



Waldzustandsbericht 2012



Vorwort



Sehr geehrte Leserin, sehr geehrter Leser,

vor wenigen Wochen wurden die Freilanduntersuchungen für die diesjährige Waldzustandserhebung beendet und die wissenschaftlichen Auswertungen abgeschlossen. Die wichtigsten Ergebnisse für das Jahr 2012 sind zu Ihrer Information in dieser Broschüre zusammengestellt.

Die jährliche Waldzustandserhebung ist mit der waldfächen-repräsentativen Dokumentation des Kronenzustandes auf Grundlage von Stichproben seit nahezu drei Jahrzehnten wichtiger Bestandteil des Forstlichen Umweltmonitorings, das sich darüber hinaus auch dem Bodenzustand und der intensiven Dauerbeobachtung ausgewählter Waldökosysteme widmet.

Waldbesitzer wie Forstleute müssen sich auf neue Risiken einstellen, die der Klimawandel für die Forstwirtschaft mit sich bringt. Ein besonderes Augenmerk gilt der Schädlingsentwicklung, die je nach Witterungsverlauf jährlich stark schwanken kann.

Seit 2010 beobachten wir eine intensive Vermehrung der so genannten Eichenfraßgesellschaft, an der Raupen verschiedener Kleinschmetterlinge beteiligt sind. Die Fraßereignisse haben den Anteil der starken Schäden in den Kronen alter Eichen auf fünf Prozent ansteigen lassen. Beim Ausbleiben geeigneter Gegenmaßnahmen droht ein schleichender Verlust der befallenen Alteichenwälder. Eine solche Entwicklung wäre insbesondere aus ökologischen Gesichtspunkten nicht vertretbar.

Ich lade Sie ein, sich anhand ausgewählter Themenbeiträge am Ende dieser Broschüre über weitere aktuelle Forschungsergebnisse der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt (NW-FVA) in Göttingen zu informieren. Die NW-FVA ist eine länderübergreifende Forschungs- und Beratungseinrichtung für Niedersachsen und seine Partnerländer. Ihren Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern obliegt die praxisorientierte forstliche Forschung und Beratung für rund ein Viertel des deutschen Waldes.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Gert Lindemann'.

Gert Lindemann
Niedersächsischer Minister
für Ernährung, Landwirtschaft,
Verbraucherschutz und Landesentwicklung

Hauptergebnisse

Waldzustandserhebung

Die mittlere Kronenverlichtung der Waldbäume in Niedersachsen liegt seit 1997 zwischen 13 % und 17 %. Der diesjährige Wert beträgt 16 %.

Die Baumarten reagieren unterschiedlich auf die verschiedenen Einflussfaktoren. Für die Interpretation der Ergebnisse ist es daher wichtig, die Baumarten getrennt zu betrachten und den Anteil der Baumart an der Waldfläche zu berücksichtigen. Die Baumartenverteilung in der WZE-Stichprobe in Niedersachsen ergibt für die Kiefer einen Flächenanteil von 38 %, die Fichte ist mit 19 %, die Buche mit 16 % und die Eiche mit 7 % an der WZE-Stichprobe vertreten. Die anderen Laub- und Nadelbäume nehmen einen Anteil von 20 % ein.

Die ältere Kiefer hat im Beobachtungszeitraum ein relativ geringes Kronenverlichtungsniveau beibehalten. Auch 2012 setzt sich diese Tendenz fort, die mittlere Kronenverlichtung liegt bei 15 %. Der Kronenzustand der Kiefer ist weiterhin markant besser als der von Fichte, Buche und Eiche.

Bei der älteren Fichte wird seit Beginn der Zeitreihe der Waldzustandserhebung ein anhaltend hoher Verlichtungsgrad festgestellt. Mit einer mittleren Kronenverlichtung von 30 % wird wie schon im Vorjahr ein vergleichsweise hoher Wert erreicht.

Während für Kiefer und Fichte seit Beginn der Erhebungen 1984 im Niveau der Kronenverlichtungen nur wenig Veränderungen zu beobachten sind, ist bei den Laubbaumarten Buche und Eiche eine Verschlechterung im Zeitverlauf eingetreten. Die Kronenverlichtungswerte liegen für beide Laubbaumarten derzeit etwa doppelt so hoch wie zu Beginn der Zeitreihe. Bei der älteren Buche wurde im Vorjahr mit 33 % der bislang höchste Wert in der Zeitreihe ermittelt, in 2012 ist eine Verbesserung

des Belaubungszustandes festzustellen (28 % mittlere Kronenverlichtung). Diese Entwicklung steht mit der Fruchtbildung in Zusammenhang, im Vorjahr wurde die intensivste Fruchtbildung seit Beginn der Erhebung festgestellt, in 2012 dagegen wurde keine mittlere und starke Fruchtbildung beobachtet.

Die ältere Eiche ist derzeit mit einer mittleren Kronenverlichtung von 34 % die am stärksten verlichtete Baumart in Niedersachsen. Schäden durch die Eichenfraßgesellschaft haben sich wie im Vorjahr insgesamt negativ auf den Kronenzustand der Eiche ausgewirkt.

Im Jahr 2011 liegen die Verlichtungswerte der anderen Laub- und Nadelbäume (alle Alter) bei 11 % bzw. 8 %.

Der Anteil starker Schäden für alle Baumarten und Alter (1,7 %) und die Absterberate (0,2 %) liegen 2012 über den Mittelwerten der Zeitreihe aber weiterhin auf einem insgesamt geringen Niveau.

Witterung und Klima

Auf den Winter 2011/2012 mit unterdurchschnittlichen Niederschlägen folgte ein sehr warmes, trockenes und sonnenscheinreiches Frühjahr. Der März 2012 gehört zu den wärmsten und trockensten Märzmonaten seit 1901 in Deutschland. Von Februar bis Mai fielen nur 53 % der durchschnittlichen Niederschläge, erst im Juli 2012 wurde dieses Defizit teilweise ausgeglichen.

Seit Ende der 1980er Jahre zeigt sich in Niedersachsen die Tendenz zu durchschnittlichen Temperaturen oberhalb des langjährigen Mittels. Bei den Niederschlägen sind erhebliche Schwankungen vor allem in den Sommermonaten für die Zeitreihe 1984-2012 typisch, Trends in den durchschnittlichen Niederschlägen zeichnen sich nicht ab.



Foto: H. Heinemann

Hauptergebnisse

Waldschutz

Witterungsextreme in Kombination mit wiederholtem, starkem Blattfraß können lokal starke Schäden an Eichen auslösen. Auf vielfältige Weise wird dadurch die Wasserversorgung des Baumes beeinträchtigt. Zudem führen starker Blattfraß und nachfolgender Befall durch Mehltau dazu, dass betroffene Eichen nur wenige Wochen im Jahr eine intakte Belaubung aufweisen, mit der Folge stark verminderter Einlagerung von Reservestoffen und dem Rückgang funktionsfähiger Feinwurzeln.

Sowohl das Eschentriebsterben als auch in Kieferbeständen das *Diplodia*-Triebsterben sind inzwischen in Niedersachsen weit verbreitet.

Stoffeintrag

Messungen zum Stoffeintrag in Waldökosysteme werden auf Flächen des Intensiven Monitorings durchgeführt. Dabei sind die Einträge von Schwefel und Stickstoff für die Waldökosysteme von besonderer ökologischer Bedeutung, da sie maßgeblich zur Bodenversauerung und zur Nährstoffauswaschung beitragen. Durch erfolgreiche Luftreinhaltemaßnahmen sind die Schwefeleinträge in die Wälder deutlich zurückgegangen, bei den Stickstoffeinträgen wird eine leicht rückläufige Tendenz festgestellt. Dennoch übersteigen die Gesamtsäureeinträge das Puffervermögen der meisten Waldstandorte.

Bodenzustandserhebung (BZE)

Die BZE II zeigt, dass für die gekalkten Standorte die Ziele der Bodenschutzkalkung erreichbar sind: Schutz des Waldbodens vor weiterer Versauerung, Verhinderung einer in die Tiefe fortschreitenden Versauerung und die Verbesserung des chemischen und biologischen Bodenzustandes. Auf ungekalkten ärmeren Standorten, vor allem bei der Substratgruppe der unverlehnten Sande, haben sich die bodenchemischen Verhältnisse hingegen weiter verschlechtert, hier sollten Kalkungsmaßnahmen erste Priorität haben. Reiche, gut nährstoffversorgte Waldstandorte z. B. auf Muschelkalk haben sich hinsichtlich der durchschnittlichen Basensättigung kaum verändert. Auf mittel nährstoffversorgten Standorten wie Lößlehm, Tonschiefer- oder Grauwacke-Standorten sind zur Verbesserung des bodenchemischen Milieus im Oberboden Kalkungen ebenfalls sinnvoll, da auch bei diesen Standorten kritische Zustände hinsichtlich der Basensättigung vorherrschen.

Zur Nachhaltigkeit der Vollbaumnutzung

Die NW-FVA unterstützt die Betriebe mit Empfehlungen zur Intensität der Holznutzung mit dem Ziel der Wahrung der Nährstoffnachhaltigkeit der Waldböden. Nur auf besser nährstoffversorgten Standorten kann eine Ernte der gesamten oberirdischen Baumbiomasse (Vollbaumnutzung) erfolgen. Mit der Vollbaumnutzung wird dem Wald im Vergleich zur konventionellen Derbholznutzung zusätzliche Biomasse entnommen. Dabei zeigen sich deutliche Unterschiede zwischen den Baumarten.



Foto: J. Evers

Forstliches Umweltmonitoring

Johannes Eichhorn, Uwe Paar und Inge Dammann

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

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

Das Forstliche Umweltmonitoring geht ursprünglich von den Fragestellungen der Genfer Luftreinhaltkonvention (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. 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.

Das ICP Forests (International Co-operative Programme on Assessment and Monitoring of Air Pollution Effects on Forests) ist ein Monitoringprogramm zum Waldzustand in Europa. Zurzeit sind 41 Staaten beteiligt.

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



Wartung von Bodenfeuchtemessgeräten

Foto: H. Heinemann

an den dort definierten Standards (ICP Forests 2010) ist ein hinsichtlich inhaltlicher Tiefe, räumlicher Repräsentanz, Langfristigkeit, Datenqualität und internationaler Vergleichbarkeit weltweit beispielhaftes Monitoringprogramm entstanden. Grundsätzlich werden im Forstlichen Umweltmonitoring waldfächenrepräsentative Übersichtserhebungen auf Rasterebene (Level I), die Intensive Dauerbeobachtung ausgewählter Waldökosysteme (Bodendauerbeobachtungsflächen, Level II) sowie Forschungs- und Experimentalfächen unterschieden.

Das Konzept umfasst folgende Kategorien:

- Level I (Übersichtserhebungen)
- Bodendauerbeobachtungsflächen (BDF)
- Waldökosystemstudie Hessen (WÖSSH)
- Level II Standard
- Level II Core
- Forschungs- und Experimentalfächen; 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 den BZE-Punkten werden zusätzlich Baumwachstum, Nadel-/Blattchemie, Bodenvegetation und der morphologische, physikalische und chemische Bodenzustand untersucht.



Waldzustandserhebung

Foto: H. Heinemann

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-/Blattchemie, 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 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 Säureinträgen schützt und zum Nährstoffhaushalt der Wälder positiv beiträgt. Das Intensive Moni-

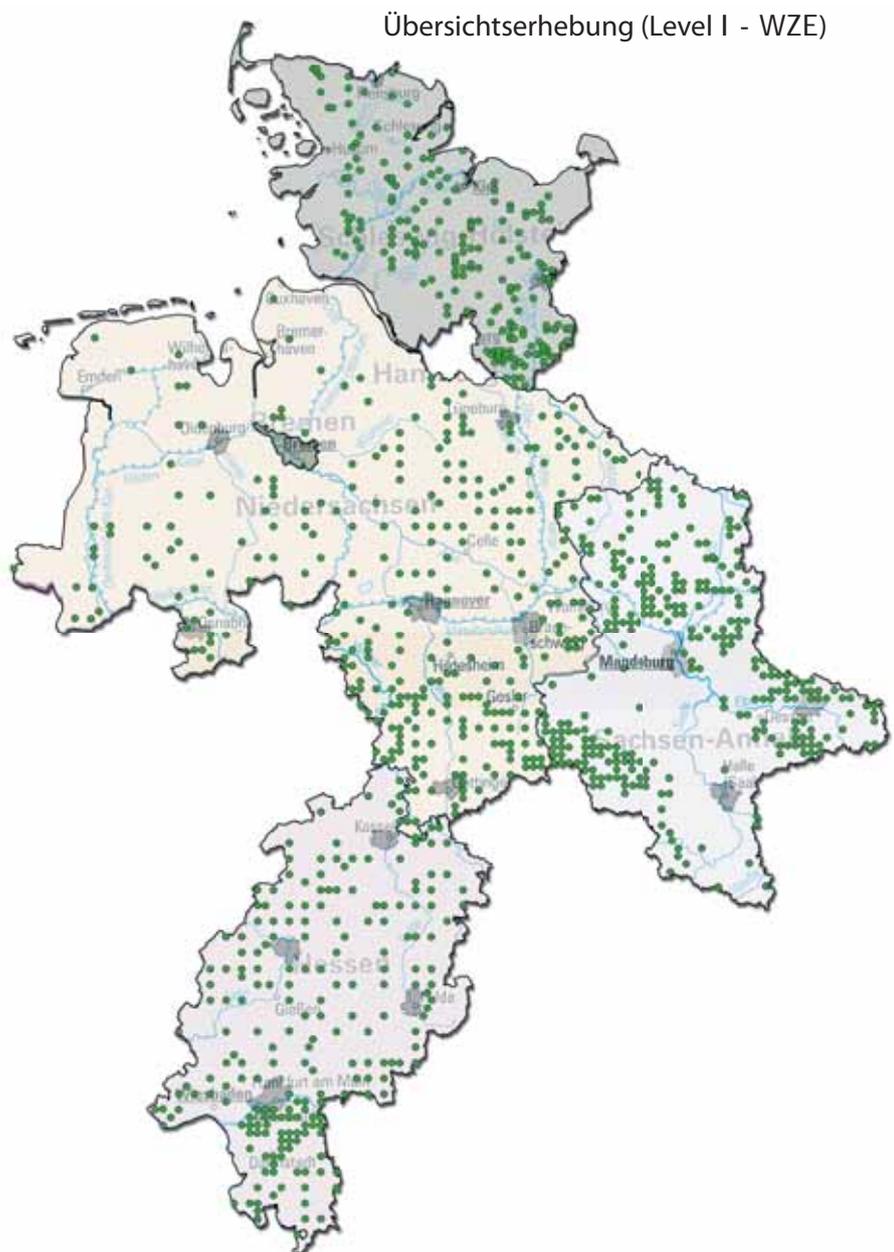
toring ermöglicht einen viel genaueren Blick auf die Abläufe im Ökosystem und trägt wesentlich zum Verständnis der Entwicklungen bei. Im Falle von umweltpolitischen Maßnahmen ermöglicht das Monitoring insgesamt eine wirksame Kontrolle der Erfolge.

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>; sowie zum Themenbereich Baumvitalität: Manual Part IV; Eichhorn et al. 2010) und der BZE-Arbeitsanleitung sowie dem Handbuch zur forstlichen Analytik 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 und das Intensive Monitoring für die Länder Hessen, Niedersachsen, Bremen, Sachsen-Anhalt und Schleswig-Holstein zeigen die Karten unten.



Foto: H. Heinemann



Forstliches Umweltmonitoring

Waldzustandserhebung – Methodik und Durchführung

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

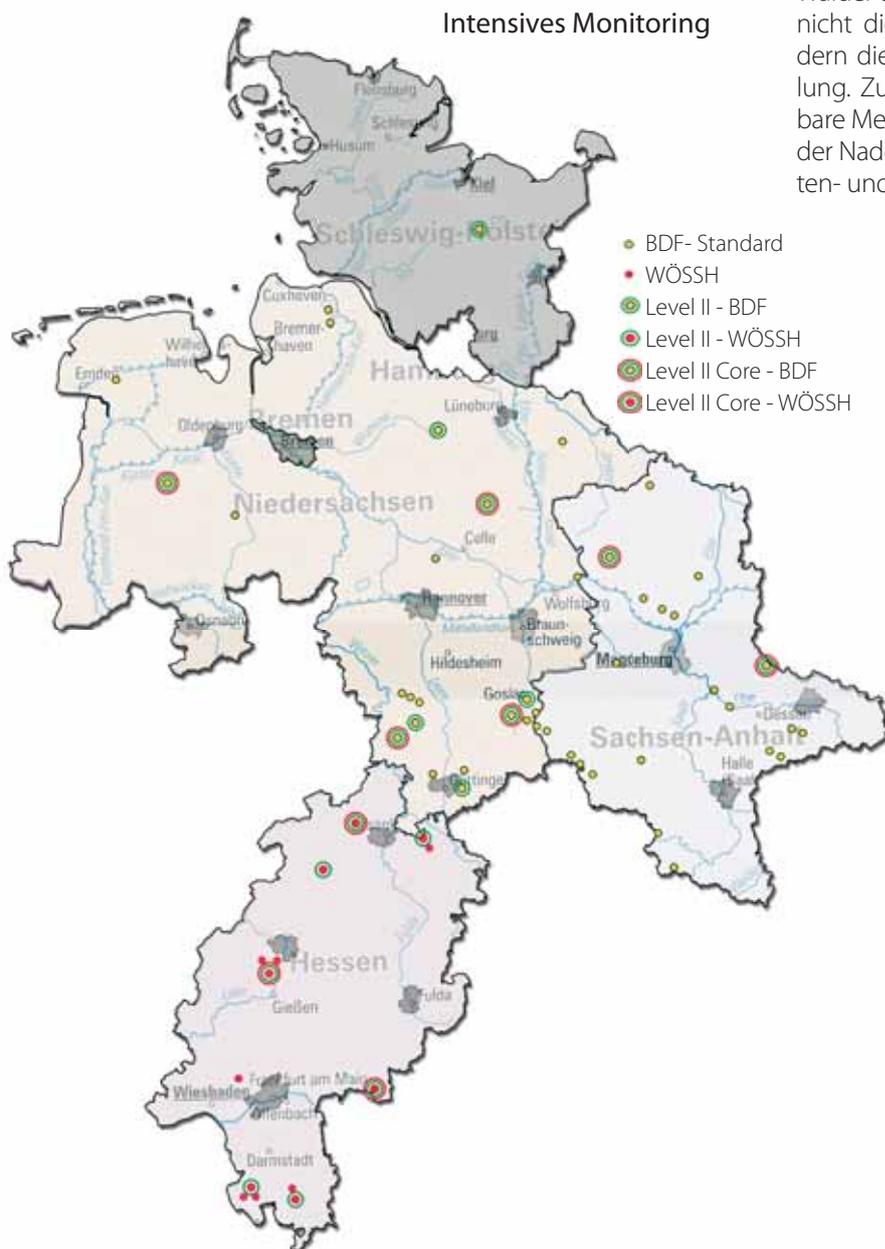
Aufnahmeumfang

Die Waldzustandserhebung erfolgt auf mathematisch-statistischer Grundlage. Auf einem systematisch über Niedersachsen verteilten Rasternetz werden seit 1984 an jedem Erhebungspunkt 24 Stichprobenbäume begutachtet. In einsehbaren Beständen sind Kreuztrakte mit markierten Stichprobenbäumen angelegt. In dichten, nicht einsehbaren Beständen werden in Quadrattrakten Stichprobenbäume ausgewählt. Die Rasterweite des landesweiten Stichprobennetzes beträgt seit 2005 8 km x 8 km, für Buche und Eiche werden zusätzliche Erhebungen im 4 km x 4 km-Raster (WZE-Punkte mit im Jahr 2004 mindestens 6 Buchen oder Eichen) durchgeführt. Derzeit gehören

303 Erhebungspunkte zum Stichprobenkollektiv, von denen in diesem Jahr 299 Erhebungspunkte in die Inventur einbezogen werden konnten. Dieser Aufnahmeumfang ermöglicht repräsentative Aussagen zum Waldzustand auf Landesebene sowie Zeitreihen für die Baumarten Buche, Eiche, Fichte und Kiefer.

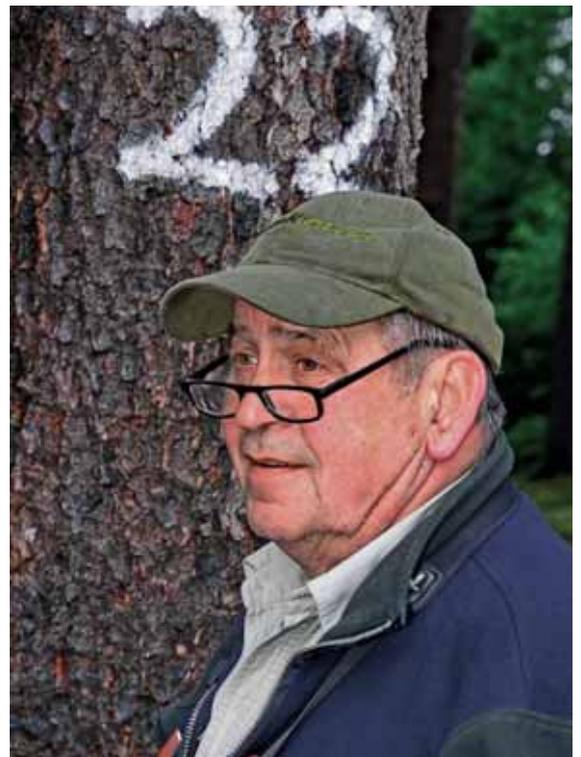
Aufnahmeparameter

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.



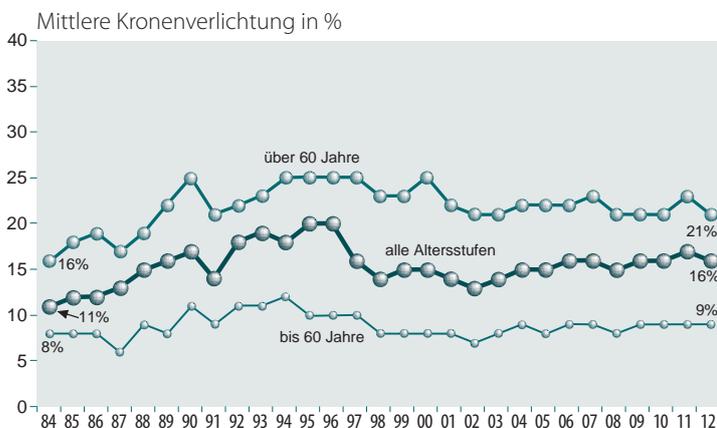
Jürgen Wendland ist seit 1984 in jedem Jahr bei der Waldzustandserhebung in Niedersachsen, seit 2006 auch in den Partnerländern der NW-FVA, bei Schulungen, Außenaufnahmen und Kontrollen engagiert im Einsatz. Foto: H. Heinemann

Alle Baumarten

Mittlere Kronenverlichtung

Die Waldzustandserhebung 2012 weist als Gesamtergebnis für die Waldbäume in Niedersachsen (alle Baumarten, alle Alter) eine mittlere Kronenverlichtung von 16 % aus.

Der weitgehend stabile Verlauf der mittleren Kronenverlichtung für den Gesamtwald wird ganz wesentlich durch die Kiefer geprägt, die als häufigste Baumart in Niedersachsen maßgeblich das Gesamtergebnis mit relativ konstanten niedrigen Verlichtungswerten beeinflusst. Eine bedeutsame Einflussgröße auf das Gesamtergebnis ist auch die Altersstruktur der Waldbestände, denn in den jüngeren bis 60jährigen Beständen sind Schadensymptome sehr viel weniger verbreitet (9 % mittlere Kronenverlichtung) als in den älteren über 60jährigen Waldbeständen (21 % mittlere Kronenverlichtung). In Niedersachsen entfallen etwa 40 % der Stichprobenbäume der Waldzustandserhebung auf die jüngere Altersstufe.



Anteil starker Schäden

In den Erhebungsjahren 1984 bis 1996 waren bei den starken Schäden mehrmals überdurchschnittliche Werte festgestellt worden, anschließend lag der Anteil starker Schäden bis 2009 konstant bei etwa 1 % der Waldfläche und damit insgesamt auf einem geringen Niveau. Im Jahr 2012 liegt der Anteil starker Schäden mit 1,7 % über dem Mittelwert der Zeitreihe (1,4 %).

In den jüngeren Beständen sind in diesem Jahr 1 % der Bestände stark geschädigt, in den älteren Beständen wurden 2 % der Waldfläche als stark geschädigt klassifiziert.

Für die ältere Fichte, Buche und Eiche wurden im Beobachtungszeitraum zeitweise hohe Anteile an starken Schäden (bis 16 %) registriert, für die ältere Kiefer sind bis auf das Jahr 1985 durchgehend niedrige Werte (1 %) ermittelt worden.

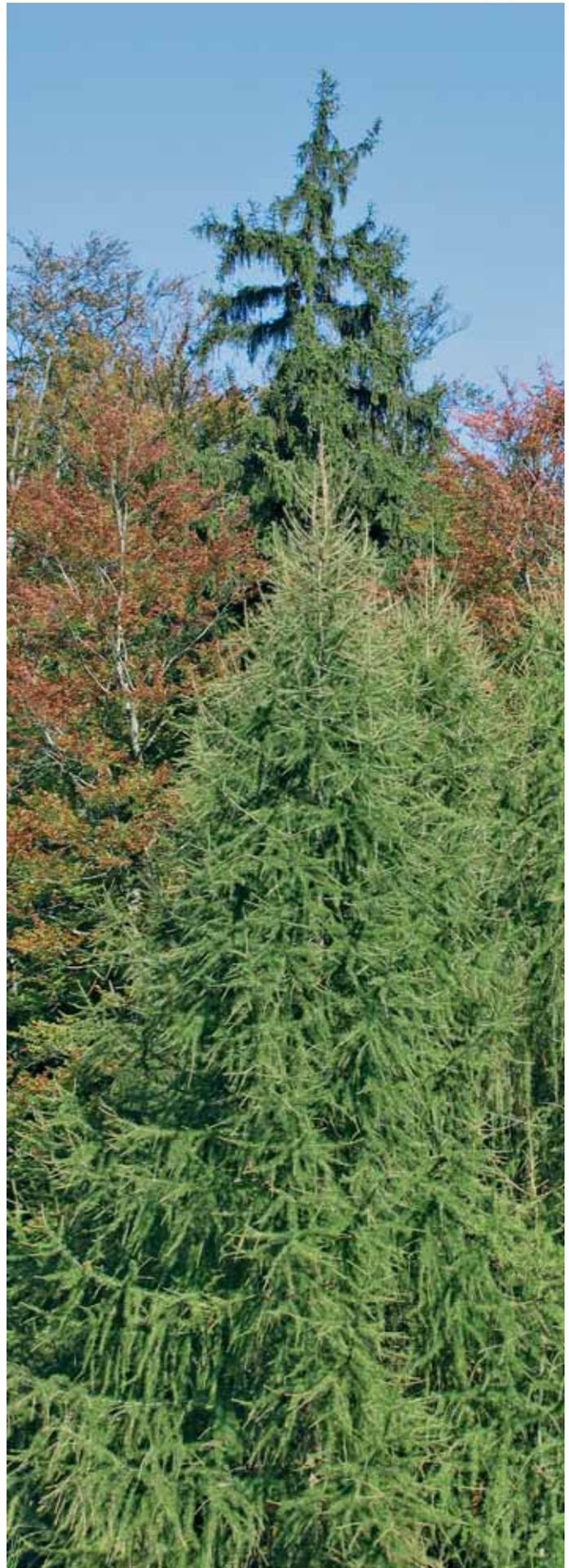
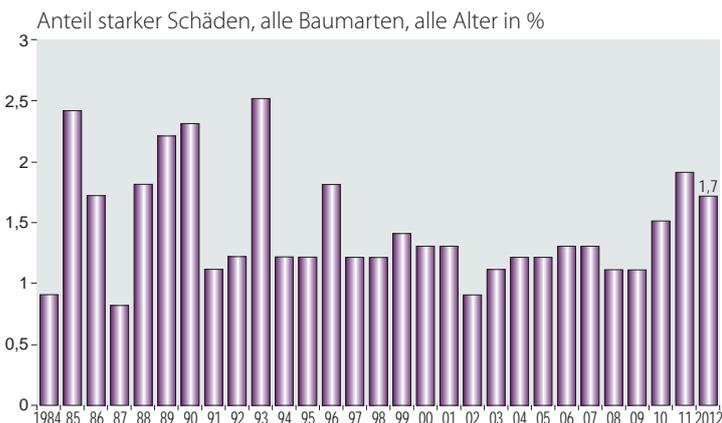


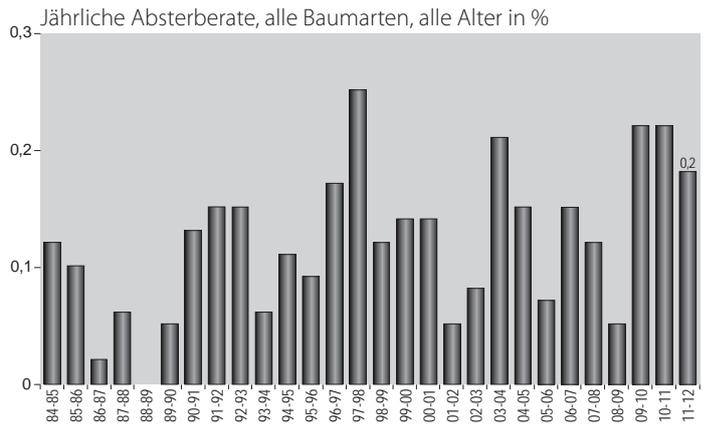
Foto: M. Schmidt

Alle Baumarten

Absterberate

Im Mittel der Beobachtungsjahre 1984-2012 ergibt sich mit 0,1 % eine sehr geringe Absterberate. Die Absterberate (alle Baumarten, alle Alter) liegt 2011/2012 bei 0,2 %. Bei der diesjährigen Waldzustandserhebung waren die Absterberaten von der Eiche (0,4 %) und der Fichte (0,5 %) gegenüber dem langjährigen Durchschnitt leicht erhöht.

Die jährliche Absterberate ist ein wichtiger Indikator für Vitalitätsrisiken des Waldes. Dies gilt besonders vor dem Hintergrund prognostizierter Klimaänderungen.



Vergilbungen

Vergilbungen der Nadeln und Blätter sind häufig ein Indiz für Magnesiummangel in der Nährstoffversorgung der Waldbäume. Bis Mitte der 90er Jahre waren Vergilbungen häufig beobachtet worden, seither ist die Vergilbungsrate merklich zurückgegangen. Im Jahr 2011 wurde dieses Merkmal nur vereinzelt festgestellt. Mit einer Vergilbungsrate von 0,5 % wird in diesem Jahr erneut ein niedriger Wert ermittelt. Die von den Waldbesitzern und Forstbetrieben durchgeführten Waldkalkungen mit magnesiumhaltigen Kalken und der Rückgang der Schwefelemissionen haben dazu beigetragen, das Auftreten dieser Mangelerscheinung zu reduzieren.

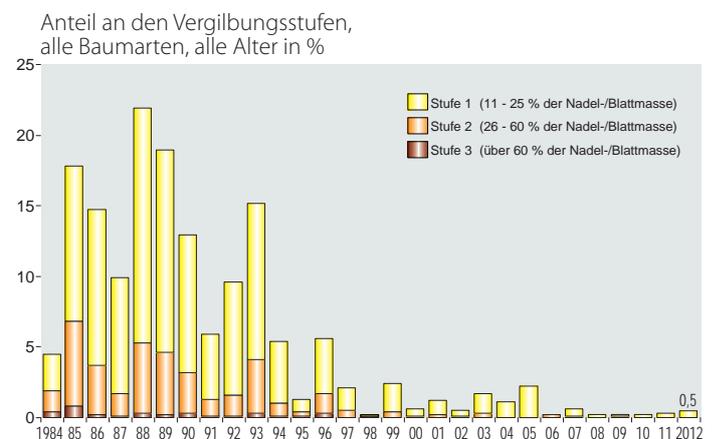


Foto: J. Evers

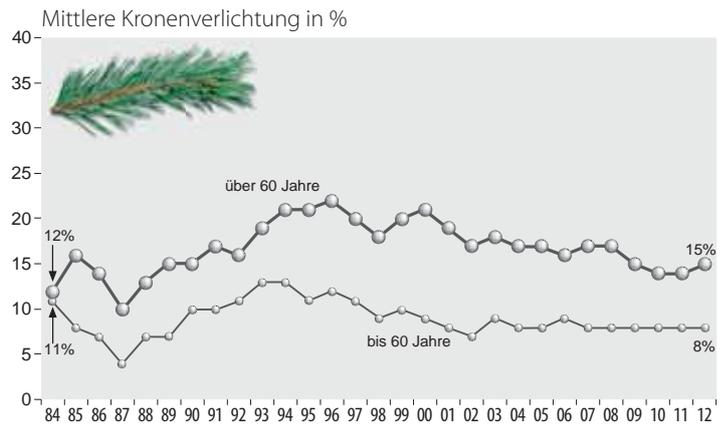
Kiefer

Ältere Kiefer

Die Kiefer ist unter den Hauptbaumarten die Baumart mit den niedrigsten Kronenverlichtungswerten. Im Zeitraum 1993-2001 wurden leicht erhöhte Werte festgestellt. Die mittlere Kronenverlichtung der älteren Kiefer liegt seit 2002 zwischen 14 % und 18 %, im Jahr 2012 liegt sie bei 15 %.

Jüngere Kiefer

Im Gegensatz zu Buche, Fichte und Eiche sind bei der Kiefer die Unterschiede im Kronenverlichtungsgrad zwischen den Altersgruppen sehr viel weniger ausgeprägt. Die mittlere Kronenverlichtung der jüngeren Kiefer liegt seit einigen Jahren bei 8 %. Die Entwicklung jüngerer und älterer Kiefern verläuft weitgehend parallel.



Starke Schäden

Der Anteil starker Schäden liegt bei der Kiefer im langjährigen Mittel der Erhebungsjahre unter 1 %. Im Vergleich der Baumarten zeigt die Kiefer auffallend geringe Anteile an starken Schäden. In den Jahren 2011 und 2012 wurde zum ersten Mal seit 1985 leicht erhöhte Werte verzeichnet (1,3 % bzw. 1,0 %) worden. Im Erhebungszeitraum treten nur geringe Schwankungen auf.

Absterberate

Die Absterberate der Kiefer schwankt im Erhebungszeitraum zwischen 0 und 0,3 %. Im Jahr 2012 beträgt die Absterberate 0,1 % und entspricht damit dem Mittel der Zeitreihe.



Fichte

Ältere Fichte

Im gesamten Beobachtungszeitraum werden für die ältere Fichte anhaltend hohe Kronenverlichtungswerte zwischen 24 % und 30 % festgestellt. Im Jahr 2012 erreicht sie den Vorjahreswert (30 %).

Jüngere Fichte

Für die Fichte ist ein deutlicher Alterstrend festzustellen. Die jüngeren Fichten liegen mit einer mittleren Kronenverlichtung von 12 % weit unter den Werten der älteren Fichten.

Starke Schäden

Für die Fichte ergibt sich im Mittel aller Erhebungsjahre ein durchschnittlicher Anteil an starken Schäden von 2,5 %. Im Vergleich zu den anderen Baumarten ist dies ein überdurchschnittlicher Wert (Mittelwert 1984-2012 für alle Baumarten: 1,4 %). Bei den älteren Fichten liegt der Anteil starker Schäden mit durchschnittlich 6 % doppelt so hoch wie der Durchschnittswert aller Baumarten in dieser Altersgruppe.

Absterberate

Die Absterberate der Fichte liegt im Mittel der Jahre 1984-2012 bei 0,2 %. In den Jahren 1997/1998 sowie nach dem Trockenjahr 2003 wurden infolge von Trockenstress und Borkenkäferbefall leicht erhöhte Absterberaten (bis 0,5 %) ermittelt. Im Jahr 2012 lag die Absterberate ebenfalls bei 0,5 %.

Fruchtbildung

Die Fichte hat in den 29 Jahren der Waldzustandserhebung 7-mal stark fruktifiziert (mehr als ein Drittel der älteren Fichten weist mittlere und starke Fruchtbildung auf). Es zeigen sich Parallelen zum Fruchtbildungsrhythmus der Buche. In den



Foto: J. Evers

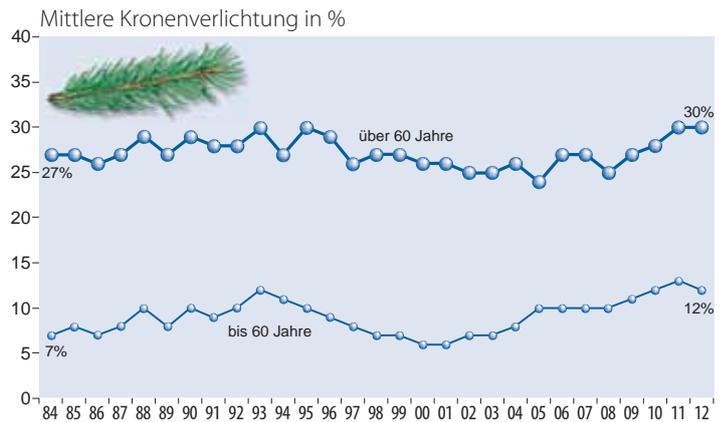


Foto: T. Friedhoff

Jahren 1990, 1992, 1998, 2004, 2006, 2009 und 2011 fruktifizierten beide Baumarten intensiv, die Buche aber zusätzlich 1989, 1995, 2000, 2002 und 2007. Für die Fichte sind in den letzten 10 Jahren starke Masten häufiger aufgetreten als in den ersten Erhebungsjahren.



Häufigkeit und Intensität der Fruchtbildung sind Reaktionen des Baumes auf die Witterung sowie auf anthropogene Umweltveränderungen wie z. B. Stickstoffeinträge. Für die Entwicklung der Früchte werden Kohlenhydrate, Fette und Nährstoffe benötigt. Die Anlage von Blütenknospen wirkt sich auf die Belaubung bzw. Benadelung aus. Die Erfassung der Fruktifikation ist deshalb wichtig im Rahmen einer Bewertung der Baumvitalität. Ob die in den letzten zwei Jahrzehnten beobachteten kurzen Intervalle der Fruchtbildung als Zeichen von Vitalität oder aber als Stressreaktionen zu werten sind, lässt sich derzeit nicht absehen.

Buche

Ältere Buche

Für die ältere Buche wurde 2011 mit einer mittleren Kronenverlichtung von 33 % der höchste Kronenverlichtungsgrad in der Zeitreihe festgestellt. Im Jahr 2012 hat sich der Belaubungszustand verbessert, die mittlere Kronenverlichtung beträgt 28 %. In den 1980er Jahren war die Belaubungsdichte der Buchen vergleichsweise günstig, anschließend stiegen die Kronenverlichtungswerte sprunghaft an. Seit 1989 liegen die Verlichtungswerte der älteren Buche relativ hoch und es treten erhebliche Schwankungen von Jahr zu Jahr auf. Eine Ursache für die zunehmende Variabilität der Verlichtungswerte ist die Intensität der Fruchtbildung. 2011 wurde die intensivste Fruchtbildung der Buche seit Beginn der Waldzustandserhebung festgestellt. 2012 wurde dagegen an keiner Buche in der Stichprobe der Waldzustandserhebung mittlere oder starke Fruchtbildung beobachtet.

Jüngere Buche

Bei der Buche sind die Unterschiede in der Belaubungsdichte zwischen jüngeren und älteren Beständen besonders stark ausgeprägt. Die jüngeren Buchen weisen seit 1995 ein geringes Kronenverlichtungsniveau auf. Dieser Trend setzte sich 2012 mit einer mittleren Kronenverlichtung von 4 % weiter fort. Da die Blühreife der Buche erst in einem Alter von 40 bis 60 Jahren einsetzt, wird die Kronenentwicklung der jüngeren Buchen kaum durch die Fruchtbildung beeinflusst.

Starke Schäden

Wie beim Verlauf der mittleren Kronenverlichtung der Buche, treten auch beim Anteil starker Schäden bei der älteren Buche im Beobachtungszeitraum Schwankungen (zwischen 1 % und 6 %) auf. Im Mittel der Zeitreihe beträgt der Anteil starker Schäden bei der älteren Buche 3 %, in 2012 sind es 3,5 %. Bei den jüngeren Buchen liegt der Durchschnittswert der Zeitreihe bei 0,2 %.

Absterberate

Obwohl die Anteile starker Schäden bei der älteren Buche in einzelnen Jahren bis auf 6 % angestiegen waren, führte dies nicht zu einer Steigerung der Absterberate. Im Vergleich zu den anderen Hauptbaumarten weist die Buche die niedrigste Absterberate auf. Im Mittel der Jahre 1984-2012 liegt die Absterberate der Buche bei 0,04 %, im Jahr 2012 bei 0,1 %.



Foto: J. Evers

Mittlere Kronenverlichtung in %

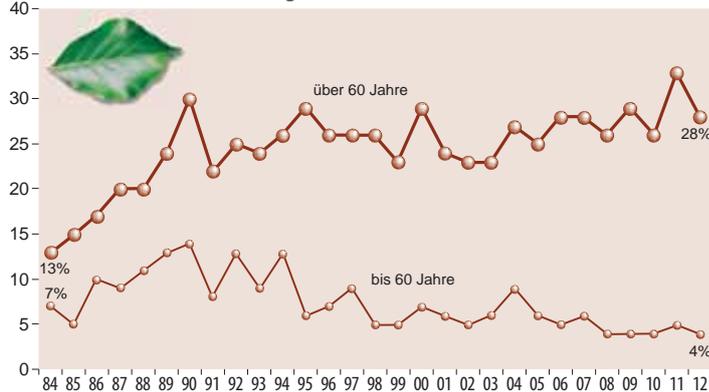
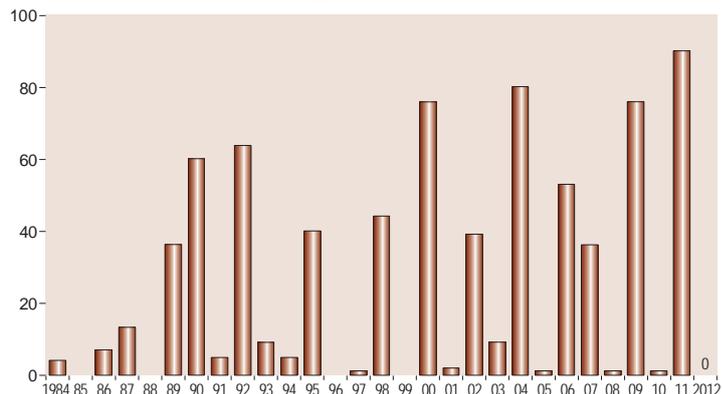


Foto: H. Heinemann

Fruchtbildung

Die Ergebnisse zur Fruchtbildung im Rahmen der Waldzustandserhebung zeigen für die Buche eine 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 1984-2012 alle 2,4 Jahre eine starke Mast. Literaturrecherchen hingegen ergaben für den Zeitraum 1839-1987 Abstände zwischen zwei starken Masten für 20-Jahresintervalle zwischen 3,3 und 7,1 Jahre.

Anteil mittel und stark fruktifizierender älterer Buchen in %



Eiche

Ältere Eiche

Die Zeitreihe der mittleren Kronenverlichtung der älteren Eiche weist zu Beginn relativ günstige Verlichtungswerte aus, es folgt ein rascher Anstieg der Verlichtung mit besonders hohen Kronenverlichtungswerten in den Jahren 1996/1997. Anschließend gingen die Schadwerte zurück mit mittleren Kronenverlichtungswerten zwischen 26 % und 30 %. Seit 2010 werden erneut hohe Verlichtungswerte erreicht: mit 34 % ist die Eiche die am stärksten verlichtete Baumart in Niedersachsen.

Die Entwicklung des Kronenzustandes der Eiche wird stark durch Insekten- und Pilzbefall beeinflusst.

Jüngere Eiche

Die Kronenentwicklung der Eichen in der Altersstufe bis 60 Jahre zeigt einen sehr viel günstigeren Verlauf als die Entwicklung der älteren Eichen. Mit einer mittleren Kronenverlichtung zwischen 3 % und 5 % erreichte die jüngere Eiche seit 2005 günstige Kronenverlichtungswerte. Seit 2010 sind auch bei der jüngeren Eiche die Verlichtungswerte leicht erhöht.

Starke Schäden

Eine Phase mit erhöhten Anteilen starker Schäden an den älteren Eichen ist im Zeitraum 1996 bis 1999 in Verbindung mit intensiven Insektenfraß (1996/1997) zu verzeichnen. Seit 2010 ist ein erneuter Anstieg der starken Schäden zu beobachten, 5 % der älteren Eichen sind aktuell als stark geschädigt eingestuft worden. Bei den jüngeren Eichen sind in den letzten Jahren keine starken Schäden aufgetreten.

Absterberate

Die Absterberate der Eiche liegt im Mittel der Jahre 1984-2012 bei 0,2 %. Überdurchschnittliche Absterberaten wurden jeweils im Anschluss an starken Insektenfraß ermittelt, am höchsten war die Absterberate 1998 (0,9 %). Im Jahr 2012 beträgt die Absterberate 0,4 %.



Foto: T. Friedhoff

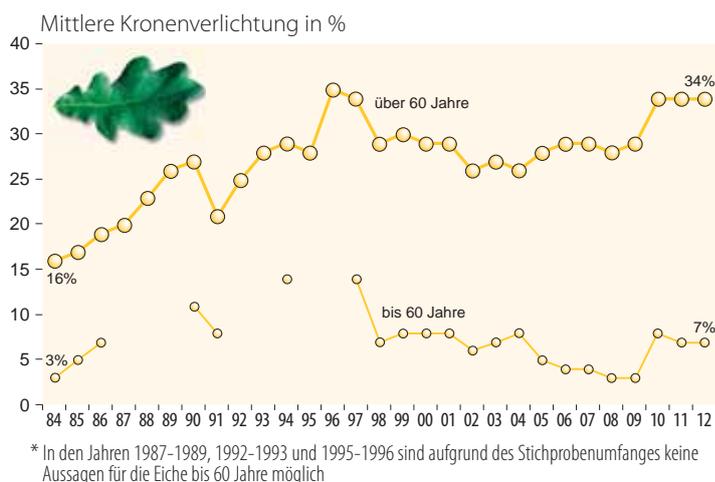
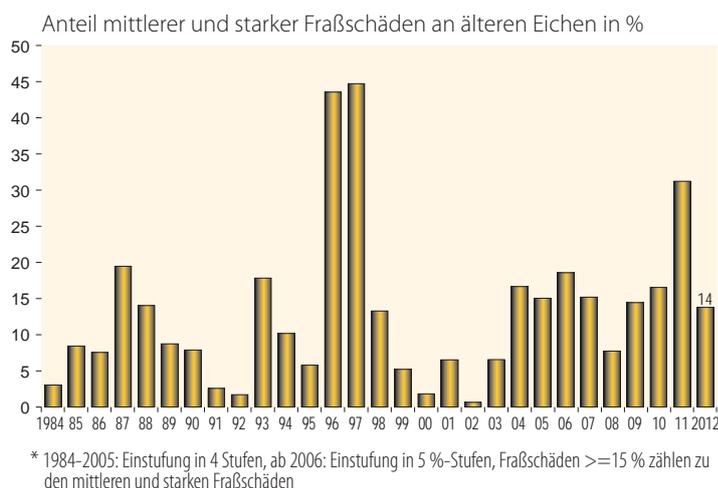


Foto: NW-FVA

Fraßschäden

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

Im Jahr 2011 wurden Belaubungsdefizite durch mittlere oder starke Fraßschäden an 31 % der älteren Eichen registriert. Im Jahr 2012 zeigen 14 % der älteren Eichen mittlere und starke Fraßschäden.



Andere Laub- und Nadelbäume

Die Waldzustandserhebung ist als landesweite flächendeckende Stichprobeninventur konzipiert, sie gibt daher einen Überblick über alle Baumarten. Neben den Hauptbaumarten Kiefer, Fichte, Buche und Eiche kommt in den niedersächsischen Wäldern eine Vielzahl von anderen Baumarten vor. Jede Baumart für sich genommen ist in der Stichprobe der Waldzustandserhebung allerdings zahlenmäßig so gering vertreten, dass allenfalls Trendaussagen zur Kronenentwicklung möglich sind. Bei der Darstellung der Ergebnisse der Waldzustandserhebung werden sie daher in den Gruppen andere Laubbäume und andere Nadelbäume zusammengefasst. In der Baumartenverteilung der Waldzustandserhebung beträgt der Flächenanteil der anderen Laubbäume in diesem Jahr 12 %, die anderen Nadelbäume sind mit 8 % vertreten.

Zu den anderen Laubbäumen gehören u. a. Esche, Ahorn, Linde und Hainbuche. Am stärksten vertreten ist die Birke, gefolgt von der Erle. Seit 1997 sind kaum Schwankungen in der Belaubungsdichte aufgetreten, die Werte der mittleren Kronenverlichtung lagen zwischen 11 % und 14 %. Im Jahr 2012 beträgt die mittlere Kronenverlichtung (alle Alter) 11 %.



Foto: T. Ullrich



Foto: H. Heinemann



Foto: H. Heinemann

Die Gruppe der anderen Nadelbäume setzt sich vorwiegend aus Lärche und Douglasie zusammen. Die mittlere Kronenverlichtung (alle Alter) liegt in diesem Jahr bei 8 %.

Starke Schäden

Für die anderen Laubbäume liegt das Mittel der Zeitreihe für den Anteil starker Schäden bei 1,3 % (2012: 1,7 %), bei den anderen Nadelbäumen bei 0,8 % (2012: 0,6 %).

Absterberate

Die Absterberate der anderen Laubbäume liegt 2012 im Mittel der Zeitreihe (0,2 %). Bei den anderen Nadelbäumen war 2012 in der Stichprobe der Waldzustandserhebung kein Baum dieser Gruppe frisch abgestorben. Der Mittelwert der Absterberate liegt hier bei 0,1 %.

Witterung und Klima

Inge Dammann und Olaf Schwerdtfeger

Der Witterungsverlauf für Niedersachsen wird anhand von Daten des Deutschen Wetterdienstes (DWD) beschrieben. Die Höhe der Niederschläge und ihre Verteilung über das Jahr sowie die Temperaturdynamik sind wichtige Einflussgrößen auf die Vitalitätsentwicklung der Waldbäume. Dabei spielen sowohl der langjährige Witterungsverlauf als auch die Werte des vergangenen Jahres eine Rolle. Dargestellt werden jeweils die Abweichungen vom Mittel der Jahre 1961-1990 für ausgewählte Klimastationen des Deutschen Wetterdienstes in Niedersachsen.

Temperatur und Niederschlag im langjährigen Verlauf

Die Messdaten für den Zeitraum 1984 bis 2012 zeigen seit 1988 eine gegenüber der Referenzperiode (1961-1990) erhöhte Temperatur. In der Vegetationszeit (Mai bis September) wurde seit 1988 in 23 von 25 Jahren der Durchschnittswert überschritten, in der Nichtvegetationszeit (Oktober bis April) war dies in 20 von 25 Jahren der Fall. Mit Abweichungen vom langjährigen Mittel zwischen +1,8 °C und +2,1 °C waren die Vegetationsperioden 1992, 2003 und 2006 und mit +3,6 °C die Nichtvegetationszeit 2006/2007 die wärmsten.

Bei den im Zeitraum 1984-2012 gemessenen Niederschlagswerten bestehen zwischen den einzelnen Jahren zum Teil starke Schwankungen. Besonders niederschlagsreich war die Vegetationsperiode 2007 (161 %), besonders trocken war die Nichtvegetationsperiode 1996/1997 (41 %). Insgesamt halten sich in den 29 Beobachtungsjahren die Jahre mit überdurchschnittlichen Niederschlägen und die Jahre mit unterdurchschnittlichen Niederschlägen die Waage.

Allerdings war die Niederschlagsmenge in den letzten vier Wintern geringer als im langjährigen Mittel. Das Witterungsgeschehen der letzten Jahre ist durch starke kleinräumige Variationen gekennzeichnet. Vor allem im Sommer kommt es durch lokale Gewitter und heftige Regenschauer zu Unterschieden in der Wasserversorgung der Waldbestände.

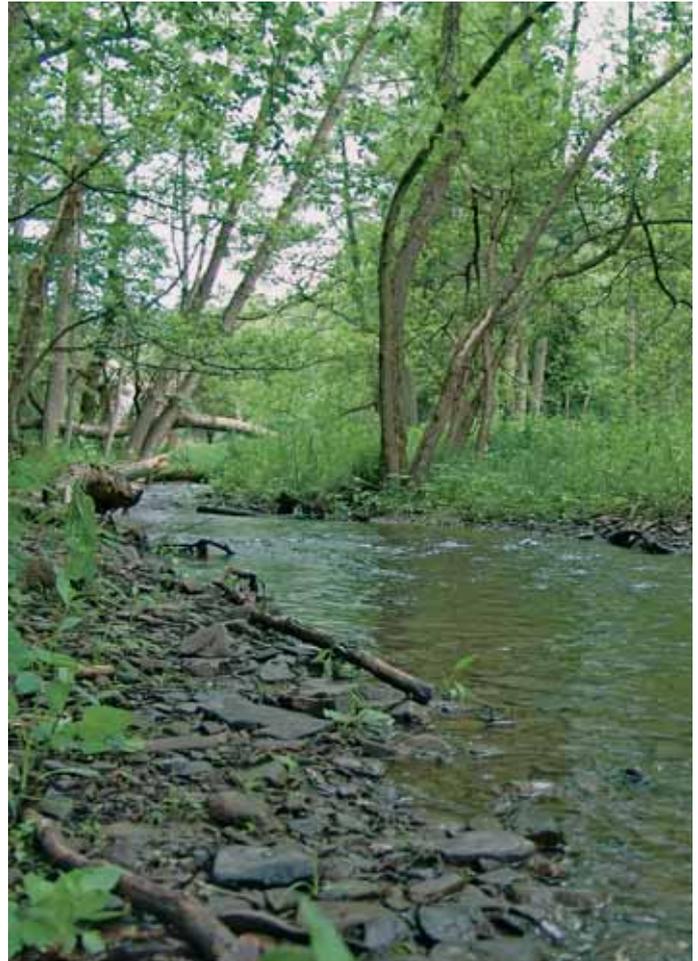
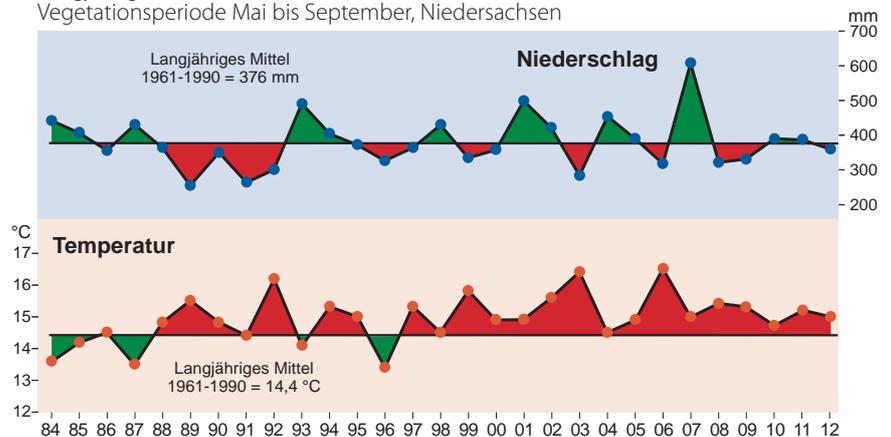


Foto: M. Schmidt

Langjährige Klimawerte (1984 - 2012)
Vegetationsperiode Mai bis September, Niedersachsen



Langjährige Klimawerte (1984 - 2012)
Nichtvegetationsperiode Oktober bis April, Niedersachsen

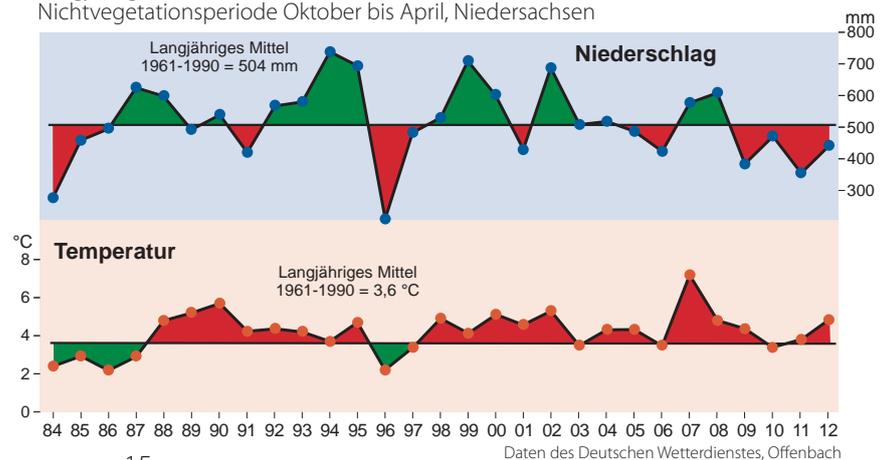


Foto: T. Ullrich

Witterung und Klima

Witterungsverlauf von Oktober 2011 bis September 2012

In der Nicht-Vegetationszeit 2011/2012 (Oktober bis April) wurde das langjährige Mittel der Temperatur um $+1,2^\circ\text{C}$ überschritten. Besonders kalt war es im Februar ($-2,3^\circ\text{C}$ unter dem langjährigen Mittel). Die übrigen Monate waren überdurchschnittlich warm, besonders im Dezember ($+2,8^\circ\text{C}$) und März ($+3,8^\circ\text{C}$).

Die Niederschlagsmengen erreichten insgesamt 81 % des langjährigen Mittelwertes der Jahre 1961-1990. Dabei blieb der November fast niederschlagsfrei (5 %), im März wurden ebenfalls weit unterdurchschnittliche Niederschläge (20 %) gemessen. Die höchsten Niederschläge fielen im Januar (174 % des langjährigen Mittelwertes).

In der Vegetationszeit (Mai bis September) entsprach die Niederschlagsmenge fast dem langjährigen Mittel. Im Mai, Juni, August und September waren die Niederschläge unterdurchschnittlich, im Juli wurde der langjährige Mittelwert überschritten (149 %). Allerdings waren die Niederschläge nicht gleichmäßig verteilt, z. B. wurde im Mai an der Station Soltau 45 % der durchschnittlichen Niederschläge gemessen, an der Station Göttingen dagegen 148 %.

In der Vegetationszeit war es um $+0,6^\circ\text{C}$ wärmer als im Durchschnitt. Nur im Juni war es kälter ($-0,9^\circ\text{C}$) als in der Referenzperiode.

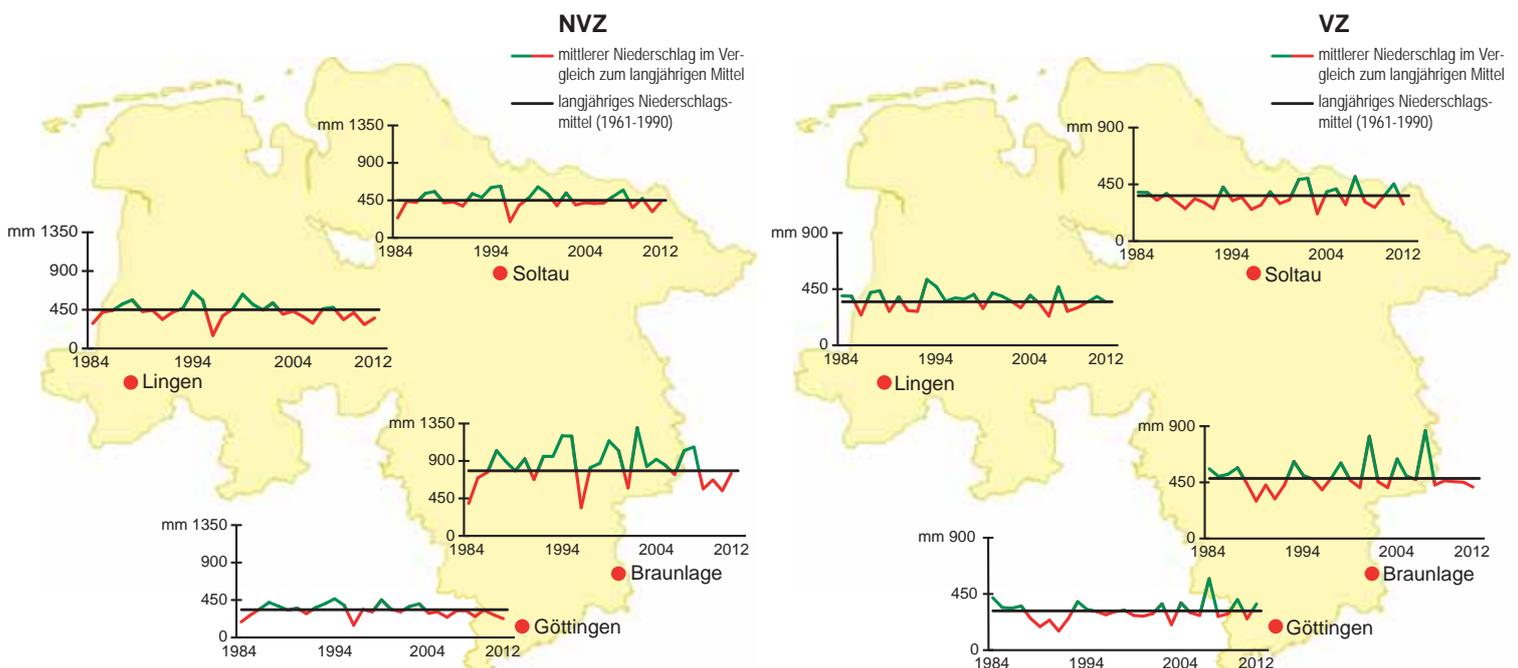
Wie schon in den vorangegangenen Jahren waren auch in der Periode Oktober 2011 bis September 2012 einige Extreme im Witterungsverlauf zu beobachten: Der November 2011 war deutschlandweit der trockenste November seit 1901. Der März 2012 war sowohl der drittmildeste ($+3,4^\circ\text{C}$ über dem langjährigen Mittel in Deutschland) als auch der dritt-trockenste März seit 1901. Die Frühlingsmonate 2012 wurden vom Deutschen Wetterdienst als die 7. wärmsten und 6. trockensten seit Beginn des 20. Jahrhunderts eingestuft.



Foto: T. Ullrich

Die Waldbestände sind mit einem Niederschlagsdefizit aus dem Winter in ein trockenes, warmes und sonnenscheinreiches Frühjahr gestartet. Das Niederschlagsdefizit wurde erst durch überdurchschnittliche Niederschläge im Juli teilweise ausgeglichen.

Niederschlagsentwicklung im Winter (Nichtvegetationszeit NVZ) und im Sommer (Vegetationszeit VZ)

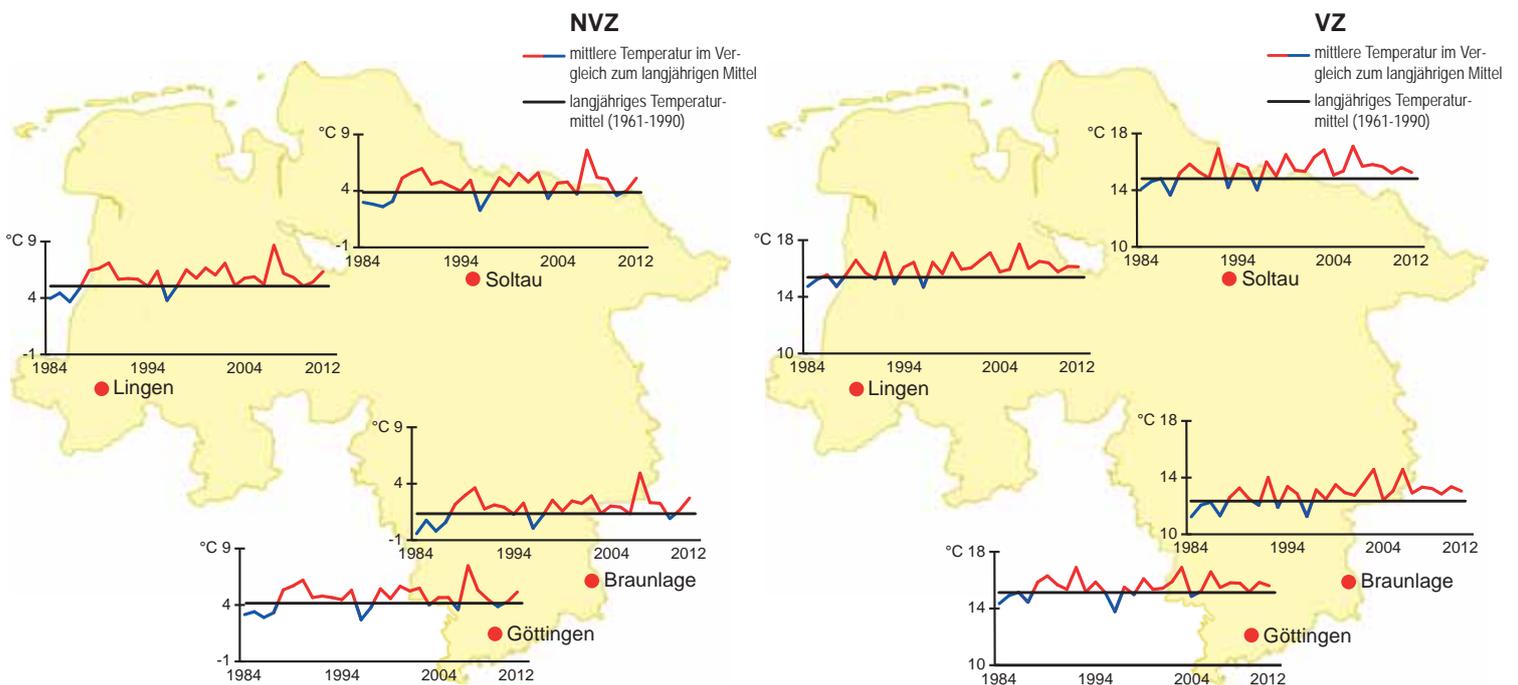


Witterung und Klima



Foto: H. Heinemann

Temperaturentwicklung im Winter (Nichtvegetationszeit NVZ) und im Sommer (Vegetationszeit VZ)



Daten des Deutschen Wetterdienstes, Offenbach

Insekten und Pilze

Michael Habermann, Rainer Hurling, Horst Hooge,
Gerhard Elsner, Ulrich Bressemer und Gitta Langer

Die Bewertung der Vitalität von Bäumen und Waldbeständen in Niedersachsen setzt die Kenntnis der Verbreitung von Pilzen und Insekten voraus. Das Verfahren der Waldzustandserhebung ermittelt diese im Zuge der sommerlichen Aufnahmen. Ein umfassendes Bild liefern weitergehende Untersuchungen, die von der Abteilung Waldschutz der NW-FVA geleistet werden.

Komplexe Schäden und Absterbeerscheinungen an Eiche: „Erkrankungsschub“ 2011

Seit vielen Jahren werden bei den Alteichen örtlich hohe durchschnittliche Blattverluste und gravierende Vitalitätseinbußen beobachtet. Den Bäumen fehlen Erholungsphasen ohne Witterungsextreme, Insektenfraß oder pilzliche Schaderreger. Bei den Erklärungsansätzen zum Eichensterben gilt nach wie vor: Witterungsextreme in Kombination mit wiederholtem, starkem Fraß können die Schäden auslösen. Auf vielfältige Weise wird dadurch die Wasserversorgung des Baumes beeinträchtigt. Zudem führen starker Blattfraß und nachfolgender Befall durch Mehltau dazu, dass betroffene Eichen nur wenige Wochen im Jahr eine intakte Belaubung aufweisen, mit der Folge stark verminderter Einlagerung von Reservestoffen und dem Rückgang funktionsfähiger Feinwurzeln.

Entsprechend ungünstige Faktorenkombinationen lagen in jüngster Vergangenheit gebietsweise mehrfach vor:

2010: starke Winterfröste 2009/2010, Spätfröste im April/Mai, trockenes und warmes Frühjahr (April), Sommer erst zu warm und zu trocken (Juli).

2011: starke Winterfröste 2010/2011, Frühjahr extrem trocken, warm und sonnenscheinreich, starke Spätfröste im Mai, im Sommer immer noch Niederschlagsdefizite und zu warm (außer im Juli), November zu trocken.

2012: starke Spätwinterfröste Ende Januar / Anfang Februar 2012.

Hinzu kamen wiederholte, starke Fraßereignisse in den vergangenen Jahren und verstärkter Mehltaubefall 2010 und 2012. Mit fortschreitender Vitalitätsschwäche haben Eichenprachtkäfer und Hallimasch als Sekundärschädlinge günstige Befallsbedingungen.

Ab dem (Spät-) Sommer 2011 wurden örtlich besonders schlechte Vitalitätszustände und lokal auch bereits auffällige Absterbeerscheinungen in Eichen-Althölzern beobachtet. Teilweise waren - von der klassischen Eichenkomplexerkrankung etwas abweichende - schnellere Schadensabläufe zu verzeichnen. Betroffene Bäume hatten zwar meist noch relativ viel Feinreisig, oftmals aber sehr wenig oder gar kein Laub mehr. Hallimaschbefall und Spechtabschläge (Prachtkäfer!) traten bei eindeutig abgängigen Bäumen örtlich auffällig in Erscheinung.

Diese Beobachtungen waren Anlass, im Herbst 2011 stärker geschädigte Alteichen auf einer Beobachtungsfläche in Niedersachsen zu untersuchen und 2012 deren weitere Entwicklung zu verfolgen. Folgende Ergebnisse sind hier festzuhalten:

- Es hat etwa ab dem Spätsommer / Herbst 2011 und bis in das Frühjahr 2012 hinein einen „Erkrankungsschub“ gegeben, bei dem zahlreiche Alteichen kurzfristig abgestorben sind.
- Die im Zuge dieses Erkrankungsschubes abgestorbenen Eichen hatten bei den Kronenzustandserhebungen im August der zwei bis drei Vorjahre bereits deutlich ansteigende, auffällige Kronenverlichtungen.
- Der in den Vorjahren stattgefunden starke Blattfraß der Eichenfraßgesellschaft (Mai/Juni) war – neben den bereits genannten Witterungsextremen der Vorjahre und dem Mehltaubefall 2010 – wahrscheinlich der entscheidende schadensauslösende Faktor.
- Die prädisponierende Situation für den Prachtkäferbefall ist wahrscheinlich bereits 2010 eingetreten.
- Der Hallimasch ist nicht der schadensauslösende, sondern ein schadensverstärkender Faktor. Hallimaschbefall wurde vermehrt im Zuge des Absterbens bzw. nach dem Absterben der Bäume an den Wurzelanläufen festgestellt. Anzunehmen ist, dass der Hallimasch spätestens im Laufe des Jahres 2011 die Wurzeln befallen und geschädigt hat und somit – neben dem ggf. etwas früher erfolgten Prachtkäferbefall - den entscheidenden letzten Faktor des Absterbeprozesses darstellt.
- Die meisten der abgestorbenen Bäume hatten im Juli 2012 im unteren Stammbereich und an den Wurzelanläufen teilweise massiven Befall durch Holz entwertende Insekten (vor allem *Xyloterus signatus*, aber auch *X. domesticus* sowie *Hylecoetus dermestoides*). Teilweise wurden auch höher am Stamm Holzentwerter sowie Bockkäfer festgestellt.



Geschädigte Eichen auf der Level II-Fläche Ehrhorn

Foto: U. Bressemer

Insekten und Pilze



Mehltaubefall an Eiche

Foto: U. Bresslem

Vierorts sind die (überlebenden) Eichen in ihrer Vitalität derzeit so stark eingeschränkt, dass jede zusätzliche Belastung in der Folgezeit (Eichenmehltau, Witterungsextreme, erneute Fraßereignisse) zu weiteren gravierenden Absterbeerscheinungen führen kann. Auffällig und besorgniserregend ist vor diesem Hintergrund gebietsweise der starke Mehltaubefall (*Microsphaera alphitoides*) an den 2012er Johannis-/Regenerationstrieben nach starkem Fraß 2012.

In Niedersachsen wurde 2012 die Vitalität der Eiche durch verschiedene Faktoren beeinflusst: Besonders auffällig war der Fraß durch die Eichenfraßgesellschaft, vor allem durch Frostspannerarten (*Erannis defoliaria* und *Operophtera brumata*). Die Ressourcen vieler Eichen sind infolge der seit einigen Jahren andauernden Belastung aufgebraucht und es kommt lokal zu Absterbeerscheinungen.

Das starke Fraßgeschehen 2011 und erste Absterbeerscheinungen in zahlreichen Eichenbeständen führten zu einer verdichteten Überwachung. Neben Frostspannern war der Eichenprozessionsspinner von besonderer Bedeutung, zumal seine Befallsgebiete sich weiter ausgedehnt haben und ein natürlicher Zusammenbruch der Populationen nicht ersichtlich ist. Um wiederholten Fraß zu verhindern, wurden ab April in Niedersachsen auf ca. 650 ha Bekämpfungsmaßnahmen durchgeführt. Neben erneuten Fraßschäden kam als weiterer gravierender Schadfaktor für die Eichen im Sommer 2012 das häufige Auftreten des Eichenmehltaus an den Ersatz- und Johannistrieben hinzu. Wegen der sehr ungünstigen Kombination aus Mehltau und Fraßschäden und Hallimaschbefall wird damit gerechnet, dass sich das aktuelle Eichensterben lokal verstärken und weiter fortschreiten wird.

Kiefertriebsterben

Das *Diplodia*-Triebsterben, ausgelöst durch *Sphaeropsis sapinea*, zeigte 2012 ein verstärktes Auftreten in Kiefernbeständen sowie in Douglasien- und Lärchen-Jungwüchsen.

Die Schäden traten mit und ohne vorangegangene Hagel-schäden auf und der Erreger wurde auch in Kiefernurzeln festgestellt.

Eschentriebsterben

Die Erkrankung, ausgelöst durch *Hymenoscyphus pseudoalbidus* mit der Nebenfruchtform *Chalara fraxinea*, hat sich im gesamten Zuständigkeitsgebiet der NW-FVA fest etabliert. Es ist bisher – auch deutschlandweit – keine Abschwächung des Krankheitsgeschehens zu verzeichnen. Auf vielen Flächen wird hingegen eine Verstärkung bzw. Ausweitung der Schäden beobachtet. In Altbeständen führt das Eschentriebsterben bei hohem Infektionsdruck zum Zurücksterben der Krone und zur Bildung von Stammfußnekrosen und Befall mit nachfolgenden Schaderregern wie z. B. Hallimasch oder Eschenbastkäfern, die zur Stammentwertung und letztlich zum Absterben der Bäume führen können. Neben anderen Rindenpilzen ist auch *H. pseudoalbidus* in der Lage, in den Stammfuß einzudringen und Verfärbungen und Nekrosen hervorzurufen.



Eschentriebsterben

Foto: U. Bresslem

Wurzelpathogene Pilze

Schäden durch Wurzelschwamm wurden in mittelalten Kiefern- und Fichtenbeständen und auch in Voranbauten, z. B. an Douglasie und Roteiche verstärkt in Niedersachsen beobachtet. Verursacht durch starken Hallimaschbefall (z. B. an Rotfichte in den Hochlagen des Harzes, an Sitkafichte in küstennahen Regionen und in Zusammenhang mit Eichensterben und Eschentriebsterben) traten Absterbeerscheinungen verstärkt auf.

Absterbeerscheinungen an Bergahorn

Ausgelöst durch unterschiedliche Mikropilze, wie z. B. *Verticillium dahliae* (*Verticillium*-Welke), *Nectria haematococca* / *Fusarium solani*, *Nectria cinnabarina* / *Tubercularia vulgaris* und *Gibberella* sp. / *Fusarium* sp., oft in Verbindung mit dem Ungleichen Holzbohrer (*Anisandrus dispar*), wurden Stamm- und Stammanlaufnekrosen in frisch gepflanzten oder jüngeren Kulturen bis hin zu Stangenhölzern verursacht.

Stoffeinträge

Birte Scheler und Henning Meesenburg

Das Kronendach wirkt wie ein Filter. Vor allem von immergrünen Nadelwäldern werden gas- und partikelförmige Luftverunreinigungen aus der Luft effektiv ausgekämmt und gelangen so in den Stoffkreislauf der Waldökosysteme.

Auf Grund dieses Filtereffektes der Kronen sind Wälder stärker als alle anderen Landnutzungsformen durch anthropogen verursachte Stoffeinträge von Sulfatschwefel und Stickstoff belastet. Bereits 1969 wurde im Solling mit der systematischen Erfassung des Stoffeintrags in einem Buchen- und einem Fichtenbestand begonnen. Heute wird im Rahmen des Forstlichen Umweltmonitorings in Niedersachsen die Deposition in drei Buchenbeständen, vier Fichtenbeständen, einem Kiefern- sowie einem Eichenbestand erfasst, um die Wirkungen erhöhter Stoffeinträge sowie damit verbundene Risiken für Wälder, Waldböden und angrenzende Ökosysteme zu untersuchen.

Durch Maßnahmen zur Luftreinhaltung seit Mitte der 1980er Jahre wie Rauchgasentschwefelung bei Großfeuerungsanlagen oder die Einführung von schwefelarmen Kraftstoffen ging der Sulfateintrag in die Wälder drastisch zurück. Der Rückgang je Hektar und Jahr betrug in den am längsten untersuchten Gebieten Solling (seit 1969) und Harz (seit 1977/1981) im Freiland 0,6 kg (Solling) bzw. 0,74 kg (Lange Bramke, Harz), unter Fichte 2,4 kg (Solling) bzw. 1,7 kg (Harz) und 1,5 kg unter Buche (Solling).

2011 betrug der Schwefeleintrag je Hektar im Freiland zwischen 2,2 kg (Göttinger Wald) und 3,8 kg (Solling), unter Buche zwischen 4,5 kg (Göttinger Wald) und 7,2 kg (Solling), unter Fichte zwischen 4,2 kg (Lange Bramke Nordhang) und 9,7 kg (Solling) sowie 4,3 kg unter Eiche und Kiefer.



Stammablaufmessanlage

Foto: H. Heinemann



Stoffeintragungsmessungen in einem Fichtenbestand

Foto: H. Heinemann

Stoffeinträge



Bodenhydrologische Messungen

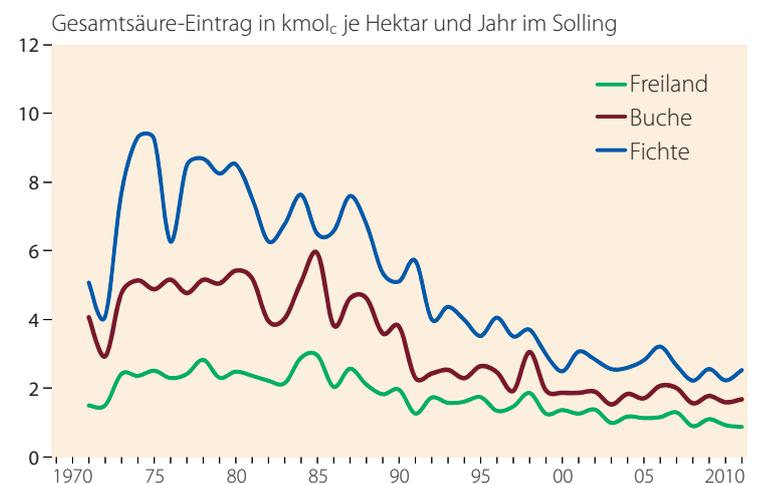
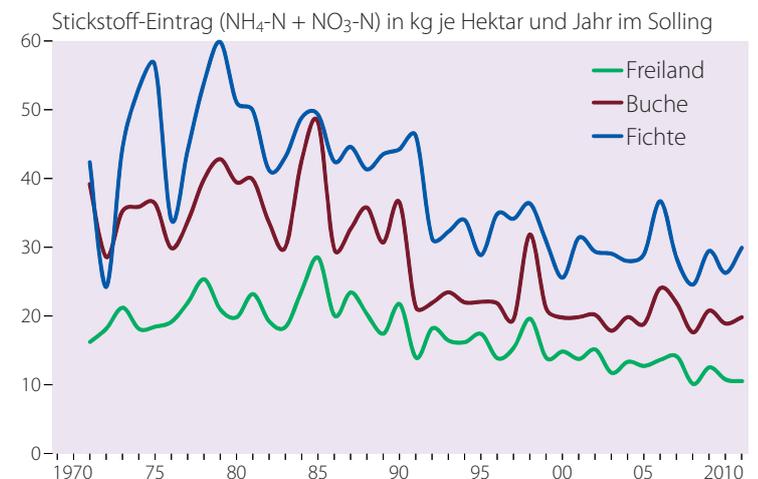
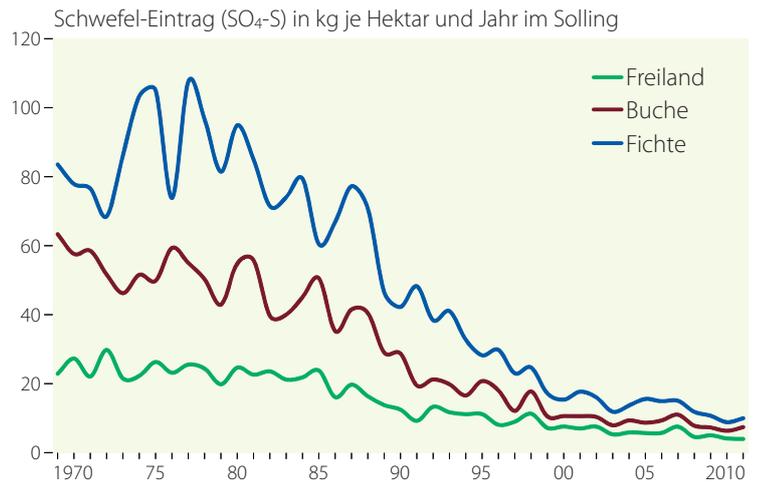
Foto: H. Heinemann

Durch anthropogen bedingt erhöhte Stickoxid- und Ammoniakkonzentrationen in der Luft wird den Wäldern sowohl in gasförmiger, partikulärer als auch gelöster Form mit dem Niederschlag seit Jahrzehnten Stickstoff zugeführt. Auf allen Flächen haben der Nitrat- und der Ammoniumeintrag sowohl im Freiland als auch im Bestandesniederschlag und der Gesamtdosition im Untersuchungszeitraum deutlich abgenommen, dennoch übersteigt der Eintrag nach wie vor teilweise erheblich den Bedarf für das Wachstum. Es kommt 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 beispielsweise eine Verschiebung des Artengefüges der Wälder, Nährstoffungleichgewichte in den Pflanzen sowie ein erhöhter Nitrataustrag mit dem Sickerwasser.

2011 betrug der Nitratstickstoffeintrag (Gesamtdosition) je Hektar in den untersuchten Fichtenbeständen zwischen 5,1 kg (Lange Bramke Nordhang) und 11,5 kg (Solling), in den Buchenbeständen zwischen 4,6 kg (Lüss) und 7,9 kg (Solling), unter Eiche 4,4 kg (Ehrhorn) und unter Kiefer 8,7 kg (Augustendorf). Im Freiland lag der Nitratstickstoffeintrag zwischen 2,7 kg (Göttinger Wald) und 4,2 kg (Solling) je Hektar. Der Ammoniumstickstoffeintrag (Gesamtdosition) betrug unter Fichte zwischen 7,0 kg (Lange Bramke Nordhang) und 18,4 kg (Solling), unter Buche zwischen 6,2 kg (Göttinger Wald) und 12,0 kg (Solling), 10,9 kg unter Eiche (Ehrhorn) und 12,1 kg unter Kiefer (Augustendorf). Im Freiland betrug der Ammoniumstickstoffeintrag zwischen 2,9 kg (Göttinger Wald) und 7,6 kg (Ehrhorn).

In der Summe der Jahre 1994-2011 betrug der anorganische Stickstoffeintrag zwischen 546 kg (Solling Fichte) und 279 kg (Lüss Buche).

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



2011 betrug der Gesamtsäureeintrag zwischen 2,5 kmol_c je Hektar (Solling, Fichte) und 1,0 kmol_c (Lüss Buche, Göttinger Wald Buche). Zwar reduzierte sich der Gesamtsäureeintrag auf 6 von 9 Untersuchungsflächen im Vergleich zum Vorjahr damit weiter, bis auf den Standort Göttinger Wald (Buche) wird das nachhaltige Puffervermögen jedoch weiter deutlich überschritten. Eine standortsangepasste Bodenschutzkalkung zum Schutz der Waldböden und ihrer Filterfunktion ist daher weiter notwendig.

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.

Bodenzustandserhebung

Bodenzustandserhebungen (BZE I und BZE II) – Wie hat sich der Bodenzustand in Niedersachsens Waldböden verändert?

Jan Evers und Uwe Paar

Die ursprüngliche, nahezu vollständige Bewaldung Niedersachsens wurde vom Mittelalter bis in die Neuzeit stark durch Umwandlung in Landwirtschafts- und Siedlungsflächen vermindert. Die ehemals vorherrschenden Laubmischwälder wurden intensiv genutzt: Waldweide, Streunutzung, massiver Holzbedarf im Berg- und Schiffbau, für Glashütten, Erz- und Salzgewinnung, Köhlerei sowie für die Brennholznutzung haben zu hohen Nährstoffzügen und zur Entkopplung der Nährstoffkreisläufe im Wald geführt. Holz war zu dieser Zeit der wichtigste Baustoff und Energieträger, die Waldfläche ging bis auf 10 % zurück. Für die langfristige Bodenentwicklung hatte dies entsprechende Folgen. Teilweise entwickelten sich sogar große Wanderdünen, die für Siedlungen und landwirtschaftliche Flächen zur Bedrohung werden konnten. Durch die Einführung einer geregelten und nachhaltigen Forstwirtschaft erholten sich die stark beeinträchtigten Waldböden. Verarmte, waldfreie Gebiete wurden erneut bewaldet, wie z. B. in der Lüneburger Heide. Auf den stark degradierten Böden konnte nur mit der Pionierbaumart Kiefer aufgeforstet werden. Der Wald bedeckt heute mit rund 1,2 Millionen Hektar wieder 24 % der Landesfläche. Die Wiederaufforstungen der Kahlschläge in Folge des 1. und 2. Weltkrieges, die Reinbestandswirtschaft der 1960er Jahre sowie die großflächigen Aufforstungen nach den verheerendem Sturmwurf 1972 ließen überwiegend ein-



Plaggen-Eschboden mit typischem Anreicherungs-horizont organischer Substanz im Oberboden durch ehemalige Ausbringung von Stalleinstreu und landwirtschaftlicher Nutzung bei Osnabrück im Nordwesten Niedersachsens
Foto: T. Heinkele

förmige Reinbestände aus Nadelholz entstehen. Mittlerweile ist die Waldbewirtschaftung auf standörtlicher Grundlage langfristiges Ziel waldbaulichen Handelns in Niedersachsen. Dabei steht die Entwicklung von stabilen, artenreichen und gesunden Mischwäldern im Vordergrund. Dies bedeutet unter anderem Laub- und Mischwaldvermehrung, verbesserter Bodenschutz und standortgemäße Baumartenwahl, die Abkehr von der großflächigen Kahlschlagswirtschaft, die Übernahme geeigneter natürlicher Waldverjüngung und die ökosystemverträgliche Wildbewirtschaftung sowie den Einsatz schonender Bewirtschaftungsverfahren. Dies lässt langfristig eine Verbesserung und Erholung der Waldböden erwarten.

Niedersachsens Waldböden sind neben den historisch bedingten Störungen zusätzlich durch jahrzehntelange Säureinträge belastet. Infolgedessen sind die Filter- und Regulationsfunktionen vieler Böden gestört, erhebliche Säuremengen im Boden gespeichert und Nährstoffe mit dem Sickerwasser ausgetragen. Durch die sauren Einträge wurde zudem die bodenwühlende Fauna beeinträchtigt, was die Bildung von Humusaufgaben und damit die Versauerung des Mineralbodens verstärkt hat. Andererseits hat die Belastung der Waldböden vor allem mit Schwefelsäure auf Grund der Luftreinhaltemaßnahmen der letzten Jahrzehnte deutlich nachgelassen. Viele Waldstandorte sind gekalkt worden, um die sauren Einträge zu kompensieren. Der Eintrag von säurewirksamem luftbürtigem Stickstoff ist jedoch immer noch hoch. An vielen Waldstandorten in Niedersachsen ist die aktuelle Säurebelastung für den Waldboden immer noch höher, als durch die natürlichen ökosysteminternen Prozesse abgepuffert werden kann. Viele Waldböden sind tiefgründig versauert und an Calcium und Magnesium verarmt, die Magnesium- und Calciumversorgung dieser Waldbestände ist schlecht.

Bei der ersten BZE in Niedersachsen 1990/1991 sind insgesamt 210 BZE-Punkte im Raster der damaligen Unterstichprobe der Waldzustandserhebung und der EU aufgenommen worden. Bei der zweiten BZE in 2007 sind die 169 repräsentativen Rasterpunkte des 8 km x 8 km Level I Netzes der Forstlichem Umweltkontrolle beprobt worden. Insgesamt gehören zum Kollektiv der BZE I und II 267 Punkte, von denen 112 BZE-Punkte in beiden Erhebungen enthalten sind. Bei der zweiten Erhebung 2007 sind dieselben Parameter wie bei der ersten Erhebung 1990/1991 erfasst worden. Um eine möglichst gute Vergleichbarkeit zu gewährleisten, sind auch dieselben Methoden bzw. vergleichbare Methoden verwendet worden.

Zentrales Anliegen der BZE 2007 ist es, den aktuellen Bodenzustand und die Veränderungen zur ersten Erhebung 1990/91 zu ermitteln, Ursachen für diese Veränderungen zu identifizieren und hinsichtlich ihrer ökologischen Relevanz zu bewerten. Die Wirkungen von Maßnahmen zum Schutz der Waldböden sollen evaluiert sowie die Kenntnisse über die Waldböden vertieft werden. Damit verbessert sich die Grundlage für eine nachhaltige Waldbewirtschaftung. Schließlich kann daran die weitere Planung und Durchführung von notwendigen Maßnahmen zur Erhaltung und Verbesserung des Bodenzustandes sowie des Nährstoffangebotes im Waldboden anknüpfen.

Ein Maß für die Güte des chemischen Zustandes und ein Indikator für die chemische Zusammensetzung der Bodenlösung im Mineralboden ist die Basensättigung. Aus ihr lässt sich die

Bodenzustandserhebung

Verfügbarkeit von Nährstoffen im Mineralboden und damit die Ernährungsbedingungen der Waldbäume ableiten. Die Basensättigung drückt aus, wie hoch der Anteil der basischen Nährelemente Calcium, Magnesium, Kalium und Natrium an der Summe der austauschbaren Kationen ist, die an den negativ geladenen Tonmineralen und an der organischen Substanz (Austauscher) gebunden sind. Im Zuge fortschreitender Bodenversauerung werden die an der Pufferung beteiligten „basischen“ Kationen Calcium, Magnesium, Kalium und Natrium vom Austauscher durch die „sauen“ Kationen Aluminium, Eisen, Mangan und Wasserstoffionen verdrängt. Eine geringe Basensättigung im Mineralboden ist in erheblichem Maße eine Folge luftbürtiger versauernd wirkender Stoffeinträge. Eine Basensättigung unterhalb von 20 % gilt als gering. In diesem Milieu wird der Austauscher und die Bodenlösung durch das Kation Aluminium geprägt. Calcium, Magnesium und Kalium liegen in vergleichsweise geringen Anteilen vor. Für Baumwurzeln wird es schwierig, unter diesen Bedingungen ausreichend Nährelemente mit den Wurzeln aufzunehmen. Aluminium wirkt in der Bodenlösung in höheren Konzentrationen zudem toxisch gegenüber Pflanzenwurzeln. Die Bodenlösung ist relativ sauer, Schwermetalle werden gelöst und die Nährelemente Calcium, Magnesium und Kalium werden mit dem Sickerwasser ausgetragen. Sie gehen damit dem Ökosystem verloren. Allgemein wird dies als ein Zustand angesehen, in dem ein Waldboden wenig elastisch auf weitere Säureinträge reagieren kann. Er ist in seiner Produktivität eingeschränkt und im Hinblick auf Elemententzüge durch intensive Holznutzung wie beispielsweise Vollbaumnutzung empfindlich. In dieser Situation können Kompensationsmaßnahmen in Form von Waldkalkungen sinnvoll sein.

In allen folgenden Grafiken wird die mittlere Basensättigung von BZE I und BZE II in den beprobten Tiefenstufen beider Erhebungen und ihre zeitliche Veränderung (1990 gegenüber 2007), gegliedert nach Kalkung und Substratgruppe, dargestellt.

In der linken Grafik sind jeweils die beprobten Tiefenstufen als Y-Achse und die Basensättigung auf der X-Achse abgebildet. Die Mittelwerte der Basensättigung der jeweiligen Tiefenstufe sind für die BZE I hellblau und für die BZE II dunkelblau, in orange ist als Streuungsmaß das 95 %-Konfidenzintervall für den Mittelwert als Balken angegeben. Das bedeutet, dass der wahre Mittelwert mit 95-prozentiger Wahrscheinlichkeit im Bereich des orangenen Balkens liegt. Weite Konfidenzintervalle kennzeichnen eine breite Variabilität dieses Parameters und/

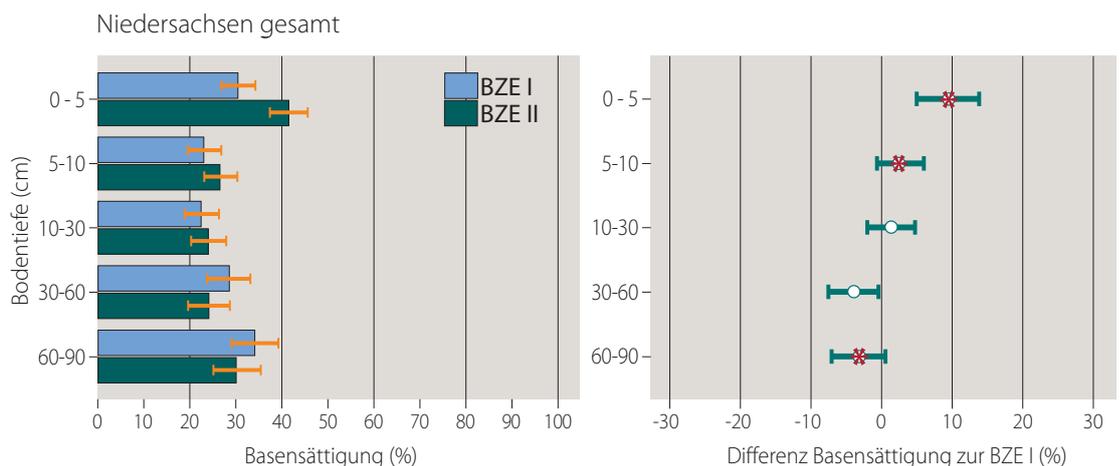
oder eine geringe Stichprobenzahl. In der rechten Grafik sind die mittleren Differenzen der jeweiligen Tiefenstufe (Basensättigung BZE II abzüglich Basensättigung BZE I identischer BZE-Punkte und Tiefenstufen) mit dem entsprechendem 95 %-Konfidenzintervall dargestellt. Ein roter Stern bedeutet, dass der Mittelwert mit 95-prozentiger Wahrscheinlichkeit gegen Null (keine Veränderung) abgesichert und mit dieser Wahrscheinlichkeit nicht zufällig ist.

In Niedersachsens Waldböden liegen die durchschnittlichen Werte der Basensättigung bei der BZE I und II in den einzelnen Tiefenstufen mit Werten zwischen 20 und 40 % in mittleren Größenordnungen. Die höheren Werte der Basensättigung der Tiefenstufe 0-5 cm erklären sich aus dem höheren Gehalt an organischer Substanz, der über Einwaschung, Wurzelstreu und die aktive Einarbeitung durch Bodenwühler entstanden ist. Dadurch werden die Austauschkapazität und auch die Basensättigung erhöht. In der anschließenden Tiefenstufe 5-10 cm ist die durchschnittliche Basensättigung deutlich geringer, hier lässt der Einfluss durch organische Substanz bereits nach. Ab 30 cm steigen die durchschnittlichen Werte der Basensättigung mit zunehmender Bodentiefe dann wieder an, was auf umfangreichere Nährstoffreserven und Pufferkapazität mit zunehmenden Bodentiefen zurückzuführen ist. Im Vergleich zu Hessen und auch Sachsen-Anhalt sind die mittleren Basensättigungen in Niedersachsen geringer, vor allem in Bodentiefen unter 30 cm.

Im Vergleich zur durchschnittlichen Basensättigung zum Zeitpunkt der BZE I hat sich bei der BZE II die durchschnittliche Basensättigung in den oberen Tiefenstufen signifikant verbessert, und zwar um knapp 10 %-Punkte in der Tiefenstufe 0-5 cm und 3 %-Punkte in 5-10 cm. Dies lässt sich mit den durchgeführten Waldkalkungsmaßnahmen und dem Rückgang der luftbürtigen Säureinträge erklären. In 10-30 cm Bodentiefe gab es kaum Veränderungen. In 30-60 cm und 60-90 cm verringerte sich die durchschnittliche Basensättigung jeweils um 3-4 %-Punkte im Vergleich zur BZE I, in der Tiefenstufe 60-90 cm signifikant. Dies kann mit einer fortschreitenden Versauerung in der Tiefe erklärt werden, die vor allem bei nicht gekalkten Standorten zu erwarten ist.

Waldkalkungen wurden in Niedersachsen seit den 1980er Jahren vorwiegend im Landeswald, aber auch im Privatwald großflächig durchgeführt. Schon vor der BZE I sind daher viele BZE-Punkte gekalkt worden. Um den Einfluss der Kalkung auf die Veränderung der Basensättigung prüfen zu können,

Durchschnittliche Basensättigung nach BZE-Tiefenstufen für alle BZE-Punkte in Niedersachsen, links die durchschnittliche Basensättigung der BZE I (n=202) und BZE II (n=168), rechts die mittleren Differenzen (BZE II – BZE I, n=110), roter Stern: signifikant unter dem 5 %-Signifikanzniveau



Bodenzustandserhebung

sind in der Grafik (Seite 24) die durchschnittlichen Basensättigungen der gekalkten und nicht gekalkten BZE-Punkte gegenübergestellt. Durch Kalkstein geprägte Standorte und Sonderstandorte (z. B. Moore) sind in dieser Auswertung ausgenommen.

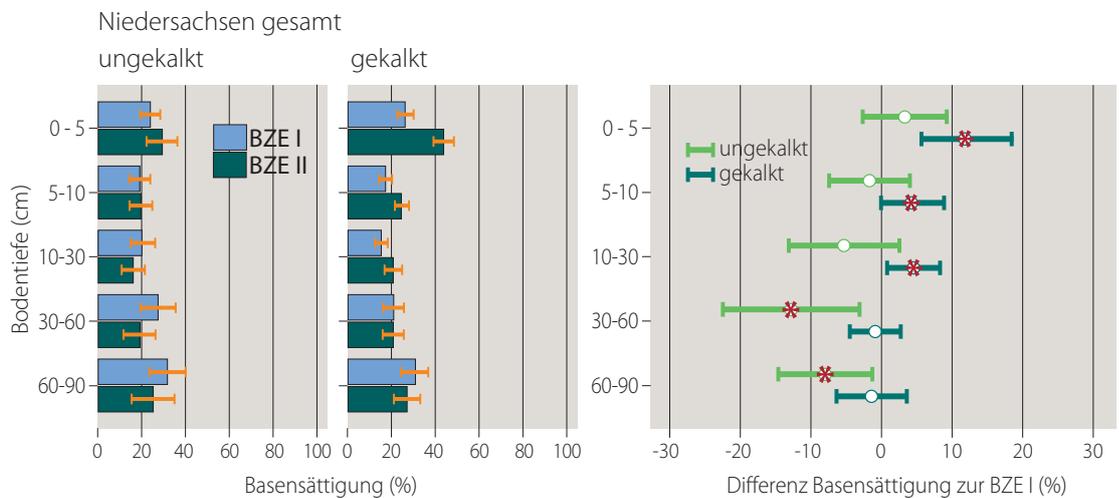
Der Einfluss der Kalkung auf die Basensättigung zeigt sich sehr deutlich: Die gekalkten Standorte erreichen bei der BZE II in den Tiefenstufen 0-5 cm eine um durchschnittlich 12 %-Punkte, in 5-10 cm eine um 4 %-Punkte und in 10-30 cm eine um 5 %-Punkte signifikant höhere Basensättigung als die ungekalkten Standorte. In den anschließenden Tiefenstufen 30-60 cm und 60-90 cm verändert sich die durchschnittliche Basensättigung im Kollektiv der gekalkten BZE-Punkte nur geringfügig und nicht signifikant. Bei den ungekalkten BZE-Punkten dagegen hat die durchschnittliche Basensättigung in den Tiefenstufen 30-60 cm und 60-90 cm um 13 %- und 8 %-Punkte signifikant abgenommen, was als deutliches Anzeichen einer weiteren Tiefenversauerung angesehen werden kann.

Diese Ergebnisse zeigen, dass die Bodenschutzkalkung den Bodenzustand in den oberen 30 cm verbessert und eine weitere Tiefenversauerung verhindert hat. Die Basensättigung der ungekalkten BZE-Punkte veränderte sich in den oberen 30 cm des Mineralbodens kaum, die leichte (nicht signifikante) Verbesserung in 0-5 cm und die Verschlechterung in 10-30 cm kann mit dem Rückgang der Säureinträge in Verbindung gebracht werden.

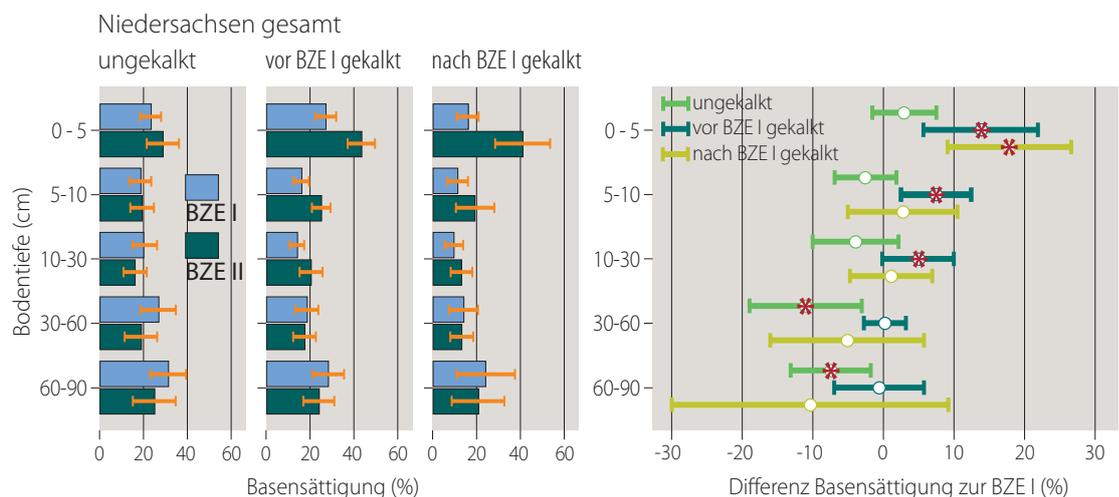
Bodenschutzkalkungen wirken mittel- bis langfristig, da der Kalk in Wäldern nicht wie in der Landwirtschaft in den Mineralboden eingearbeitet wird und es sich um mild wirkende Kalke handelt, die sich langsam lösen. Da einige BZE-Punkte schon vor der BZE I gekalkt worden sind, sollte sich bei diesen Standorten eine höhere Basensättigung zeigen als bei denen, die zum Zeitpunkt der BZE I noch ungekalkt waren und erst zwischen den Erhebungen erstmalig gekalkt wurden.

Die BZE-Punkte, die bereits vor der BZE I gekalkt wurden, haben bereits zum Zeitpunkt der BZE I eine um durchschnittlich 4 %-Punkte höhere Basensättigung in 0-5 cm Bodentiefe als die erst nach der BZE I gekalkten BZE-Punkte, was schon bei der BZE I den Einfluss der vorhergegangenen Kalkung anzeigt. Die Wirkung der Kalkung im Mineralboden reicht bei den bereits vor der BZE I gekalkten BZE-Punkten zudem deutlich tiefer: Bis 30 cm sind die durchschnittlichen Werte der Basensättigung in diesem Kollektiv signifikant erhöht, in den oberen Tiefenstufen stärker als in den unteren. Bei den BZE-Punkten, die erst zwischen den beiden BZE-Erhebungen gekalkt wurden, erhöhte sich die Basensättigung nur in 0-5 cm signifikant. Die durchschnittliche Basensättigung im Unterboden unter 30 cm Bodentiefe im Kollektiv der vor der BZE I gekalkten BZE-Punkten verschlechterte sich nicht weiter, wohingegen zum Zeitpunkt der BZE II sich im Kollektiv der zwischen den BZE-Erhebungen gekalkten BZE-Punkten geringere Werte der Basensättigung einstellten. Diese Veränderungen sind

Durchschnittliche Basensättigung nach BZE-Tiefenstufen für gekalkte und nicht gekalkte BZE-Punkte in Niedersachsen (ohne Kalk- und Sonderstandorte). Links die durchschnittliche Basensättigung für alle ungekalkten (BZE I: n=61; BZE II: n=47) und gekalkten (BZE I: n=116; BZE II: n=92) BZE-Punkte, rechts die mittleren Differenzen (BZE II – BZE I, ungekalkt n=27; gekalkt n=67), roter Stern: signifikant unter dem 5 %-Signifikanzniveau



Durchschnittliche Basensättigung nach BZE-Tiefenstufen für alle BZE-Punkte in Niedersachsen. Links die durchschnittliche Basensättigung für alle ungekalkten (BZE I: n=62; BZE II: n=47), vor der BZE I (BZE I: n=84; BZE II: n=55) und nach der BZE I (BZE I: n=13; BZE II: n=13) gekalkten BZE-Punkte, rechts die entsprechenden mittleren Differenzen (BZE II – BZE I, ungekalkt n=27, vor BZE I gekalkt n=50, nach BZE I gekalkt n=6), roter Stern: signifikant unter dem 5 %-Signifikanzniveau



Bodenzustandserhebung

zwar nicht signifikant, aber im Gesamtbild sehr plausibel. Damit zeigt sich im Vergleich der beiden BZE-Erhebungen und dem Kalkungszeitpunkt, dass die Kalkung langfristig wirkt und nicht wie früher befürchtet nur kurzfristige Effekte erzielt.

Die Waldböden in Niedersachsen sind sehr verschieden. Entsprechend ihrer naturräumlich bedingten Eigenschaften reagieren Waldböden unterschiedlich empfindlich auf Belastungen und Störungen. Die ärmeren Sande im niedersächsischen Tiefland oder die Quarzite im Harz sind geringer mit Nährstoffen ausgestattet und versauern daher leichter als die reicheren Lößstandorte der Berglandschwelle oder im Weserbergland mit relativ hohen Pufferpotenzialen. Grauwacken oder auch teilweise Tonschiefer im Harz können trotz mittlerer Nährstoffausstattung teilweise auch kritische Werte für die Basensättigung aufweisen. Um dieser Standortvielfalt Rechnung zu tragen, wurden alle 267 BZE-Punkte einheitlichen Substratgruppen zugeordnet, die hinsichtlich ihrer Standortmerkmale und ihres Pufferpotenzials vergleichbare Einheiten bilden. Das zentrale Gliederungsmerkmal dieser Einteilung ist das jeweilige Ausgangssubstrat, welches wesentlich die chemischen Eigenschaften und damit die Pufferkapazitäten gegenüber Säureinträgen bestimmt. Die oben angeführten Ergebnisse sind Durchschnittswerte für alle Waldböden in Niedersachsen. Um die Veränderungen typischer Waldböden in Niedersachsen analysieren und besser bewerten zu können, sind die BZE-Punkte nach Substratgruppen gegliedert und ausgewertet worden. Diese Einheiten bieten ein differenziertes Bild der standörtlichen Vielfalt der Waldböden in Niedersachsen, lassen Belastungsmuster erkennen und sind Grundlage für die Beurteilung von möglichen Kompensationsmaßnahmen.

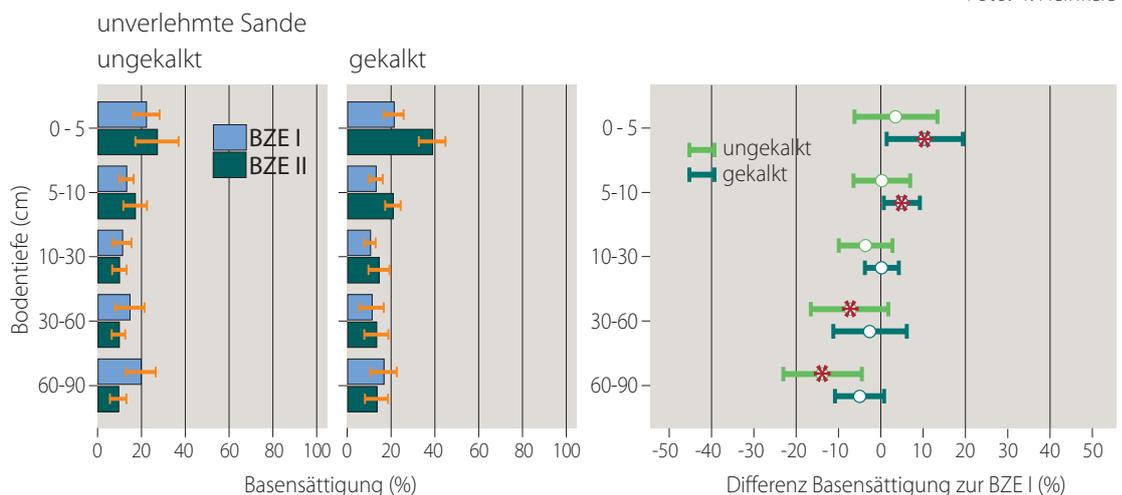
Die meistverbreitete Substratgruppe in Niedersachsen sind die **unverlehmten Sande**. Diese Substratgruppe repräsentiert 36 % der BZE II-Punkte und ist typisch für Waldstandorte im niedersächsischen Tiefland. Sie wird von glazialen und fluvioglazialen Ablagerungen der letzten Eiszeiten geprägt. Vorherrschende Bodenarten sind Sande, als Bodentypen dominieren ärmere Sand-Braunerden, Podsol-Braunerden und Podsole. Aufgrund ihrer geringen Nährstoffvorräte sind unverlehmte Sande besonders empfindlich gegenüber Säureinträgen. Dies zeigt sich deutlich an den mittleren Werten der Basensättigung in der Abbildung unten. Die BZE-Punkte in der Substratgruppe der unverlehmten Sande zählen allgemein zu den Waldstandorten mit den geringsten Nährstoffvorräten. Dies gilt für die unverlehmten Sande in Niedersachsen in besonderem Maße, da sie im Vergleich zu den unverlehmten Sanden in Sachsen-Anhalt und Hessen noch geringere durchschnittliche Werte für die Basensättigung aufweisen. Mit Ausnahme der Tiefenstufe 0-5 cm in beiden Kollektiven und der Tiefenstufe 5-10 cm im Kollektiv der gekalkten BZE-Punkte liegen die durchschnittlichen Basensättigungen bei der BZE II unterhalb des kritischen Wertes von 20 % und befinden sich damit im geringen Bewertungsbereich. Durch die Waldkalkung konnte eine erhebliche und signifikante Verbesserung in 0-5 cm Bodentiefe um 10 %-Punkte und 5 %-Punkte in 5-10 cm erreicht werden. In den anschließenden Tiefenstufen gab es im gekalkten Kollektiv der unverlehmten Sande nur geringfügige Veränderungen zur BZE I, in 60-90 cm verschlechterte sich die durchschnittliche Basensättigung um 5 %-Punkte, jedoch nicht signifikant. Im Kollektiv der ungekalkten unverlehmten Sande veränderte sich die Basensättigung in den oberen 30 cm Bodentiefe nur un-

ten Nährstoffvorräten. Dies gilt für die unverlehmten Sande in Niedersachsen in besonderem Maße, da sie im Vergleich zu den unverlehmten Sanden in Sachsen-Anhalt und Hessen noch geringere durchschnittliche Werte für die Basensättigung aufweisen. Mit Ausnahme der Tiefenstufe 0-5 cm in beiden Kollektiven und der Tiefenstufe 5-10 cm im Kollektiv der gekalkten BZE-Punkte liegen die durchschnittlichen Basensättigungen bei der BZE II unterhalb des kritischen Wertes von 20 % und befinden sich damit im geringen Bewertungsbereich. Durch die Waldkalkung konnte eine erhebliche und signifikante Verbesserung in 0-5 cm Bodentiefe um 10 %-Punkte und 5 %-Punkte in 5-10 cm erreicht werden. In den anschließenden Tiefenstufen gab es im gekalkten Kollektiv der unverlehmten Sande nur geringfügige Veränderungen zur BZE I, in 60-90 cm verschlechterte sich die durchschnittliche Basensättigung um 5 %-Punkte, jedoch nicht signifikant. Im Kollektiv der ungekalkten unverlehmten Sande veränderte sich die Basensättigung in den oberen 30 cm Bodentiefe nur un-



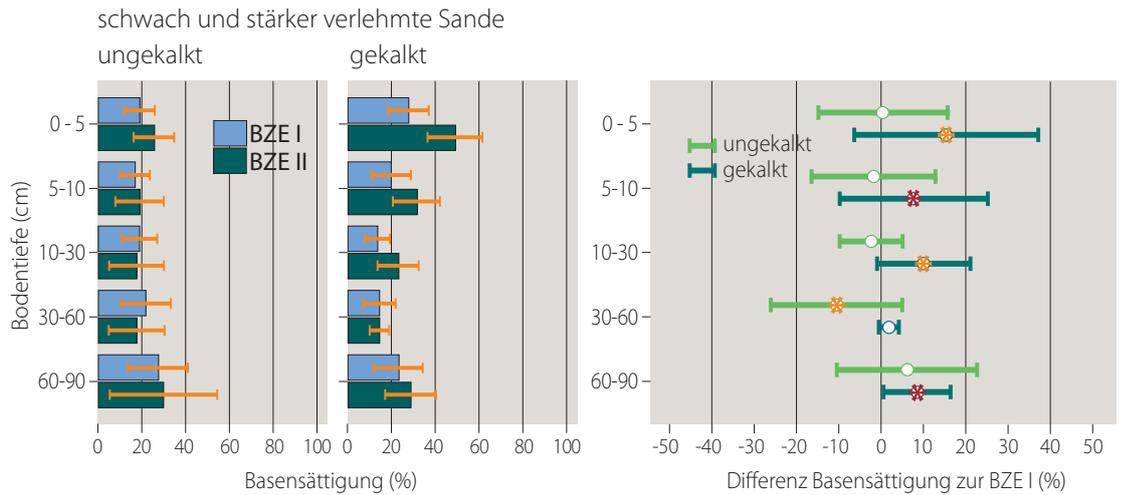
Mächtiger Podsol aus unverlehmtem Sand in der Lüneburger Heide
Foto: T. Heinkele

Durchschnittliche Basensättigung nach BZE-Tiefenstufen für alle BZE-Punkte in der Substratgruppe unverlehmte Sande in Niedersachsen. Links die durchschnittliche Basensättigung der BZE I und II für alle ungekalkten (BZE I: n=25; BZE II: n=29) und gekalkten (BZE I: n=35; BZE II: 31) BZE-Punkte, rechts die entsprechenden mittleren Differenzen (BZE II – BZE I, ungekalkt n=15, gekalkt n=22), roter Stern: signifikant unter 5 %-Signifikanzniveau



Bodenzustandserhebung

Durchschnittliche Basensättigung nach BZE-Tiefenstufen für alle BZE-Punkte in der Substratgruppe schwach und stärker verlehnte Sande in Niedersachsen. Links die durchschnittliche Basensättigung der BZE I und II für alle ungekalkten (BZE I: n=20; BZE II: n=9) und gekalkten (BZE I: n=24; BZE II: 18) BZE-Punkte, rechts die entsprechenden mittleren Differenzen (BZE II – BZE I, ungekalkt n=12, gekalkt n=6), roter Stern: signifikant unter 5 %-Signifikanzniveau, orangener Stern: signifikant unter 10 %-Signifikanzniveau



wesentlich, verschlechterte sich jedoch erheblich in 30-60 cm um 7 %-Punkte und in 60-90 cm um 14 %-Punkte, beide Veränderungen waren signifikant. Damit zeigt sich für die bisher ungekalkten unverlehmten Sande eine zunehmende Tiefenversauerung. Dies ist insofern problematisch, da diese Standorte im intensiv durchwurzelten Mineralboden bis 30 cm Bodentiefe bereits überwiegend kritische Werte der Basensättigung zwischen 10-20 % aufweisen. Dass sich bei den ungekalkten Standorten die Basensättigung in den oberen Tiefenstufen nicht deutlicher verschlechtert hat, kann mit dem Rückgang der Säureeinträge in Verbindung gebracht werden.

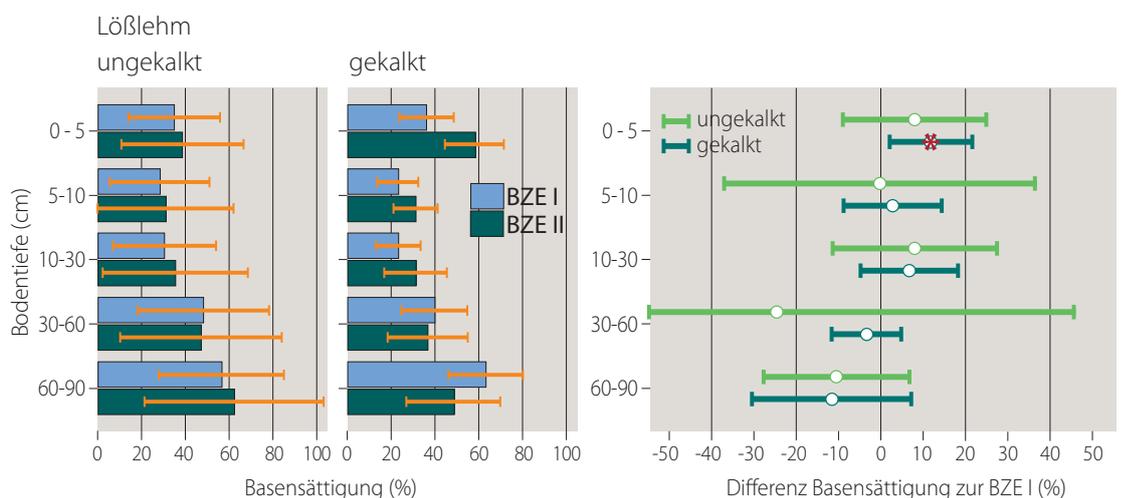
Nach den unverlehmten Sanden ist die Substratgruppe der **schwach und stärker verlehnten Sande** die zweithäufigste in Niedersachsen. Diese Substratgruppe hat 16 % Anteil an den BZE II-Punkten in Niedersachsen und ist wie die Substratgruppe der unverlehmten Sande typisch für das Tiefland. Häufige Standorte sind verlehnte Grundmoränen und verlehnte Standorte in Niederungen und Auen.

Mit durchschnittlichen Werten zwischen 15 und 50 % Basensättigung fallen die schwach und stärker verlehnten Sande in den geringen bis mittleren Bewertungsbereich. Der höhere Verlehungsgrad dieser Waldböden bildet sich in höheren durchschnittlichen Basensättigungen gegenüber der Substratgruppe der unverlehmten Sande ab. Dies betrifft vor allem die Tiefenstufe 60-90 cm. Hier liegen die Werte der BZE II in den schwach und stärker verlehnten Sanden bei rund 30 % Basen-

sättigung, bei den unverlehmten Sanden nur bei rund 10 %. Dennoch liegen in mittleren Bodenschichten zwischen 5 und 60 cm Bodentiefe auch bei den schwach und stärker verlehnten Sanden kritische Werte unter 20 % Basensättigung vor, die sich im ungekalkten Kollektiv weiter verschlechterten. Dies ist signifikant für die Tiefenstufe 30-60 cm. Im gekalkten Kollektiv dieser Substratgruppe sind die Basensättigungen bei der BZE II in allen Tiefenstufen im Vergleich zur BZE I höher, in 30-60 cm Bodentiefe nur sehr gering und nicht signifikant. Damit zeigen sich auch in diesem Kollektiv dieselben Muster wie in der Substratgruppe der unverlehmten Sande hinsichtlich der weiteren Tiefenversauerung im ungekalkten Kollektiv, jedoch deutlich abgeschwächt.

Mit 11 % Anteil an den BZE II-Punkten ist die Substratgruppe **Lößlehm** nach den Sanden die dritthäufigste Substratgruppe in Niedersachsen. Die Substratgruppe Lößlehm wurde in der BZE etwas weiter gefasst als in der Standortkartierung. Auch vom Lößlehm bestimmte, mächtige Deckschichten über verschiedensten Ausgangssubstraten wurden dieser Substratgruppe bei der BZE zugeordnet. Lößlehme sind fruchtbare Standorte und meist ackerbaulich genutzt. Sie sind auch wertvolle Waldstandorte, vor allem, weil sie mittel bis gut nährstoffversorgt sind und große Wassermengen speichern können. Lößlehme sind allerdings empfindlich gegenüber Säureeinträgen, weshalb sie in Niedersachsen und Hessen in Kalkungsmaßnahmen einbezogen wurden.

Durchschnittliche Basensättigung nach BZE-Tiefenstufen für alle BZE-Punkte in der Substratgruppe Lößlehm in Niedersachsen. Links die durchschnittliche Basensättigung der BZE I und II für alle ungekalkten (BZE I: n=10; BZE II: n=7) und gekalkten (BZE I: n=22; BZE II: 17) BZE-Punkte, rechts die entsprechenden mittleren Differenzen (BZE II – BZE I, ungekalkt n=4, gekalkt n=13), roter Stern: signifikant unter 5 %-Signifikanzniveau



Bodenzustandserhebung

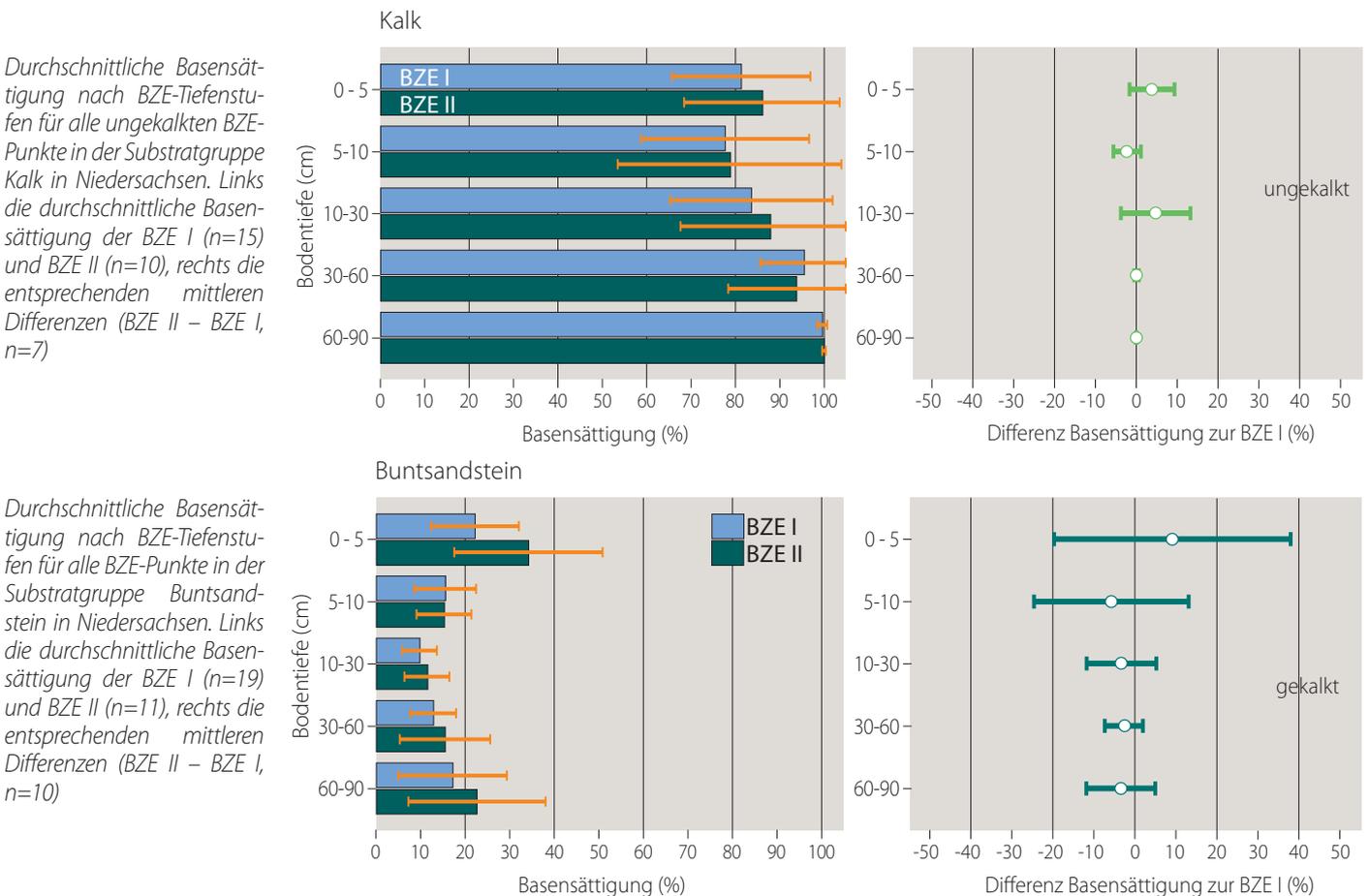
Die mittleren Basensättigungen der BZE-Punkte in der Substratgruppe Lößlehm liegen alle im mittleren bis hohen Bewertungsbereich. Die durchschnittliche Basensättigung nimmt mit zunehmender Bodentiefe zu und erreicht die höchsten Werte in der Tiefenstufe 60-90 cm. Die weiten Konfidenzintervalle kennzeichnen eine hohe Heterogenität der Standorte bezüglich der Basensättigung und eine geringere Aussagekraft des Mittelwertes. Bei der Betrachtung der Einzelpunkte liegen bei der BZE II 60 % der BZE-Punkte im überwiegenden Tiefenbereich unter 10 cm Bodentiefe unter 20 % Basensättigung und damit im kritischen Bereich. Dies erfordert bei der Beurteilung von Kompensationsmaßnahmen dieser Substratgruppe eine differenziertere Betrachtung auf standörtlicher und bodenchemischer Grundlage. Die Veränderungen der durchschnittlichen Basensättigungen zwischen der BZE I und BZE II streuen ebenfalls weit. Signifikant ist die Verbesserung im gekalkten Kollektiv in der Tiefenstufe 0-5 cm, dort stieg die durchschnittliche Basensättigung um 12 %-Punkte an. Leichte, nicht signifikante Verbesserungen gab es bis 30 cm Bodentiefe in beiden Kollektiven, aber deutlicher im gekalkten Kollektiv. Die Waldkalkung hatte bei den entsprechenden BZE-Punkten positive Effekte im Oberboden bis 30 cm Bodentiefe, hinzu kommt die entlastende Wirkung der zurückgegangenen Säureeinträge.

Die BZE-Punkte in der Substratgruppe der **Kalke** sind mit 8 %-Anteil in der BZE II vertreten. Sie weisen insgesamt die höchsten Werte für die Basensättigung aus und verfügen über eine hohe Pufferkapazität gegenüber Säureeinträgen. Diese Standorte liegen im niedersächsischen Bergland, vor allem im Weserbergland. Sie sind in der Regel nicht gekalkt worden. Erwartungsgemäß liegen die durchschnittlichen Basensätti-

gungen im hohen Bewertungsbereich. Relativ am geringsten sind die Durchschnittswerte bei weiten Streuungen im oberen Mineralboden. Die Werte nehmen mit zunehmender Bodentiefe bis auf nahezu 100 % in der Tiefenstufe 60-90 cm zu. Dort streuen dann die Werte nur noch gering. Signifikante und nennenswerte Änderungen zwischen den BZE-Erhebungen bezüglich der Basensättigung traten nicht auf.

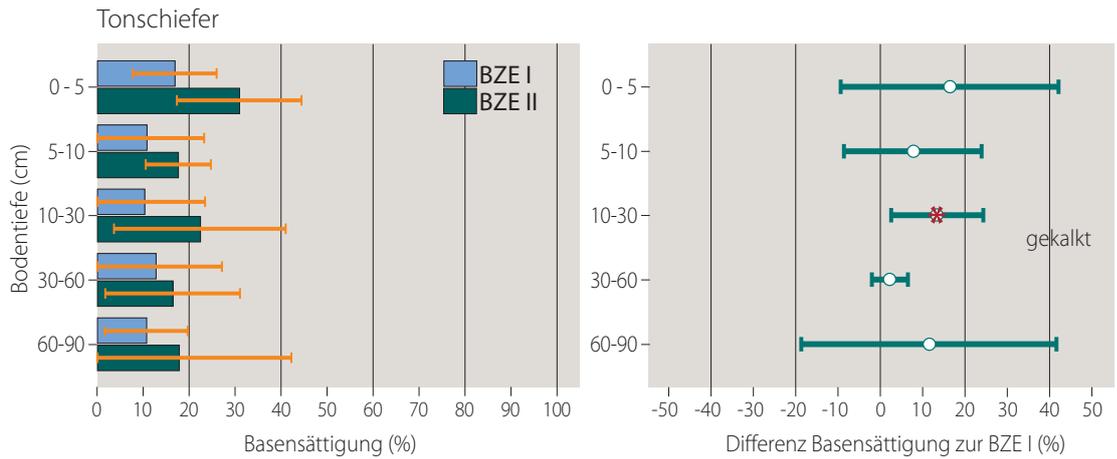
Eine weitere typische Substratgruppe im niedersächsischen Bergland ist der **Buntsandstein**, der insgesamt mit 6 % an der BZE II vertreten ist. Vorherrschende Bodenarten sind Sande mit unterschiedlichem Verlehmungsgrad. Als Bodentyp dominiert die Braunerde. Vor allem die ärmere Ausprägung dieser Substratgruppe ist besonders empfindlich gegenüber Säureeinträgen, aber auch die besser versorgten Standorte dieser Gruppe sind in den oberen Bodenschichten gefährdet. Mit Ausnahme von 2 BZE-Punkten im BZE I-Raster sind alle BZE-Punkte dieser Substratgruppe gekalkt worden und mit den durchschnittlichen Basensättigungen nach Tiefenstufen in der Abbildung unten dargestellt.

Mit Ausnahme der Tiefenstufen 0-5 cm und 60-90 cm im Kollektiv der BZE II liegen die durchschnittlichen Basensättigungen im Hauptwurzelraum unterhalb des kritischen Grenzwertes von 20 %. Wie bei den Lößlehmen kennzeichnen die weiten Konfidenzintervalle die hohe Standortsheterogenität dieses Kollektivs. Der überwiegende Anteil der BZE-Punkte in der Substratgruppe Buntsandstein ist bereits vor der BZE I gekalkt worden. Dies könnte ein Grund dafür sein, dass die durchschnittlichen Basensättigungen der BZE I in Niedersachsen höher sind als vergleichbare Standorte in Hessen. Dort zeigte sich zudem eindeutig eine weitere Verschlechterung der ungekalkten und eine weitere Verbesserung der gekalk-



Bodenzustandserhebung

Durchschnittliche Basensättigung nach BZE-Tiefenstufen für alle BZE-Punkte in der Substratgruppe Tonschiefer in Niedersachsen. Links die durchschnittliche Basensättigung der BZE I und II (n=6), rechts die entsprechenden mittleren Differenzen (BZE II – BZE I, n=5), roter Stern: signifikant unter 5 %-Signifikanzniveau



ten BZE-Punkte in der Substratgruppe Buntsandstein. Auffällig in Niedersachsen ist die Verbesserung der Basensättigung in der obersten Tiefenstufe 0-5 cm bei der BZE II, die sich jedoch nicht statistisch absichern lässt. Im Vergleich der Mittelwerte der BZE-Erhebungen (linke Grafik) hat sich die Situation durchschnittlich leicht verbessert. Im Kollektiv der BZE-Punkte, die in beiden Erhebungen beprobt wurden (rechte Grafik) zeichnet sich jedoch unterhalb von 5 cm Bodentiefe eher eine leichte Verschlechterung für alle Tiefenstufen ab. Für gesicherte und klarere Aussagen sind bei der Heterogenität dieser Substratgruppe höhere Stichprobenzahlen erforderlich. Grundsätzlich liegen in der Substratgruppe Buntsandstein nach wie vor kritische Zustände im Mineralboden vor, damit sind Kompensationsmaßnahmen in dieser Substratgruppe erforderlich.

Ähnlich zu bewerten sind die BZE-Punkte in den Substratgruppen Grauwacke (3 %-Anteil am BZE II-Kollektiv) und Granit (1 %), die auf Grund der geringen Stichprobenzahl nicht gesondert dargestellt werden.

Mit 4 % Anteil an den BZE-Punkten der BZE II ist in Niedersachsen noch die Substratgruppe **Tonschiefer** bedeutsam. Mit teilweise hohen Steinanteilen und verschiedensten mineralischen Zusammensetzungen weist diese Gruppe standörtlich eine große Heterogenität auf. Die Tonschiefer-Standorte liegen alle im niedersächsischen Harz. In der Regel ist der anstehende Tonschiefer im Harz eher ärmer ausgeprägt. Es haben sich Braunerden ausgebildet. Alle Tonschiefer-Standorte im BZE-Kollektiv sind gekalkt worden.

Die weiten Konfidenzintervalle für die mittleren Basensättigungen in den Tiefenstufen (orange Linien) sind unter anderem Ausdruck für die große Heterogenität dieser Standorte. Die durchschnittlichen Basensättigungen der Tonschiefer-Standorte lagen zum Zeitpunkt der BZE I bis 90 cm Bodentiefe unter 20 % Basensättigung und zeigten damit deutliche Spuren einer Versauerung. Nach den Waldkalkungen hat sich der Zustand in allen Tiefenstufen deutlich verbessert, signifikant ist dies für die Bodentiefe 10-30 cm. Im Unterschied zu den Tonschiefer-Standorten in Hessen und Sachsen-Anhalt, die eine durchschnittliche Basensättigung zwischen 40-60 % im Unterboden aufweisen, sind die niedersächsischen Tonschiefer-Standorte deutlich ärmer.

Die genannten Substratgruppen umfassen rund 85 % aller Waldböden in Niedersachsen. Vereinzelt im BZE-Kollektiv vorkommende Substrate wie z. B. Tonstein, Kreidesandstein,

Mergel oder Diabas sind aufgrund der geringen Stichprobenzahl und Heterogenität als Substratgruppen nicht sinnvoll auswertbar. Dies trifft auch auf Standorte zu, die wesentlich durch organische Substanz geprägt sind, wie Moore, Brüche oder auch Standorte mit übererdeten mächtigen Humusauf-lagen. Diese Standorte sind mit 8 %-Anteil im BZE II-Kollektiv nicht selten; infolge der hohen Gehalte an organischer Substanz sind bei diesen Böden nachteilige Wirkungen von saurem Aluminium von untergeordneter Bedeutung.

Fazit

Die Ergebnisse der BZE I zeigten, dass viele Waldstandorte aufgrund der luftbürtigen Säureeinträge kritische Zustände aufwiesen. Neben Luftreinhaltemaßnahmen sind zur Entlastung der Böden umfangreiche Waldkalkungen durchgeführt worden. Die BZE II zeigt nun, dass für die gekalkten Standorte die Ziele der Bodenschutzkalkung erreichbar sind: Schutz des Waldbodens vor weiterer Versauerung, Verhinderung einer in die Tiefe fortschreitenden Versauerung und die Verbesserung des chemischen und biologischen Bodenzustandes. Auf ungekalkten ärmeren Standorten, vor allem bei der Substratgruppe der unverlehnten Sande, haben sich die bodenchemischen Verhältnisse hingegen weiter verschlechtert, hier sollten Kalkungsmaßnahmen erste Priorität haben. Reiche, gut nährstoffversorgte Waldstandorte z. B. auf Muschelkalk haben sich hinsichtlich der durchschnittlichen Basensättigung kaum verändert. Auf mittel nährstoffversorgten Standorten wie Lößlehmen, Tonschiefer- oder Grauwacke-Standorten sind zur Verbesserung des bodenchemischen Milieus im Oberboden Kalkungen ebenfalls sinnvoll, da auch bei diesen Standorten kritische Zustände hinsichtlich der Basensättigung vorherrschen. Die Ergebnisse der BZE decken sich mit den Untersuchungen auf Flächen des Intensiven Monitorings. Die dort ermittelten Stoffeinträge und -bilanzen weisen auf Standorten mit basenarmem Silikatgestein eine Säurebelastung aus, die die Säurepufferraten der Waldböden übersteigt. Beide Untersuchungsansätze liefern ein stimmiges Bild. Auch wenn in der Luftreinhaltepolitik und in der Waldbewirtschaftung bereits große Erfolge zur Entlastung der Waldböden erzielt wurden, sind weitere Maßnahmen erforderlich, um die Belastung der Waldökosysteme auf ein tolerierbares Maß zu verringern. Eine wichtige politische Maßnahme ist die Verminderung der hohen säurebildenden Stickstoffeinträge.

Zur Nachhaltigkeit der Vollbaumnutzung

Karl Josef Meiwes und Michael Mindrup

Mit der Vollbaumnutzung (= Ernte der gesamten oberirdischen Baumbiomasse) wird dem Wald im Vergleich zur konventionellen Derbholznutzung zusätzliche Biomasse entnommen, die zur stofflichen und zur energetischen Nutzung verwendet wird. Dies ist aus Gründen des Klimaschutzes sinnvoll, da in den Holzprodukten der Kohlenstoff eine gewisse Zeitspanne gebunden bleibt und mit der energetischen Verwertung fossile Brennstoffe ersetzt werden.

Die bei der Vollbaumnutzung zusätzlich geernteten Baumteile wie Äste, Reisig und Nadeln/Blätter sind sehr nährstoffreich. Deshalb ist der Nährstoffexport im Vergleich zur zusätzlich geernteten Biomasse unverhältnismäßig hoch. Darüber hinaus steht weniger Kohlenstoff für die Humusbildung im Boden zur Verfügung. Die Biodiversität kann ebenso beeinflusst werden wie auch das Zuwachsverhalten der Bestände. Dies gilt insbesondere für Standorte mit schlechter Nährstoffausstattung wie auch für Bestände mit hohem Nährstoffbedarf.

Stoffbilanzen von Waldbeständen (Nährstoffeintrag durch Verwitterung plus luftbürtigen Eintrag, Nährstoffexport durch Holznutzung und Sickerwasseraustrag) geben in Kombination mit den Nährstoffvorräten im Boden Auskunft darüber, wie groß der Nährstoffentzug mit der Holzernte sein darf oder wie hoch der Kompensationsbedarf durch beispielsweise Kalkung oder Holzascherückführung sein muss, damit die Nutzung nachhaltig ist und die Wälder langfristig produktiv bleiben.

Der Nährstoffentzug hängt von der Baumart und deren Wachstumsleistung ab. Die Baumarten unterscheiden sich untereinander hinsichtlich der Elementgehalte und Dichte des Holzes. Im Allgemeinen sind in den Laubbäumen die Elementgehalte höher als in Nadelbäumen. Ebenfalls sind die Dichten des Holzes von Baumarten wie der Buche oder Eiche höher als von Fichte, Kiefer oder Douglasie.



Häcksler bei der Hackschnitzelbereitung

Foto: H. Pflüger-Grone

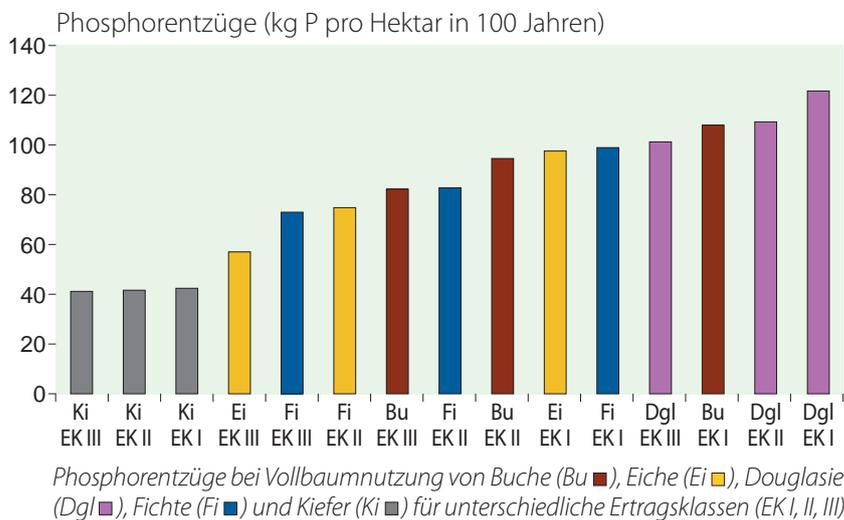
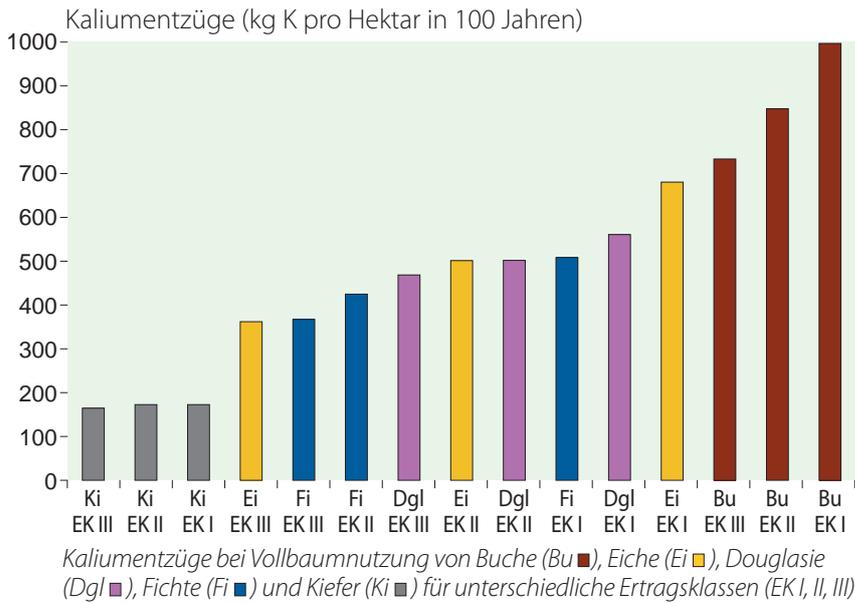
Das klassische Mangellement Stickstoff bereitet wegen der gegenwärtig hohen Einträge aus der Atmosphäre bei der Vollbaumnutzung keine oder nur wenig Probleme. In noch höherem Maße gilt dies für Schwefel, der in den 1970–1990er Jahren in großen Mengen in die Wälder eingetragen wurde und in den Böden immer noch im Überfluss vorhanden ist.



Kronenmaterial für die energetische Verwertung

Foto: H. Pflüger-Grone

Zur Nachhaltigkeit der Vollbaumnutzung



Ergebnisse aus dem Vollbaumprojekt der NW-FVA zeigen, dass der Kaliumentzug bei der Buche erheblich höher ist als bei den anderen Baumarten (siehe Abb. oben). Bei den Entzügen von Magnesium liegt die Buche im Vergleich der genannten Baumarten ebenfalls vorn, beim Calcium hat die Eiche den höchsten Bedarf. Die Douglasie weist trotz ihres hohen Volumenzuwachses verhältnismäßig geringe Entzüge an den Nährstoffen Kalium, Calcium und Magnesium auf. Dagegen ist der Phosphorbedarf der Douglasie verhältnismäßig hoch (siehe Abb. unten). Dies ist insbesondere auf Standorten von Bedeutung, wo sie anstatt der Kiefer angebaut werden soll.

Die Kiefer weist die geringsten Nährelemententzüge auf. Dies liegt sowohl an ihrer geringen Wuchsleistung als auch an ihren geringen Elementgehalten. Aus den geringen Elementgehalten folgt, dass die Kiefer die Nährelemente sehr effizient nutzt. Im Vergleich zu den anderen genannten Baumarten bildet sie pro Kilogramm aufgenommenen Nährstoff die meiste Holzmasse.

Im Allgemeinen sollte man mit dem Einstieg in die Vollbaumnutzung vorsichtig umgehen, damit die Standorte nicht überbeansprucht werden. Hinweise auf die Standortsverträglichkeit geben Nährstoffbilanzen, wie sie z. B. im Forstlichen Umweltmonitoring erstellt werden, und die Forstliche Standortkartierung. Demnach ist in Nordwestdeutschland auf Standorten mit basenarmem Silikatgestein als Ausgangsmaterial der Bodenbildung auch schon bei der Derbholtznutzung mit negativen Bilanzen für Calcium und Magnesium zu rechnen. Bezüglich dieser beiden Nährstoffe gibt es die Möglichkeit der Kompensation mit der Waldkalkung, wie sie seit längerem schon durchgeführt wird. Auf manchen Standorten sind auch die Kaliumbilanzen schon bei normaler Nutzung negativ. Hier sollte daher die Vollbaumnutzung sehr vorsichtig erfolgen und die Nutzung durch waldernährungskundliche Untersuchungen begleitet werden, auch weil beim Kalium Kompensationsmaßnahmen weniger praktikabel sind und dieser Nährstoff insbesondere in sandigen Böden bald mit dem Sickerwasser abgetragen wird. Phosphor ist in den Böden in größeren Mengen vorhanden, allerdings ist er nicht zur Gänze pflanzenverfügbar. Gegenwärtig wird von der Deutschen Forschungsgemeinschaft mit einem größeren Förderprogramm begonnen, die Verfügbarkeit von Phosphor in Waldböden zu untersuchen. Auch auf besseren Standorten sollte man mit der Vollbaumnutzung den Bogen nicht überspannen, denn auch hier wird eine ausreichende Menge Kohlenstoff für die Humusbildung im Boden benötigt.

Die Informationen, die für eine zuverlässige Steuerung der Vollbaumnutzung erforderlich sind, gehen über das hinaus, was die Standortkartierung und das Forstliche Umweltmonitoring liefern kann. Deshalb werden, um die Vollbaumnutzung in der Praxis wissenschaftlich zu begleiten, Versuche angelegt und betrieben, in denen die Wirkungen der intensivierten Biomassennutzung auf die verschiedenen Waldfunktionen untersucht werden.



Foto: J. Evers

Phosphor

Ulrike Talkner

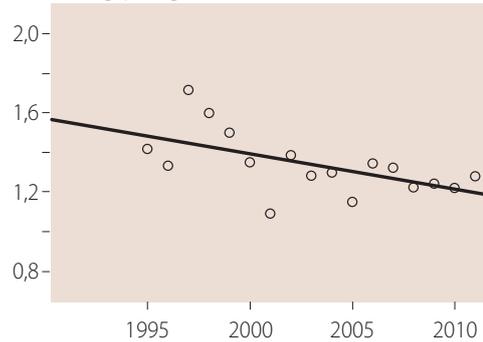
In allen Organismen ist Phosphor ein Baustein lebensnotwendiger Zellbestandteile, wie z. B. der Zellmembranen oder der Erbsubstanz. Ferner spielt Phosphor eine entscheidende Rolle im Energiehaushalt der Zellen und kommt in funktionalen Gruppen von Enzymen und Coenzymen vor. Pflanzlicher Phosphormangel führt zu Wachstumshemmung.

Es wird vermutet, dass die seit mehreren Jahrzehnten andauernde, erhöhte atmosphärische Stickstoffdeposition und die Versauerung der Waldböden die Phosphornahrung der Wälder negativ beeinflussen, indem die Phosphorverfügbarkeit verschlechtert wird. Ferner sind durch eine verbesserte Stickstoffernährung Nährstoffungleichgewichte zu erwarten, die auch Phosphor betreffen. Baumarten mit schlechterem Phosphornährstoffzustand, zu denen auch die Buche gehört, könnten empfindlich auf die erhöhte Stickstoffdeposition reagieren und eine Phosphorlimitierung des Wachstums ausbilden. Allerdings sind die Beziehungen zwischen dem Phosphorhaushalt der Böden und der Phosphornahrung der Bäume unzureichend untersucht.

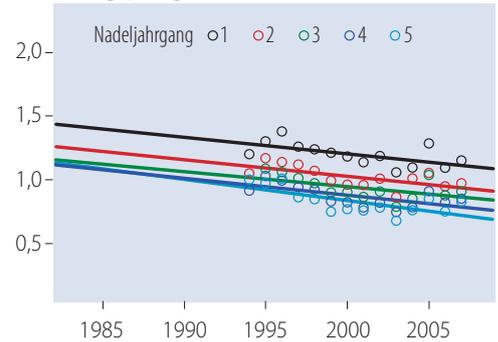
Global betrachtet ist es langfristig nicht sinnvoll, Wälder mit Phosphor zu düngen, da mineralisches Phosphat eine endliche Ressource ist und dringender für die Nahrungsmittelproduktion benötigt wird. In 50 bis 100 Jahren werden die globalen Vorräte an mineralischem Phosphat aufgebraucht sein. Deshalb ist eine nachhaltige Bewirtschaftung der Wälder auch im Hinblick auf das Nährelement Phosphor von besonderer Bedeutung.

Die Phosphorgehalte von Buchenblättern und Fichtennadeln nahmen auf den Flächen des Intensiven Monitorings seit den 1990er Jahren deutschlandweit signifikant ab. Sie erreichten teilweise ein Niveau, das auf einen Phosphormangel hinweist: 71 % der untersuchten Buchenflächen und 43 % der

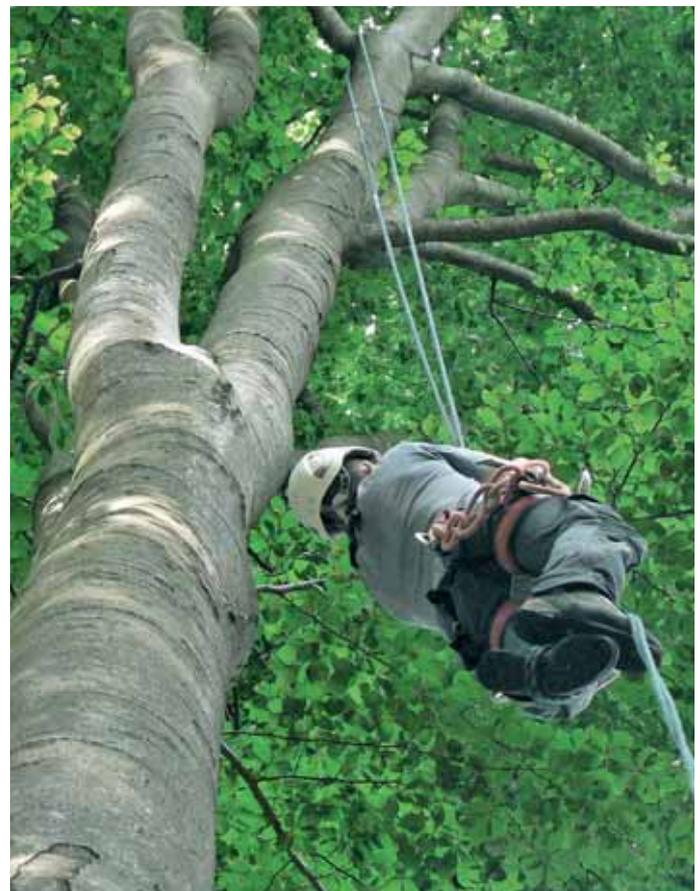
Buche
P (mg pro g Trockensubstanz)



Fichte
P (mg pro g Trockensubstanz)



Zeitlicher Verlauf der Phosphorgehalte von Buchenblättern (links) und Fichtennadeln (rechts) auf zwei ausgewählten Flächen des Intensiven Monitorings der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt.



Blattprobenahme

Foto: W. Klotz



Foto: T. Ullrich

untersuchten Fichtenflächen hatten geringe bis sehr geringe Phosphorgehalte (bewertet nach der Forstlichen Standortskartierung 2003).

Um die Auswirkungen der vielerorts schlechter werdenden Phosphornahrung auf die Vitalität und das Wachstum der Waldbestände in Nordwestdeutschland abschätzen und das Risiko einer Intensivierung der Biomassennutzung hinsichtlich der Phosphornahrung bewerten zu können, wird in den kommenden Jahren der Phosphorhaushalt der Wälder ein Untersuchungsschwerpunkt an der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt sein. Im Rahmen eines von der Deutschen Forschungsgemeinschaft geförderten Projekts wird momentan der Zusammenhang zwischen der Phosphornahrung von Buchenbeständen und dem Phosphorhaushalt der Böden untersucht.



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 Waldzustands-
erhebung 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



Andreas Schulze
Datenbank



Bearbeitung: Dammann, I.; Paar, U.; Wendland, J.; Weymar, J.;
Winter, T. und Eichhorn, J.

Titelfoto: Kasel, H.

Graphik und Layout: Paar, E.

Herstellung: Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt

Druck:

Printec Offset Kassel

Jörg Weymar
Außenaufnahmen und Kontrollen



Jürgen Wendland
Außenaufnahmen und Kontrollen



Thomas Winter
Außenaufnahmen und Kontrollen



Dr. Bernd Westphal
Außenaufnahmen und Kontrollen



Der Waldzustandsbericht 2012 ist abrufbar unter
www.nw-fva.de und
www.ml.niedersachsen.de >=>
Themenbereich Wald, Holz und Jagd

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

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