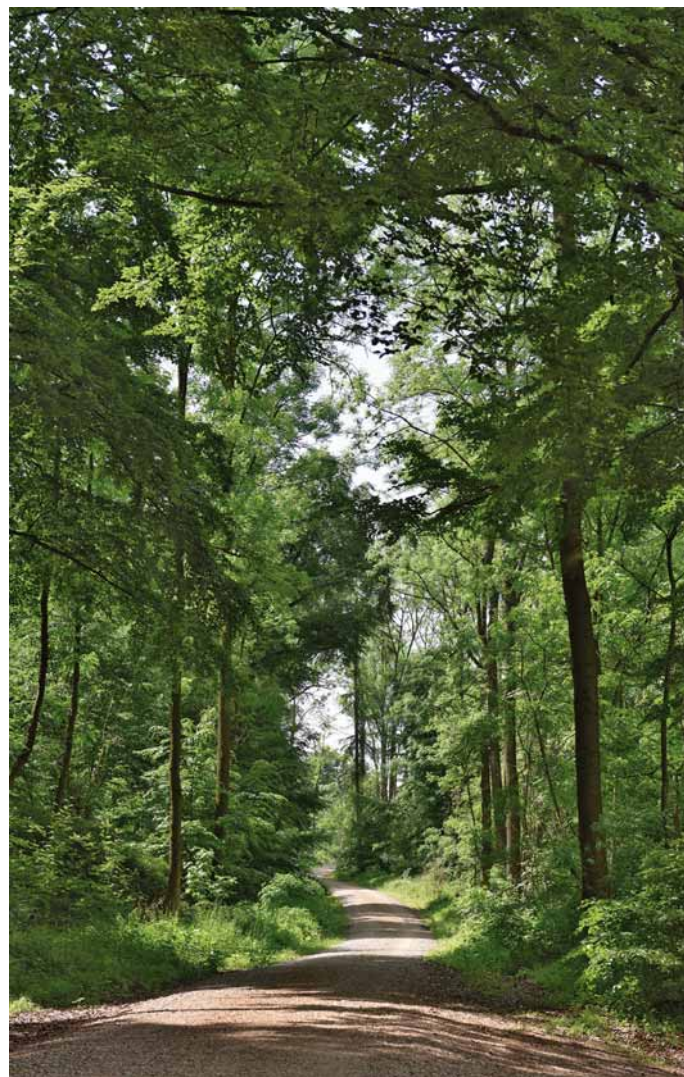


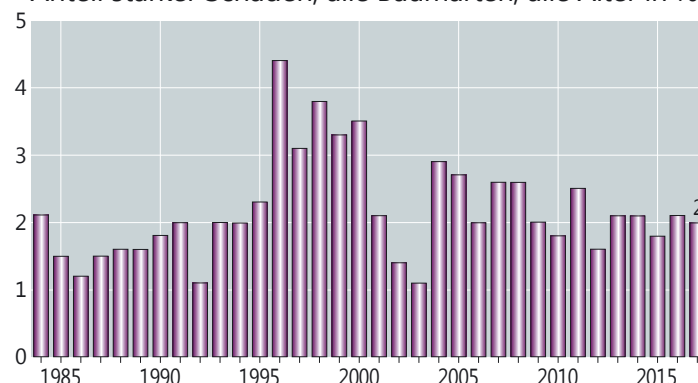
Foto: J. Evers

Anteil starker Schäden

Für den Erhebungszeitraum liegt der durchschnittliche Anteil an starken Schäden bei 2,2 %. Im Jahr 2017 wurden 2 % der Waldfläche als stark geschädigt eingestuft. Die Spanne reicht von 0,7 % (andere Nadelbäume) bis 5,7 % (andere Laubbäume). Am niedrigsten war der Anteil stark verlichteter Bäume in den Jahren 1992 und 2003 (1,1 %), am höchsten im Jahr 1996 mit 4,4 %.

Für die ältere Fichte, Buche und Eiche wurden im Beobachtungszeitraum zeitweise hohe Anteile an starken Schäden (bei der älteren Buche bis 16 % im Jahr 1996) registriert, für die ältere Kiefer sind durchgehend niedrige Werte (bis 2 %) ermittelt worden.

Anteil starker Schäden, alle Baumarten, alle Alter in %



WZE-Ergebnisse für alle Baumarten

Absterberate

Im Mittel der Beobachtungsjahre 1984-2017 ergibt sich mit 0,2 % eine sehr geringe Absterberate. Dieser Durchschnittswert (alle Baumarten, alle Alter) wurde 2017 überschritten (0,4 %). Bei der diesjährigen Waldzustandserhebung waren die Absterberaten bei der Eiche, Kiefer und insbesondere bei den anderen Laubbäumen überdurchschnittlich hoch.

Jährliche Absterberate,
alle Baumarten, alle Alter in %

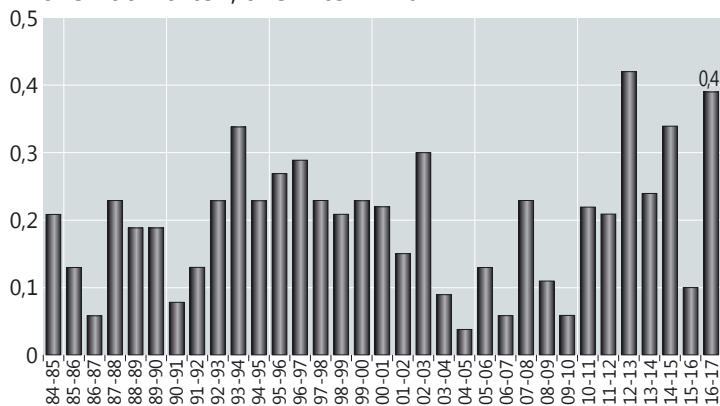


Foto: T. Ullrich

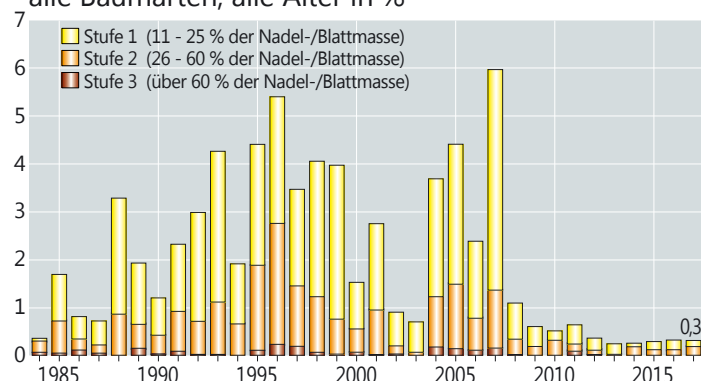


Foto: M. Spielmann

Vergilbungen

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

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



Buche

Ältere Buche

Die mittlere Kronenverlichtung der älteren Buchen beträgt in diesem Jahr 21 %. Über den Gesamtzeitraum der WZE betrachtet, ist dies ein günstiger Wert.

In den ersten beiden Erhebungsjahren war die Belaubungsdichte der Buchen vergleichsweise günstig, in den Folgejahren stiegen die Kronenverlichtungswerte sprunghaft an. Seit 1987 liegen die Verlichtungswerte der älteren Buchen relativ hoch und erhebliche Schwankungen von Jahr zu Jahr sind typisch für die Zeitreihe. Eine Ursache für die zunehmende Variabilität der Verlichtungswerte ist die Intensität der Fruchtbildung. Höchstwerte der Kronenverlichtung traten in den Jahren 2000 und 2004 auf.

Jüngere Buche

Bei der Buche sind die Unterschiede in der Belaubungsdichte zwischen jüngeren und älteren Beständen besonders stark ausgeprägt. Die jüngeren Buchen weisen ein geringes Kronenverlichtungsniveau auf. Im Jahr 2017 beträgt die mittlere Kronenverlichtung 3 %. Da die Blühreife der Buche erst in einem Alter von 40 bis 60 Jahren einsetzt, wird die Kronenentwicklung der jüngeren Buchen kaum durch die Fruchtbildung beeinflusst.

Starke Schäden

Wie beim Verlauf der mittleren Kronenverlichtung der Buche, treten auch beim Anteil starker Schäden bei der älteren Buchen im Beobachtungszeitraum erhebliche Schwankungen (zwischen 0,3 und 16,4 %) auf. 2017 ist der Anteil stark geschädigter älterer Buchen mit 1,3 % sehr viel niedriger als der Mittelwert der Zeitreihe (3,9 %).

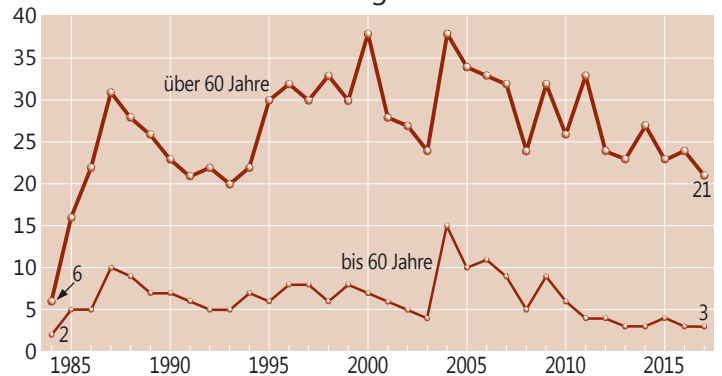
Absterberate

Obwohl die Anteile starker Schäden bei den älteren Buchen in einzelnen Jahren angestiegen waren, führte dies nicht zu einer Steigerung der Absterberate. Im Vergleich zu den an-

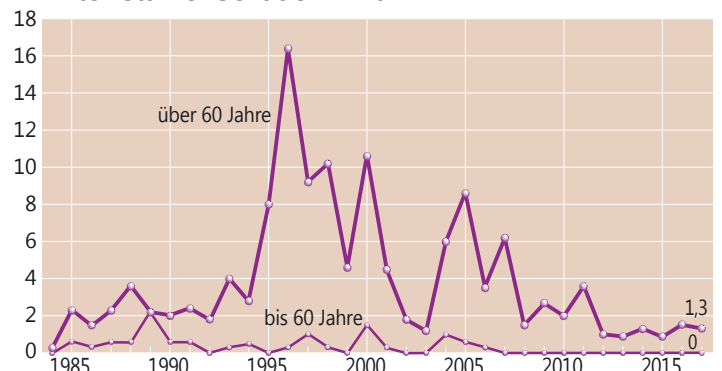


Foto: T. Ullrich

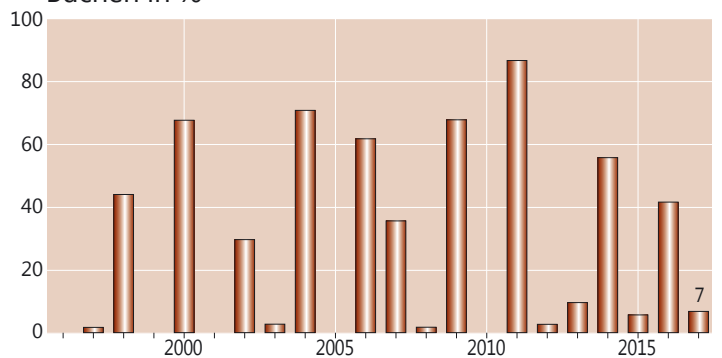
Mittlere Kronenverlichtung in %



Anteil starker Schäden in %



Anteil mittel und stark fruktifizierender älterer Buchen in %



deren Hauptbaumarten weist die Buche die niedrigste Absterberate auf, im Mittel der Jahre 1984-2017 liegt sie bei 0,04 %. In den letzten fünf Jahren ist keine Buche im Stichprobenkollektiv der Waldzustandserhebung abgestorben.

Fruchtbildung

Die Ergebnisse zur Fruchtbildung im Rahmen der Waldzustandserhebung zeigen für die Buche die Tendenz, in kurzen Abständen und vielfach intensiv zu fruktifizieren. Dies steht im Zusammenhang mit einer Häufung warmer Jahre sowie einer erhöhten Stickstoffversorgung der Bäume. Die intensivste Fruchtbildung seit 1996 wurde 2011 festgestellt, 87 % der älteren Buchen wiesen mittlere und starke Fruchtbildung auf. 2017 blieb die Fruchtbildung weitgehend aus. Geht man davon aus, dass eine starke Mast erreicht wird, wenn ein Drittel der älteren Buchen mittel oder stark fruktifiziert, ergibt sich rechnerisch für den Zeitraum 1996-2017 alle 2,4 Jahre eine starke Mast. Literaturrecherchen (Paar et al. 2011) hingegen ergaben für den Zeitraum 1839-1987 Abstände zwischen zwei starken Masten für 20-Jahresintervalle zwischen 3,3 und 7,1 Jahren.

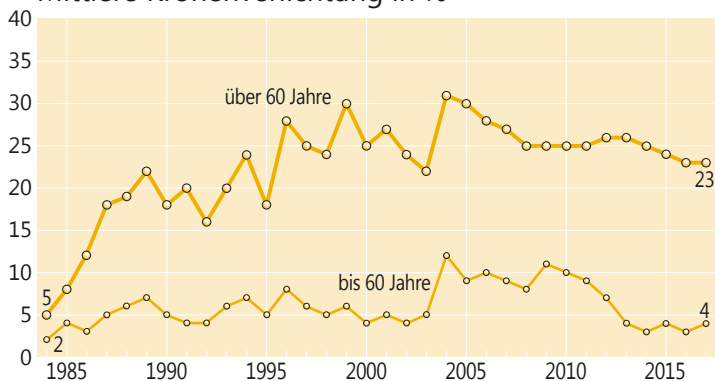
Eiche

Ältere Eiche

Die Zeitreihe der mittleren Kronenverlichtung der älteren Eichen weist zu Beginn relativ günstige Verlichtungswerte aus, es folgt ein rascher Anstieg der Verlichtung mit besonders hohen Kronenverlichtungswerten in den Jahren 1999 sowie 2004 und 2005. Seitdem sind die Werte nur leicht zurückgegangen. Ab 2008 wird ein relativ konstanter Kronenverlichtungswert (2017: 23 %) ermittelt.

Die Entwicklung des Kronenzustandes der Eiche wird durch Insekten- und Pilzbefall beeinflusst. Die periodische Vermehrung von Insekten der so genannten Eichenfraßgesellschaft trägt maßgeblich zu den Schwankungen der Belaubungsdichte der Eiche bei. Im Jahr 2017 wurden keine mittleren oder starken Schäden durch Insektenfraß beobachtet.

Mittlere Kronenverlichtung in %



Anteil starker Schäden in %

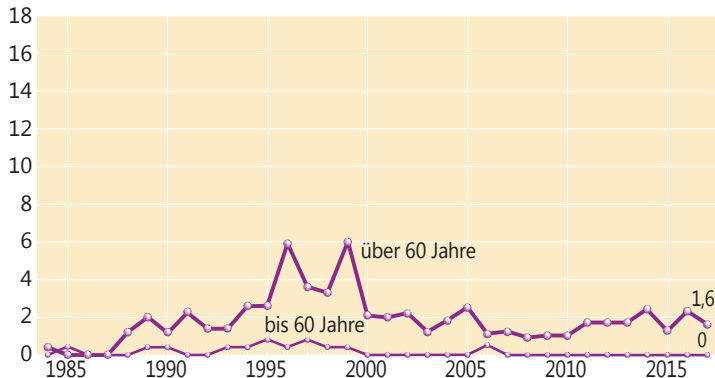


Foto: M. Spielmann



Foto: J. Evers

Jüngere Eiche

Die Kronenentwicklung der Eichen in der Altersstufe bis 60 Jahre zeigt einen sehr viel günstigeren Verlauf als die Entwicklung der älteren Eichen. Von 1984-2003 wurden Verlichtungswerte zwischen 2 und 8 % ermittelt, ab 2004 lag die mittlere Kronenverlichtung höher (8 bis 12 %), seit 2012 werden wieder niedrigere Verlichtungswerte festgestellt (2017: 4 %).

Starke Schäden

Der Mittelwert der starken Schäden in der Zeitreihe liegt für die älteren Eichen bei 1,9 %. Eine Phase mit erhöhten Anteilen starker Schäden (bis 6 %) wird für die älteren Eichen im Zeitraum 1996 bis 1999 in Verbindung mit intensivem Insektenfraß verzeichnet. Anschließend sind die starken Schäden wieder zurückgegangen, 2017 liegt der Anteil bei 1,6 %. Bei den jüngeren Eichen sind in den letzten elf Jahren keine starken Schäden aufgetreten.

Absterberate

Die Absterberate der Eiche liegt im Mittel der Jahre 1984-2017 bei 0,1 %. Überdurchschnittliche Absterberaten wurden vor allem im Anschluss an starken Insektenfraß ermittelt, am höchsten war die Absterberate 1997 (0,5 %) und 2013 (0,4 %). 2017 beträgt die Absterberate 0,2 %.

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. Für die Partnerländer 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 in der zweiten Septemberwoche durchgeführt. Die Eichen dieser Referenzstichprobe, bestehend aus 13 WZE-Punkten, haben 2017 zu 24 % mittel und stark fruktifiziert.

Fichte

Ältere Fichte

Im gesamten Beobachtungszeitraum werden für die älteren Fichten anhaltend hohe Kronenverlichtungswerte bis zu 37 % (2006) festgestellt. Seit 2012 ist ein deutlicher Rückgang der mittleren Kronenverlichtung auf jetzt 20 % zu verzeichnen. Dies ist der niedrigste Wert für die älteren Fichten in der Zeitreihe der Waldzustandserhebung.

Jüngere Fichte

Für die Fichte ist ein deutlicher Alterstrend festzustellen, in den letzten beiden Jahren nähern sich die Verlichtungswerte beider Altersgruppen allerdings an. Für die jüngeren Fichten beträgt die mittlere Kronenverlichtung aktuell 11 %. Der höchste Wert in der Zeitreihe wurde 2008 ermittelt (18 %).

Mittlere Kronenverlichtung in %

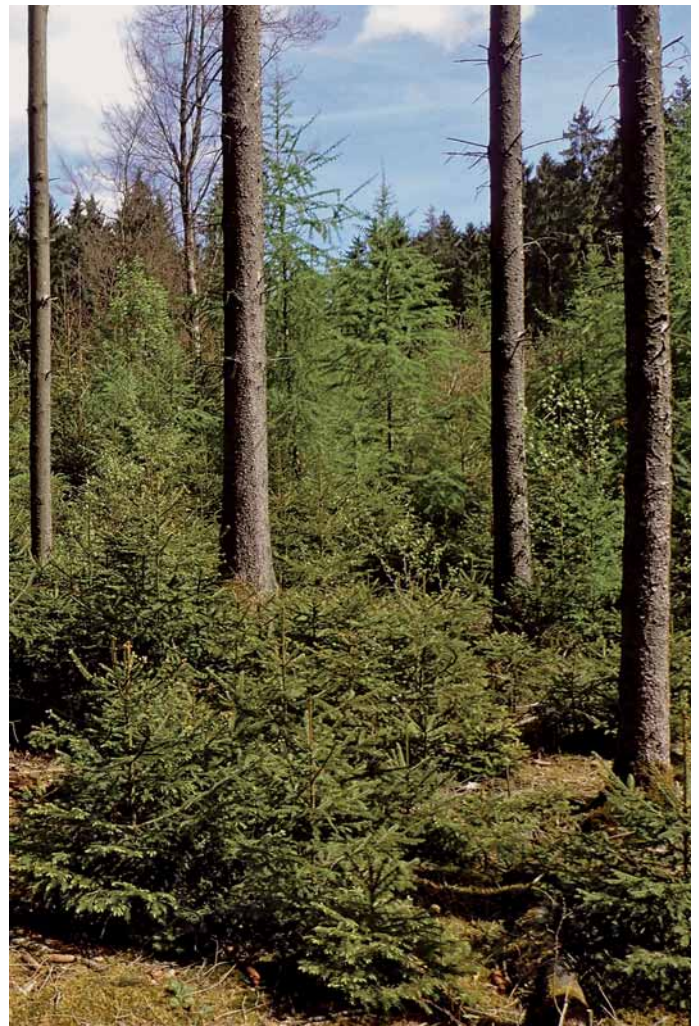
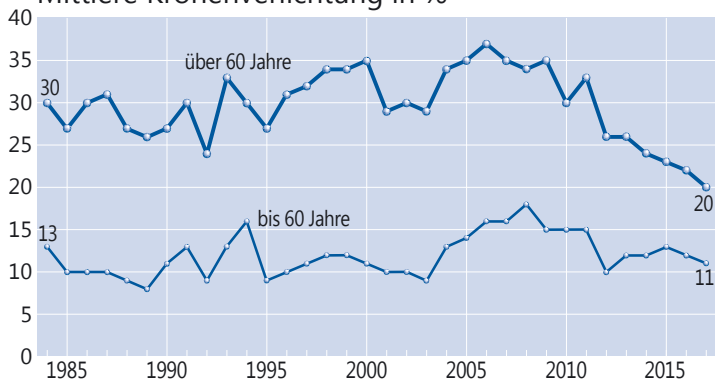
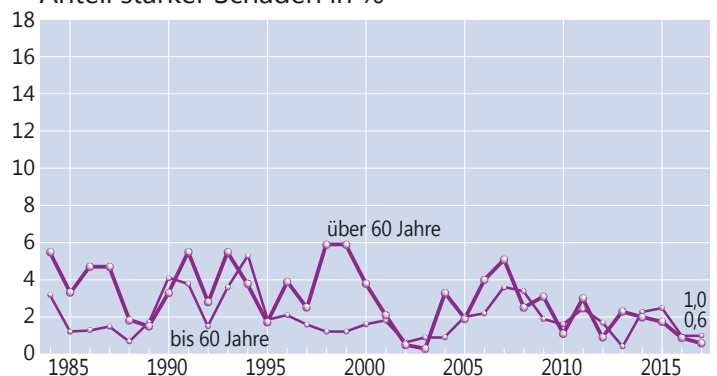


Foto: T. Ullrich



Foto: J. Evers

Anteil starker Schäden in %



Starke Schäden

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

Absterberate

Die Absterberate der Fichte liegt im Mittel der Jahre 1984-2017 bei 0,2 %. Im Jahr 1994 wurde für die Fichte die höchste Absterberate (1 %) ermittelt. Im Jahr 2017 beträgt die Absterberate 0,2 %.

Kiefer

Ältere Kiefer

Die älteren Kiefern weisen seit 1986 durchgehend niedrigere Kronenverlichtungswerte auf als die älteren Buchen, Eichen und Fichten. Die mittlere Kronenverlichtung der älteren Kiefer beträgt in diesem Jahr 16 %. Der Höchstwert in der Zeitreihe mit 27 % wurde 2004 ermittelt.

Jüngere Kiefer

Im Gegensatz zu Buche, Fichte und Eiche sind bei der Kiefer die Unterschiede im Kronenverlichtungsgrad zwischen den Altersgruppen sehr viel weniger ausgeprägt. Die Entwicklung jüngerer und älterer Kiefern verläuft weitgehend parallel. Die mittlere Kronenverlichtung der jüngeren Kiefer beträgt in diesem Jahr 10 %.

Mittlere Kronenverlichtung in %

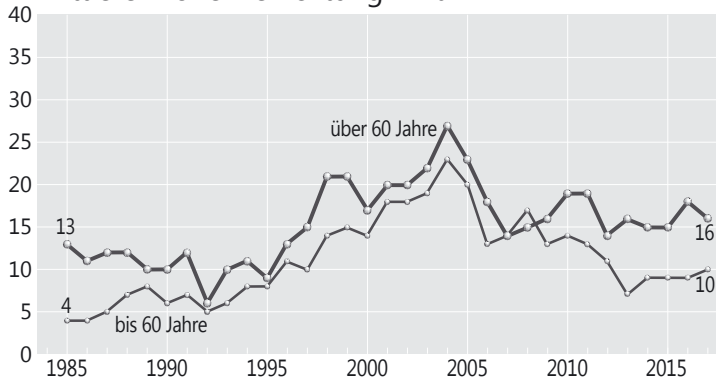


Foto: M. Spielmann

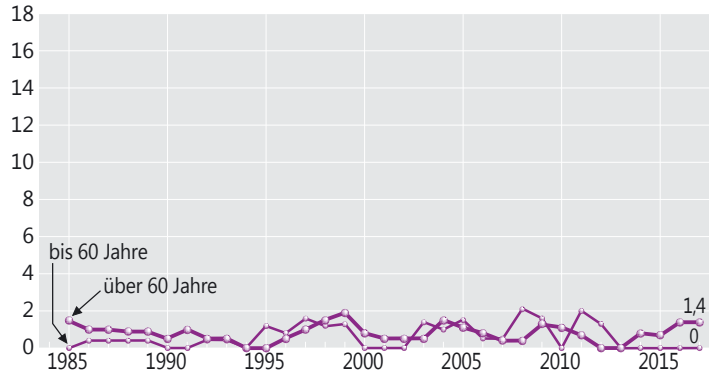


Foto: M. Spielmann

Starke Schäden

Der Anteil starker Schäden liegt bei der Kiefer (alle Alter) im langjährigen Mittel der Erhebungsjahre bei 0,7 %. Im Vergleich der Baumarten zeigt die Kiefer auffallend geringe Anteile an starken Schäden. Im Erhebungszeitraum treten kaum Schwankungen auf. Im Jahr 2017 wurden 1,4 % der älteren Kiefern als stark geschädigt eingestuft, bei den jüngeren Kiefern sind seit fünf Jahren keine starken Schäden festgestellt worden.

Anteil starker Schäden in %



Absterberate

Die Absterberate der Kiefer schwankt im Erhebungszeitraum zwischen 0 und 0,7 %, im Mittel der Zeitreihe beträgt sie 0,2 %. In diesem Jahr sind überdurchschnittlich viele Kiefern (0,6 %) im Stichprobenkollektiv der Waldzustandserhebung abgestorben.

Andere Laub- und Nadelbäume

In Schleswig-Holstein werden bei der Waldzustandserhebung als landesweite flächendeckende Stichprobeninventur 28 Baumarten erfasst. Neben den Hauptbaumarten Kiefer, Fichte, Buche und Eiche kommt in den Wäldern Schleswig-Holsteins eine Vielzahl weiterer Baumarten vor, die insgesamt 39 % der Stichprobenbäume der Waldzustandserhebung ausmachen. Jede Baumart für sich genommen ist in der Stichprobe der Waldzustandserhebung allerdings zahlenmäßig so gering vertreten, dass allenfalls Trendaussagen zur Kronenentwicklung möglich sind. Bei der Darstellung der Ergebnisse der Waldzustandserhebung werden sie daher in den Gruppen andere Laubbäume und andere Nadelbäume zusammengefasst. In der Baumartenverteilung der Waldzustandserhebung beträgt der Anteil der anderen Laubbäume zurzeit 24 %, die anderen Nadelbäume machen 15 % des Stichprobenkollektivs aus.

Zu den anderen Laubbäumen gehören u. a. Ahorn, Linde und Hainbuche. Am stärksten vertreten ist die Birke, gefolgt von der Esche und der Erle. Die Kronenverlichtungswerte sind ausgehend von einem geringen Niveau 1984 (alle Alter: 5 %) im Laufe der Jahre angestiegen, der Höchstwert wurde 2004 (alle Alter: 23 %) erreicht. Anschließend waren die Verlichtungswerte wieder rückläufig. Im Jahr 2017 beträgt die mittlere Kronenverlichtung (alle Alter) 16 %. Die Verlichtungswerte der Esche heben sich hiervon deutlich ab, mitverursacht durch das Eschentriebsterben liegt die mittlere Kronenverlichtung der Esche bei 36 %.

Die Gruppe der anderen Nadelbäume setzt sich vorwiegend aus Lärche und Sitkafichte zusammen. Der Höchstwert der mittleren Kronenverlichtung (alle Alter) liegt 2008 bei 24 %. In den letzten Jahren ist eine erhebliche Verbesserung eingetreten. Die mittlere Kronenverlichtung (alle Alter) liegt in diesem Jahr bei 9 %.

Starke Schäden

Der Anteil starker Schäden liegt die Gruppe der anderen Laubbäume im Erhebungszeitraum im Mittel bei 2,8 %. 2017 wird dieser Durchschnittswert überschritten (5,7 %).



Foto: J. Evers

Auch bei den starken Schäden kommt die besondere Belastung der Esche durch das Eschentriebsterben zum Tragen, der Anteil starker Schäden beträgt 20 %. Für die anderen Nadelbäume sind seit 1984 Werte zwischen 0,3 % und 7,2 % aufgetreten, im Mittel beträgt der Anteil 1,4 %. 2017 liegt hier der Anteil starker Schäden bei 0,7 %.

Absterberate

Die Absterberate der anderen Laubbäume liegt 2017 mit 1,2 % über dem Mittelwert der Zeitreihe (0,5 %). Die Esche weist eine Absterberate von 3,5 % auf. Bei den anderen Nadelbäumen ist 2017 kein Stichprobenbaum abgestorben.



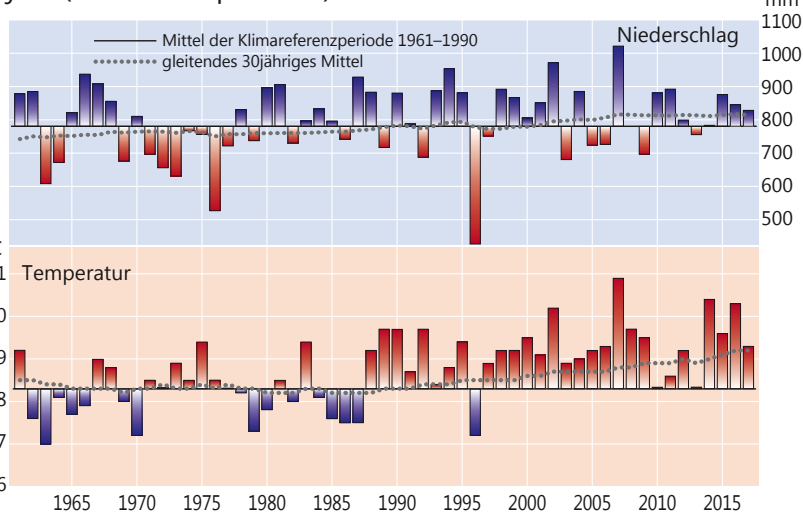
Foto: J. Weymar

Witterung und Klima

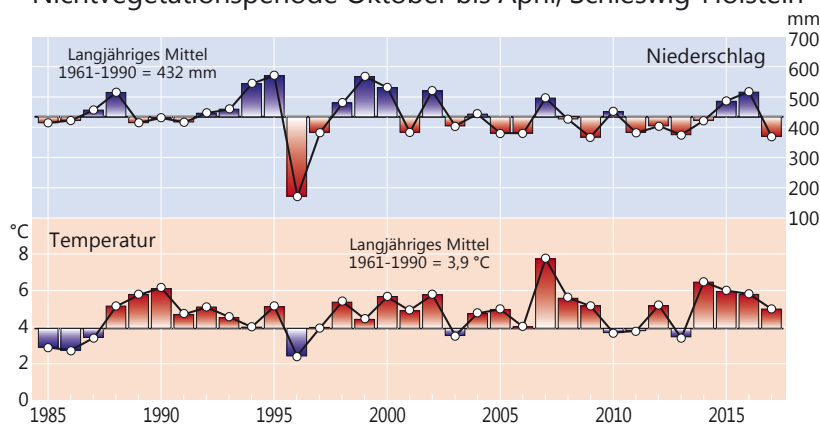
Johannes Suttmöller

Der Witterungsverlauf im Vegetationsjahr 2016/2017 (Oktober bis September) war in Schleswig-Holstein äußerst abwechslungsreich. Die Mitteltemperatur über die gesamte Landesfläche (Berechnungsgrundlage 200 m Raster) lag 1 °C über dem langjährigen Durchschnitt der Klimanormalperiode 1961-1990. Dabei zeigt die Auswertung der 45 Klimastationen des Deutschen Wetterdienstes (DWD), dass die Abweichung in der Vegetationsperiode (Mai bis September) mit +0,8 °C nur unwesentlich geringer ausgefallen ist als in der Nichtvegetations-

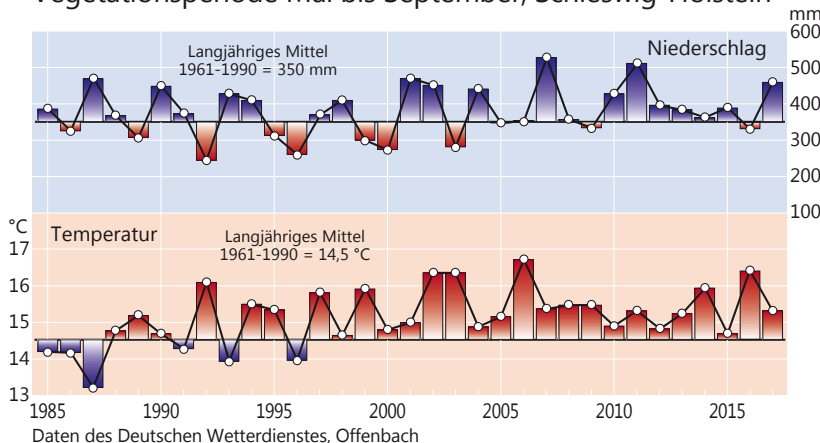
zeit (Oktober bis April). Die Niederschlagsverteilung weist wie die Temperatur starke jahreszeitliche Schwankungen auf. Die Ergebnisse der mehr als 100 Niederschlagsstationen zeigen für das Vegetationsjahr einen leichten Niederschlagsüberschuss (+5 %). In der Nichtvegetationszeit fielen rund 85 % der üblichen Niederschlagsmenge, während in der Vegetationsperiode das Soll mit mehr als 130 % deutlich übertroffen wurde. Die Höhe der Niederschläge und ihre Verteilung über das Jahr sowie die Temperaturdynamik sind wichtige Einflussgrößen auf die Vitalitätsentwicklung der Waldbäume. Dabei spielen sowohl der langjährige Witterungsverlauf als auch die Werte des vergangenen Jahres eine Rolle.



Langjährige Klimawerte (1985-2017)
Nichtvegetationsperiode Oktober bis April, Schleswig-Holstein



Langjährige Klimawerte (1985-2017)
Vegetationsperiode Mai bis September, Schleswig-Holstein



Daten des Deutschen Wetterdienstes, Offenbach

zeit (Oktober bis April). Die Niederschlagsverteilung weist wie die Temperatur starke jahreszeitliche Schwankungen auf. Die Ergebnisse der mehr als 100 Niederschlagsstationen zeigen für das Vegetationsjahr einen leichten Niederschlagsüberschuss (+5 %). In der Nichtvegetationszeit fielen rund 85 % der üblichen Niederschlagsmenge, während in der Vegetationsperiode das Soll mit mehr als 130 % deutlich übertroffen wurde. Die Höhe der Niederschläge und ihre Verteilung über das Jahr sowie die Temperaturdynamik sind wichtige Einflussgrößen auf die Vitalitätsentwicklung der Waldbäume. Dabei spielen sowohl der langjährige Witterungsverlauf als auch die Werte des vergangenen Jahres eine Rolle.

Temperatur und Niederschlag im langjährigen Verlauf

Die langjährigen Messdaten für den Zeitraum von 1961-2017 zeigen seit 1988 eine gegenüber der Referenzperiode (1961-1990) erhöhte Temperatur. Um den gemessenen Temperaturanstieg zu verdeutlichen, wurde das gleitende 30jährige Mittel berechnet, das für jedes Jahr den Mittelwert aus den voraus gegangenen 30 Jahren bildet (gepunktete Linie in der Abb. links oben). Die langjährige Mitteltemperatur beträgt ebenso wie die Mitteltemperatur des Vegetationsjahres 2016/17 9,3 °C und liegt damit 1 °C über dem langjährigen Mittelwert der Klimanormalperiode. Im Vergleich zur wärmeren Periode 1981-2010 liegt die Abweichung im Flächenmittel des Landes Schleswig-Holstein bei +0,4 °C.

Wie bereits in den Vorjahren waren die meisten Monate zu warm (10 von 12). Die höchsten positiven Abweichungen wurden in den Monaten Dezember (+2,7 °C) und März (+3,1 °C) gemessen. Auch die Monate Februar, Mai und Juni waren mit jeweils über +1,0 °C überdurchschnittlich warm. Etwas zu kühl waren die Monate Oktober und November, die mit einer Temperaturabweichung von weniger als -1,0 °C leicht zu kühl ausfielen.

Die Niederschlagssumme im Vegetationsjahr 2017 betrug rund 830 mm. Dies entspricht 105 % des langjährigen Mittelwertes von gut 780 mm. Die Niederschlagshöhe schwankt im Zeitraum 1961-2017 von Jahr zu Jahr mit Werten von weniger als 450 mm (1996) bis über 1000 mm (2007) sehr stark (Abb. links oben). Perioden mit überdurchschnittlich hohen Niederschlägen wechseln mit trockenen Perioden ab, so dass keine einheitliche Tendenz festgestellt werden kann. Seit Beginn der 1980er Jahre haben die Niederschläge leicht zugenommen. Die Niederschlagssumme des gleitenden 30jährigen Mittels liegt aktuell mit 815 mm um knapp 5 % über dem Wert der Klimanormalperiode.

Die Nichtvegetationszeit von Oktober 2016 bis April 2017 war mit 5,0 °C um 1,1 °C wärmer als der langjährige Durchschnitt der Klimanormalperiode. Im Vergleich zur wärmeren Periode 1981-2010 betrug die Abweichung dagegen nur +0,3 °C. In

Witterung und Klima

den letzten 30 Jahren war nur die Nichtvegetationsperiode 1995/96 mit einer Abweichung von knapp $-1,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ deutlich zu kühl (s. Abb. Seite 16 Mitte). In der Vegetationszeit 2017 (Mai bis September) wurde die Mitteltemperatur von $14,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ mit $15,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ um $+0,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ übertroffen (s. Abb. Seite 16 unten). Zur Mitteltemperatur der Periode 1981-2010 ($15,0\text{ }^{\circ}\text{C}$) war die Abweichung mit $+0,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ geringer. Damit sind in den letzten 30 Jahren seit 1988 nur die Vegetationsperioden 1991, 1993 und 1996 im Vergleich zur Klimanormalperiode etwas zu kühl ausgefallen.

Die Niederschläge fielen über das Vegetationsjahr betrachtet sehr ungleichmäßig. In der Nichtvegetationsperiode wurden im Flächenmittel von Schleswig-Holstein 370 mm Niederschlag gemessen (s. Abb. Seite 16 Mitte). Dies sind gut 85 % des langjährigen Mittelwertes von rund 430 mm. Die Vegetationsperiode 2017 zeigte dagegen ein komplett anderes Bild. Das Niederschlagsdefizit aus den Vormonaten wurde mehr als ausgeglichen. Die Niederschlagssumme betrug 460 mm und damit rund ein Drittel mehr als im langjährigen Durchschnitt (s. Abb. Seite 16 unten).

Die Erwärmung, die seit Ende der 1980er Jahre gemessen wird, hat sich weiter fortgesetzt. Im Mittel der letzten Jahre betrug der Temperaturanstieg pro Jahr rund $0,05\text{ }^{\circ}\text{C}$. Setzt sich dieser Trend unverändert fort, ist etwa alle 20 Jahre mit einer weiteren Temperaturerhöhung von $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ zu rechnen.

Witterungsverlauf von Oktober 2016 bis September 2017

Das Vegetationsjahr 2016/2017 ist bereits das 21. Jahr in Folge, das zu warm ausgefallen ist. Die Mitteltemperaturen der Monate Oktober und November lagen leicht unter den langjährigen Mittelwerten der Klimanormalperiode 1961-1990. Es folgte ein deutlich zu warmer Dezember ($+2,7\text{ }^{\circ}\text{C}$) und ein etwas zu warmer Januar. Die Monate Februar und März waren mit Temperaturabweichungen von $+1,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ bzw. $+3,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ wiederum erheblich zu warm. Die überdurchschnittlich hohen Temperaturen wurden bis in die erste Aprilhälfte hinein gemessen, so dass es zu einem frühzeitigen Beginn in der Vegetationsentwicklung kam. Starke Nachtfröste in der zweiten Aprilhälfte führten zu Frostschäden an der Vegetation. Von Mai bis einschließlich September war es mit Temperaturabweichungen von $+0,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Juli) bis $+1,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Mai) durchgehend zu warm.

Die Niederschlagsentwicklung im abgelaufenen Vegetationsjahr verlief in Schleswig-Holstein sehr unterschiedlich. Die Monate Oktober bis einschließlich Januar waren zu trocken. Besonders der November (62 %) und Dezember (69 %) fielen sogar deutlich zu trocken aus. Ab Februar setz-



Foto: T. Ullrich

ten vermehrt Niederschläge ein, so dass das Niederschlagsdefizit schnell abgebaut wurde und die Böden zu Beginn der Vegetationsperiode hohe Wassergehalte aufwiesen. Von Juni bis in den August hinein führten wiederholt auftretende Starkniederschlagsereignisse dazu, dass der Sommer deutlich zu nass war. Im Juni fielen im Landesmittel 185 % und im Juli gut 130 % der sonst üblichen Niederschläge. Auch der September war mit knapp 130 % des langjährigen Solls sehr nass. Aufgrund der hohen Niederschlagssummen in der Vegetationsperiode wurde im Flächenmittel des Landes Schleswig-Holstein das langjährige Niederschlagssoll für das Vegetationsjahr leicht übertroffen.

In der Nichtvegetationszeit lag die Mitteltemperatur in den wärmsten Regionen Schleswig-Holsteins (Westküste) bei rund $5,5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Im Südosten des Landes (Altmoränenlandschaft) betrug die Mitteltemperatur von Oktober bis April weniger als $4,8\text{ }^{\circ}\text{C}$. Dort war die Temperaturabweichung zum Temperaturmittel der Periode 1961-1990 mit weniger als $+1,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ am geringsten. Im Norden des Landes wurde der langjährige Mittelwert mit bis zu $+1,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ überschritten (s. Abbildungen Seite 18).

In der Vegetationsperiode treten die höchsten Abweichungen von mehr als $+1,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ im Vergleich zum Mittelwert der Referenzperiode in einigen Regionen im Nordosten des Landes auf. Deutlich geringer ist die positive Temperaturabweichung mit weniger als $+0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ in weiten Bereichen im Süden von Schleswig-Holstein. Die Temperaturspanne in der Vegetationsperiode zeigt ein ausgeprägtes Nord-Südgefälle. Während im Altmoränenland die mittlere Temperatur über $15,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ lag, wurden im Norden von Schleswig-Holstein regional kaum $14,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ ermittelt.

Die Nichtvegetationszeit 2016/2017 war in weiten Teilen des Landes zu trocken. Nur im äußersten Osten von Schleswig-Holstein wurde das Niederschlagssoll mit bis zu $+5\text{ }%$ leicht übertroffen, auf Fehmarn regional um mehr als 10 %. Verbreitet betrug das Niederschlagsdefizit -10 bis $-15\text{ }%$ (s. Abbildungen Seite 19). In den westlichen Landesteilen lag die gemessene Niederschlagsmenge um bis zu 25 % unter dem langjährigen Mittelwert. In der Vegetationsperiode ergibt sich ein völlig anderes Bild. Flächendeckend lag die gemessene Niederschlagsmenge über den Mittelwerten der Klimanormalperiode. Im gesamten Norden, Osten und Süden des Landes lagen die positiven Abweichungen zwischen $+30$ und über $+50\text{ }%$. Nur in einigen Regionen im südwestlichen Landesteil wurde das Niederschlagssoll dagegen nur leicht übertroffen (um $+10\text{ }%$).

Fazit

Das Vegetationsjahr 2016/2017 (Oktober-September) reiht sich nahtlos in die überdurchschnittlich warmen Jahre der letzten Jahrzehnte ein. Es ist mit einer Mitteltemperatur von $9,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ jedoch nicht so warm ausgefallen wie die Jahre 2014 bis 2016. Die Temperaturabweichung betrug $+1\text{ }^{\circ}\text{C}$. Die Niederschläge lagen mit 830 mm im Landesmittel leicht über den Mittelwerten der Referenzperiode von 1961-1990. Infolge der hohen Niederschlagssummen in den Sommermonaten konnte das Niederschlagsdefizit aus der Nichtvegetationszeit abgebaut werden, so dass in der Vegetationszeit die Wälder in Schleswig-Holstein nicht unter Wassermangel zu leiden hatten.

Witterung und Klima

Gemessene Temperaturen und deren Abweichungen zum langjährigen Mittel in der Nichtvegetationszeit (NVZ) 2016/2017 und in der Vegetationszeit (VZ) 2017

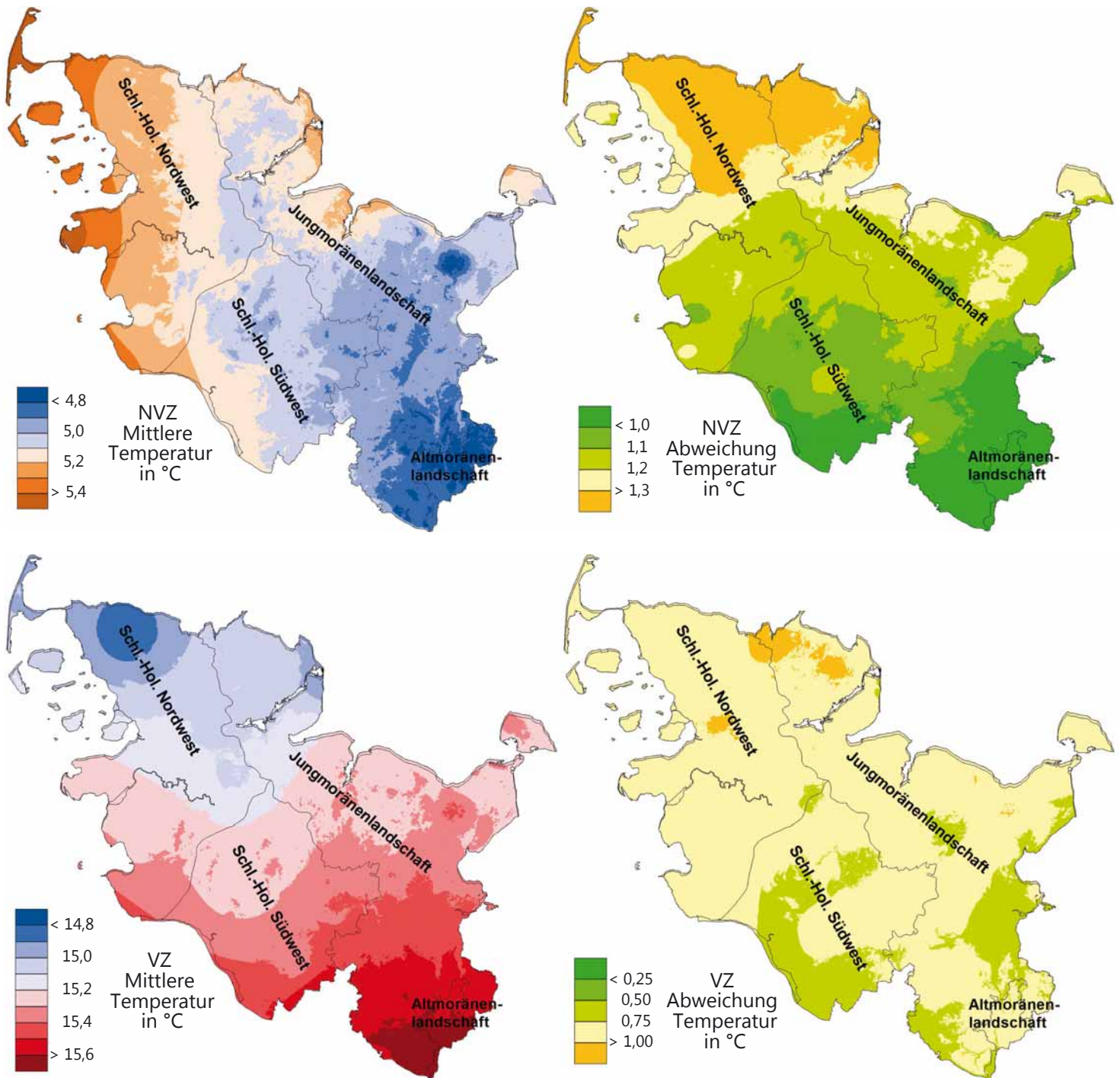
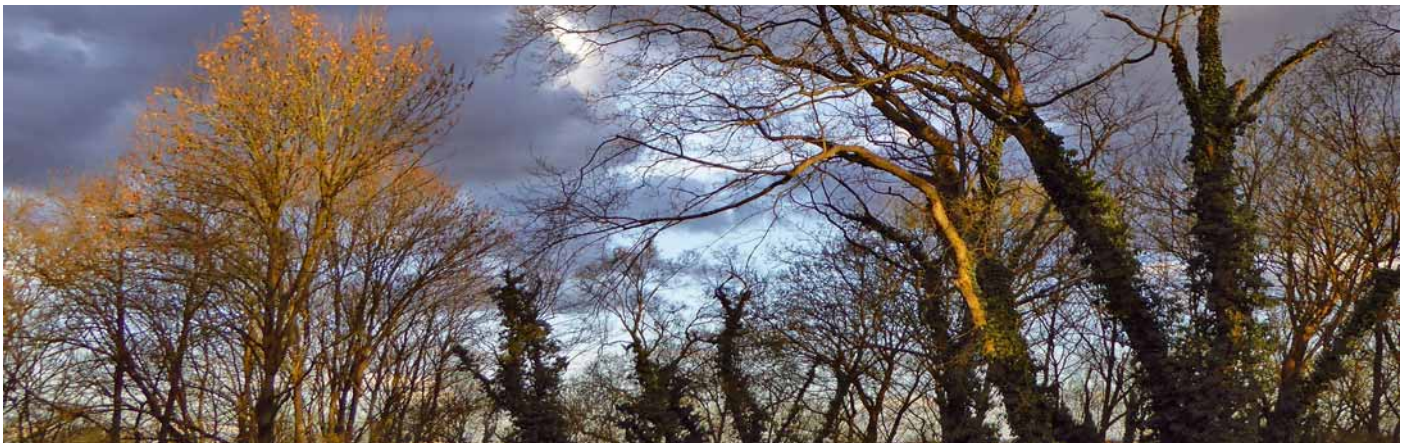
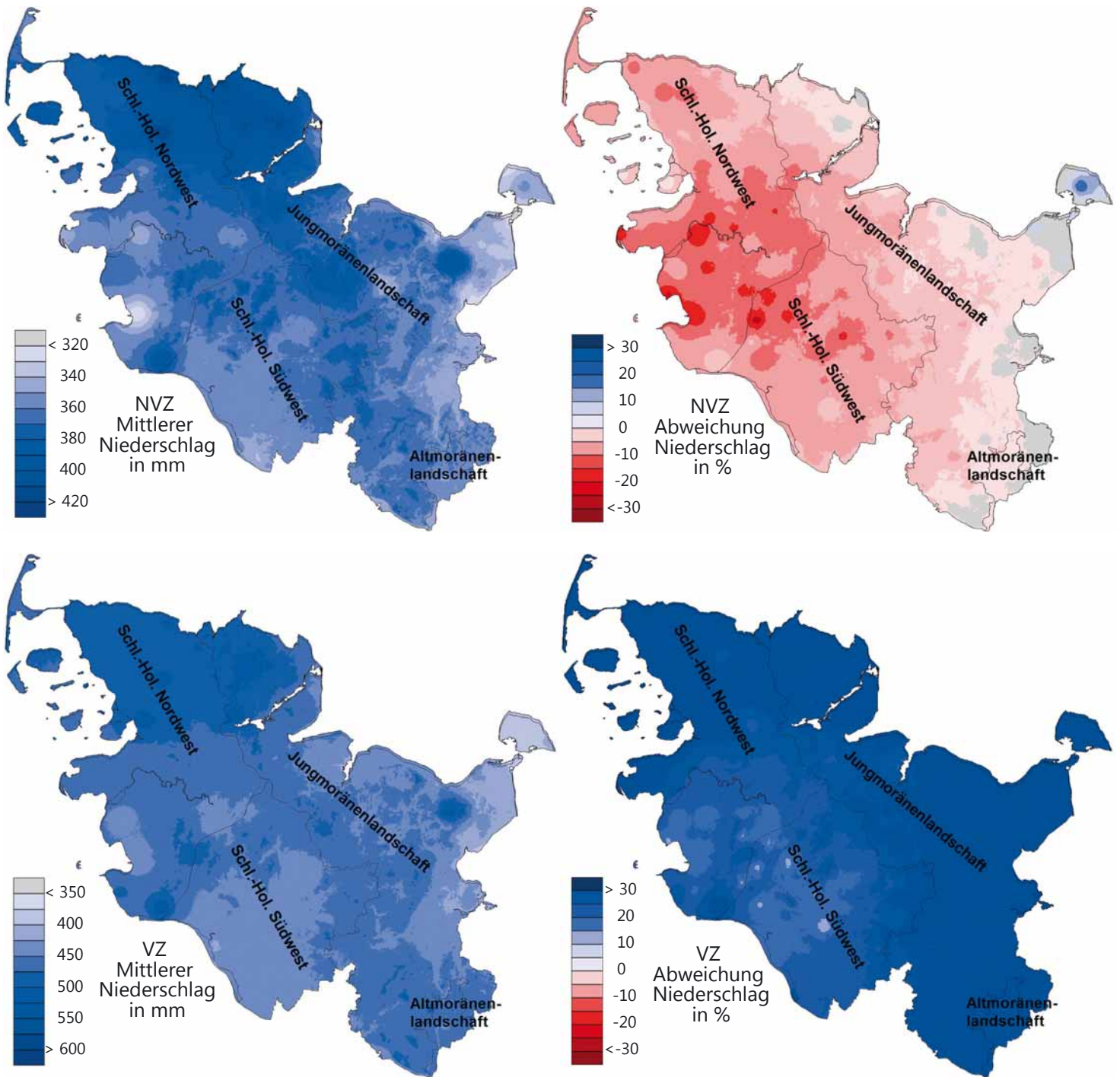


Foto: M. Spielmann

Witterung und Klima

Gemessene Niederschlagssummen und deren Abweichungen zum langjährigen Mittel in der Nichtvegetationszeit (NVZ) 2016/2017 und in der Vegetationszeit (VZ) 2017



Insekten und Pilze

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

Borkenkäfer

Wie in den beiden Vorjahren konnten relativ viele Borkenkäfer im Herbst 2016 überwintern. Die Gefährdungslage war zu Saisonbeginn gegenüber dem Frühjahr 2016 nochmals erhöht. Anfang April 2017 gab es bei sehr heißer Witterung bereits einen kurzen, starken Schwärmflug mit vereinzelt Stehendbefall. Nach Ende einer meist kühlfeuchten Wetterphase setzte der eigentliche Hauptflug erst drei Wochen später ein. Ab Anfang Mai wurde aus vielen Regionen frischer Stehendbefall gemeldet, die vorherige mehrwöchige wetterbedingte „Wartezeit“ der Käfer führte zu einem stark synchronisierten Flugbeginn. Im Verlauf der folgenden Wochen zeigte sich weiterer Stehendbefall, zunehmend auch im Bestandesinneren. Trotz der im Sommer wechselhaften Witterung mit schnellen Temperaturwechseln und häufigen, teilweise sehr starken Niederschlägen waren die Entwicklungsbedingungen für den Buchdrucker bis Mitte August überwiegend sehr gut. Im Vergleich zum August 2016 ist die Anzahl der durch Borkenkäfer besiedelten Fichten leicht gestiegen. Betroffene Forstbetriebe nutzen die verbleibende Zeit bis zum Saisonende für Aufarbeitungen, um die Ausgangssituation für das Jahr 2018 zu entspannen.

Eschentriebsterben

Das Eschentriebsterben (ETS) ist eine Erkrankung an verschiedenen Eschen-Arten, die durch den invasiven Schlauchpilz *Hymenoscyphus fraxineus* (Herkunft: Ostasien – Japan, China, Korea) ausgelöst wird. Dessen windverbreitete Pilzsporen infizieren Blattspreiten und Blattstiele sowie Rindenbereiche von Trieben, Stämmen und Wurzelansätzen der Eschen und ermöglichen dem Erreger so das Einwachsen in junge Triebe und Stämme. Typische Symptome sind u. a.: Blattverfärbungen, Blattwelke, braun bis violett verfärbte, abgestorbene Triebe, schildartige Rindennekrosen an Stämmchen von Jungpflanzen, auffällige Rindennekrosen an Stamm- und Wurzelanläufen (so genannte „Stammfußnekrosen“) sowie vor allem weithin sichtbare Kronenverlichtungen. Die Erkrankung kann schwerwiegende Schäden an Eschen jeden Alters hervorrufen und zum Absterben führen.

Im internationalen Expertenkreis gelten die Stammfußnekrosen, die auch an der NW-FVA/Abt. Waldschutz untersucht werden, als einer der Hauptmortalitätsfaktoren beim Eschentriebsterben. Die Ergebnisse der Abt. Waldschutz weisen darauf hin, dass die Stammfußnekrosen überwiegend primär durch den ETS-Erreger selbst hervorgerufen werden. In den Nekrosen hat *Hymenoscyphus fraxineus* eine hohe genetische Variabilität. Sekundär treten bodenbürtige Holzfäulepilze, wie z. B. der Hallimasch (*Armillaria* ssp.), auf. Insbesondere bei sehr starken Kronenschäden, etwa ab Blattverlusten von 70 %, muss im Wurzelraum generell mit Befall durch Hallimasch und andere Wurzelpilze gerechnet werden, die das Absterben beschleunigen.

Das Eschentriebsterben ist in Deutschland erstmals im Jahr 2002 in Mecklenburg-Vorpommern beobachtet worden. Inzwischen ist die Erkrankung bundesweit und in insgesamt 26 europäischen Staaten (Stand 2015) verbreitet. Sie kommt im Zuständigkeitsgebiet der NW-FVA bei Eschen aller Altersklassen und auf allen Eschen-Standorten vor und ist auf



Eschentriebsterben

Foto: NW-FVA, Abteilung Waldschutz

großer Fläche präsent. Sowohl die Ausbreitung in den Beständen als auch die Intensivierung des Krankheitsverlaufs sind noch nicht zum Stillstand gekommen. Es entstehen örtlich große Verluste durch schlechte Stammformen an Jungpflanzen und das Absterben von Eschen jeden Alters bis hin zur Auflösung von Bestandesteilen. Die heimische Gemeine Esche (*Fraxinus excelsior*) ist durch die Pilzerkrankung stark gefährdet. Es wird deshalb aus forstlicher Sicht empfohlen, auf absehbare Zeit nur reduzierten Pflegeaufwand in diese Baumart zu investieren.

Die Esche wird vermutlich nicht vollständig aus dem Baumartenspektrum verschwinden. Bisher scheint ein kleiner Prozentsatz (1-2 %) der Eschen gegenüber der Erkrankung weniger anfällig zu sein. Ob dieser geringe Prozentsatz an Eschen auch auf Dauer mehr oder minder befallsfrei bleibt oder sogar weitgehend resistent ist, muss die Zukunft zeigen. In verschiedenen europäischen Ländern werden aktuell wissenschaftliche Projekte zur Identifizierung weniger anfälliger Eschen und zu deren Vermehrung durchgeführt, z. B. in Deutschland, Großbritannien und Österreich. Ergebnisse liegen noch nicht vor.

Zum jetzigen Zeitpunkt muss vorrangig mit den vorhandenen mehr oder minder stark erkrankten Eschen gewirtschaftet werden. Ergebnisse der meist langfristigen Resistenzzüchtungen können nur für zukünftige Eschengenerationen genutzt werden.

Mittlerweile ist bekannt, dass ein Komplex von nahe verwandten Arten um *Hymenoscyphus fraxineus* und *H. albidus* in Asien existiert, der bei einer Einschleppung nach Deutschland eine weitere potentielle Gefahr für heimische Eschen darstellen könnte.

Direkte Gegenmaßnahmen gegen das Eschentriebsterben kann und wird es in Zukunft nicht geben, da der Erreger über Sporenflug (Ascosporen) mit dem Wind auch über große Entfernungen verbreitet wird und Bäume infiziert. Diese Art der Verbreitung lässt sich nicht verhindern oder aufhalten.

In der Praxisinformation Nr. 4 (8/2016) der NW-FVA zum Eschentriebsterben sind weitere Hinweise und Handlungsempfehlungen für die Forstbetriebe umrissen.

Standortsinformationen für die Bundeswaldinventur in Schleswig-Holstein

Bernd Ahrends, Paul Schmidt-Walter und Henning Meesenburg

Das Projekt WP-KS-KW

Im Waldklimafonds-Projekt WP-KS-KW („Waldproduktivität-Kohlenstoffspeicherung-Klimawandel“) wurden länderübergreifend einheitliche Standortsinformationen (Klima, Boden) für die Inventurpunkte der Bundeswaldinventur (BWI) erhoben. Innerhalb des 4 km x 4 km Grundnetzes der BWI werden deutschlandweit alle 10 Jahre an ca. 26.450 Inventurpunkten eine Vielzahl von Bestandesparametern (z. B. Baumartenzusammensetzung, Holzvorräte, Zuwächse, Altersverteilungen) erhoben. Um die Produktivität, die Kohlenstoffspeicherung und weitere Ökosystemleistungen unserer Wälder verlässlicher unter sich verändernden Klimabedingungen prognostizieren zu können, sind detaillierte Standortsinformationen eine wichtige Ergänzung zu diesen Daten.

Insbesondere zeitlich und räumlich hochaufgelöste Klima- und Bodendaten fehlten bislang für die Inventurpunkte der BWI oder waren in einer sehr uneinheitlichen und unbefriedigenden Auflösung vorhanden. Beispielsweise waren Wasserhaushaltssimulationen mit prozessorientierten Modellen zur Abbildung des Standortwasserhaushaltes und der Trockenstresssituation durch fehlende Informationen zu bodenphysikalischen Eigenschaften der Bodenprofile an den BWI-Traktecken bis zu diesem Projekt in einer bundesweit einheitlichen Form nicht durchführbar. Für diese Mammutaufgabe ist es den zwölf Projektpartnern

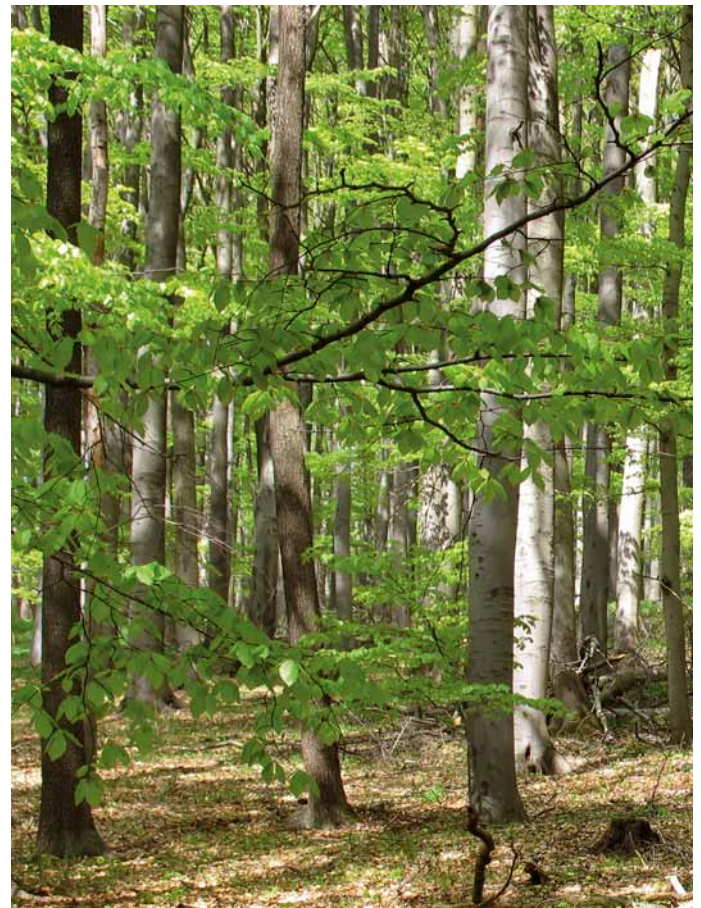
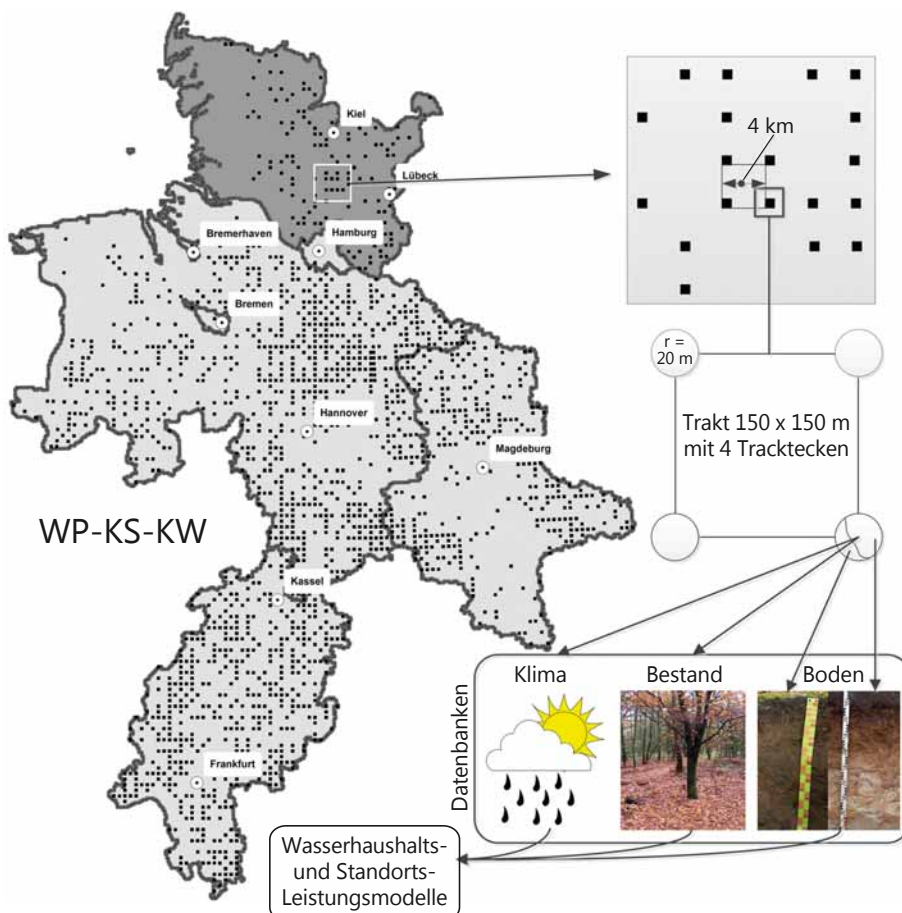


Foto: M. Schmidt



Schematische Darstellung der Ableitung von Umweltinformationen (Klima, Boden) für Traktecken der BWI

aus ganz Deutschland gelungen, eine deutlich verbesserte Datengrundlage zu schaffen. Hierdurch ist es nun möglich, für die Traktecken der BWI belastbare Erklärungen des Zusammenhangs zwischen Standort und Waldwachstum zu erhalten, z. B. durch eine genauere Ableitung von Kenngrößen des Wasserhaushaltes, welche für die Standort-Leistungs-Modellierung verwendet werden können.

Boden-Leitprofile für BWI-Traktecken

Ziel war es, für jede Traktecke des Grundnetzes der BWI Leitprofile mit bodenphysikalischen Grundlagendaten zu erstellen. Eine wichtige Datengrundlage bilden hierbei die in den Bundesländern zur Verfügung stehenden Informationen aus der Standorts- und Bodenkartierung. In den jeweiligen Bundesländern erfasst jedoch die traditionelle forstliche Standortskartierung Bodeninformationen in sehr unterschiedlicher Intensität und Qualität. Diese Ausgangslage erforderte ein länderspezifisches Vorgehen, das durch einheitliche Vorgaben in einem homogenen bundesweiten Datensatz mündete. In der schleswig-holsteinischen forstlichen Standortskarte werden die Ergebnisse der Standortskartierung als

Standortsinformationen für die Bundeswaldinventur in Schleswig-Holstein

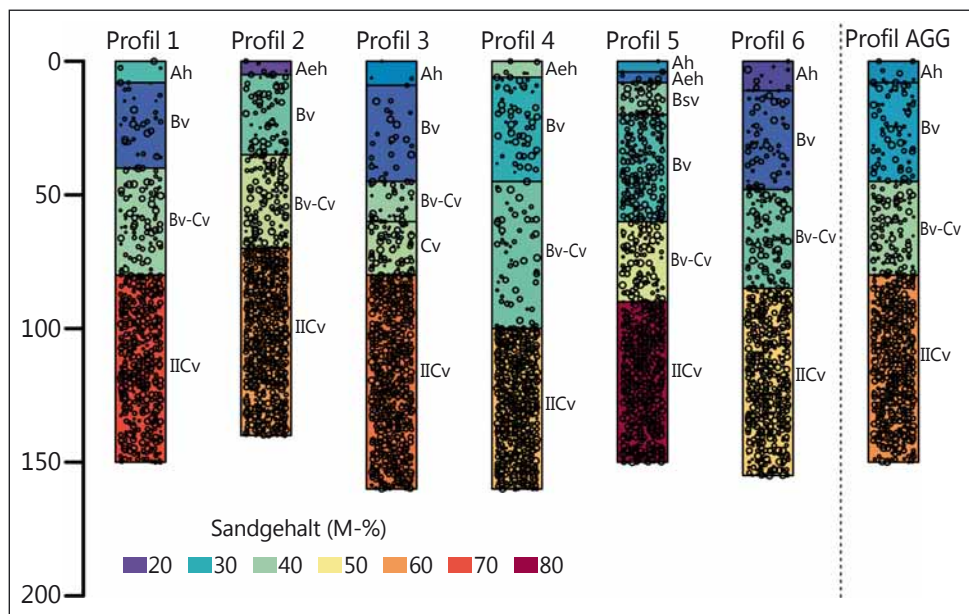
Standortstypen ausgewiesen. Diese in Kategorien eingeteilten „Standortstypen“ sind ökologische Einheiten, die Informationen zum Geländewasser- und Nährstoffhaushalt und zum Ausgangsmaterial der Bodenbildung eines Standortes zusammenfassen. Allerdings lassen sich diese Informationen im Gegensatz zu flächendeckend vorhandenen bodenkundlichen Kartenwerken nicht direkt in metrische Werte einzelner bodenphysikalischer oder -chemischer Parameter übersetzen. Solche Informationen sind jedoch notwendig, z. B. für die Ableitung der nutzbaren Feldkapazität (nFK) oder von Verwitterungsraten zur Ermittlung der nachschaffenden Kraft eines Standortes.

Als Grundlage für die Erstellung von so genannten Leitprofilen für forstliche Standortstypen dienen über 4.700 Bodenprofile der Standortkartierung. Diese Profile wurden anhand des zugewiesenen forstlichen Standortstyps gruppiert und horizontbezogene Bodenparameter wie Bodenarten, Skelett- und Humusgehalte und Trockenroh-dichten aggregiert.

Die Abbildung links oben zeigt schematisch eine entsprechende Aggregation von sechs Profilen und ein sich daraus ergebendes Profil (Profil_AGG) für den jeweiligen forstlichen Standortstyp. Das Ergebnis sind konkrete Profile, wie z. B. in der Abbildung links unten dargestellt, auf deren Grundlage

dann für Standortstypen wichtige ökologische Kennwerte, wie z. B. die nutzbare Feldkapazität oder die potenzielle Kationenaustauschkapazität, mittels so genannter Pedotransferfunktionen berechnet werden können.

Für die Zuordnung der standortkundlichen Kartiereinheiten zu den BWI-Traktecken wurde eine Kreisfläche mit einem Radius von 20 m (vgl. Abb. Seite 21) um die Traktecke betrachtet. Innerhalb dieser Kreisfläche wurden die zwei flächenmäßig bedeutendsten Standorteinheiten (Flächenanteil > 20 %) berücksichtigt.



Schematische Darstellung der Ableitung von Leitprofilen (Profil_AGG) für forstliche Standortstypen in Schleswig-Holstein

Standortstyp: 42.3+3.1 Wasserhaushalt: Mäßig frische Standorte, auch mit kurzfristigem, schwachem Tageswasserrückstau im tiefen Unterboden, auch kurzfristig mäßig sommertrocken Nährstoffgehalt: Mäßig versorgt – schwach mesotroph Substrat: Schwächer und besser verlehmt Sande mit Sandunterlagerung						
Horizont	Tiefe (cm)	Bodenart	Skelett (Vol.-%)	TRD (g cm³)	nFK (mm)	
Ah	0-4	schwach lehmiger Sand	3	1,27	6	
Aeh	4-6	schwach lehmiger Sand	3	1,27	3	
Bv	6-35	schwach lehmiger Sand	3	1,39	45	
ilCv	74-180	schwach lehmiger Sand	12	1,81	121	
C	180-201	schwach lehmiger Sand	23	1,80	21	
Standortstyp: 37.4+8.3 Wasserhaushalt: Schwächer wechselfeuchte bis staufrische Standorte mit geringem bis mäßigem Wechsel zwischen Vernässung und abnehmender Feuchte bei tiefer sitzender Staunässe Nährstoffgehalt: Ziemlich gut versorgt; gut mesotroph Substrat: Kalkhaltige Lehme mit stark anlehmiger bis verlehmt Sandüberlagerung						
Horizont	Tiefe (cm)	Bodenart	Skelett (Vol.-%)	TRD (g cm³)	nFK (mm)	
Ah	0-17	schwach lehmiger Sand	1	1,32	27	
Bvh	17-26	schwach lehmiger Sand	1	1,36	14	
Bv	26-51	mittel lehmiger Sand	1	1,38	44	
Swd	51-203	mittel sandiger Lehm	2	1,35	284	
SdiCv	203-250	schwach toniger Lehm	3	1,68	55	
Cv	250-300	mittel lehmiger Sand	0	1,78	70	

Beispielhafte Darstellung von zwei Bodenprofilen an forstlichen Standorteinheiten in Schleswig-Holstein und verfügbare Profilinformatio-nen (Auszug). TRD: Trockenroh-dichte

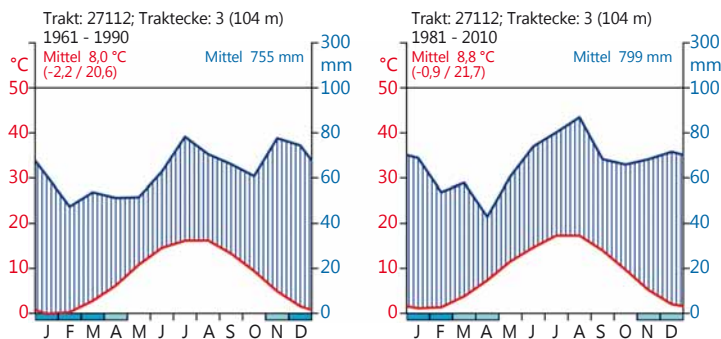


Foto: M. Schmidt

Standortsinformationen für die Bundeswaldinventur in Schleswig-Holstein

Klimadaten für die Bundeswaldinventur

Das Klima ist häufig eine entscheidende Einflussgröße für das standörtliche Leistungsvermögen und das Risiko von biotischen Schädigungen der Bestände. Entsprechend sind zur Bewertung der vergangenen und zukünftigen Wachstumsbedingungen unserer Wälder räumlich und zeitlich hoch aufgelöste Klimadaten eine wichtige Grundlage. Eine klimasensitive Berechnung der Vegetationsperiode oder der Einsatz von prozessorientierten Wasserhaushaltsmodellen erfordert in der Regel Klimadaten in täglicher Auflösung. Entsprechende Zeitreihen wurden am Institut für Geographie der Universität Hamburg an 26.450 BWI-Punkten für acht Klimagrößen entwickelt (Kawohl et al. 2017). Die Zeitreihen umfassen dabei sowohl eine retrospektive Betrachtung (ab 1961) als auch die Projektion von mehreren Klimaszenarien bis zum Jahr 2100. Mit dieser Datengrundlage können zum einen einfache Auswertungen in monatlicher Auflösung zur klimatischen Charakterisierung der einzelnen Traktecken der BWI durchgeführt werden und zum anderen Tagesdaten als Antrieb von komplexen Modellen verwendet werden. Die Abbildung unten zeigt so genannte Walter/Lieth-Klimadiagramme beispielhaft für eine Traktecke. Es ergeben sich zwischen den retrospektiven Zeiträumen (1961-1990 und 1981-2010) ein Temperaturanstieg von 0,8 °C und ein leichter Niederschlagsanstieg von 44 mm. Die Erhöhung der Niederschlagsmenge macht sich vor allem in den Sommermonaten (Juni bis August) bemerkbar, so dass ein höherer Verdunstungsanspruch durch die Temperaturerhöhung in der Vegetationsperiode kompensiert werden kann.



Klimadiagramme auf Grundlage der generierten Klimazeitreihen für die Traktecke 3 des Traktes 27112 für die Zeiträume 1961-1990 (links) und 1981-2010 (rechts)



Foto: M. Spielmann



Foto: M. Schmidt

Die so für die BWI generierten Klimadaten können zusammen mit den Bodenprofilen einerseits verwendet werden, um mit Hilfe von hydrologischen Modellen zeitlich hochaufgelöste Kenngrößen des Wasserhaushaltes (z. B. Trockenstressindikatoren) zu ermitteln und mit der Wasserhaushaltseinstufung der Standortskartierung zu vergleichen (vgl. folgendes Kapitel). Andererseits bilden sie eine wichtige Grundlage für ein verbessertes Verständnis der Standort-Leistungs-Beziehungen und möglicher Prognosen im Klimawandel.

Der Trockenstress nimmt erstmal ab

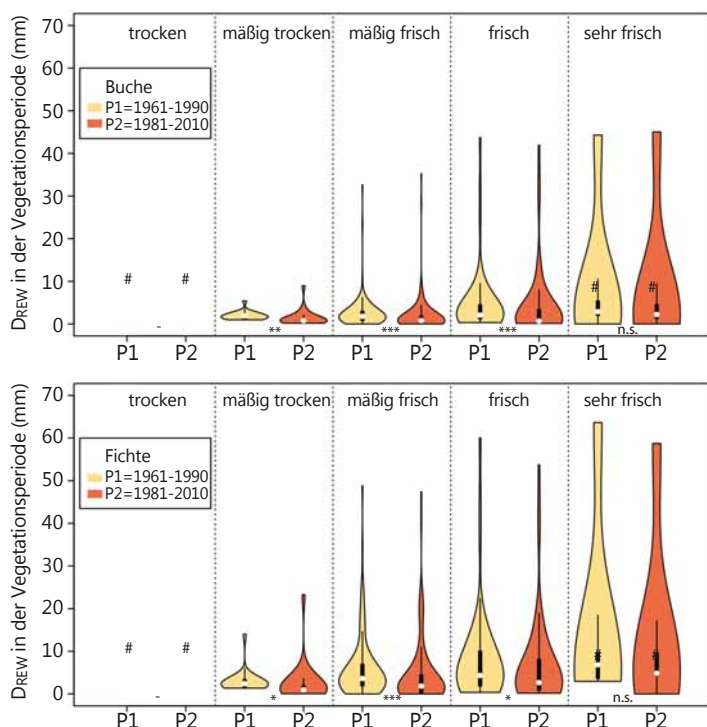
Für insgesamt 24.610 Traktecken der Bundeswaldinventur (BWI) wurde der Wasserhaushalt von Buchen- und Fichtenbeständen für den Zeitraum von 1961 bis 2013 berechnet. Verwendet wurde das Modell LWF-Brook90, welches die Verdunstung, die Bodenwasserflüsse einschließlich Sickerwasserspense sowie die Bodenwasserverfügbarkeit von Wäldern in täglicher Auflösung berechnet. Grundlage für die Berechnungen sind unter anderem die vorab beschriebenen bodenkundlichen und klimatischen Eingangsdaten. Für jede Traktecke wurden die Berechnungen jeweils für Modellbestände von Buche und Fichte durchgeführt, um den Einfluss der flächenhaft bedeutendsten Nadel- und Laubbaumart auf den Wasserhaushalt abzuschätzen und deren Standortseignung zu beurteilen. Aus den Modellergebnissen wurden verschiedene Trockenstressindikatoren abgeleitet, welche Einschränkungen der Wasserverfügbarkeit an den BWI-Traktecken beschreiben. Ein häufig verwendeter Indikator ist beispielsweise die relative pflanzenverfügbare Bodenwasserspeicherfüllung (REW). Diese wird als Verhältnis aus aktueller Bodenwasserspeicherfüllung und der maximal pflanzenverfügbaren Bodenwassermenge berechnet und quantifiziert somit die Bodenwasserverfügbarkeit. In zahlreichen Studien wurden Wachstumseinschränkungen in Waldbeständen beobachtet, wenn dieser Indikator 40 % der nutzbaren Feldkapazität unterschreitet (z. B. Granier et al. 1999; 2007). Um die Dauer und Intensität einer solchen Unterschreitung zu berücksichtigen, kann die Defizitsumme unterhalb des 40 %-Schwellenwertes für die Vegetationsperiode berechnet werden (DREW).

Standortsinformationen für die Bundeswaldinventur in Schleswig-Holstein

Dieser Indikator wurde für zwei verschiedene Zeiträume der jüngeren Vergangenheit für die BWI in Schleswig-Holstein ausgewertet (vgl. Abb. unten), da neuere Untersuchungen darauf hindeuten, dass Abweichungen von den langjährigen Witterungsbedingungen eine zentrale Bedeutung für das bestandsspezifische Trockenstressrisiko haben (Choat et al. 2012). Im Vergleich mit anderen Bundesländern sind alle Feuchtestufen durch geringe Defizitsummen gekennzeichnet, so dass im Mittel eigentlich keine gravierenden Unterschiede zwischen den Feuchtestufen zu erkennen sind. Die Fichte weist in allen Feuchtestufen insgesamt leicht höheren Trockenstress auf als die Buche. Des Weiteren wird ersichtlich, dass die mittlere Defizitsumme bei beiden Baumarten im Zeitraum 1981 bis 2010 gegenüber 1961 bis 1990 in den



Foto: M. Schmidt



Mittlere Defizitsumme (DREW) des relativen pflanzenverfügbaren Bodenwassers bei Unterschreitung von 40 % der nutzbaren Feldkapazität in der Vegetationsperiode der Buche (oben) und Fichte (unten) für zwei Zeiträume gruppiert nach ökologischen Feuchtestufen. Signifikant verschiedene Werte zwischen den Zeiträumen sind durch Sternchen gekennzeichnet. Die Anzahl der Sterne beschreibt das Signifikanzniveau, (***) < 0.001, (**) < 0.01, (*) < 0.05); #: äußerst geringer Stichprobenumfang. Das „Violinen“-Diagramm ist sehr ähnlich zum Boxplot. Die Breiten der „Violine“ zeigen zusätzlich an, wie viele Fälle in dem jeweiligen Wertebereich vorliegen.



Foto: T. Ullrich

meisten ökologischen Feuchtestufen signifikant gesunken ist und sich somit das mittlere Trockenstressniveau verringert hat. Bei den mäßig trockenen, mäßig frischen und frischen Standorten geht die Reduzierung so weit, dass Trockenstress nur noch sehr vereinzelt auftritt. Bei den sehr frischen Standorten bestätigt sich diese Tendenz. Der geringe Stichprobenumfang führt jedoch dazu, dass die Änderungen nicht signifikant sind. Diese Entwicklung in Schleswig-Holstein ist gegenläufig zu einer bundesweiten Entwicklung des retrospektiven Trockenstress (vgl. Schmidt-Walter et al. 2017). Für Schleswig-Holstein zeigt sich, dass die Temperaturerhöhung in diesem Zeitraum durch eine höhere Niederschlagsmenge (insbesondere in der Vegetationsperiode) mehr als kompensiert werden konnte. Ob sich dieser Trend im Klimawandel wieder umkehrt, ist noch Gegenstand von laufenden Auswertungen. Sollten jedoch die Sommerniederschläge, wie für den Klimawandel in Schleswig-Holstein projiziert, deutlich abnehmen, ist auch für Schleswig-Holstein bei einer weiteren Temperaturerhöhung mit einem erhöhten Trockenstressrisiko zu rechnen. Aufgrund der Meeresnähe und dem damit verbundenen dämpfenden Einfluss ist jedoch insgesamt eine etwas weniger starke Erwärmung als in den kontinentaleren Bundesländern zu erwarten.

Fazit

Im Projekt WP-KS-KW konnten für die Traktecken im 4 km x 4 km Grundnetz der Bundeswaldinventur umfangreiche Datensätze mit Umweltdaten erhoben und abgeleitet werden. Diese Datengrundlagen erlauben eine Analyse des Zusammenhangs zwischen Standort und Waldwachstum und somit eine bessere Einschätzung der zukünftigen Waldentwicklung. Aber auch die Wasserhaushaltseinstufung der Standortskartierung kann hinsichtlich ihrer Konstanz bzw. Dynamik bewertet werden. Die durch die Klimaänderungen der jüngeren Vergangenheit ausgelösten Trockenstressereignisse sind im Gegensatz zu Niedersachsen, Hessen und Sachsen-Anhalt leicht zurückgegangen. Wie sich diese Entwicklung im Zuge des Klimawandels fortsetzen wird, kann mit den generierten Grundlagendaten in aktuell laufenden Auswertungen genauer untersucht werden.

Stoffeinträge

Birte Scheler

In Wäldern ist die Deposition aus der Atmosphäre für viele Nähr- und Schadstoffe die wichtigste Eintragsquelle. Die Kronenoberflächen von Bäumen filtern sehr effektiv gas- und partikelförmige Stoffe aus der Luft. Aufgrund dieses Filtereffektes ist der Eintrag anthropogen bedingter Schwefel- und Stickstoffverbindungen (Nitrat und Ammonium) im Wald deutlich höher als bei anderen Landnutzungsformen. Diese so genannte Immissionsschutzfunktion des Waldes stellt jedoch für das Ökosystem Wald selbst eine Belastung dar.

Um die Wirkungen erhöhter Stoffeinträge und damit verbundener Risiken für Wälder, Waldböden und angrenzende Ökosysteme wie beispielsweise das Grundwasser zu untersuchen, wird in Schleswig-Holstein seit 1989 im Rahmen des Intensiven Forstlichen Umweltmonitorings der Stoffeintrag in einem 112jährigen Buchenbestand in Bornhöved erfasst. Der Bestandesmessfläche (Kronentraufe) ist eine Freifläche (Freilandniederschlag) zugeordnet. Zusätzlich wird zur Erfassung des gesamten Bestandesniederschlags der Stammablauf gemessen und analysiert, der in Buchenbeständen quantitativ bedeutsam ist. Mittels eines Kronenraumbilanzmodells (Ulrich 1991) werden aus den gemessenen Stoffflüssen Gesamtdepositionsraten berechnet.

Niederschlag

Die Höhe der Stoffeinträge wird maßgeblich durch verschiedene Faktoren wie Niederschlagsmenge und -verteilung, Baumart, Bestandeshöhe, Kronenrauigkeit bzw. lokale Emittenten bestimmt. Aus diesem Grund sind die Stoffeinträge in niederschlagsärmeren Gebieten in der Regel niedriger als in niederschlagsreichen Gegenden und aufgrund des Laubabwurfs unter Buche geringer als unter Fichte und Douglasie. 2016 betrug der Bestandesniederschlag (Kronentraufe und Stammablauf) in Bornhöved 552 mm und lag damit 49 mm bzw. 8 % unter dem Mittel der Jahre 2011-2015. Im Freiland fielen 709 mm Niederschlag bzw. 31 mm (4 %) weniger als im Vergleichszeitraum. Insgesamt zeigt sich im Beobachtungszeitraum eine tendenzielle Abnahme der Niederschläge.

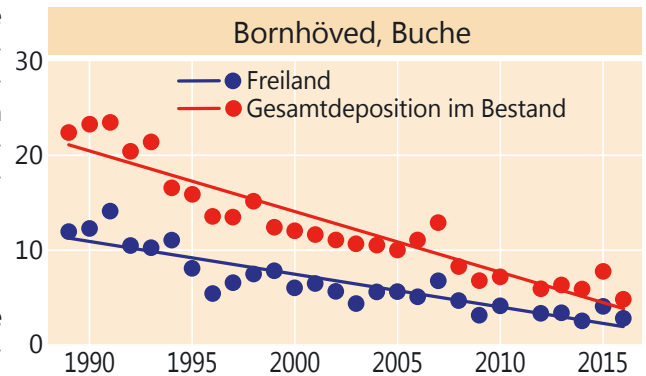


Probenahme Bodenwasser, Intensiv-Monitoringfläche Bornhöved
Foto: O. Schwerdtfeger

Schwefel

Durch die konsequente Umsetzung von Maßnahmen zur Luftreinhaltung ging der Schwefeleintrag (jeweils gemessen als Sulfatschwefel SO_4-S) seit Mitte der 1980er Jahre stark zurück. Die stetige Abnahme der Schwefeleinträge setzte sich trotz des bereits zu Beginn der 2000er Jahre erreichten vergleichsweise niedrigen Niveaus in den vergangenen 10 Jahren weiter fort. 2016 betrug er je Hektar 2,7 kg im Freiland und 4,7 kg unter Buche. Er war damit 1,7 kg (Buche) bzw. 0,7 kg (Freiland) niedriger als im Mittel der Jahre 2011-2015.

Sulfatschwefel-Eintrag (SO_4-S) in kg je Hektar und Jahr

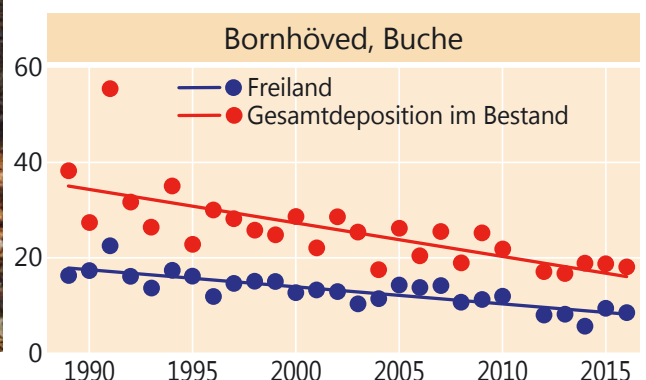


Stickstoff

Stickstoff wird einerseits in oxidiert Form als Nitrat (Quellen: Kfz-Verkehr, Verbrennungsprozesse), andererseits in reduzierter Form als Ammonium (landwirtschaftliche Quellen) in das Ökosystem eingetragen. Im langjährigen Mittel (1989-2015) betrug das Verhältnis Ammonium zu Nitrat annähernd 60:40, der Ammoniumanteil schwankte in den einzelnen Jahren zwischen 43 % und 66 %.

Der Eintrag von Nitratstickstoff hat im Freiland und in der Gesamtdeposition seit Untersuchungsbeginn signifikant abgenommen. Er betrug 2016 je Hektar im Freiland 3,4 kg und unter Buche 7,2 kg (Gesamtdeposition mit Stammablauf). Im Vergleich zum Mittel der Jahre 2011-2015 reduzierte sich der Nitratreintrag unter Buche um 1,2 kg und stieg im Freiland um 0,1 kg an.

Stickstoff-Eintrag ($NH_4-N + NO_3-N$) in kg je Hektar und Jahr



Stoffeinträge

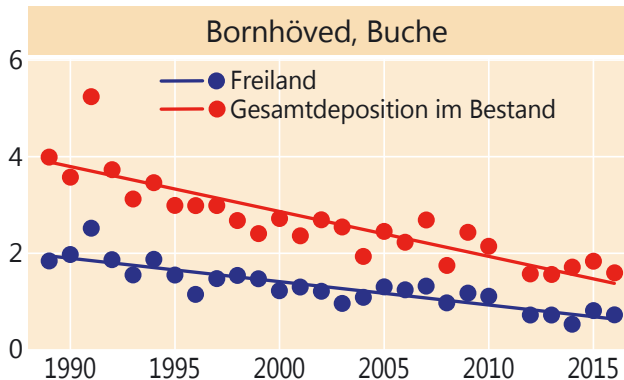
Der Ammoniumstickstoffeintrag hat sich seit 1989 ebenfalls signifikant verringert. 2016 betrug der Eintrag von Ammoniumstickstoff 5,2 kg je Hektar im Freiland und 11 kg unter Buche. Im Gegensatz zum abnehmenden Trend im gesamten Beobachtungszeitraum seit 1989 erhöhte sich 2016 der Ammoniumeintrag mit der Gesamtdeposition im Vergleich zum Zeitraum 2011-2015 unter Buche um 1,4 kg (15 %) und im Freiland um 0,7 kg (15 %).

Trotz verschiedener Bemühungen zur Reduktion der Stickstoffemissionen und hieraus resultierender rückläufiger Einträge übersteigt der anorganische atmosphärische Stickstoffeintrag mit 18,2 kg nach wie vor den Bedarf des untersuchten Bestandes für das Baumwachstum. Stickstoffeinträge, die über dem Bedarf des Ökosystems für das Wachstum liegen, ziehen jedoch – ggf. zeitverzögert – gravierende negative Konsequenzen für den Wald selbst sowie angrenzende Ökosysteme wie Fließ- und Grundgewässer nach sich.

Gesamtsäure

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

Gesamtsäure-Eintrag in kmol_c je Hektar und Jahr



Niederschlagssammler, Freifläche Bornhöved
Foto: O. Schwerdtfeger



Klimamessturm, Freifläche Bornhöved

Foto: O. Schwerdtfeger

2016 betrug der Gesamtsäureeintrag je Hektar im Freiland $0,7 \text{ kmol}_c$ und $1,6 \text{ kmol}_c$ unter Buche. Im Vergleich mit neun weiteren untersuchten Buchenbeständen im Zuständigkeitsgebiet der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt in den Bundesländern Niedersachsen und Hessen weist die Fläche in Bornhöved 2016 die höchsten Säureeinträge auf.

Im Mittel der letzten fünf Jahre ist der anorganische Stickstoffeintrag ($\text{NH}_4\text{-N} + \text{NO}_3\text{-N}$) für 78 % des Gesamtsäureeintrags verantwortlich. Auch unter dem Gesichtspunkt der Säurebelastung ist eine weitere Reduzierung der Stickstoffeinträge dringend geboten.

Aufgrund der sehr geringen nicht seesalzbürtigen Baseneinträge in Höhe von $0,09 \text{ kmol}_c$ sowie einer geringen Basenfreisetzung im Boden durch Verwitterung übersteigt der Gesamtsäureeintrag trotz des beobachteten Rückgangs nach wie vor die nachhaltige Säurepufferkapazität des untersuchten Bestandes.

Eine standortsangepasste Kalkung zum Schutz der Waldböden und der Erhaltung ihrer Filterfunktion für das Grundwasser kann empfohlen werden.

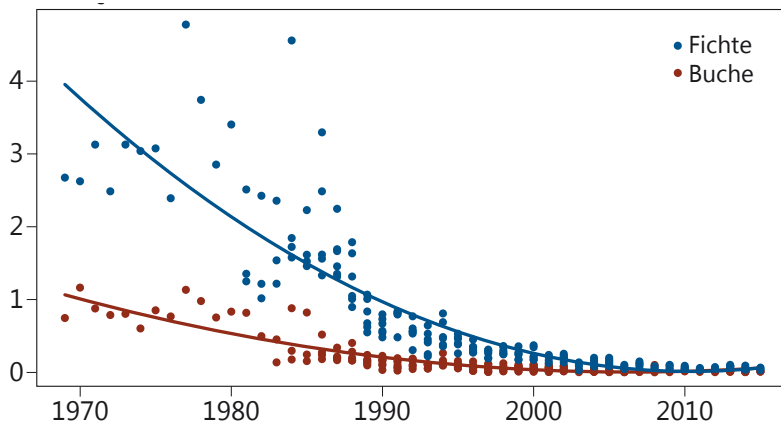
kmol_c (Kilomol charge) = Menge an Ladungsäquivalenten. Sie berechnet sich wie folgt: Elementkonzentration multipliziert mit der Wertigkeit des Moleküls (=Ladungsäquivalente pro Molekül), dividiert durch das Molekulargewicht. Multipliziert mit der Niederschlagsmenge ergibt sich die Fracht an Ladungsäquivalenten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

Entwicklung der Bodenversauerung auf Intensiv-Monitoringflächen in Nordwestdeutschland

Nils König, Heike Fortmann, Henning Meesenburg und Egbert Schönfelder

Der Eintrag von Säure in die Waldökosysteme ist im Vergleich zu den 1970er und 1980er Jahren deutlich zurückgegangen. Dies zeigen die Säureeinträge (Protonen) in Fichten- und Buchenflächen des Intensiven Monitorings der Länder Niedersachsen, Hessen, Sachsen-Anhalt und Schleswig-Holstein (siehe Abb. unten). Die Einträge in die Fichtenbestände sind deutlich höher als die in die Buchenbestände.

Säureeintrag (Protonen) kmol_c/ha



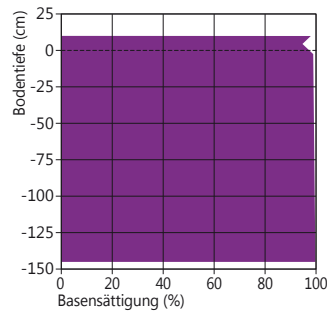
Säureeintrag (Protonen) mit der Kronentraufe auf Buchen- (rot) und Fichten- (blau) Monitoring-Flächen der NW-FVA seit 1968

Im Rahmen des Forstlichen Umweltmonitorings der NW-FVA wurden in den letzten 50 Jahren auf 47 Flächen die Einträge von Nähr- und Schadstoffen sowie deren Austräge mit der Bodenlösung gemessen. Hierzu wurden Bodeninventuren durchgeführt und die Bodenproben hinsichtlich ihres Versauerungszustandes untersucht. Einige Ergebnisse dieser Untersuchungen zur Wirkung und zum Verbleib der eingetragenen Säuren und die Wirkung von Kalkungsmaßnahmen werden im Folgenden dargestellt.

Bodenversauerung

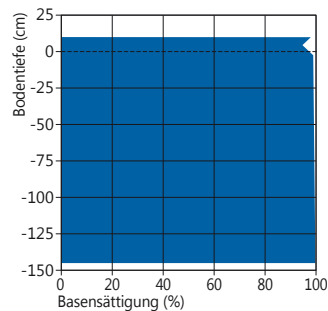
Um den Versauerungszustand von Böden zu beschreiben, werden verschiedene bodenchemische Indikatoren untersucht. Der pH-Wert in wässriger Bodensuspension ($\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$) kennzeichnet den aktuellen Säurezustand, während der pH-Wert in Salzlösung ($\text{pH}(\text{CaCl}_2)$) die potenzielle Versauerung widerspiegelt. Mit der Bestimmung der austauschbaren Kationenbasen Calcium, Magnesium, Natrium und Kalium sowie den Kationensäuren Aluminium, Eisen, Mangan und Protonen können ebenfalls Aussagen zum Versauerungsgrad des Bodens gemacht werden. Dabei stellt das Verhältnis der basischen Kationen zur Gesamtsumme der austauschbaren Kationen (AK) die Basensättigung (BS) dar: je geringer die Basensättigung, desto höher ist der Versauerungsgrad. Bei einer Basensättigung unter 20 % besteht das Risiko, dass vermehrt toxische Aluminiumionen in die Bodenlösung abgegeben werden und dort Baumwurzeln und Mikroorganismen schädigen.

Die 47 Flächen des Intensiven Forstlichen Monitorings wurden zunächst auf Basis des Tiefenverlaufs der Basensättigung den fünf Versauerungs- bzw. Basensättigungstypen nach Kölling zugeordnet. Typ 1 beschreibt die Böden mit nahezu vollständiger Basensättigung über die gesamte Profiltiefe, zum Typ 5 gehören alle Flächen mit tiefgründiger Versauerung und einer Basensättigung unter 20 % über die gesamte Profiltiefe. Die Typen 2-4 beschreiben die fortschreitende Versauerung mit der Bodentiefe (siehe Abbildungen rechts).

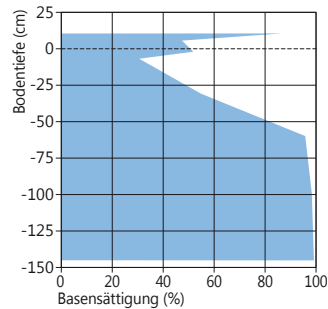


Versauerungstypen
nach Kölling 1999, Kölling et al. 1996

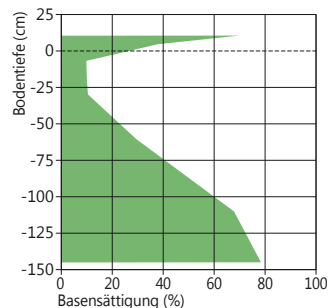
sehr basenreich (Typ 1+)
Gleichmäßig hohe Basensättigung von > 80 % im gesamten Profil mit hohem Calcium-, Magnesium- und Kaliumvorrat, keine Bodenversauerung



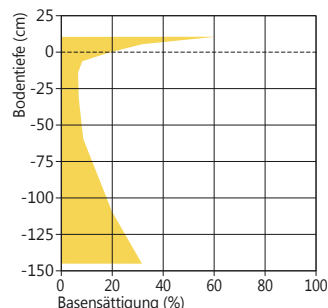
sehr basenreich, geringes Kaliumangebot (Typ 1-)
Gleichmäßig hohe Basensättigung von > 80 % im gesamten Profil mit hohem Calcium-, Magnesium- und geringem Kaliumvorrat (< 400 kg/ha Kalium), keine Bodenversauerung



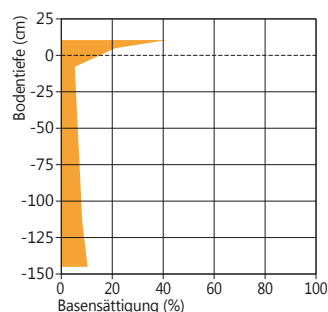
basenreich (Typ 2)
Hohe Basensättigung mit hohem Calcium-, Magnesium- und Kaliumvorrat, leichte Versauerung im Oberboden



mittelbasisch (Typ 3)
Mittlere Basensättigung mit mittlerem Calcium-, Magnesium- und Kaliumvorrat, stärkere Versauerung im Oberboden



basenarm (Typ 4)
Geringe Basensättigung mit geringem Calcium-, Magnesium- und Kaliumvorrat, tieferreichende Bodenversauerung, Anstieg der Basensättigung von > 20 % erst in 1 m Tiefe



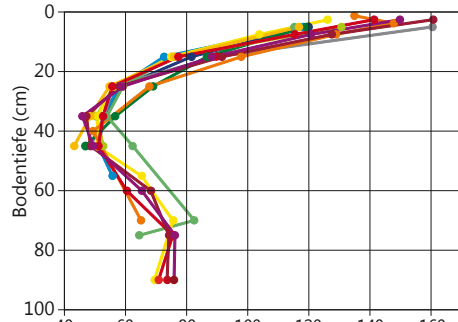
sehr basenarm (Typ 5)
Gleichmäßig geringe Basensättigung von < 20 % mit geringem Calcium-, Magnesium- und Kaliumvorrat, tiefreichende Bodenversauerung

Entwicklung der Bodenversauerung auf Intensiv-Monitoringflächen in Nordwestdeutschland

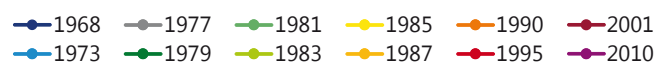
Ordnet man die 47 Intensiv-Monitoringflächen diesen Versauerungstypen zu, so entfallen drei Flächen auf Typ 1, fünf Flächen auf Typ 2, sieben Flächen auf Typ 3, zwei Flächen auf Typ 4 und 30 Flächen auf Typ 5. Zehn dieser Flächen wurden ein- oder mehrmals gekalkt. Die 30 Intensiv-Monitoringflächen des Versauerungstyps 5 sind in der Regel basenarme Standorte mit geringer Austauschkapazität und gehören vorrangig den Substratgruppen unverlehmter Sand, schwach verlehmter Sand, Buntsandstein und Quarzit an. Ein typisches Beispiel ist die Fichtenfläche im Solling (SLF1, Südniedersachsen).

Diese Fläche ist sehr homogen, was am sehr ähnlichen Verlauf der Austauschkapazität (Abb. rechts, oben links) mit der Bodentiefe zu den verschiedenen Beprobungszeitpunkten und -orten zu erkennen ist. Die Basensättigung (Abb. rechts, oben rechts) hat mit der Zeit über die gesamte Bodentiefe deutlich abgenommen und ist erst in den letzten Jahren wieder leicht angestiegen. Mit der Abnahme der Basensättigung verändert sich das chemische Bodenmilieu. Der Anteil von Aluminium an der Austauschkapazität nimmt zu, die Nährstoffe (u. a. Calcium, Magnesium) werden mit dem Sickerwasser ausgetragen und gehen dem Ökosystem verloren. Diese Entwicklung spiegelt sich in der Zunahme von austauschbarem Aluminium (Abb. rechts, Mitte links) und der Abnahme von austauschbarem Calcium (Abb. rechts, Mitte rechts) auf der Fichtenfläche im Solling (SLF1) wider.

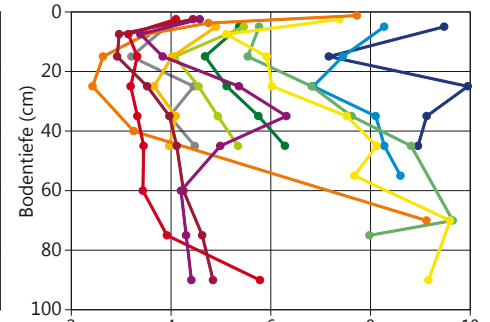
Austauschkapazität (mmol_c/kg), Solling Fichte



Zeitliche Entwicklung der Austauschkapazität mit der Bodentiefe von 1968-2010

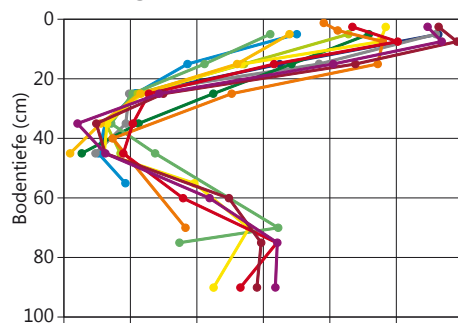


Basensättigung (%), Solling Fichte



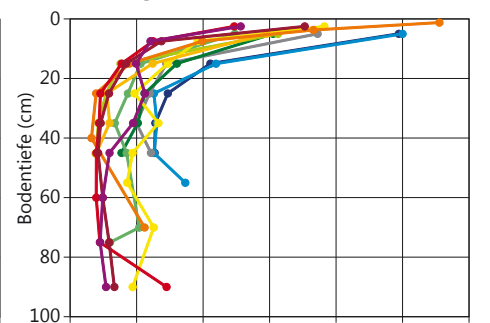
Zeitliche Entwicklung der Basensättigung mit der Bodentiefe von 1968-2010

Aluminium (mmol_c/kg), Solling Fichte



Zeitliche Entwicklung des Gehalts an austauschbarem Aluminium mit der Bodentiefe von 1968-2010

Calcium (mmol_c/kg), Solling Fichte



Zeitliche Entwicklung des Gehalts an austauschbarem Calcium mit der Bodentiefe von 1968-2010

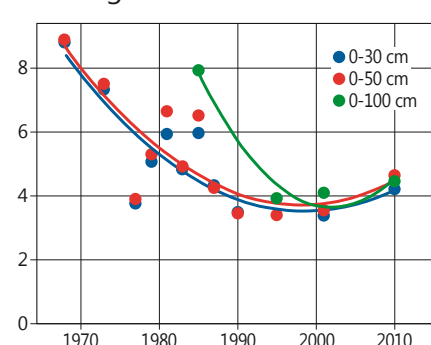
Noch deutlicher ist die Entwicklung der Basensättigung zu erkennen, wenn für verschiedene Bodentiefen (0-30 cm, 0-50 cm, 0-100 cm) die mittlere Basensättigung betrachtet wird (Abb. unten links). Eine Ursache für die Abnahme der Basensättigung ist der Verlust an austauschbarem Calcium, dessen Vorräte im Oberboden (0-50 cm) wie auch im Unterboden (50-100 cm) deutlich abgenommen haben. Seit etwa dem Jahr 2000 deutet sich ein Anstieg der Calciumvorräte im Oberboden an, während der Unterboden weiter an Calcium zu verarmen scheint (Abb. unten rechts).



Bodenprobenahme

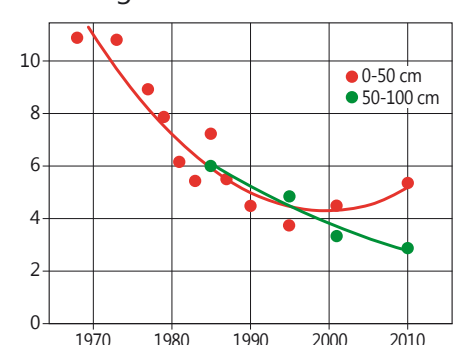
Foto: J. Evers

Mittlere Basensättigung (%), Solling Fichte



Veränderung der mittleren Basensättigung für die Bodentiefe 0-30, 0-50 und 0-100 cm

Calciumvorräte (kmol_c/ha), Solling Fichte

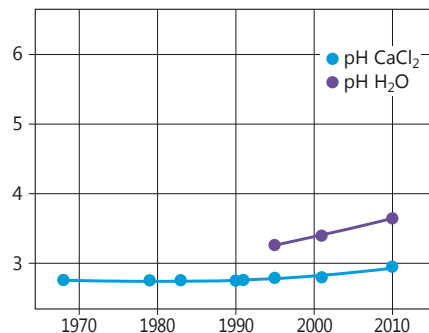


Veränderung der austauschbaren Calciumvorräte für die Bodentiefe 0-50 und 50-100 cm

Entwicklung der Bodenversauerung auf Intensiv-Monitoringflächen in Nordwestdeutschland

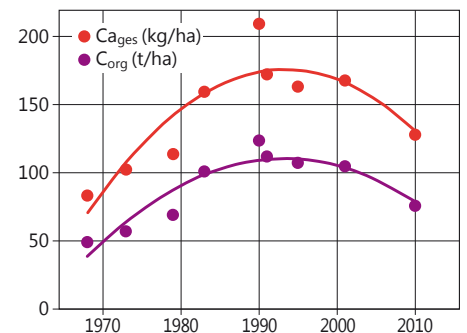
Im Auflagehumus ist der pH-Wert (H₂O) im Zeitraum 1995-2010 angestiegen (Abb. links). Dies geht einher mit der Abnahme des Auflagehumusvorrats auf der Fläche, der in der Phase der Versauerung zugenommen hatte (Abb. rechts). Diese Ergebnisse sind in ähnlicher Form auch auf den übrigen Flächen des Versauerungstyps 5 festzustellen. Wegen der größeren Inhomogenität anderer Versuchsflächen sind die Tendenzen jedoch nicht immer so klar erkennbar oder es liegen nicht so lange Zeitreihen vor. Betrachtet man die 14 ungekalkten Flächen des Versauerungstyps 5 mit niedrigen Calciumvorräten, auf denen mehr als eine Inventur durchgeführt wurde, gemeinsam, so ergibt sich für eine Reihe von Flächen eine signifikante Abnahme des austauschbaren Calciumvorrates in den vergangenen Jahrzehnten seit 1966 im Oberboden (durchgezogene Linien in roten bis orangenen Farbtönen). Die Abnahme des austauschbaren Calciums im Mineralboden scheint im letzten Jahrzehnt gestoppt zu sein, auf einigen der Flächen ist sogar eine leichte Erholung zu erkennen (Abb. unten).

pH-Werte im Auflagehumus, Solling Fichte



Veränderung der pH-Werte im Auflagehumus in Wasser (H₂O) und Calciumchlorid (CaCl₂)

Calcium- und Kohlenstoffvorräte im Auflagehumus, Solling Fichte



Veränderung der Calcium-Vorräte (Ca_{ges}) und der Vorräte an organischem Kohlenstoff (C_{org}) im Auflagehumus

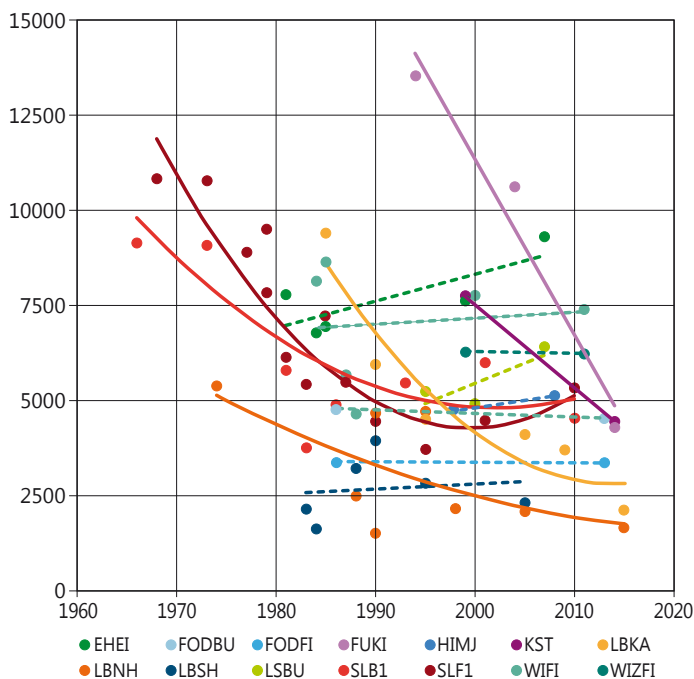
Bei vielen Flächen, deren Zeitreihen erst Mitte der 1980er Jahre oder noch später beginnen, ist in den letzten Jahrzehnten hingegen keine signifikante Veränderung zu erkennen.

Insgesamt muss festgestellt werden, dass die Versauerung auf schwach versorgten Standorten bis um das Jahr 2000 fortgeschritten ist und erst nach dem drastischen Rückgang der Säureeinträge die Calciumverluste gestoppt wurden. Auf einigen Standorten scheint eine langsame Erholung der Calciumvorräte und damit auch der Basensättigung stattzufinden. Diese Entwicklung muss weiter beobachtet werden.

Kalkung

Auf zehn Monitoringflächen wurden verschiedene Kalkungsmaßnahmen durchgeführt, um den Einfluss der Kalkung auf die Versauerungsindikatoren pH-Wert, Basensättigung, austauschbare Calciumvorräte u. a. zu untersuchen.

Calciumvorräte in 0-50 cm Bodentiefe (mol_c/ha)



Veränderung der austauschbaren Calciumvorräte für die Bodentiefe 0-50 cm auf 14 Flächen des Versauerungstyps 5. Durchgezogene Linien: signifikante Veränderung. Gestrichelte Linien: keine signifikante Veränderung.

EHEI = Ehrhorn Eiche, FODBU= Fürth im Odenwald Buche, FODFI = Fürth im Odenwald Fichte, FUKI = Fuhrberg Kiefer, HIMJ = Hils Mulde jung Fichte, KST = Königstein Fichte, LBHN = Lange Bramke Nordhang Fichte, LBSH = Lange Bramke Südhang Fichte, LSBU = Lüss Buche, SLB1 = Solling Buche, SLF1 = Solling Fichte, WIF1 = Wingst Fichte, WIZFI = Witzhausen Fichte



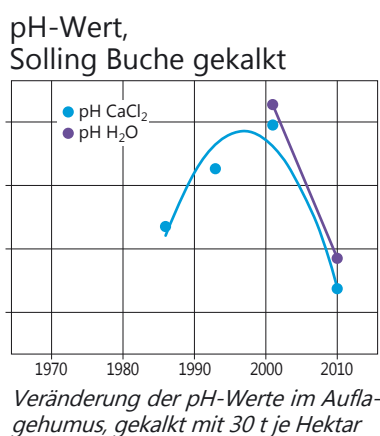
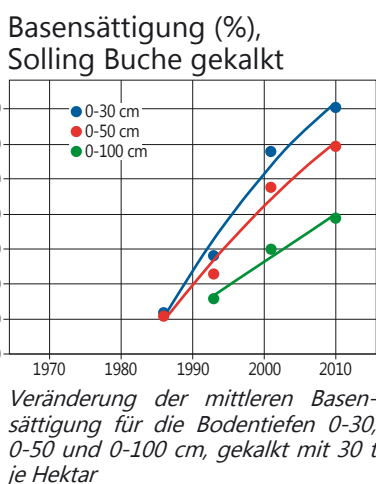
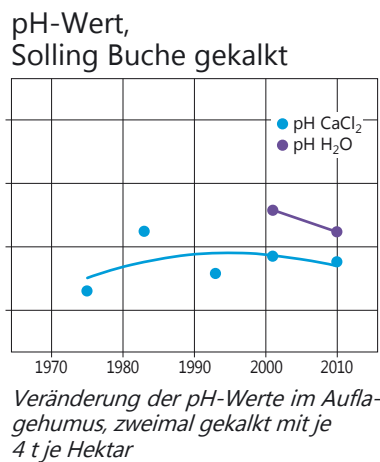
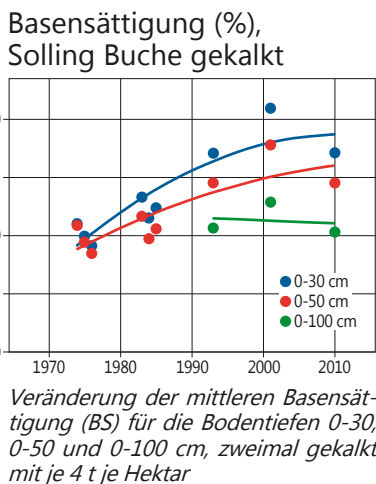
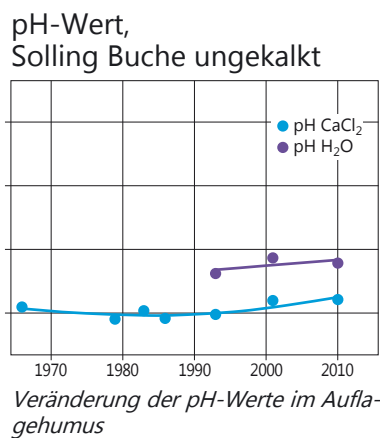
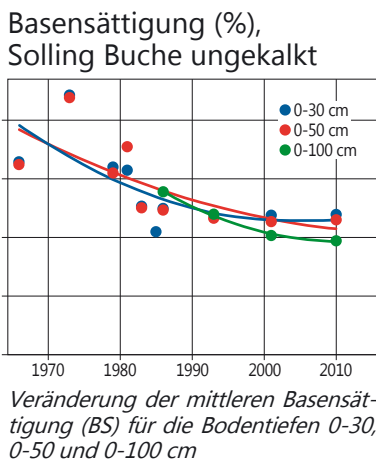
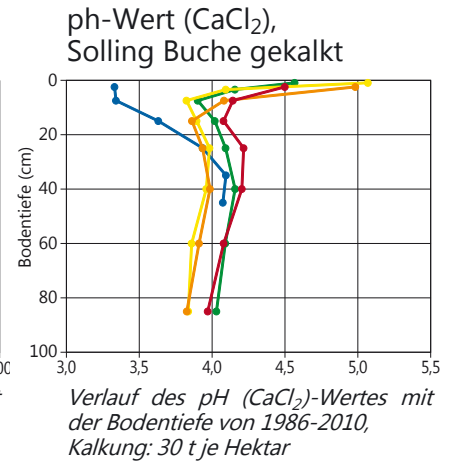
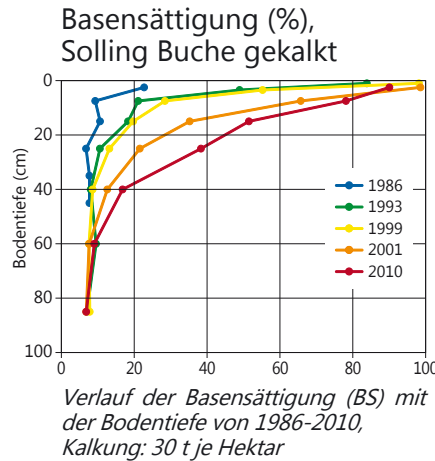
Bodenprobenahme

Foto: J. Evers

Entwicklung der Bodenversauerung auf Intensiv-Monitoringflächen in Nordwestdeutschland

Am deutlichsten kann die Wirkung der Kalkung auf einer Buchenfläche im Solling belegt werden, die mit 30 t je Hektar gekalkt wurde. Innerhalb von 25 Jahren stieg die Basensättigung im Oberboden auf bis zu 90 % an und änderte sich bis in eine Bodentiefe von 60 cm (Abb. links). Der pH-Wert (CaCl_2) stieg von 3,2 auf 5,4 in den obersten Zentimetern des Mineralbodens an (Abb. rechts). Damit einher gingen ein Abbau des Auflagehumus und eine Anreicherung von organischem Kohlenstoff im Oberboden.

Zwar ist eine Kalkung mit 30 t je Hektar extrem; sie zeigt aber deutlich die Trends auf, die



grundsätzlich auch bei geringeren Kalkmengen eintreten.

In den Abbildungen links sind die Entwicklungen der Basensättigung im Mineralbodenprofil und die des pH-Wertes im Auflagehumus auf drei Buchenflächen im Solling dargestellt. Die erste Fläche wurde nicht gekalkt, die zweite mit 2 x 4 t je Hektar und die dritte mit 30 t je Hektar. Es zeigt sich deutlich die Wirkung der Kalkung: die ungekalkte Fläche versauerte weiter und zeigt eine abnehmende Basensättigung auf unter 5 %, die sich erst in den letzten 10 Jahren mit leicht ansteigendem pH-Wert stabilisierte. Die mit 2 x 4 t je Hektar gekalkte Fläche zeigt eine leicht ansteigende Basensättigung auf bis zu 20 % im Oberboden und einen steigenden pH-Wert im Auflagehumus. 30 Jahre nach der letzten Kalkung scheinen jedoch beide Indikatoren wieder leicht abzunehmen. Die mit 30 t je Hektar gekalkte Fläche zeigt eine drastisch erhöhte Basensättigung bis in größere Bodentiefen. Der pH-Wert im Auflagehumus steigt zwischenzeitlich auf Werte um pH 6 an und hat nach 30 Jahren fast schon wieder den Ausgangszustand erreicht. Die Bodenschutzkalkung in den Partnerländern der NW-FVA wird in der Regel mit 3 t je Hektar durchgeführt, der Kalkungsturnus variiert. Die mit 2 x 4 t je Hektar gekalkte Fläche kommt von den Versuchsvarianten der Praxiskalkung am nächsten. Der Auflagehumusvorrat hat auf dieser Fläche abgenommen und ist auf der extrem gekalkten Fläche auf die Hälfte reduziert (ohne Abbildung).

Die Tiefenwirkung der Kalkung hängt stark vom Bodensubstrat ab. Auf sandigen Böden mit geringer Austauschkapazität wie der Eichenfläche GDEI in der Görhde ist nach 2-maliger Kalkung der austauschbare Calciumvorrat bis in 1 m Bodentiefe angestiegen und nimmt im Oberboden schon wieder ab (ohne Abbildung).

Insgesamt kann der Kalkung eine positive Wirkung in Bezug auf eine Rückführung der Bodenversauerung sowie einer Verlagerung des organischen Kohlenstoffs vom Auflagehumus in den oberen Mineralboden zugesprochen werden.

Literaturverzeichnis

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

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

Choat B, Jansen S, Brodribb TJ, Cochard H, Delzon S, Bhaskar R, Bucci SJ, Feild TS, Gleason SM, Hacke UG, Jacobsen AL, Lens F, Hafiz Maherali H, Marti´Nez-Vilalta J, Mayr S, Mencuccini M, Mitchell PJ, Nardini A, Pittermann J, Pratt RB, Sperry JS, Westoby M, Wright IJ, Zanne AE (2012): Global convergence in the vulnerability of forests to drought. *Nature*, 491, 752-755.

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

Granier A, Breda N, Biron P, Villette S (1999): A lumped water balance model to evaluate duration and intensity of drought constraints in forest stands. *Ecol. Modelling*, 116, 269-283.

Granier A, Reichstein M, Breda N, Janssens I A, Falge E, Ciais P, Grunwald T, Aubinet M, Berbigier P, Bernhofer C, Buchmann N, Facini O, Grassi G, Heinesch B, Ilvesniemi H, Keronen P, Knohl A, Koster B, Lagergren F, Lindroth A, Longdoz B, Loustau D, Mateus J, Montagnani L, Nys C, Moors E, Papale D, Peiffer M, Pilegaard K, Pita G, Pumpanen J, Rambal S, Rebmann C, Rodrigues A, Seufert G, Tenhunen J, Vesala T, Wang O (2007): Evidence for soil water control on carbon and water dynamics in European forests during the extremely dry year: 2003. *Agricultural and Forest Meteorology*, 143, (1-2), 123-145.

Höper H & Meesenburg H (2012): Das Bodendauerbeobachtungsprogramm. In: 20 Jahre Bodendauerbeobachtungsprogramm in Niedersachsen. Tagungsband, GeoBerichte, Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (Hrsg.), Band 23, 6-18

ICP Forests (2010): Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests. UNECE, ICP Forests, Hamburg

Kawohl T, Dietrich H, Wehberg J, Böhner J, Wolf T, Röder A (2017): Das Klima in 80 Jahren - Wein- statt Waldbau? *AFZ-DerWald*, 72 Jg., (15), 32-35.

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

Schmidt-Walter P, Ahrends B, Meesenburg H (2017): Wasserhaushalt und Trockenstress für die BWI quantifiziert. *AFZ-DerWald*, 72, (15), 36-39.

Ulrich B (1991): Beiträge zur Methodik der Waldökosystemforschung. Berichte des Forschungszentrums für Waldökosysteme/Waldsterben. Reihe B, Band 24, 142 S

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

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

Titelfoto: Spielmann M

Layout: Paar E

Herstellung: Nordwestdeutsche
 Forstliche Versuchsanstalt

Druck: Printec Offset Kassel

Der Waldzustandsbericht 2017

ist abrufbar unter

www.nw-fva.de und

www.schleswig-holstein.de/

Landesregierung

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

Prof. Dr. Johannes Eichhorn
 Abteilungsleiter
 Umweltkontrolle



Dr. Uwe Paar
 Sachgebietsleiter Wald- und
 Bodenzustand, Redaktion



Inge Dammann
 Leiterin der Außenaufnahmen,
 Auswertung, Redaktion



Dr. Jan Evers
 Bodenzustandserhebung



Andreas Schulze
 Datenbank



Jörg Weymar
 Außenaufnahmen und Kontrollen



Michael Spielmann
 Außenaufnahmen und Kontrollen



Dr. Bernd Westphal
 Außenaufnahmen und Kontrollen



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

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