

Waldzustandsbericht 2015



Vorwort



Liebe Leserin, lieber Leser,

ich freue mich, Ihnen den Waldzustandsbericht für Schleswig-Holstein 2015 vorstellen zu können. Nach unserem Beitritt zur Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt im Jahre 2011 liegen hier nun zum fünften Mal die von den Göttinger Wissenschaftlern erhobenen Daten zum Gesundheitszustand der schleswig-holsteinischen Wälder vor.

Schleswig-Holstein gehört mit 11 % Waldanteil zu den waldärmsten Bundesländern. Dennoch erfüllt der Wald in Schleswig-Holstein ökonomische, ökologische und soziale Funktionen gleichermaßen. Die Erhaltung, der Schutz, die Weiterentwicklung und die nachhaltige Bewirtschaftung unserer Wälder sind gesetzlich fixierte Ziele und Aufgaben.

Der jährliche Waldzustandsbericht ermöglicht es, langfristige Entwicklungen aufzuzeigen und daraus Handlungsempfehlungen abzuleiten.

Umweltveränderungen beeinträchtigen die Erhaltung der Wälder mit ihren verschiedenen Funktionen. Schadstoffeinträge, klimatische Veränderungen und biotische Schädigungen sind hier wesentliche Belastungsfaktoren für den schleswig-holsteinischen Wald. Durch die Erhebung dieser Umweltinformationen können Entwicklungen rechtzeitig erkannt und Gegenstrategien entwickelt werden, die der Erhaltung unserer multifunktionalen Wälder in Schleswig-Holstein dienen.

Angesichts knapper fossiler Energieträger und des Klimawandels gewinnen Wälder als nachwachsende Rohstoffe sowie die ökologische Waldnutzung und die Erhaltung der biologischen Vielfalt weiter an Bedeutung.

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

Dr. Robert Habeck

Minister für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein



Inhaltsverzeichnis

	Seite
Vorwort	2
Inhaltsverzeichnis	3
Hauptergebnisse	4
Inge Dammann und Uwe Paar	
Forstliches Umweltmonitoring	6
Johannes Eichhorn, Uwe Paar, Henning Meesenburg, Andreas Schulze, Jörg Weymar, Michael Spielmann und Inge Dammann	
WZE-Ergebnisse für alle Baumarten	11
Inge Dammann und Uwe Paar	
Buche	13
Eiche	14
Fichte	15
Kiefer	16
Andere Laub- und Nadelbäume	17
Witterung und Klima	18
Johannes Suttmöller	
Insekten und Pilze	22
Ulrich Bresslem, Michael Habermann, Rainer Hurling, Andreas Rommerskirchen, Gitta Langer und Pavel Plašil	
Stoffeinträge	23
Birte Scheler	
Trends in der Bodenlösung von Waldökosystemen	25
Uwe Klinck und Henning Meesenburg	
Bodenchemie und Durchwurzelung in tieferen Bodenschichten	28
Jan Evers, Egbert Schönfelder, Victor Steinmann ¹ , Thomas Jensen ² , Volker Stüber ² und Martin Jansen ¹	
¹ Abt. Ökopedologie der gemäßigten Zonen, Fakultät für Forstwissenschaften und Waldökologie, Georg-August-Universität Göttingen	
² Niedersächsisches Forstplanungsamt, Wolfenbüttel	
Literaturverzeichnis	31
Impressum	32

Hauptergebnisse

Waldzustandserhebung (WZE)

Die mittlere Kronenverlichtung der Waldbäume in Schleswig-Holstein beträgt in diesem Jahr 16 %. Das Kronenverlichtungsniveau liegt seit 2012 insgesamt deutlich unter dem Wert des Jahres 2004, in dem der höchste Wert im Beobachtungszeitraum (24 %) erreicht wurde. 2015 ging die mittlere Kronenverlichtung für die ältere Buche im Vergleich zum Vorjahr etwas zurück, alle anderen Baumartengruppen zeigten keine Veränderung der Kronenverlichtungswerte gegenüber 2014.

Die Ergebnisse der Waldzustandserhebung zeigen einen deutlichen Alterstrend: Die mittlere Kronenverlichtung der über 60jährigen Waldbestände liegt mit 21 % mehr als doppelt so hoch wie die der jüngeren Waldbestände (9 %).

Die Baumarten reagieren unterschiedlich. Die Baumartenverteilung in der WZE-Stichprobe in Schleswig-Holstein ergibt für die Buche einen Flächenanteil von 24 %, die Fichte ist mit 18 %, die Eiche mit 14 % und die Kiefer mit 6 % an der WZE-Stichprobe vertreten. Die anderen Laub- und Nadelbäume nehmen zusammen einen Anteil von 38 % ein.

Bei den Laubbaumarten Buche und Eiche haben sich die Kronenverlichtungswerte im Beobachtungszeitraum deutlich erhöht. Die Entwicklung der Kronenverlichtung der älteren Buche ist durch starke Schwankungen gekennzeichnet, in diesem Jahr beträgt die mittlere Kronenverlichtung 23 %, Höchstwerte der Kronenverlichtung wurden 2000 und 2004 (38 %) ermittelt. Diese Entwicklung ist mit beeinflusst durch die Fruchtbildung der Buche.

Der Verlauf der mittleren Kronenverlichtung der älteren Eiche (2015: 24 %) wird auch durch die Populationsdynamik der Eichenfraßgesellschaft bestimmt.

Bei der älteren Fichte wird seit Beginn der Zeitreihe der Waldzustandserhebung ein anhaltend hoher Verlichtungsgrad festgestellt. Der höchste Wert wurde 2006 ermittelt (37 %). Mit einer mittleren Kronenverlichtung von 23 % wird in diesem Jahr ein vergleichsweise niedriger Wert erreicht.

Die ältere Kiefer zeigt im Beobachtungszeitraum ebenfalls Schwankungen, 2004 waren die Verlichtungswerte am höchsten (27 %). Zurzeit sind die Verlichtungswerte niedriger (2015: 15 %).

Im Jahr 2015 liegt die mittlere Kronenverlichtung der anderen Laub- und Nadelbäume (alle Alter) bei 15 % bzw. 9 %.

Der Anteil starker Schäden für alle Baumarten und Alter blieb stabil (1,8 %). Die Absterberate hat sich leicht erhöht (0,3 %), im Mittel der Zeitreihe liegt sie bei 0,2 %.

Witterung und Klima

Die langjährigen Messdaten für den Zeitraum von 1961 bis 2015 zeigen seit 1988 eine gegenüber der Referenzperiode (1961-1990) erhöhte Temperatur. Die Jahresmitteltemperatur für das Vegetationsjahr (Oktober bis September) hat sich seit Beginn der 1990er Jahre von 8,3 °C (Mittelwert der Referenzperiode) um 0,8 °C auf aktuell 9,1 °C erhöht. Die Niederschlagshöhen schwanken von Jahr zu Jahr.

Das Vegetationsjahr 2014/2015 (Oktober bis September) reiht sich mit einer Mitteltemperatur von 9,6 °C nahtlos in die



Foto: T. Ullrich

Hauptergebnisse



Foto: J. Evers

überdurchschnittlich warmen Jahre der letzten 25 Jahre ein. Die Temperaturabweichung betrug 1,3 °C und betraf gleichermaßen alle Landesteile. Die Niederschläge fielen dagegen sehr ungleich über das Land verteilt. Während die Küstenregionen von Nord- und Ostsee und der Norden von Schleswig-Holstein deutlich zu nass waren, verzeichnete der Osten und Südosten nur eine geringe Abweichung von der üblichen Niederschlagsmenge.

Insekten und Pilze

Für das Eschentriebsterben wurde in vielen Regionen eine Verstärkung der Schäden beobachtet.

Stoffeinträge

Durch die konsequente Umsetzung zahlreicher Maßnahmen zur Luftreinhaltung ging der Schwefeleintrag in die Wälder drastisch zurück. 2014 betrug der Sulfatschwefeleintrag auf der Intensivmessfläche Bornhöved pro Hektar 5,8 kg unter Buche und 2,5 kg im Freiland. Die mittlere jährliche Abnahme seit Beginn der Messungen (1989) betrug pro Hektar unter Buche 0,7 kg und 0,38 kg im Freiland.

In Bornhöved betrug der anorganische Stickstoffeintrag in 2014 ca. 19 kg je Hektar. Trotz des Rückgangs in den letzten zwei Jahrzehnten überschritten die Einträge den Bedarf für den Zuwachs erheblich.

Im Vergleich mit neun weiteren untersuchten Buchenbeständen im Zuständigkeitsgebiet der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt in den Bundesländern Niedersachsen und Hessen weist die Fläche in Bornhöved überdurchschnittlich hohe Säureeinträge (1,6 kmol_e) auf.

Trends in der Bodenlösung von Waldökosystemen

Die Zusammensetzung der Bodenlösung ist ein wichtiger Indikator für den Zustand der Wälder. Aufgrund der Schwefeleinträge in der Vergangenheit und der aktuellen Stickstoffeinträge bestehen für viele Waldbestände nach wie vor Nährstoffungleichgewichte und kritische Konzentrationen, z. B. für Aluminium und Nitrat. Dies zeigen Untersuchungen auf 37 Intensiv-Monitoringflächen im Zeitraum 1994-2013.

Bodenchemie und Durchwurzelung in tieferen Bodenschichten

Um die Standortspotentiale von Waldböden im Hinblick auf einen standortgerechten Waldbau abschätzen zu können, ist eine Beurteilung des Nährelementstatus in Abhängigkeit von der durchwurzelten Bodentiefe bedeutend. Sowohl die Ergebnisse der zweiten Bodenzustandserhebung als auch genauere Untersuchungen von Profilen bis 3 m Bodentiefe im niedersächsischen Tiefland zeigten deutlich, dass tiefere Bodenschichten von Baumwurzeln erschlossen werden und somit für die Beurteilung der Standortspotentiale einbezogen werden sollten.

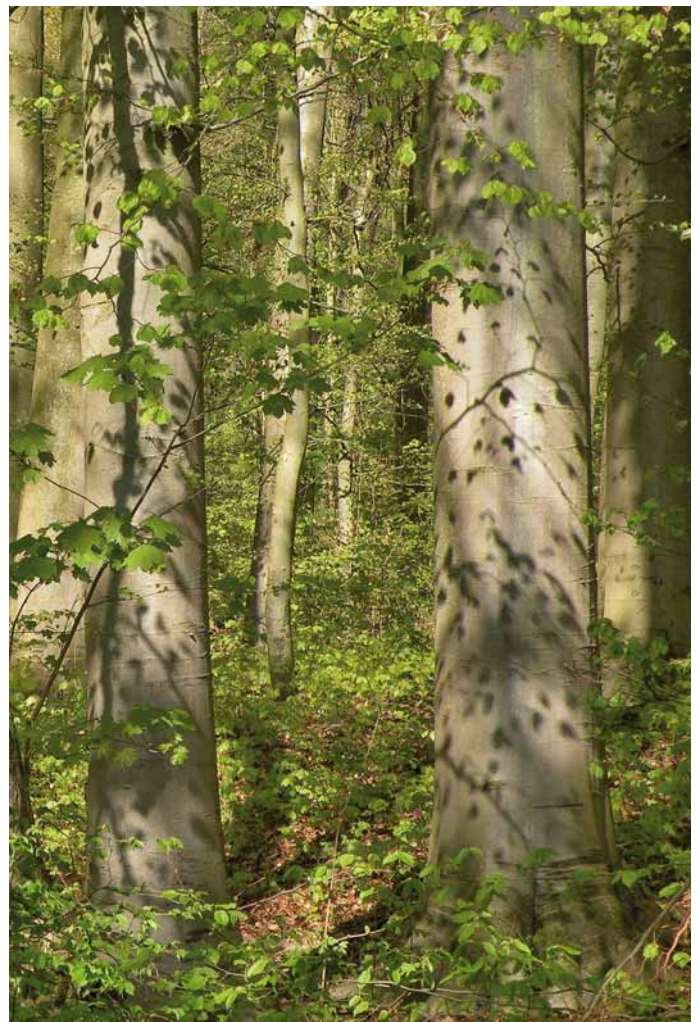


Foto: T. Ullrich

Forstliches Umweltmonitoring

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, gesichert und bewirtschaftet werden, wenn sie in ihrem Zustand und in ihrer Veränderung zahlenmäßig darstellbar sind.

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

Durch die Einbindung des Forstlichen Umweltmonitorings in Deutschland in das Europäische Waldmonitoring unter ICP Forests (Level I seit 1984, Level II seit 1994) und die Orientierung an den dort definierten Standards (ICP Forests 2010) ist ein hinsichtlich inhaltlicher Tiefe, räumlicher Repräsentanz, Langfristigkeit, Datenqualität und internationaler Vergleichbarkeit weltweit beispielhaftes Monitoringprogramm entstanden.

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.



Stammablaufmessanlage auf der Level II-Fläche Solling, Buche
Foto: H. Heinemann

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

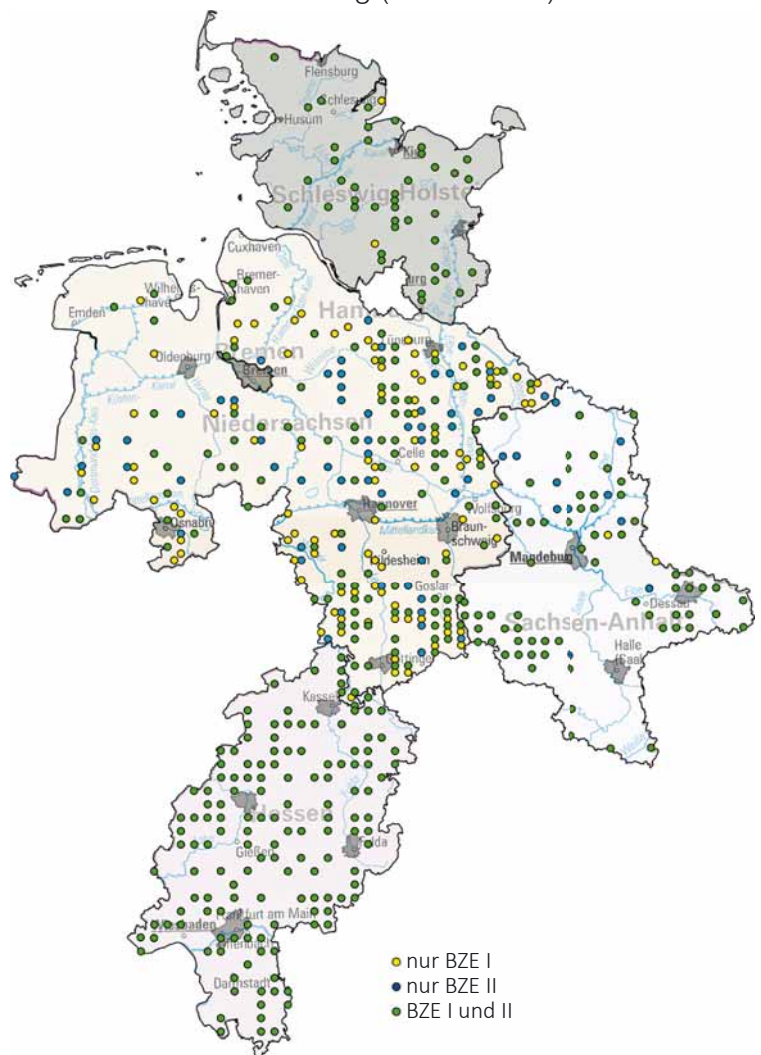
- Level I (Übersichtserhebungen)
- BDF (Bodendauerbeobachtungsprogramm)
- Level II (ICP Forests Intensive Monitoring Plots)
- Level II Core (Level II mit intensivierten Erhebungen)
- WÖSSH (Waldökosystemstudie Hessen)
- Experimentalflächen; dazu zählen:
Forsthydrologische Forschungsgebiete, Flächen zur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

An den Level I-Plots 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-/Blatternährung, 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 Ein-

Übersichtserhebung (Level I - BZE)



Forstliches Umweltmonitoring

flüsse 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 Meesenburg 2012):

- Chemischer und physikalischer Bodenzustand, Nadel-/Blatternährung, 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 zu detektieren. Die Erhebungen auf WÖSSH-Flächen beinhalten folgende Indikatoren:

- Deposition, Bodenlösung, Nadel-/Blatternährung, 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-/Blatternährung, Bodenvegetation, Deposition, Bodenzustand.

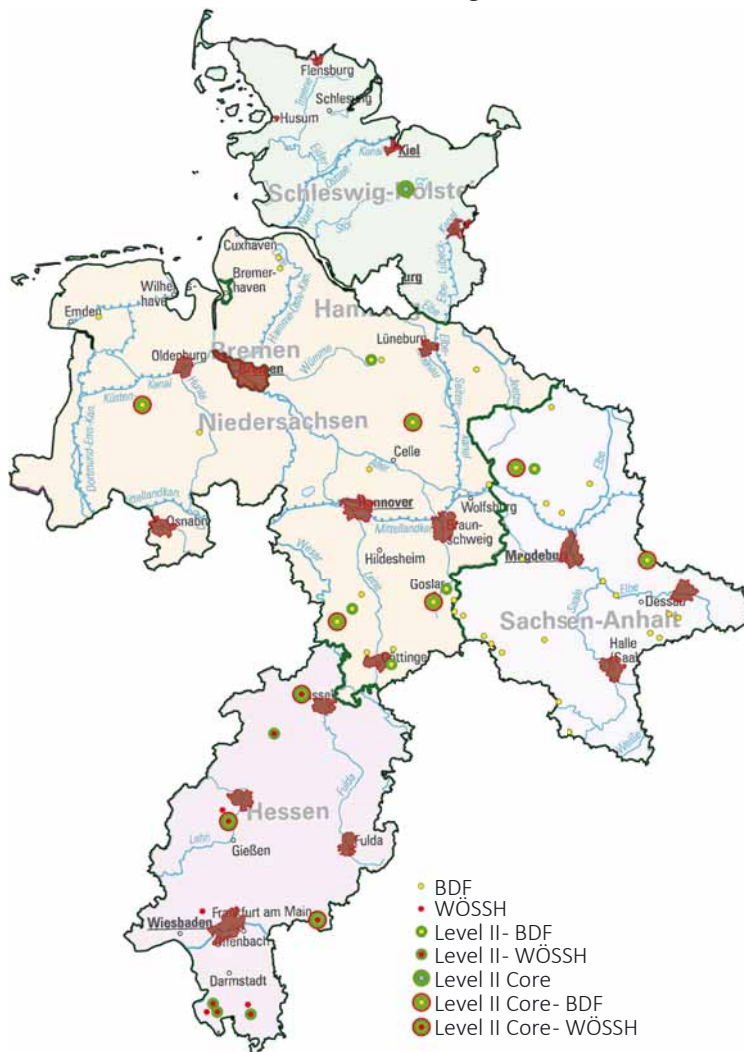
Level II Core-Flächen sind eine Unterstichprobe der Level II-Flächen. Sie haben die Zielsetzung einer möglichst umfassenden Beobachtung. Neben den Erhebungen auf Level II-Standardflächen sind hier folgende Erhebungen verpflichtend durchzuführen (ICP Forests 2010):

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

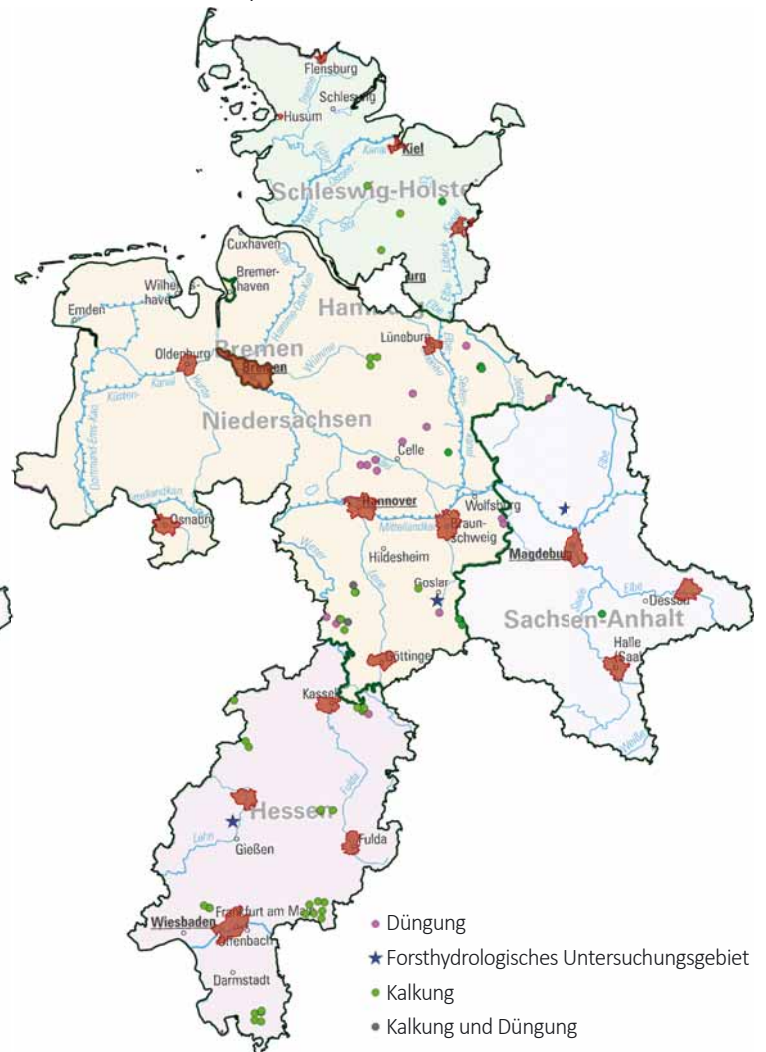
Die im Forstlichen Umweltmonitoring verwendeten Instrumente der Ökosystemüberwachung stehen europaweit harmonisiert nach den Grundsätzen des ICP Forests (Methoden: <http://icp-forests.net>; Manual: <http://icp-forests.net/page/icp-forests-manual>), der BDF-Arbeitsanleitung (Barth et al. 2000), der BZE-Arbeitsanleitung (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.

Intensives Monitoring



Experimentalflächen



Forstliches Umweltmonitoring

Neue rechtliche Grundlage für das Forstliche Umweltmonitoring in Deutschland (ForUm)

Die grundlegenden Verfahren des Forstlichen Umweltmonitorings wurden durch eine Anpassung des Bundeswaldgesetzes gefestigt. Der § 41a (BWaldG) stellt erstmalig eine rechtliche Grundlage zur Durchführung von Walderhebungen in Deutschland dar. Gestützt darauf, trat zu Beginn des Jahres 2014 eine Rechtsverordnung zum Forstlichen Umweltmonitoring in Kraft und stellt die kontinuierliche Arbeit im Rahmen des Forstlichen Umweltmonitorings sicher.

Angefangen hat das Forstliche Umweltmonitoring aber schon viel früher im Solling. Die Waldentwicklung Ende der 1960er Jahre stand im Zeichen hoher Säure- und Schwefel-einträge sowie entsprechender Schädigungsmuster betroffener Wälder. Sichtbare Veränderungen der Wälder waren für Wissenschaftler aber auch für Förster und für die Öffentlichkeit erkennbar. Als Geburtsstunde des Forstlichen Umweltmonitorings in Deutschland können Untersuchungen von Prof. Dr. Bernhard Ulrich (Universität Göttingen) bezeichnet werden, die Ende der 1960er Jahre begannen. Ulrich untersuchte im Solling in Fichten- und Buchenwäldern den Eintrag an Luftschadstoffen und den Austrag an Nährstoffen mit dem Sickerwasser. Mit dem Durchgang durch das Waldökosystem verändert sich die chemische Zusammensetzung des Niederschlags. Aus dem Maß der Veränderung konnte auf einen weitreichenden Säureeintrag in die Wälder geschlossen werden. Mitte der 1970er Jahre erreichten die Einträge an Säure, Schwefel und Stickstoff Höchstwerte. Anfang der 1980er Jahre wurden die sichtbaren Veränderungen der Wälder immer deutlicher und das Monitoring durch die Waldzustandserhebung erweitert. Die Waldzustandserhebung ist eine Übersichtserhebung auf einem repräsentativen Stichprobenraster, die den Zustand der Baumkronen bewertet, Insekten und Pilze an den Bäumen feststellt und eine genaue Information zu absterbenden Bäumen zulässt. Die mit Messungen nachweisbare und mit dem Auge an den Waldbäumen sichtbare Wahrnehmung veränderter Umweltbedingungen führte zu einem starken Interesse der Medien und zu politischen Entscheidungen.

Daten des nun entwickelten Forstlichen Umweltmonitorings hatten Einfluss darauf, dass nationale wie internationale umweltpolitische Maßnahmen den Eintrag von Schwefel in die Wälder wirksam zu reduzieren vermochten. Die Waldbewirtschaftung zog mit. Die Anpassungsfähigkeit der Wälder wurde durch mehr Mischwälder und durch Bodenschutzkalkungen für Waldböden gesteigert. Mit der Zeit traten allerdings durch unverändert hohe Stickstoffeinträge und den Klimawandel neue Herausforderungen auf.

Auch weitete sich das räumliche Verständnis der Wirkungen von Luftverunreinigungen auf Wälder aus. Bereits 1979 schuf die Genfer Luftreinhaltekonvention die Grundlage für europaweite umweltpolitische Maßnahmen und für weitere Untersuchungen der Wälder. Ein wesentlicher Erfolg dieser Arbeit sind regelmäßig dem Wissensstand angepasste Handbücher („ICP Forests manual“), die staatenübergreifend genaue Vorgaben für zu verwendende Methoden im Umweltmonitoring definieren.

An diesen Beispielen wird deutlich, dass das Forstliche Umweltmonitoring verpflichtet ist, bestehende Kernzeitreihen weiterzuführen, sich andererseits aber flexibel und zukunfts-gewandt auf neue Themen einstellen muss.

Im Bundeswaldgesetz ist geregelt, dass das Forstliche Umweltmonitoring eine gemeinschaftliche Leistung von Bund und Ländern ist. Das nun gesetzlich verankerte Forstliche Umweltmonitoring nutzt die methodische Grundlage des ICP Forests und passt sie an die Gegebenheiten bei uns an. Gegenwärtig wird in einer vom Bundeslandwirtschaftsministerium (BMEL) geleiteten Arbeitsgruppe aus Bund und Ländern das Durchführungskonzept des Forstlichen Umweltmonitorings erarbeitet. An dieses schließen sich die so genannten Leitfäden an, die konkrete Handlungsanweisungen für die zu erhebenden Merkmale definieren.

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. In einsehbaren Beständen sind Kreuztrakte mit markierten Stichprobenbäumen angelegt. In dichten, nicht einsehbaren Beständen werden in Quadrattrakten Stichprobenbäume ausgewählt. 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. Dabei konnten 90 bisherige Stichprobenpunkte beibehalten werden, 39 Erhebungs-



Foto: M. Spielmann

Forstliches Umweltmonitoring

punkte sind 2013 zum ersten Mal erfasst worden. Dieser Aufnahmefumfang ermöglicht repräsentative Aussagen zum Waldzustand auf Landesebene sowie Zeitreihen für die Baumarten Buche, Eiche, Fichte und Kiefer.

2015 konnten 5 der 129 Stichprobenpunkte nicht in die Erhebung einbezogen werden, weil die Waldbestände an diesen Erhebungspunkten durch die Orkane Christian und Xaver im Herbst/Winter 2013 geworfen wurden.

Für den Parameter mittlere Kronenverlichtung zeigt die Tabelle unten die 95 %-Konfidenzintervalle (Vertrauensbereiche) für die Baumarten und Altersgruppen der WZE-Stichprobe 2015. Je weiter der Vertrauensbereich, desto unschärfer sind die Aussagen. Die Weite des Vertrauensbereiches wird im Wesentlichen beeinflusst durch die Anzahl der Stichprobenpunkte in der jeweiligen Auswerteeinheit und die Streuung der Kronenverlichtungswerte. Für relativ homogene Auswerteeinheiten (z. B. Eiche bis 60 Jahre) mit relativ gering streuenden Kronenverlichtungen sind enge Konfidenzintervalle auch bei einer geringen Stichprobenanzahl sehr viel leichter zu erzielen als für heterogene Auswerteeinheiten (z. B. Eiche, alle Altersstufen), 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) – 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

95 %-Konfidenzintervalle für die Kronenverlichtung der Baumartengruppen und Altersstufen der Waldzustandserhebung 2015 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	719	66	4x2 km	3,8
	bis 60 Jahre	179	20	4x2 km	2,5
	über 60 Jahre	540	48	4x2 km	3,5
Eiche	alle Alter	423	60	4x2 km	4,5
	bis 60 Jahre	121	20	4x2 km	1,6
	über 60 Jahre	302	47	4x2 km	4,3
Fichte	alle Alter	532	56	4x2 km	3,5
	bis 60 Jahre	202	21	4x2 km	4,8
	über 60 Jahre	330	36	4x2 km	4,2
Kiefer	alle Alter	177	23	4x2 km	3,5
	bis 60 Jahre	26	5	4x2 km	6,9
	über 60 Jahre	151	18	4x2 km	4,2
andere Laubbäume	alle Alter	714	74	4x2 km	2,8
	bis 60 Jahre	441	39	4x2 km	3,6
	über 60 Jahre	273	42	4x2 km	4,0
andere Nadelbäume	alle Alter	411	46	4x2 km	2,3
	bis 60 Jahre	190	21	4x2 km	2,6
	über 60 Jahre	221	25	4x2 km	3,3
alle Baumarten	alle Alter	2976	124	4x2 km	1,7
	bis 60 Jahre	1159	59	4x2 km	2,1
	über 60 Jahre	1817	86	4x2 km	2,0

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

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

Mittlere Kronenverlichtung

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

Starke Schäden

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



Foto: M. Spielmann

Forstliches Umweltmonitoring

Durchführungsoptimierung und Qualitätssicherung durch spezifische Datenbankapplikation

Die datentechnische Verarbeitung der jährlichen Waldzustandserhebung (WZE) wird an der NW-FVA in allen Teilarbeitsschritten seit über 10 Jahren durch eine spezifische Datenbankanwendung gesteuert. Die Gesamtdatenbestände der vier Partnerländer liegen seit dem jeweiligen Messbeginn zeitübergreifend einheitlich und vollständig in dieser auf der Datenbank ECO (Environmental COntrol) basierenden Umgebung vor. Im Vordergrund stehen dabei

- die lückenlose, fehlerfreie und harmonisierte Erfassung aller Einzelinformationen und
- deren zeitübergreifende Verfügbarkeit einschließlich der Dokumentation methodischer Modifikationen.

Dazu wurden die erforderlichen Verfahrensschritte und Prüfroutinen in einer Endbenutzerapplikation implementiert, mit der auch Standardauswertungen und Datenexporte automatisiert durchgeführt werden können.

Das Datenmanagement unterstützt dabei folgende Bereiche:

- **Arbeitsorganisation**
Grundsätzlich besteht eine Rechte-abhängige Zugriffssteuerung, d. h. der Personenkreis, der bestimmte Teilarbeiten im WZE-Kontext durchführen kann, wird auf entsprechend geschultes Personal eingeschränkt. Es lässt sich jederzeit ein Überblick über bereits durchgeführte und noch ausstehende Arbeitsschritte generieren.
- **Erstellen flächenspezifischer Erfassungsformulare**
Die Erhebungen erfolgen auf jahresaktuell automatisiert generierten Feldbelegen, die wichtige Vorabinformationen enthalten und die Teams bei der Auffindung der WZE-Punkte und der Identifizierung der WZE-Bäume unterstützen. Pflichteinträge sind baumartenspezifisch hervorgehoben. Nicht in Frage kommende Angaben werden baumartenspezifisch gestrichen. Auf Sondersituationen, wie z. B. die abweichende Lage von Satelliten, wird hingewiesen.

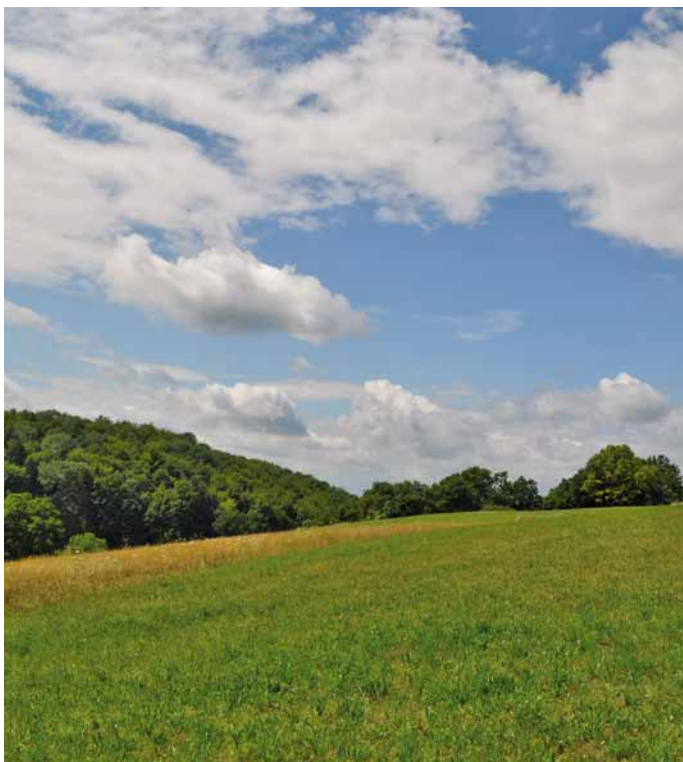


Foto: J. Evers

- **Datenerfassung**
Nach Abschluss der Felderhebungen werden zunächst etwaige strukturelle Veränderungen auf den WZE-Punkten in die Datenbank übernommen. Dies umfasst die Ersatzbaumthematik, etwaige methodische Änderungen wie Traktwechsel, oder Änderungen des Flächenstatus (z. B. ruhend, temporär stillgelegt, endgültig ausgeschieden). Im Anschluss erfolgt die Eingabe der eigentlichen Erhebungsdaten. Diese unterliegt einer mehrstufigen Prüfung auf Vollständigkeit, zulässige Parameterwerte und korrekten Baumartenbezug. Weiterhin werden Inter-Parameter-Abgleiche (z. B. Absterbegrund vs. Kronenverlichtung) und die Analyse zeitlicher Parameterverläufe (z. B. zunehmender Baumumfang, Folgewerte nach 100 % Kronenverlichtung) durchgeführt. Für die Kernparameter Kronenverlichtung und Vergilbung erfolgen zwingend unabhängige Doppelangaben zur Aufdeckung etwaiger Eingabefehler.
- **Übergeordnete Prüf- und Kontrollroutinen**
Die inhaltliche Plausibilität und Vollständigkeit kann jederzeit isoliert von der aktuellen Datenerfassung mit einer Vielzahl von Funktionen geprüft und sichergestellt werden. So können u. a. auffällige Wertesprünge (unwahrscheinliche Verläufe) oder heterogene Begründungsjahre einer Baumart auf einem Punkt detektiert werden. Zur Wahrung der strukturellen Integrität lassen sich z. B. die Baumzahlen oder die Traktarten und abhängige, konventionsgebundene Bezeichnungen analysieren.
- **Standardverrechnungen**
Die Schadstufen, die mittlere Kronenverlichtung, die Mortalität und Fruktifikationsklassen können für beliebige Punkt-kollektive Einzelbaum-bezogen, Baumarten-bezogen oder Hauptbaumartengruppen-bezogen automatisiert abgeleitet und graphisch dargestellt werden. Es bestehen weitere Filter- und Eingrenzungsmöglichkeiten, wie z. B. Traktarten, Mindestbaumartenanteil, frei definierbare Altersstufen oder die Flächenrepräsentanz in verschiedenen Erhebungssubnetzen (z. B. Haupttraster und Verdichtungen). Diese Standardauswertungsergebnisse sowie die Urdaten lassen sich zu weiteren Analysen jeweils in standardisierter Form als Datei exportieren. Sie sind auch unmittelbar in der Form von Zeitreihen produzierbar.
- **Datenexport Bund / EU**
Ein definierter Teildatensatz wird jährlich den Fachbehörden des Bundes und der EU zur übergreifenden Auswertung zur Verfügung gestellt. Auch hierzu existieren Prozeduren, die die erforderlichen technisch-strukturellen und inhaltlichen Anpassungen, die recht aufwändig und fehlerträchtig sind, automatisiert durchführen (z. B. Zuordnung abweichender Punktidentifikatoren bei Bund und EU, Übersetzung der intern verwendeten Begriffe der so genannten „Nationalen Liste“ von Schadmerkmalen auf die formalen Parameter des ICP Forests, Zuweisung abweichender kategorialer Bezeichnungen).

Der initial erhebliche Aufwand für die Erstellung der Programmvorgaben und für die Programmierung wurde mittelfristig durch die Standardisierung von Benennungen und Verfahren sowie den dadurch bedingten Wegfall sonst jährlich wiederkehrender Kontroll- und Auswertungsarbeiten mehr als kompensiert. Die Datenbank-gestützte Verwaltung der WZE-Daten stellt sich als zentrales Werkzeug der Qualitätssicherung und Aufwandsminimierung dar.

WZE-Ergebnisse für alle Baumarten

Mittlere Kronenverlichtung

Die Waldzustandserhebung 2015 weist mit einer mittleren Kronenverlichtung für die Waldbäume in Schleswig-Holstein (alle Baumarten, alle Alter) von 16 % keine Veränderung gegenüber dem Vorjahr auf. Nachdem in den ersten drei Erhebungsjahren 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 21 % mehr als doppelt so hoch wie die der jüngeren Waldbestände (9 %). In Schleswig-Holstein entfallen zurzeit 39 % der Stichprobenbäume der Waldzustandserhebung auf die jüngere Altersstufe.

Mittlere Kronenverlichtung in %

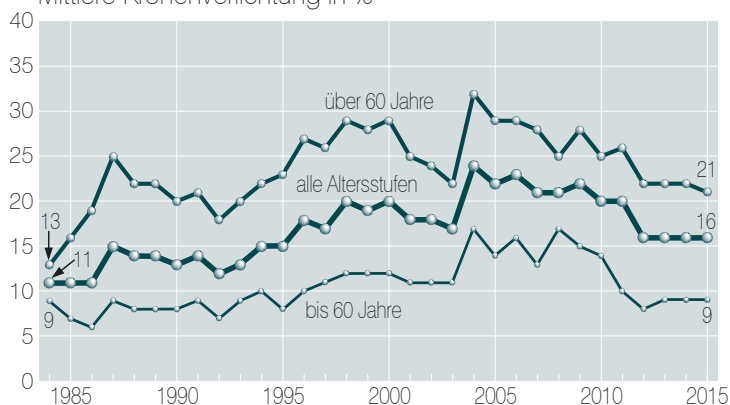


Foto: M. Spielmann

Anteil starker Schäden

Für den Erhebungszeitraum liegt der durchschnittliche Anteil an starken Schäden bei 2,2 %. Im Jahr 2015 wurden 1,8 % der Waldfläche als stark geschädigt eingestuft. 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 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 %

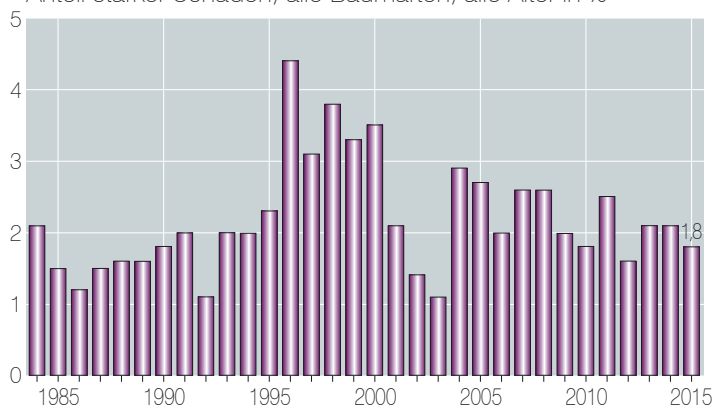


Foto: J. Evers

WZE-Ergebnisse für alle Baumarten

Absterberate

Im Mittel der Beobachtungsjahre 1984-2015 ergibt sich mit 0,2 % eine sehr geringe Absterberate. Dieser Durchschnittswert (alle Baumarten, alle Alter) wurde 2015 leicht überschritten (0,3 %). Bei der diesjährigen Waldzustandserhebung liegen die Absterberaten zwischen 0 % (Buche, Fichte, Kiefer) und 1,1 % (andere Laubbäume).

Jährliche Absterberate, alle Baumarten, alle Alter in %

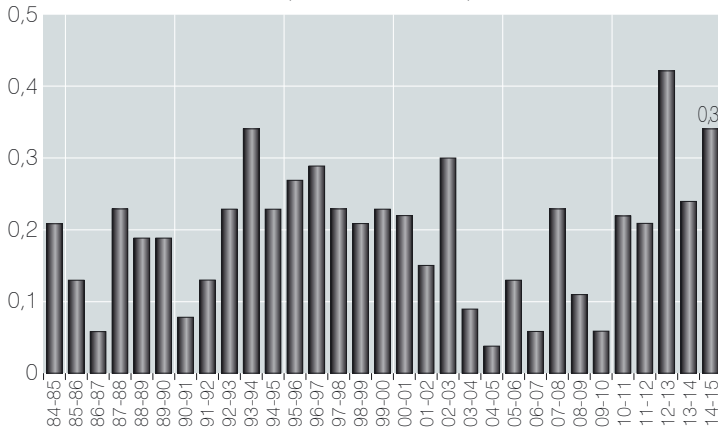


Foto: M. Spielmann

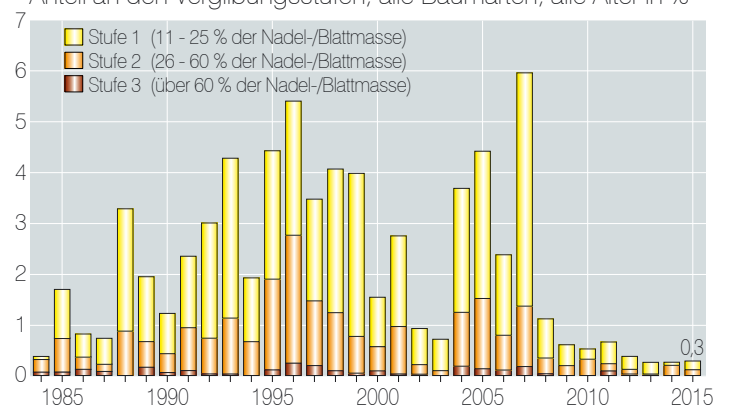


Foto: M. Spielmann

Vergilbungen

Vergilbungen der Nadeln und Blätter 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 Buche hat sich gegenüber dem Vorjahr von 27 % auf 23 % verringert. 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 Buche 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. 2011 wurde die intensivste Fruchtbildung seit 1996 festgestellt. 2014 wurde eine mittlere und starke Fruchtbildung an 56 % der älteren Buchen beobachtet, 2015 haben dagegen nur 6 % der älteren Buchen intensiv fruktifiziert.

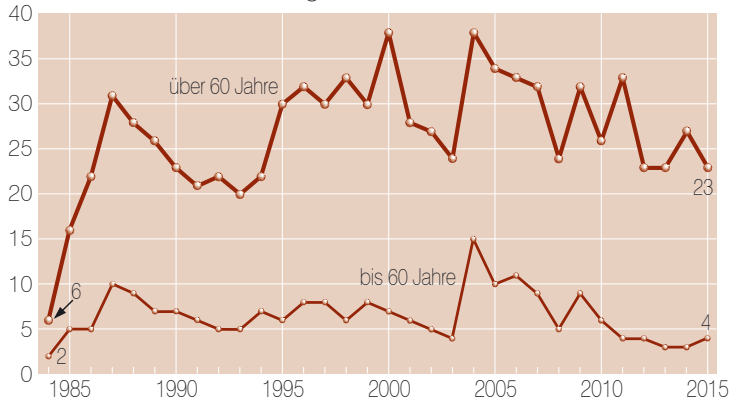
Jüngere Buche

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. Die Folgen des Trockenjahres 2003 mit erhöhten Kronenverlichtungen von 2004 bis 2007 sind inzwischen abgeklungen. Im Jahr 2015 beträgt die mittlere Kronenverlichtung 4 %. 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.

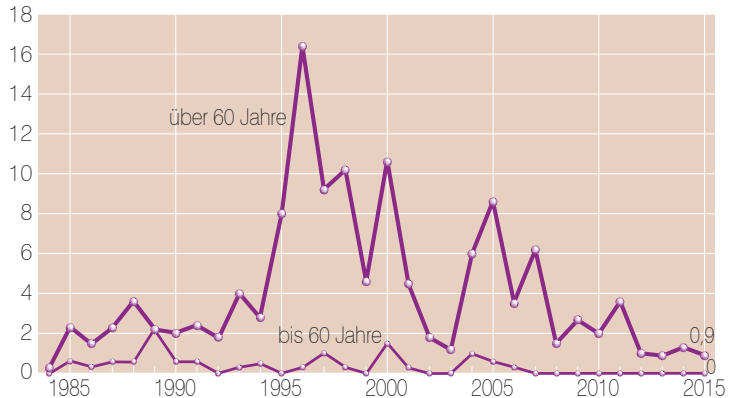
Starke Schäden

Wie beim Verlauf der mittleren Kronenverlichtung der Buche, treten auch beim Anteil starker Schäden bei der älteren Buche im Beobachtungszeitraum erhebliche Schwankungen (zwischen 0,3 % und 16,4 %) auf. 2015 blieb der Anteil stark geschädigter Buchen (alle Alter) mit 0,7 % gering.

Mittlere Kronenverlichtung in %



Anteil starker Schäden in %



Absterberate

Obwohl die Anteile starker Schäden bei der älteren Buche in einzelnen Jahren angestiegen waren, führte dies nicht zu einer Steigerung der Absterberate. Im Vergleich zu den anderen Hauptbaumarten weist die Buche die niedrigste Absterberate auf. Im Mittel der Jahre 1984-2015 liegt die Absterberate der Buche bei 0,04 %. In den letzten drei 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. 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 1996-2015 alle 2,5 Jahre eine starke Mast. Literaturrecherchen (Paar et al. 2011) hingegen ergaben für den Zeitraum 1839-1987 Abstände zwischen zwei starken Masten für 20-Jahresintervalle zwischen 3,3 und 7,1 Jahren.

Anteil mittel und stark fruktifizierender älterer Buchen in %

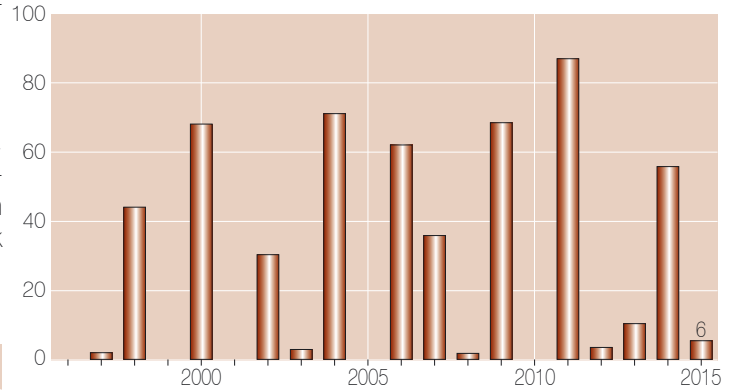


Foto: T. Ullrich

Eiche

Ältere Eiche

Die Zeitreihe der mittleren Kronenverlichtung der älteren Eiche 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 (2015: 24 %) ermittelt.

Die Entwicklung des Kronenzustandes der Eiche wird stark 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 2015 wurden kaum Schäden durch Insektenfraß beobachtet: 1 % der älteren Eichen wiesen mittlere und starke Fraßschäden auf.

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 bis 2003 wurden Verlichtungswerte zwischen 2 % und 8 % ermittelt, ab 2004 lag die mittlere Kronenverlichtung höher (8 % bis 12 %), derzeit werden wieder niedrigere Verlichtungswerte festgestellt (2015: 4 %).

Mittlere Kronenverlichtung in %

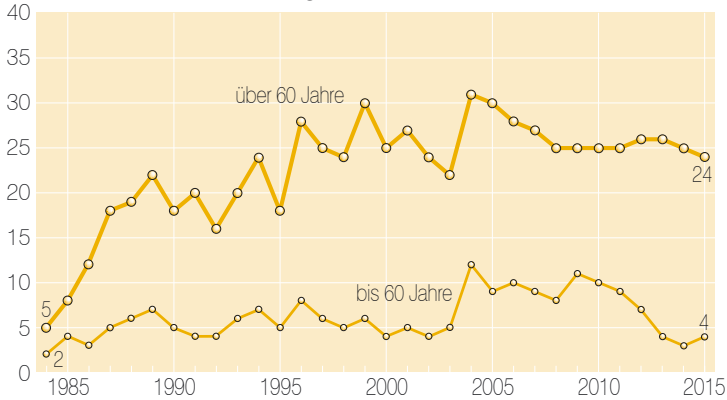


Foto: T. Ullrich

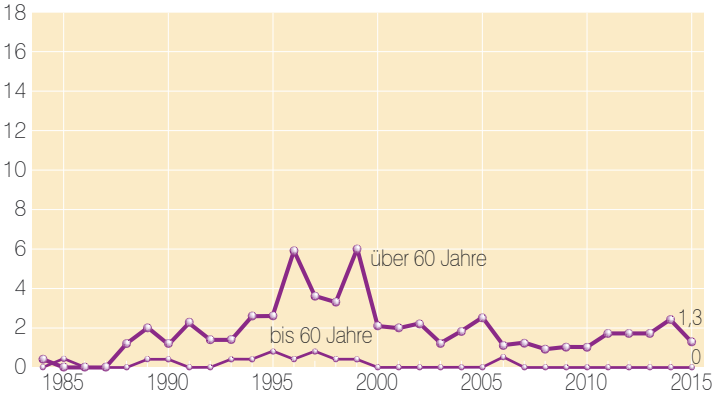


Foto: T. Ullrich

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, 2015 liegt der Anteil bei 1,3 %. Bei den jüngeren Eichen sind in den letzten Jahren keine starken Schäden aufgetreten.

Anteil starker Schäden in %



Absterberate

Die Absterberate der Eiche liegt im Mittel der Jahre 1984-2015 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 %). 2015 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 2015 zu 29 % mittel und stark fruktifiziert.

Fichte

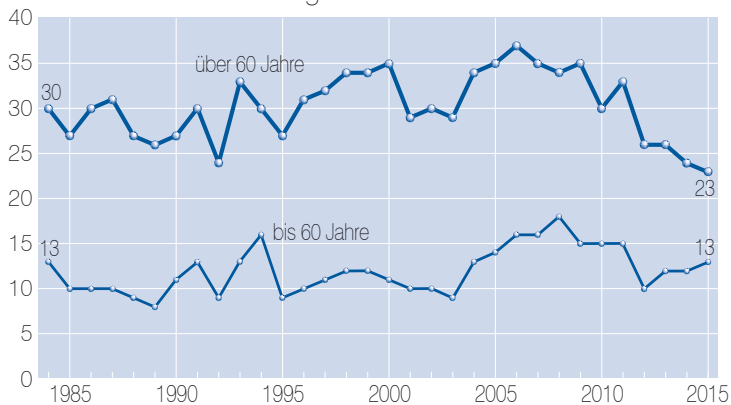
Ältere Fichte

Im gesamten Beobachtungszeitraum werden für die ältere Fichte anhaltend hohe Kronenverlichtungswerte bis zu 37 % (2006) festgestellt. Seit 2012 ist ein deutlicher Rückgang der mittleren Kronenverlichtung auf jetzt 23 % zu verzeichnen. Dies ist der niedrigste Wert für die ältere Fichte 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 13 %. Der höchste Wert in der Zeitreihe wurde 2008 ermittelt (18 %).

Mittlere Kronenverlichtung in %



Anteil starker Schäden in %

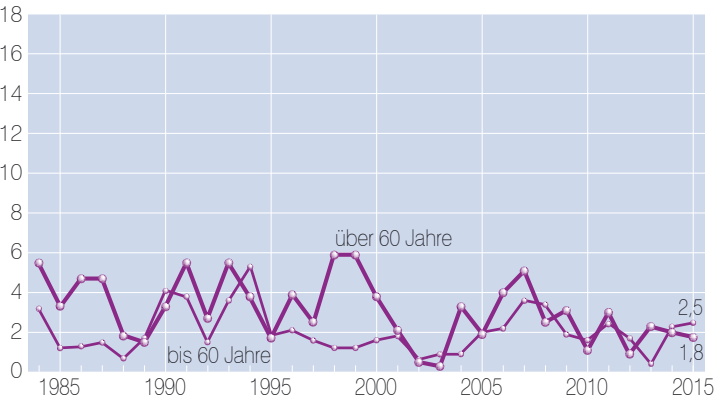


Foto: J. Evers



Foto: J. Evers

Starke Schäden

Für die Fichte (alle Alter) ergibt sich im Mittel aller Erhebungsjahre ein durchschnittlicher Anteil an starken Schäden von 2,5 %. Die Werte schwanken im Erhebungszeitraum ohne zeitlichen Trend zwischen 0,6 % und 4,7 %.

Absterberate

Die Absterberate der Fichte liegt im Mittel der Jahre 1984-2015 bei 0,2 %. Im Jahr 1994 wurde für die Fichte die höchste Absterberate (1 %) ermittelt. Im Jahr 2015 ist keine Fichte im landesweiten WZE-Raster abgestorben.

Kiefer

Ältere Kiefer

Die Kiefer ist 2015 unter den Hauptbaumarten die Baumart mit den niedrigsten Kronenverlichtungswerten. Die mittlere Kronenverlichtung der älteren Kiefer beträgt in diesem Jahr 15 %. Der Höchstwert in der Zeitreihe mit 27 % wurde 2004 ermittelt.

Jüngere Kiefer

Im Gegensatz zur 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 9 %.

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 2015 wurden 0,6 % der Kiefern als stark geschädigt eingestuft.



Foto: J. Weymar

Absterberate

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

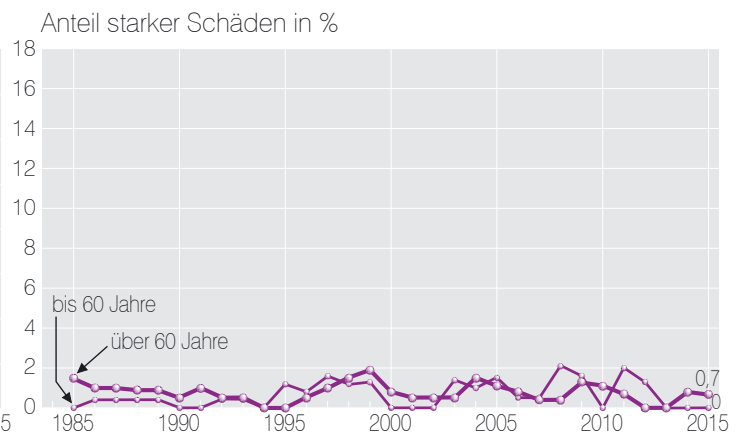
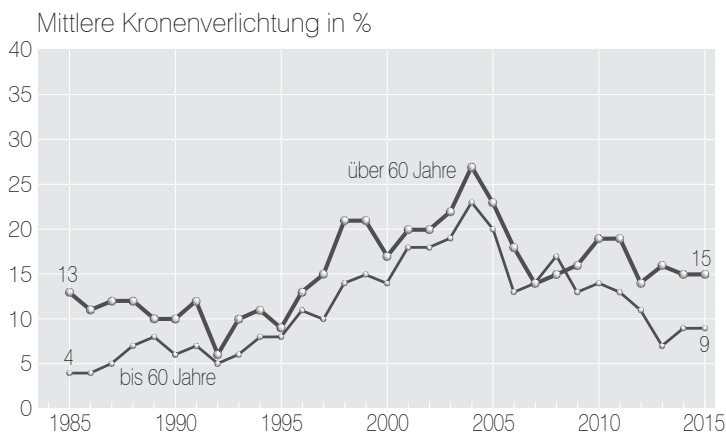


Foto: J. Evers

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 38 % der Stichprobenbäume der Waldzustandserhebung einnehmen. 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 nehmen 14 % des Stichprobenkollektivs ein.

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 2015 beträgt die mittlere Kronenverlichtung (alle Alter) 15 %. Die Verlichtungswerte der Esche heben sich hiervon deutlich ab, mit verursacht durch das Eschentriebsterben liegt die mittlere Kronenverlichtung der Esche bei 28 %.

Die Gruppe der anderen Nadelbäume setzt sich vorwiegend aus Lärche und Sitkafichte zusammen. Auch hier ist ein Anstieg der Kronenverlichtung im Erhebungszeitraum zu beobachten. 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 %.

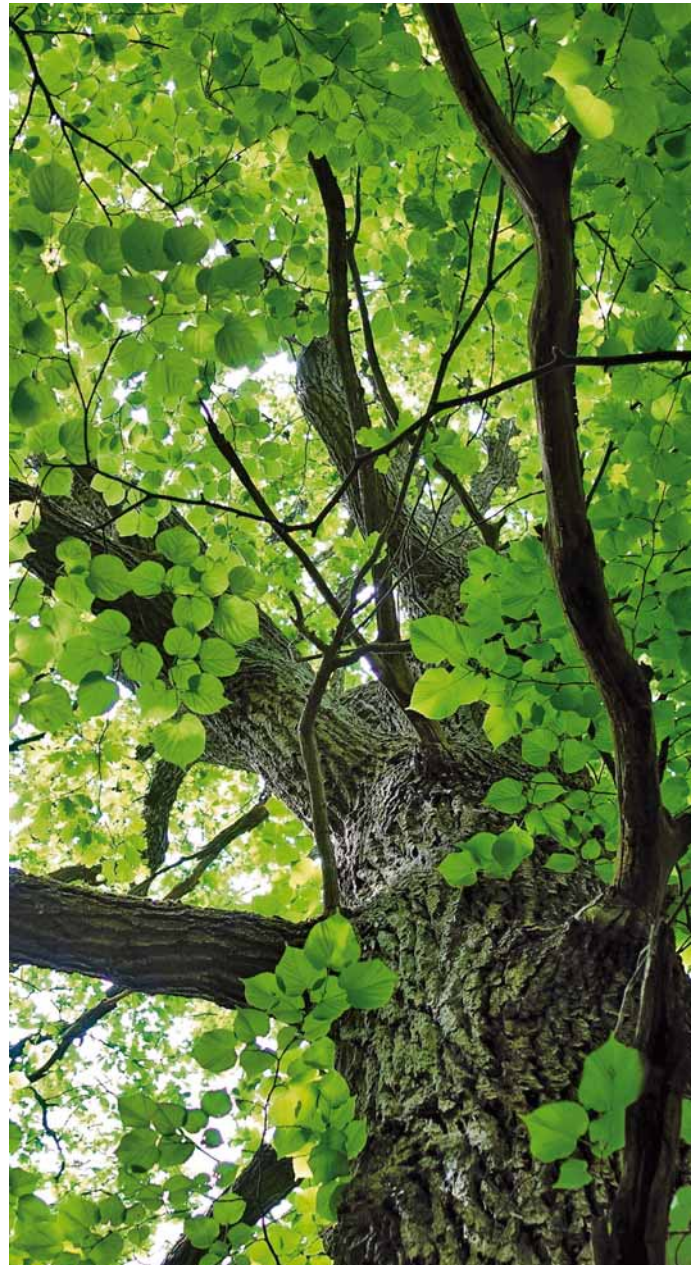


Foto: T. Ullrich



Foto: T. Ullrich

Starke Schäden

Der Anteil starker Schäden liegt für die Gruppe der anderen Laubbäume im Erhebungszeitraum im Mittel bei 2,7 %. 2015 wird dieser Durchschnittswert überschritten (4,3 %). Besonders hoch ist der Anteil starker Schäden bei der Esche (14 %). Für die anderen Nadelbäume sind seit 1984 Werte zwischen 0,3 % und 7,2 % aufgetreten, im Mittel beträgt der Anteil 1,5 %. 2015 liegt hier der Anteil starker Schäden bei 0,5 %.

Absterberate

Die Absterberate der anderen Laubbäume liegt im Beobachtungszeitraum im Mittel bei 0,4 %. 2015 wird dieser Durchschnittswert erheblich überschritten: 1,1 % der anderen Laubbäume im WZE-Kollektiv sind abgestorben. Auch bei der Absterberate kommt die besondere Belastung der Esche durch das Eschentriebsterben zum Tragen: die Absterberate der Esche beträgt 3 %. Bei den anderen Nadelbäumen bleibt die Absterberate 2015 (0,2 %) auf einem geringen Niveau.

Witterung und Klima

Der Witterungsverlauf für Schleswig-Holstein wird anhand von Daten des Deutschen Wetterdienstes (DWD) beschrieben. 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 (s. Abbildung unten). Dargestellt sind jeweils die Niederschlagssummen und die Mitteltemperaturen sowie die Abweichungen vom Mittel der Klimanormalperiode 1961-1990. Grundlage für die Auswertung bilden die Messdaten des DWD (98 Klima- und 274 Niederschlagsstationen), die auf ein 200 m-Raster interpoliert wurden, so dass der Mittelwert über die gesamte Landesfläche von Schleswig-Holstein gebildet werden konnte.

Temperatur und Niederschlag im langjährigen Verlauf

Die langjährigen Messdaten für den Zeitraum von 1961 bis 2015 zeigen seit 1988 eine gegenüber der Referenzperiode (1961-1990) erhöhte Temperatur. Die Jahresmitteltemperatur für das Vegetationsjahr (Oktober-September) hat sich seit Beginn der 1990er Jahre von 8,3 °C (Mittelwert der Referenzperiode) um 0,8 °C auf aktuell 9,1 °C erhöht. Um den gemessenen Temperaturanstieg zu verdeutlichen, wurde das gleitende 30jährige Mittel berechnet, das für jedes Jahr den Mittelwert aus den vorausgegangenen 30 Jahren bildet (gepunktete Linie in der Abbildung unten). Besonders warm waren die Jahre 2007 und 2014 mit einer Temperaturabweichung von über 2 °C.

Betrachtet man die Monatsmittelwerte der letzten 10 Jahre, fällt auf, dass mehr als drei Viertel aller Monate eine positive Abweichung vom langjährigen Mittelwert aufweisen. Seit dem Frühjahr 2013 sind fast alle Monate im Flächenmittel von Schleswig-Holstein zu warm ausgefallen. Monate mit negativen Abweichungen traten in den letzten Jahren fast ausschließlich in der Nichtvegetationsperiode (Oktober-April) auf.

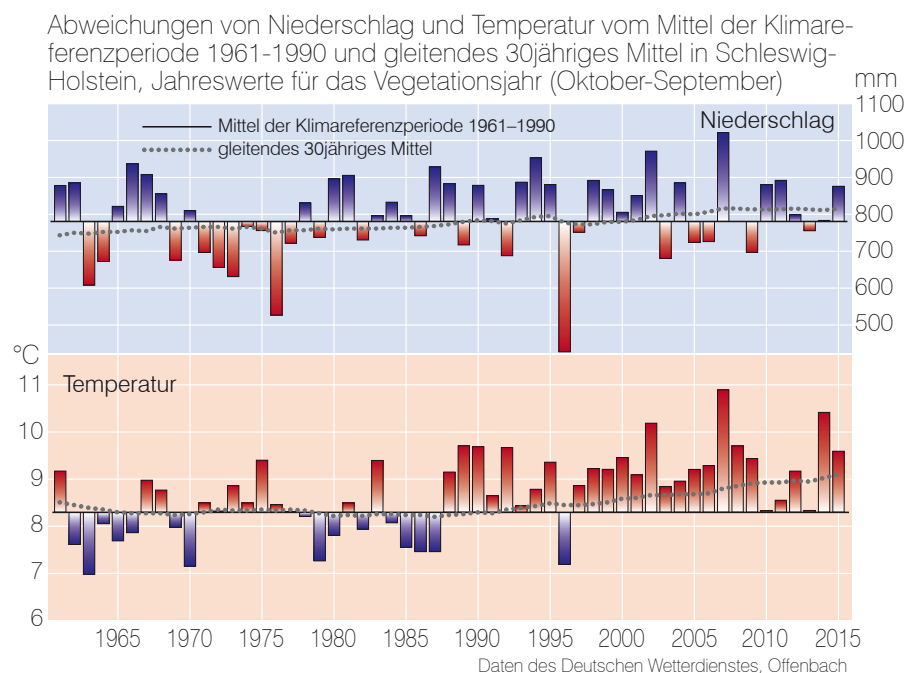
Die Jahresniederschlagssumme der Referenzperiode (1961-1990) beträgt im Landesmittel 782 mm. Die Niederschlagshöhe schwankt im Zeitraum 1961 bis 2015 von Jahr zu Jahr mit Werten von weniger als 500 mm (1996) bis mehr als 1000 mm (2007) sehr stark (Abbildung rechts). Perioden mit überdurchschnittlich hohen Niederschlägen wechseln mit trockenen Perioden ab, so dass keine einheitliche Tendenz festgestellt werden kann.

In der Vegetationszeit (Mai-September) wurde die Mitteltemperatur von 14,5 °C seit 1997 immer überschritten und auch die Temperaturen in der Nichtvegetationszeit lagen fast immer



Foto: H. Heinemann

über dem Mittelwert der Referenzperiode (3,9 °C). Bei den im Zeitraum 1985 bis 2015 gemessenen Niederschlägen bestehen zwischen den einzelnen Jahren zum Teil starke Schwankungen. Besonders niederschlagsreich waren die Vegetationsperiode 2007 und 2011, in der die gemessenen Niederschlagswerte um mehr als 150 mm über dem Re-



Witterung und Klima

ferenzmittelwert von 350 mm lagen. In den letzten Jahren fiel die Niederschlagsmenge in der Nichtvegetationsperiode unterdurchschnittlich aus, während in der Vegetationszeit die Niederschläge meist über dem langjährigen Mittelwert lagen (s. Abbildungen unten).

Witterungsverlauf von Oktober 2014 bis September 2015

In der Nichtvegetationszeit 2014/2015 (Oktober-April) war es durchgehend mild. Die höchsten Abweichungen gegenüber den langjährigen Monatsmittelwerten traten mit mehr als 2,5 °C in den Monaten Oktober und Januar auf. Die Niederschlagshöhe in der Nichtvegetationsperiode lag rund 10 % über dem Mittelwert. Dabei wechselten sich besonders trockene (November) mit überdurchschnittlich feuchten Monaten (Dezember) ab.

In der Vegetationszeit 2015 fiel nur der Monat Juni mit 55 % der durchschnittlichen Niederschläge zu trocken aus. In allen übrigen Monaten während der Vegetationszeit wurde das Niederschlagsoll mehr oder weniger deutlich übertroffen. Im Juli fielen sogar mehr als 150 % der mittleren Niederschlagsmenge, wobei die Niederschläge häufig in Verbindung mit heftigen Gewittern und örtlichen Starkregenereignissen auftraten. Insgesamt war die Vegetationsperiode 2015 ebenfalls etwas feuchter als im langjährigen Mittel.

Nachdem die Temperaturen in den Monaten Mai und Juni leicht unter den Mittelwerten der Periode 1961 bis 1990 lagen, führte eine längere Hitzeperiode dazu, dass der August mit einer positiven Temperaturabweichung von 2,0 °C deutlich zu warm ausfiel. Die Vegetationsperiode 2015 wies mit +0,3 °C allerdings nur eine geringe positive Abweichung zum Mittel der Klimanormalperiode auf.

Die Mitteltemperatur der Nichtvegetationsperiode 2014/2015 lag mit 6,0 °C um 2,1 °C über dem langjährigen Referenzwert. Dabei gab es landesweit nur geringe regionale Unterschiede. Während es im Norden Schleswig-Holsteins gebietsweise bis zu 2,5 °C zu warm war, betrug die Abweichung im Süden teilweise nur 1,8 °C. Die Vegetationsperiode 2015 war mit 14,8 °C nur geringfügig wärmer als im langjährigen Mittel (14,5 °C). Während es im Nordwesten Schleswig-Holsteins mit rund 14,0 °C relativ kühl war, wurden im Südosten des Landes regional mehr als 15,5 °C gemessen.

In der Nichtvegetationsperiode 2015 verzeichneten lokal eng begrenzte Gebiete im Südwesten Schleswig-Holsteins ein leichtes Niederschlagsdefizit. In den Küstenregionen der Jungmoränenlandschaft im Nordosten und im Nordwesten des Landes sind teilweise bis zu 50 % mehr als die sonst übliche Niederschlagsmenge gefallen. Auch die Vegetationsperiode 2015 war landesweit zu feucht. Lediglich im Osten und Südosten fiel re-

gional weniger als die mittlere Niederschlagsmenge. Im Norden Schleswig-Holsteins sowie in den Küstenregionen an der Nordsee wurden dagegen teilweise 50 % mehr als das Niederschlagsoll gemessen.

Das Vegetationsjahr 2014/2015 (Oktober-September) reiht sich mit einer Mitteltemperatur von 9,6 °C nahtlos in die überdurchschnittlich warmen Jahre der letzten 25 Jahre ein. Die Temperaturabweichung betrug 1,3 °C und betraf gleichermaßen alle Landesteile. Die Niederschläge fielen dagegen sehr ungleich über das Land verteilt. Während die Küstenregionen von Nord- und Ostsee und der Norden von Schleswig-Holstein deutlich zu nass waren (> 150 % des langjährigen Mittels), verzeichnete der Osten und Südosten nur eine geringe Abweichung von der üblichen Niederschlagsmenge. Im Flächenmittel des Landes Schleswig-Holsteins wurde das Niederschlagsoll mit 876 mm um rund 10 % überschritten. Im Gegensatz zu anderen Bundesländern wie Sachsen-Anhalt und Hessen blieb Schleswig-Holstein von einer ausgeprägten Trockenperiode verschont.

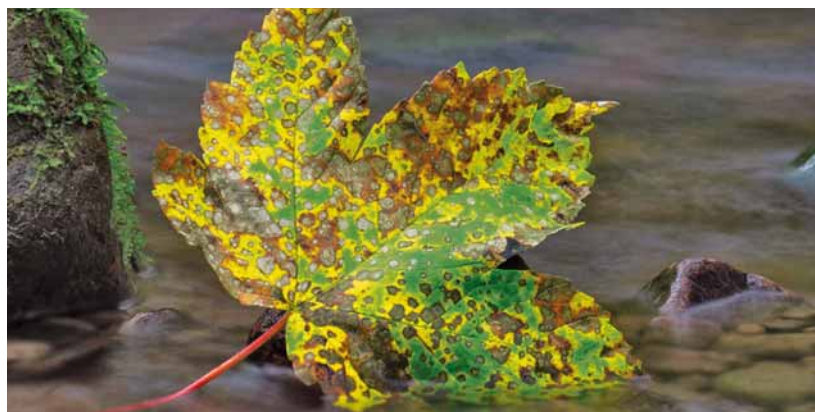
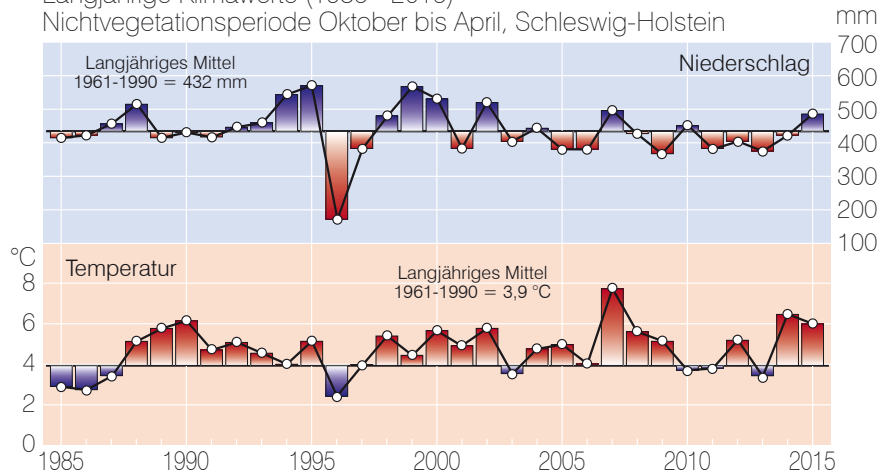


Foto: H. Heinemann

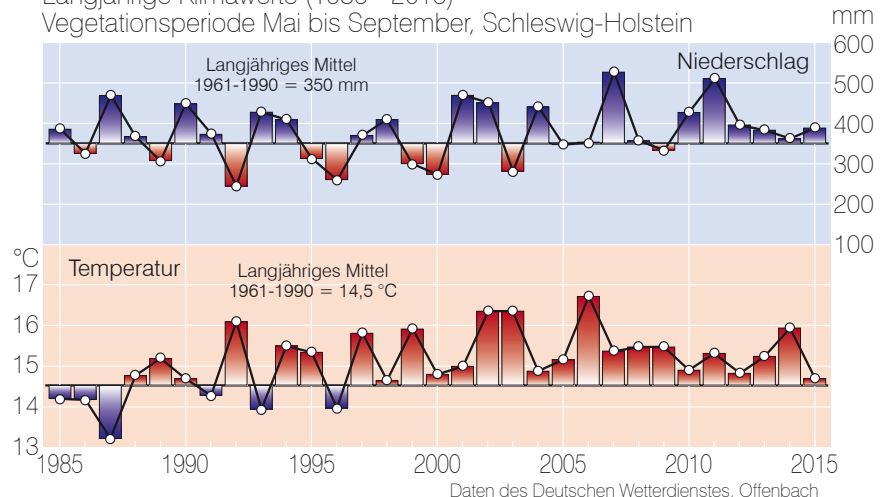
Langjährige Klimawerte (1985 - 2015)

Nichtvegetationsperiode Oktober bis April, Schleswig-Holstein



Langjährige Klimawerte (1985 - 2015)

Vegetationsperiode Mai bis September, Schleswig-Holstein



Daten des Deutschen Wetterdienstes, Offenbach

Witterung und Klima

Gemessene Temperaturen und deren Abweichungen zum langjährigen Mittel in der Nichtvegetationszeit (NVZ) 2014/2015 und in der Vegetationszeit (VZ) 2015

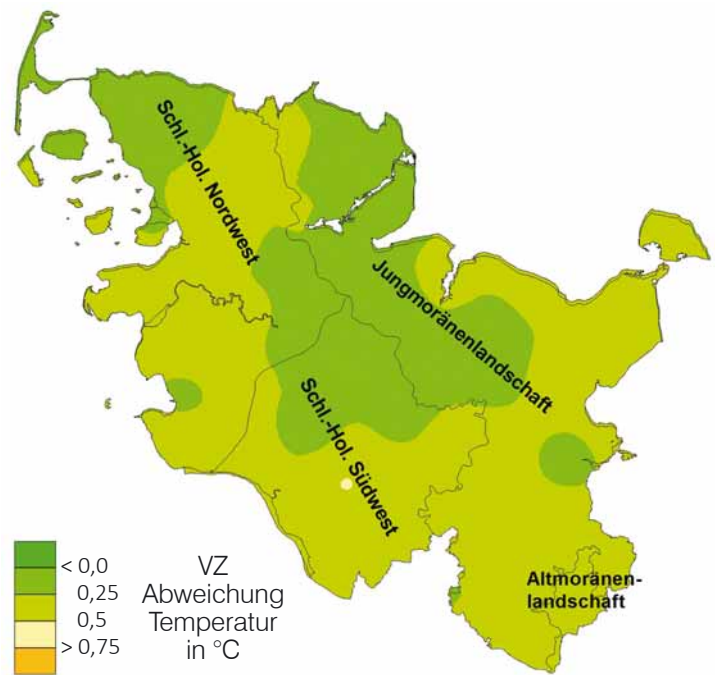
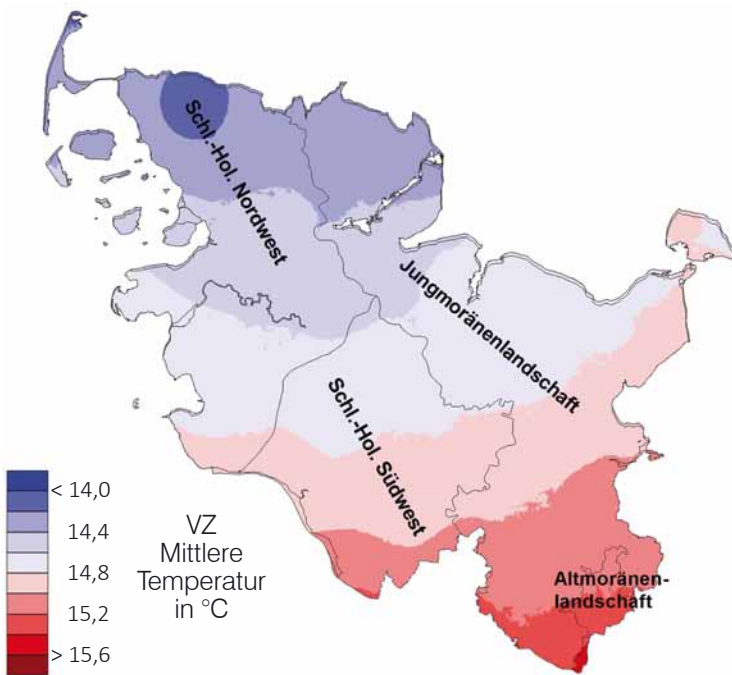
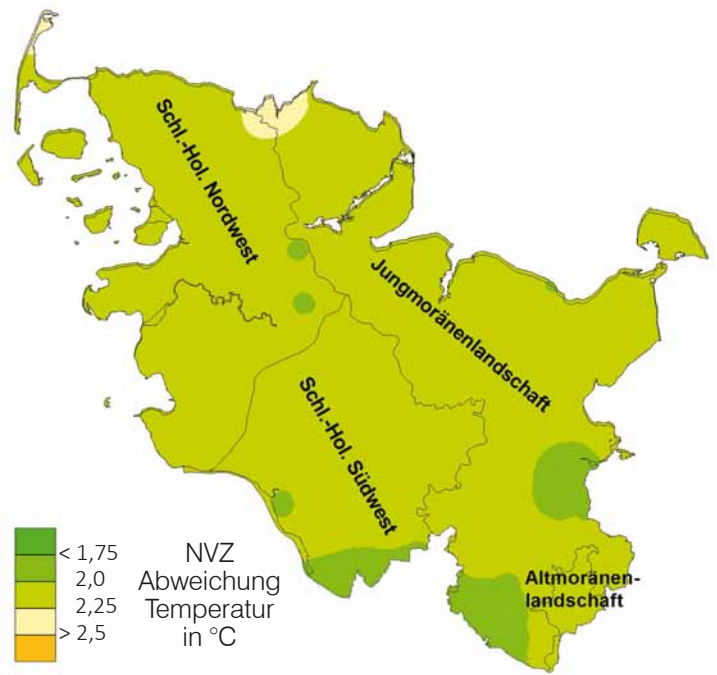
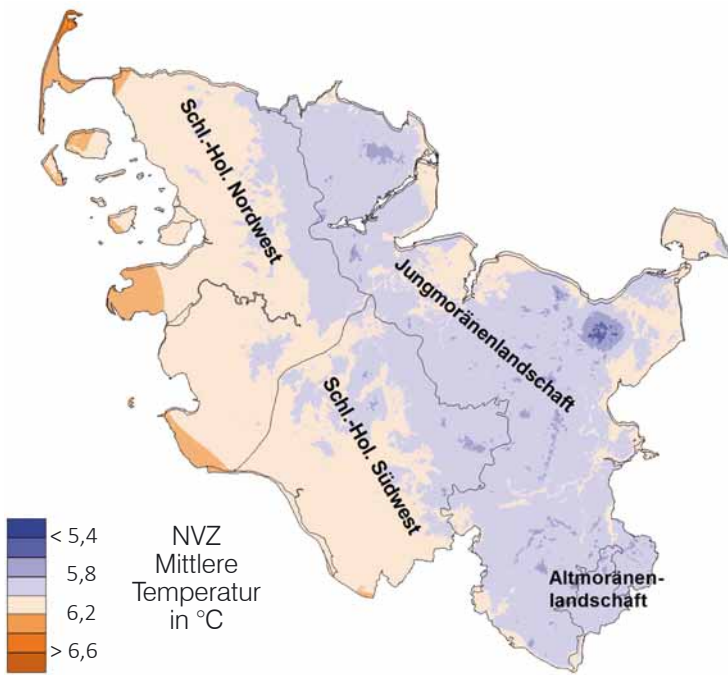
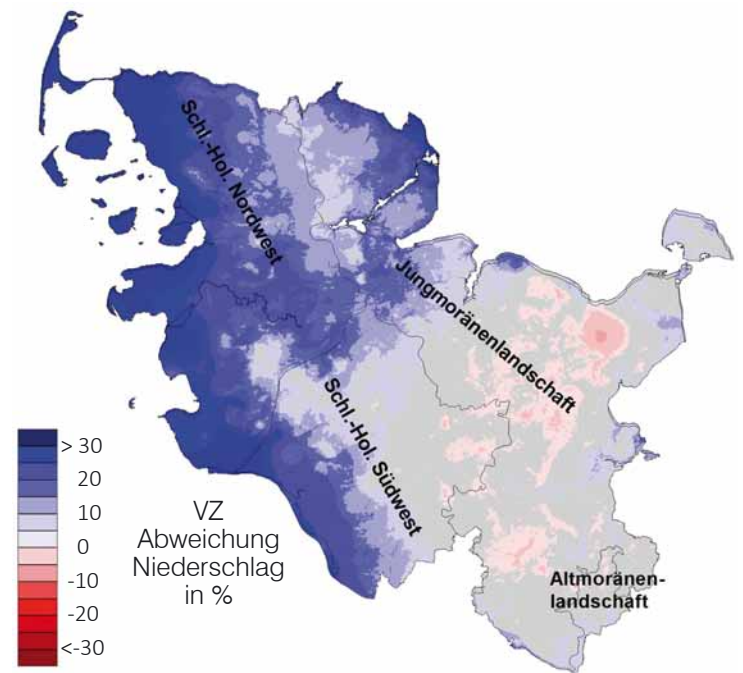
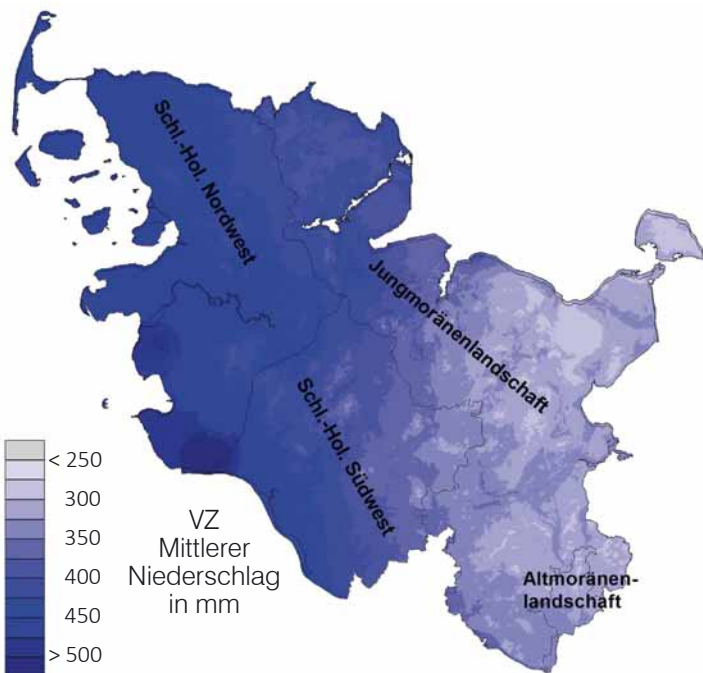
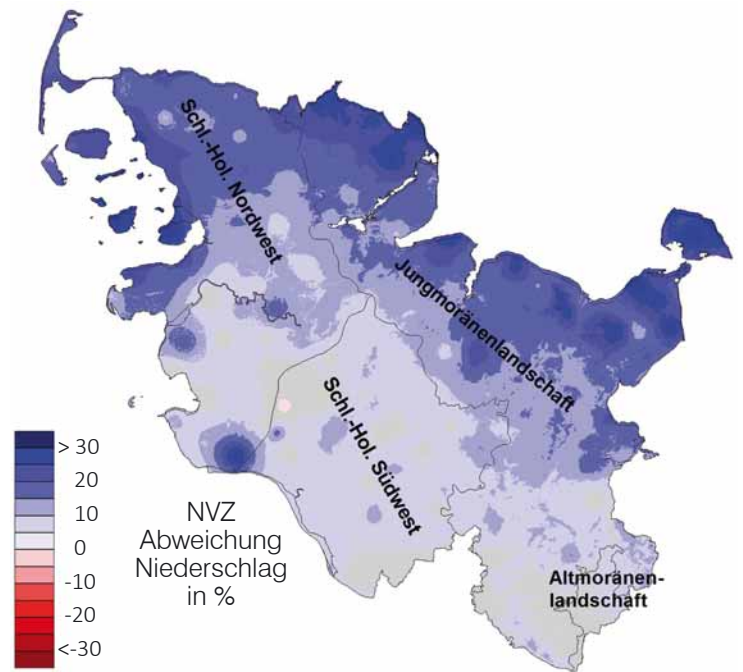
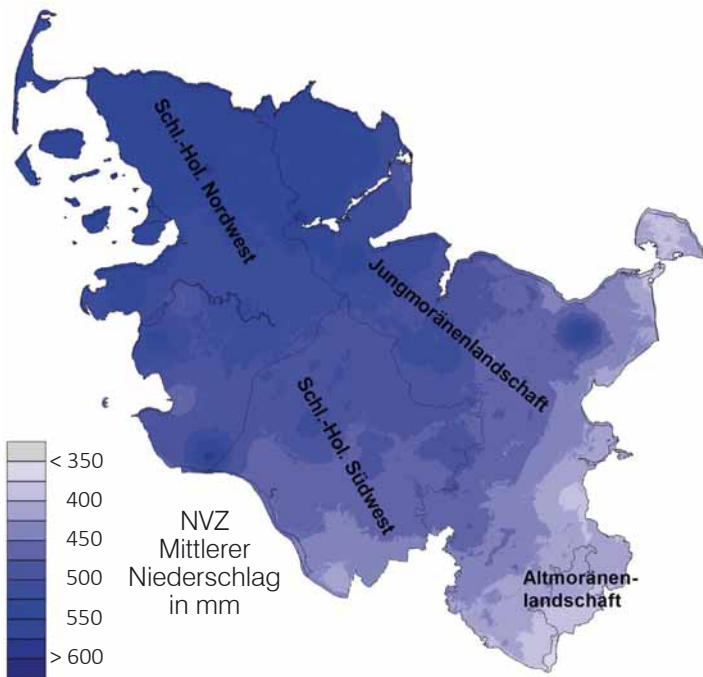


Foto: J. Evers

Witterung und Klima

Gemessene Niederschlagssummen und deren Abweichungen zum langjährigen Mittel in der Nichtvegetationszeit (NVZ) 2014/2015 und in der Vegetationszeit (VZ) 2015



Insekten und Pilze

Borkenkäfer

Nach einer meist entspannten Gefährdungslage zum Ausklang des Winters 2014/2015 wurde trotz der für die Fichten-Borkenkäfer günstigen Frühjahrswitterung eine eher verzögerte Brutentwicklung in den Brutbildern und damit ein oftmals verzögerter Ausflug der Jungkäfer beobachtet. In weiten Teilen des Zuständigkeitsgebietes erhöhten allerdings Einzel- bis Gruppenwürfe als Folge von Sturmereignissen und verschiedentlich auch Hallimaschbefall die Prädisposition der Fichte. Aufgrund der günstigen Sommertemperaturen hatte der Buchdrucker in der zweiten Generation noch die Möglichkeit, lokal erhöhte Dichten aufzubauen.

Mäuse

Die Dichten oberirdisch fressender Kurzschwanzmäuse waren im Herbst 2014 extrem stark angestiegen. Das belegen entsprechende Probefänge, die von der NW-FVA im Kaufunger Wald, Reinhardswald, Solling, Westthar und in Südniedersachsen durchgeführt wurden. Ermittelt wurden die bisher höchsten Mäusedichten, die während der Herbstprognosen seit 1971 von der Niedersächsischen Forstlichen Versuchsanstalt und ab 2006 von der NW-FVA je erreicht wurden.

Die Abteilung Waldschutz hat daraufhin im Juli 2015 einen Sommerfang auf denselben Flächen wie im Herbst 2014 durchgeführt. Die Fangergebnisse bestätigen auch weiterhin anhaltend hohe Populationsdichten der Kurzschwanzmäuse.



Nageschaden durch die Erdmaus Foto: NW-FVA, Abteilung Waldschutz

Eschentriebsterben (ETS)

Für das Eschentriebsterben (Erreger: *Hymenoscyphus fraxineus* / *Chalara fraxinea*) wurde in vielen Regionen eine Verstärkung der Schäden beobachtet (z. B. im Göttinger Wald und im Vogelsberg). Die Schädigungen durch ETS sind mittlerweile auf großer Fläche präsent und führten örtlich bereits zur Auflösung von Bestandesteilen und zum Absterben von Eschenaufforstungen.

Die Beobachtung von 60 befallenen Alteschen (90- bis 146-jährig) in Schleswig-Holstein hat bisher eine Absterberate von 30 % im beobachteten Zeitraum von 2009 bis 2015 ergeben.

Auch in Eschenverjüngungen sind die Infektions- und Absterberaten hoch: Bei Untersuchungen in Eschen-Naturverjüngungen (Wuchshöhen: ab ca. 30-50 cm) wurden von 2013 bis 2015 deutlich ansteigende Infektionsraten festgestellt (auf einer hessischen Beobachtungsfläche: 36 % im Jahr 2013, 55 % in 2014, 71 % in 2015; auf einer niedersächsischen Beobachtungsfläche: 21 % im Jahr 2013, 50 % in 2014, 71 % in 2015). Die Absterberaten der untersuchten Eschen stiegen auf diesen Beobachtungsflächen in Hessen von 6 % (2013) über 14 % (2014) auf 38 % (2015) und in Niedersachsen von 4 % (2013) über 12 % (2014) auf 23 % (2015).

Eine beispielhaft durchgeführte Untersuchung in einer Eschenaufforstung in Niedersachsen zeigte, dass sich bei hohem Infektionsdruck innerhalb eines Jahres 80 % der neugepflanzten Eschen mit dem Erreger des ETS infizierten. Nach drei Vegetationsperioden waren bereits 99 % der Neuanpflanzung befallen und 43 % der Eschen durch die Erkrankung abgestorben. Nach fünf Jahren lag die Infektionsrate bei 100 % und die Absterberate bei 73 %.

Stammfußnekrosen können an befallenen Eschen zum Schadbild gehören. Sie werden im Jungwuchs, bei Baumhölzern und bei Alteschen beobachtet. Nicht alle vom ETS betroffenen Eschen weisen jedoch diesen Symptomkomplex, der durch *H. fraxineus* selbst oder durch andere Schaderreger wie z. B. Hallimasch ausgelöst wird, auf. Das Auftreten von Eschenbastkäfern im Zuge stärkerer ETS-Schäden wird weiterhin als sekundär gewertet, ein Primärbefall dieser Käferarten an gesunden Eschen ist bisher nicht bekannt.



Eschentriebsterben

Foto: NW-FVA, Abteilung Waldschutz

Stoffeinträge

Wald filtert durch seine große Kronenoberfläche gas- und partikelförmige Stoffe aus der Luft. Auf Grund dieses Filtereffektes sind Wälder stärker als andere Landnutzungsformen durch anthropogen verursachte Stoffeinträge wie Sulfatschwefel und Stickstoff (Nitrat und Ammonium) belastet. Um die Wirkungen dieser erhöhten Stoffeinträge sowie die damit verbundenen Risiken für Wälder, Waldböden und angrenzende Ökosysteme zu untersuchen, wird in Schleswig-Holstein seit 1989 der Stoffeintrag in einem 110jährigen Buchenbestand des Intensiven Forstlichen Umweltmonitorings in Bornhöved erfasst.

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 auf Grund des Laubabwurfs unter Buche geringer als unter Fichte. 2014 betrug der Bestandesniederschlag (Kronentraufe und Stammablauf) in Bornhöved 490 mm und lag damit 128 mm bzw. 21 % unter dem langjährigen Mittel. Insgesamt zeigt sich im Beobachtungszeitraum eine abnehmende Tendenz der Niederschlagshöhe.

Durch die konsequente Umsetzung von Maßnahmen zur Luftreinhaltung gingen die Schwefelemissionen drastisch zurück und der Sulfateintrag in die Wälder nahm stark ab. 2014 betrug der Sulfatschwefeleintrag pro Hektar 5,8 kg unter Buche und 2,5 kg im Freiland. Die mittlere jährliche Abnahme seit Beginn der Messungen betrug pro Hektar unter Buche 0,7 kg und 0,38 kg im Freiland.

Hauptquellen für Stickstoff sind der Kfz-Verkehr (oxidierte Stickstoffverbindungen, Nitrat) sowie die Landwirtschaft (reduzierte Stickstoffverbindungen, Ammonium). Trotz verschiedener Bemühungen zur Reduktion der Stickstoffemissionen wird den Wäldern durch anthropogen bedingte atmosphärische Einträge nach wie vor mehr Stickstoff zugeführt, als sie für ihr Wachstum nachhaltig benötigen. Es kommt zu einer Stickstoffanreicherung im Boden mit zunächst schleichenden, langfristig jedoch gravierenden Konsequenzen für den Wald sowie angrenzende Ökosystemen wie Fließ- und Grundgewässer.



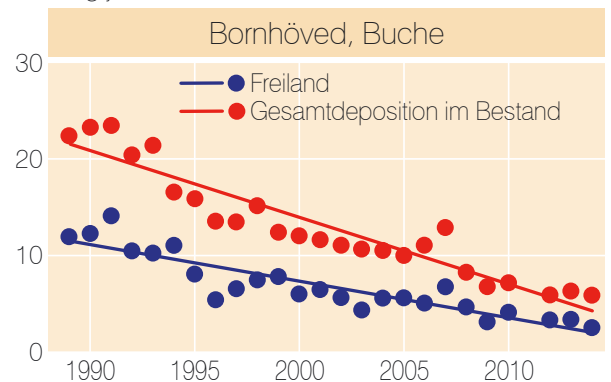
Foto: M. Spielmann



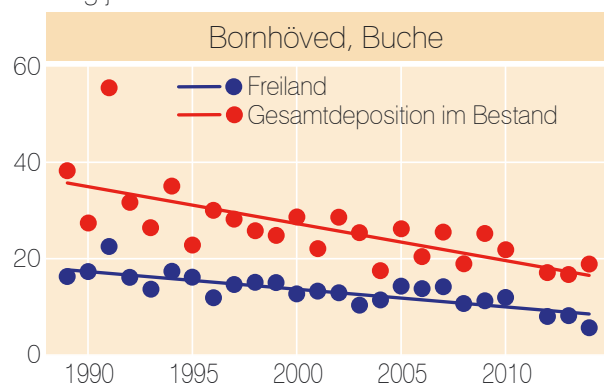
Intensiv-Monitoringfläche Bornhöved

Foto: O. Schwerdtfeger

Schwefel-Eintrag ($\text{SO}_4\text{-S}$)
in kg je Hektar und Jahr



Stickstoff-Eintrag ($\text{NH}_4\text{-N} + \text{NO}_3\text{-N}$)
in kg je Hektar und Jahr



Stoffeinträge

Die Emissionen oxidiertes Stickstoffverbindungen sind in Deutschland in den letzten zwei Jahrzehnten um die Hälfte zurückgegangen (Bultjes et al. 2011). In der Folge hat der Nitratstickstoffeintrag auf der Untersuchungsfläche Bornhöved seit 1989 sowohl im Freiland als auch unter Buche signifikant abgenommen und betrug 2014 pro Hektar 2,6 kg (Freiland) bzw. 9,9 kg (Buche, Gesamtdeposition mit Stammablauf). Dies entspricht im Freiland einer relativen Abnahme von 62 % und 34 % unter Buche bzw. einer mittleren jährlichen Abnahme pro Hektar von 0,1 kg (Freiland) und 0,17 kg (Buche).

Obwohl die Ammoniumemissionen bundesweit in den 2000er Jahren nahezu unverändert hoch geblieben sind (Bultjes et al. 2011), hat der Ammoniumeintrag in Bornhöved signifikant abgenommen, um 74 % (0,28 kg mittlere jährliche Abnahme pro Hektar) im Freiland und um 65 % (0,58 kg mittlere jährliche Abnahme pro Hektar) unter Buche.

Auch in Bornhöved übersteigen die atmosphärischen Stickstoffeinträge trotz des Rückgangs in den letzten zwei Jahrzehnten nach wie vor den Bedarf des untersuchten Bestandes für den Zuwachs erheblich.

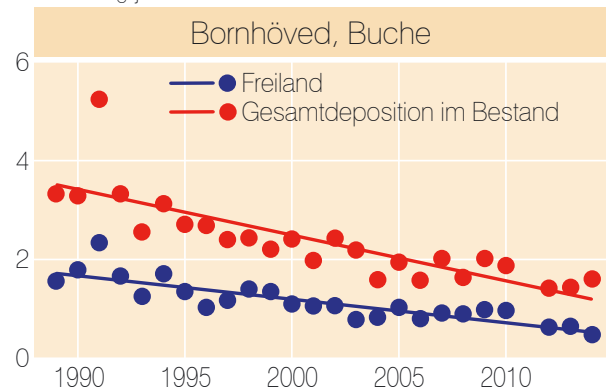
Der aktuelle Gesamtsäureeintrag berechnet sich als Summe der Gesamtdeposition von Nitrat, Ammonium, Sulfat und Chlorid abzüglich der mit dem Niederschlag eingetragenen Basen Calcium, Magnesium und Kalium (jeweils nicht seesalzbürtige Anteile; Gauger et al. 2002).

2014 betrug der Gesamtsäureeintrag pro Hektar im Freiland 0,5 kmol_c und 1,6 kmol_c unter Buche. Im Vergleich zum Mittel der Jahre 1989-1991 ging er im Freiland um 76 % und unter Buche um 64 % zurück. Im Vergleich mit neun weiteren untersuchten Buchenbeständen im Zuständigkeitsgebiet der NW-FVA in den Bundesländern Niedersachsen und Hessen weist die Fläche in Bornhöved überdurchschnittlich hohe Säureinträge auf. Trotz des deutlichen Rückgangs seit Beginn der Untersuchungen übersteigt der Gesamtsäureeintrag aufgrund der geringen Basenvorräte im Boden des untersuchten Bestandes das nachhaltige Puffervermögen dieses Standorts. Zum Schutz der Waldböden und ihrer Filterfunktion ist daher bei basenarmen Ausgangssubstraten eine standortsangepasste Bodenschutzkalkung empfehlenswert.



Foto: J. Weymar

Gesamtsäure-Eintrag
in kmol_c je Hektar und Jahr



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 pro Hektar.

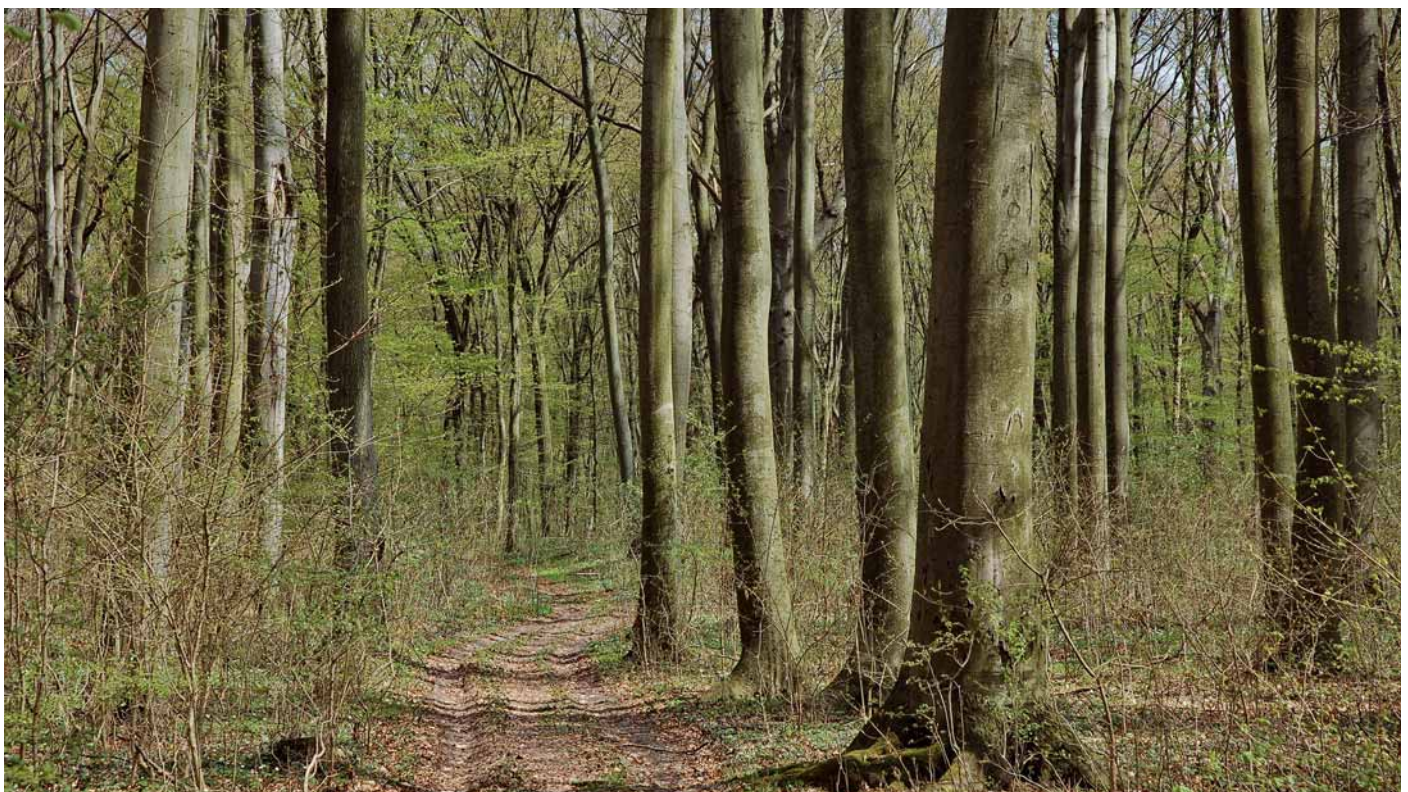


Foto: J. Evers

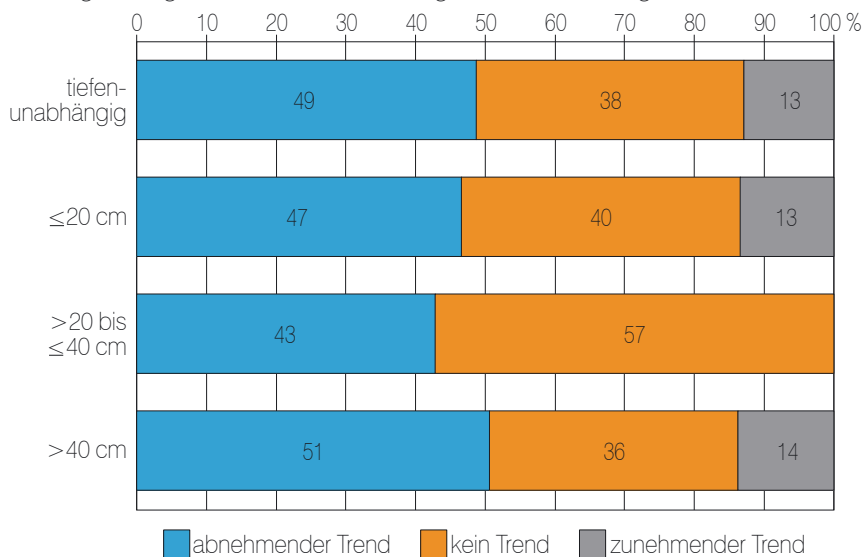
Trends in der Bodenlösung von Waldökosystemen

Die Bodenlösung ist der wichtigste Umsatzraum für Nähr- und Schadstoffe in Wäldern. Sie vermittelt einerseits zwischen den Wurzeln von Bäumen sowie der Bodenvegetation und der festen Bodensubstanz, andererseits werden die meisten Stoffe in gelöster Form in den Waldboden ein- bzw. ausgetragen. Die Zusammensetzung der Bodenlösung ist damit das Resultat des geologischen Ausgangssubstrats, atmosphärischer Einträge, biologischer Prozesse und chemischer Reaktionen. Indikatoren wie das Verhältnis der basischen Kationen Calcium + Kalium + Magnesium zu Aluminium (sogenanntes Bc/Al-Verhältnis) oder die Höhe der Konzentration anorganischer Stickstoffverbindungen (Ammonium + Nitrat + Nitrit) in der Bodenlösung können über die Nährstoffverfügbarkeit an einem Standort und den Zustand des betreffenden Waldökosystems Auskunft geben. Weiterhin kann anhand dieser Indikatoren das Risiko erhöhter Austräge von Aluminium und Nitrat in das Grundwasser abgeschätzt werden.

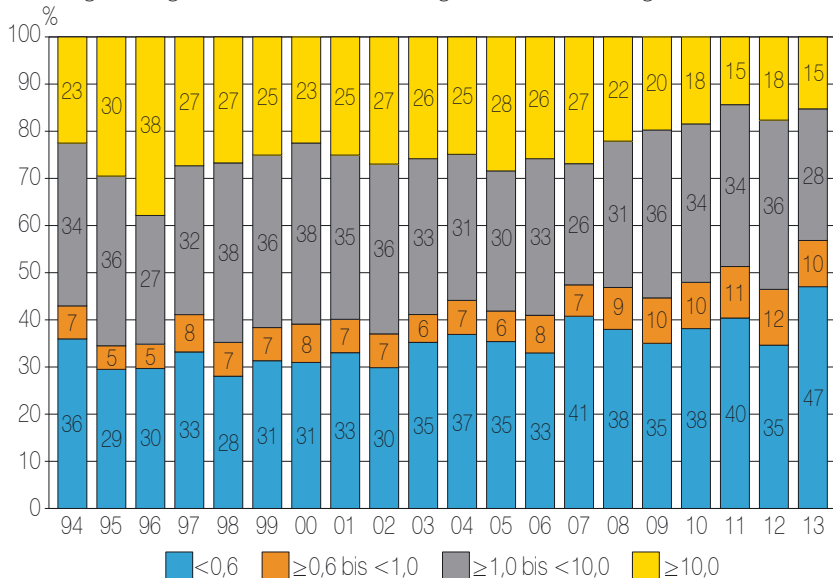
Grundlage der Auswertungen war die chemische Zusammensetzung der Bodenlösung aus den Jahren 1994 bis 2013. Sie stammen von 37 Intensiv-Monitoringflächen der NW-FVA, auf denen Buchen- (18), Douglasien- (1), Eichen- (2), Fichten- (10) oder Kiefern-Bestände (6) stocken und auf denen jeweils in mehreren Tiefenstufen Bodenlösung gewonnen wurde. Zwei dieser Flächen sind in den 1980er Jahren einmalig gekalkt worden. Die Daten wurden auf Plausibilität geprüft und mit dem Ziel der Analyse von a) Trends sowie b) der Häufigkeit der Über- bzw. Unterschreitung von kritischen Grenzwerten ausgewertet. Die Auswahl der Grenzwerte orientierte sich an der Vorgehensweise für die Ableitung von kritischen Belastungsgrenzen für Wälder (Critical Loads).

Für Laubbäume wird bei einem Bc/Al-Verhältnis kleiner 0,6, für Nadelbäume kleiner 1,0 von Alu-

Trend des Bc/Al-Verhältnisses in der Bodenlösung verschiedener Tiefen.
Datengrundlage: 37 Intensiv-Monitoringflächen, Zeitbezug: 1994-2013



Tiefenunabhängiges Bc/Al-Verhältnis in der Bodenlösung.
Datengrundlage: 37 Intensiv-Monitoringflächen, Zeitbezug: 1994-2013

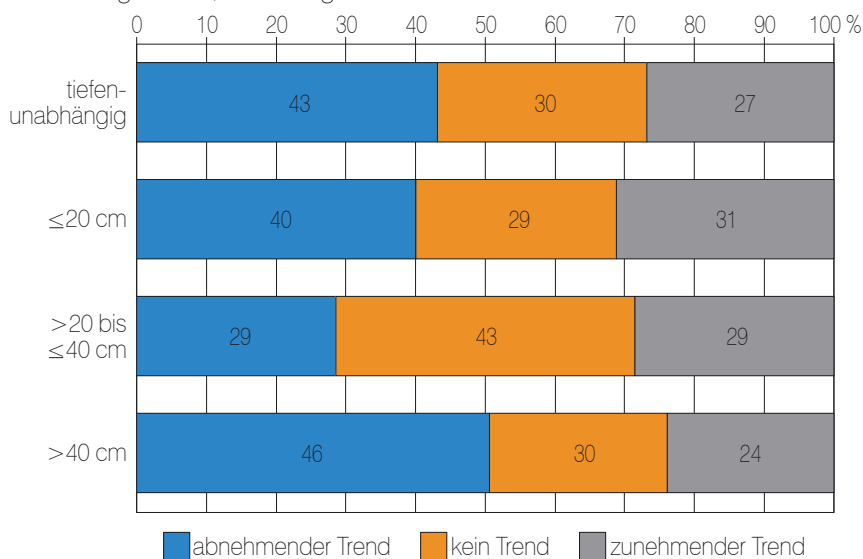


Trends in der Bodenlösung von Waldökosystemen

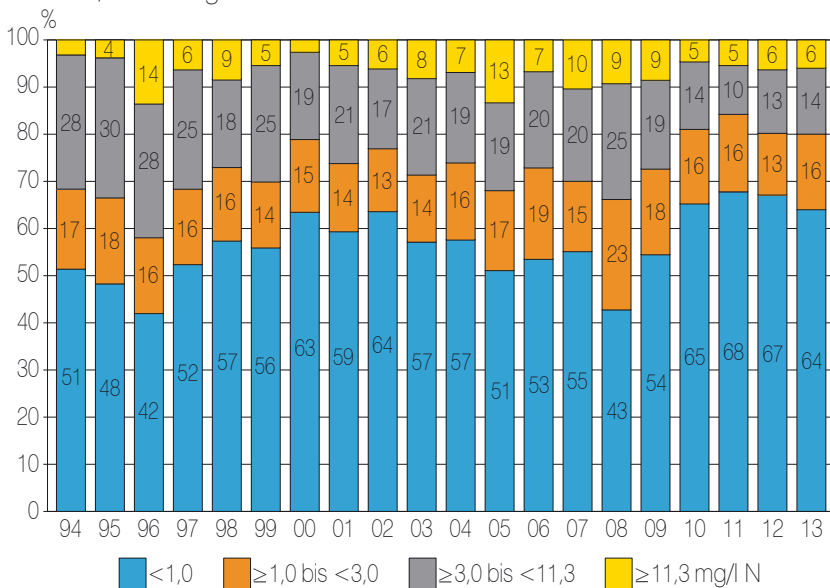
minium-Toxizität bzw. einer gestörten Nährstoffaufnahme ausgegangen. Das Bc/Al-Verhältnis unterlag zwischen 1994 und 2013 tiefenunabhängig in fast der Hälfte aller Fälle einem signifikant abnehmenden Trend (Abbildung Seite 25 oben). Demnach nahmen die Aluminiumanteile in der Bodenlösung im Vergleich zu den Anteilen der Nährstoffkationen entweder stärker zu, schwächer ab oder sie blieben bei abnehmenden Anteilen der Nährstoffkationen konstant. Ein signifikant zunehmender Trend konnte nur für 13 % aller Fälle festgestellt werden. Diesbezüglich zeigten sich in der profilspezifischen Betrachtung für die Tiefenstufen „ ≤ 20 cm“ und „ > 40 cm“ nahezu identische Muster, in der Tiefenstufe „ > 20 bis ≤ 40 cm“ überwogen mit 57 % jedoch die nicht signifikanten Trends, während zunehmende Trends nicht beobachtet werden konnten. Aus diesen Ergebnissen der Intensiv-Monitoringflächen kann abgeleitet werden, dass das Risiko von Aluminium-Toxizität bzw. das Risiko einer gestörten Nährstoffaufnahme in den Wäldern Nordwestdeutschlands eher zugenommen hat.

Ein zunehmendes Risiko der Aluminium-Toxizität spiegelte sich durch die Häufigkeit der Über- bzw. Unterschreitung verschiedener kritischer Grenzwerte in der Bodenlösung wieder (Abbildung Seite 25 unten). Der Vergleich der Mittelwerte der ersten fünf (1994-1998) gegen die letzten fünf Jahre (2009-2013) der Zeitreihe zeigte, dass zu Beginn in 38 %, am Ende aber in 49 % aller Fälle zumindest einer dieser Grenzwerte nicht eingehalten wurde. In der Klasse „ $\geq 1,0$ bis $< 10,0$ “, gab es keine Veränderungen, während die Klassenstärken, in denen kritische Bc/Al-Verhältnisse auftraten, zunahmen (+8 % für die Klasse „ $< 0,6$ “, +4 % für die Klasse „ $\geq 0,6$ bis $< 1,0$ “) und gleichzeitig weniger Standorte in die unkritische Klasse mit einem Bc/Al-Verhältnis ≥ 10 fielen (-12 %). In der profilspezifischen Betrachtung zeigte sich die Tiefenstufe > 20 bis ≤ 40 cm besonders auffällig.

Trend der Höhe der Konzentration anorganischer Stickstoffverbindungen in der Bodenlösung verschiedener Tiefen. Datengrundlage: 37 Intensiv-Monitoringflächen, Zeitbezug: 1994-2013



Tiefenunabhängige Höhe der Konzentration anorganischer Stickstoffverbindungen in der Bodenlösung. Datengrundlage: 37 Intensiv-Monitoringflächen, Zeitbezug: 1994-2013



Mit Unterdruck wird Bodenlösung aus verschiedenen Tiefen gewonnen

Foto: H. Meesenburg

Trends in der Bodenlösung von Waldökosystemen

Seit 2001 wurde hier in mehr als 90 %, seit 2004 sogar in mehr als 95 % der Fälle mindestens der Grenzwert von 1,0 unterschritten (nicht dargestellt).

Die Konzentration der anorganischen Stickstoffverbindungen in der Bodenlösung zeigte zwischen 1994 und 2013 in 70 % aller Fälle einen signifikanten Trend (43 % abnehmend, 27 % zunehmend, Abbildung Seite 26 oben). Dabei wurde in allen Tiefenstufen ein ähnliches Verhältnis zunehmender und abnehmender Trends gefunden. Die abnehmenden Trends sind vermutlich auf abnehmende atmosphärische Stickstoffeinträge zurückzuführen. Die beobachteten zunehmenden Trends sind eine Folge der Sättigung der Waldökosysteme mit Stickstoff aufgrund eines weiterhin über dem Bedarf für den Zuwachs der Waldbestände liegenden Eintrags.

Bei einer Konzentration anorganischer Stickstoffverbindungen von mehr als 1,0 mg/l N kann von erhöhten Stickstoffausträgen infolge von Stickstoffsättigung ausgegangen werden. Auch unterhalb dieses Grenzwertes sind Nährstoffungleichgewichte möglich, oberhalb von 3,0 mg/l N können Schädigungen des Wurzelsystems der Bäume auftreten. Als Grenzwert im Trinkwasser sind in Deutschland 11,3 mg/l N (entspricht einem Nitratgehalt von 50 mg/l) festgelegt. Der Vergleich der Mittelwerte der ersten fünf (1994-1998) gegen die letzten fünf Jahre (2009-2013) der Zeitreihe zeigt, dass sich die Anteile der 3 obersten Klassen (-1 % für die Klassen „ $\geq 11,3$ “ und „ $\geq 1,0$ bis $< 3,0$ “, -12 % für die Klasse „ $\geq 3,0$ bis $< 11,3$ “) zugunsten der Klasse „ $< 1,0$ “ (+14 %) verringert haben (Abbildung Seite 26 unten). Somit deutet die Betrachtung der Überschreitung kritischer Werte für anorganischen Stickstoff ein geringeres Risiko von erhöhten Nitratausträgen in das Grundwasser an. Es ist jedoch erforderlich, die weitere Entwicklung zu beobachten, da die atmosphärischen



Saugkerzen zur Gewinnung von Bodenlösung in verschiedenen Tiefen
Foto: NW-FVA



Boden des Jahres 2015: Pseudogley

Foto: H. Kasel

Stickstoffeinträge weiterhin vielerorts über den kritischen Belastungsgrenzen liegen und daher mit einer Stickstoffsättigung zu rechnen ist. Bei einer zunehmenden Stickstoffsättigung wäre von wieder ansteigenden Nitratausträgen auszugehen. Hierbei ist auch die Dynamik der organischen Substanz, in der ein Großteil des Boden-Stickstoffs gespeichert wird, von besonderer Bedeutung. Da der Einfluss des Klimawandels auf die Vorräte der organischen Substanz schwer abzuschätzen ist, kann auch das zukünftige Risiko erhöhter Nitratausträge nur bedingt prognostiziert werden.

Trotz aller Bemühungen zur Reduktion der Säureeinträge in den letzten Jahrzehnten sind die pH-Werte in der Bodenlösung bislang nur teilweise wieder angestiegen. Die Erholung der Waldökosysteme wird unter anderem durch die Freisetzung von zwischengespeichertem Schwefel und einem weiterhin hohen Eintrag an Stickstoff verzögert. Seine Anreicherung führt zu zusätzlichen Nährstoffverlusten und Grundwasserbelastungen durch Nitrat. Für viele Waldböden wird deshalb auch weiterhin ein erhöhtes Risiko von Aluminium-Toxizität und Nährstoffungleichgewichten infolge von Bodenversauerung bestehen.

Bodenchemie und Durchwurzelung in tieferen Bodenschichten

Wie tief ist der Wurzelraum? Nährlementstatus und Durchwurzelung von Waldböden im Tiefland

Der Nährlementstatus von Waldböden ist für die ökologischen Eigenschaften und die Beurteilung des Leistungspotentials von Waldstandorten von großer Bedeutung. Für die Einschätzung des Nährlementstatus des Waldbodens im Gelände z. B. im Rahmen der forstlichen Standortkartierung sind im Wesentlichen die Ausgangsgesteine und die Bodenarten, der Humuszustand sowie die Zusammensetzung der Vegetation entscheidend. Genauere, quantifizierbare Informationen zum Nährstoffhaushalt bieten chemische und physikalische Bodenanalysen, die in der forstlichen Standortkartierung die Bewertung der forstlichen Standorte vor Ort absichern. Bodenchemische Kennwerte können nicht als allgemein gültig für die Abschätzung des Leistungspotentials von Waldböden herangezogen werden, da vielfältige Faktoren auf den Waldboden einwirken. Dennoch bieten sie wichtige Stützen für die Abschätzung von Standortpotentialen, der Einschätzung von Risiken und einer Bewertung auf messbarer Grundlage für eine standortgerechte, waldbauliche Planung.

Neben intensiven Parametern wie der Basensättigung oder den pH-Werten sind Kapazitätsparameter wie die Vorräte der Hauptnährelemente in Waldböden wichtige Informationen. Dies sind z. B. die austauschbar an den Mineraloberflächen gebundenen Vorräte an Calcium, Magnesium und Kalium, aber auch die Stickstoff- und Phosphorvorräte. Im Zusammenhang mit dem Klimawandel tritt auch der Kohlenstoffvorrat im Waldboden immer mehr in den Vordergrund.

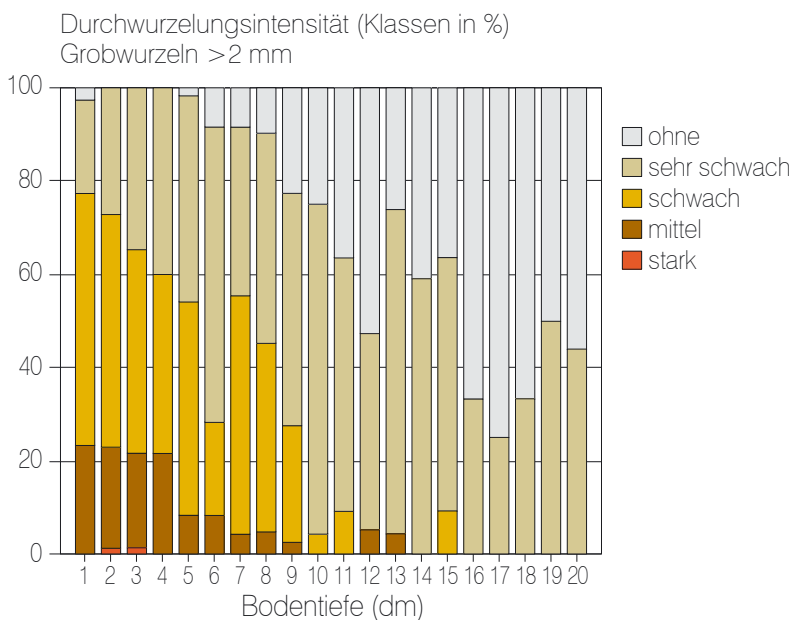
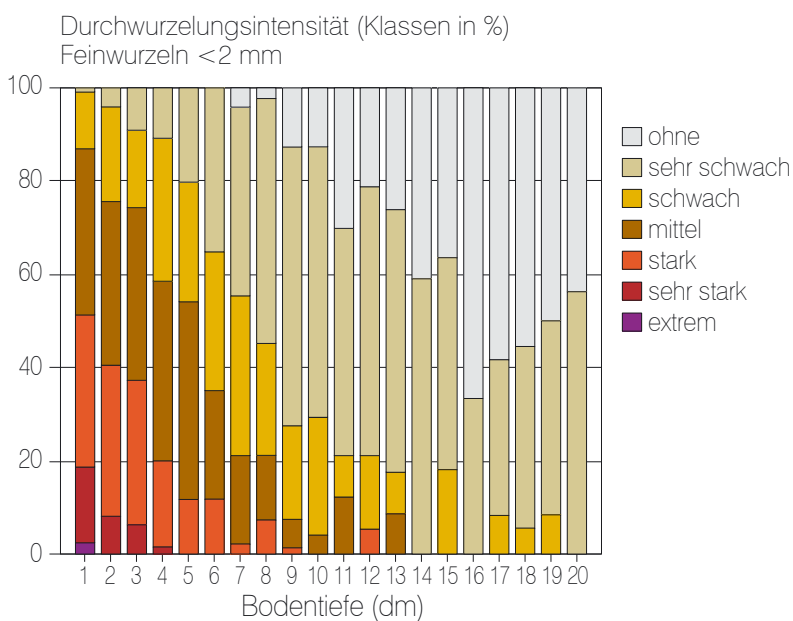
Hinsichtlich der Fragestellung, bis zu welcher Bodentiefe die Nährstoffvorräte für den Wald kalkuliert werden sollten, ist der durchwurzelte Boden entscheidend. Doch wie tief reicht der Wurzelraum? Neben den von Baumarten und -alter abhängigen, genetisch vorgegebenen Grundformen der Ausbildung verschiedener Wurzelsysteme wie Pfahl-, Herz- oder Senkwurzeln bei Bäumen finden sich im Waldboden verschiedenste Übergänge dieser Wurzelsysteme, die sich durch die Anpassung des Wurzelsystems an die gegebenen Bodenverhältnisse ergeben. Bei den meisten Baumarten ist diese Anpassungsfähigkeit relativ hoch. Welche Wurzelsysteme sich in Waldbeständen ausbilden, ist abhängig von der Nährstoffverfügbarkeit im gegebenen Waldboden, aber auch von der Wasserversorgung, insbesondere dem Grundwasserstand, dem Humuszustand sowie der mechanischen Belastung durch Wind und der Konkurrenz der Nachbarbäume (Kutschera und Lichtenegger 2013).

Da die Durchwurzelungsintensität von Baumwurzeln allgemein von oberen in tiefere Bodenschichten deutlich abnimmt, werden häufig Bodentiefen von unter 1 m als durchschnittlich effektiver Wurzelraum angegeben. Auch stehen ganz praktische Gründe für eine genauere Analyse der Durchwurzelung in tieferen Bodenschichten im Wege. Das Anlegen von tieferen Bodenprofilen ist ebenso wie das Freilegen ganzer Wurzelsysteme sehr aufwändig. Im Bergland begrenzen feste Gesteinslagen und hohe Steingehalte die Einbeziehung tieferer

Bodenschichten in Wurzeluntersuchungen, im Tiefland müssen tiefe Profile gesondert abgesichert werden.

Im Rahmen dieser Auswertung wird zunächst anhand der zweiten Bodenzustandserhebung (BZE II) im Wald an rund 170 Profilen für das Tiefland in Niedersachsen, Hessen und Sachsen-Anhalt die mittlere Verteilung der Durchwurzelung mit zunehmender Bodentiefe dargestellt und anschließend die Ergebnisse von 10 Profilen im niedersächsischen Tiefland vorgestellt, für die bis zu einer Bodentiefe von 3 m Informationen zu den Nährstoffvorräten und der Durchwurzelung vorliegen.

In den beiden Abbildungen unten sind die prozentualen Durchwurzelungsklassen für die BZE II der Bundesländer Niedersachsen, Hessen und Sachsen-Anhalt im Tiefland für die unteren Grenzen der Bodenhorizonte klassiert in 10 cm Stufen dargestellt (Anzahl pro Klasse >10 Bodenhorizonte). Es zeigt sich sowohl für die Verteilung der Fein- als auch der Grobwurzeln die typische Abnahme der stärker durchwurzelten Bereiche mit zunehmender Tiefenstufe. Unterhalb von 100 cm tritt die stärkere Durchwurzelung mit Feinwurzeln kaum noch auf, die mittlere Durchwurzelungsklasse von Feinwurzeln ist ab 130 cm Bodentiefe nicht mehr vertreten. Bei den Grobwurzeln sind starke und intensivere Durchwurzelungen kaum feststellbar, die prozentualen Anteile der jeweiligen Durchwurzelungsklassen an den



Bodenchemie und Durchwurzelung in tieferen Bodenschichten



Foto: V. Steinmann

10 cm Stufen sind geringer. Unterhalb von 130 cm Bodentiefe traten Grobwurzeln nur sehr vereinzelt auf. Es zeigt sich aber deutlich, dass auch unterhalb von 1 m Bodentiefe die Böden durchwurzelt sind, wenn auch überwiegend schwach. Die Ergebnisse der BZE II für das Tiefland zeigen, dass tiefere Bodenschichten von Baumwurzelsystemen erschlossen werden und in die Erfassung und Beurteilung von Standortspotentialen einbezogen werden sollten.

Im Landkreis Harburg (Niedersachsen) wurden in einem Waldgebiet von 300 ha im Besitz der Klosterkammer 60 Bodenprofile im Hinblick auf die Tiefendurchwurzelung bis knapp 4 m Bodentiefe untersucht (Steinmann 2015). Zentrale Fragen waren hierbei, wie groß die Durchwurzelungstiefe auf diesen quartären Standorten ist, ob neben der Wasserversorgung und Bodenart die Verteilung der Nährstoffvorräte dabei eine Rolle spielt und wie hoch die Kohlenstoffspeicherung in diesen Tiefen ist. Das Untersuchungsgebiet liegt im Wuchsbezirk Hohe Heide, der mittlere Jahresniederschlag beträgt 780 mm, die Jahresdurchschnittstemperatur 8 °C (1961-1990). Es finden sich sehr unterschiedliche geologische Schichtenfolgen: am weitesten verbreitet sind Geschiebedecksande über Schmelzwassersanden, gefolgt von Geschiebedecksanden über Geschiebelehmen, Löss geprägten Standorten oder auch holozänen fluviatilen Ablagerungen. Daneben kommen vereinzelt auch tertiäre Schichten vor, die aus tonigen bis schluffigen Substraten sowie Fein- bis Mittelsanden bestehen können.

Im Ergebnis betrug die durchschnittliche Durchwurzelung über alle Baumarten hinweg rund 250 cm, wobei Buche und Douglasie mit 280 cm signifikant tiefer wurzeln als die Fichte mit durchschnittlich 170 cm. Allerdings wurden auch Fichtenwurzeln in über 3 m Bodentiefe gefunden. Die mittlere Durchwurzelungstiefe der Kiefer lag bei über 3 m. 30 % dieser untersuchten Profile zeigten Durchwurzelungen von über 3 m Bodentiefe. Weder der Durchmesser noch der Abstand des Baumes zur Profilwand¹, die Wasser- oder Nährstoffziffer oder die geologischen Schichten der jeweiligen Standorte ließen eindeutige Muster in der Durchwurzelung erkennen. Das Vorhandensein von Calciumcarbonat im Boden scheint die Durchwurzelung in den betreffenden Schichten zu erhöhen.

In 20 % der Profile entsprach die Durchwurzelungstiefe der maximalen Profiltiefe, so dass auch in noch größeren Bodentiefen über 4 m Wurzeln erwartet werden können. Weiterhin wurde gezeigt, dass in Profilwänden Lücken zwischen verschiedenen Etagen des Wurzelsystems bis 2,30 m auftreten. Dies legt den Schluss nahe, dass die maximalen Durchwurzelungstiefen in quartären Lockersedimenten noch deutlich tiefer reichen können, als die Untersuchungstiefe in dieser Studie.

An 10 Profilen wurden zur Abschätzung des Nährstoffstatus im Zusammenhang mit der Durchwurzelung tieferer Bodenschichten chemische Analysen bis 3 m Bodentiefe durchgeführt und mit den Durchwurzelungs-Intensitätsstufen in der Auflage und in 1 m-Schritten im Mineralboden verglichen. Die Nährstoffvorräte von austauschbarem Calcium, Magnesium und Kalium sowie die Gesamtvorräte von Kohlen- und Stickstoff sind in den Abbildungen auf Seite 30 proportional zu ihrer absoluten Größe in Kreisen dargestellt, die Durchwurzelungs-Intensitätsstufen sind farblich gekennzeichnet.

Hohe Nährstoffvorräte von Calcium und Magnesium, teilweise auch von Kalium sind vor allem in den Bodenschichten 1-2 m und 2-3 m festzustellen. Damit fallen diese Standorte meist in sehr hohe Bewertungsbereiche nach der forstlichen

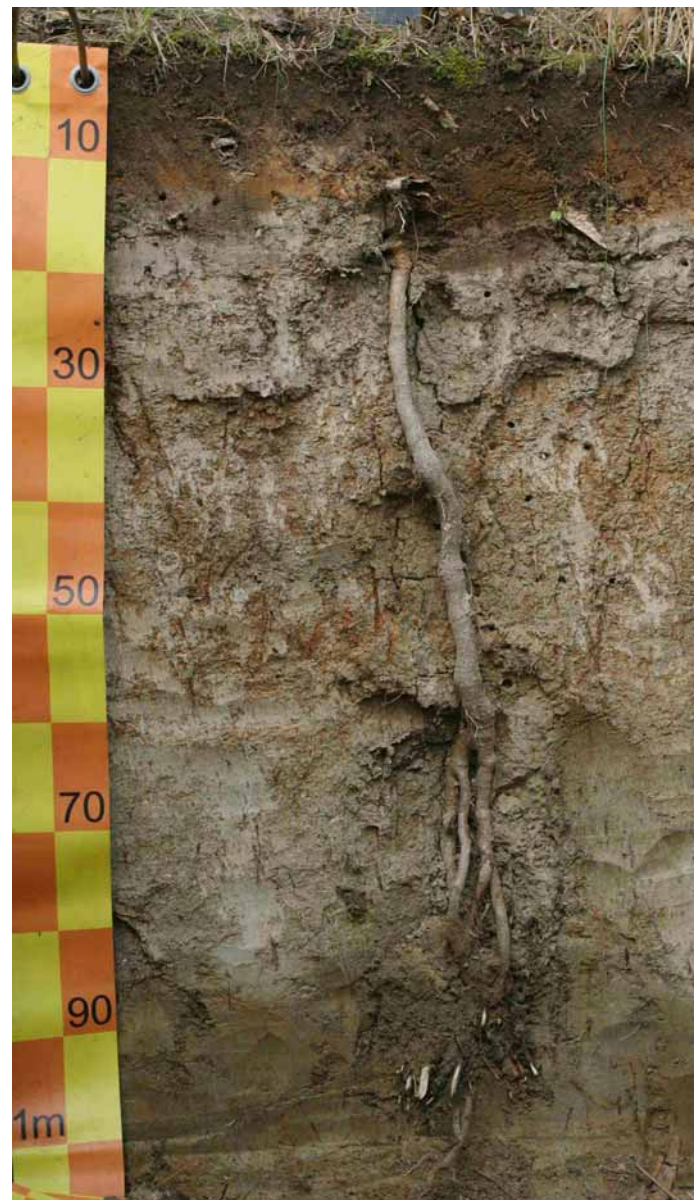


Foto: W. Schmidt

¹Untersuchungsbereich BHD: 20-60 cm, Abstand Profilwand: max. 6 m

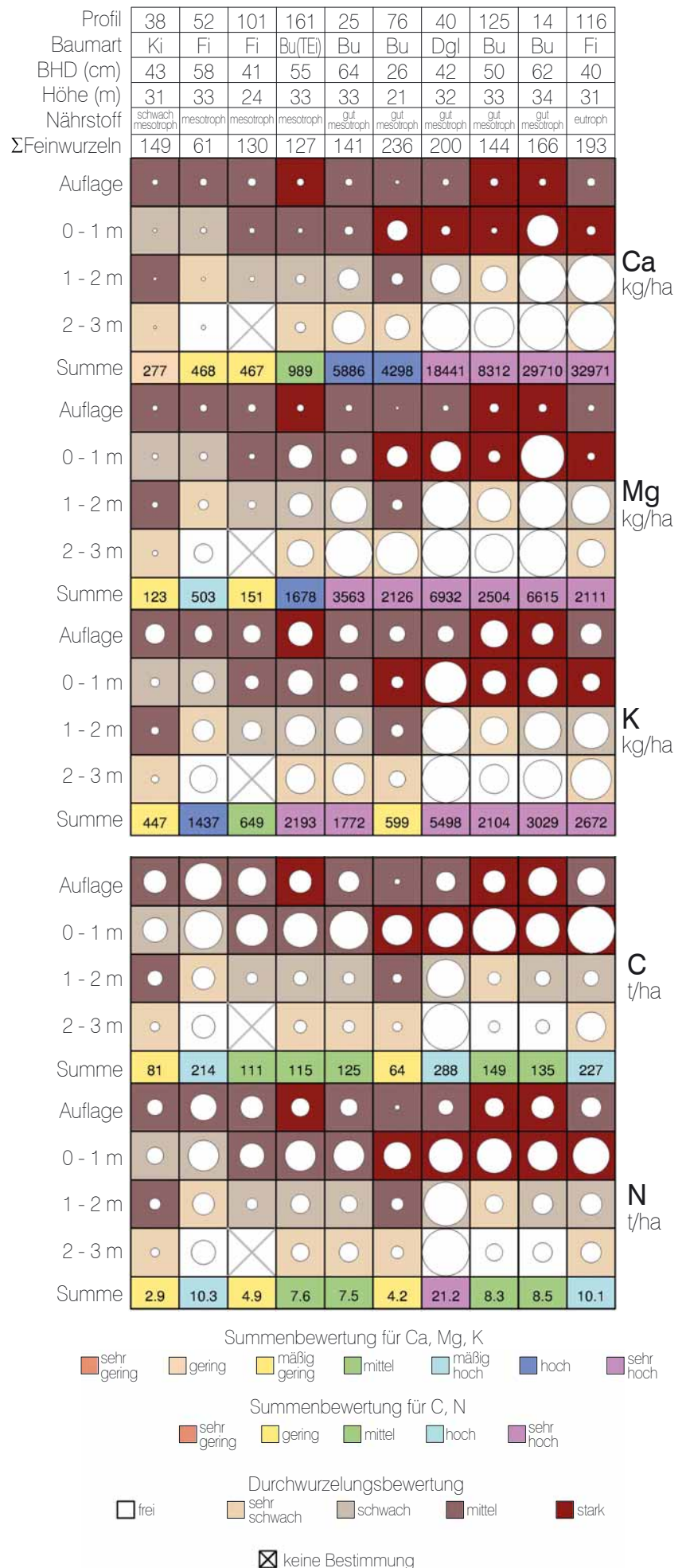
Bodenchemie und Durchwurzelung in tieferen Bodenschichten

Standortsaufnahme (AK Standortskartierung 2003) und sind entsprechend in der forstlichen Standortskartierung auch mit gut mesotroph bis eutroph bewertet worden. Bei einer Vorratsberechnung nur für die Auflage und 1 m Bodentiefe wären die Nährstoffvorräte (mit einer Ausnahme) nur in gering bis mittlere Bereiche eingestuft worden. Die Stickstoff- und Kohlenstoffvorräte sind im Gegensatz dazu zum überwiegenden Teil in der Auflage und bis zu 1 m Bodentiefe gespeichert, obwohl es von diesem Muster auch Abweichungen gibt (z. B. Profil 40). Im Mittel dieser 10 Profile sind 80 % der Kohlenstoff- und 70 % der Stickstoffvorräte in der Auflage und bis zu 1 m Bodentiefe gespeichert, bei Calcium sind dies nur 30 %, bei Magnesium 25 % und bei Kalium 40 %.

Bis 2 m Bodentiefe sind alle 10 Bodenprofile durchwurzelt, davon 2 Profile mittel, 6 schwach und 2 sehr schwach. In 2-3 m Bodentiefe wurde an 5 Profilen noch eine schwache Durchwurzelung festgestellt, in 4 Profilen gab es keine Feinwurzeln mehr. Die Durchwurzelung des Auflagehumus ist in allen Profilen mittel bis stark, was als typisch angesehen werden kann. In den mit gut mesotroph eingeschätzten Profilen fällt die starke Durchwurzelung des Wurzelraumes bis 1 m Bodentiefe (Profil 76, 40, 125, 14 und 116) gegenüber den schwächer nährstoffversorgten Profilen auf. Möglicherweise kann ein stärker ausgeprägtes Wurzelwerk in oberen Bodenschichten auch auf zwar schwächer durchwurzelte, aber nährstoffreichere tiefere Bodenschichten zurückgeführt werden. Wenn Wurzeln diese nährstoffreichen Schichten erreichen, wird das Nährstoffreservoir dieser Schichten erschlossen und steht dem Baum zur Verfügung. Für die Erschließung dieser Potentiale können auch schon relativ wenige Wurzeln möglicherweise ausreichen. Dies ist ein Befund, den auch Steinmann (2015) bei der Analyse der 60 Profile vor allem bei Buche festgestellt hat. Ein tiefreichendes Wurzelwerk und eine intensive Durchwurzelung des Oberbodens könnten als Schlüssel sowohl für die große Standortsamplitude als auch Konkurrenzkraft der Buche angesehen werden.

Aber auch schwächer nährstoffversorgte Standorte sind tief durchwurzelt, wie z. B. das Profil 38. Insgesamt scheint jedoch die Anzahl von Feinwurzeln in diesen Profilen geringer zu sein als in den besser mit Nährstoff versorgten.

Insgesamt zeigt sich, dass auf den quartären Lockersedimenten des Tieflandes davon ausgegangen werden kann, dass die durchschnittliche Durchwurzelung mindestens eine Bodentiefe von 2 m erreicht. Vermutlich liegt auf vielen Standorten die Durchwurzelung noch tiefer. Für die Einschätzung der Standortspotentiale von Waldböden sollte dieser Sachverhalt stärker einbezogen und weiter untersucht werden. Denn wie beispielhaft an den bis 3 m bodenchemisch analysierten Profilen deutlich wird, können beträchtliche Nährstoffpotentiale auch in tieferen Bodenschichten durch Wurzelwerke erschlossen werden.



Literaturverzeichnis

- AK Standortskartierung (2003): Forstliche Standortsaufnahme. Arbeitskreis Standortskartierung in der Arbeitsgemeinschaft Forsteinrichtung, 6. Auflage, Eching bei München, 352 S
- Barth N, Brandtner W, Cordsen E, Dann T, Emmerich KH, Feldhaus D, Kleefisch B, Schilling B & Utermann J (2000): Bodendauerbeobachtung, 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
- Builtjes P, Banzhaf S, Gauger T, Hendriks E, Kerschbaumer A, Koenen M, Nagel HD, Schaap M, Scheuscher T, Schlutow A (2011): Erfassung, Prognose und Bewertung von Stoffeinträgen und ihren Wirkungen in Deutschland. UBA-Texte 38/2011
- BMVEL (Hrsg.) (2005): BMELV-Gutachterausschuss Forstliche Analytik: Handbuch Forstliche Analytik – Eine Loseblatt-Sammlung der Analysemethoden im Forstbereich. Mit Ergänzungen bis 2015.
- Gauger Th, Anshelm F, Schuster H, Erisman JW, Vermeulen AT, Draaijers PG, Bleeker A, Nagel HD (2002): Mapping of ecosystem specific long-term trends in deposition loads and concentrations of air pollutants in Germany and their comparison with critical loads and critical levels. Part 1: Deposition loads 1990-1999. Final Report Project 299 42 210, Umweltbundesamt. Institut für Navigation der Universität Stuttgart. 207 S
- 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
- Kutschera L & Lichtenegger E (2013): Wurzelatlas mitteleuropäischer Waldbäume und Sträucher. Graz: Stocker Verlag, 2. Auflage, 604 S
- Paar U, Guckland A, Dammann I, Albrecht M, Eichhorn J (2011): Häufigkeit und Intensität der Fruktifikation der Buche. AFZ-DerWald, 6, 26-29
- Steinmann V (2015): Tiefendurchwurzelung von Waldbäumen auf quartären Standorten im Norddeutschen Tiefland. Masterarbeit an der Fakultät für Forstwissenschaften und Waldökologie der Georg-August-Universität Göttingen, Abteilung Ökopedologie der gemäßigten Zonen des Büsgen-Instituts, 83 S und Anhang
- Ulrich B, Mayer R & Khanna PK (1979): Deposition von Luftverunreinigungen und ihre Auswirkungen in Waldökosystemen im Solling. Schr. Forstl. Fakultät Univ. Göttingen. 58, 291 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

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

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

Titelfoto: Evers, J.

Graphik und Layout: Paar, E.

Herstellung: Nordwestdeutsche
 Forstliche Versuchsanstalt

Druck: Printec Offset Kassel

Der Waldzustandsbericht 2015
 ist abrufbar unter
www.nw-fva.de und
[www.schleswig-holstein.de/
 UmweltLandwirtschaft](http://www.schleswig-holstein.de/UmweltLandwirtschaft)

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



Thomas Winter
 Außenaufnahmen und Kontrollen



Dr. Bernd Westphal
 Außenaufnahmen und Kontrollen

