



Waldzustandsbericht 2015



Vorwort



Liebe Leserin, lieber Leser,

unser Boden - wir treten ihn buchstäblich mit Füßen, befahren ihn mit land- und forstwirtschaftlichen Maschinen und behandeln ihn oft viel zu gedankenlos. Über 5 % der Fläche Niedersachsens sind durch Bebauung und andere Landnutzungen bereits versiegelt – mit negativen Folgen für die Böden.

Die Vereinten Nationen haben das Jahr 2015 zum Internationalen Jahr des Bodens erklärt. Zahlreiche Veranstaltungen und Fachsymposien erinnern uns nachdrücklich daran, dass gesunde, fruchtbare Böden für die Menschheit lebens-, ja überlebenswichtig sind: als Kohlenstoff-, Nährstoff- und Wasserspeicher, zur Produktion der Nahrungs- und Futtermittel und des nachwachsenden Rohstoffs Holz. Nur stabile Wälder haben einen hohen Erholungswert, erbringen alle wirtschaftlichen und ökologischen Leistungen, sind widerstandsfähig gegen tierische und pflanzliche Schädlinge und gewappnet gegen die „stressigen“ Auswirkungen des Klimawandels. Daher muss der Gesundheit auch der Waldböden unsere ganze Aufmerksamkeit gelten.

Das langjährige Forstliche Umweltmonitoring der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt (NW-FVA) in Göttingen beobachtet und dokumentiert den Zustand unserer Wälder in vielfältiger Weise. Daher sind wir über die Gesundheit unserer Waldbäume, über chemische Vorgänge und Veränderungen im Boden sowie über die Entwicklung schädlicher Stoffeinträge landesweit recht genau im Bilde.

Mit der vorliegenden Broschüre berichten wir über die Ergebnisse der diesjährigen Waldzustandserhebung, die auch relativ kurzfristige Veränderungen dokumentiert. Die mittlere Kronenverlichtung als Gradmesser für die Baumvitalität und die Absterberate sind dank verminderter Schadstoffeinträge seit Jahren weitgehend stabil geblieben. Dagegen sind die so genannte Buchenkomplexerkrankung im Solling und das Eschentriebsterben relativ neuartige Schadvorgänge, deren Ursachen und Abhilfe wir intensiv auf den Grund gehen müssen.

Ein großer Teil der Broschüre widmet sich der Methodik des Forstlichen Umweltmonitorings in Niedersachsen und Nordwestdeutschland sowie aktuellen Forschungsschwerpunkten und -ergebnissen. Mit dem jährlichen Waldzustandsbericht kommt die Niedersächsische Landesregierung dem Wunsch der Öffentlichkeit nach Transparenz und Information über wichtige Umweltdaten umfassend nach.

Ich wünsche Ihnen eine interessante Lektüre.

A handwritten signature in black ink that reads "Christian Meyer".

Christian Meyer
Niedersächsischer Minister
für Ernährung, Landwirtschaft
und Verbraucherschutz



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	
Kiefer	13
Fichte	14
Buche	15
Eiche	16
Andere Laub- und Nadelbäume	17
Witterung und Klima	18
Johannes Suttmöller	
Frühjahrstrockenheit	22
Johannes Suttmöller, Markus Wagner, Jan Evers und Henning Meesenburg	
Insekten und Pilze	26
Ulrich Bressen, Michael Habermann, Rainer Hurling, Andreas Rommerskirchen, Gitta Langer und Pavel Plašil	
Stoffeinträge	28
Birte Scheler	
Trends in der Bodenlösung von Waldökosystemen	30
Uwe Klinck und Henning Meesenburg	
Bodenchemie und Durchwurzelung in tieferen Bodenschichten	33
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	
Klimawandel und Nachhaltiges Landmanagement im norddeutschen Tiefland	36
Stefan Fleck und Henning Meesenburg	
Literaturverzeichnis	39
Impressum	40

Hauptergebnisse

Waldzustandserhebung (WZE)

Die mittlere Kronenverlichtung der Waldbäume in Niedersachsen insgesamt blieb 2015 gegenüber dem Vorjahr nahezu unverändert (15 %). Die älteren Buchen hatten im letzten Jahr intensiv geblüht und Früchte ausgebildet, 2015 war dagegen ein Jahr ohne Fruchtbildung und die Verlichtungswerte der Buche gingen von 29 auf 25 % zurück. Insgesamt hat die Frühjahrstrockenheit 2015 nicht zu akuten Schäden geführt: Die mittlere Kronenverlichtung sowie der Anteil starker Schäden und die Absterberate blieben stabil.

Die Ergebnisse der Waldzustandserhebung zeigen einen deutlichen Alterstrend: Für ältere Bäume (über 60jährig) liegt die mittlere Kronenverlichtung mit 19 % etwa doppelt so hoch wie für jüngere (bis 60jährige) Bäume (8 %).

Die Baumartenverteilung in der WZE-Stichprobe in Niedersachsen ergibt für die Kiefer einen Flächenanteil von 37 %, die Fichte ist mit 18 %, die Buche mit 16 % und die Eiche mit 7 % an der WZE-Stichprobe vertreten. Die anderen Laub- und Nadelbäume nehmen zusammen einen Anteil von 22 % ein.

Die ältere Kiefer hat im Beobachtungszeitraum ein relativ geringes Kronenverlichtungsniveau beibehalten. 2015 setzt sich diese Tendenz fort, die mittlere Kronenverlichtung liegt bei 14 %. Auch bei den starken Schäden und in der Absterberate zeigt sich die Kiefer robust, im Erhebungszeitraum blieben die Werte bislang konstant niedrig. Der Kronenzustand der Kiefer ist weiterhin markant besser als der von Fichte, Buche und Eiche.

Bei der älteren Fichte wird seit Beginn der Zeitreihe der Waldzustandserhebung ein anhaltend hoher Verlichtungsgrad mit einer Spanne von 24 bis 30 % festgestellt. 2015 beträgt die mittlere Kronenverlichtung 27 %.

Bei den Laubbaumarten Buche und Eiche ist im Zeitverlauf der Waldzustandserhebung eine Verschlechterung eingetreten. Die Kronenverlichtungswerte liegen für beide Laubbaumarten derzeit etwa doppelt so hoch wie zu Beginn der Zeitreihe. Schwankungen in der Belaubungsdichte der Buche treten vor allem in Zusammenhang mit intensiven Fruchthahren auf. 2015 hat die Buche nicht fruktifiziert und auch der Befall durch den Buchenspringgrüssler war weniger stark ausgeprägt wie im Vorjahr. Die Kronenverlichtung ging um 4%-Punkte von 2014 auf 2015 zurück. Seit 2013 wurden keine nennenswerten Schäden durch Blattfraß an der älteren Eiche festgestellt, die mittlere Kronenverlichtung beträgt in diesem Jahr 29 %.

Die anderen Laub- und Nadelbäume weisen einen insgesamt (alle Alter) vergleichsweise geringen Kronenverlichtungsgrad auf (11 % bzw. 9 %).

Der Anteil starker Schäden für alle Baumarten und Alter (1,1 %) und die Absterberate (0,1 %) liegen 2015 weiterhin auf einem insgesamt geringen Niveau.

Witterung und Klima

Die Jahresmitteltemperatur für das Vegetationsjahr (Oktober bis September) hat sich seit Beginn der 1990er Jahre von 8,6 °C (Mittelwert der Referenzperiode) um fast 1 °C auf 9,5 °C erhöht. Die Niederschlagshöhen schwanken von Jahr zu Jahr und weisen keinen eindeutigen Trend auf. Das Frühjahr und der Frühsommer 2015 waren besonders in den mittleren, östlichen und südöstlichen Regionen Niedersachsens zu trocken. Gleichzeitig traten in diesen Regionen zeitweise hohe positive Temperaturabweichungen auf. Im Juli und August wechselten Hitzeperioden und Starkregenereignisse, die die Trockenperiode beendeten.



Foto: T. Ullrich

Hauptergebnisse



Foto: J. Evers

Frühjahrstrockenheit

Untersuchungen zu Bodenwasserhaushalt und Zuwachsraten auf verschiedenen Level II-Standorten in Niedersachsen haben gezeigt, dass es bei Buche, Fichte und Kiefer trotz der Trockenheit im Frühjahr und Frühsommer zu keinen Wachstumseinbußen gekommen ist. Offenbar waren die Böden zu Beginn der Vegetationsperiode annähernd mit Wasser gesättigt, so dass das pflanzenverfügbare Wasser im Boden für eine unverminderte Wuchsleistung ausreichte. Eine Simulation an 166 BZE II-Punkten ergab, dass die Böden im März die höchsten Bodenwassergehalte aufweisen. Allerdings steht im langjährigen Mittel (1981-2010) nur auf wenigen Waldstandorten zu Vegetationsbeginn die vollständige nutzbare Feldkapazität (nFK) zur Verfügung.

Insekten und Pilze

Die Buchenkomplexerkrankung im Solling hat sich in den letzten Jahren weiter ausgeweitet und bedroht besonders ältere Buchenwälder in einer Höhenlage über 400 m. 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 Wälder drastisch zurück. 2014 betrug die Schwefeldeposition pro Hektar zwischen 4,0 kg (Lüss Buche) und 10,5 kg (Solling Fichte) sowie im Freiland zwischen 2,3 kg (Ehrhorn) und 4,2 kg (Lange Bramke, Harz).

Der anorganische Stickstoffeintrag pro Hektar mit der Gesamtdosition lag 2014 im Freiland zwischen 6,8 kg (Ehrhorn) und 9,5 kg (Augustendorf) sowie zwischen 11,3 kg (Lüss Buche) und 30,4 kg (Solling Fichte).

Die beispielhafte Berechnung des Stickstoffüberschusses aus atmosphärischem anorganischen Stickstoffeintrag abzüglich des durchschnittlichen jährlichen Entzuges von Stick-

stoff durch die Holzernte (Nettoaufnahmerate) zeigt jedoch, dass trotz des Rückgangs die Einträge nach wie vor den geringen Stickstoffbedarf der Waldbestände für das Wachstum überschreiten. Für den Zeitraum 1994-2014 summiert sich der Stickstoffüberschuss pro Hektar unter Buche auf Werte zwischen 135 kg (Göttinger Wald) und 278 kg (Solling), auf 474 kg unter Kiefer in Nordwestdeutschland (Augustendorf) sowie auf bis zu 525 kg unter Fichte (Solling).

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 den aktuellen Stickstoffeinträgen bestehen für viele Waldbestände nach wie vor Nährstoffungleichgewichte und kritische Konzentrationen, z. B. für Aluminium und Nitrat. Dies zeigen die 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 Tiefland zeigten deutlich, dass tiefere Bodenschichten von Baumwurzeln erschlossen werden und somit für die Beurteilung der Standortspotentiale einbezogen werden sollten.

Nachhaltiges Landmanagement

Das Projekt NaLaMa-nT (Nachhaltiges Landmanagement im Norddeutschen Tiefland) untersucht die Folgen des Klimawandels für Zustand und Leistungsfähigkeit der Land-, Forst- und Wasserwirtschaft in den kommenden 60 Jahren und zeigt auf, in welchem Maße sie sich durch Bewirtschaftungsalternativen beeinflussen lassen. Zusammenfassend zeigen die Ergebnisse, dass die Stabilität der Umweltbedingungen in Zeiten des Klimawandels nicht mehr gegeben ist und dass es aktiver Anpassungsmaßnahmen an die Folgen des Klimawandels bedarf, um die negativen Folgen in Grenzen zu halten.



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 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 für die Forstpraxis Entscheidungshilfen 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.



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

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

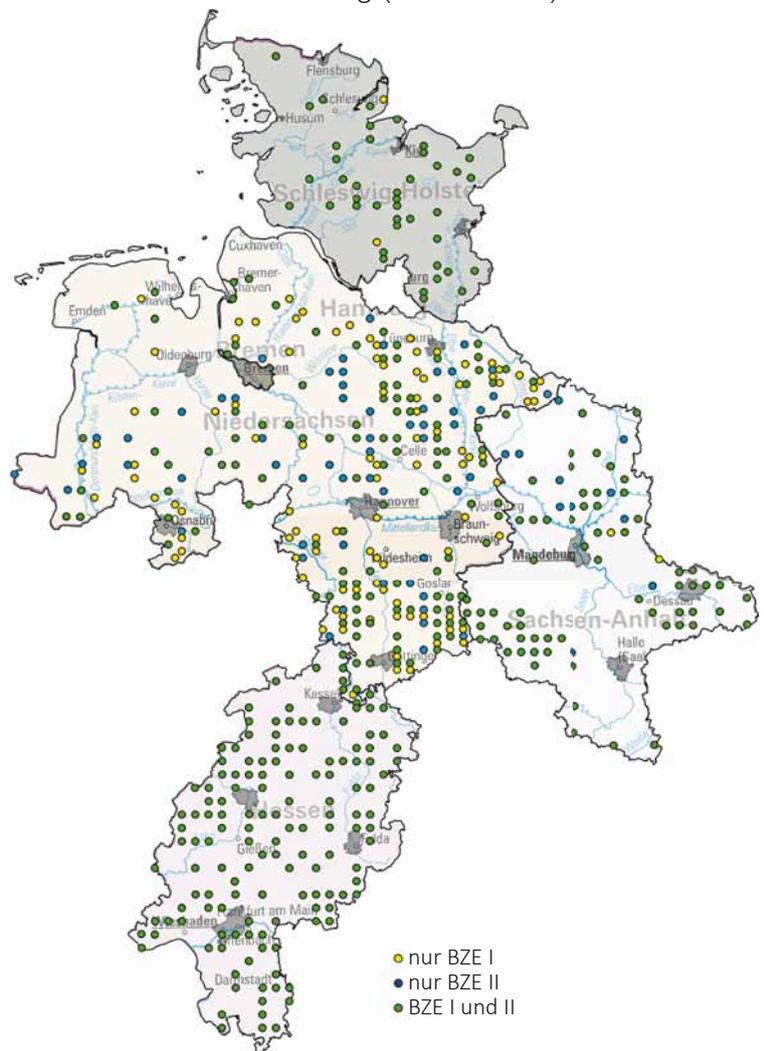
- Level I (Übersichtserhebungen)
- BDF (Bodendauerbeobachtungsprogramm)
- Level II (ICP Forests Intensive Monitoring Plots)
- Level II Core (Level II mit intensivierten Erhebungen)
- WÖSSH (Waldökosystemstudie Hessen)
- Experimentalflächen; dazu zählen:
Forsthydrologische Forschungsgebiete, Flächen zur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

An den Level I-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-/Blatternährung, Bodenvegetation und der morphologische, physikalische und chemische Bodenzustand untersucht. Auf dem BZE-Netz erfolgt zusätzlich 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 (WÖSSH) 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.

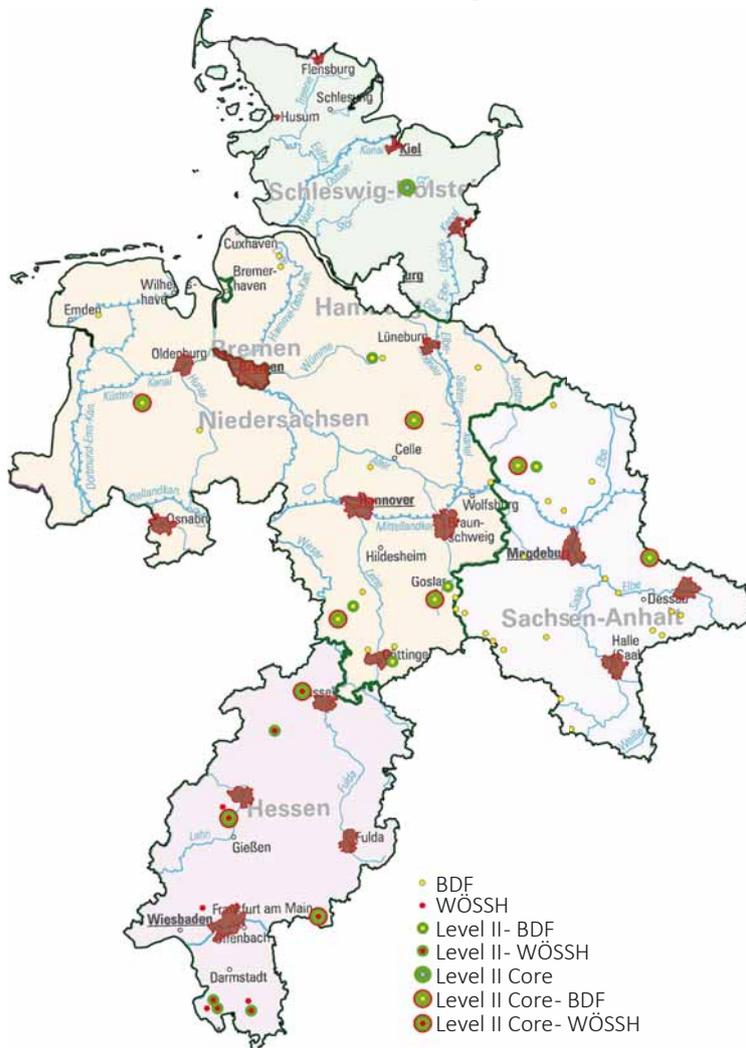
Level II Core-Flächen sind eine Unterstichprobe der Level II-Flächen. Sie haben die Zielsetzung einer möglichst umfassenden Beobachtung. Neben den Erhebungen auf Level II-Standardflächen sind hier folgende Erhebungen verpflichtend durchzuführen (ICP Forests 2010):

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

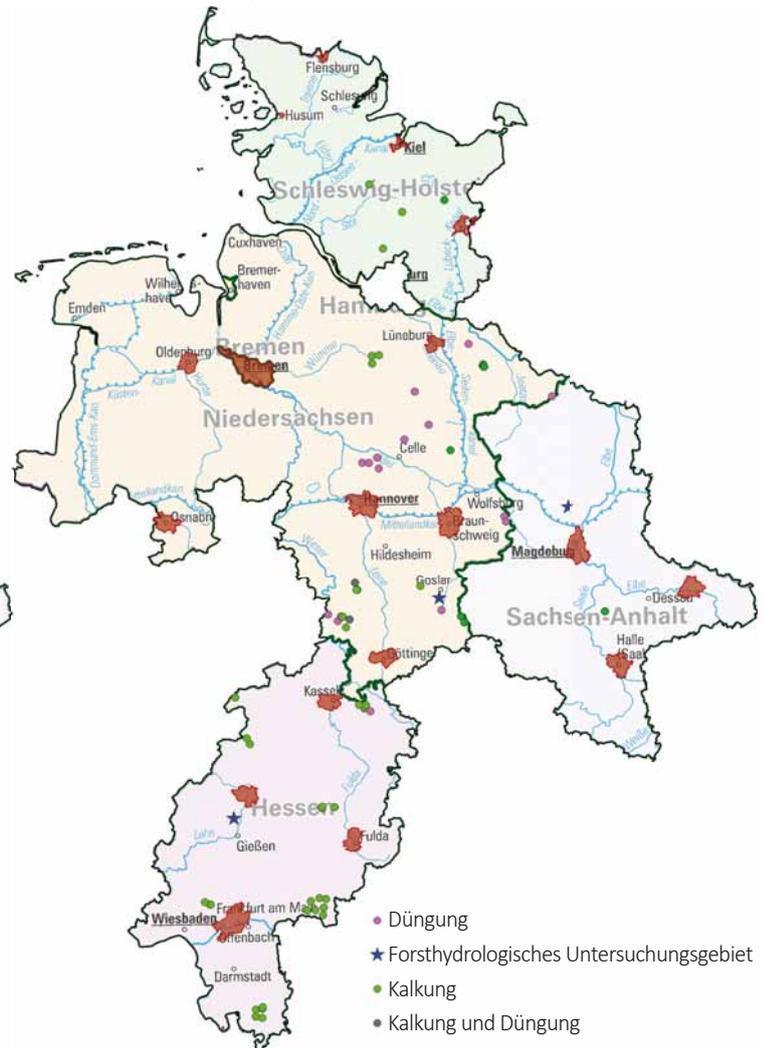
Die im Forstlichen Umweltmonitoring verwendeten Instrumente der Ökosystemüberwachung stehen europaweit harmonisiert nach den Grundsätzen des ICP Forests (Methoden: <http://icp-forests.net>; Manual: <http://icp-forests.net/page/icp-forests-manual>), der BDF-Arbeitsanleitung (Barth et al. 2000), der BZE-Arbeitsanleitung (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 Monitoring 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 § 41 a 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 von Luftschadstoffen und den Austrag von 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 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 eine Schutzkalkung 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 Luftreinhaltkonvention 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.

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 Datenbank-anwendung 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.
- **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

Forstliches Umweltmonitoring

(z. B. zunehmender Baumumfang, Folgewerte nach 100 % Kronenverlichtung) durchgeführt. Für die Kernparameter Kronenverlichtung und Vergilbung erfolgen zwingend unabhängige Doppeleingaben 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 WZE-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 Punktkollektive Einzelbaum-bezogen, Baumarten-bezo-

Rasterweite der Waldzustandserhebung und Anzahl der Erhebungspunkte seit 1984 in Niedersachsen

Jahr	Rasterweite (km)	Anzahl der Erhebungspunkte
1984	2x2, 2x4, 4x4	752
1985	2x2, 2x4, 4x4	806
1986	2x2, 2x4, 4x4	806
1987	4x8, 4x12	193
1988	4x8, 4x12	193
1989	4x8, 4x12	192
1990	2x2, 2x4, 4x4	814
1991	2x2, 2x4, 4x4	813
1992	4x8, 4x12	192
1993	4x8, 4x12	192
1994	2x2, 2x4, 4x4	819
1995	4x8, 4x12	192
1996	4x8, 4x12	192
1997	2x2, 2x4, 4x4	825
1998	4x4	644
1999	4x4	644
2000	4x4	642
2001	4x4	641
2002	4x4	640
2003	4x4	641
2004	4x4	640
2005	8x8, Verdichtung für Bu und Ei 4x4*	303
2006	8x8, Verdichtung für Bu und Ei 4x4*	303
2007	8x8, Verdichtung für Bu und Ei 4x4*	303
2008	8x8, Verdichtung für Bu und Ei 4x4*	303
2009	8x8, Verdichtung für Bu und Ei 4x4*	303
2010	8x8, Verdichtung für Bu und Ei 4x4*	301
2011	8x8, Verdichtung für Bu und Ei 4x4*	301
2012	8x8, Verdichtung für Bu und Ei 4x4*	299
2013	8x8, Verdichtung für Bu und Ei 4x4*	297
2014	8x8, Verdichtung für Bu und Ei 4x4*	296
2015	8x8, Verdichtung für Bu und Ei 4x4*	297

*wenn 2004 mindestens 6 Buchen oder Eichen am WZE-Punkt vorhanden waren

gen oder Hauptbaumartengruppen-bezogen automatisiert abgeleitet und graphisch dargestellt werden. Es bestehen weitere Filter- und Eingrenzungsmöglichkeiten, wie z. B. Traktarten, Mindestbaumartenanteil, frei definierbare Alterstufen 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.

Waldzustandserhebung – Methodik und Durchführung

Die Waldzustandserhebung ist Teil des Forstlichen Umweltmonitorings in Niedersachsen. 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 Niedersachsen 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 Quadranten Stichprobenbäume ausgewählt. Im Laufe der Jahre sind unterschiedliche Rasterweiten bei der Waldzustandserhebung verwendet worden (s. Tabelle links).

Die Rasterweite des landesweiten Stichprobennetzes beträgt seit 2005 8 km x 8 km, für Buche und Eiche werden zusätzliche Erhebungen im 4 km x 4 km-Raster (WZE-Punkte mit im Jahr 2004 mindestens 6 Buchen oder Eichen) durchgeführt. Derzeit gehören 303 Erhebungspunkte zum Stichprobenkollektiv, von denen in diesem Jahr 297 Erhebungspunkte in die Inventur einbezogen werden konnten. Dieser Aufnahmeumfang ermöglicht repräsentative Aussagen zum Waldzustand auf Landesebene sowie Zeitreihen für die Baumarten Buche, Eiche, Fichte und Kiefer. Für den

Forstliches Umweltmonitoring

Parameter mittlere Kronenverlichtung zeigt die Tabelle 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. Kiefer 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 8 km x 8 km-Raster, ergänzt um ein 4 km x 4 km-Raster für Buche und Eiche, werden – mit Abstrichen bei den anderen Laubbäumen (bis 60 Jahre) – für die Baumartengruppen belastbare Ergebnisse für die Kronenverlichtungswerte erzielt.

95 %-Konfidenzintervalle für die Kronenverlichtung der Baumartengruppen und Altersstufen der Waldzustandserhebung 2015 in Niedersachsen. Das 95 %-Konfidenzintervall (= Vertrauensbereich) gibt den Bereich an, in dem der wahre Mittelwert mit einer Wahrscheinlichkeit von 95 % liegt.

Baumarten-gruppe	Altersgruppe	Anzahl Bäume	Anzahl Plots	Raster	95%-Konfidenz-intervall (+-)
Buche	alle Alter	2249	142	4x4 km	2,1
	bis 60 Jahre	324	24	4x4 km	1,3
	über 60 Jahre	1925	123	4x4 km	2,1
Eiche	alle Alter	1014	91	4x4 km	3,1
	bis 60 Jahre	171	19	4x4 km	2,2
	über 60 Jahre	843	78	4x4 km	2,5
Fichte	alle Alter	730	57	8x8 km	3,8
	bis 60 Jahre	263	21	8x8 km	4,5
	über 60 Jahre	467	37	8x8 km	3,8
Kiefer	alle Alter	1469	79	8x8 km	1,3
	bis 60 Jahre	505	30	8x8 km	1,6
	über 60 Jahre	964	54	8x8 km	1,4
andere Laubbäume	alle Alter	513	70	8x8 km	3,4
	bis 60 Jahre	258	36	8x8 km	5,3
	über 60 Jahre	255	38	8x8 km	4,4
andere Nadelbäume	alle Alter	346	42	8x8 km	2,4
	bis 60 Jahre	205	25	8x8 km	2,8
	über 60 Jahre	141	17	8x8 km	4,0
alle Baumarten	alle Alter	3984	166	8x8 km	1,4
	bis 60 Jahre	1414	71	8x8 km	1,5
	über 60 Jahre	2570	123	8x8 km	1,7

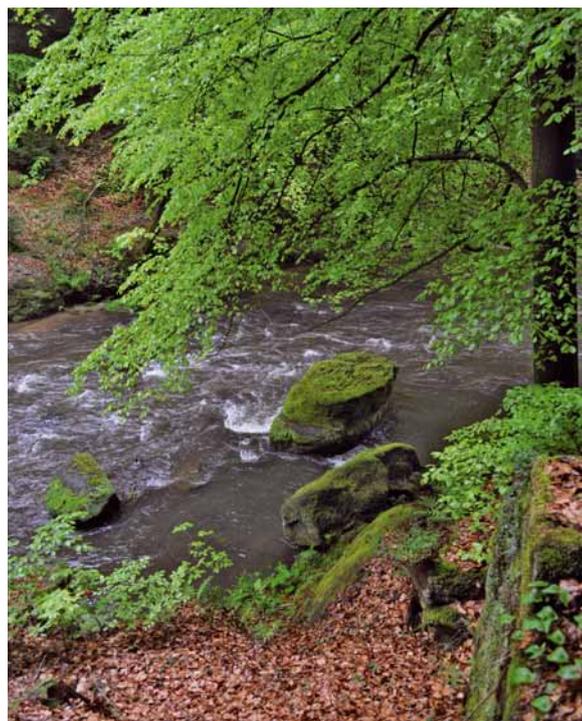


Foto: J. Evers

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.



Foto: J. Evers

WZE-Ergebnisse für alle Baumarten

Mittlere Kronenverlichtung

Die Waldzustandserhebung 2015 weist als Gesamtergebnis für die Waldbäume in Niedersachsen (alle Baumarten, alle Alter) eine mittlere Kronenverlichtung von 15 % aus.

Der weitgehend stabile Verlauf der mittleren Kronenverlichtung für den Gesamtwald wird ganz wesentlich durch die Kiefer geprägt, die als häufigste Baumart in Niedersachsen maßgeblich das Gesamtergebnis mit relativ konstanten niedrigen Verlichtungswerten beeinflusst. Auch die anderen Laub- und Nadelbäume, die einen Anteil von 22 % der WZE-Stichprobe einnehmen, wirken mit vergleichsweise günstigen Verlichtungswerten ausgleichend auf die höheren Verlichtungswerte der Fichte, Eiche und Buche. In den jüngeren bis 60jährigen Beständen sind Schadsymptome sehr viel weniger verbreitet (8 % mittlere Kronenverlichtung) als in den älteren über 60jährigen Waldbeständen (19 % mittlere Kronenverlichtung). In Niedersachsen entfallen etwa ein Drittel der Stichprobenbäume der Waldzustandserhebung auf die jüngere Altersstufe.

Mittlere Kronenverlichtung in %

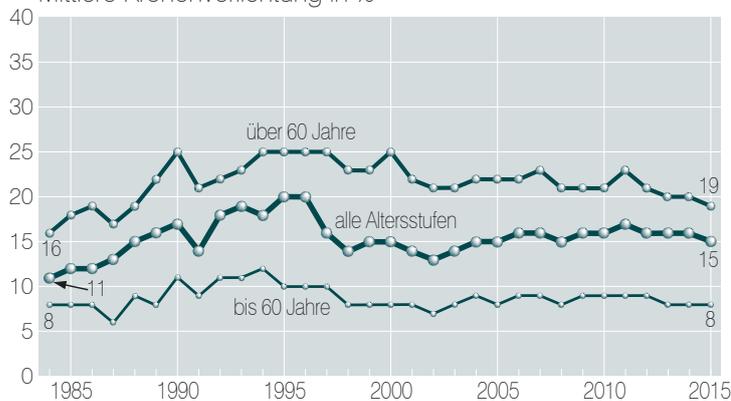


Foto: E. Paar

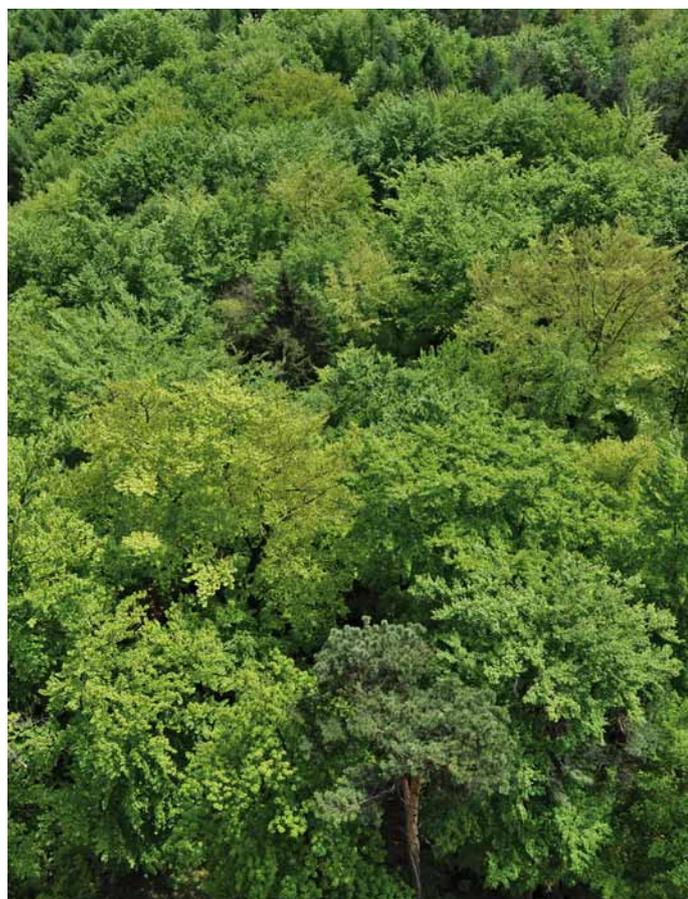


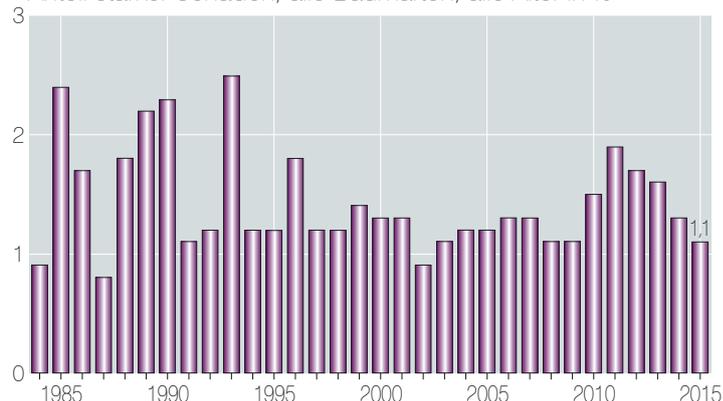
Foto: J. Evers

Anteil starker Schäden

Der Anteil stark geschädigter Bäume liegt im Jahr 2015 mit 1,1 % etwas unter dem Mittelwert für die Zeitreihe (1,4 %). In den Erhebungsjahren 1984 bis 1996 traten in einigen Jahren überdurchschnittlich hohe Anteile an starken Schäden auf, anschließend lag der Anteil starker Schäden bis 2009 konstant bei etwa 1 % der Waldfläche und damit insgesamt auf einem geringen Niveau. Von 2010 bis 2013 war der Anteil starker Schäden ebenfalls etwas erhöht.

Für die ältere Fichte, Buche und Eiche wurden im Beobachtungszeitraum zeitweise hohe Anteile an starken Schäden (bis 16 %) registriert, für die ältere Kiefer sind bis auf das Jahr 1985 durchgehend niedrige Werte (1 %) ermittelt worden. 2015 reichte die Spanne in der älteren Altersgruppe von 0,6 % (Kiefer) bis 2,9 % (Eiche).

Anteil starker Schäden, alle Baumarten, alle Alter in %



WZE-Ergebnisse für alle Baumarten

Absterberate

Im Mittel der Beobachtungsjahre 1984-2015 ergibt sich mit 0,1 % eine sehr geringe Absterberate, die auch 2015 nicht überschritten wird. Bei der diesjährigen Waldzustandserhebung ist die Absterberate der Eiche und die der anderen Laubbäume mit 0,6 % gegenüber dem langjährigen Durchschnitt erhöht.

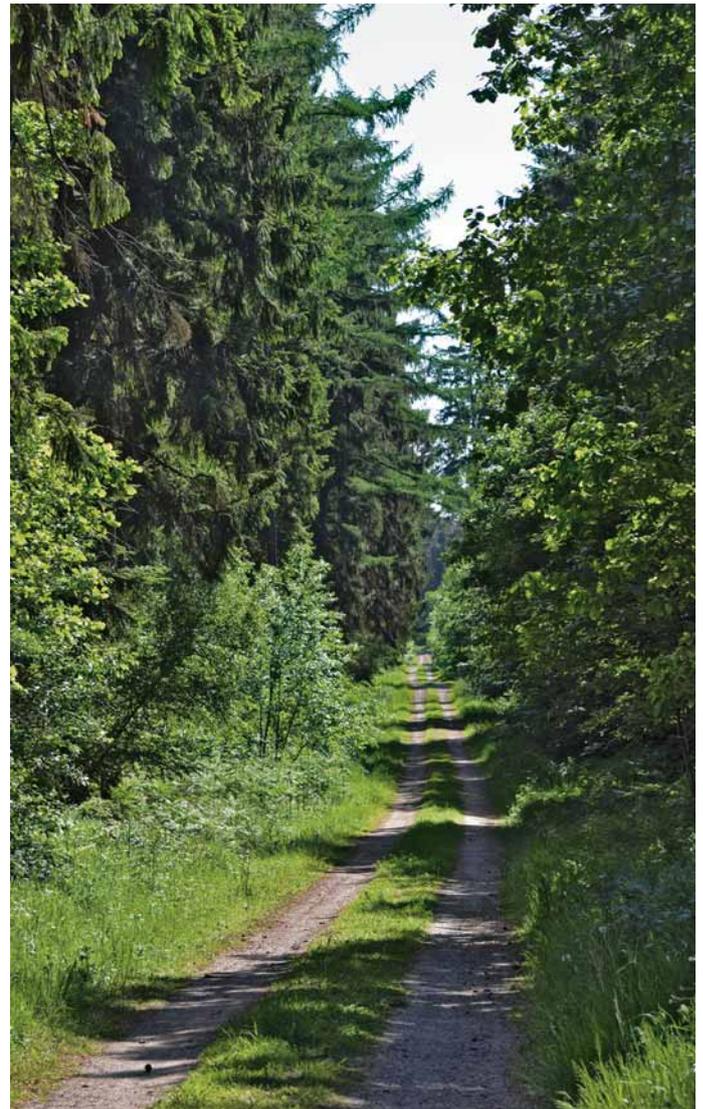
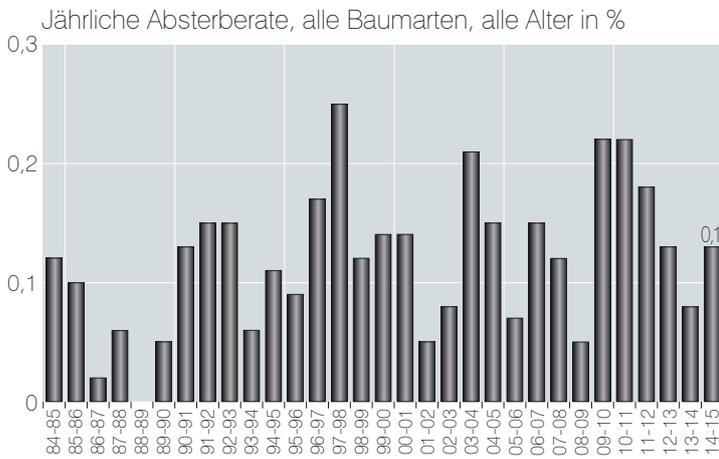


Foto: J. Evers

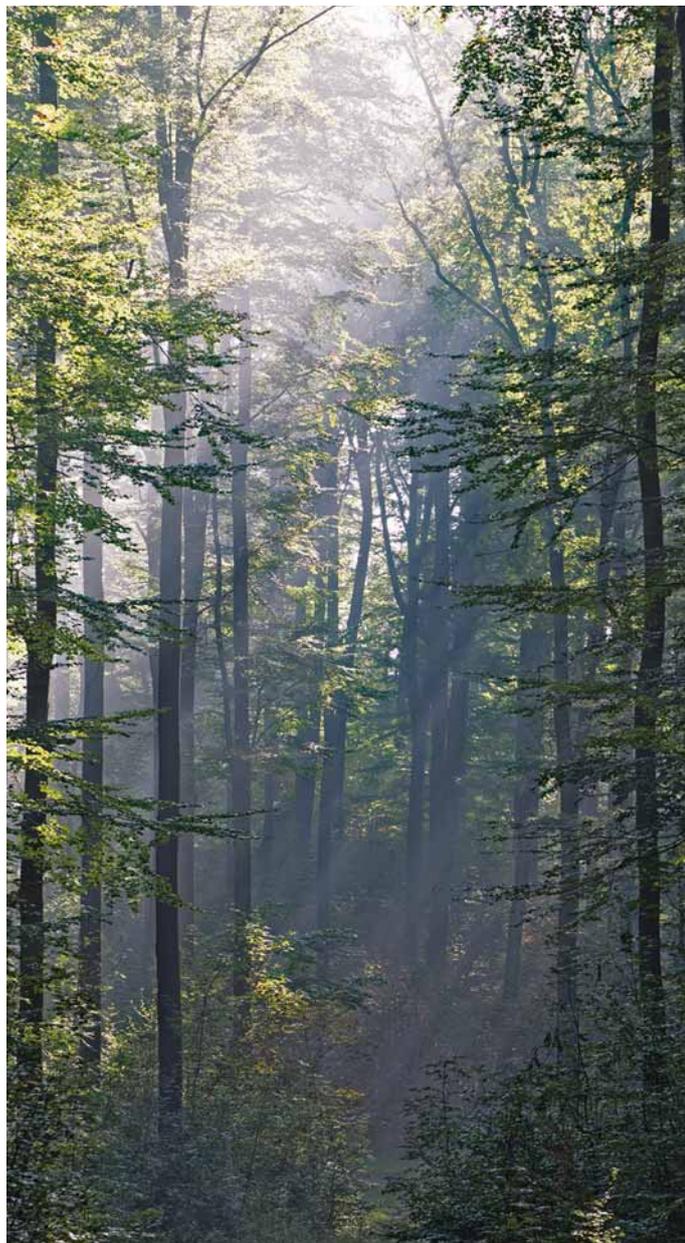
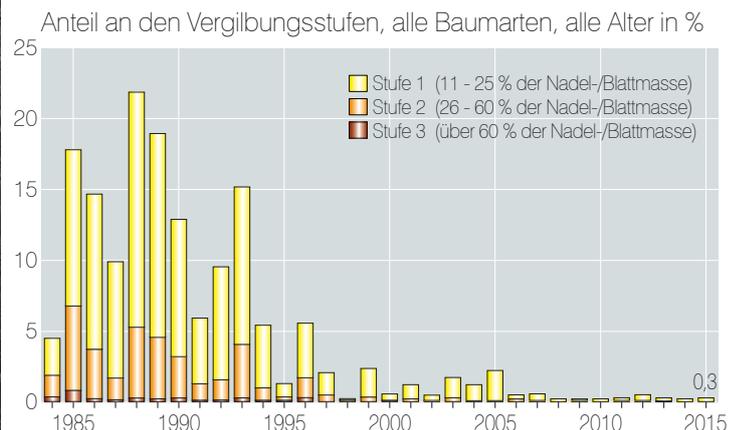


Foto: H. Heinemann

Vergilbungen

Vergilbungen der Nadeln und Blätter sind häufig ein Indiz für Magnesiummangel in der Nährstoffversorgung der Waldbäume. Bis Mitte der 1990er Jahre waren Vergilbungen häufig beobachtet worden, seither ist die Vergilbungsrate merklich zurückgegangen. Im Jahr 2015 wurde dieses Merkmal nur sehr vereinzelt (0,3 %) festgestellt. Die von den Waldbesitzern und Forstbetrieben durchgeführten Waldkalkungen mit magnesiumhaltigen Kalken und der Rückgang der Schwefel-emissionen haben dazu beigetragen, das Auftreten dieser Mangelerscheinung zu reduzieren.

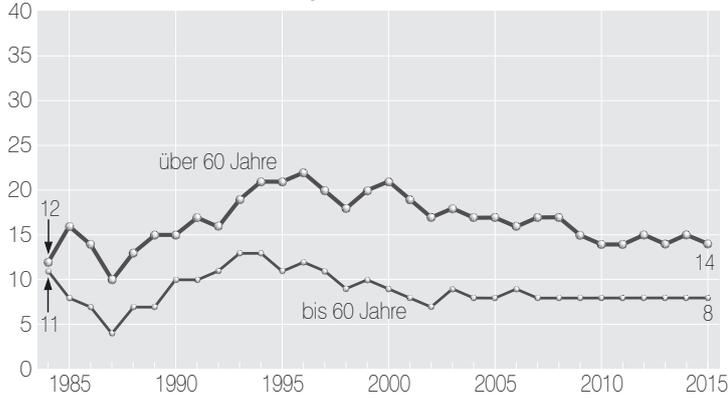


Kiefer

Ältere Kiefer

Die Kiefer weist über den gesamten Erhebungszeitraum einen stabilen, vergleichsweise niedrigen Kronenverlichtungsgrad auf. Im Zeitraum 1993-2001 wurden leicht erhöhte Werte festgestellt, die Kiefer bleibt aber durchgehend unter den Verlichtungswerten von Fichte, Buche und Eiche. Die mittlere Kronenverlichtung der älteren Kiefer beträgt 2015 14 %.

Mittlere Kronenverlichtung in %



Anteil starker Schäden in %

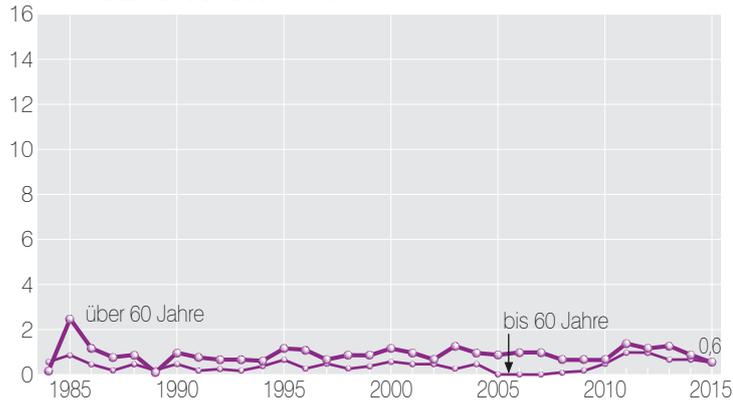


Foto: J. Weymar

Jüngere Kiefer

Die Unterschiede im Kronenverlichtungsgrad zwischen den Altersgruppen sind bei der Kiefer im Vergleich zu den anderen Hauptbaumarten nur gering ausgeprägt. Die mittlere Kronenverlichtung der jüngeren Kiefer liegt seit einigen Jahren bei 8 %.

Starke Schäden

Auch bei den starken Schäden heben sich die Ergebnisse der Kiefer von denen der anderen Baumarten ab. Im Erhebungszeitraum treten nur geringe Schwankungen auf, im langjährigen Mittel liegt der Anteil starker Schäden unter 1 %.

Absterberate

Die Absterberate der Kiefer ist ebenfalls bemerkenswert niedrig und liegt im Erhebungszeitraum zwischen 0 und 0,3 %. Im Jahr 2015 beträgt die Absterberate 0,1 % und entspricht damit dem Mittel der Zeitreihe.



Foto: J. Evers

Fichte

Ältere Fichte

Im gesamten Beobachtungszeitraum werden für die ältere Fichte anhaltend hohe Kronenverlichtungswerte zwischen 24 % und 30 % festgestellt. Dies gilt auch für das Jahr 2015 mit einer mittleren Kronenverlichtung von 27 %.

Jüngere Fichte

Für die Fichte ist ein deutlicher Alterstrend festzustellen. Die jüngeren Fichten liegen mit einer mittleren Kronenverlichtung von 11 % weit unter den Werten der älteren Fichten.

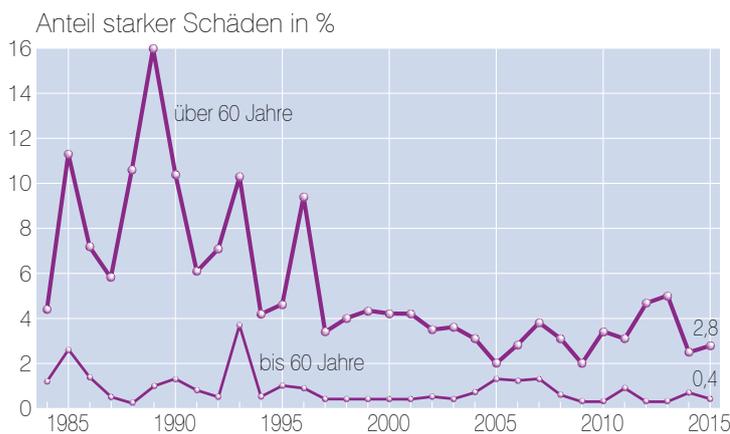
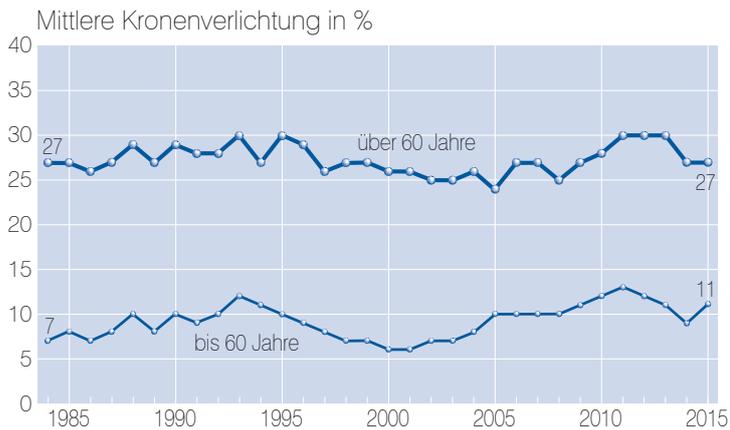


Foto: J. Evers



Foto: J. Evers

Starke Schäden

Für die älteren Fichten wurden bis 1996 wiederholt erhebliche Anteile an starken Schäden (bis 16 %) festgestellt. Bis Mitte der 1990er Jahre haben mittlere und starke Vergilbungen von >25 % der Nadelmasse, die zur Einstufung in die nächsthöhere Schadstufe führen, eine bedeutsame Rolle gespielt. Mit dem Rückgang der Vergilbung gingen bei der Fichte auch die Anteile an starken Schäden zurück. Seit 1997 sind nur leichte Schwankungen aufgetreten. 2012 und 2013 wurde eine Erhöhung festgestellt, die aber nicht das Ausmaß früherer Jahre erreichte.

Der Anteil starker Schäden bei der älteren Fichte liegt regelmäßig über dem Durchschnittswert aller Baumarten in dieser Altersgruppe.

Absterberate

Die Absterberate der Fichte (alle Alter) schwankt im Erhebungszeitraum zwischen 0 und 0,5 %, im Mittel der Jahre 1984-2015 liegt sie bei 0,2 %. 2015 beträgt die Absterberate 0,1 %.

Buche

Ältere Buche

Für die ältere Buche wurde 2011 mit einer mittleren Kronenverlichtung von 33 % der höchste Kronenverlichtungsgrad in der Zeitreihe festgestellt. 2015 beträgt die mittlere Kronenverlichtung 25 %.

In den 1980er Jahren war die Belaubungsdichte der Buchen vergleichsweise günstig, anschließend stiegen die Kronenverlichtungswerte sprunghaft an. Seit 1989 liegen die Verlichtungswerte der älteren Buche relativ hoch und es treten erhebliche Schwankungen von Jahr zu Jahr auf. Eine Ursache für die zunehmende Variabilität der Verlichtungswerte ist die Intensität der Fruchtbildung. 2011 wurde die intensivste Fruchtbildung der Buche seit Beginn der Waldzustandserhebung festgestellt. Im Jahr 2015 bildete die Buche kaum Früchte aus.

Jüngere Buche

Bei der Buche sind die Unterschiede in der Belaubungsdichte zwischen jüngeren und älteren Beständen besonders stark ausgeprägt. Die jüngeren Buchen weisen seit 1995 ein geringes Kronenverlichtungsniveau auf. Auch 2015 bleiben die Verlichtungswerte der jüngeren Buche gering (5 %). 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

Auch beim Anteil starker Schäden treten bei der älteren Buche im Beobachtungszeitraum Schwankungen auf. Im Mittel der Zeitreihe sind bei der älteren Buche 2,7 % stark geschädigt. 2015 liegt der Anteil starker Schäden mit 1,3 % unter dem Durchschnittswert. Bei den jüngeren Buchen werden nur selten starke Schäden beobachtet. Der Durchschnittswert der Zeitreihe liegt bei 0,2 %.

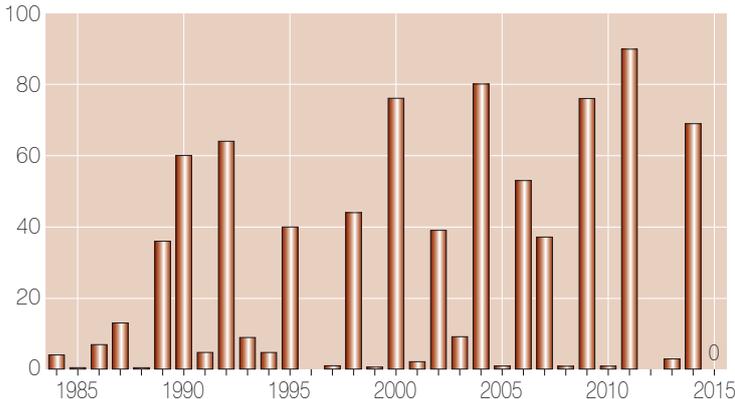
Absterberate

Die Buche weist eine bemerkenswert niedrige Absterberate auf. Im Mittel der Jahre 1984-2015 liegt die Absterberate der Buche bei 0,04 %. 2015 ist kein Buchen-Stichprobenbaum abgestorben.

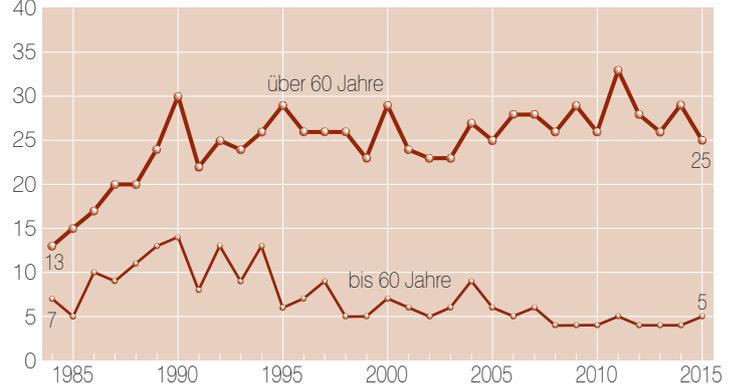
Fruchtbildung

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

Anteil mittel und stark fruktifizierender älterer Buchen in %



Mittlere Kronenverlichtung in %



Anteil starker Schäden in %

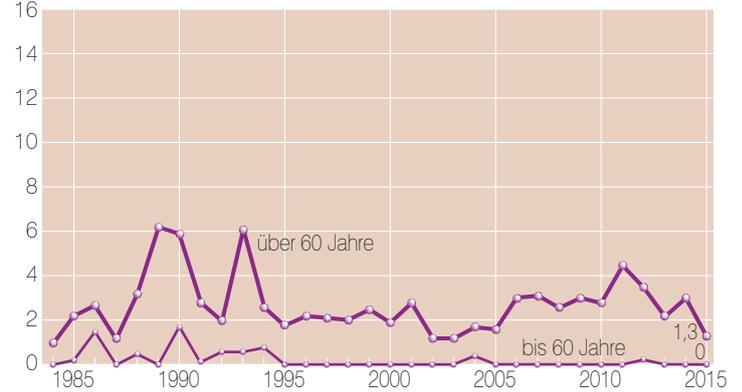


Foto: T. Ullrich

einer erhöhten Stickstoffversorgung der Bäume. Geht man davon aus, dass eine starke Mast erreicht wird, wenn ein Drittel der älteren Buchen mittel oder stark fruktifiziert, ergibt sich rechnerisch für den Beobachtungszeitraum der Waldzustandserhebung 1984-2015 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. 2011 wurde die bislang intensivste Buchenmast in der WZE-Stichprobe beobachtet

Eiche

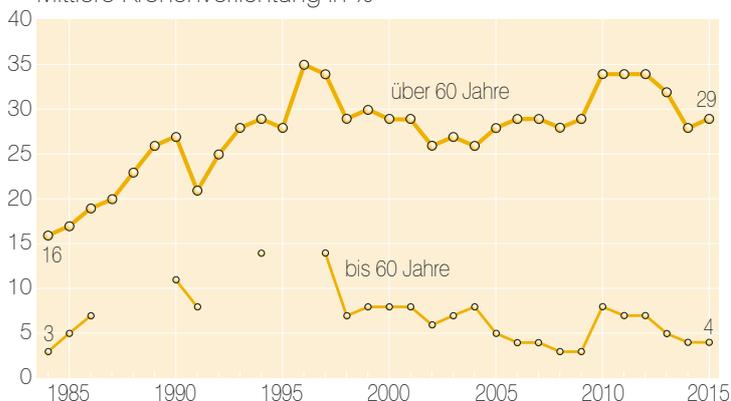
Ältere Eiche

In der Zeitreihe der mittleren Kronenverlichtung der älteren Eiche treten die höchsten Verlichtungswerte (>30 %) in den Jahren 1996/1997 und von 2010-2013 auf. 2015 beträgt die mittlere Kronenverlichtung 29 %. Die Entwicklung des Kronenzustandes der Eiche wird stark durch Insekten- und Pilzbefall beeinflusst.

Jüngere Eiche

Die Kronenentwicklung der Eichen in der Altersstufe bis 60 Jahre zeigt einen sehr viel günstigeren Verlauf als die Entwicklung der älteren Eichen. Mit einer mittleren Kronenverlichtung von 4 % erreicht die jüngere Eiche 2015 einen günstigen Kronenverlichtungswert.

Mittlere Kronenverlichtung in %

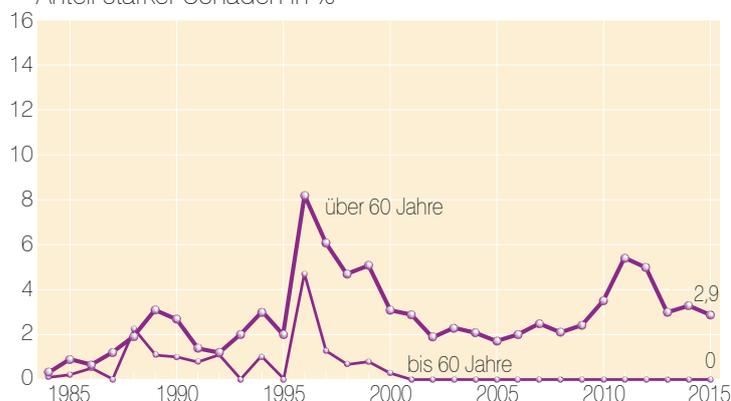


In den Jahren 1987-1989, 1992-1993 und 1995-1996 sind aufgrund des Stichprobenumfanges keine Aussagen für die Eiche bis 60 Jahre möglich.

Starke Schäden

Parallel zu den erhöhten Kronenverlichtungswerten in den Jahren 1996-1997 und 2010-2013 waren in diesen Phasen auch erhöhte Anteile starker Schäden zu verzeichnen. Derzeit nehmen die starken Schäden bei der älteren Eiche einen Anteil von 2,9 % ein. Bei den jüngeren Eichen sind seit 2001 keine starken Schäden aufgetreten.

Anteil starker Schäden in %



Absterberate

Die Absterberate der Eiche liegt im Mittel der Jahre 1984-2015 bei 0,2 %. Überdurchschnittliche Absterberaten wurden jeweils im Anschluss an starken Insektenfraß ermittelt, am höchsten war die Absterberate 1998 (0,9 %). Im Jahr 2015 beträgt die Absterberate 0,6 %.



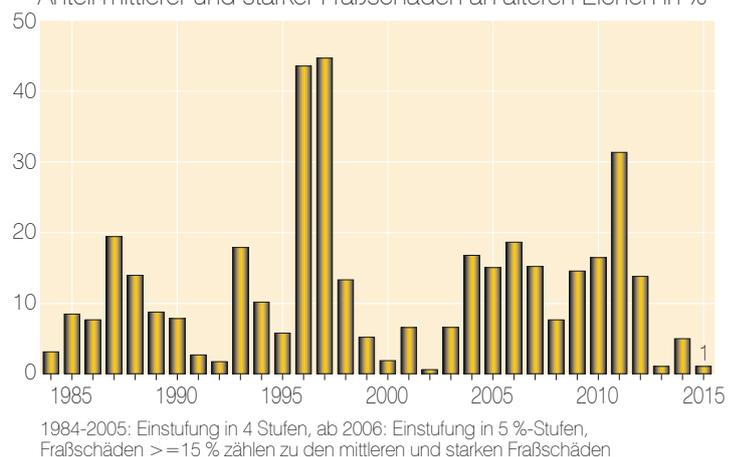
Foto: T. Ullrich

Fraßschäden

Die periodische Vermehrung von Insekten der sogenannten Eichenfraßgesellschaft trägt maßgeblich zu den Schwankungen der Belaubungsdichte der Eiche bei. Der Fraß an Knospen und Blättern durch die Eichenfraßgesellschaft wirkte sich besonders stark in den Jahren 1996/1997 aus. Damals waren 43 % bzw. 44 % der älteren Eichen mittel oder stark befallen.

Im Jahr 2011 wurden Belaubungsdefizite durch mittlere oder starke Fraßschäden an 31 % der älteren Eichen registriert. Inzwischen sind die Fraßschäden erheblich zurückgegangen.

Anteil mittlerer und starker Fraßschäden an älteren Eichen in %



1984-2005: Einstufung in 4 Stufen, ab 2006: Einstufung in 5 %-Stufen, Fraßschäden >= 15 % zählen zu den mittleren und starken Fraßschäden

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.

Andere Laub- und Nadelbäume

In Niedersachsen werden bei der Waldzustandserhebung als landesweite flächendeckende Stichprobeninventur 28 Baumarten erfasst. Neben den Hauptbaumarten Kiefer, Fichte, Buche und Eiche kommt in den niedersächsischen Wäldern eine Vielzahl von anderen Baumarten vor, die insgesamt 22 % der Stichprobenbäume der Waldzustandserhebung in Niedersachsen einnehmen. Jede Baumart für sich genommen ist allerdings zahlenmäßig so gering vertreten, dass allenfalls Trendaussagen zur Kronenentwicklung möglich sind. Bei der Darstellung der Ergebnisse der Waldzustandserhebung werden sie daher in den Gruppen andere Laubbäume und andere Nadelbäume zusammengefasst. Zu den anderen Laubbäumen gehören u. a. Esche, Ahorn, Linde und Hainbuche. Am stärksten vertreten ist die Birke, gefolgt von der Erle. Seit 1997 sind kaum Schwankungen in der Belaubungsdichte aufgetreten, die Werte der mittleren Kronenverlichtung (alle Alter) lagen zwischen 10 und 14 %. Im Jahr 2015 liegt sie bei 11 %. Die Verlichtungswerte der Esche heben sich hiervon deutlich ab, mitverursacht durch das Eschentriebsterben liegt die mittlere Kronenverlichtung der Esche in diesem Jahr bei 27 %. Die Gruppe der anderen Nadelbäume setzt sich vorwiegend aus Lärche und Douglasie zusammen. Die mittlere Kronenverlichtung (alle Alter) lag im Erhebungszeitraum zwischen 6 und 12 %, 2015 beträgt sie 9 %.



Foto: T. Ullrich

Starke Schäden

Für die anderen Laubbäume liegt das Mittel der Zeitreihe für den Anteil starker Schäden (alle Alter) bei 1,4 %, 2015 entsprechen die starken Schäden dem Mittelwert. Bei den anderen Nadelbäumen (Mittelwert 0,8 %) wird 2015 der Durchschnittswert überschritten (1,2 %).

Absterberate

Die Absterberate der anderen Laubbäume liegt 2015 (0,6 %) über dem langjährigen Mittel (0,2 %). Bei den anderen Nadelbäumen ist in den letzten fünf Jahren in der Stichprobe der Waldzustandserhebung kein Baum frisch abgestorben. Der Mittelwert der Absterberate liegt hier bei 0,1 %.

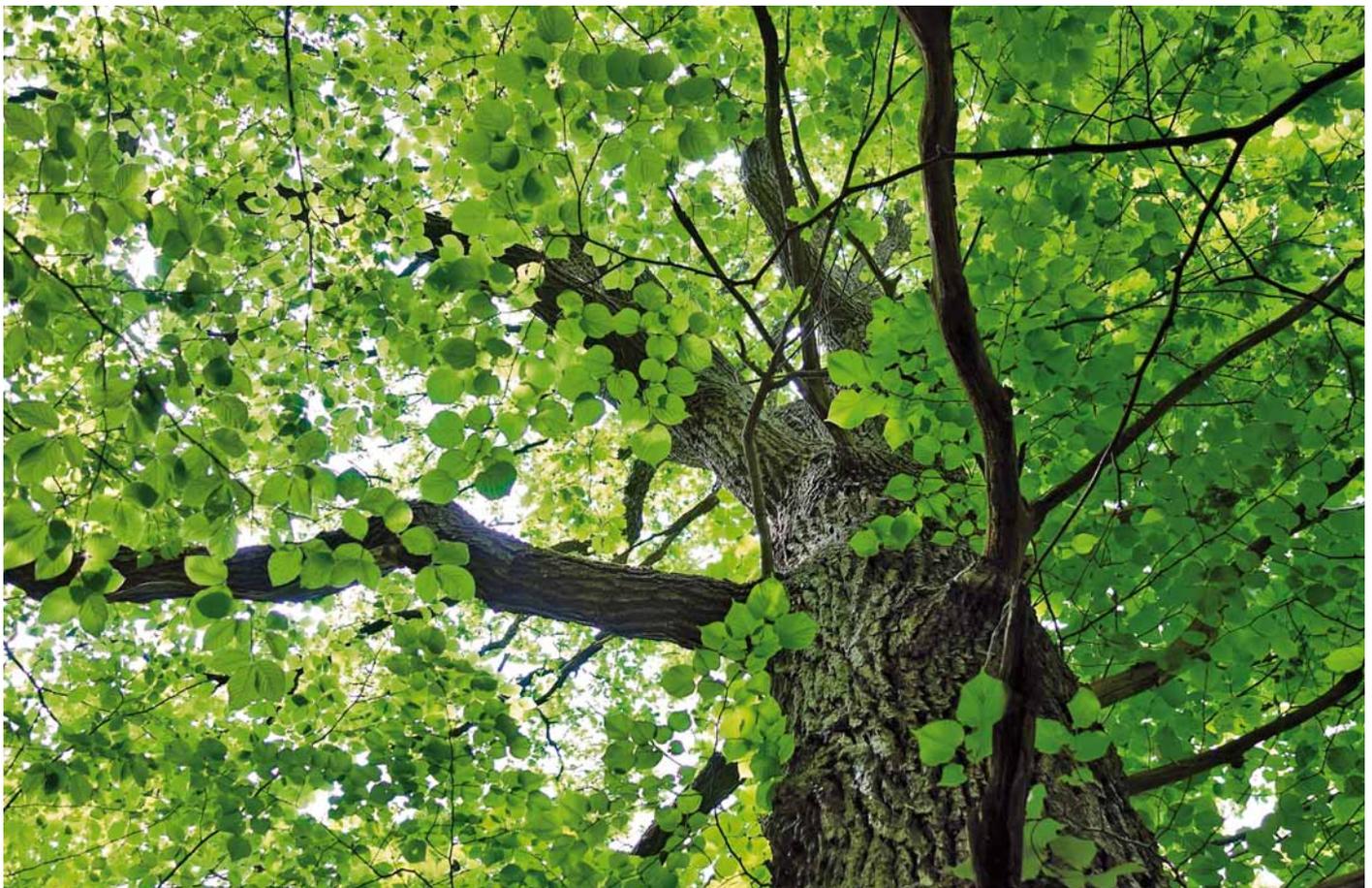


Foto: T. Ullrich

Witterung und Klima

Der Witterungsverlauf für Niedersachsen 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. 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 (252 Klima- und 1204 Niederschlagsstationen), die auf ein 200 m-Raster interpoliert wurden, so dass der Mittelwert über die gesamte Landesfläche von Niedersachsen 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 8,6 °C (Mittelwert der Referenzperiode) um knapp 1 °C auf aktuell 9,5 °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 rund drei Viertel der Monate eine positive Abweichung vom langjährigen Mittelwert aufweisen. Seit dem Frühjahr 2013 sind fast alle Monate im Flächenmittel von Niedersachsen 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 742 mm. Die Niederschlagshöhe schwankt im Zeitraum 1961 bis 2015 von Jahr zu Jahr mit Werten von weniger als 500 mm (1996) bis annähernd 1000 mm (1961 und 2007) sehr stark (Abbildung rechts). Perioden mit überdurchschnittlich hohen Niederschlägen wechseln mit trockenen Perioden ab, so dass keine einheitliche Tendenz festgestellt werden kann. Es fällt jedoch auf, dass insbesondere in den letzten Jahren das Frühjahr häufig zu trocken ausgefallen ist.

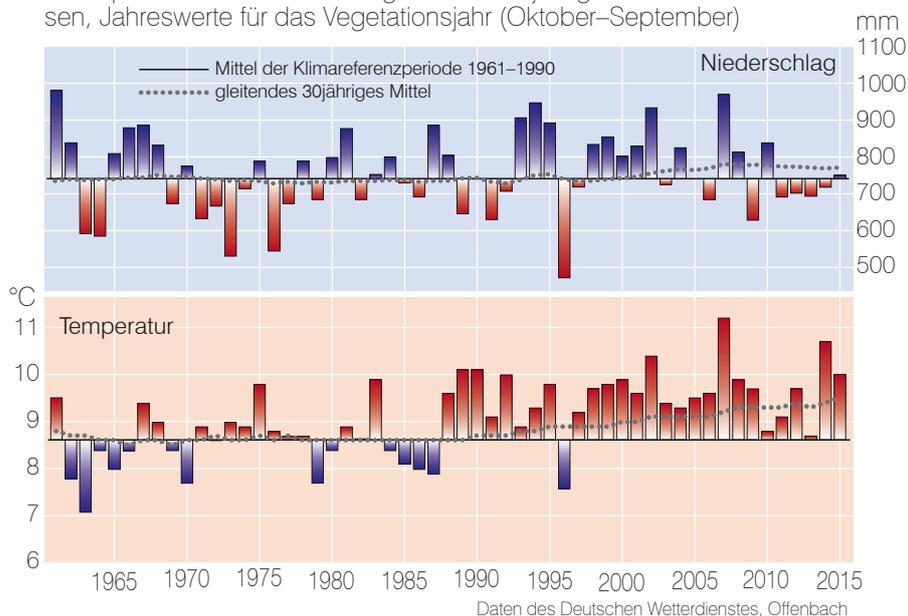
In der Vegetationszeit (Mai-September) wurde die Mitteltemperatur von 14,8 °C seit 1997 immer überschritten und auch die Temperaturen



Foto: H. Heinemann

in der Nichtvegetationszeit lagen fast immer über dem Mittelwert der Referenzperiode (4,2 °C). Bei den im Zeitraum 1985-2015 gemessenen Niederschlägen bestehen zwischen den einzelnen Jahren zum Teil starke Schwankungen. Besonders niederschlagsreich war die Vegetationsperiode 2007, in der die gemessenen Niederschlagswerte um knapp 200 mm über dem Referenzmittelwert von 339 mm lagen. In den letzten Jahren

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



Witterung und Klima

fiel die Niederschlagsmenge in der Nichtvegetationsperiode unterdurchschnittlich aus, während in der Vegetationszeit die Niederschläge um den langjährigen Mittelwert schwankten (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 °C in den Monaten Oktober, November und Januar auf. Die Niederschlagshöhe entsprach in der Nichtvegetationsperiode fast exakt dem Mittelwert. Dabei wechselten sich besonders trockene (November) mit überdurchschnittlich feuchten Monaten (Januar) ab.

In der Vegetationszeit 2015 fielen in den Monaten Mai und Juni nur 64 % bzw. knapp 50 % der durchschnittlichen Niederschläge, nachdem bereits im April nur rund 70 % der sonst üblichen Niederschlagsmenge gefallen war. Im Juli und August konnte das Niederschlagsdefizit des Frühjahrs aufgrund der überdurchschnittlich hohen Niederschläge (jeweils 150 % der mittleren Niederschlagsmenge) nahezu ausgeglichen werden. Die Niederschläge fielen dabei häufig in Verbindung mit heftigen Gewittern und örtlichen Starkregenereignissen.

Nachdem die Temperaturen in den Monaten Mai und Juni leicht unter den langjährigen Mittelwerten lagen, führten längere Hitzeperioden dazu, dass der Juli und August zu einer positiven Temperaturabweichung von 1,4 °C bzw. 2,5 °C deutlich zu warm ausfielen. Der September 2015 (13,2 °C) fiel mit einer negativen Temperaturabweichung von -0,3 °C leicht unterkühlt aus.

Die Mitteltemperatur der Nichtvegetationsperiode 2014/2015 lag mit 6,1 °C um 1,9 °C über dem langjährigen Referenzwert. Dabei war es im Ostniedersächsischen Tiefland und im Harz überdurchschnittlich warm (Abweichung 2,5 °C), während im Westniedersächsischen Tiefland und in Teilen des Niedersächsischen Berglandes die Temperaturen weniger stark vom Mittelwert abwichen (<1,5 °C). Die Vegetationsperiode 2015 war mit 15,4 °C ebenfalls wärmer als im langjährigen Mittel. Die positive Abweichung betrug rund 0,6 °C, wobei wiederum besonders im Harz und in den südöstlichen Landesteilen hohe Temperaturabweichungen (teilweise >1,5 °C) gemessen wurden. In den nordwestlichen Landesteilen wurden dagegen nur geringe Temperaturabweichungen gemessen. Regional war es an der Nordseeküste sogar leicht kühler als im langjährigen Mittel (s. Abbildungen Seite 20). Die größten Niederschlagsdefizite in der Nichtvegetationsperiode verzeichneten die südöstlichen Landesteile, insbesondere der Harz, wo teilweise nur die Hälfte der sonst üblichen Niederschlagsmenge gefallen ist. Im mittleren und nördlichen

Niedersachsen wurde das langjährige Niederschlagssoll dagegen regional leicht übertroffen. Die Niederschläge in der Vegetationsperiode übertrafen mit rund 105 % leicht den Mittelwert der Klimareferenzperiode. Dabei gab es ein markantes Nordwest-Südost-Gefälle. Während in den Küstenregionen und im westlichen Tiefland teilweise mehr Niederschlag als 150 % des langjährigen Mittels gemessen wurde, fielen im Niedersächsischen Bergland und im Harz regional nur rund zwei Drittel der üblichen Niederschlagsmenge (s. Abbildungen Seite 21).

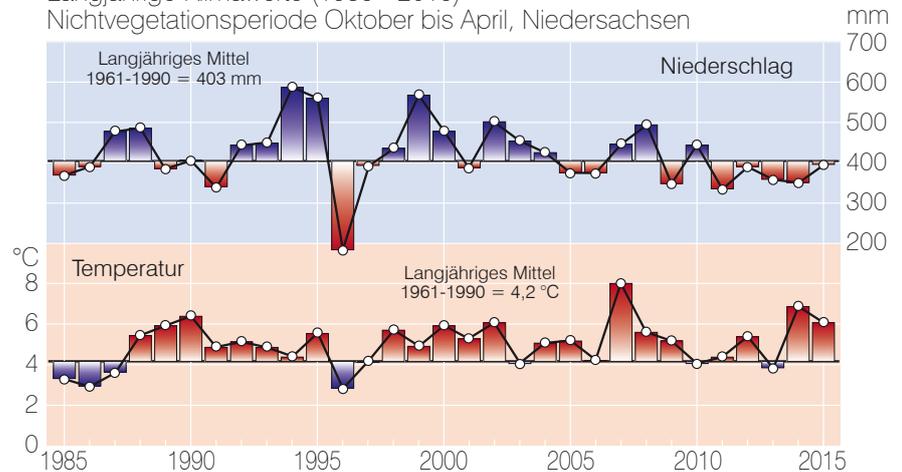
Das Vegetationsjahr 2014/2015 (Oktober-September) reiht sich nahtlos in die überdurchschnittlich warmen Jahre der letzten 25 Jahre ein. Es ist mit einer Mitteltemperatur von 10 °C ebenso wie 2014 und 2007 eines der wärmsten Jahre seit Messbeginn. Die Temperaturabweichung betrug 1,4 °C. Dabei war es im Osten und Südosten des Landes überdurchschnittlich warm und gleichzeitig zu trocken, wobei es im Harz mit einer Niederschlagsmenge von 60 bis 70 % des langjährigen Mittels sehr trocken war. Im Flächenmittel des Landes Niedersachsen wurde das Niederschlagssoll mit 751 mm allerdings geringfügig überschritten.



Foto: H. Heinemann

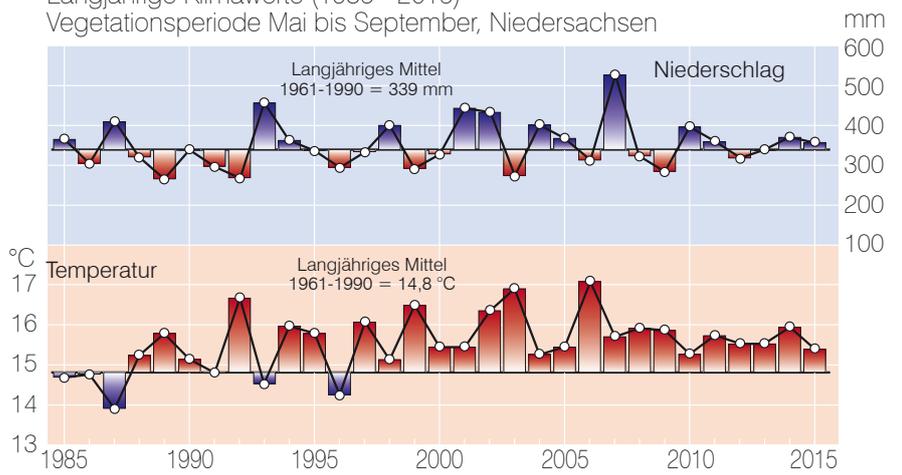
Langjährige Klimawerte (1985 - 2015)

Nichtvegetationsperiode Oktober bis April, Niedersachsen



Langjährige Klimawerte (1985 - 2015)

Vegetationsperiode Mai bis September, Niedersachsen



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

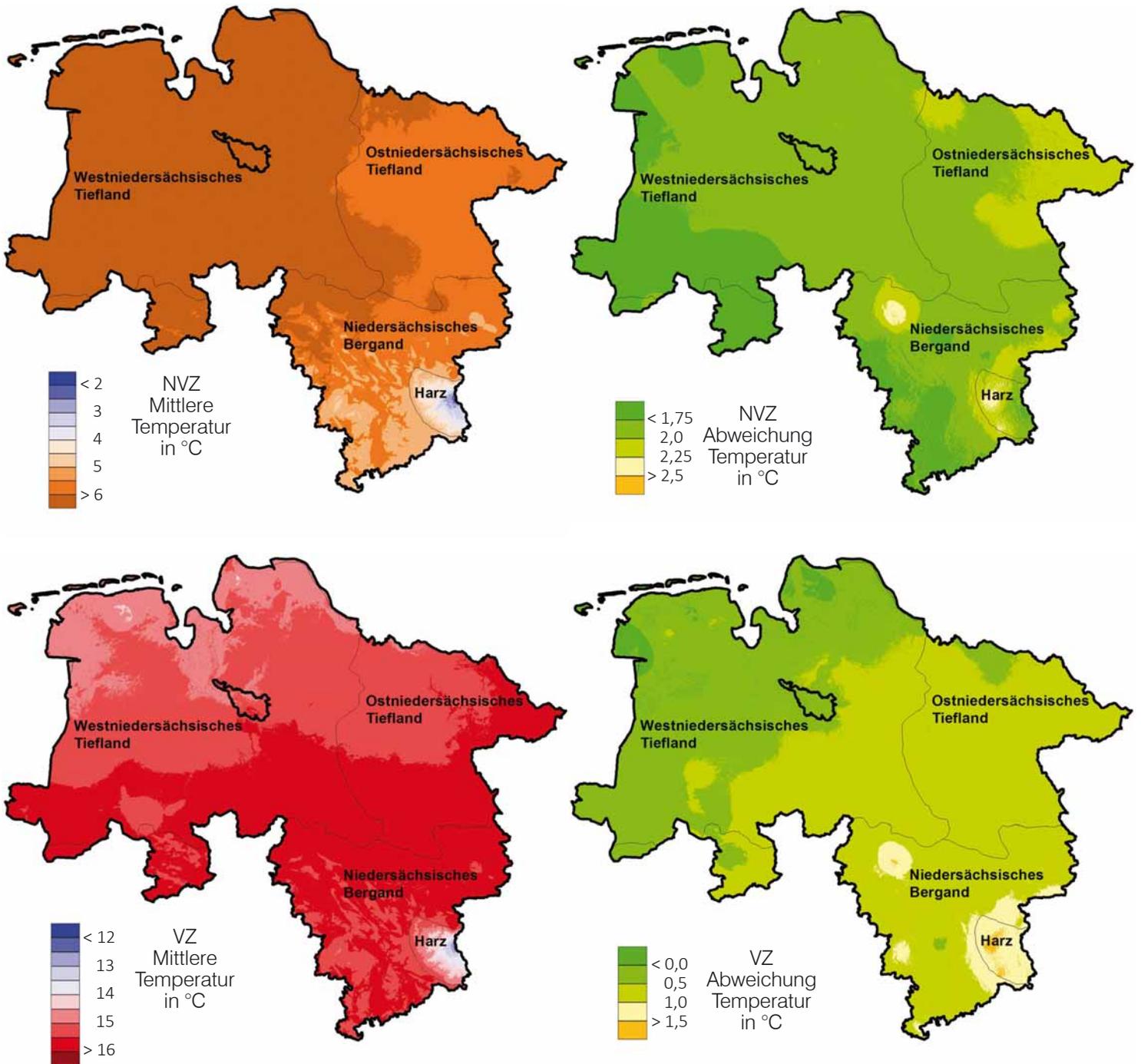
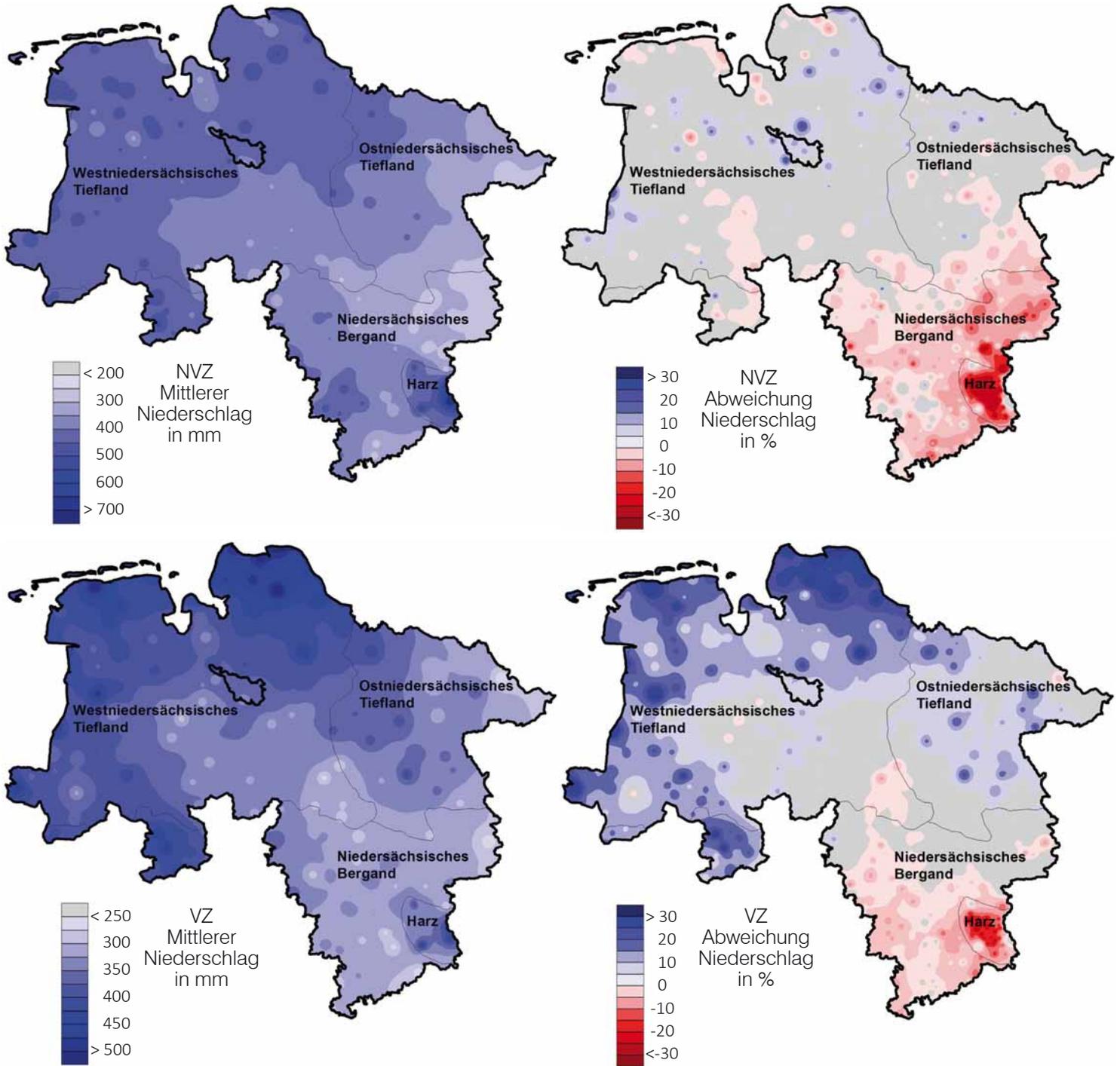


Foto: J. Evers

Witterung und Klima

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



Frühjahrstrockenheit

Auswirkungen der Frühjahrstrockenheit auf Bodenwasserhaushalt und Baumwachstum

Die Witterung im Jahr 2015 zeichnet sich durch viele Wetterextreme aus. Für die Forstwirtschaft von besonderer Bedeutung war die Trockenheit im Frühjahr und Frühsommer. Anhand unterschiedlicher meteorologischer und hydrologischer Kriterien lassen sich die Auswirkungen einer Trockenperiode gut beschreiben. In der Meteorologie werden Zeiträume mit im Vergleich zum langjährigen Mittel deutlich geringeren Niederschlägen als Trockenperiode bezeichnet. Die Höhe des Niederschlagsdefizits kann als Maß der Trockenheit dienen. Diese kann sich über mehrere Wochen oder Monate erstrecken und zu großem Wassermangel für die Vegetation führen. Einzelne Niederschlagsereignisse können - wenn überhaupt - nur kurzzeitig Milderung verschaffen. Da Phasen der Trockenheit häufig mit erhöhten Temperaturen einhergehen, kann die erhöhte Verdunstung das Wasserdefizit deutlich verschärfen. Trockene Böden, sinkende Grundwasserstände und niedrige Flusspegel können die Folge sein.

Die Auswirkungen der Trockenheit auf die Forstwirtschaft hängen von vielen Faktoren ab. Neben der Andauer und Intensität einer Trockenperiode ist der Zeitpunkt ihres Auftretens im Jahresverlauf eine wichtige Einflussgröße. Während Wassermangel in der Vegetationsperiode die Vitalität und das Wachstum der Wälder stark beeinträchtigen kann, sind Trockenphasen im Herbst und Winter nicht unmittelbar ausschlaggebend für den Zustand der Bäume. Trockenphasen außerhalb der Vegetationsperiode können sich jedoch dann nachteilig auswirken, wenn der Bodenwasserspeicher im Winter nur unzureichend aufgefüllt wird. Dieser kann dann in der folgenden Vegetationszeit auftretende Wasserdefizite nicht kompensieren und somit Wassermangelserscheinungen in den Wäldern zur Folge haben.

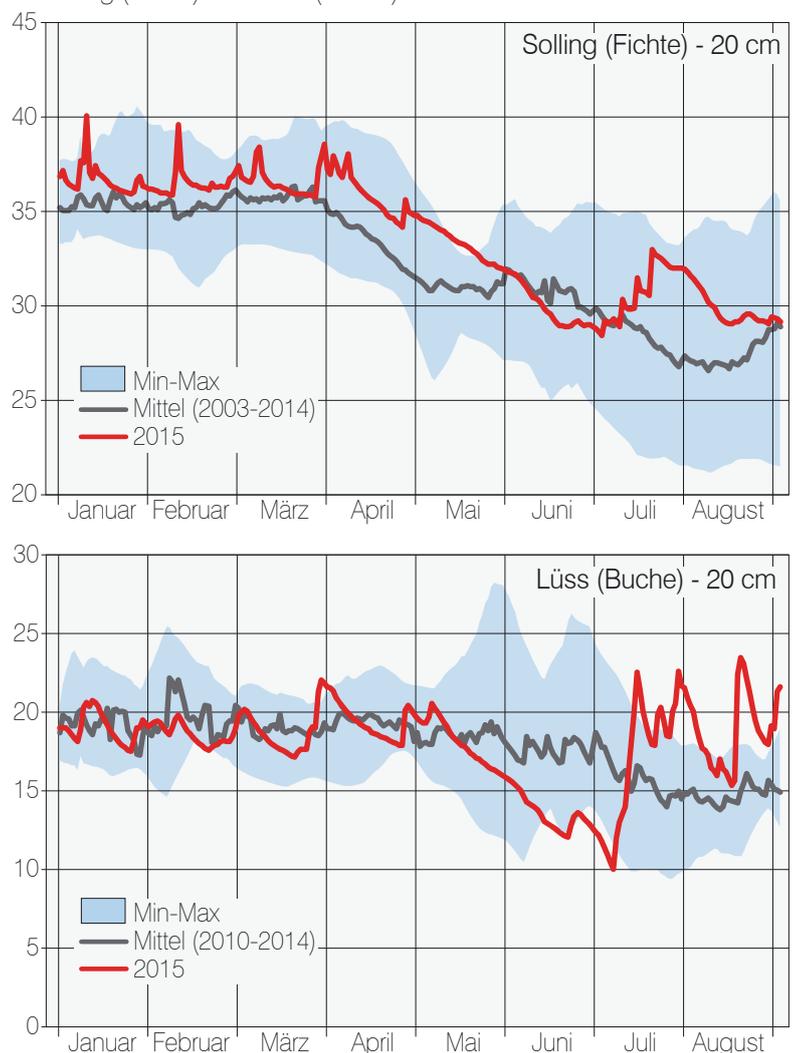
Trockenstress reduziert einerseits die Effektivität von pflanzlichen Prozessen und kann andererseits direkt die Pflanzenstruktur schädigen. Dies wirkt sich negativ auf die Vitalität und das Wachstum der Bäume aus. Erhöhte Nadel- und Blattverluste können sichtbare Folgen sein. Im äußersten Fall steigt die Mortalitätsrate an. Dabei reagieren Baumarten sehr unterschiedlich auf Wassermangelsituationen. Während Fichte und Buche als sehr trockenheitsempfindlich eingeschätzt werden, sind Eiche, Douglasie und Kiefer besser an Trockenheit angepasst. Entsprechend sind auf den Standorten mit geringer Kapazität an pflanzenverfügbarem Bodenwasser (Sandböden) eher die trockenresistenten Baumarten zu finden, während auf den gut wasserversorgten Standorten (Schluff- und Lehmböden) Baumarten mit hohem Wasseranspruch wachsen (Edellaubholz, Buche, Fichte).

Die Witterung in der Nichtvegetationsperiode 2014/2015 und in der Vegetationsperiode 2015 für Niedersachsen wird im Kapitel „Witterung und Klima“ beschrieben. Die Auswertung der Messdaten zum Niederschlag und zur Temperatur zeigen, dass im Frühjahr und Frühsommer 2015 besonders die mittleren und südöstlichen Landesteile von einer Trockenperiode betroffen waren. Gleichzeitig traten in diesen Regionen zeitweise hohe positive Temperaturabweichungen auf, so dass die Trockenheit infolge der

hohen Verdunstung noch verschärft wurde. Im westlichen und nördlichen Niedersachsen führten dagegen wiederholte Niederschlagsereignisse dazu, dass das Niederschlagssoll weitgehend erreicht wurde. In den Küstenregionen fiel sogar deutlich mehr Niederschlag als im langjährigen Mittel. Erst im Juli 2015 wurde die Trockenperiode in den betroffenen Regionen infolge zahlreicher Starkregenereignisse beendet.

Wie hat sich nun die Trockenheit auf den (Boden-) Wasserhaushalt und das Wachstum der Bäume im Jahr 2015 ausgewirkt? Hierzu wurden Messwerte der Bodenwassergehalte und des Stammumfangzuwachses auf mehreren Intensiv-Monitoringflächen (Level II-Programm) im Ostniedersächsischen Tiefland (Lüss), im Niedersächsischen Bergland (Solling) und im Harz (Lange Bramke) untersucht und analysiert. Bei der Fläche Lüss handelt es sich um einen Buchen-Eichen-Mischbestand mit führender Buche. Die typische Bodenart, auf der der 134 Jahre alte Bestand stockt, kann als schwach schluffiger Sand charakterisiert werden. Der Schluffanteil nimmt mit zunehmender Bodentiefe deutlich ab, so dass die unteren Bodenhorizonte als Mittelsand angesprochen werden können. Die Böden der Monitoringflächen im Solling sind als schwach podsoliierte Parabraunerde-Braunerde (Fichtenfläche) bzw. schwach podsoliierte Braunerde (Buchenfläche) einzustufen. Die Textur wird aufgrund des Lössanteils von Schluff dominiert. Auf der 131-jährigen Fichtenfläche tritt häufig Staunässe auf. Der 164 Jahre alte Buchenreinbestand

Gemessene Bodenwassergehalte auf den Intensiv-Monitoringflächen Solling (Fichte) und Lüss (Buche) in Prozent



Frühjahrstrockenheit

wurde in den letzten Jahren infolge von Windwurf und Sanitätshieben stark aufgelichtet. Der rund 70 Jahre alte Fichtenreinbestand der Intensiv-Messfläche Lange Bramke im Harz stockt auf einer Podsol-Braunerde, deren Bodenart aus sandig-lehmigen Schluff besteht.

In der Abbildung auf Seite 22 sind exemplarisch für die Standorte Solling (Fichte) und Lüss (Buche) die gemessenen Bodenwassergehalte in 20 cm Tiefe dargestellt. Im Solling wird seit Mitte der 1990er Jahre und auf der Fläche Lüss seit 2010 der Bodenwassergehalt messtechnisch erfasst. Für die Charakterisierung der mittleren Bodenfeuchte (graue Linie) wie auch der Bandbreite wurde der Zeitraum 2003 bis 2014 (Solling) bzw. 2010 bis 2014 (Lüss) verwendet. Der blau hinterlegte Fächer gibt die Bandbreite der minimal und maximal gemessenen täglichen Bodenwassergehalte als 10-tägiges gleitendes Mittel für die Monate Januar bis August wider.

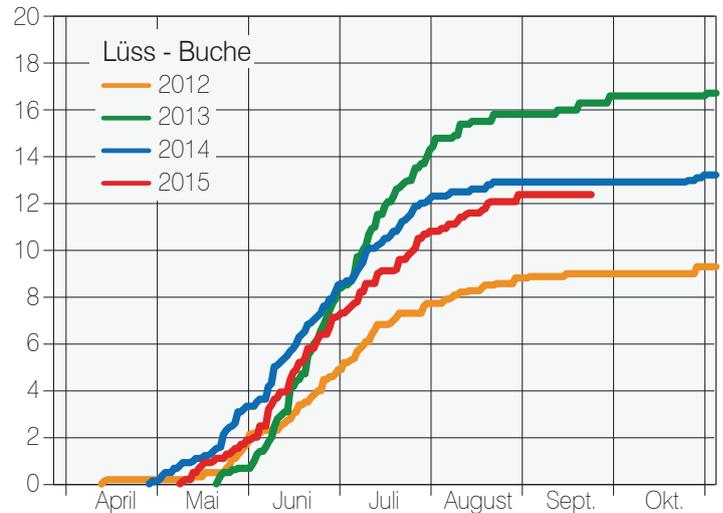
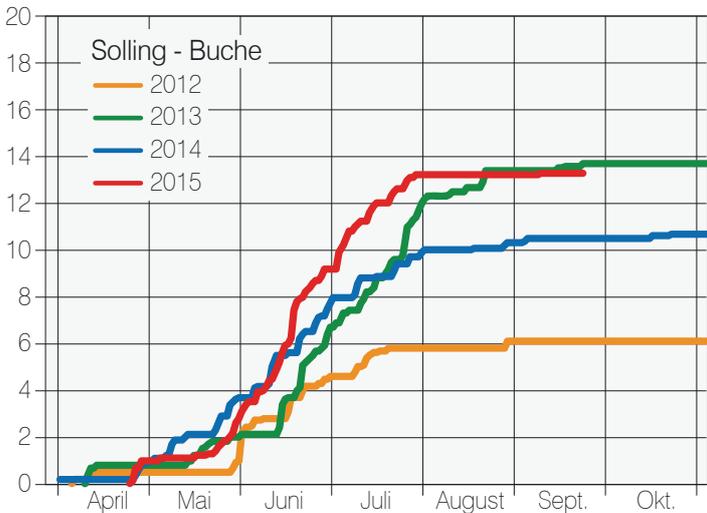
Der Verlauf der Bodenfeuchte im Jahr 2015 zeigt, dass während der Monate Januar bis April auf beiden Standorten im Vergleich zu den Vorjahren mittlere bis überdurchschnittlich hohe Bodenwassergehalte gemessen wurden. Insbesondere die niederschlagsreichen Monate Dezember und Januar führten zu einer Auffüllung des Bodenwasserspeichers. Mit Beginn der Vegetationsperiode nahm ab Ende April / Anfang Mai die Bodenfeuchte auf beiden Standorten kontinuierlich ab. Während auf dem Stauwasserstandort im Solling erst im Juni die Bodenwassergehalte unter die langjährigen Mittel-

werte fielen, wurden in Lüss die bisher gemessenen Minimalwerte leicht unterschritten. Anfang Juli stiegen infolge mehrerer Starkregenereignisse die Bodenwassergehalte über die in diesem Zeitraum bisher beobachteten Werte an und lagen im weiteren Verlauf des Hochsommers meist deutlich über den Mittelwerten der Messzeiträume.

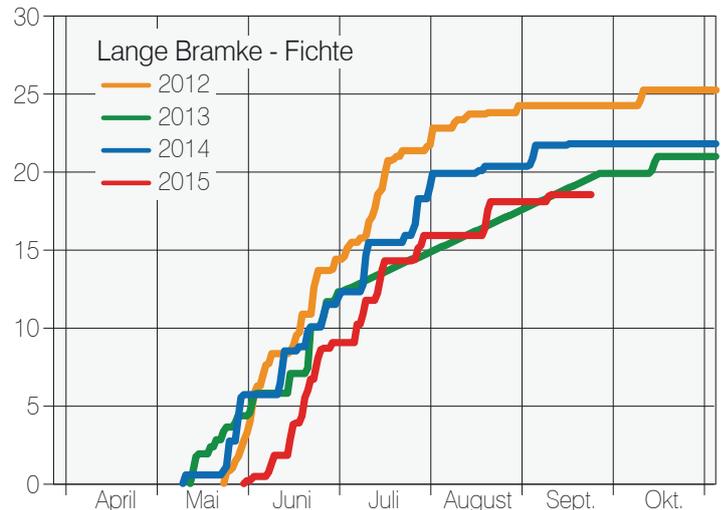
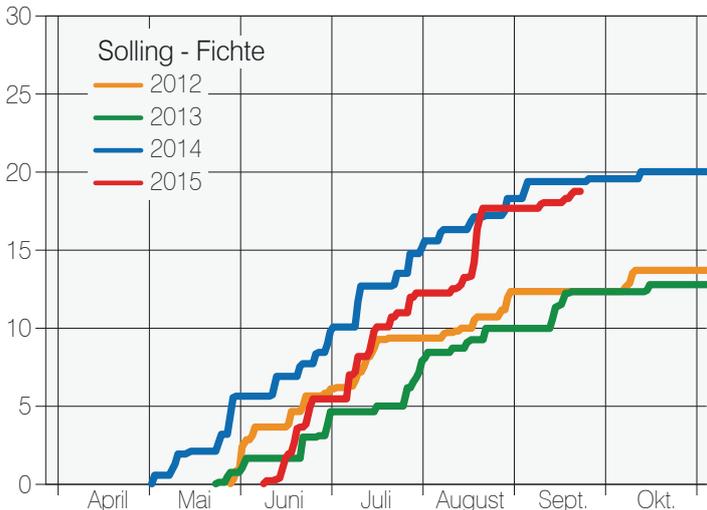
Der Stammumfangzuwachs („Dickenwachstum“) der Buche auf den Standorten Lüss und Solling sowie der Fichte im Solling und Harz wird seit 2012 mit Umfangmessbändern an ausgewählten Bäumen kontinuierlich beobachtet. Die jährlichen Zuwachsraten sind in den Abbildungen unten für die Jahre 2012 bis 2015 dargestellt.

Der jährliche Wachstumsverlauf zeigt, dass der Zuwachs der Buche bis Ende Juli weitgehend abgeschlossen ist. Auch im Jahr 2015 war die Stammumfangzunahme der Buchen an beiden Standorten mit knapp 15 mm ähnlich hoch wie in den Jahren zuvor. Trotz der geringen Niederschläge im Frühjahr und Frühsommer 2015 reichte das pflanzenverfügbare Wasser im Boden für eine unverminderte Wachstumsleistung aus. Möglicherweise haben die Niederschläge im Juli dazu beigetragen, dass sich das Wachstum der Buche auf weniger gut mit Wasser versorgten Standorten, wie beispielsweise Lüss, bis Ende August fortgesetzt hat (s. Abbildung unten). Auffällig ist für beide Flächen die geringe Stammumfangzunahme im Jahr 2012. Untersuchungen haben gezeigt, dass es im Folgejahr eines extremen Mastjahres (wie 2011)

Verlauf des jährlichen Stammumfangzuwachses der Buche im Solling und in Lüss für die Jahre 2012 bis 2015 in mm

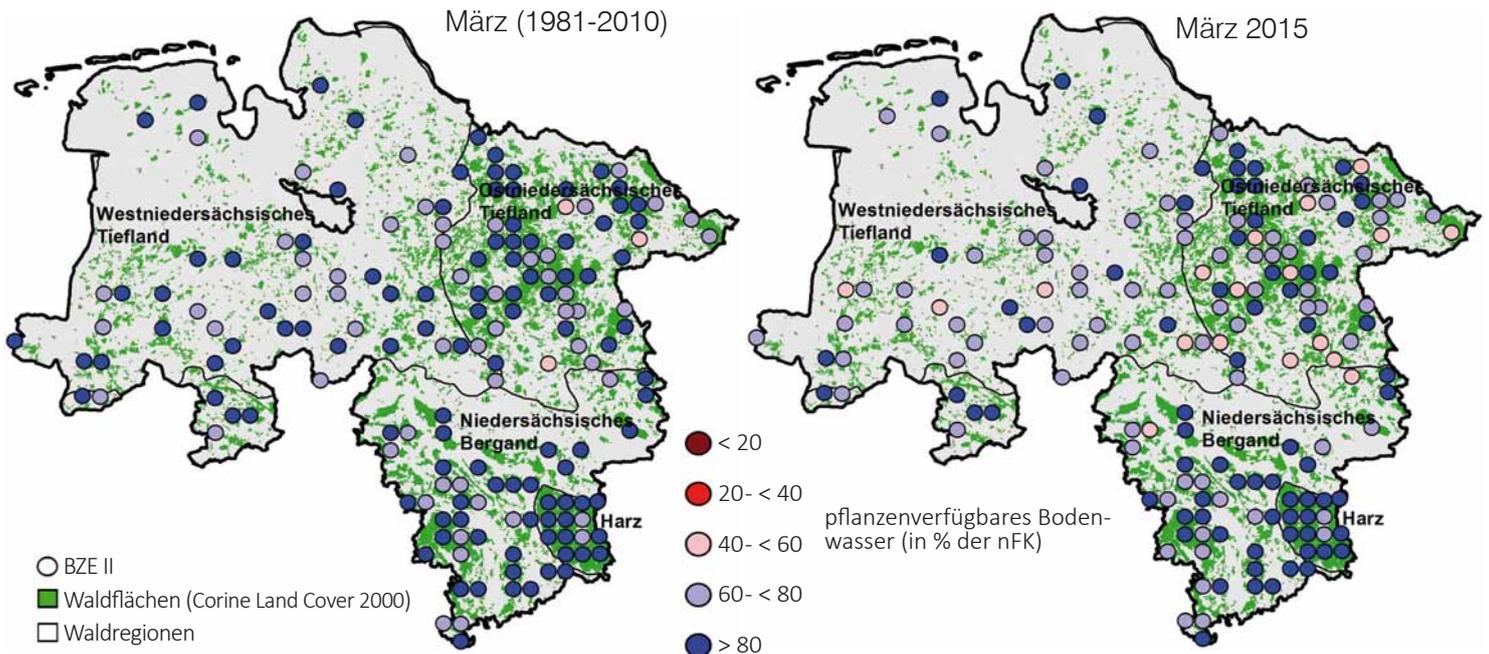


Verlauf des jährlichen Stammumfangzuwachses der Fichte im Solling und im Harz für die Jahre 2012 bis 2015 in mm



Frühjahrstrockenheit

Berechnetes pflanzenverfügbares Bodenwasser in Prozent der nutzbaren Feldkapazität (nFK) im durchwurzelten Bodenraum auf den BZE II-Punkten; Mittelwert für den Monat März (Periode 1981-2010), März 2015



zu deutlichen Wachstumseinbußen bei der Buche kommen kann. Gleichzeitig war auch das Frühjahr und der Frühsommer 2012 durch eine längere Trockenperiode (Februar bis Juni) gekennzeichnet, so dass die Kombination von Mastjahr (Vorjahr) und Trockenheit ursächlich für die verminderte Wachstumsleistung sein könnte.

Das „Dickenwachstum“ der Fichte auf den Intensiv-Monitoringflächen im Solling und Harz weist für das Jahr 2015 ebenfalls keine verminderten Zuwächse auf. Die Hauptwachstumsphase reicht von Mai bis August, aber auch im September kann es noch zu leichten Zuwächsen kommen. Im Vergleich zu den Jahren 2012 bis 2014 hat in diesem Jahr die Wachstumsphase allerdings erst Anfang Juni begonnen. Aufgrund des hohen Alters des Bestandes im Solling fällt der Stammumfangzuwachs generell geringer aus als beim Fichtenbestand in der Langen Bramke.

Auf der Intensiv-Monitoringfläche am Standort Augustendorf im westlichen Niedersachsen mit einem rund 60jährigen Kiefernbestand wurde im Frühjahr 2015 im Gegensatz zu den übrigen Landesteilen keine ausgeprägte Trockenperiode beobachtet. Der Zuwachs der Kiefern entsprach dem der Vorjahre (ohne Abbildung). Längere Wachstumspausen, die auf ein vermindertes Wasserangebot schließen lassen, wurden ebenfalls nicht beobachtet. Aktuelle Untersuchungen auf den



Foto: H. Heinemann

Intensiv-Monitoringflächen Klötze und Nedlitz in Sachsen-Anhalt belegen, dass die Kiefer aufgrund ihres effizienten Wassermanagements gut an längere Trockenperioden angepasst ist (siehe WZE-Bericht Sachsen-Anhalt 2015). Während längerer Trockenphasen zu Beginn der Vegetationsperiode 2015 zeigten diese Bestände keinen nennenswerten Stammumfangzuwachs. Mit beginnender Auffüllung des Bodenwasserspeichers im Juli 2015 setzte dann unmittelbar das Wachstum ein und erzielte bis zum Ende der Wachstumsperiode Zuwachsraten wie in den Vorjahren. Offensichtlich kann die Kiefer ihre Wachstumsphasen während der Vegetationsperiode (Ende April bis Oktober) an die Witterung und das verfügbare Bodenwasser anpassen.

Die Untersuchungen auf den Level II-Flächen in Niedersachsen haben gezeigt, dass die Trockenheit im ersten Halbjahr 2015 nur regional niedrige Bodenwassergehalte zur Folge hatte. Um Aussagen für die Wälder im gesamten Land treffen zu können, wurde der Wasserhaushalt auf den Aufnahmepunkten der Bodenzustandserhebung (BZE II) mit Hilfe eines hydrologischen Modells simuliert. Die BZE II ist eine bundesweit systematische Stichprobenerhebung im Wald, die ein umfassendes und flächenrepräsentatives Bild des aktuellen Zustandes wichtiger Boden- und Bestandeskenngrößen erfasst. In Niedersachsen wurden an insgesamt 166 BZE II-Punkten Kenngrößen zum Boden (wie z. B. Wasserhaltevermögen und Skelettgehalt) und zum Bestand (wie z. B. Baumart, Alter, Bestandesdichte) erhoben.

Um das Ausmaß der Trockenheit 2015 beurteilen zu können, wurde das maximal pflanzenverfügbare Bodenwasser (nutzbare Feldkapazität, nFK) im durchwurzelten Bodenraum berechnet und der relative Anteil an der nFK zu Beginn der Vegetationsperiode und zum Ende der Trockenphase bestimmt. Diese Werte wurden mit den langjährigen Mittelwerten der Periode 1981 bis 2010 verglichen.

Die Simulation des Bodenwasserhaushalts ergab, dass die Böden im März die höchsten Bodenwassergehalte aufweisen. Im langjährigen Mittel der Periode 1981 bis 2010 waren die Bodenwasserspeicher über alle BZE II-Standorte

Frühjahrstrockenheit

mit einem relativen Anteil der nFK von 87 % aufgefüllt. Das bedeutet, dass in normal feuchten Jahren rund zwei Dritteln aller Waldstandorte zu Beginn der Vegetationsperiode ein nahezu vollständig gefüllter Bodenwasserspeicher ($> 80\%$ nFK) zur Verfügung stand (s. Abbildung Seite 24). Auf den verbliebenen BZE II-Punkten lag der Anteil des Bodenwasserservorrats an der nFK zwischen 60 und 80 % oder knapp darunter (3 Standorte). Im März 2015 wiesen rund 10 % aller untersuchten Flächen einen Anteil an pflanzenverfügbarem Bodenwasser von weniger als 60 % auf. Diese befanden sich hauptsächlich im Ostniedersächsischen Tiefland. Im Mittel über alle Punkte lag der relative Anteil der nFK bei 79 % und damit nur geringfügig unter dem Mittelwert für den Monat März der Periode 1981 bis 2010.

Mit Beginn der Vegetationsperiode im April/Mai 2015 nahmen die Bodenwassergehalte auf den untersuchten Punkten kontinuierlich ab. Der Höhepunkt der Trockenperiode wurde Ende Juni / Anfang Juli 2015 erreicht. Auf knapp einem Drittel aller BZE II-Punkte sank der Anteil des pflanzenverfügbaren Bodenwassers auf 20 bis 40 %, auf einigen Punkten sogar unter 20 % (s. Abbildung unten). Im langjährigen Mittelwert (1981-2010) für den Monat Juni weisen nur 3 % aller Punkte so geringe Bodenwassergehalte auf. Dabei konzentrierte sich die Mehrzahl der Standorte mit einer geringen Bodenfeuchte auf das östliche und südöstliche Niedersachsen. Auffällig ist, dass auch die meisten Standorte im Harz im Juni 2015 über außergewöhnlich niedrige Bodenwassergehalte verfügten. Über alle BZE II-Punkte gemittelt betrug das verfügbare Bodenwasser nur 50 % der nFK und lag damit signifikant unter den langjährigen Mittelwerten von 64 %. Vergleichbar niedrige Bodenwassergehalte werden in durchschnittlich feuchten Jahren erst im August erreicht. Im Juli 2015 wurde die Trockenperiode infolge vermehrter Niederschläge beendet.

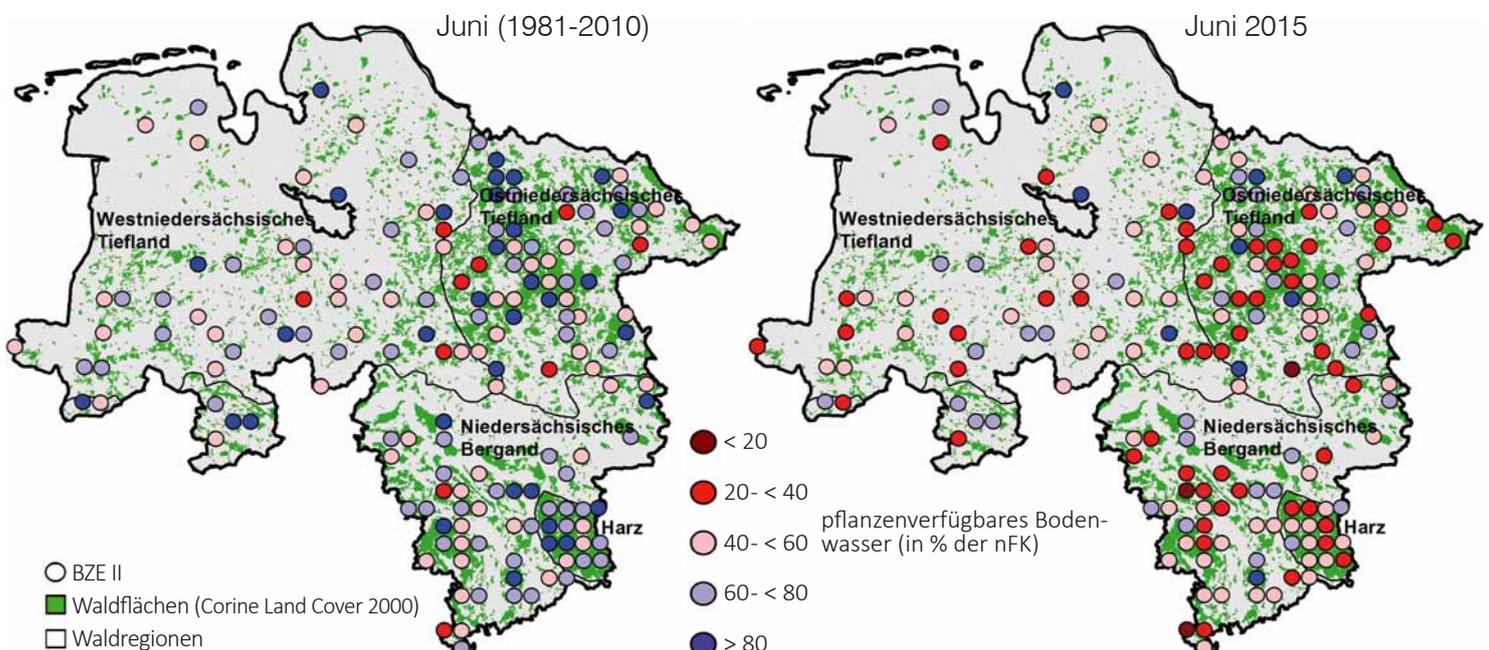
Von der Trockenheit im Frühjahr und Frühsommer 2015 waren das Ostniedersächsische Tiefland, Teile des Niedersächsischen Berglandes und der Harz betroffen. Die Küstenregionen wurden dagegen immer wieder von Nieder-

schlagsgebieten erfasst. Da die Wintermonate landesweit sehr feucht waren, war zu Beginn der Vegetationsperiode der pflanzenverfügbare Bodenwasserspeicher der meisten Böden gut gefüllt. Somit gab es beim Wachstum der Bäume keine messbaren Einbußen, obwohl im Juni 2015 regionale sehr niedrige Bodenwassergehalte auftraten. Die überdurchschnittlich hohen Niederschläge, die Anfang Juli einsetzten und den gesamten Hochsommer anhielten, haben möglicherweise Wachstumseinbußen in den Wäldern Niedersachsens verhindert. Allerdings werden erst die nächsten Jahre zeigen, ob es in den Wäldern der betroffenen Regionen nicht doch zu langfristigen Schäden kommen wird, da z. B. bei Buchen Vitalitäts- und Wachstumseinschränkungen aufgrund von Trockenheit erst in den Folgejahren auftreten.



Foto: J. Weymar

Berechnetes pflanzenverfügbares Bodenwasser in Prozent der nutzbaren Feldkapazität (nFK) im durchwurzelten Bodenraum auf den BZE II-Punkten; Mittelwert für den Monat Juni (Periode 1981-2010), Juni 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 sowie Niederschlagsdefizite mit Trockenstress 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.

Läuseschäden an Nadelbäumen

Nachdem bereits im Jahr 2014 örtlich von erhöhtem Läusevorkommen berichtet wurde, trat als Folge des milden Winters 2014/2015 in vielen Regionen des Zuständigkeitsbereiches starker Läusebefall vor allem an Nadelbäumen auf. Mehrere Arten waren z. B. an Fichten beteiligt. Häufig wurden die Sitkafichtenlaus (Fichtenröhrenlaus) und die Fichtenrindenlaus beobachtet. Verluste von Altnadeln der unteren Schattkrone wurden meist von deutlich geringeren Schäden in der Oberkrone begleitet. Ohne weitere Stressfaktoren überstanden die betroffenen Fichten die Schäden mit Hilfe ihrer Mainadeln in der Regel recht gut. Viele Fichten zeigten zudem bereits erhebliche Dichten an Larven von Marienkäfern und sonstigen Antagonisten. Lokal kam es bei starkem Läusebefall und entsprechendem Stress vereinzelt jedoch auch zum Absterben von Fichten durch nachfolgenden Hallimaschbefall.

Eichenfraßgesellschaft

In den vergangenen drei Jahren hatten die Populationsdichten des Kleinen und des Großen Frostspanners rückläufige Tendenzen. Die Ergebnisse der Frostspannerüberwachung mit Leimringen aus dem Herbst/Winter vergangenen Jahres und das Fraßgeschehen in Eichenbeständen aus dem Jahr 2015 belegen, dass sich die Frostspannerpopulationen weiterhin in der Latenz befinden.

Auf den meisten Dauerbeobachtungsflächen zum „Eichensterben“ war im Jahr 2015 im Mittel eine leichte Regeneration der Alteichen festzustellen. Dies ist zumindest teilweise auf nachlassende Belastungen durch Blattfraß zurückzuführen. Dennoch wurden auch 2015 an einzelnen Eichen nach wie vor schlechte Vitalitätszustände mit schwacher Belaubung, kleinen, gelben Blättern bis hin zu Absterbeerscheinungen beobachtet.

Im Jahr 2015 wurden lokale Licht- und Kahlfraßereignisse durch den Eichenprozessionsspinner im Bereich Wolfenbüttel gemeldet.

Kieferngroßschädlinge und Nonne

Überwachungen des Falterfluges der Forleule, der Nonne und des Kieferspinners mit Hilfe von Pheromonfallen ergaben keine erhöhten Falterfänge. Die Fangergebnisse zeigten, dass sich die genannten Insekten in der Latenz befinden.

In Ostniedersachsen (Gartow-Prezelle) trat im Zentrum des Kieferspinnerfraßgebietes der Jahre 2013/2014 Befall vorrangig durch den Großen Waldgärtner und verschiedene Bock-

käfer auf. Ausgelöst wurde dies dadurch, dass ein Teil der stark geschädigten Bäume nicht ausreichend regenerieren konnte. Keiner Käferart ist jedoch der Übergang zu Stehendbefall an lebenden Bäumen gelungen.

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, Westharz 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

Buchenkomplexerkrankung / Buchenrindennekrose

Die Buchenkomplexerkrankung im Solling hat sich in den letzten Jahren weiter ausgeweitet und bedroht besonders ältere Buchenwälder. Die seit Jahrzehnten bekannte Erkrankung tritt in Wellen auf und führt im Solling etwa seit 2003 zu beachtlichen Schäden. Die Erkrankung wird durch ein Zusammenspiel von Buchenwollschildläusen, *Nectria*-Rindenpilzen und im Holz brütenden Nutzh Holz borkenkäfern ausgelöst. Die an der Rinde saugenden Schildläuse bilden den ersten Schritt in der Erkrankungskette. Über die Saugstellen infizieren sich die Buchen mit *Nectria*-Pilzen, die Rindennekrosen hervorrufen. An diesen Rindenschadstellen dringen Nutzh Holz borkenkäfer (z. B. *Trypodendron domesticum*) in das Holz ein. Weißfäule entwickelt sich im Holz unter den Schadstellen. Fruchtkörper am Stamm, z. B. vom Zunderschwamm, zeigen, dass eine Buche erkrankt ist. Danach kann der Baum in fünf bis acht

Insekten und Pilze

Meter Höhe an den weißfaulen Schadstellen abbrechen, obwohl die Krone noch grüne Blätter trägt. Die Schäden sind in den Waldgebieten ab 400 m Höhenlage besonders stark ausgeprägt. Auch Nord- und Osthänge und die Schattseiten der Bäume sind häufiger betroffen, weil hier günstige Bedingungen für das *Nectria*-Pilzwachstum vorliegen.



Buchenkomplexerkrankung, fortgeschrittenes Stadium mit geschädigten Rindenpartien und Weißfäule durch Zunderschwamm in mehreren Metern Höhe bei noch grüner Krone. 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). Die Schädigungen durch das Eschentriebsterben 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 146jährig) 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 Eschennaturverjüngungen (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 neu gepflanzten Eschen mit dem Erreger des Eschentriebsterbens 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 Eschentriebsterben 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 Schäden durch das Eschentriebsterben wird weiterhin als sekundär gewertet, ein Primärbefall dieser Käferarten an gesunden Eschen ist bisher nicht bekannt.



Eschentriebsterben

Foto: NW-FVA, Abteilung Waldschutz

Wurzelschwamm

Der Wurzelschwamm wurde als maßgeblicher Schadfaktor bei Bereisungen und Untersuchungen insbesondere in Niedersachsen (Großraum Lüneburger Heide sowie Gartow-Prezelle), aber auch in Sachsen-Anhalt und Hessen bestätigt. Betroffen waren neben der Kiefer u. a. Aufforstungen und Jungwüchse der Douglasie sowie durchgewachsene Weihnachtsbaumkulturen mit Edeltanne und Nordmantanne. Örtlich bereitet der Wurzelschwamm weiterhin größere Probleme an vorangebauten Douglasien und Roteichen in mit Wurzelschwamm durchseuchten Kiefernaltbeständen.

Stoffeinträge

Aufgrund des Filtereffektes der Kronen für gas- und partikel-förmige Luftverunreinigungen sind Wälder stärker als alle anderen Landnutzungsformen durch anthropogen verursachte Stoffeinträge von Sulfatschwefel und Stickstoffverbindungen belastet. Bereits 1968 wurde im Solling auf einer Buchen- und einer Fichtenfläche mit der systematischen Erfassung der Stoffeinträge begonnen, um die Wirkungen erhöhter Stoffeinträge und damit verbundener Risiken für Wälder, Waldböden und angrenzende Ökosysteme zu untersuchen. Derzeit wird die Deposition in drei Buchen- und vier Fichtenbeständen sowie je einer Kiefern- und Eichenfläche erfasst.

Die Höhe der Stoffeinträge wird maßgeblich durch verschiedene Faktoren wie Niederschlagsmenge und -verteilung, Windgeschwindigkeit, Baumart, Bestandeshöhe, Kronenrauigkeit bzw. lokale Emittenten bestimmt. Aus diesem Grund sind die Stoffeinträge im niederschlagsreichen Bergland (Harz und Solling) höher als im niederschlagsärmeren niedersächsischen Tiefland sowie unter Fichte höher als unter Buche, Eiche und Kiefer. Auf allen Intensivmessflächen waren die Mengen des Freiland- und des Bestandesniederschlags 2014 geringer als im Mittel der Jahre 1994-2014. Die negativen Abweichungen lagen im Freiland zwischen 48 mm (bzw. 6 %) in Augustendorf und 191 mm (bzw. 23 %) in Ehrhorn, im Bestandesniederschlag betrug diese zwischen 69 mm (bzw. 12 %) in Augustendorf (Kiefer) und 136 mm im Göttinger Wald (Buche).

Durch die konsequente Umsetzung von Maßnahmen zur Luftreinhaltung ist der Schwefeleintrag stark zurückgegangen. Allein im Zeitraum 1994-2014 betrug die mittlere jährliche Abnahme des Sulfatschwefeleintrags je Hektar und Jahr noch zwischen 0,4 kg (Lüss Buche, Ehrhorn Eiche) und 1 kg (Solling Fichte), bezogen auf den gesamten Untersuchungszeitraum seit 1969 sogar bis zu 2,3 kg (Solling Fichte). 2014 lag die Schwefeldeposition pro Hektar zwischen 4,0 kg (Lüss Buche) und 10,5 kg (Solling Fichte) und im Freiland zwischen 2,3 kg (Ehrhorn) und 4,2 kg (Lange Bramke, Harz).

Hauptquellen für Stickstoff sind der Kfz-Verkehr (oxidierte Stickstoffverbindungen, Nitrat) sowie die Landwirtschaft (reduzierte Stickstoffverbindungen, Ammonium). Trotz verschie-

dener 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.

Die Emissionen oxidierter Stickstoffverbindungen sind in Deutschland in den letzten zwei Jahrzehnten um die Hälfte zurückgegangen (Bultjes et al. 2011). In der Folge hat der Nitratstickstoffeintrag sowohl im Freiland als auch in der Gesamtdosition aller vier Baumarten auf allen langjährig untersuchten Flächen signifikant abgenommen. Er betrug 2014 pro Hektar im Freiland zwischen 2,6 kg (Ehrhorn) und 4,2 kg (LangeBramke) und unter Buche (Gesamtdosition mit Stammablauf) pro Hektar zwischen 4,7 kg (Lüss) und 8,5 kg (Solling). Unter Fichte betrug er pro Hektar 13,2 kg im Solling und zwischen 6,1 kg und 8,3 kg in Harz.

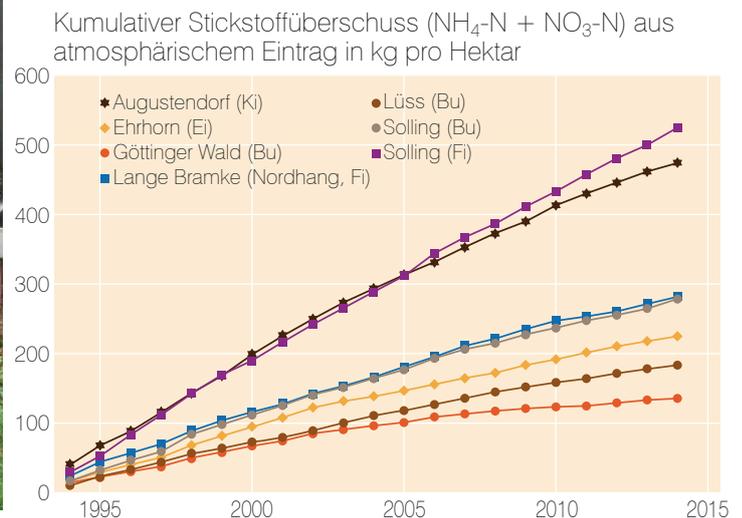
Obwohl die Emissionen in den 2000er Jahren nahezu unverändert hoch blieben (Bultjes et al. 2011), hat der Ammoniumstickstoffeintrag sowohl im Freiland als auch mit der Gesamtdosition auf den niedersächsischen Intensivmessflächen signifikant abgenommen. Im Freiland lag er 2014 pro Hektar zwischen 3,9 kg (Göttinger Wald) und 6,2 kg (Augustendorf) und unter Buche zwischen 6,6 kg (Göttinger Wald) und 13,8 kg (Solling) Unter Fichte betrug er pro Hektar 17,1 kg im Solling und zwischen 9,0 kg und 9,9 kg in Harz. Auffallend hoch sind die Ammoniumeinträge unter Kiefer mit 10,4 kg je Hektar in Augustendorf (Landkreis Cloppenburg), einem Gebiet, das durch Intensivtierhaltung gekennzeichnet ist.

Für sieben Flächen wurde beispielhaft der Stickstoffüberschuss aus atmosphärischem anorganischen Stickstoffeintrag abzüglich des durchschnittlichen jährlichen Entzuges von Stickstoff durch die Holzernte (Nettoaufnahmerate) berechnet. Der Stickstoffentzug wurde nach de Vries (1991) als Funktion von Wachstumsrate und Stickstoffgehalt in den verschiedenen Biomassekompartimenten quantifiziert. Sofern flächenspezifische Stickstoffgehalte nicht vorlagen, wurden Angaben aus der Literatur verwendet (Jacobsen et al. 2003). Für den Zeitraum 1994-2014 summiert sich dieser Stickstoffüberschuss je Hektar unter Fichte auf 525 kg (Solling) bzw. 281 kg (Lange Bramke Nordhang), auf 474 kg unter der Kiefer in Augustendorf, auf 224 kg unter Eiche (Ehrhorn) sowie unter Buche auf Werte zwischen 135 kg (Göttinger Wald) und



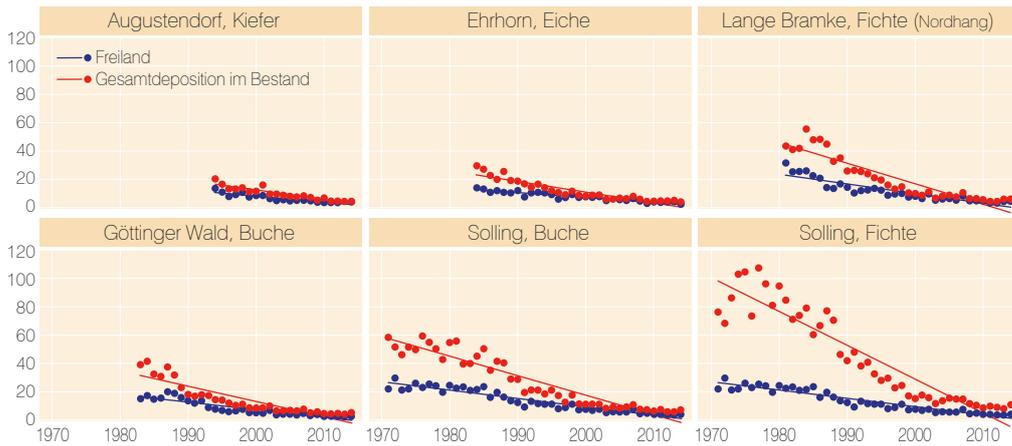
Intensiv-Monitoringfläche Solling, Buche

Foto: S. Fleck

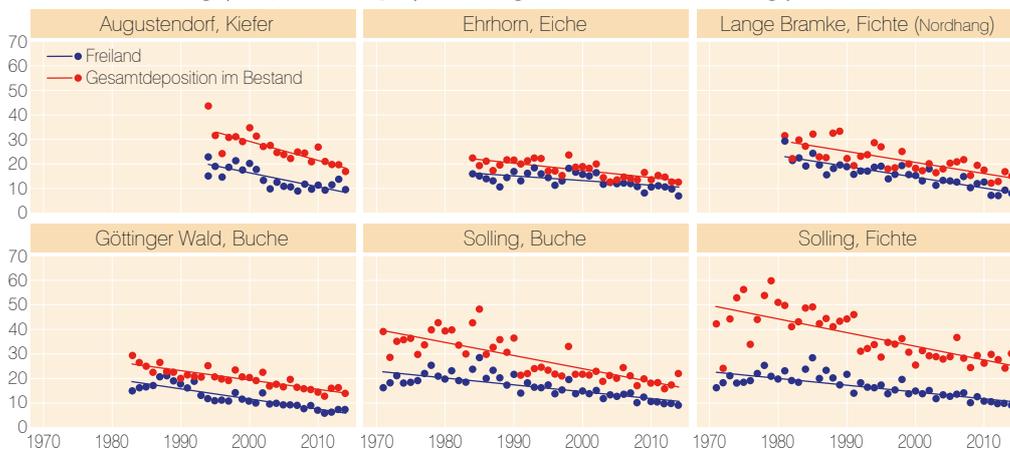


Stoffeinträge

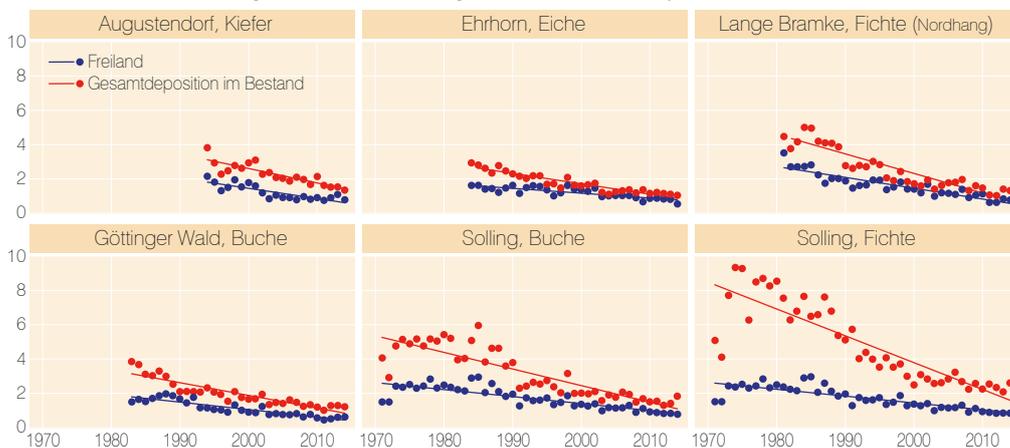
Schwefel-Eintrag ($\text{SO}_4\text{-S}$) auf ausgewählten Flächen in kg je Hektar und Jahr



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



Gesamtsäure-Eintrag in kmol_c auf ausgewählten Flächen je Hektar und Jahr



278 kg (Solling). Folgen dieser Überschüsse können hohe bis sehr hohe Nitratkonzentrationen im Sickerwasser in Augustendorf (Kiefer) sowie eine starke Akkumulation von Stickstoff in der Humusaufgabe im Solling (Buche und Fichte) (Meiwes et al. 2002) sein.

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 aktuelle Gesamtsäureeintrag pro Hektar im Freiland zwischen $0,5 \text{ kmol}_c$ (Ehrhorn) und $0,8 \text{ kmol}_c$ (Solling), unter Buche zwischen $1,0 \text{ kmol}_c$ (Lüss) und $1,8 \text{ kmol}_c$ (Solling) sowie bis zu $2,6 \text{ kmol}_c$ unter Fichte (Solling). Mit

$1,4 \text{ kmol}_c$ war der Gesamtsäureeintrag in Augustendorf unter Kiefer genauso hoch wie auf zwei der drei Fichtenflächen im Harz. Grund hierfür sind die hohen Ammoniumeinträge auf dieser Fläche

Sofern Bestände auf nährstoffarmen, pufferschwachen Waldböden stocken, ist eine standortsangepasste Bodenschutzkalkung zum Schutz der Waldböden und ihrer Filterfunktion nach wie vor angezeigt.

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

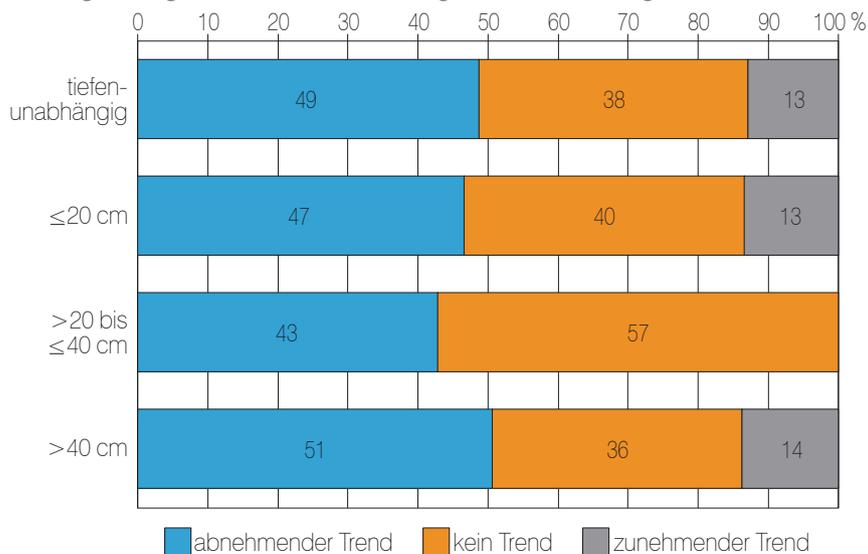
Trends in der Bodenlösung von Waldökosystemen

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

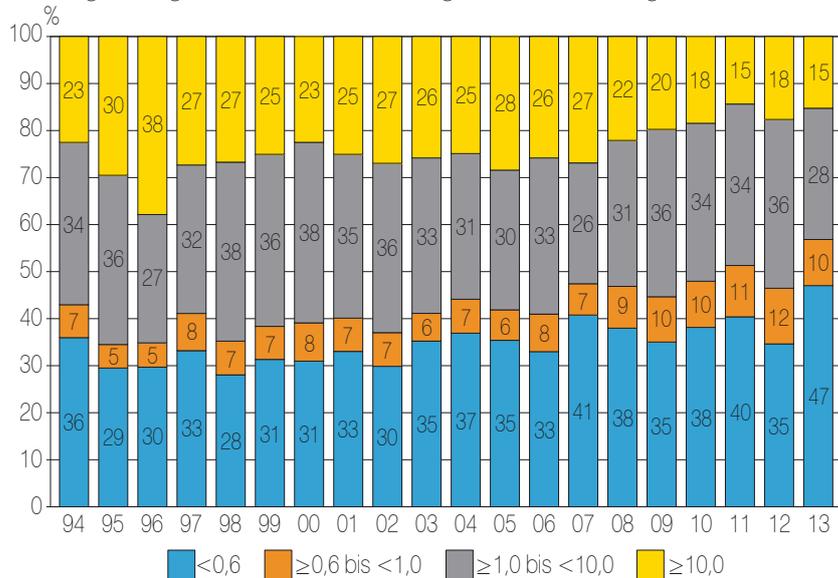


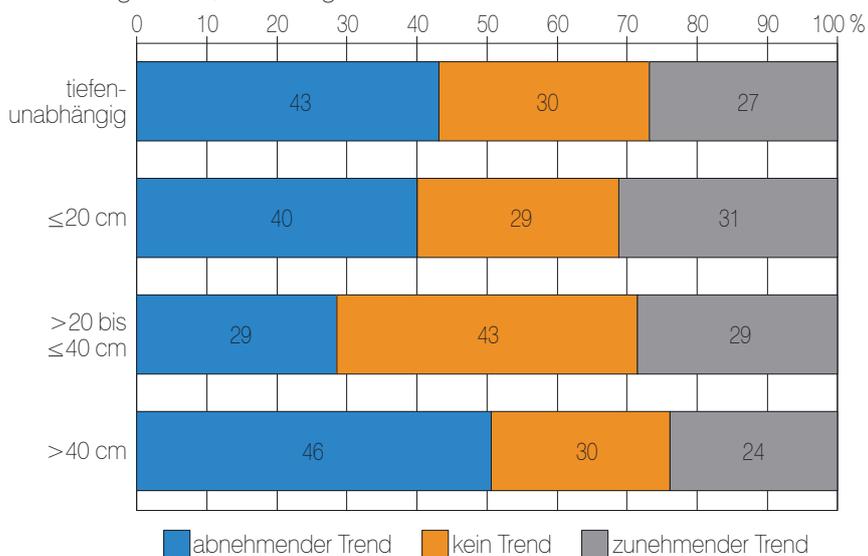
Foto: H. Kasel

Trends in der Bodenlösung von Waldökosystemen

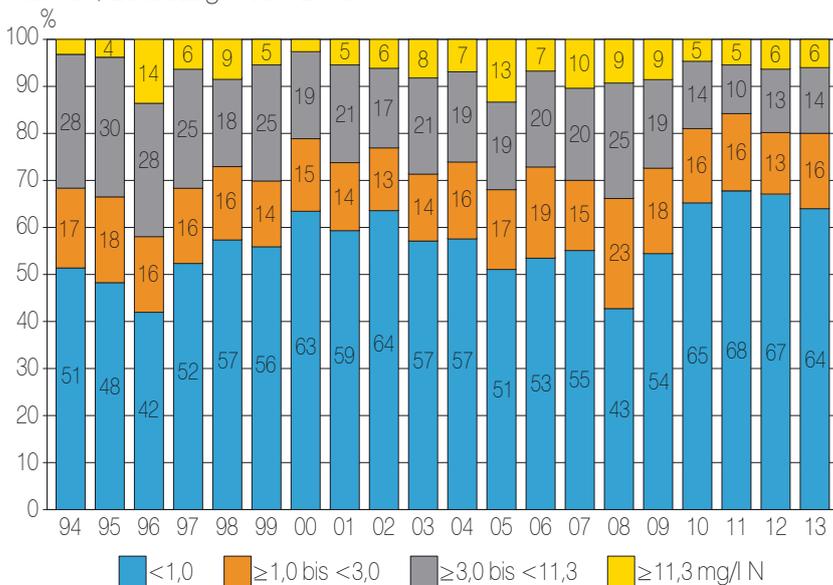
minium-Toxizität bzw. einer gestörten Nährstoffaufnahme ausgegangen. Das Bc/Al-Verhältnis unterlag zwischen 1994 und 2013 tiefenunabhängig in fast der Hälfte aller Fälle einem signifikant abnehmenden Trend (Abbildung Seite 30 oben). Demnach nahmen die Aluminiumanteile in der Bodenlösung im Vergleich 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 30 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 31 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 31 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 wichtiger 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.

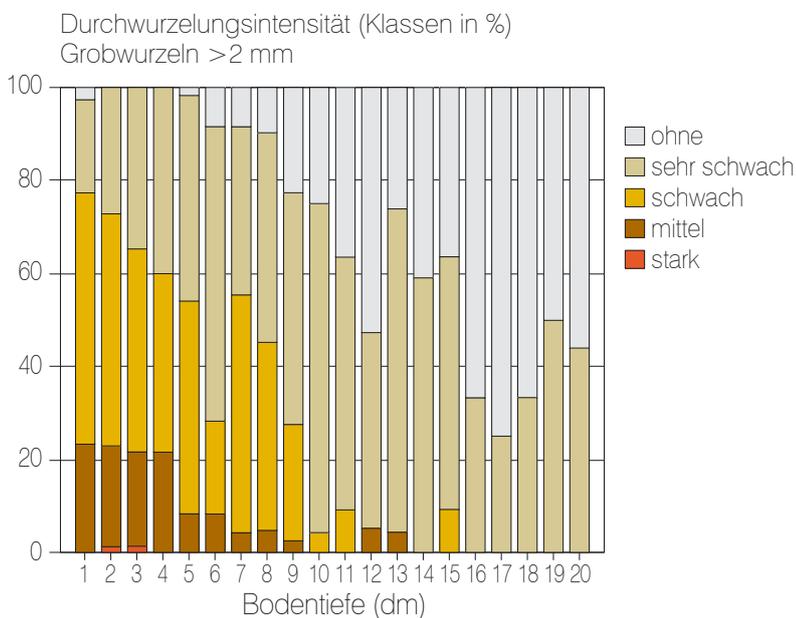
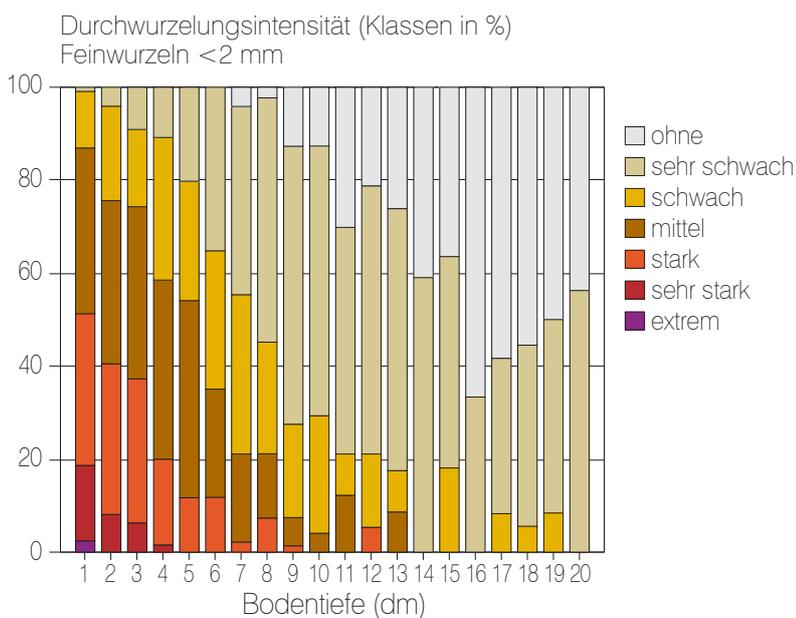
Hinsichtlich der Fragestellung, bis zu welcher Bodentiefe die Nährstoffvorräte für den Wald kalkuliert werden sollten, ist der durchwurzelte Boden entscheidend. Doch wie tief reicht der Wurzelraum? Neben den von Baumarten und -alter abhängigen, genetisch vorgegebenen Grundformen der Ausbildung verschiedener 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 35 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

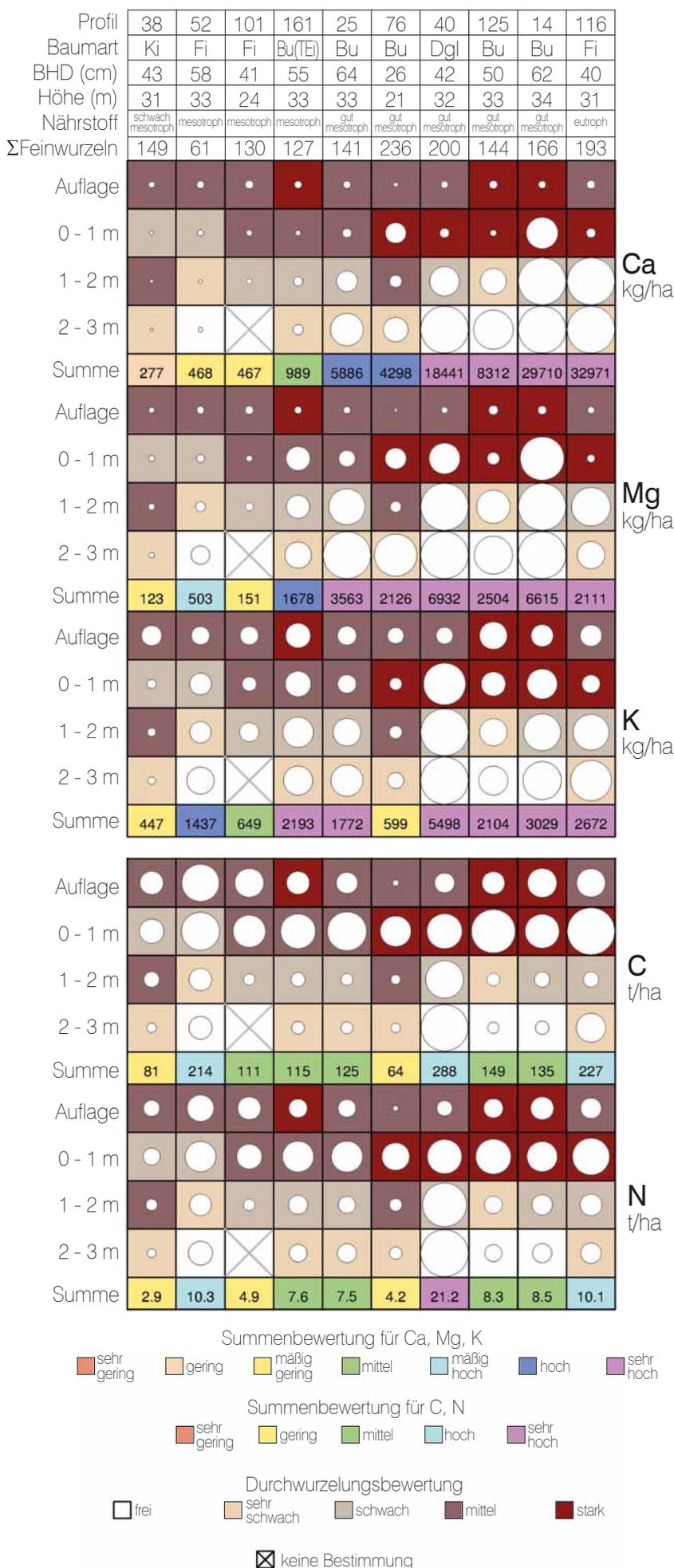
Bodenchemie und Durchwurzelung in tieferen Bodenschichten

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 zwischen 0-1 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 0-1 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.

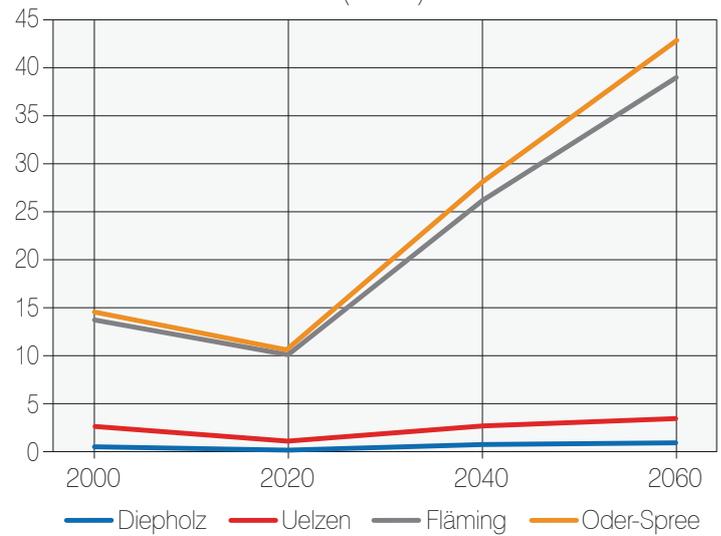
Insgesamt zeigt sich, dass auf den quartären Lockersedimenten des Tieflandes davon ausgegangen werden kann, dass die durchschnittliche Durchwurzelung mindestens eine Bodentiefe von 2 m erreicht. Vermutlich liegt auf vielen Standorten die Durchwurzelung noch tiefer. Für die Einschätzung der Standortpotentiale 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.



Klimawandel und Nachhaltiges Landmanagement im norddeutschen Tiefland

Der ungebremsste Anstieg des Kohlendioxidgehalts der Atmosphäre ist ein zentrales Problem für die Land- und Forstwirtschaft, weil er Klimaveränderungen wie Temperaturanstieg, Trockenperioden und Starkregenereignisse nach sich zieht, deren Auswirkungen in den letzten Jahren mehr und mehr sichtbar wurden. Wie ist es bei diesen grundlegenden Veränderungen möglich, ein nachhaltiges Landmanagement zu betreiben, das auch für die kommenden Generationen noch vielfältige Nutzungsmöglichkeiten zulässt? Wie lässt sich die zukünftige Entwicklung überhaupt abschätzen? Das Projekt NaLaMa-nT (Nachhaltiges Landmanagement im norddeutschen Tiefland) untersucht die Folgen des Klimawandels für Zustand und Leistungsfähigkeit der Land-, Forst- und Wasserwirtschaft in den kommenden 60 Jahren und zeigt auf, in welchem Maße sie sich durch Bewirtschaftungsalternativen beeinflussen lassen. Neben der ebenfalls abgeschätzten sozioökonomischen Entwicklung werden klimasensitive physikalische Modelle für die Abschätzung des Waldbrandrisikos und von Kohlenstoff- und Stickstoffumsätzen in Wäldern eingesetzt. Das zukünftige Klima wird auf Basis des Treibhausgasszenarios RCP 8,5 abgeschätzt, das von einer nur leichten Reduzierung des gegenwärtigen Treibhausgasausstoßes ausgeht. Darauf aufbauend wurde der mittlere Lauf von drei verschiedenen Globalmodellen (ECHAM6, ACCESS 1.0 und INM-CM4) als Grundlage für die globale Klimaentwicklung angenommen, der dann mit dem Modell STARS II (Orlowsky et al. 2008) für das norddeutsche Tiefland regionalisiert wurde. Das resultierende Klimaszenario entspricht einer Temperaturerhöhung um 4 °C bis zum Jahr 2100 im Vergleich zu heute und damit einem Verfehlen des politischen 2-Grad-Ziels, das eine Begrenzung der globalen Erwärmung auf 2 °C gegenüber dem Niveau vor Beginn der Industrialisierung vorsieht. In den vier Modellregionen Diepholz, Uelzen, Fläming und Oder-Spree werden drei mögliche Entwicklungspfade des Landmanagements hinsichtlich der Auswirkungen der erwarteten Klimaveränderungen verglichen: Der Referenz-

Entwicklung des Waldbrandrisikos (Referenzpfad)
Jährliche Waldbrandfläche (Hektar)



C-Speicherung im Waldboden (Referenzpfad)
kg Kohlenstoff je Hektar und Jahr

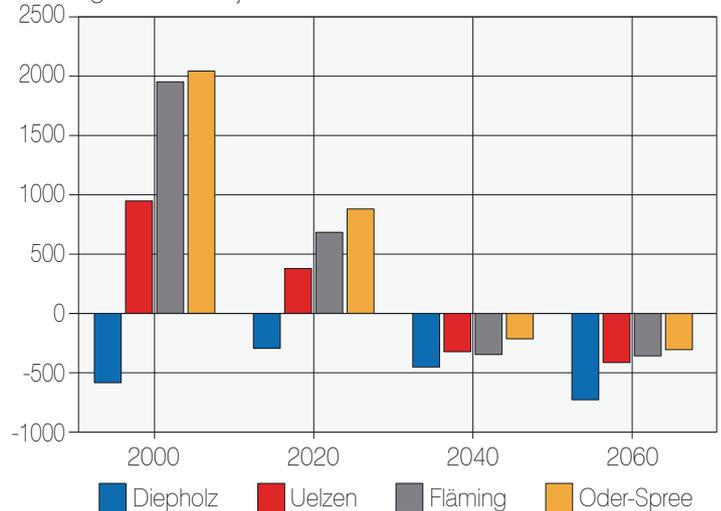


Foto: J. Weymar

Klimawandel und Nachhaltiges Landmanagement im norddeutschen Tiefland

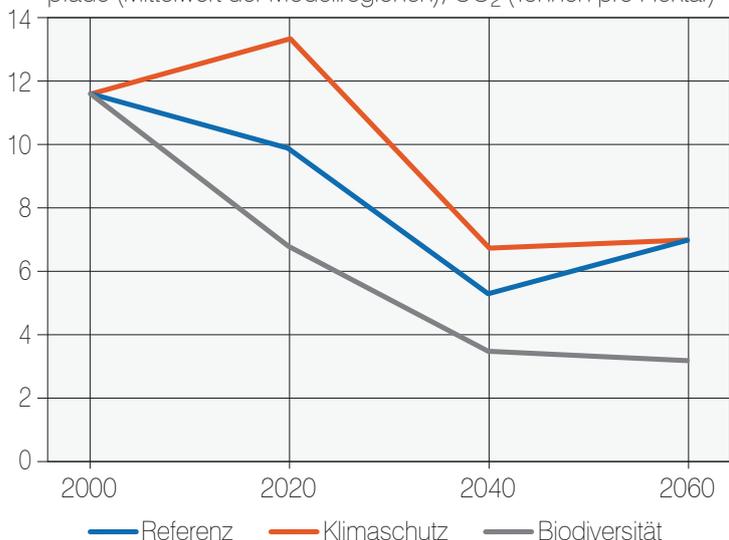


Foto: J. Evers

renzpfad entspricht der Fortsetzung der aktuell praktizierten Bewirtschaftung. Der Klimaschutzpfad dagegen beinhaltet den verstärkten Anbau schnell wachsender Nadelbaumarten bei maximaler Holzproduktion, um so der Atmosphäre mehr CO₂ zu entziehen. Alternativ dazu wird beim Biodiversitätspfad weniger Holz entnommen, die Bestände (bevorzugt Laubholz) werden älter und speichern Kohlenstoff auch vermehrt in Form von Totholz. Ausgehend von der aktuellen Bestockung und diesen Vorgaben wurde mit dem Modell WaldPlaner (Hansen und Nagel 2014) die daraus resultierende Bestandesentwicklung in den kommenden Jahrzehnten vorgezeichnet.

Simulationen mit dem Waldbrandindex FWI (van Wagner 1987) und dem M68-Waldbrandindex (Käse 1969) ergaben übereinstimmend eine deutliche und stetige Zunahme des Waldbrandrisikos und der erwarteten jährlichen Waldbrandfläche in den Modellregionen Fläming und Oder-Spree (Abbildung Seite 36 oben). Diese direkte Auswirkung höherer Temperaturen und längerer Trockenperioden war in Diepholz

CO₂-Bilanz des Forstsektors für die verschiedenen Entwicklungspfade (Mittelwert der Modellregionen), CO₂ (Tonnen pro Hektar)



und Uelzen weit weniger ausgeprägt, weil hier die Klimaveränderungen durch die Meeresnähe etwas abgemildert sind und weil es risikodämpfende Faktoren gibt: So ist der Anteil von Beständen mit Grundwasseranschluss in Diepholz besonders hoch und in Uelzen sinkt im Simulationszeitraum der Anteil besonders brandanfälliger Kiefernbestände. Ein um etwa 25 % geringerer Anstieg der jährlichen Waldbrandfläche ist im Klimaschutzpfad zu erwarten, weil dann der Anteil besonders brandanfälliger Baumarten auch im Fläming und in Oder-Spree zurückgeht.

Die Kohlenstoffspeicherung im Boden (Mineralboden bis 90 cm Tiefe einschließlich organischer Auflage) wurde mit den Modellen YASSO07 und Roth-C abgeschätzt, die den beobachteten Anstieg der Kohlenstoffspeicherung in der Vergangenheit korrekt berechnen (Tuomi et al. 2009, Coleman und Jenkinson 2005). Durch die temperaturbedingt höheren Bodenatmungsraten und zurückgehende Streueinträge geht sie in Zukunft jedoch auf das schon heute niedrigere Niveau wärmerer Länder zurück (Abbildung Seite 36 unten): Nach 2030 setzen die Waldböden in allen Modellregionen Kohlenstoff frei, in Diepholz ist dies aufgrund des hohen Moorbodenanteils schon heute der Fall. Es kommt damit zu einem drastischen Abbau der Humusvorräte, der nur im Biodiversitätspfad durch die höhere Streuproduktion geringfügig abgemildert ist. Im Klimaschutzpfad verstärkt die geringere Streuproduktion dagegen den Abbau der Humusvorräte.

Der zukünftige Abbau der organischen Bodensubstanz beeinflusst auch stark die Netto-CO₂-Bilanz der Bestände, in der außer den Bodenvorräten auch die Entwicklung der Biomassevorräte, der C-Vorrat in Holzprodukten (Berechnung mit WaldPlaner) und der Brennstoffsubstitutionseffekt berücksichtigt werden. Da aufgrund der gegenwärtigen Altersstruktur der Bestände in allen Entwicklungspfaden auch mit einem Abbau der Biomassevorräte gerechnet wird, gibt es eine durch den zukünftigen C-Vorratsabbau bedingte abnehmende Grundtendenz in der durchschnittlichen CO₂-Bilanz des Forstsektors der Modellregionen, die in allen Szenarien ähnlich ist (Abbildung links). Nur durch die CO₂-Aufnahme

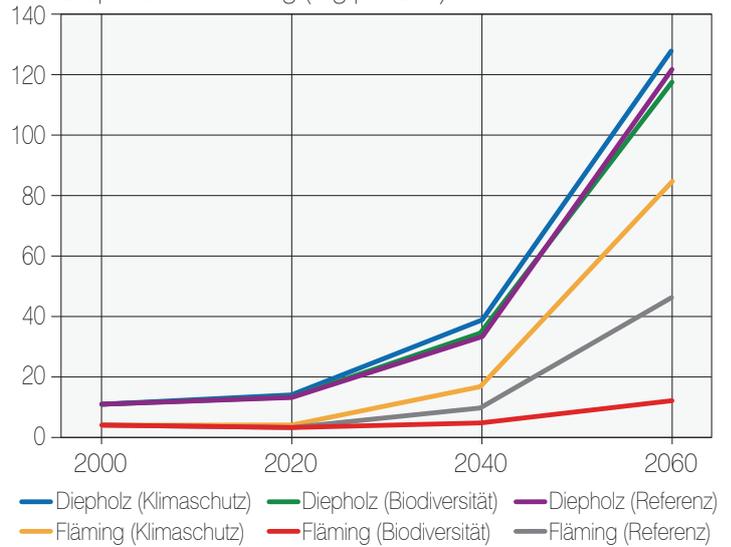
Klimawandel und Nachhaltiges Landmanagement im norddeutschen Tiefland

beim Wachstum der Wälder, durch die bei späterer Verbrennung des Holzes der Einsatz von fossilen Brennstoffen vermieden wird (Substitutionseffekt), bleiben die Waldbestände trotzdem C-Senken: Im am stärksten auf die CO₂-Aufnahme ausgerichteten Klimaschutzpfad können die Wälder diese Funktion auf Dauer am besten erfüllen, während die alternen Bestände des Biodiversitätspfads immer weniger CO₂ aufnehmen können und so langfristig fast die C-Senkenfunktion verlieren.

Mit dem temperaturbedingten Abbau organischer Bodensubstanz werden auch andere Verbindungen, insbesondere Stickstoffverbindungen, freigesetzt. Die Berechnungen des Nährstoffhaushalts erfolgten mit dem Modell VSD+ (Bonten et al. 2011). In allen drei Entwicklungspfaden wird es wegen des zukünftigen Humusabbaus auch zu einer erheblichen Nitratfreisetzung kommen, so dass die Nitratkonzentrationen im Sickerwasser insbesondere in Diepholz, wo es zudem hohe luftbürtige Stickstoffeinträge gibt, nach 2050 über den Grenzwert der Trinkwasserverordnung (50 mg/l) hinaus ansteigen werden. Bei einer Entwicklung im Sinne des Klimaschutzpfads kommt es zu verstärktem Humusabbau und dann auch in den Modellregionen Fläming und Oder-Spree zu einer Überschreitung des Grenzwerts, wohingegen die Maßnahmen des Biodiversitätspfads zu einer verstärkten Stickstoffspeicherung in Biomasse und Waldboden führen, die die Nitratkonzentrationen weniger stark ansteigen lassen. Allerdings werden die Nitratkonzentrationen in Diepholz nach 2050 auch in diesem Fall über den Grenzwert ansteigen (Abbildung rechts oben).

Zusammenfassend zeigen diese Ergebnisse, dass die Stabilität unserer Umweltbedingungen in Zeiten des Klimawandels nicht mehr gegeben ist und dass es aktiver Anpassungsmaßnahmen an die Folgen des Klimawandels bedarf, um die negativen Wirkungen in Grenzen zu halten. Der zu erwartende Humusabbau kristallisiert sich als ein zentrales klimawandelbedingtes Problem der Zukunft heraus, nicht nur für die Bodenfruchtbarkeit, sondern auch für die C-Senkenfunktion und die Funktion von Wäldern für die Erzeugung von

Nitratkonzentrationen im Sickerwasser der Modellregionen Diepholz und Fläming (mg pro Liter)



unbelastetem Grundwasser. Wegen seiner direkten Temperaturabhängigkeit wird der Humusabbau im Falle der erwarteten Klimaveränderungen unausweichlich beschleunigt und dies ist mit den vorgeschlagenen Maßnahmen der Entwicklungspfade nur wenig abzumildern. Die durch verstärkten Humusabbau induzierten Sekundärschäden in Form von Nitratfreisetzung und einer Verschlechterung der CO₂-Bilanz können sich dabei genauso wie die klimabedingte Zunahme der Waldbrandfläche zu einer Herausforderung für das Landmanagement entwickeln, der immer mehr durch aufwändige technische Maßnahmen begegnet werden muss: Die Wiedervernässung von Moorböden, die Optimierung einer klimaschutzorientierten Waldbewirtschaftung und verbesserte Waldbrandvorbeugungs- und Überwachungsmaßnahmen sind mögliche Antworten des Landmanagements auf jedes einzelne der Problemfelder. Ohne ein aktives Landmanagement ist eine nachhaltige Entwicklung in diesen Feldern nicht mehr zu erreichen.



Foto: T. Ullrich

Literaturverzeichnis

- AK Standortkartierung (2003): Forstliche Standortaufnahme. Arbeitskreis Standortkartierung 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): 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): BMVEL-Gutachterausschuss Forstliche Analytik: Handbuch Forstliche Analytik – Eine Loseblatt-Sammlung der Analysemethoden im Forstbereich. Mit Ergänzungen bis 2015.
- Bonten L, Posch M, Reinds GJ (2011): The VSD+ Soil Acidification Model. Model Description and User Manual Version 5.2, Alterra, Wageningen. 19 S
- 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
- Coleman K & Jenkinson DS (2005): RothC-26.3. A model for the turnover of carbon in soil. Model description and users guide. IACR Rothamsted, Harpenden, UK
- 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
- Hansen J & Nagel J (2014): Waldwachstumskundliche Softwaresysteme auf Basis von TreeGrOSS - Anwendung und theoretische Grundlagen. Beiträge aus der NW-FVA, Band 11, 224 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
- Jacobsen C, Rademacher P, Meesenburg H, Meiwes KJ (2002): Gehalte chemischer Elemente in Baumkompartimenten. Literaturstudie, Niedersächsische Forstliche Versuchsanstalt Göttingen, Reihe B; 69, 81 S
- Käse H (1969): Ein Vorschlag für eine Methode zur Bestimmung und Vorhersage der Waldbrandgefährdung mit Hilfe komplexer Kennziffern. Abhandlungen des meteorologischen Dienstes der Deutschen Demokratischen Republik 94 (13)
- Kutschera L & Lichtenegger E (2013): Wurzelatlas mitteleuropäischer Waldbäume und Sträucher. Graz: Stocker Verlag, 2. Auflage, 604 S
- Meiwes KJ, Meesenburg H, Bartens H, Rademacher P & Khanna KP(2002): Akkumulation von Auflagehumus im Solling. Mögliche Ursachen und Bedeutung für den Nährstoffkreislauf. Forst und Holz, 57, 428-433
- Orlowsky B, Gerstengarbe FW, Werner P (2008): A resampling scheme for regional climate simulations and its performance compared to a dynamical RCM. Theoretical and Applied Climatology, 92, 209-223
- Paar U, Guckland A, Dammann I, Albrecht M, Eichhorn J (2011): Häufigkeit und Intensität der Fruktifikation der Buche. AFZ-DerWald, 6, 26-29
- 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
- Tuomi M, Thum T, Järvinen H, Fronzek S, Berg B, Harmon M, Trofymow JA, Sevanto S, Liski J (2009): Leaf litter decomposition – Estimates of global variability based on Yasso07 model. Ecological Modelling, 220, 3362-3371
- 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
- Van Wagner CE (1987): Development and structure of the Canadian forest fire weather index. Forestry Technical Report 35, Canadian Forestry Service
- Vries De W (1991): Methodologies for the assessment and mapping of the critical loads and of the impact of abatement strategies on forest soils. Wageningen. 109 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:

Prof. Dr. Johannes Eichhorn
Abteilungsleiter
Umweltkontrolle



Dr. Uwe Paar
Sachgebietsleiter Wald- und
Bodenzustand, Redaktion



Inge Dammann
Leiterin der Außenaufnahmen,
Auswertung, Redaktion



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

Titelfoto: Heinemann, H.

Graphik und Layout: Paar, E.

Herstellung: Nordwestdeutsche
Forstliche Versuchsanstalt

Dr. Jan Evers
Bodenzustandserhebung



Andreas Schulze
Datenbank



Jörg Weymar
Außenaufnahmen und Kontrollen



Druck: Printec Offset Kassel

Michael Spielmann
Außenaufnahmen und Kontrollen



Thomas Winter
Außenaufnahmen und Kontrollen



Dr. Bernd Westphal
Außenaufnahmen und Kontrollen



Der Waldzustandsbericht 2015
ist abrufbar unter
www.nw-fva.de und
www.ml.niedersachsen.de > =>
Themenbereich Wald, Holz und Jagd

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

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