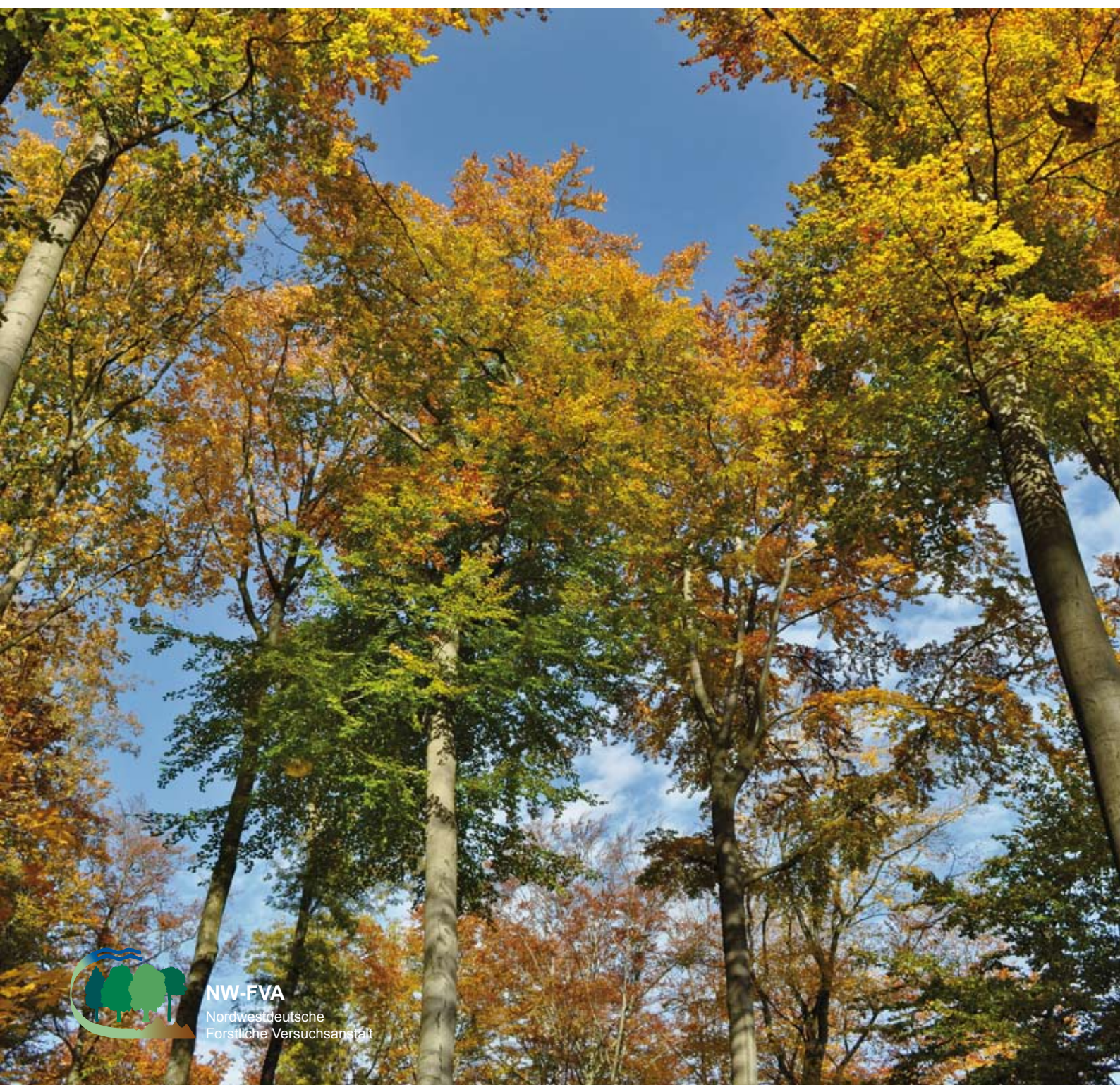




SACHSEN-ANHALT

Ministerium für
Landwirtschaft und Umwelt

Waldzustandsbericht 2015



NW-FVA
Nordwestdeutsche
Forstliche Versuchsanstalt

Vorwort



Liebe Leserinnen, liebe Leser,

der jährliche Gesundheitszustand unserer Wälder wird durch die Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt in Göttingen durch Einschätzung des Belaubungs- bzw. Nadelzustandes erhoben, die Ergebnisse werden im Waldzustandsbericht veröffentlicht.

Ein wichtiger Faktor für die Gesundheit der Bäume ist das Wettergeschehen. Im Winter 2014/2015 war es im Norden Sachsen-Anhalts und im Harz-Vorland sehr warm, das Frühjahr und der Frühsommer 2015 waren trocken.

Buche und auch andere Laubbäume wie Birke, Linde und Hainbuche reagierten auf die warm-trockene Witterung mit erhöhten Kronenverlichtungswerten. Die jungen Kiefern dagegen zeigten eine dichtere Benadelung als in den Vorjahren. Die mittlere Kronenverlichtung der Waldbäume in Sachsen-Anhalt beträgt in diesem Jahr 16 Prozent. Im vergangenen Jahr lag dieser Wert bei 15 Prozent. Seit 2009 ist die mittlere Kronenverlichtung damit relativ stabil.

Die Ergebnisse der Waldzustandserhebung zeigen einen deutlichen Alterstrend: Die mittlere Kronenverlichtung der über 60-jährigen Waldbestände liegt mit 18 Prozent mehr als doppelt so hoch wie die der jüngeren Waldbestände (acht Prozent). Der Kronenzustand der Kiefer ist weiterhin deutlich besser als der von Fichte, Buche und Eiche. Die Kronenverlichtung der Fichte beträgt in diesem Jahr 27 Prozent, 2005 waren es noch 35 Prozent.

Zusammenfassend zeigen die Ergebnisse, dass die Witterungsverhältnisse für unsere Wälder komplizierter geworden sind. In den vergangenen Jahren fiel das Frühjahr oft zu trocken aus, seit dem Frühjahr 2013 waren fast alle Monate im Flächenmittel von Sachsen-Anhalt zu warm. Das hat Auswirkungen, etwa auf Waldbrandgefahr, Kohlenstoffaufnahme-fähigkeit der Böden und das Wachstum der Bäume. Es bedarf aktiver Anpassungsmaßnahmen, um die negativen Wirkungen in Grenzen zu halten.

Die Waldzustandserhebung, die eine genaue Beobachtung des Waldzustandes ermöglicht, wird weiterhin als Grundlage für forstpolitische Entscheidungen in der Zukunft herangezogen.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'H. O. Aeikens'.

Dr. Hermann Onko Aeikens
Minister für Landwirtschaft und Umwelt des Landes Sachsen-Anhalt
Magdeburg, November 2015

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	12
Inge Dammann und Uwe Paar	
Kiefer	14
Fichte	15
Buche	16
Eiche	17
Andere Laub- und Nadelbäume	18
Witterung und Klima	19
Johannes Suttmöller	
Trockenstress	23
Johannes Suttmöller, Markus Wagner, Jan Evers und Henning Meesenburg	
Insekten und Pilze	27
Ulrich Bressemer, Michael Habermann, Rainer Hurling, Andreas Rommerskirchen, Gitta Langer und Pavel Plašil	
Stoffeinträge	29
Birte Scheler	
Trends in der Bodenlösung von Waldökosystemen	31
Uwe Klinck und Henning Meesenburg	
Bodenchemie und Durchwurzelung in tieferen Bodenschichten	34
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	
Bodendauerbeobachtung (BDF) in Sachsen-Anhalt	37
Henning Meesenburg, Uwe Klinck, Birte Scheler, Michael Mindrup und Bernd Ahrends	
Klimawandel und Nachhaltiges Landmanagement im norddeutschen Tiefland	40
Stefan Fleck und Henning Meesenburg	
Literaturverzeichnis	43
Impressum	44

Hauptergebnisse

Waldzustandserhebung (WZE)

Im Jahr 2015 reagierten die Buchen und die anderen Laubbäume auf die warm-trockene Witterung mit gegenüber dem Vorjahr erhöhten Kronenverlichtungswerten. Für Fichte und Eiche trat keine Änderung ein, während insbesondere die jungen Kiefern dichter benadelt waren als im Vorjahr.

Die mittlere Kronenverlichtung der Waldbäume in Sachsen-Anhalt beträgt in diesem Jahr 16 %. Das Gesamtergebnis für alle Baumarten und Alter liegt damit seit 2005 auf einem relativ geringen Niveau zwischen 14 und 17 %. Die Ergebnisse der Waldzustandserhebung zeigen einen deutlichen Alterstrend: Die mittlere Kronenverlichtung der über 60jährigen Waldbestände liegt mit 18 % mehr als doppelt so hoch wie die der jüngeren Waldbestände (8 %).

Die Baumartenverteilung in der WZE-Stichprobe in Sachsen-Anhalt ergibt für die Kiefer einen Flächenanteil von 51 %, die Fichte ist mit 12 %, die Eiche mit 11 % und die Buche mit 9 % vertreten. Die anderen Laubbäume nehmen einen Anteil von 16 %, die anderen Nadelbäume von 1 % ein.

In den ersten Erhebungsjahren wurden für die ältere Kiefer relativ hohe mittlere Kronenverlichtungswerte (1991: 31 %) festgestellt, inzwischen hat sich die Benadelungsdichte der Kiefer merklich verbessert. Seit 1996 schwankt die mittlere Kronenverlichtung zwischen 10 und 18 %. Mit einer mittleren Kronenverlichtung von 12 % in diesem Jahr ist der Kronenzustand weiterhin markant besser als der von Fichte, Buche und Eiche.

Für die ältere Fichte wurden die höchsten Verlichtungswerte in den Jahren 2004 (34 %) und 2005 (35 %) ermittelt. Seitdem ging die mittlere Kronenverlichtung leicht zurück und beträgt in diesem Jahr 27 %.

Im Beobachtungszeitraum sind erhebliche Schwankungen in der Belaubungsdichte der älteren Buche aufgetreten, die höchsten Kronenverlichtungswerte wurden im Jahr 2004 (43 %) ermittelt. Im Jahr 2015 wurde für die ältere Buche eine mittlere Kronenverlichtung von 32 % festgestellt.

Bei der älteren Eiche werden seit der ersten Erhebung vergleichsweise hohe Verlichtungswerte zwischen 31 % und 40 % festgestellt. Die mittlere Kronenverlichtung beträgt in diesem Jahr 33 %. Schäden durch die Eichenfraßgesellschaft sind in den letzten drei Jahren kaum aufgetreten.

Bei den anderen Laubbäumen (alle Alter) stieg die Kronenverlichtung auf 21 % an.

Der Anteil starker Schäden für den Gesamtwald in Sachsen-Anhalt liegt mit 1,5 % ebenso wie die Absterberate (0,2 %) auf einem insgesamt sehr geringen Niveau.

Witterung und Klima

Die Jahresmitteltemperatur für das Vegetationsjahr (Oktober bis September) hat sich seit Beginn der 1990er Jahre von 8,5 °C (Mittelwert der Referenzperiode) um fast 1 °C auf aktuell 9,4 °C erhöht. Die Niederschlagshöhen schwanken von Jahr zu Jahr.

In der Nichtvegetationszeit 2014/2015 war es im Norden Sachsen-Anhalts und im Harz-Vorland zu warm, in der Vegetationszeit wurden besonders in den südlichen Landesteilen und im Harz und Harzvorland hohe Temperaturabweichungen (> 1,5 °C) gemessen. Das Frühjahr und der Frühsommer 2015 waren zu trocken, im Juli und August wechselten Hitzeperioden mit heftigen Gewittern und örtlichen Starkregenereignissen.



Foto: T. Ullrich

Hauptergebnisse



Foto: J. Evers

Trockenstress

Untersuchungen zu Bodenwasserhaushalt und Zuwachsraten auf den beiden Level II-Kiefernstandorten in Sachsen-Anhalt haben gezeigt, dass die Kiefer offensichtlich über eine gute Anpassungsfähigkeit an längere Trockenperioden und ein effizientes Wassermanagement verfügt.

Eine Simulation des Wasserhaushaltes an den 75 BZE II-Punkten ergab, dass die Böden im März die höchsten Bodenwassergehalte aufweisen. Im langjährigen Mittel (1981-2010) stand jedoch nur auf wenigen Waldstandorten zu Vegetationsbeginn die vollständige nutzbare Feldkapazität (nFK) zur Verfügung.

Insekten und Pilze

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

Im Norden Sachsen-Anhalts wurden Benadelungsdefizite festgestellt. Nach derzeitiger Einschätzung sind die Nadelverfärbungen und -verluste, die insbesondere ältere Nadeln betrafen, sowie der verkürzte diesjährige Austrieb durch Trockenstress bedingt und die Folge erheblicher Niederschlagsdefizite von November 2014 bis Juni 2015.

Stoffeinträge

Durch die konsequente Umsetzung zahlreicher Maßnahmen zur Luftreinhaltung ging der Schwefeleintrag in Wälder drastisch zurück. 2014 betrug er pro Hektar unter Kiefer nur noch 3,2 kg (Nedlitz) bzw. 3,4 kg (Klötze) und unter Douglasie aufgrund der größeren Kronenoberfläche 5,3 kg.

Der anorganische Stickstoffeintrag pro Hektar betrug 2014 im Freiland zwischen 5,9 und 6,4 kg, unter Kiefer 11,4 kg (Nedlitz) bzw. 12,0 kg (Klötze) und unter Douglasie 14,8 kg. Trotz eines

signifikanten Rückgangs der Gesamtdeposition sowohl von Nitrat- als auch Ammoniumstickstoff überschreiten die Einträge dieses Nährstoffs nach wie vor den Bedarf der Waldbestände.

Im Beobachtungszeitraum seit 1998 summiert sich der Stickstoffüberschuss pro Hektar unter Kiefer (atmosphärischer anorganischer Stickstoffeintrag abzüglich Bedarf für das Bestandeswachstum) auf ca. 200 kg.

Trends in der Bodenlösung von Waldökosystemen

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

Bodenchemie und Durchwurzelung in tieferen Bodenschichten

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

BDF in Sachsen-Anhalt

Auf den 22 forstlich genutzten Boden-Dauerbeobachtungsflächen in Sachsen-Anhalt werden Erhebungen zum Wachstum sowie Kronen- und Ernährungszustand der Bäume durchgeführt. Drei Flächen sind zudem Intensivmessflächen, auf denen zusätzlich u. a. die Stoffflüsse im Niederschlag und Sickerwasser erfasst werden. Die Nadeln bzw. Blätter der Waldbäume auf diesen Flächen weisen aufgrund der hohen Stickstoffeinträge überwiegend hohe bis sehr hohe Stickstoffgehalte auf, die Phosphorgehalte sind dagegen auf den meisten Flächen gering bis sehr gering. Die Wasserflüsse zeigen eine vergleichbare Stofffracht auf den Kiefernflächen, während sich die Douglasienfläche insbesondere durch das Vorkommen von größeren Mengen Nitrat in der Bodenlösung deutlich unterscheidet.

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.

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 z. B. der Kohlenstoffspeicherung in Waldböden keine besondere Bedeutung zugemessen wurde, erlangt heute der Kohlenstoffvorrat in Waldböden und seine Veränderung ein zunehmendes wissenschaftliches, politisches und wirtschaftliches Interesse. Waldfunktionen als Ausdruck der gesellschaftlichen Erwartungen können nur dann nachhaltig entwickelt, gesichert und bewirtschaftet werden, wenn sie in ihrem Zustand und in ihrer Veränderung zahlenmäßig darstellbar sind.

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

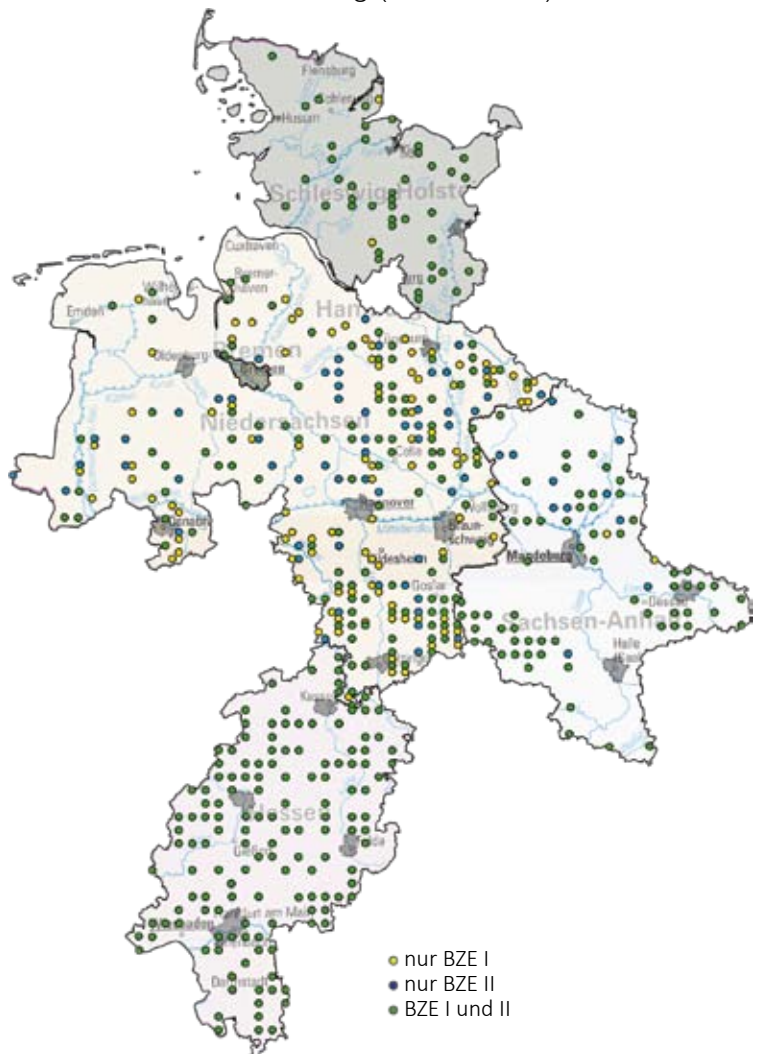
Die Forstliche Umweltkontrolle geht ursprünglich von den Fragestellungen der Genfer Luftreinhaltekonvention (1979) aus. In deren Mittelpunkt stehen Belastungen der Gesellschaft und des Waldes durch Umweltveränderungen in Folge einer Nutzung fossiler Energieträger, insbesondere im Hinblick auf die damit verursachten Säureeinträge. Das Handwerkszeug zur Erfassung der Säurebelastung geht dabei im Wesentlichen auf die Arbeiten von Prof. Ulrich (Göttingen) zur Bodenkunde und Waldernährung zurück (Ulrich et al. 1979). In der Folgezeit hat sich das Forstliche Umweltmonitoring als inhaltlich flexibel und breit angelegt erwiesen, um auch Informationen zum Stickstoffhaushalt, zur Kohlenstoffspeicherung und zu möglichen Risiken infolge des Klimawandels zu gewinnen.

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

Konzept

Grundsätzlich werden im Forstlichen Umweltmonitoring waldfächenrepräsentative Übersichtserhebungen auf Rasterebene (Level I), die intensive Dauerbeobachtung ausgewählter Waldökosysteme im Rahmen verschiedener Beobachtungs-

Übersichtserhebung (Level I - BZE)



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

Forstliches Umweltmonitoring

programme (Bodendauerbeobachtungsprogramm (BDF), Level II, Waldökosystemstudie Hessen (WÖSSH)) sowie Experimentalflächen unterschieden.

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

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

An den Level I-Punkten werden folgende Erhebungen durchgeführt:

- Kronen- und Baumzustand, abiotische und biotische Faktoren (auf allen Stichprobenpunkten der Waldzustandserhebung (WZE) und der Bodenzustandserhebung (BZE)).
- Auf den BZE-Punkten werden zusätzlich Baumwachstum, Nadel-/Blatternahrung, Bodenvegetation und der morphologische, physikalische und chemische Bodenzustand untersucht. Auf dem BZE-Netz erfolgt zusätzlich eine Erhebung von Daten entsprechend dem Verfahren der Bundeswaldinventur.

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

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

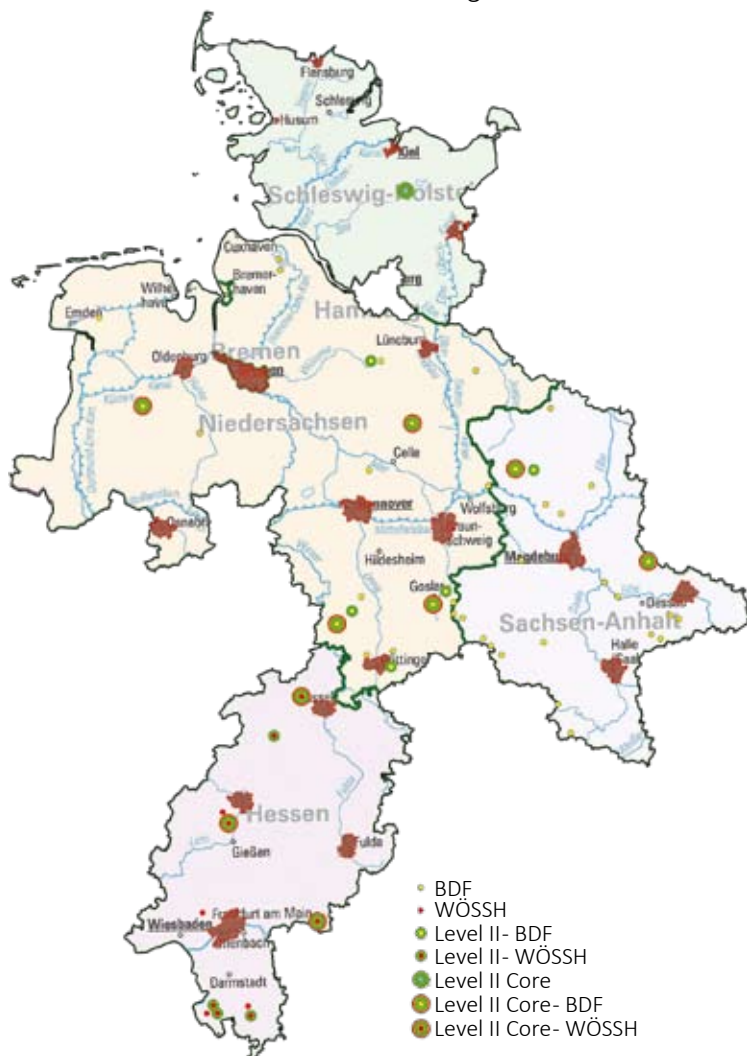
Auf Intensiv-BDF werden zusätzlich Erhebungen zum Wasser- und Stoffhaushalt von Waldböden durchgeführt:

- Deposition, Bodenlösung, Streufall, Meteorologie und Bodenhydrologie.

Auf den Flächen der Waldökosystemstudie Hessen (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-/Blatternahrung, Baumwachstum, Kronen- und Baumzustand, abiotische und biotische Faktoren, chemischer und physikalischer Bodenzustand sowie Bodenvegetation.

Intensives Monitoring



Experimentalflächen



Forstliches Umweltmonitoring

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

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

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

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

Anhand von Übersichtserhebungen (Level I) können frühzeitig Entwicklungen und Störungen aufgezeigt und Gegenmaßnahmen eingeleitet werden. Als erfolgreiches Beispiel ist hier die Bodenschutzkalkung zu nennen, die den Waldboden wesentlich vor anthropogenen Säureeinträgen schützt und positiv zum Nährstoffhaushalt der Wälder beiträgt. Das Intensive Monitoring ermöglicht einen viel detaillierteren Blick auf die Abläufe im Ökosystem als es Übersichtserhebungen leisten könnten und trägt somit wesentlich zum Verständnis der Entwicklungen bei. Im Falle von umweltpolitischen Maßnahmen ermöglicht das Forstliche Monitoring eine wirksame Kontrolle der Erfolge.

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 Experimentalfächen für die Länder Hessen, Niedersachsen, Bremen, Sachsen-Anhalt und Schleswig-Holstein zeigen die Abbildungen auf den Seiten 6 und 7 unten.



Foto: J. Evers

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

Die grundlegenden Verfahren des Forstlichen Umweltmonitorings wurden durch eine Anpassung des Bundeswaldgesetzes gefestigt. Der § 41a 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 in Wälder 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 Waldzustandserhebung ist eine Übersichtserhebung auf einem repräsentativen Stichprobenraster, die den Zustand der Baumkronen bewertet, Insekten und Pilze an den Bäumen feststellt und eine genaue Information zu absterbenden Bäumen erhebt. Die mit Messungen nachweisbare und mit dem Auge an den Waldbäumen sichtbare Wahrnehmung veränderter Umweltbedingungen führte zu einem starken Interesse der Medien und zu politischen Entscheidungen.

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

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

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

Forstliches Umweltmonitoring



Foto: J. Evers

Zu den Walderhebungen des Forstlichen Umweltmonitorings zählen heute die Waldzustandserhebung und die Bodenzustandserhebung auf einem systematischen Stichprobennetz. Sie werden auch als Übersichtserhebungen verstanden. Das Intensive Umweltmonitoring bearbeitet mit erhöhter Messintensität auf ausgewählten Waldbeobachtungsflächen Informationen zum Verständnis der Waldentwicklung. Aus beiden Verfahren werden Entscheidungshilfen für Politik und Verwaltung, aber auch für die forstlichen Betriebe entwickelt.

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

Waldzustandserhebung – Methodik und Durchführung

Die Waldzustandserhebung ist Teil des Forstlichen Umweltmonitorings in Sachsen-Anhalt. 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 Sachsen-Anhalt verteilten Rasternetz werden seit 1991 an jedem Erhebungspunkt 24 Stichprobenbäume begutachtet. In einsehbaren Beständen sind Kreuztrakte mit markierten Stichprobenbäumen angelegt. In dichten, nicht einsehbaren Beständen werden in Quadrattrakten Stichprobenbäume ausgewählt.

Die Waldzustandserhebung wurde im Zeitraum 1991 bis 2014 im 4 km x 4 km-Raster durchgeführt. Ab 2015 beträgt die Rasterweite des landesweiten Stichprobennetzes 8 km x 8 km. Für Buche, Eiche, Fichte sowie die anderen Laub- und Nadelbäume wurde das 4 km x 4 km-Raster bei-

behalten, wenn 2014 mindestens 6 Bäume dieser Baumartengruppen am WZE-Punkt vorhanden waren. Im Jahr 2015 konnten 173 Erhebungspunkte in die Inventur einbezogen werden. Dieser Aufnahmeumfang ermöglicht repräsentative Aussagen zum Waldzustand auf Landesebene sowie Zeitreihen für die Baumarten Buche, Eiche, Fichte und Kiefer.

Für den Parameter mittlere Kronenverlichtung zeigt die Tabelle (Seite 10 unten) die 95 %-Konfidenzintervalle (= Vertrauensbereiche) für die Baumarten und Altersgruppen der WZE-Stichprobe 2015. Je weiter der Vertrauensbereich, desto unschärfer sind die Aussagen. Die Weite des Vertrauensbereiches wird im Wesentlichen beeinflusst durch die Anzahl der Stichprobenpunkte in der jeweiligen Auswerteeinheit und die Streuung der Kronenverlichtungswerte. Für relativ homogene Auswerteeinheiten (z. B. 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. Buche, alle Altersstufen), die sowohl in der Altersstruktur als auch in den Kronenverlichtungswerten ein breites Spektrum umfassen. Mit der Kombination aus dem 8 km x 8 km-Raster für die Kiefer und alle Baumarten und dem 4 km x 4 km-Raster für die anderen Baumartengruppen werden – mit Abstrichen bei der Buche, Eiche (bis 60 Jahre), den anderen Laubbäumen (bis 60 Jahre) und den anderen Nadelbäumen – für die Baumartengruppen belastbare Ergebnisse für die Kronenverlichtungswerte erzielt.

Elemente der Qualitätssicherung bei der Waldzustandserhebung in der NW-FVA sind

- der Einsatz langjährig erfahrenen Fachpersonals bei den Außenerhebungen
- bundesweit erarbeitete Referenzbilderserien
- internationale Abstimmungskurse
- gemeinsame Schulungen der Aufnahmeteams der NW-FVA-Partnerländer vor Beginn der Erhebungen im Juli
- Plausibilitätsanalysen und Controllererhebungen
- bundeslandübergreifend vereinheitlichte, personenunabhängige Datenhaltung in einer relationalen Datenbank (ECO) mit darauf aufsetzenden zentralen Prüf- und Auswertungsfunktionen.



Foto: T. Ullrich

Forstliches Umweltmonitoring

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.

95 %-Konfidenzintervalle für die Kronenverlichtung der Baumartengruppen und Altersstufen der Waldzustandserhebung 2015 in Sachsen-Anhalt. 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	496	38	4x4 km	6,5
	bis 60 Jahre	155	12	4x4 km	2,6
	über 60 Jahre	341	31	4x4 km	5,6
Eiche	alle Alter	723	72	4x4 km	4,3
	bis 60 Jahre	182	19	4x4 km	5,5
	über 60 Jahre	541	58	4x4 km	3,3
Fichte	alle Alter	712	37	4x4 km	4,9
	bis 60 Jahre	257	12	4x4 km	2,3
	über 60 Jahre	455	25	4x4 km	4,8
Kiefer	alle Alter	916	44	8x8 km	1,8
	bis 60 Jahre	164	8	8x8 km	1,4
	über 60 Jahre	752	37	8x8 km	1,4
andere Laubbäume	alle Alter	945	83	4x4 km	3,6
	bis 60 Jahre	431	43	4x4 km	6,5
	über 60 Jahre	514	56	4x4 km	3,4
andere Nadelbäume	alle Alter	138	16	4x4 km	5,3
	bis 60 Jahre	120	11	4x4 km	6,4
	über 60 Jahre	18	5	4x4 km	2,9
alle Baumarten	alle Alter	1800	75	8x8 km	2,6
	bis 60 Jahre	463	24	8x8 km	5,0
	über 60 Jahre	1337	58	8x8 km	2,7

Durchführungsoptimierung und Qualitätssicherung durch spezifische Datenbankapplikation

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

- die lückenlose, fehlerfreie und harmonisierte Erfassung aller Einzelinformationen
- 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.



Foto: R. Steffens

Forstliches Umweltmonitoring

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-Plots 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-Plots in die Datenbank übernommen. Dies umfasst die Ersatzbaumthematik, etwaige methodische Änderungen wie Traktwechsel, oder Änderungen des Flächenstatus (z. B. ruhend, temporär stillgelegt, endgültig ausgeschieden). Im Anschluss erfolgt die Eingabe der eigentlichen Erhebungsdaten. Diese unterliegt einer mehrstufigen Prüfung auf Vollständigkeit, zulässige Parameterwerte und korrekten Baumartenbezug. Weiterhin werden Inter-Parameter-Abgleiche (z. B. Absterbegrund vs. Kronenverlichtung) und die Analyse zeitlicher Parameterverläufe (z. B. zunehmender Baumumfang, Folgewerte nach 100 % Kronenverlichtung) durchgeführt. Für die Kernparameter Kronenverlichtung und Vergilbung erfolgen zwingend unabhängige 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 Plot detektiert werden. Zur Wahrung der strukturellen Integrität lassen sich z. B. die Baumzahlen oder die Traktarten und abhängige, konventionsgebundene Bezeichnungen analysieren.

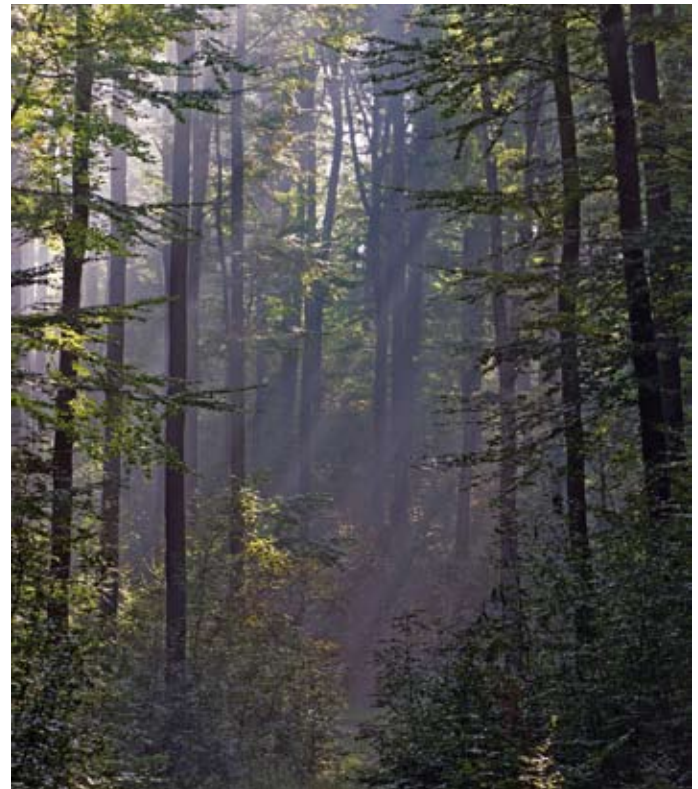


Foto: H. Heinemann

■ Standardverrechnungen

Die Schadstufen, die mittlere Kronenverlichtung, die Mortalität und Fruktifikationsklassen können für beliebige Plotkollektive Einzelbaum-bezogen, Baumarten-bezogen oder Hauptbaumartengruppen-bezogen automatisiert abgeleitet und graphisch dargestellt werden. Es bestehen weitere Filter- und Eingrenzungsmöglichkeiten, wie z. B. Traktarten, Mindestbaumartenanteil, frei definierbare Altersstufen oder die Flächenrepräsentanz in verschiedenen Erhebungssubnetzen (z. B. Haupttraster und Verdichtungen). Diese Standardauswertungsergebnisse sowie die Urdaten lassen sich zu weiteren Analysen jeweils in standardisierter Form als Datei exportieren. Sie sind auch unmittelbar in der Form von Zeitreihen produzierbar.

■ Daten-Export 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 Plotidentifikatoren 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.



Foto: R. Steffens

WZE-Ergebnisse für alle Baumarten

Mittlere Kronenverlichtung

Die Waldzustandserhebung 2015 weist als Gesamtergebnis für die Waldbäume in Sachsen-Anhalt (alle Baumarten, alle Alter) eine mittlere Kronenverlichtung von 16 % aus. Im Beobachtungszeitraum wurden die höchsten Kronenverlichtungswerte (22 % - 23 %) in den ersten Erhebungsjahren 1991-1993 festgestellt. In den Folgejahren gingen die Werte zurück, stiegen 2003/2004 erneut leicht an und liegen seit 2005 stabil zwischen 14 % und 17 %.

Die mittlere Kronenverlichtung der jüngeren (bis 60jährigen) Bestände zeigt seit 2007 konstant niedrige Werte, dies gilt auch für 2015 (8 %). In Sachsen-Anhalt entfallen ca. ein Viertel der Stichprobenbäume auf die jüngere Altersstufe.

Die älteren (über 60jährigen) Buchen, Eichen und Fichten zeigen weiterhin einen vergleichsweise hohen Verlichtungsgrad zwischen 27 % und 33 %. Die mittlere Kronenverlichtung der älteren Kiefer liegt sehr viel niedriger (12 %). Der weitgehend stabile Verlauf der mittleren Kronenverlichtung für den Gesamtwald wird ganz wesentlich durch die Kiefer als häufigste Baumart in Sachsen-Anhalt geprägt.

Die Kiefer zeigte auch 2015 eine weitgehend dichte Benadelung, während für die Buche und vor allem die Gruppe der anderen Laubbäume eine erhöhte Kronenverlichtung – mitverursacht durch die warm-trockene Witterung – beobachtet wurde.

Anteil starker Schäden, alle Baumarten, alle Alter in %



Foto: E. Paar

Mittlere Kronenverlichtung in %

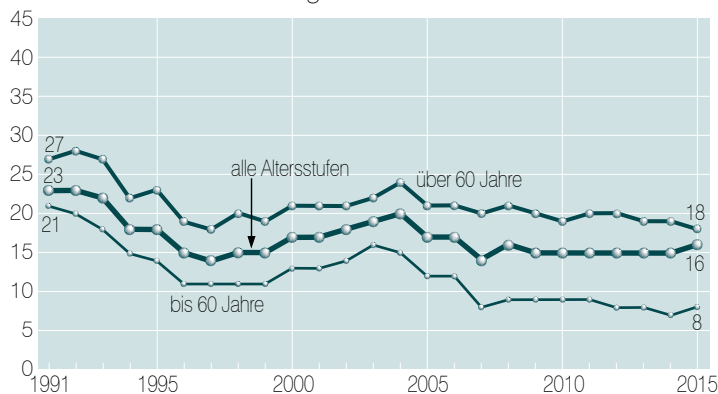


Foto: J. Evers

Anteil starker Schäden

Der Anteil starker Schäden liegt im Mittel der Zeitreihe bei 2,4 %, 2015 wurde wie im Vorjahr mit 1,5 % der niedrigste Stand in der Zeitreihe erreicht. Der Unterschied zwischen den Altersgruppen fällt in diesem Jahr nur gering aus, da in der Gruppe der unter 60jährigen anderen Laubbäume die starken Schäden (auf 7 %) anstiegen.

Für die ältere Buche und Eiche wurden im Beobachtungszeitraum mehrmals erhöhte Anteile an starken Schäden (bis 14 %) registriert. Für die ältere Kiefer wurden seit 1993 durchgehend niedrige Werte (1 %) festgestellt.

WZE-Ergebnisse für alle Baumarten

Absterberate

Die Absterberate (alle Bäume, alle Alter) liegt im Mittel des Beobachtungszeitraumes bei 0,3 % und damit auf einem sehr geringen Niveau. Überdurchschnittliche Absterberaten wurden 1992-1993 sowie 1997 (Eiche) beobachtet. Es folgte eine erneute Phase mit erhöhten Absterberaten im Zeitraum 2004-2007 als Reaktion auf das Trockenjahr 2003 in Kombination mit Insektenbefall. Auch im Jahr 2010 lag die Absterberate (0,5 %) über dem Durchschnittswert der Zeitreihe. 2015 bleibt die Absterberate mit 0,2 % unter dem Durchschnittswert, die Spanne bei den Baumarten reicht in diesem Jahr von 0 % (Buche und andere Nadelbäume) bis 0,3 % (Kiefer und Eiche).

Jährliche Absterberate, alle Baumarten, alle Alter in %

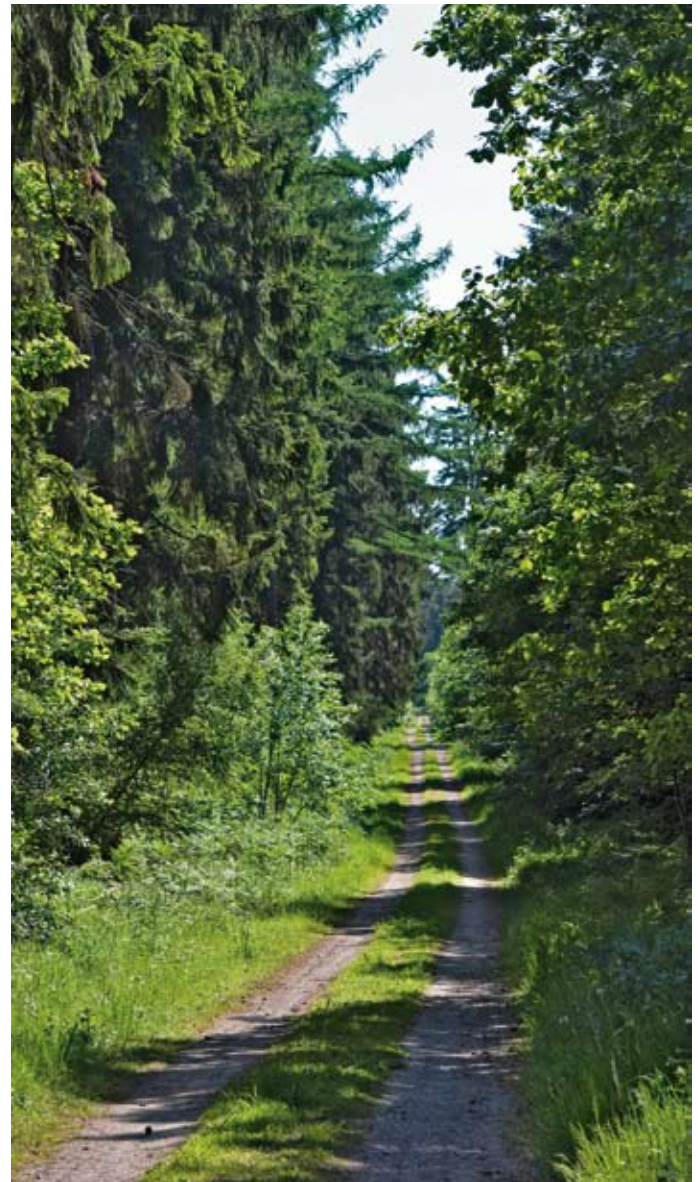
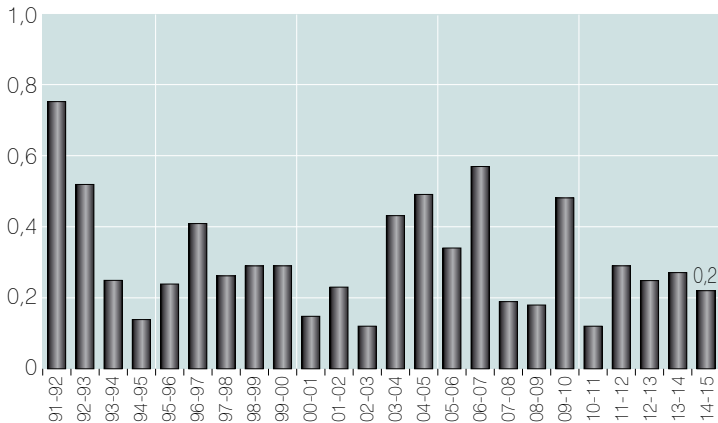


Foto: J. Evers

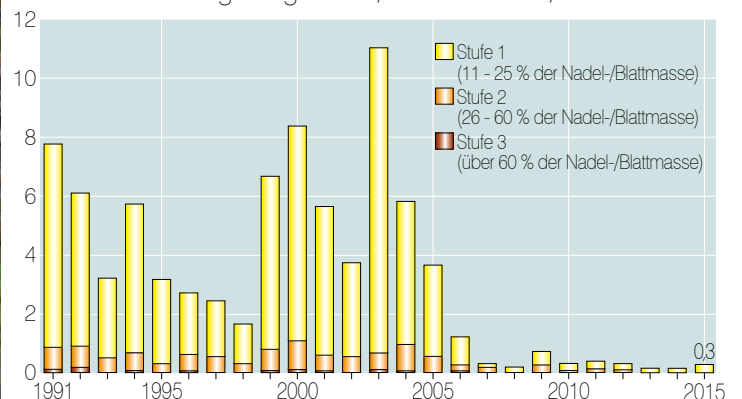


Foto: J. Evers

Vergilbungen

Vergilbungen der Nadeln und Blätter sind häufig ein Indiz für Magnesiummangel in der Nährstoffversorgung der Waldbäume. Der Anteil an Bäumen mit nennenswerten Vergilbungen (>10 % der Nadel- bzw. Blattmasse) liegt im Erhebungszeitraum zwischen 0,1 % und 11 %, die Vergilbungen waren überwiegend gering ausgeprägt. Mit einer Vergilbungsrate von 0,3 % wird in diesem Jahr erneut ein niedriger Wert ermittelt.

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



Kiefer

Einzig bei der Kiefer gingen in diesem Jahr die Verlichtungswerte sowohl in der jungen als auch in der älteren Altersgruppe zurück. Obwohl in einigen Regionen (z. B. in der Letzlinger Heide) die Frühjahrstrockenheit nur eine eingeschränkte Ausbildung der jüngsten Triebe zuließ, waren die Kiefern insgesamt in Sachsen-Anhalt in diesem Jahr gut benadelt. Dies gilt insbesondere für die bis 60jährigen Kiefern, die kaum Verlichtungen aufwiesen.

Ältere Kiefer

Die ältere Kiefer wies im ersten Erhebungsjahr 1991 – mitverursacht durch Insektenschäden – einen hohen Verlichtungsgrad auf. In den Folgejahren verbesserte sich der Kronenzustand erheblich und die Kiefer ist seit Mitte der 1990er Jahre unter den Hauptbaumarten die Baumart mit den niedrigsten Kronenverlichtungswerten. Die mittlere Kronenverlichtung beträgt 2015 12 %.

Jüngere Kiefer

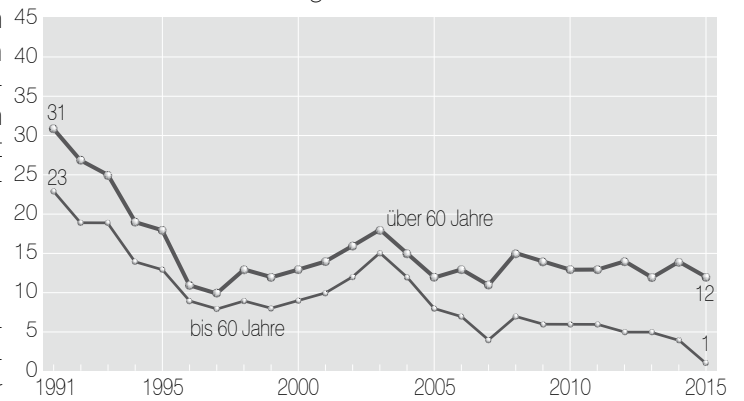
Die jüngeren Kiefern weisen seit 2005 ein geringes Kronenverlichtungsniveau auf, in diesem Jahr beträgt die mittlere Kronenverlichtung 1 %.

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

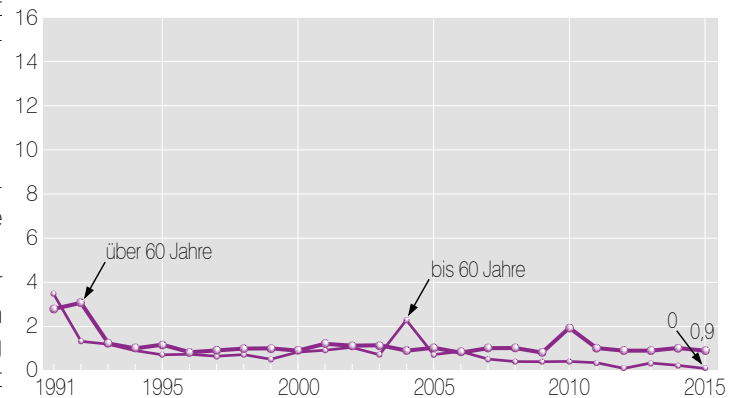
Starke Schäden

Auch bei den starken Schäden heben sich die Ergebnisse der Kiefer von denen der anderen Baumarten ab. Im Mittel der Erhebungsjahre liegt der Anteil starker Schäden sowohl bei der jüngeren als auch der älteren Kiefer bei 1 %. Es gibt nur wenige Schwankungen in der Zeitreihe, erhöhte Anteile traten in den ersten beiden Erhebungsjahren (bis 4 %) sowie für die jüngere Kiefer im Jahr 2004 (2,3 %) und für die ältere Kiefer 2010 (1,9 %) auf.

Mittlere Kronenverlichtung in %



Anteil starker Schäden in %



Absterberate

Die Absterberate der Kiefer ist ebenfalls bemerkenswert niedrig und liegt im Mittel der Jahre 1991-2015 bei 0,2 %. In den ersten beiden Erhebungsjahren wurden erhöhte Absterberaten (bis 0,8 %) festgestellt. Im Jahr 2010 war ein erneuter Anstieg zu verzeichnen (0,6 %), der vor allem durch den Fraß der Kiefernbuschhornblattwespe im nördlichen Sachsen-Anhalt verursacht wurde. 2015 ist eine Absterberate von 0,3 % ermittelt worden.



Foto: J. Evers

Fichte

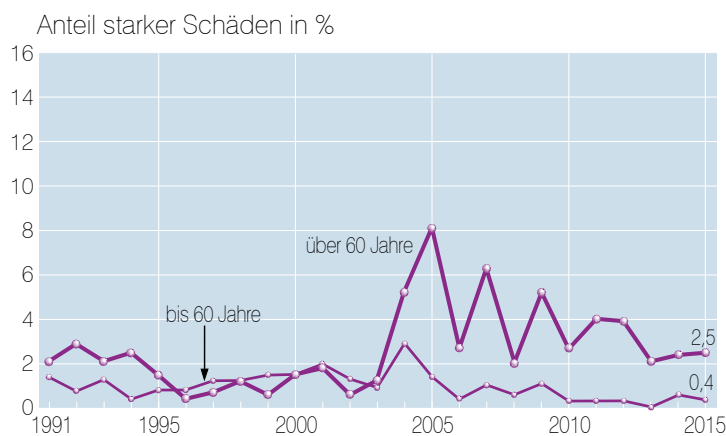
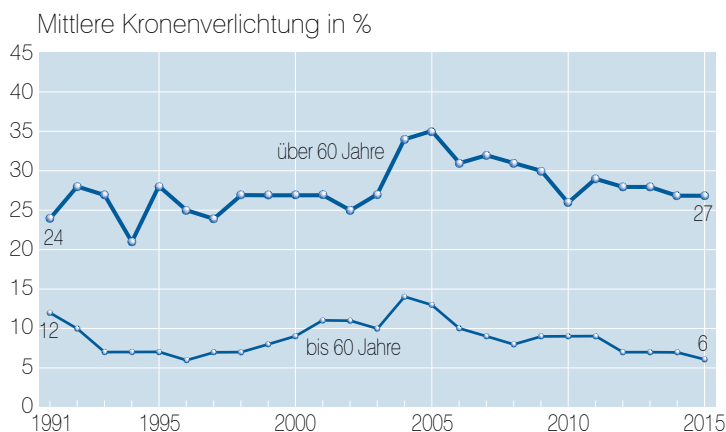
Die Fichte zeigt in den letzten Jahren relativ konstante Verlichtungswerte. Die Niederschlagsdefizite im Frühjahr 2015 waren in den höheren Lagen des Harzes – dem Hauptverbreitungsgebiet der Fichte in Sachsen-Anhalt – weniger stark ausgeprägt als in anderen Regionen Sachsen-Anhalts. Für die Fichte wurde 2015 weder ein Anstieg in den Verlichtungswerten, noch bei den starken Schäden oder der Absterberate festgestellt.

Ältere Fichte

Bei der älteren Fichte werden im gesamten Beobachtungszeitraum vergleichsweise hohe Kronenverlichtungswerte registriert. Nach dem Rekordsommer 2003 hatten sich die Kronenverlichtungswerte für einige Jahre erhöht. Im Jahr 2015 beträgt die mittlere Kronenverlichtung 27 %.

Jüngere Fichte

Für die Fichte ist ein deutlicher Alterstrend festzustellen. Die jüngeren Fichten liegen mit einer mittleren Kronenverlichtung von 6 % weit unter den Werten der älteren Fichten. Die Auswirkungen des Trockenjahres 2003 und Schäden durch Borkenkäfer hatten auch bei der jüngeren Fichte zu einer Erhöhung der Kronenverlichtung in den Jahren 2004 und 2005 geführt; seit 2006 sind die Werte wieder zurückgegangen.



Starke Schäden

Bis zum Jahr 2003 wurden bei der älteren Fichte vergleichsweise niedrige Anteile starker Schäden (zwischen 0,6 und 3 %) verzeichnet, ab 2004 stiegen die Anteile bis auf 8 % an, seither treten Schwankungen auf. Im Jahr 2015 beträgt der Anteil stark geschädigter älterer Fichten 2,5 %, bei den jüngeren Fichten 0,4 %.



Foto: J. Evers

Absterberate

Für die Fichte ergibt sich im Mittel aller Erhebungsjahre eine durchschnittliche Absterberate von 0,2 %. Bis zum Jahr 2003 waren die Absterberaten überwiegend gering, anschließend wurden infolge von Trockenstress und Borkenkäferbefall erhöhte Absterberaten (bis 1,3 %) ermittelt. Im Jahr 2015 beträgt die Absterberate 0,1 %.

Buche

Eine Ursache für die zunehmende Variabilität der Verlichtungswerte der älteren Buche ist die Intensität der Fruchtbildung. In Jahren mit intensiver Fruchtbildung steigen die Kronenverlichtungswerte der Buche an, um in den Folgejahren ohne Fruchtbildung wieder eine dichtere Belaubung aufzuweisen. Im Jahre 2015 bildeten die Buchen nur sehr wenige Früchte aus, erwartungsgemäß hätte dies zu einem Rückgang der Verlichtungswerte gegenüber dem Vorjahr mit ausgeprägter Fruchtbildung geführt. Auf die Trockenheit im Frühjahr und die Hitzephasen im Sommer reagierten die Buchen jedoch mit Stresssymptomen wie Blattrollen und Kleinblättrigkeit, so dass eine Erhöhung der Verlichtungswerte gegenüber 2014 zu beobachten war.

Ältere Buche

Zu Beginn der Zeitreihe waren für die Buche vergleichsweise günstige Belaubungsdichten ermittelt worden, anschließend stiegen die Kronenverlichtungswerte sprunghaft an. Der Höchstwert wurde 2004 mit 43 % erreicht, 2011 wurde erneut eine relativ hohe mittlere Kronenverlichtung (37 %) festgestellt. In diesem Jahr beträgt die mittlere Kronenverlichtung 32 %.

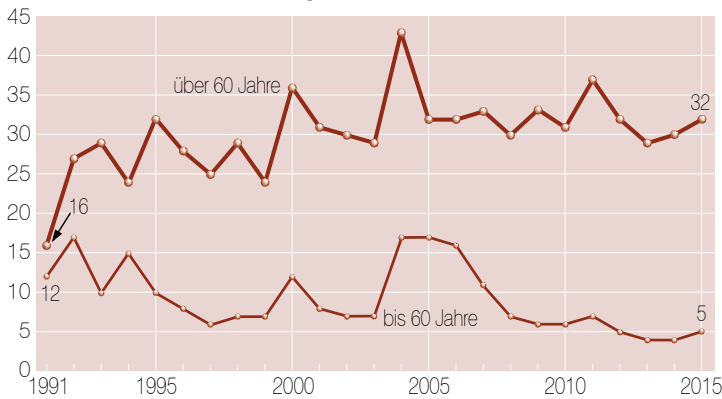
Jüngere Buche

Seit 2008 weisen die jüngeren Buchen ein geringes Kronenverlichtungsniveau auf. Auch 2015 setzt sich dieser Trend mit einem niedrigen Verlichtungswert (5 %) fort.

Starke Schäden

Wie beim Verlauf der mittleren Kronenverlichtung der Buche, treten auch beim Anteil starker Schäden im Beobachtungszeitraum Schwankungen (0-13 %) auf.

Mittlere Kronenverlichtung in %



Anteil starker Schäden in %

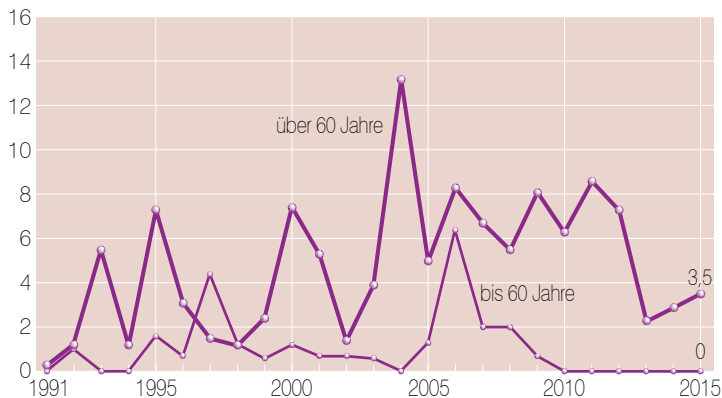


Foto: T. Ullrich

Der Anteil starker Schäden der älteren Buche lag 2004 besonders hoch. 2015 liegt der Anteil starker Schäden mit 3,5 % unter dem langjährigen Mittel (4,8 %).

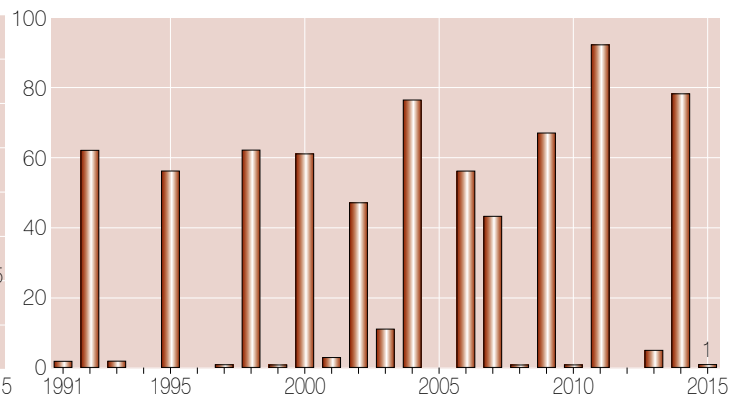
Absterberate

Im Vergleich zu den anderen Hauptbaumarten weist die Buche die niedrigste Absterberate auf. Im Mittel der Jahre 1991-2015 liegt die Absterberate der Buche bei 0,05 %. Seit 2008 ist keine Buche im Stichprobenkollektiv frisch abgestorben.

Fruchtbildung

Die Ergebnisse zur Fruchtbildung im Rahmen der Waldzustandserhebung zeigen für die Buche die Tendenz, in kurzen Abständen und vielfach intensiv zu fruktifizieren. Dies steht im Zusammenhang mit einer Häufung warmer Jahre sowie einer erhöhten Stickstoffversorgung der Bäume. Geht man davon aus, dass eine starke Mast erreicht wird, wenn ein Drittel der älteren Buchen mittel oder stark fruktifiziert, ergibt sich rechnerisch für den Beobachtungszeitraum der Waldzustandserhebung 1991-2015 alle 2,3 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 Jahre. 2011 wurde die bislang intensivste Buchenmast in der WZE-Zeitreihe beobachtet.

Anteil mittel und stark fruktifizierender älterer Buchen in %



Eiche

Bei der Eiche waren 2015 keine akuten witterungsbedingten Stressanzeichen zu beobachten.

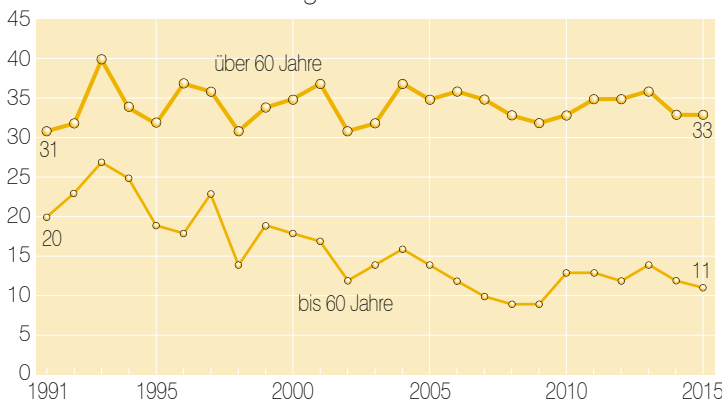
Ältere Eiche

Mit einer mittleren Kronenverlichtung der älteren Eiche von 33 % bleibt die Eiche die am stärksten verlichtete Baumart in Sachsen-Anhalt. Die Entwicklung des Kronenzustandes der Eiche wird stark durch Insekten- und Pilzbefall beeinflusst.

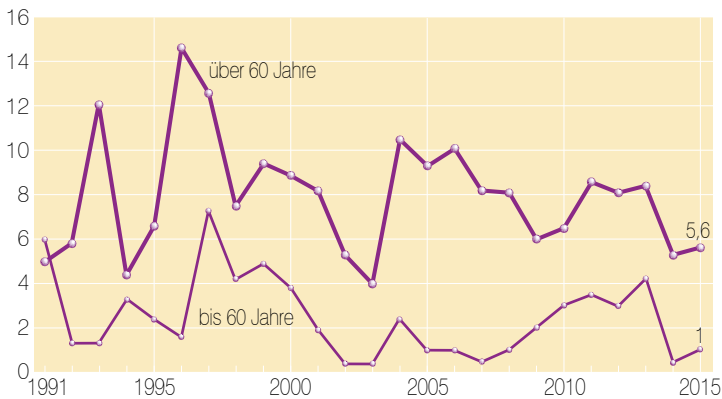
Jüngere Eiche

Die Kronenentwicklung der Eichen in der Altersstufe bis 60 Jahre zeigt einen sehr viel günstigeren Verlauf als die Entwicklung der älteren Eichen. Die mittlere Kronenverlichtung beträgt aktuell 11 %.

Mittlere Kronenverlichtung in %



Anteil starker Schäden in %



Starke Schäden

Die Anteile starker Schäden liegen bei der Eiche höher als bei den anderen Baumarten. Im Durchschnitt der Zeitreihe sind bei der jüngeren Eiche 2,5 % und bei der älteren Eiche 8 % als stark geschädigt eingestuft worden. Der Anteil starker Schäden variiert bei der Eiche stark, Phasen erhöhter Anteile treten bei der älteren Eiche vor allem im Anschluss an starken Insektenfraß auf. Der diesjährige Anteil stark geschädigter älterer Eichen (5,6 %) liegt deutlich über dem Mittelwert für alle Baumarten in dieser Altersgruppe (1,6 %).

Absterberate

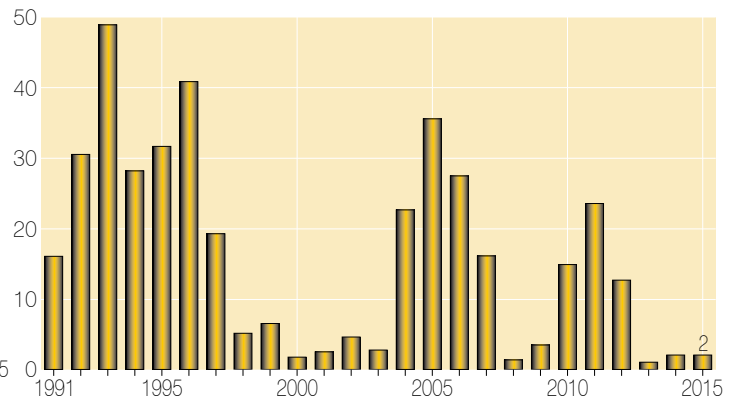
Bei der Eiche ist die durchschnittliche Absterberate doppelt so hoch (0,6 %) wie der Gesamtwert für alle Baumarten (0,3 %). Überdurchschnittliche Absterberaten wurden bei der Eiche jeweils im Anschluss an Perioden mit starkem Insektenfraß

ermittelt, am höchsten war die Absterberate 1997 (2,7 %). Ab 2004 traten wieder erhöhte Absterberaten auf. Im Jahr 2015 liegt die Absterberate (0,3 %) unter dem langjährigen Mittel.

Fraßschäden

Die periodische Vermehrung von Schmetterlingsraupen der so genannten Eichenfraßgesellschaft trägt maßgeblich zu den Schwankungen der Belaubungsdichte der Eiche bei. Der Fraß an Knospen und Blättern durch die Eichenfraßgesellschaft wurde verstärkt in den Jahren 1991 bis 1997 beobachtet. Von 2004 bis 2007 und von 2010 bis 2012 folgten zwei weitere Perioden mit Fraßschäden. Diese sind 2013 abgeklungen, auch 2014 und 2015 wurden kaum mittlere und starke Fraßschäden registriert.

Anteil mittlerer und starker Fraßschäden an älteren Eichen in %



1991-2005: 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 zu 29 % mittel und stark fruktifiziert.



Foto: T. Ullrich

Andere Laub- und Nadelbäume

Die stärksten Reaktionen auf die diesjährige Witterung waren bei der Gruppe der anderen Laubbäume zu beobachten. Die mittlere Kronenverlichtung stieg gegenüber dem Vorjahreswert um 6 % an. Birke, Linde und Hainbuche zeigten schon früh Herbstverfärbung sowie vorzeitigen Blattaufwurf.

In Sachsen-Anhalt werden bei der Waldzustandserhebung als landesweite flächendeckende Stichprobeninventur 32 Baumarten erfasst. Neben den Hauptbaumarten Kiefer, Fichte, Buche und Eiche kommt in den Wäldern eine Vielzahl von anderen Baumarten vor, die insgesamt 17 % der Stichprobenbäume der Waldzustandserhebung in Sachsen-Anhalt 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. Die Gruppe der anderen Nadelbäume ist mit 1 % so gering vertreten, dass auf weitere Ausführungen verzichtet wird.

Zu den anderen Laubbäumen gehören u. a. Esche, Ahorn, Linde und Hainbuche. Am stärksten vertreten ist die Birke, gefolgt von der Erle.

Im Beobachtungszeitraum weisen die Werte für die Altersgruppen kaum Differenzen auf. Die mittlere Kronenverlichtung (alle Alter) war seit 2004 (25 % mittlere Kronenverlichtung) rückläufig, stieg aber von 2014 auf 2015 um 6 % an und beträgt aktuell 21 %.

Starke Schäden

Für die anderen Laubbäume (alle Alter) liegt der Anteil starker Schäden im Mittel der Jahre 1991-2015 bei 4,6 % und damit höher als der langjährige Durchschnitt für alle Baumarten (2,4 %). Im Jahr 2015 beträgt der Anteil starker Schäden 5,1 %.



Foto: T. Ullrich

Absterberate

Auch die durchschnittliche Absterberate der anderen Laubbäume (0,6 %) ist im Erhebungszeitraum etwa doppelt so hoch wie das Mittel aller Baumarten (0,3 %). Die jährlichen Absterberaten im Beobachtungszeitraum schwanken zwischen 0,1 % und 1,5 %, eine gerichtete Entwicklung ist nicht erkennbar. Im Jahr 2015 liegt die Absterberate bei 0,2 %.



Foto: T. Ullrich

Witterung und Klima

Der Witterungsverlauf für Sachsen-Anhalt 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 in Sachsen-Anhalt bilden die Messdaten des DWD (109 Klima- und 860 Niederschlagsstationen), die auf ein 200 m-Raster interpoliert wurden, so dass der Mittelwert über die gesamte Landesfläche von Sachsen-Anhalt 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 bis September) hat sich seit Beginn der 1990er Jahre von 8,5 °C (Mittelwert der Referenzperiode) um fast 1 °C auf aktuell 9,4 °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 (gestrichelte Linie in der Abbildung rechts). 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 75 % der Monate eine positive Abweichung vom langjährigen Mittelwert aufweisen. Seit dem Frühjahr 2013 sind fast alle Monate im Flächenmittel von Sachsen-Anhalt zu warm ausgefallen. Monate mit negativen Abweichungen traten in den letzten Jahren fast ausschließlich im Winter auf.

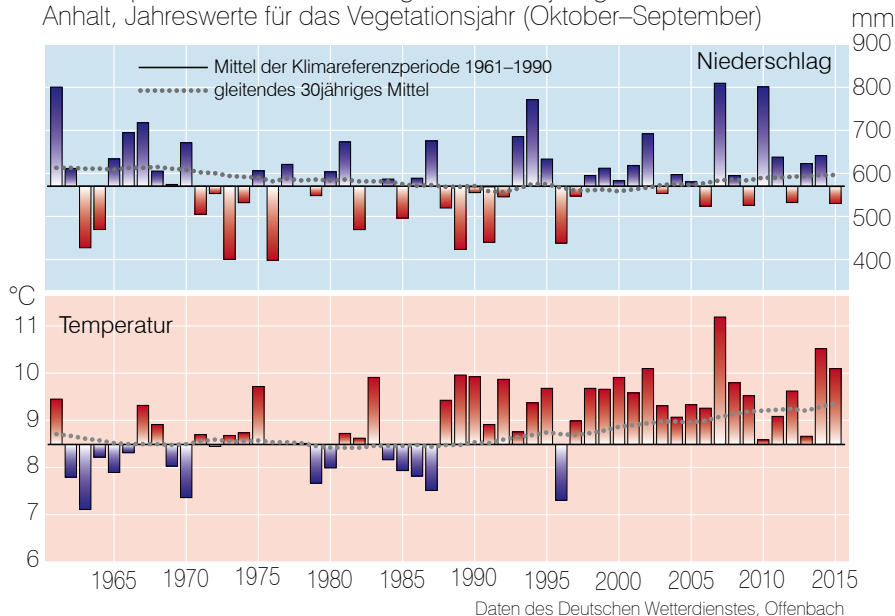
Die Jahresniederschlagssumme der Referenzperiode (1961-1990) beträgt im Landesmittel 570 mm. Die Niederschlagshöhe schwankt im Zeitraum 1961 bis 2015 von Jahr zu Jahr mit Werten von rund 400 mm (1976) bis über 800 mm (2007 und 2010) sehr stark (Abbildung rechts). Perioden mit überdurchschnittlich hohen 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 15,3 °C seit 1997 immer überschritten und auch die Temperaturen in der Nichtvegetationszeit (Oktober-April) lagen fast immer über dem Mittelwert der Referenzperiode



Foto: H. Heinemann

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



Witterung und Klima

(3,6 °C). Bei den im Zeitraum 1985 bis 2015 gemessenen Niederschlägen bestehen zwischen den einzelnen Jahren zum Teil starke Schwankungen. Besonders niederschlagsreich war die Vegetationsperiode 2007, in der die gemessenen Niederschlagswerte doppelt so hoch lagen wie der Referenzmittelwert von 275 mm. Auch in den Jahren 2010 bis 2014 wurden teilweise weit überdurchschnittliche Niederschlagswerte in der Vegetationsperiode gemessen, während in der Nichtvegetationszeit die Niederschläge meist unterdurchschnittlich ausfielen (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 3 °C in den Monaten Oktober und Januar auf. Die Niederschlagshöhe erreichte in dem Zeitraum nur knapp 85 % des Mittelwertes, da besonders in den Monaten November und Februar weniger als 30 % der üblichen Niederschlagsmenge gemessen wurden. Nur der Januar war landesweit deutlich zu nass.

In der Vegetationszeit 2015 fielen in den Monaten Mai und Juni nur rund 50 % der durchschnittlichen Niederschläge, nachdem bereits im April nur zwei Drittel der sonst üblichen Niederschlagsmenge gefallen war. Im Juli und August konnte das Niederschlagsdefizit des Frühjahrs aufgrund der überdurchschnittlich hohen Niederschläge (>160 % der mittleren Niederschlagsmenge) nahezu ausgeglichen werden. Die Niederschläge fielen häufig in Verbindung mit heftigen Gewittern und örtlichen Starkregenereignissen.

Nachdem die Temperaturen in den Monaten Mai und Juni fast exakt den langjährigen Mittelwerten entsprachen, führten längere Hitzeperioden im Juli und August zu einer deutlich positiven Temperaturabweichung in der Vegetationsperiode.

Die Mitteltemperatur der Nichtvegetationsperiode 2014/2015 lag mit 5,7 °C um gut 2 °C über dem langjährigen Referenzwert. Die Temperaturabweichung war landesweit recht einheitlich und nur im Hügelland und im Harz wichen die Temperaturen weniger stark vom Mittelwert ab (Abbildungen Seite 21). Die Vegetationsperiode 2015 war mit 16,3 °C ebenfalls wärmer als im langjährigen Mittel. Die positive Abweichung betrug rund 1,0 °C, wobei besonders in den südlichen Landesteilen und im Harz und Harzvorland hohe Temperaturabweichungen (>1,5 °C) gemessen wurden. In der Altmark lagen die Mitteltemperaturen dagegen meist weniger als 1,0 °C über den Werten der Referenzperiode. In der Nichtvegetationsperiode 2014/15 fielen in Sachsen-Anhalt nur 84 % der mittleren Niederschlagsmenge. Die größten Niederschlagsdefizite verzeichneten das Hügelland, das Harzvorland sowie die südlichen Gebiete der

Börde und des Altmoränenlandes (teilweise nur 70 %). Im Harz und in der Altmark wurde das Soll dagegen teilweise erreicht (Abbildungen Seite 22). In der Vegetationsperiode übertrafen die gemessenen Niederschläge leicht die mittlere Niederschlagsmenge. Während der Harz und das Hügelland ein leichtes Niederschlagsdefizit aufwiesen, wurde regional im Fläming und Altmoränenland sowie der Altmark der langjährige Mittelwert um mehr als 15 % übertroffen.

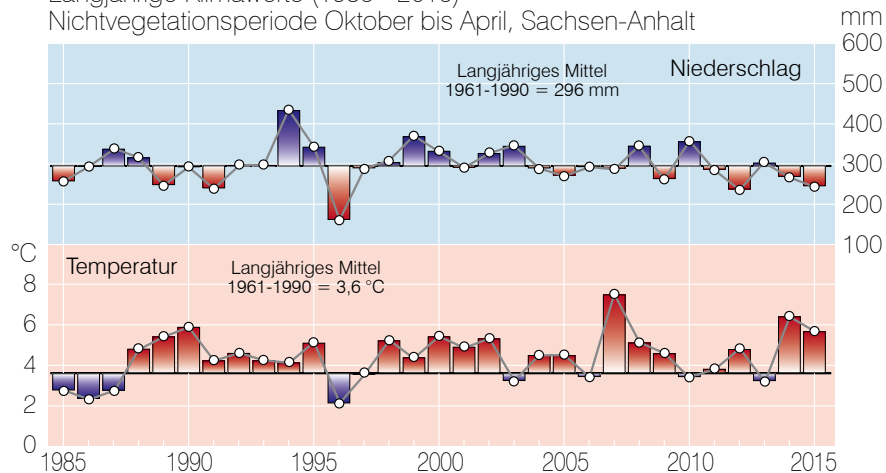
Das Vegetationsjahr 2014/2015 (Oktober–September) reiht sich nahtlos in die überdurchschnittlich warmen Jahre der letzten 25 Jahre ein. Es ist mit einer Mitteltemperatur von >10 °C ebenso wie 2014 eines der wärmsten Jahre seit Messbeginn. Mit einer Niederschlagsmenge von 531 mm wurde der langjährige Mittelwert im Jahr 2014/2015 nicht ganz erreicht.



Foto: H. Heinemann

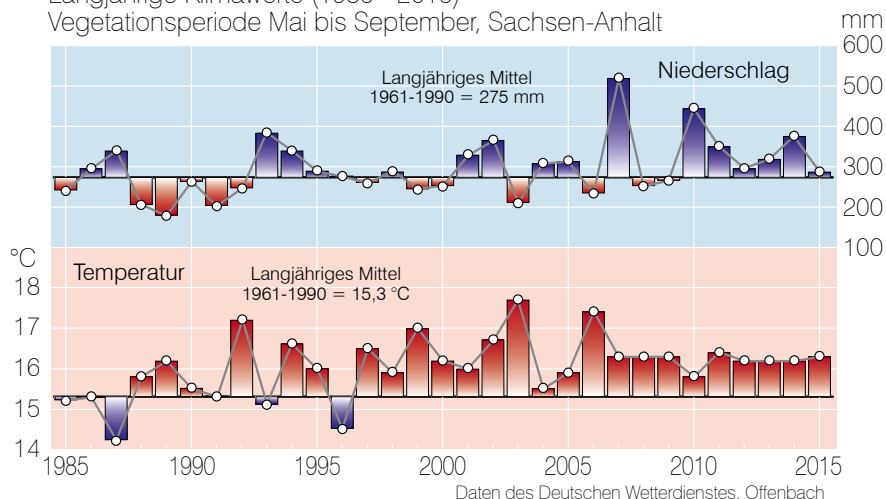
Langjährige Klimawerte (1985 - 2015)

Nichtvegetationsperiode Oktober bis April, Sachsen-Anhalt



Langjährige Klimawerte (1985 - 2015)

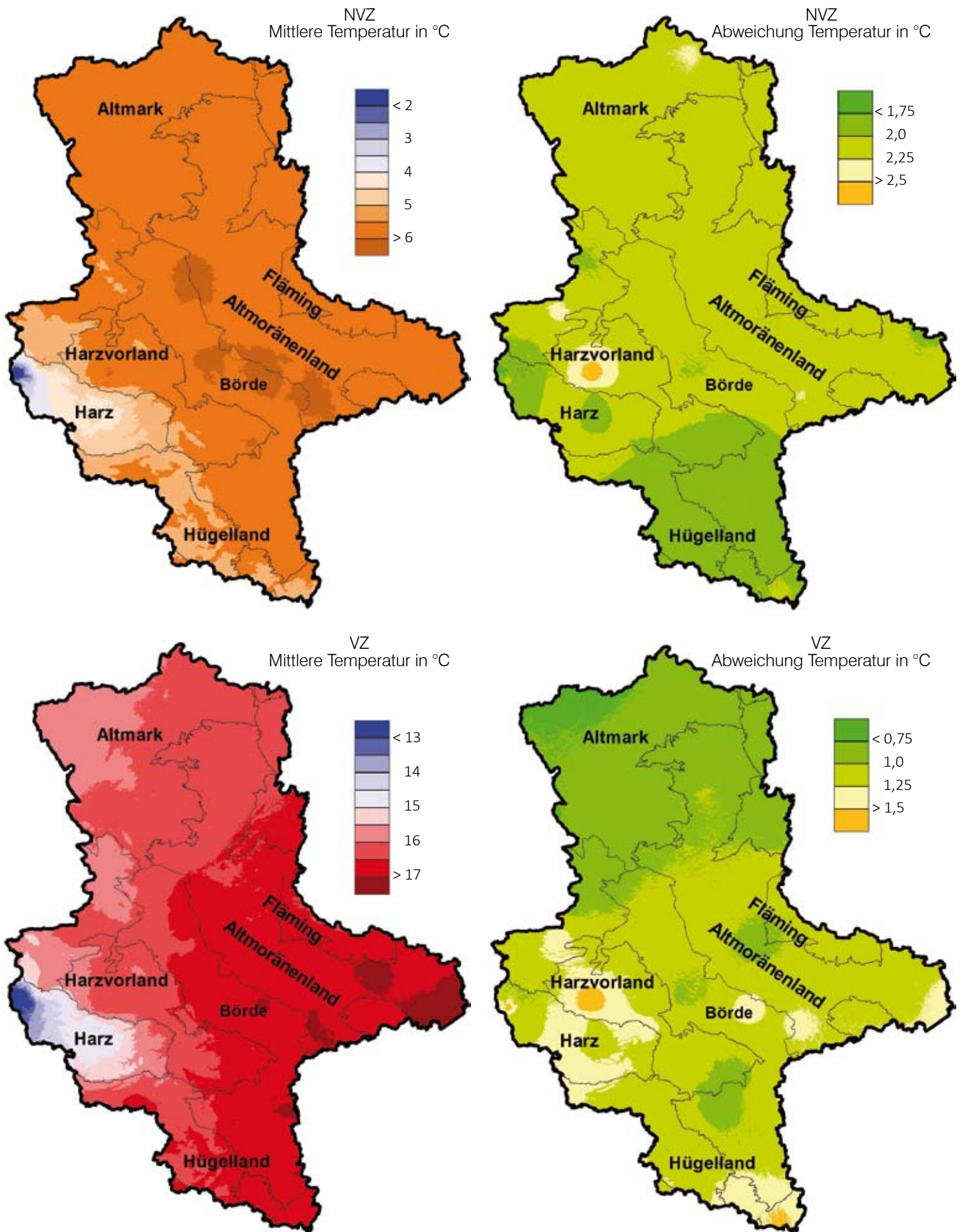
Vegetationsperiode Mai bis September, Sachsen-Anhalt



Daten des Deutschen Wetterdienstes, Offenbach

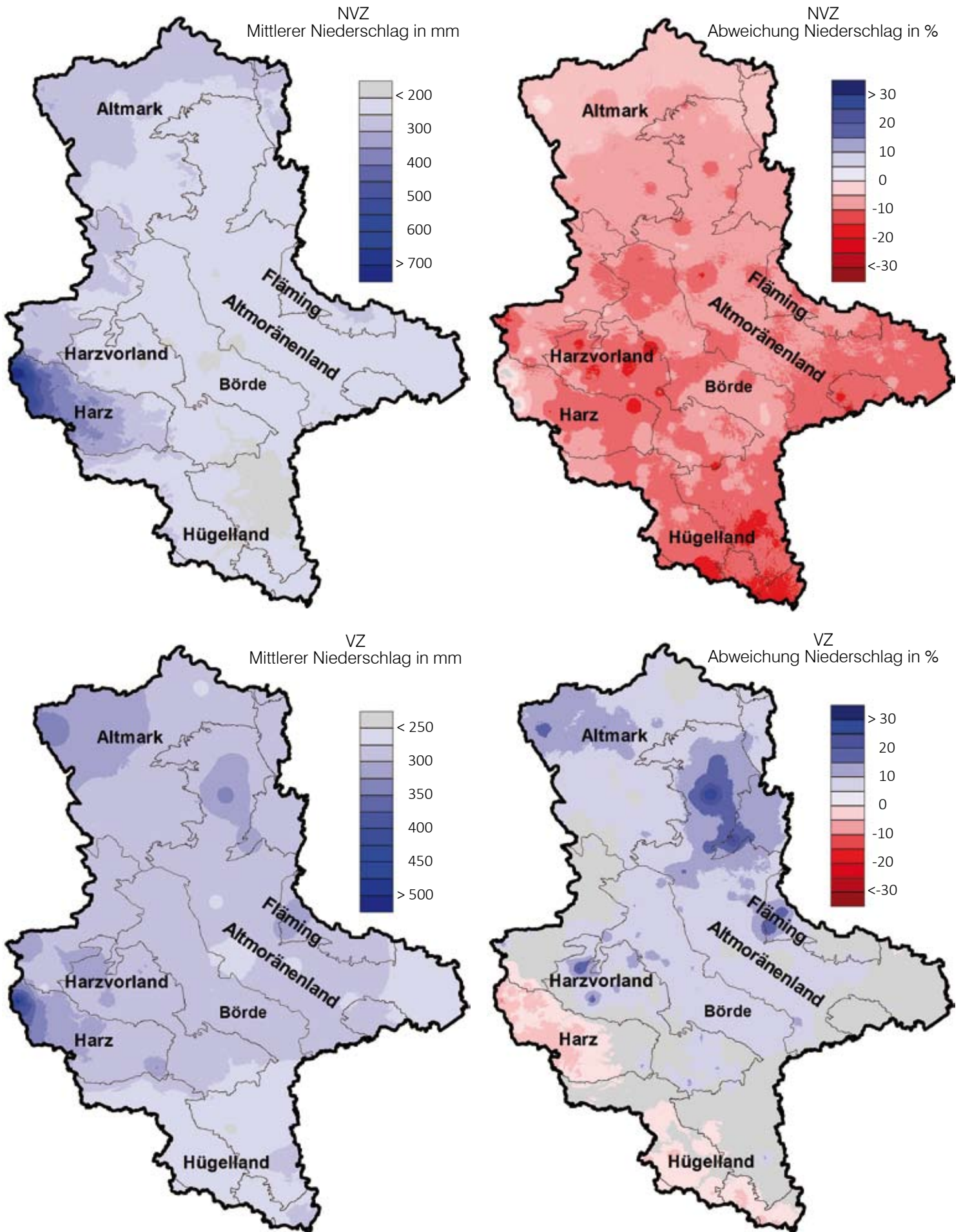
Witterung und Klima

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



Witterung und Klima

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



Trockenstress

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. Eine allgemein gültige Definition von Trockenheit gibt es nicht. Allerdings lassen sich anhand unterschiedlicher meteorologischer und hydrologischer Kriterien 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 in der Natur 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 sind die Folge.

Die Auswirkungen der Trockenheit auf die Forstwirtschaft hängen von vielen Faktoren ab. Neben der Andauer und Intensität einer Trockenperiode spielt der Zeitpunkt ihres Auftretens im Jahresverlauf eine wesentliche Rolle. Während Wassermangel in der Vegetationsperiode (VZ) die Vitalität und das Wachstum der Wälder stark beeinträchtigen kann, wirken sich

Trockenphasen im Herbst und Winter nicht unmittelbar auf den Zustand der Bäume aus. Trockenphasen in der Nichtvegetationszeit (NVZ) können sich jedoch dann nachteilig auswirken, wenn der Bodenwasserspeicher im Winter nur unzureichend aufgefüllt wird. Dieser kann dann in der Vegetationszeit auftretende Wasserdefizite nicht kompensieren und somit Wassermangelscheinungen in den Wäldern nicht verhindern.

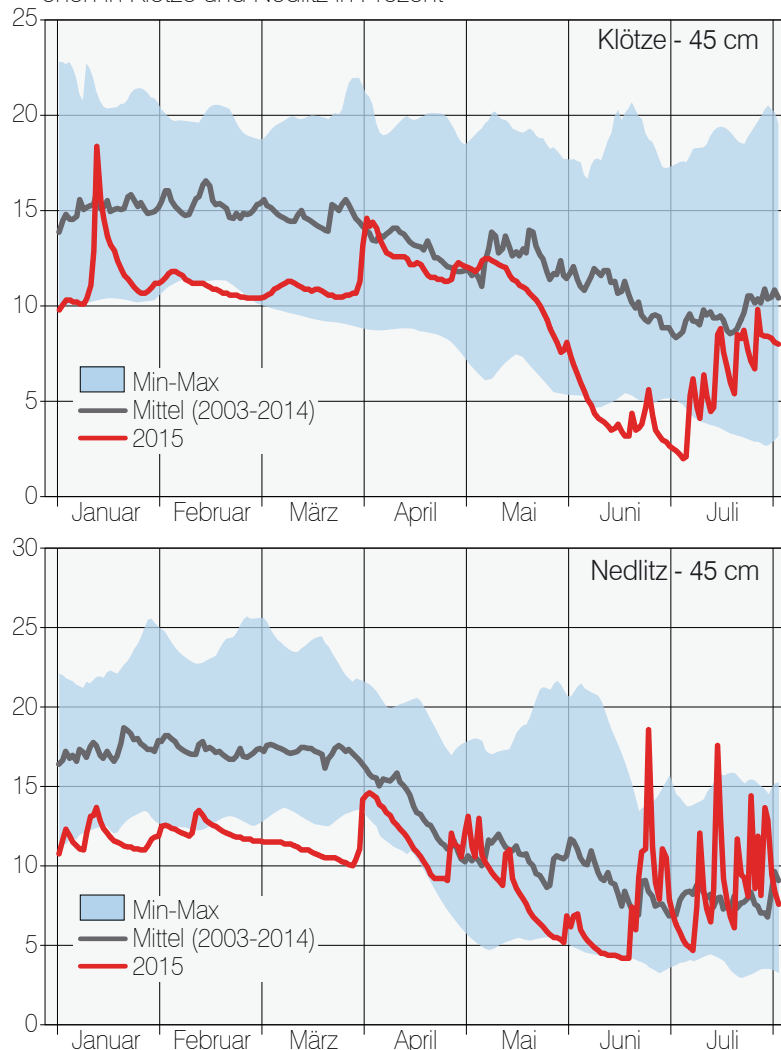
Trockenstress reduziert einerseits die Effektivität von pflanzlichen Prozessen und kann andererseits direkt die Pflanzenstruktur schädigen. Dies wirkt sich negativ auf die Vitalität und das Wachstum der Bäume aus. Erhöhte Nadel- und Blattverluste können sichtbare Folgen sein. Im äußersten Fall steigt 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) die trockenresistenten Baumarten zu finden, während auf den gut wasserversorgten Standorten (Schluff- und Lehmböden) Baumarten mit hohem Wasseranspruch wachsen (Edellaubholz, Buche, Fichte).

Die Witterung der NVZ 2014/2015 und der VZ 2015 für Sachsen-Anhalt wird im Kapitel „Witterung und Klima“ beschrieben. Nach dem feuchten Sommer 2014 mit durchgehend überdurchschnittlichen Niederschlagsmengen begann im Herbst 2014 eine Trockenperiode, die nur von kurzen niederschlagsreichen Phasen im Januar und März 2015 unterbrochen wurde. Erst im Juli und August 2015 wurde die Trockenheit in Folge zahlreicher Starkregenereignisse beendet. Während in

der NVZ besonders die mittleren und südlichen Landesteile betroffen waren, war das Niederschlagsdefizit im Mai und Juni im Norden Sachsen-Anhalts besonders hoch. Gleichzeitig traten während der gesamten Trockenperiode seit November 2014 teilweise sehr hohe positive Temperaturabweichungen (mit Ausnahme des Mai 2015) auf, so dass die Trockenheit infolge der hohen Verdunstung noch verschärft wurde.

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 zwei Intensivmonitoringflächen (Level II-Programm) in Sachsen-Anhalt untersucht und analysiert. Bei den Flächen Nedlitz und Klötze handelt es sich um Kiefernstandorte. Der rund 90 Jahre alte Bestand in Klötze befindet sich in der westlichen Altmark im Wuchsgebiet „Westprieignitzer-Altmärkisches-Altmoränenland“. Als Lokalbodenform wird die „Zahnaer Sand-Braunerde“ ausgewiesen, die als lehmiger Sand charakterisiert werden kann. Der Schluffanteil nimmt mit zunehmender Bodentiefe deutlich ab, so dass die unteren Bodenhorizonte als Mittelsand anzusprechen sind. Die Bodeneigenschaften am Standort Nedlitz („Nedlitzer Sand-Braunerde“) ähneln denen in Klötze. Aufgrund des geringeren Schluffanteils in den oberen Bodenhorizonten kann der Standort als anlehmiger Sand angesprochen werden. Die Intensiv-Monitoringfläche mit dem 60-jährigen Kiefernbestand befindet sich im Wuchsgebiet „Hoher Fläming“.

Gemessene Bodenwassergehalte auf den Intensivmonitoringflächen in Klötze und Nedlitz in Prozent



Trockenstress

In der Abbildung auf Seite 23 sind für beide Standorte die gemessenen Bodenwassergehalte im Hauptwurzelraum in 45 cm Tiefe dargestellt. Auf beiden Flächen wird seit Ende der 1990er Jahre der Bodenwasserhaushalt messtechnisch erfasst. Für die Charakterisierung der mittleren Bodenfeuchte (graue Linie) wie auch der Bandbreite wurde der Zeitraum 2003 bis 2014 verwendet. Der blau hinterlegte Fächer gibt die Bandbreite der minimal und maximal gemessenen täglichen Bodenwassergehalte als 10tägiges gleitendes Mittel für die Monate Januar bis Juni wieder. Der Verlauf der Bodenfeuchte im Jahr 2015 zeigt, dass während der Monate Januar bis März auf beiden Standorten zeitweise extrem geringe Bodenwassergehalte gemessen wurden und sich somit die Trockenperiode bereits in den Wintermonaten auswirkte. Ein mehrtägiges Niederschlagsereignis Ende März 2015 führte zu einer Auffüllung des Bodenwasserspeichers, so dass die Bodenwassergehalte annähernd den mittleren Werten der Periode 2003 bis 2014 entsprachen. Ab Ende April/Anfang Mai nahm die Bodenfeuchte auf beiden Standorten kontinuierlich ab. Im Juni wurden am Standort Klötze bisher noch nicht beobachtete Tiefstwerte erreicht und auch in Nedlitz wurden die bisher gemessenen Minimalwerte nahezu erreicht. Auf beiden Standorten war das pflanzenverfügbare Bodenwasser nahezu komplett aufgebraucht. Ende Juni begann mit den einsetzenden Niederschlägen die Wieder-

auffüllung der Böden, so dass sich im Hochsommer die Bodenwassergehalte den mittleren Werten annähernten (Klötze) bzw. diese überschritten (Nedlitz).

Der Stammumfangzuwachs („Dickenwachstum“) der Kiefern auf den Standorten Klötze und Nedlitz wird seit 2012 mit Umfangmessbändern kontinuierlich beobachtet. Die jährlichen Zuwachsraten sind in der Abbildung unten links für die Jahre 2012 bis 2015 dargestellt. Der jährliche Wachstumsverlauf zeigt, dass sich der Zuwachs der Kiefer über die gesamte Vegetationsperiode von Ende April bis Anfang Oktober erstreckt. Dabei lassen sich keine Hauptwachstumsphasen erkennen. Offensichtlich scheint die Kiefer in Abhängigkeit von Witterung und verfügbarem Bodenwasser ihr Wachstum zu steuern. Während längerer Trockenphasen kommt es zu keinem nennenswerten Stammumfangzuwachs, wie beispielsweise im Juni und Juli 2013. Mit beginnender Auffüllung des Bodenwasserspeichers setzt dann unmittelbar das Wachstum wieder ein. Dies lässt sich auch für das Jahr 2015 feststellen. Infolge des trockenen Frühjahrs und der geringen Bodenwassergehalte zu Beginn der Vegetationsperiode war der Stammumfangzuwachs der Kiefern auf den Intensivmonitoringflächen Klötze und Nedlitz mit rund 2 mm sehr gering. Erst mit den einsetzenden Niederschlägen Ende Juni kam es zu einem verstärkten Dickenwachstum, so dass bis Ende August 2015 der kumulierte Stammumfangzuwachs in Klötze rund 15 mm und in Nedlitz auf dem etwas nährstoffärmeren Standort rund 10 mm betrug. Damit wurden die Zuwächse der Vorjahre teilweise übertroffen. Der Zuwachsverlauf im Jahr 2015 belegt die offensichtliche gute Anpassungsfähigkeit der Kiefer an längere Trockenperioden und deren effizientes Wassermanagement.

Die Untersuchungen auf den Level II-Flächen in Sachsen-Anhalt haben gezeigt, dass die Trockenheit im ersten Halb-

Verlauf des jährlichen Stammumfangzuwachses der Kiefer in Klötze und Nedlitz für die Jahre 2012 bis 2015 in mm

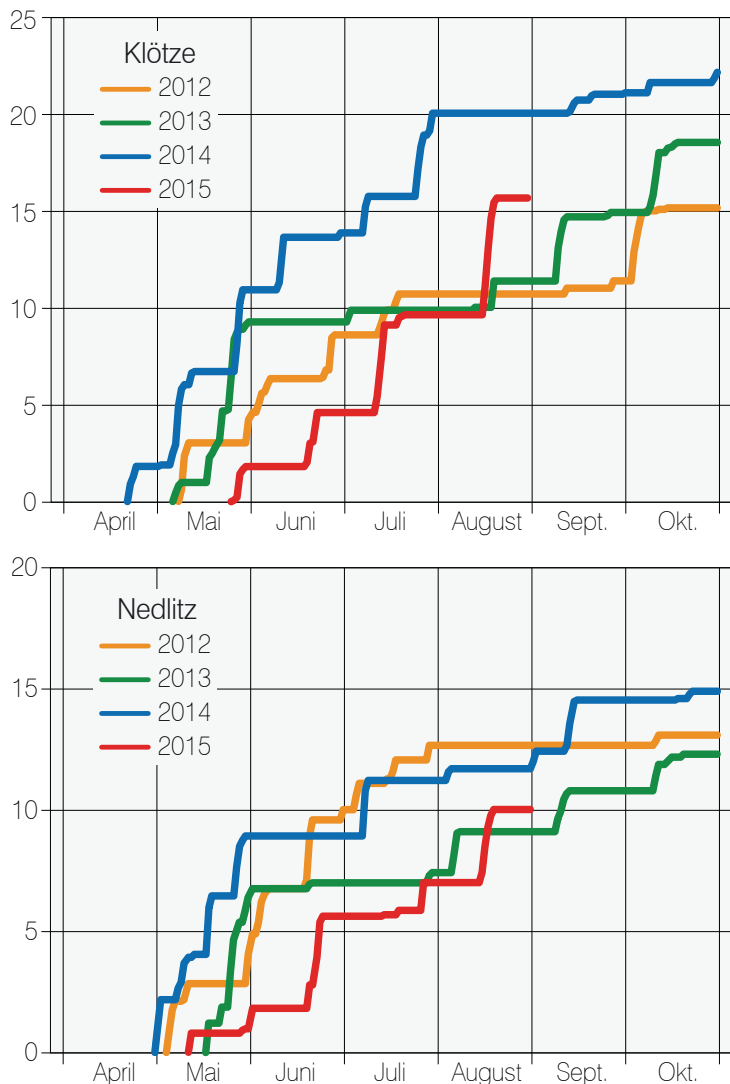
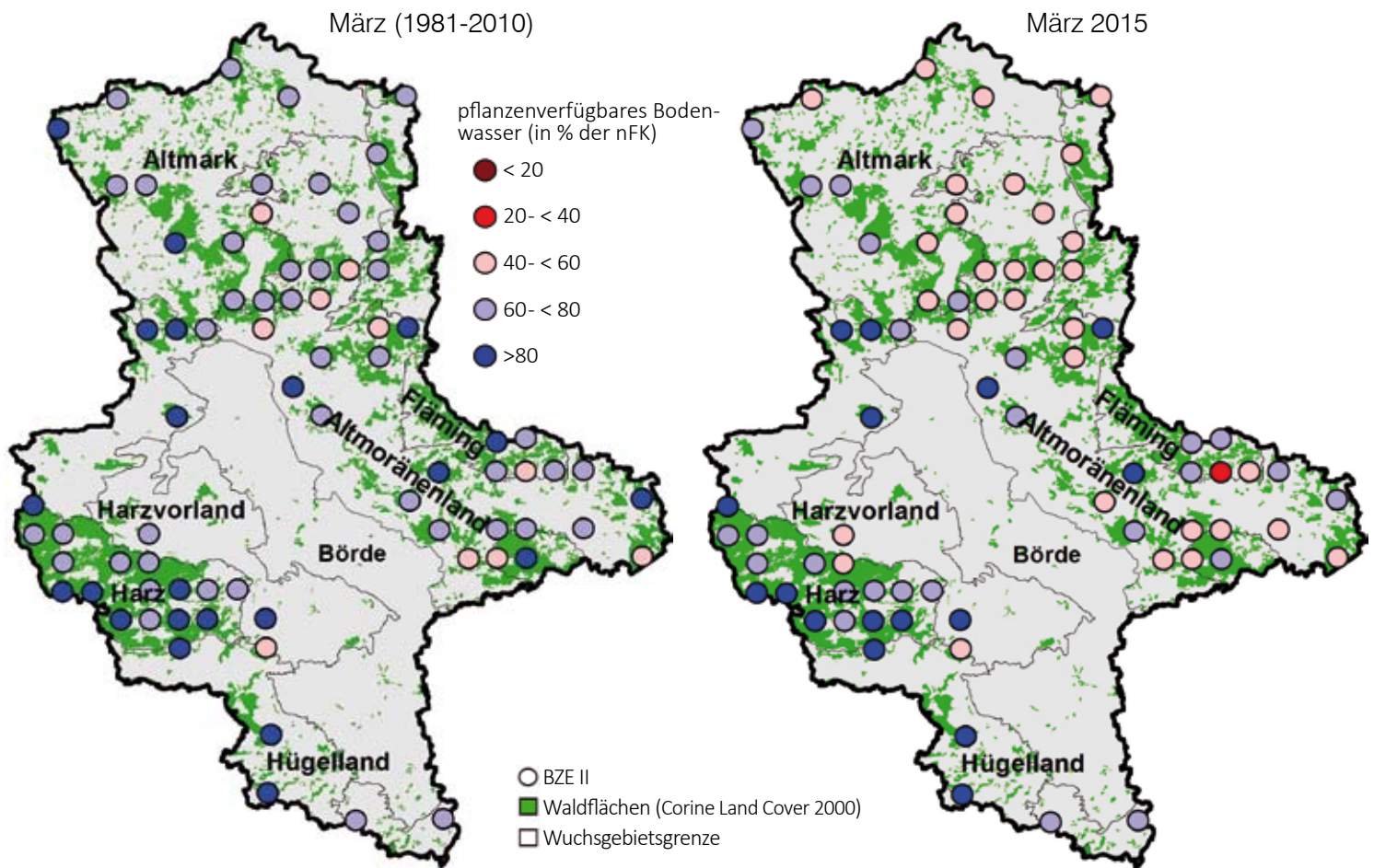


Foto: J. Weymar

Trockenstress

Simuliertes 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



jahr 2015 außergewöhnlich 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 Bestandeskenngößen erfasst. Im Land Sachsen Anhalt werden an insgesamt 75 BZE II-Plots Kenngrößen zum Boden (wie z. B. Bodenart und Skelettgehalt) und zum Bestand (wie z. B. Baumart, Alter, Bestandesdichte) erhoben.

Da die Trockenperiode bereits Ende 2014 ihren Anfang nahm, stellt sich die Frage, ob der Bodenwasserspeicher zu Beginn der Vegetationsperiode 2015 bereits geringer aufgefüllt war als dies bei mittleren klimatischen Verhältnissen der Fall wäre. Hierzu wurde das maximal pflanzenverfügbare Bodenwasser (nutzbare Feldkapazität, nFK) im durchwurzelten Bodenraum berechnet und der relative Anteil an der nFK bestimmt.

Die Simulation des Bodenwasserhaushalts ergab, dass die Böden im März die höchsten Bodenwassergehalte aufwiesen. Im langjährigen Mittel der Periode 1981 bis 2010 betrug der relative Anteil der nFK über alle BZE II-Standorte 74 %. Das bedeutet, dass nur auf wenigen Waldstandorten den Beständen zum Beginn der Vegetationsperiode ein vollständig gefüllter Bodenwasserspeicher zur Verfügung stand (siehe Abbildung oben). Auf den meisten BZE II-Plots lag der nFK-Anteil zwischen 60 und 80 %, bei knapp einem

Drittel über 80 % und auf einigen Flächen im langjährigen Mittel sogar unter 60 %. Die unterdurchschnittlich wasserversorgten Standorte sind im östlichen und südlichen Altmoränenland und im Fläming zu finden. Im März 2015 wiesen gut ein Drittel aller untersuchten Flächen einen Anteil an pflanzenverfügbarem Bodenwasser von weniger als 60 % auf. Nur noch auf 25 % der BZE II-Plots wurden 80 % und mehr der nFK erreicht. Diese befinden sich vornehmlich im Harz. Im Mittel über alle Flächen lag der relative Anteil der nFK bei 68 % und damit signifikant unter dem Mittelwert der Periode 1981 bis 2010.



Foto: H. Heinemann

Trockenstress

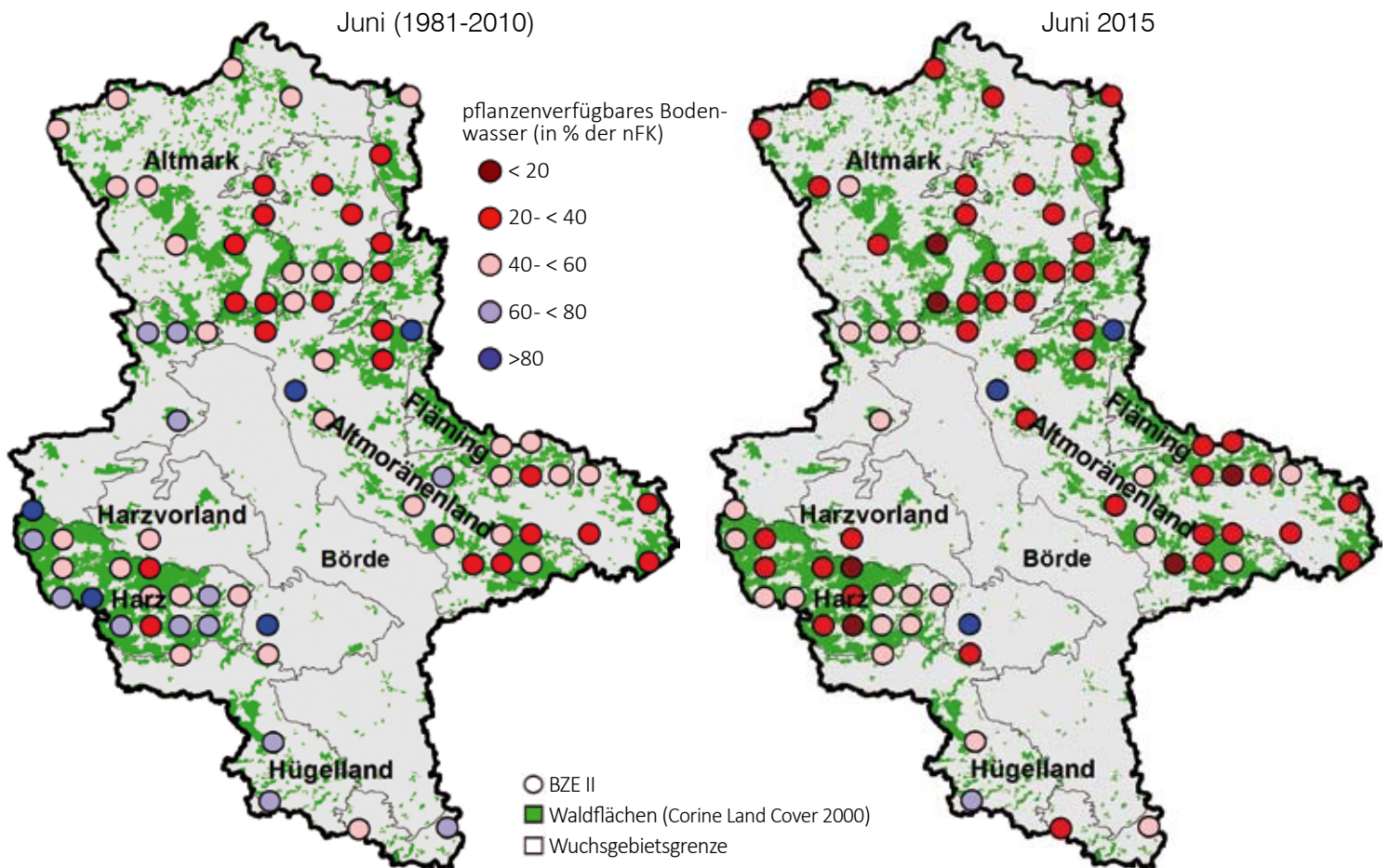
Zum Ende der Trockenperiode wurden im Juni 2015 die niedrigsten Bodenwassergehalte ermittelt. Auf rund zwei Drittel aller BZE II-Plots lag der Anteil des pflanzenverfügbaren Bodenwassers zwischen 20 und 40 %, auf einigen Flächen sogar unter 20 % (siehe Abbildung unten). Im Vergleich zum langjährigen Mittelwert (1981-2010) für den Monat Juni, der über die BZE II-Plots im Durchschnitt bei 51 % liegt, ergaben sich auf allen Standorten z. T. deutlich niedrigere Anteile an der nFK. Im Mittel über alle 75 BZE II-Plots wurden nur 38 % des pflanzenverfügbaren Bodenwassers erreicht. Die extreme Trockenheit betraf dabei alle Wuchsregionen in Sachsen-Anhalt.

Die Trockenheit im Frühjahr und Frühsommer 2015 stellt ein außergewöhnliches Witterungsereignis dar. Dabei begann die Trockenperiode bereits im Herbst 2014 und dauerte mit kurzen Unterbrechungen bis Ende Juni 2015 über mehr als ein halbes Jahr an. Als Folge wiesen die Böden bereits zu Beginn der Vegetationsperiode sehr niedrige Bodenwassergehalte auf. Die Austrocknung der Böden erreichte dann im Juni ihren Höhepunkt, so dass den Pflanzen kaum noch Wasser für die Verdunstung zur Verfügung stand. Die überdurchschnittlich hohen Niederschläge im Juli und August haben möglicherweise in Sachsen-Anhalt größere Schäden in den Wäldern verhindert. Die Kiefer konnte ihr Wachstumsdefizit aus dem Frühjahr kompensieren und bewies damit eine gute Anpassungsfähigkeit an extreme Trockenstressbedingungen. Allerdings werden erst die nächsten Jahre zeigen, ob es in den Wäldern von Sachsen-Anhalt nicht zu langfristigen Schäden gekommen ist.



Foto: J. Evers

Simuliertes 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

Die Ergebnisse der laufenden Überwachung des Kleinen und Großen Frostspanners mit Hilfe von Leimringen aus dem Herbst/Winter vergangenen Jahres belegen, dass sich die Frostspanner in Sachsen-Anhalt weiterhin in der Latenzphase befinden. Die Fraßkartierungen im Jahr 2015 haben dies ebenfalls bestätigt.

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 (Eichenfraßgesellschaft) zurückzuführen.

Dennoch wurden auch 2015 an einzelnen Eichen nach wie vor schlechte Vitalitätszustände mit schwacher Belaubung, kleinen, gelben Blättern bis hin zu Absterberscheinungen beobachtet.

Kieferngrößschädlinge und Nonne

Beim Kiefernspanner und der Forleule kam es bei der winterlichen Puppensuche 2014/15 zu Überschreitungen der Warnschwellen. Daraufhin durchgeführte Nachsuchen erbrachten keine kritischen Werte; weder Fraßschäden noch auffälliger Falterflug wurden in diesem Jahr gemeldet.

Die bisherigen Ergebnisse der im Anschluss durchgeführten Überwachung des Falterfluges der Forleule und der Nonne mit Hilfe von Pheromonfallen ergaben keine erhöhten Falterfänge. Bei der Flugüberwachung des Kiefernspinners hingegen kam es zu lokalen Überschreitungen der Warnschwelle im Bereich der Colbitz-Letzlinger Heide.

Mäuse

Die Dichten oberirdisch fressender Kurzschwanzmäuse waren im Herbst 2014 extrem stark angestiegen. Das belegen entsprechende Probefänge, die von der NW-FVA auf Beobachtungsflächen 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 festgestellt wurden. Die Abteilung Waldschutz hat daraufhin im Juli 2015 einen Sommerfang auf denselben Flächen wie im Herbst 2014 durchgeführt. Die Fangergebnisse bestätigen auch weiterhin anhaltend hohe Populationsdichten der Kurzschwanzmäuse.



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

Eschentriebsterben (ETS)

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

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

Auch in Eschenverjüngungen sind die Infektions- und Absterberaten hoch:

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

Insekten und Pilze

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

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

Benadelungsdefizite an älteren Kiefern

Schlechte Benadelungszustände an Kiefer sind ab Ende Mai 2015 erneut im Norden Sachsen-Anhalts aufgefallen. Die Kiefern hatten örtlich nur noch Reste älterer Nadeln und den neuen 2015er Austrieb.

Bei Probenuntersuchungen wurde Folgendes festgestellt: Alle Triebe waren bis zur Triebspitze hin grün im Anschnitt, aber relativ trocken. An den Trieben war leichter Harzfluss zu erkennen. Nur vereinzelt trat Reifungs- / Regenerationsfraß des Waldgärtners auf (Triebschädigung). Die älteren Nadeln (2014 und älter) waren teilweise abgefallen. Die noch anhaftenden älteren Nadeln hatten unterschiedliche braune Bänderungen und Flecken. Bei mykologischen Untersuchungen wurde an einigen braunen Nadelsegmenten Pilz-

befall (*Truncatella* spec., Syn. *Pestalotia* spec.) festgestellt. Der Pilz tritt häufig als Folgeerscheinung von Hitze und Trockenheit auf. Nur sehr vereinzelt wiesen ältere Nadeln Fraß von Rüsselkäfern, Schildläuse und Spinnmilben auf. Der 2015er Austrieb war vorhanden, vielfach waren die Nadeln aber verkürzt. Der Erreger des Diplodia-Triebsterbens (*Sphaeropsis sapinea*) wurde nicht nachgewiesen.

Nach derzeitiger Einschätzung sind die Nadelverfärbungen und -verluste, die insbesondere ältere Nadeln betrafen, und der verkürzte 2015er Austrieb durch Trockenstress bedingt und die Folge erheblicher Niederschlagsdefizite während des Zeitraumes November 2014 bis Mai/Juni 2015. Die diesjährigen schlechten Benadelungszustände der Kiefer ähneln denen des letzten Jahres im nördlichen Sachsen-Anhalt. 2014 handelte es sich um Kronenverlichtungen aufgrund mehrerer komplex wirkender Ursachen, wobei Niederschlagsdefizite ebenfalls maßgeblich zum Schadbild beigetragen hatten.

Im ostdeutschen Raum sind bereits in früheren Jahrzehnten an älteren Kiefern vergleichbare Schadbilder aufgetreten, die mit schütterer Benadelung, Nadelverfärbungen und Abfall älterer Nadeln sowie reduziertem Austrieb und verkürzten neuen Nadeln verbunden waren. Im Zuge der Analyse dieser früheren Krankheitserscheinungen (siehe Ebert et al., 1978) wird betont, dass diese Symptome „verstärkt nach anhaltenden Wärmephasen im Hochwinter“ auftreten. Als Argumente werden eine „negative Kohlendioxid-Bilanz beim Gasstoffwechsel im Winter“ und als Folge eine „nachhaltige physiologische Schwächung“ angeführt. Entsprechende Temperaturverläufe und Wärmephasen waren sowohl im Winter 2013/14 als auch im Winter 2014/15 im Norden Sachsen-Anhalts gegeben.



Benadelungsdefizite/Nadelverluste an älteren Kiefern im nördlichen Sachsen-Anhalt

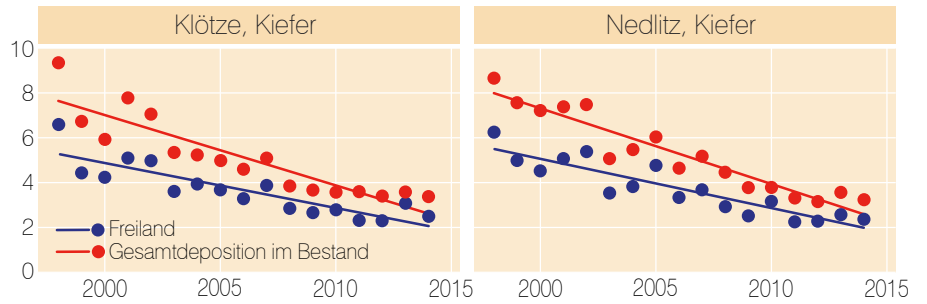
Foto: NW-FVA, Abteilung Waldschutz

Stoffeinträge

Aufgrund des Filtereffektes der Kronen für gas- und partikelförmige Luftverunreinigungen sind Wälder stärker als alle anderen Landnutzungsformen durch anthropogen verursachte Stoffeinträge von Sulfatschwefel und Stickstoffverbindungen belastet. In Sachsen-Anhalt werden im Rahmen des Forstlichen Umweltmonitorings seit 1998 die Stoffeinträge in zwei Kiefernbeständen im Fläming (Nedlitz) und in der Altmark (Klötze) erfasst, um die Auswirkungen erhöhter Stoffeinträge sowie damit verbundener Risiken für Wälder, Waldböden und angrenzende Ökosysteme zu untersuchen. Um Erkenntnisse zum Einfluss der Baumart u.a. auf die Höhe der Stoffeinträge unter gleichen klimatischen und standörtlichen Bedingungen zu gewinnen, wird seit 2013 in Klötze zusätzlich der Stoffeintrag auf einer benachbarten Intensivmessfläche der Baumart Douglasie gemessen.

Obwohl mit der langjährigen Erfassung der Stoffeinträge erst 1998 begonnen wurde,

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

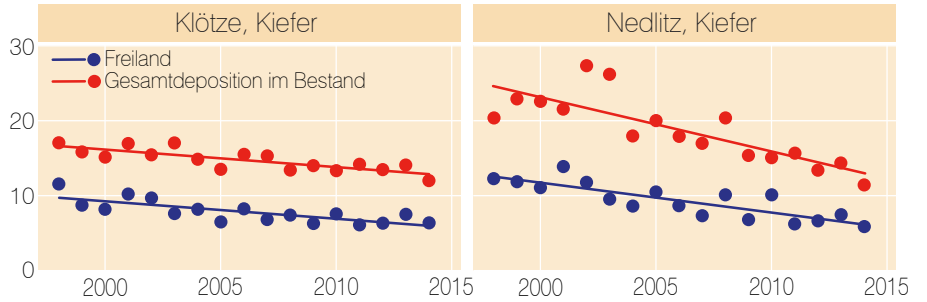


Foto: J. Evers

als der Schwefeleintrag im Vergleich zu den 1980er Jahren durch die konsequente Umsetzung von Maßnahmen zur Luftreinhaltung bereits auf einem niedrigen Niveau lag, hat er seitdem weiter deutlich abgenommen. Er sank in Klötze unter Kiefer von 9,4 kg pro Hektar (1998) auf 3,4 kg pro Hektar im Jahr 2014 und in Nedlitz im gleichen Zeitraum von 8,7 auf 3,2 kg pro Hektar. Dies entspricht einem Rückgang um 64 % und bedeutet eine große Entlastung für das Ökosystem. Unter Douglasie betrug der Sulfatschwefeleintrag 2014 5,3 kg pro Hektar und war damit 1,6mal so hoch wie unter Kiefer.

Seit Jahrzehnten wird den Wäldern mehr Stickstoff zugeführt, als sie für ihr Wachstum nachhaltig benötigen. Hauptquellen für Stickstoff sind der Kfz-Verkehr (Nitratstickstoff) sowie die Landwirtschaft (Ammoniumstickstoff). Durch den erhöhten Eintrag kommt es zu einer Stickstoffanreicherung im Boden mit zunächst schleichenden, langfristig jedoch gravierenden Konsequenzen für den Wald sowie angrenzende Ökosysteme wie Fließ- und Grundgewässer. Folgen zu hoher Stickstoffeinträge sind z. B. eine Verschiebung des Artengefüges der Wälder, Nährstoffungleichgewichte in den Pflanzen, Bodenversauerung und ein erhöhter Nitrataustrag mit dem Sickerwasser. Auf beiden Flächen summiert sich der Stickstoffüberschuss (atmosphärischer anorganischer Stickstoffeintrag abzüglich Bedarf für das Bestandeswachstum) seit 1998 auf ca. 200 kg pro Hektar.

Der Nitratstickstoffeintrag liegt in beiden Untersuchungsgebieten im langjährigen Mittel in der gleichen Größenordnung und hat sowohl im Freiland als auch in der Kronentraufe seit 1998 signifikant abgenommen. Er betrug 2014 im Freiland 2,6 kg pro Hektar (Nedlitz) bzw. 2,9 kg pro Hektar (Klötze) und mit der Kronentraufe unter Kiefer 5 kg pro Hektar (Nedlitz und Klötze). Unter Douglasie war er um rund 30 % höher als unter Kiefer und betrug 6,7 kg pro Hektar.

Stoffeinträge

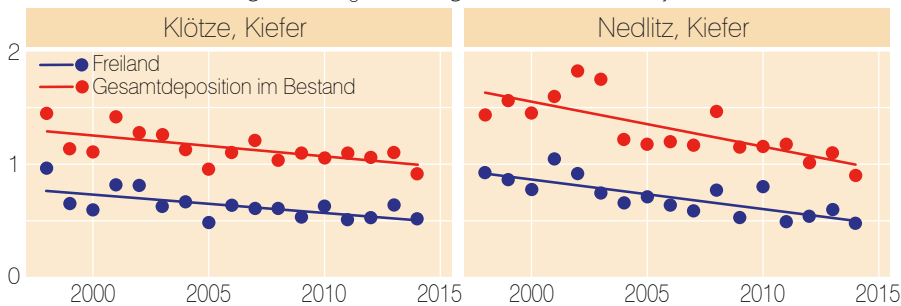
Unterschiede zwischen den beiden Flächen zeigen sich hingegen beim Ammonium. Zu Beginn der Messungen waren in Nedlitz die Einträge von Ammoniumstickstoff sowohl im Freiland als auch unter Kiefer deutlich höher als in Klötze, was vermutlich durch die räumliche Nähe zu lokalen Emittenten bedingt war. Seitdem nahm der Eintrag in Nedlitz jedoch sowohl im Freiland (jährliche Abnahme pro Hektar: Nedlitz: -0,32 kg, Klötze: -0,15 kg) als auch mit der Gesamtdeposition (jährliche Abnahme pro Hektar: Nedlitz: -0,57 kg, Klötze: -0,12 kg) deutlich stärker ab, so dass 2014 der Ammoniumstickstoffeintrag unter Kiefer in Nedlitz mit 6,5 kg pro Hektar geringer war als in Klötze (7,0 kg pro Hektar).

Der höchste Eintrag von Ammoniumstickstoff ist 2014 mit 8,1 kg pro Hektar mit der Kronentraufe unter Douglasie zu verzeichnen. Trotz des kontinuierlichen Rückgangs des Stickstoffeintrags übersteigt der Eintrag nach wie vor den Bedarf des Waldes.

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 seelabflüchtige Anteile; Gauger et al., 2002).

2014 betrug der Gesamtsäureeintrag pro Hektar zwischen 0,9 kmol_c (Kiefer Nedlitz) und 1,2 kmol_c (Douglasie). Im Mittel

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



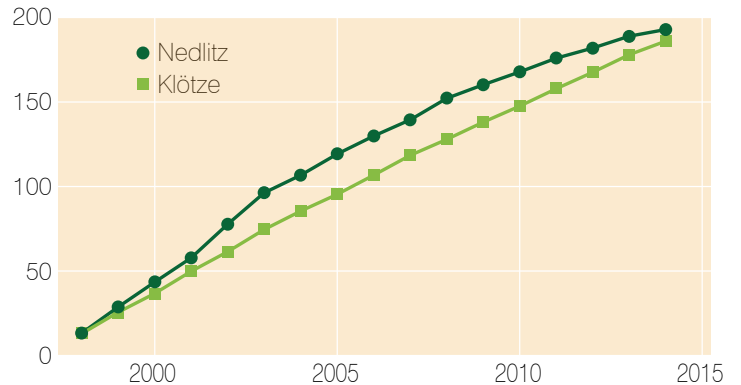
kmol_c (Kilomol charge) = Menge an Ladungsäquivalenten. Sie berechnet sich wie folgt: Elementkonzentration multipliziert mit der Wertigkeit des Moleküls (= Ladungsäquivalente pro Molekül), dividiert durch das Molekulargewicht. Multipliziert mit der Niederschlagsmenge ergibt sich die Fracht an Ladungsäquivalenten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



Level II-Fläche Klötze (Bestandesfläche)

Foto: NW-FVA

Summarischer Stickstoffüberschuss (kg pro Hektar) in Klötze und Nedlitz



hat der Säureeintrag unter Kiefer seit 1998 jährlich pro Hektar um 0,04 kmol_c (Nedlitz) bzw. 0,02 kmol_c (Klötze) abgenommen.

Aufgrund der geringen Basenvorräte im Boden übersteigen die Gesamtsäureeinträge trotz des Rückgangs nach wie vor die nachhaltige Säurepufferkapazität der untersuchten Bestände.

Eine standortsangepasste Bodenschutzkalkung zum Schutz der Waldböden und ihrer Filterfunktion ist daher zu empfehlen.

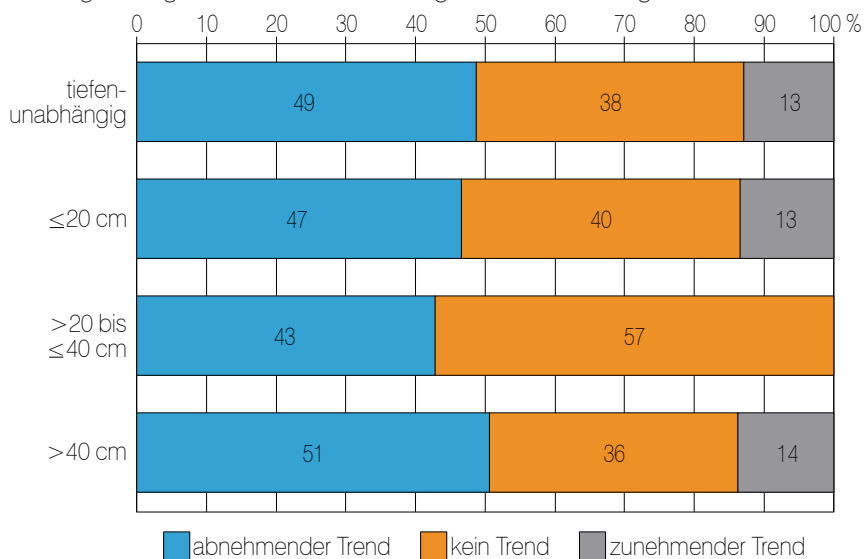
Trends in der Bodenlösung von Waldökosystemen

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.

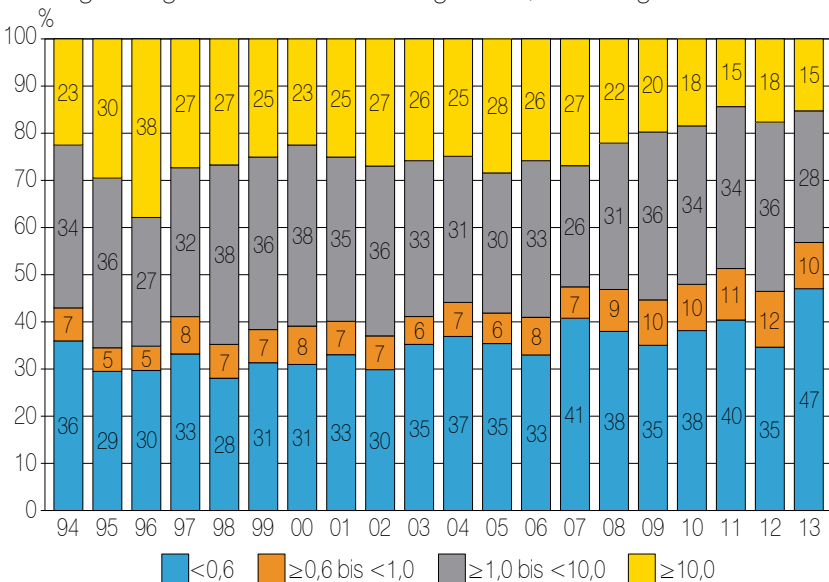
Grundlage der Auswertungen war die chemische Zusammensetzung der Bodenlösung aus den Jahren 1994–2013. Sie stammen von 37 Intensiv-Monitoringflächen der NW-FVA, auf denen Buchen- (18), Douglasien- (1), Eichen- (2), Fichten- (10) oder Kiefern-Bestände (6) stocken und auf denen jeweils in mehreren Tiefenstufen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

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

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



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

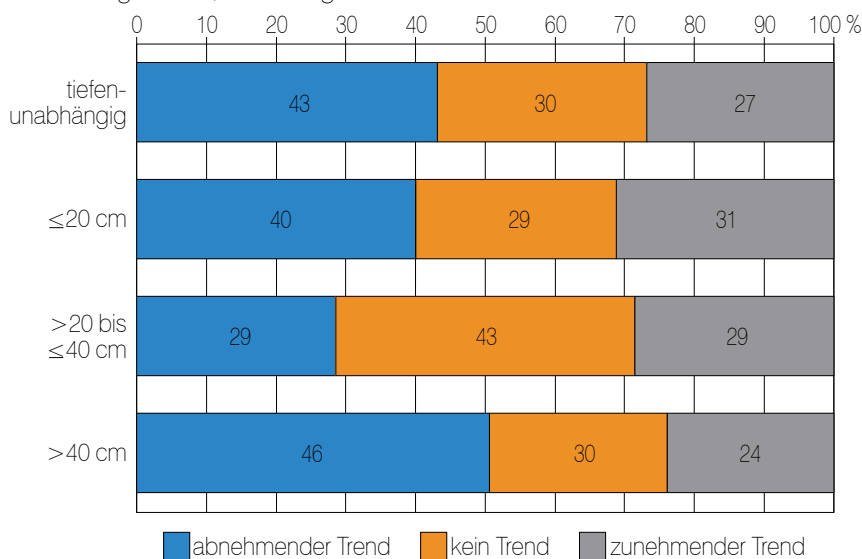


Trends in der Bodenlösung von Waldökosystemen

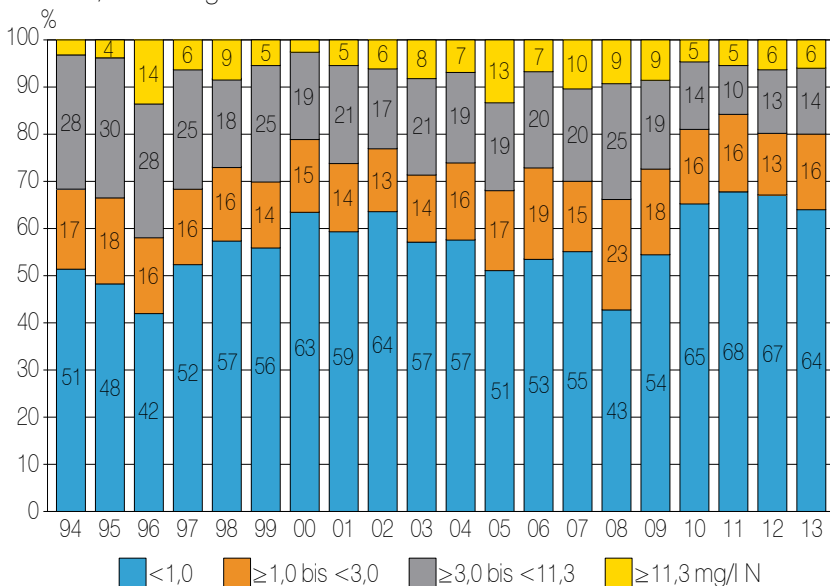
minium-Toxizität bzw. einer gestörten Nährstoffaufnahme ausgegangen. Das Bc/Al-Verhältnis unterlag zwischen 1994-2013 tiefenunabhängig in fast der Hälfte aller Fälle einem signifikant abnehmenden Trend (Abbildung Seite 31 oben). Demnach nahmen die Aluminiumanteile in der Bodenlösung im Vergleich zu den 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 „>20 bis ≤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 31 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 „≥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 „≥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 % zunehmend, 27 % abnehmend, Abbildung Seite 32 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 32 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 Standortskartierung 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 Standortskartierung 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.

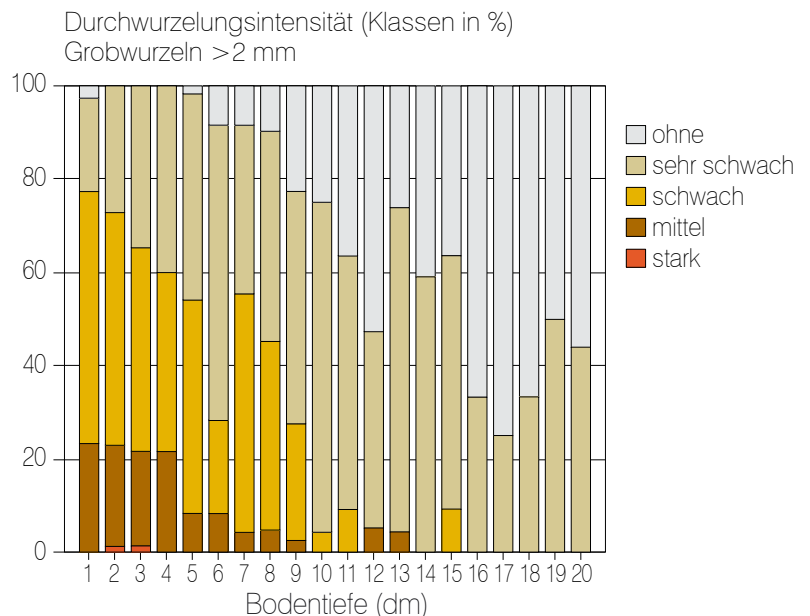
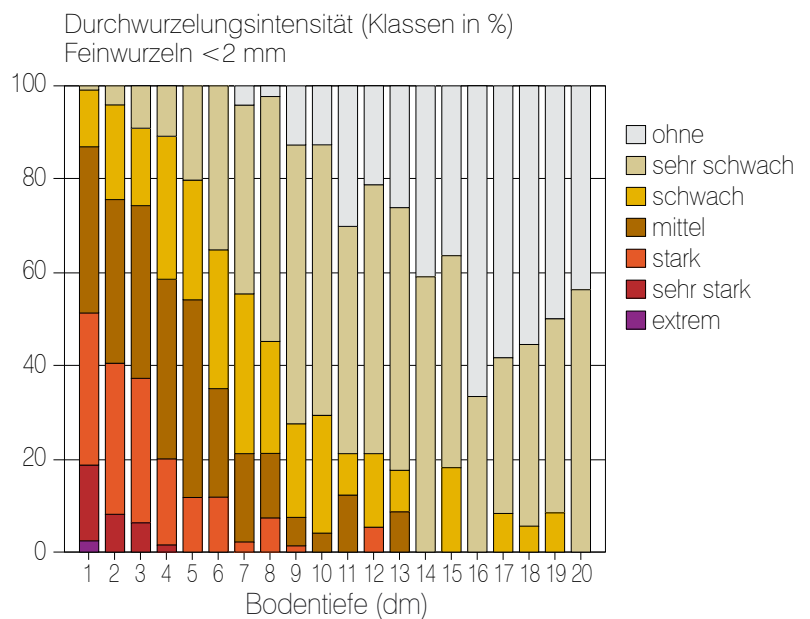
Hinsichtlich der Fragestellung, bis zu welcher Bodentiefe die Nährstoffvorräte für den Wald kalkuliert werden sollten, ist der durchwurzelte Boden entscheidend. Doch wie tief reicht der Wurzelraum? Neben den von Baumarten und -alter abhängigen, genetisch vorgegebenen Grundformen der Ausbildung verschiedener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



Bodenchemie und Durchwurzelung in tieferen Bodenschichten



Foto: V. Steinmann

lungsklassen an den 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 Standortpotentialen 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 36 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

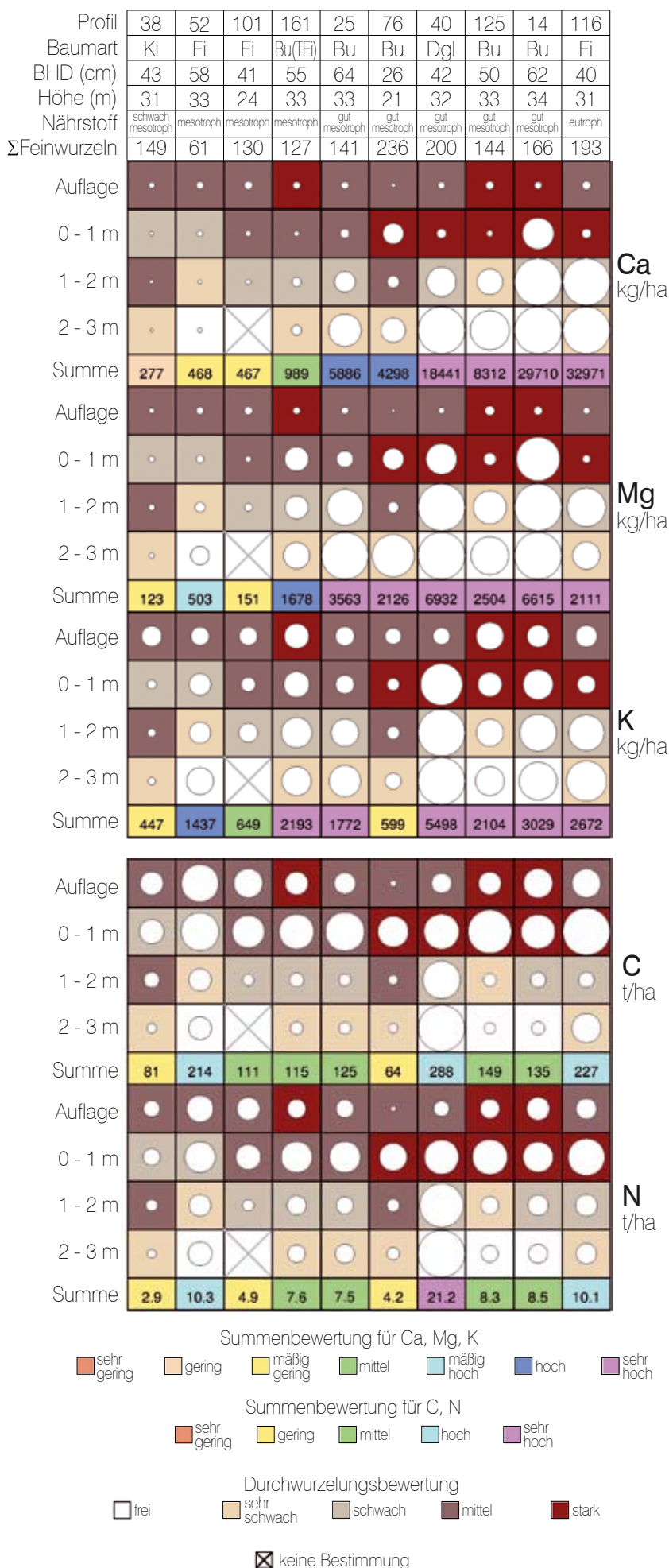
Bodenchemie und Durchwurzelung in tieferen Bodenschichten

Standortsaufnahme (AK Standortkartierung 2003) und sind entsprechend in der forstlichen Standortkartierung 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 Nährstoff versorgten 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 Konkurrenzkräft 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.



Boden-Dauerbeobachtung

Im Rahmen des Boden-Dauerbeobachtungsprogramms des Landes Sachsen-Anhalt werden seit nunmehr 25 Jahren gemäß Ausführungsgesetz des Landes Sachsen-Anhalt zum Bundes-Bodenschutzgesetz (BodSchAG LSA, GVBl. LSA Nr. 21/2002) notwendige Informationen zur Erfüllung bodenschutz- und altlastengesetzlicher Aufgaben erhoben. Das Boden-Dauerbeobachtungsprogramm wird in Sachsen-Anhalt von verschiedenen Institutionen durchgeführt. Das Landesamt für Umweltschutz koordiniert die praktische Durchführung der Erhebungen und führt neben den Erhebungen zu persistenten organischen Schadstoffen und Regenwürmern weitere bodenbiologische Untersuchungen und regelmäßige Vegetationsaufnahmen auf Dauerquadraten durch. Das Landesamt für Geologie und Bergbau führt in einem 10-jährigen Zyklus Bodeninventuren durch. Alle wichtigen Bodennähr- und Schadstoffe werden in den Bodenproben analysiert. Die Landesanstalt für Landwirtschaft, Forsten und Gartenbau erfasst die Bewirtschaftung auf den landwirtschaftlich genutzten Boden-Dauerbeobachtungsflächen, beprobt die jeweiligen Nutzpflanzen und die applizierten Dünger und erhebt den jährlichen Ertrag der Feldfrüchte. Die Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt führt mit



BDF Biberwerder

Foto: NW-FVA, Abteilung Waldwachstum



BDF Hohes Holz

Foto: NW-FVA, Abteilung Waldwachstum

der Erhebung des Wachstums und des Kronen- und Ernährungszustandes der Waldbestände die forstlich relevanten Untersuchungen auf forstlich genutzten Boden-Dauerbeobachtungsflächen durch. Auf drei Intensiv-Boden-Dauerbeobachtungsflächen, die zugleich in das Level II-Programm integriert sind, werden darüber hinaus Untersuchungen zu Prozessen in Waldökosystemen durchgeführt. Das Boden-Dauerbeobachtungsprogramm wird durch eine interministerielle Arbeitsgruppe mit Vertretern der beteiligten Institutionen und Ministerien koordiniert.

Ein zentraler Bestandteil des Monitorings auf den Intensiv-Boden-Dauerbeobachtungsflächen ist die Ermittlung von Stoffflüssen mit dem Niederschlag und dem Bodensickerwasser. Dafür sind drei Flächen entsprechend messtechnisch ausgerüstet, von denen zwei mit Kiefer und eine mit Douglasie bestockt sind. Am Standort Klötze werden auf vergleichbaren Standortsverhältnissen Kiefer und Douglasie in unmittelbarer Nachbarschaft beobachtet, so dass hier der Einfluss der unterschiedlichen Bestockung auf ökosystemare Prozesse direkt abgeleitet werden kann.

Boden-Dauerbeobachtung

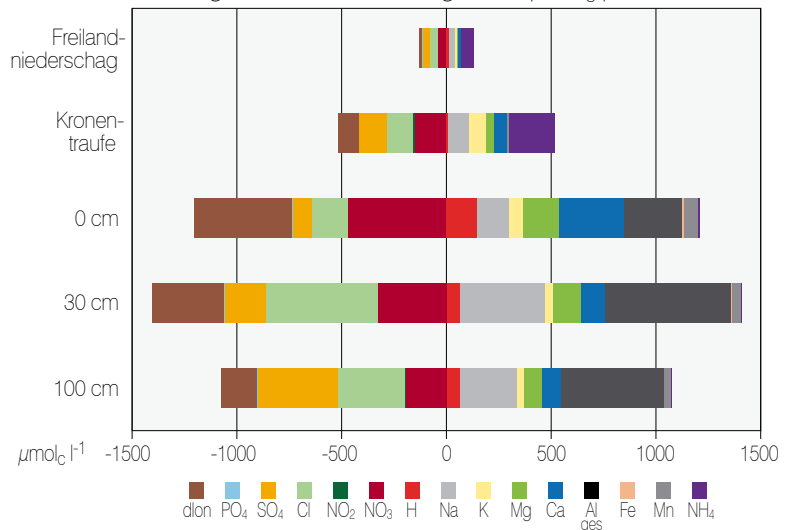
Die Analyse der Zusammensetzung der Kationen und Anionen im Wasserfluss durch die beobachteten Wald-Ökosysteme im Zeitraum 01/2013 bis 08/2015 zeigt eine ähnliche Stoffbefrachtung der beiden Kiefernflächen, während sich die Douglasienfläche davon deutlich unterscheidet (siehe Abbildungen rechts). Wichtigste Kation im Niederschlag (Freilandniederschlag und Kronentraufe) aller drei Flächen ist Ammonium (NH_4), während Nitrat (NO_3) das mengenmäßig bedeutendste Anion ist. Im Sickerwasser ist NH_4 kaum noch vorhanden; stattdessen gewinnt Aluminium (Al) an Bedeutung. Dies ist darauf zurückzuführen, dass Al durch saure Lösungen aus den Bodenmineralien gelöst wird. Der hohe Gehalt an Säure im Sickerwasser (erkennbar in den Abbildungen rechts an den Anteilen freier Säure H) ist u. a. auf die Aufnahme von NH_4 durch die Vegetation oder die Umwandlung zu Nitrat zurückzuführen, bei der ein bzw. zwei Säureäquivalente gebildet werden.



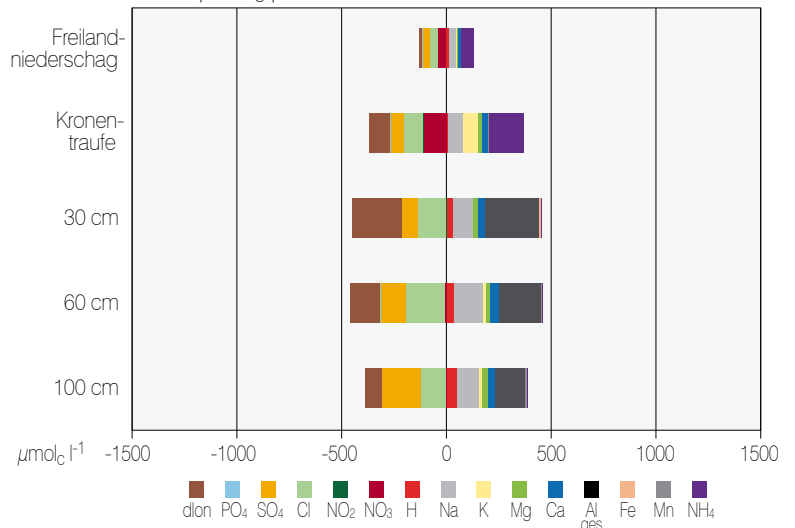
BDF Brocken

Foto: NW-FVA, Abteilung Waldwachstum

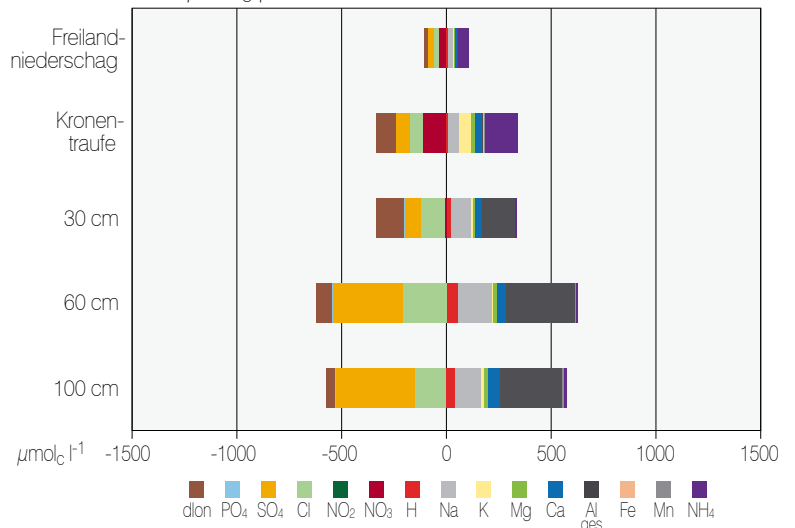
Zusammensetzung der Wasserflüsse mit dem Freilandniederschlag, der Kronentraufe und der Bodenlösung unter der Humusaufgabe (0 cm) sowie in 30 cm und 100 cm Tiefe des Mineralbodens auf der Boden-Dauerbeobachtungsfläche Klötze 2 Douglasie in μmol_c pro Liter



Zusammensetzung der Wasserflüsse mit dem Freilandniederschlag, der Kronentraufe und der Bodenlösung in 30 cm, 60 cm und 100 cm Tiefe des Mineralbodens auf der Boden-Dauerbeobachtungsfläche Klötze 1 Kiefer in μmol_c pro Liter



Zusammensetzung der Wasserflüsse mit dem Freilandniederschlag, der Kronetraufe und der Bodenlösung in 30 cm, 60 cm und 100 cm Tiefe des Mineralbodens auf der Boden-Dauerbeobachtungsfläche Nedlitz Kiefer in μmol_c pro Liter



(dlon = Summe Kationen – Summe Anionen, Mittelwerte 1/2013 bis 8/2015)

Boden-Dauerbeobachtung

Nitrat ist im Sickerwasser nur auf der Douglasienfläche in größeren Mengen zu finden. Vermutlich wird Stickstoff in den beiden Kiefernwaldökosystemen sehr effektiv recycelt bzw. gespeichert. Das Douglasienökosystem kann hingegen offenbar nicht den gesamten eingetragenen Stickstoff (siehe Beitrag Stoffeinträge) verwerten, wodurch es zu einem Austrag relevanter Stickstoffmengen in das Grundwasser kommt.

Auf allen drei Flächen ist eine Zunahme der Sulfatgehalte (SO₄) im Sickerwasser zu beobachten, die zwischen 30 und 100 cm Bodentiefe besonders ausgeprägt ist. Dies deutet auf eine Remobilisierung von zwischengespeicherter Schwefel hin, die aufgrund der zurückgehenden Sulfateinträge eingesetzt hat. Ökologisch bedeutsam ist dies wegen der damit verbundenen Freisetzung von Säure. Somit wird der Effekt abnehmender Säureinträge durch diesen Prozess teilweise kompensiert.

Insbesondere die Kiefernflächen weisen sehr niedrige Gehalte an basischen (Nährstoff-) Kationen im Sickerwasser auf. Damit besteht das Risiko unzureichender Versorgung der Waldbäume mit diesen Nährstoffen.

Die durch Nadel- bzw. Blattanalyse erfasste Ernährungssituation der forstlich genutzten Boden-Dauerbeobachtungsflächen zeigt für die Nadelbaumarten Fichte und Kiefer geringe bis sehr geringe Magnesiumgehalte (siehe Tabelle rechts). Für Calcium und Kalium werden meist mittlere bis sehr hohe Gehalte gefunden. Vereinzelt wurde jedoch auch für diese Nährstoffe eine Mangelernährung (Ernährungsstufe gering und sehr gering) gefunden. Die Ernährung mit Stickstoff ist aufgrund der hohen Stickstoffeinträge in den meisten Fällen gut bis sehr gut, während Phosphor auf den meisten Boden-Dauerbeobachtungsflächen mangelhaft zur Verfügung steht.

Gehalte von Stickstoff (N), Phosphor (P), Kalium (K), Calcium (Ca) und Magnesium (Mg) in Blattorganen der Waldbestände von BDF in Sachsen-Anhalt (Mittelwerte in mg pro g; Ernährungsstufe für Kiefer, Fichte, Buche nach Arbeitskreis Standortkartierung (2003), für Eiche, Birke, Schwarzkiefer nach Krauß und Heinsdorf (2005), für Weißesche, Esche, Bergahorn nach van den Burg (1985))

BDF	Baumart	N	P	K	Ca	Mg
44 Hohes Holz	Buche	24,1	1,22	6,54	8,69	1,47
58 Hasselfelde	Buche	17,9	1,05	6,53	6,75	1,52
59 Auerberg	Buche	25,2	1,31	6,34	7,91	1,06
60 Friedrichrode	Buche	24,8	1,31	6,77	7,75	1,63
21.2 Biberwerder	Eiche	25,7	1,84	9,31	7,25	2,12
44 Hohes Holz	Eiche	26,0	1,29	6,42	5,84	1,23
55 Ziegelroda	Eiche	24,4	1,89	10,27	10,13	1,80
56.1 Frankroda	Eiche	25,4	1,39	7,30	6,94	1,19
21.1 Biberwerder	Weißesche	27,9	1,96	14,5	10,48	2,06
22 Steckby	Weißesche	28,6	2,16	12,5	12,19	2,78
25 Salegaster Aue	Esche	30,5	1,60	12,9	21,3	3,98
25 Salegaster Aue	Bergahorn	27,4	1,53	10,07	19,73	2,79
27 Tangerhütte	Birke	27,4	1,30	6,76	7,43	2,10
56.2 Frankroda	Fichte	18,0	1,56	5,38	7,1	1,02
57 Schierke	Fichte	12,7	1,20	4,44	3,21	0,79
65 Brocken	Fichte	13,4	0,87	3,79	3,01	0,97
66 Güntersberge	Fichte	13,7	1,39	3,61	4,08	0,93
05.1 Klötze	Kiefer	15,8	1,08	4,85	2,37	0,59
11 Nedlitz	Kiefer	16,9	1,36	4,49	3,58	0,86
06 Born	Kiefer	16,0	1,43	5,36	3,01	0,81
07 Colbitz	Kiefer	18,2	1,73	5,75	3,55	1,03
08 Arendsee	Kiefer	16,6	1,29	5,08	2,74	0,95
15 Goitsche	Kiefer	15,6	1,62	5,97	3,71	0,99
15 Goitsche	Schwarzkiefer	13,9	1,20	3,67	4,73	1,20

Ernährungsstufe

■ sehr gering
 ■ gering
 ■ mittel
 ■ hoch
 ■ sehr hoch

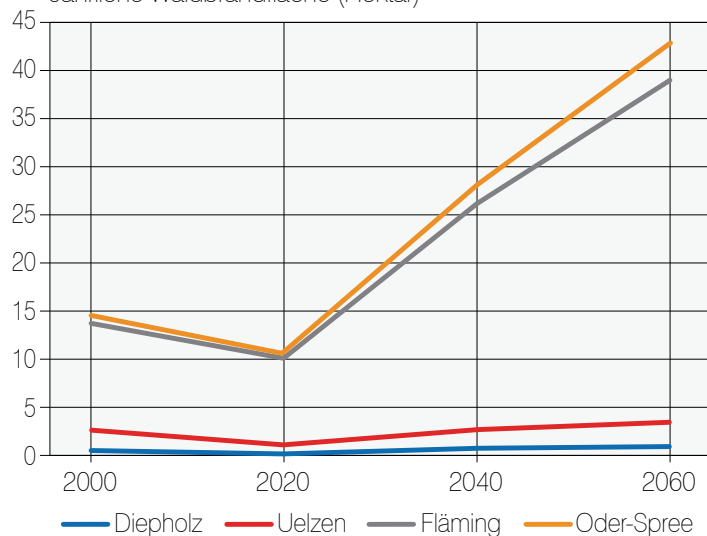


BDF Arendsee

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

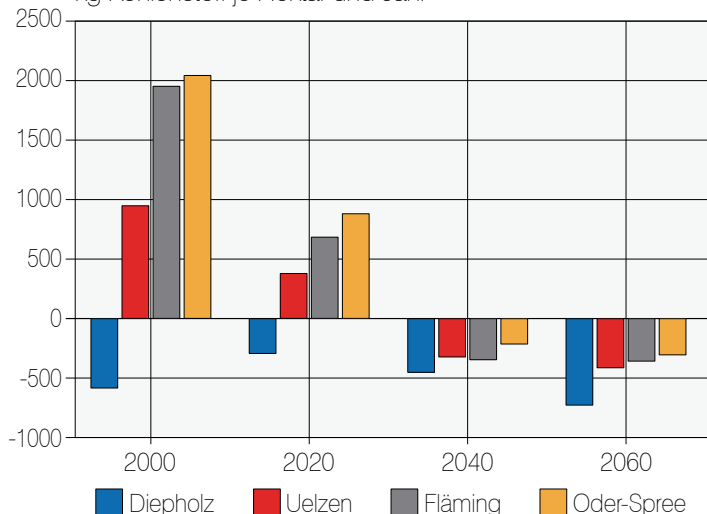


Foto: J. Weymar

Klimawandel und Nachhaltiges Landmanagement im norddeutschen Tiefland

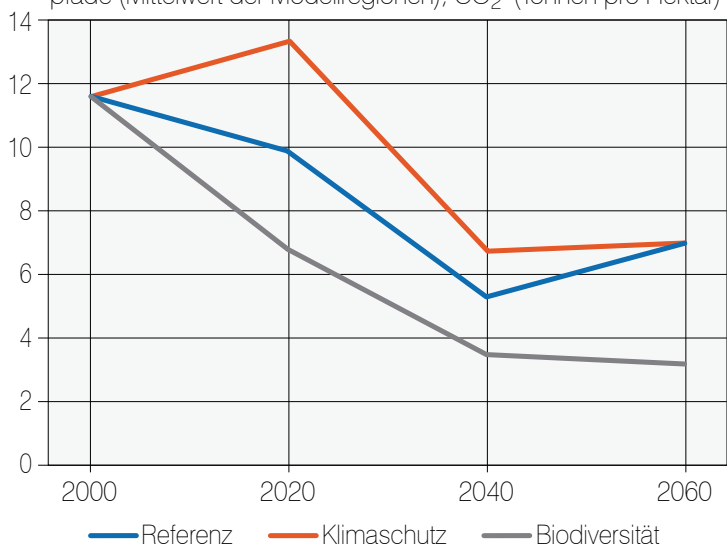


Foto: J. Evers

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 & 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 40 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 & 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 40 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

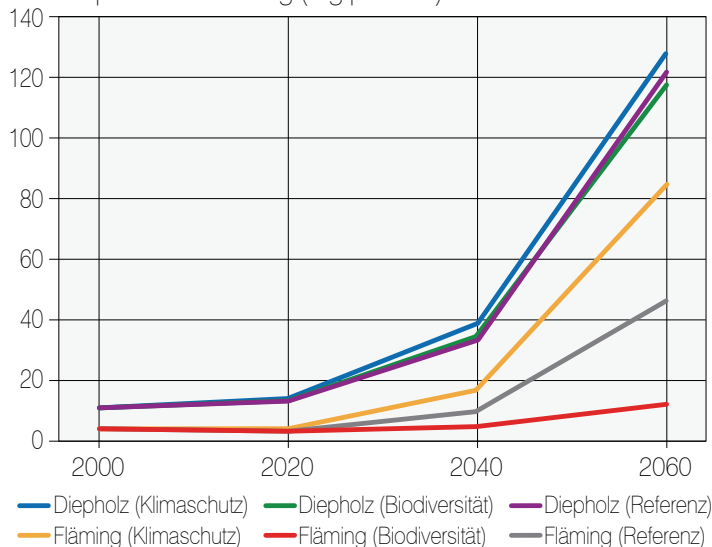
Klimawandel und Nachhaltiges Landmanagement im norddeutschen Tiefland

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 alternativen 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 Waldböden 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 Standortsaufnahme. 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): BMELV-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.
- 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
- Ebert W, Häußler D, Kessler W, Kulicke H, Templin E, Jarisch O (1978): Bestimmungsbuch der wichtigsten Kieferschädlinge und -krankheiten. Berlin, Deutscher Landwirtschaftsverlag
- 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
- 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
- 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)
- Krauß HH & Heinsdorf D (2005): Ernährungsstufen für wichtige Wirtschaftsbaumarten. Beitr. Forstwirtschaft u. Landschaftsökologie 39,172–179
- Kutschera L & Lichtenegger E (2013): Wurzelatlas mitteleuropäischer Waldbäume und Sträucher. Graz: Stocker Verlag, 2. Auflage, 604 S.
- 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
- Van den Burg J (1985): Foliar analysis for determination of tree nutrient status—A compilation of literature data. Rijksinstituut voor onderzoek in de bos- en landschapsbouw „de Dorschkamp“, Wageningen, Niederlande
- 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.



SACHSEN-ANHALT

Ministerium für
Landwirtschaft und Umwelt

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.; Winter, T.
und Eichhorn, J.

Titelfotos: Evers, J.

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.mlu.sachsen-anhalt.de

Diese Druckschrift wird im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit der Sachsen-Anhaltinischen 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.