Niedersächsisches Ministerium für Ernährung,
Landwirtschaft und Verbraucherschutz

Waldzustandsbericht 2013

NW-FVA
Nordwestdeutsche
Forstliche Versuchsanstalt

Vorwort

Liebe Leserin, lieber Leser,

Ziel der niedersächsischen Landesregierung ist es, der Öffentlichkeit alle wichtigen Umweltdaten transparent und zeitnah zugänglich zu machen. Zu Ihrer umfassenden Information will auch diese Broschüre mit den Ergebnissen der Waldzustandserhebung für das Jahr 2013 einen Beitrag leisten.

Die Erhebung dokumentiert seit 30 Jahren den Gesundheitszustand unserer wichtigsten Baumarten. Die fortgeschriebenen landesweiten Übersichten sind ein wichtiger Baustein des Forstlichen Umweltmonitorings. Sie liefern Erkenntnisse über die Vitalität der Waldbäume und die Auswirkungen unerwünschter Stoffeinträge auf den Waldboden.

Schwefel- und Säureimmissionen sind seit Beginn ihrer Dokumentation kontinuierlich zurück gegangen. Die verstärkten Bemühungen um die Luftreinhaltung waren erfolgreich, so dass die früheren Top-Themen „Saurer Regen" und „Waldsterben" heute aus den Schlagzeilen verschwunden sind. Zum Schutz des Bodens vor Versauerungen ist eine standortsangepasste Bodenschutzkalkung jedoch nach wie vor erforderlich.

Trotz dieser erfreulichen und stabilen Entwicklung dürfen wir mit unseren Bemühungen zur Gesunderhaltung des niedersächsischen Waldes nicht nachlassen. Denn nach wie vor überschreiten hohe Nährstoffeinträge durch Stickstoff an vielen Orten die kritischen Eintragsraten. Hieran sind sowohl Nitrate aus Verbrennungsprozessen als auch Ammoniakeinträge aus der Landwirtschaft beteiligt. Die Stoffeinträge sind im Wald weitaus höher als im Freiland, da die dicht benadelten oder belaubten Baumkronen die Nährstoffe aus der Luft filtern. Die von der Landesregierung initiierte sanfte Agrarwende soll einen Beitrag zur Stickstoffreduzierung leisten.

Liebe Leserin, lieber Leser, ich empfehle Ihnen auch die ausgewählten Fachbeiträge in diesem Heft, die Ihnen einen Einblick in aktuelle Forschungsergebnisse der Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt (NW-FVA) in Göttingen gewähren. In den Händen dieser Forschungs- und Beratungsstätte lag wie auch in den Vorjahren die Datenerhebung für den vorliegenden Bericht.

Christian Meyer

Christian Meyer
Niedersächsischer Minister
für Ernährung, Landwirtschaft
und Verbraucherschutz

Hauptergebnisse

Waldzustandserhebung

Die mittlere Kronenverlichtung der Waldbäume in Niedersachsen lag mit 11 bis 12 % in den ersten drei Erhebungsjahren vergleichsweise niedrig, im Zeitraum 1992 bis 1996 wurden die bislang höchsten Verlichtungswerte (18 bis 20 %) ermittelt. Seit 1997 liegt die mittlere Kronenverlichtung für den Gesamtwald zwischen 13 und 17 %. Der diesjährige Wert beträgt 16 %. Für ältere Bäume (über 60-jährig) liegt die mittlere Kronenverlichtung etwa doppelt so hoch wie für jüngere Bäume (bis 60 Jahre).
Die Baumarten reagieren unterschiedlich. Für die Interpretation der Ergebnisse ist es daher wichtig, die Baumarten getrennt zu betrachten und den Anteil der Baumarten 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 % vertreten. Die anderen Laub- und Nadelbäume nehmen einen Anteil von 20 % ein.

Die ältere Kiefer hat im Beobachtungszeitraum ein relativ geringes Kronenverlichtungsniveau beibehalten. Auch 2013 setzt sich diese Tendenz fort, die mittlere Kronenverlichtung liegt bei 14 %. 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 in den Vorjahren 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 2011 mit 33 % der bislang höchste Wert in der Zeitreihe ermittelt, in 2012 und 2013 war eine Verbesserung des Belaubungszustandes auf jetzt 26 % mittlere Kronenverlichtung festzustellen. Diese Entwicklung steht mit der Fruchtbildung in Zusammenhang, in 2011 wurde die intensivste Fruchtbildung seit Beginn der Erhebung registriert, in 2012 und 2013 dagegen wurde kaum mittlere und starke Fruchtbildung beobachtet.
Die ältere Eiche ist derzeit trotz einer geringfügigen Verbesserung gegenüber den Vorjahren mit einer mittleren Kronenverlichtung von 32 % die am stärksten verlichtete Baumart in Niedersachsen. Schäden durch die Eichenfraßgesellschaft sind in diesem Jahr an den WZE-Stichprobenbäumen kaum aufgetreten.

Im Jahr 2013 liegen die Verlichtungswerte der anderen Laub- und Nadelbäume (alle Alter) bei 10 % bzw. 9 %.

Der Anteil starker Schäden für alle Baumarten und Alter (1,6 %) und die Absterberate (0,1 %) liegen 2013 weiterhin auf einem insgesamt geringen Niveau.

Foto: J. Evers

Hauptergebnisse

Witterung und Klima

Der Frühling 2013 war frostig und niederschlagsarm, Blüte und Austrieb der Waldbäume erfolgten in diesem Jahr leicht verspätet. Der sehr nasse und kühle Mai sorgte für eine ausreichende Wasserversorgung der Waldbäume im trockenen, warmen Sommer.

Seit Ende der 1980er Jahre zeigt sich für Niedersachsen die Tendenz zu überdurchschnittlichen Temperaturen im Vergleich zur Referenzperiode 1961-1990.

Waldbrandrisiko

Die jährlichen Tage erhöhten Waldbrandrisikos in den letzten 22 Jahren weisen einen ähnlichen Verlauf auf wie die Zu- und Abnahmen bei der Zahl der gemeldeten Waldbrände.
Es ist wahrscheinlich, dass sich das Waldbrandrisiko in Zukunft aufgrund des Klimawandels erhöht.

Waldschutz

Im Ursachenkomplex der so genannten „Eichenkomplexerkrankung" spielen nach wie vor Witterungsextreme in Kombination mit wiederholtem, starkem Blattfraß eine herausragende, die Schäden letztlich auslösende Rolle. Nachfolgender Befall durch den Eichenmehltau kann die Schäden verstärken, denn in manchen Jahren haben betroffene Eichen dann nur wenige Wochen im Jahr eine gesunde Belaubung. Im weiteren Erkrankungsverlauf können Sekundärschädlinge die stark vorgeschädigten Eichen zum Absterben bringen. Besorgniserregend ist, dass Eichen in den letzten Jahren in vielen Gebieten keine belastungsfreien Erholungsphasen hatten.
Im Nordosten Niedersachsens wurden auf 700 Hektar Schäden durch den Kiefernspinner festgestellt.
Das Eschentriebsterben und das Kieferntriebsterben sind in Niedersachsen weit verbreitet.

Foto: T. Ullrich

Foto: M. Schmidt

Stoffeinträge

Durch die Umsetzung von Maßnahmen zur Luftreinhaltung seit Mitte der 1980er Jahre ging der Schwefeleintrag, der im Ökosystem eine stark versauernde Wirkung entfaltet, in beispielhafter Weise zurück. Im Jahr 2012 betrug der Schwefeleintrag auf der Fichtenfläche im Solling 9 kg pro Hektar. Im Zeitraum seit 1969 sind hier die Einträge im Mittel jährlich um 2,4 kg pro Hektar zurückgegangen.
Die Stickstoffeinträge sind ebenfalls rückläufig, liegen aber immer noch über den langfristig vertretbaren Schwellenwerten.

Bodenzustandserhebung und Standortskartierung

Über die Messwerte der bodenchemischen Parameter effektive Austauschkapazität und Basensättigung im Mineralboden sowie die Calcium-, Magnesium- und Kaliumvorräte im Mineralboden und Auflagehumus kann gezeigt werden, dass die Abschätzung in den Forstlichen Standortskartierungen der Bundesländer über die Trophie grundsätzlich die Größenordnungen dieser Parameter einstufen können. Dies trifft auf die effektive Austauschkapazität und die Calcium- und Magnesiumvorräte zu. Trotz hoher Streuungen liegen die Mediane dieser Parameter in den erwarteten Bewertungsbereichen. Im Gegensatz dazu werden die Basensättigung mit Ausnahme der guten Standorte und die Kaliumvorräte durch die Forstliche Standortskartierung überschätzt. Abgeleitete Rahmenwerte dieser Parameter für typische forstliche Substratgruppen können als zusätzliche Schätzhilfe für die Praxis genutzt werden. Dies verbessert die Erkennung von Nährstoffpotentialen, kritischen Zuständen und darauf aufbauender Maßnahmenplanung wie Waldkalkung, Biomassennutzung und Baumartenwahl.

Waldernährung der Buche auf Lösslehm

Die Blattgehalte der Buche auf Lösslehm sind für Calcium, Magnesium und Kalium sehr heterogen. Für diese Substratgruppe wird empfohlen, lokale standörtliche und auch chemische Untersuchungen durchzuführen, um konkrete Empfehlungen z. B. zur Kalkung oder zur Energieholznutzung geben zu können.

Forstliches Umweltmonitoring

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 auch die gesellschaftlichen Erwartungen einem Wandel der Zeit unterliegen.

Noch vor wenigen Baumgenerationen - etwa im 18. Jahrhundert - wurden Waldstandorte durch den ländlichen Versorgungswald mit Waldfeldbau, Vieheintrieb, Streunutzung, Glashütten und Köhlerei beeinflusst. Waldstreuentnahmen in einer Größe von bis zu 2.000 kg Stickstoff pro Hektar wirken sich bis heute entscheidend auf die Stickstoffbilanz von Wäldern aus. Ab Mitte des 19. Jahrhunderts erfolgte eine Veränderung der Waldstandorte durch die Nutzung fossiler Energie. Für Schwefel- und für Stickstoffeinträge können maximale Werte für Ende der 1970er Jahre angenommen werden. Trotz Reduktionen bei Schwefel und Säure wirken die hohen Werte von damals bis heute nach. Für Stickstoffeinträge in den Wald konnten noch keine vergleichbaren adäquaten Reduktionen erreicht werden. Schließlich sind auch die heute diskutierten Klimaänderungen wesentlich auf die Nutzung fossiler Energie zurückzuführen. Auch sie nehmen Einfluss auf Waldstandorte.

Waldstandorte verändern sich demnach innerhalb von – für Bäume – relativ kurzen Zeiträumen. In den letzten Jahrhunderten sind es im Wesentlichen gesellschaftliche Erfordernisse, die die Änderungen der Umweltbedingungen für den Wald verursachen.

Eine wichtige Aufgabe des Umweltmonitorings ist es, diese Veränderungen messend festzuhalten und zu dokumentieren. Für die Praxis folgt daraus, eine forstliche Standortskunde zu entwickeln, die diesen Veränderungen Rechnung trägt.
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. Das Forstliche Umweltmonitoring 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 Luftreinhaltekonvention (1979) aus. In deren Mittelpunkt stehen Belastungen der Gesellschaft und des Waldes durch Umweltveränderungen infolge 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.
Durch die Einbindung des Forstlichen Umweltmonitorings in Deutschland in das Europäische Waldmonitoring unter ICP Forests (Level I seit 1984, Level II seit 1994) und die Orientierung an den dort definierten Standards (ICP Forests, 2010) ist ein weltweit beispielhaftes Monitoringprogramm entstanden.
Grundsätzlich werden im Forstlichen Umweltmonitoring waldflächenrepräsentative Übersichtserhebungen auf Rasterebene (Level I), die Intensive Dauerbeobachtung ausgewählter Waldökosysteme (BDF, Level II) sowie Forschungs- und Experimentalflächen unterschieden.

Das Konzept umfasst folgende Kategorien:

- Level I (Übersichtserhebungen)
- Bodendauerbeobachtungsflächen (BDF)
- Waldökosystemstudie Hessen (WÖSSH)
- Level II Standard
- Level II Core
- Forschungs- und Experimentalflächen; dazu zählen: Forsthydrologische Forschungsgebiete, Flächen zur Bodenschutzkalkung und zur Nährstoffergänzung sowie zur wasser- und stoffhaushaltsbezogenen Bewertung von Nutzungsalternativen.

Meteorologischer Messturm auf der Level II-Core-Fläche Lüss
Foto: J. Weymar

Forstliches Umweltmonitoring

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.

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 Untersuchungen verpflichtend durchzuführen:

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

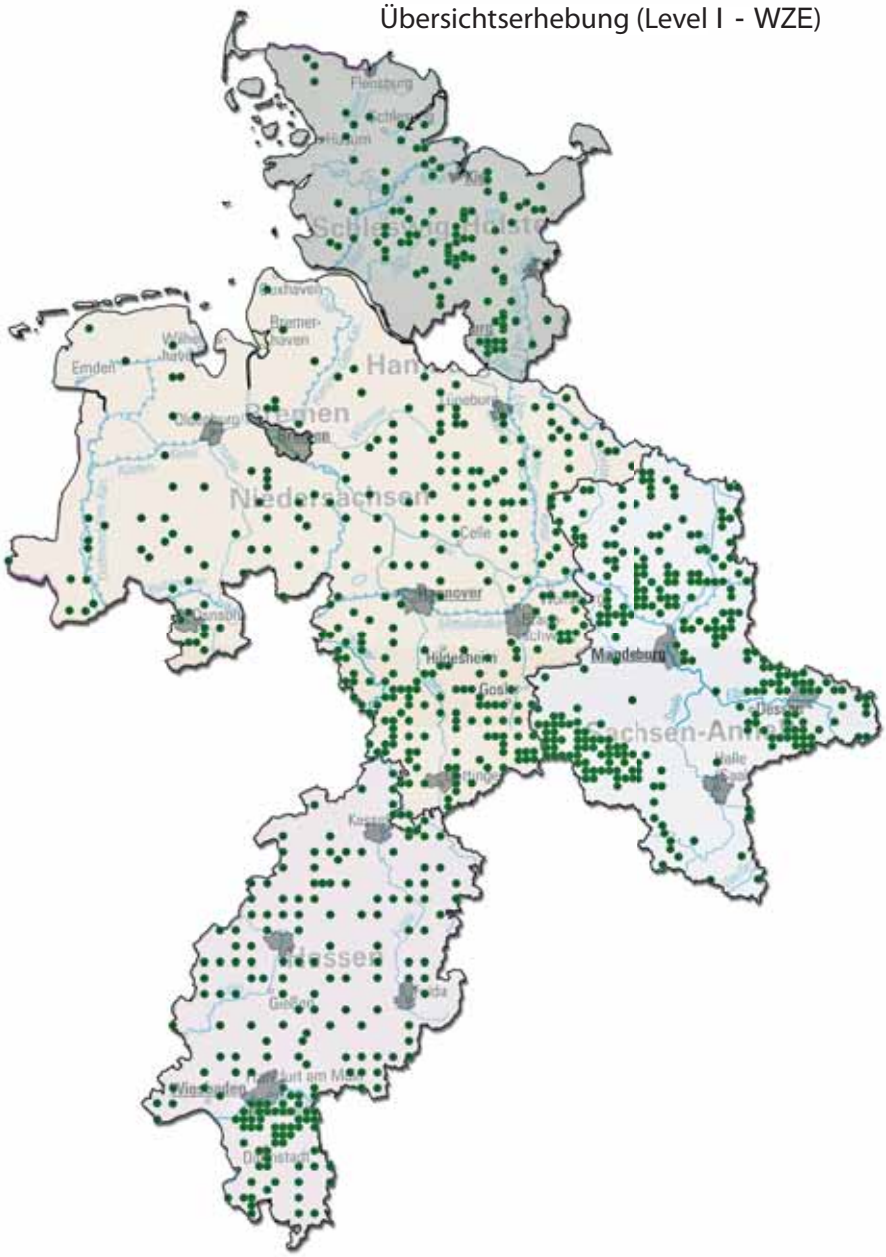
Anhand von Übersichtserhebungen können frühzeitig Entwicklungen und Störungen aufgezeigt und Gegenmaßnahmen eingeleitet werden. Als erfolgreiches Beispiel ist hier die Bodenschutzkalkung zu nennen, die den Waldboden wesentlich vor anthropogenen Säureeinträgen schützt und zum Nährstoffhaushalt der Wälder positiv beiträgt. Das Intensive Monitoring 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 Forstliche 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.

Foto: J. Evers

Übersichtserhebung (Level I - WZE)



Forstliches Umweltmonitoring

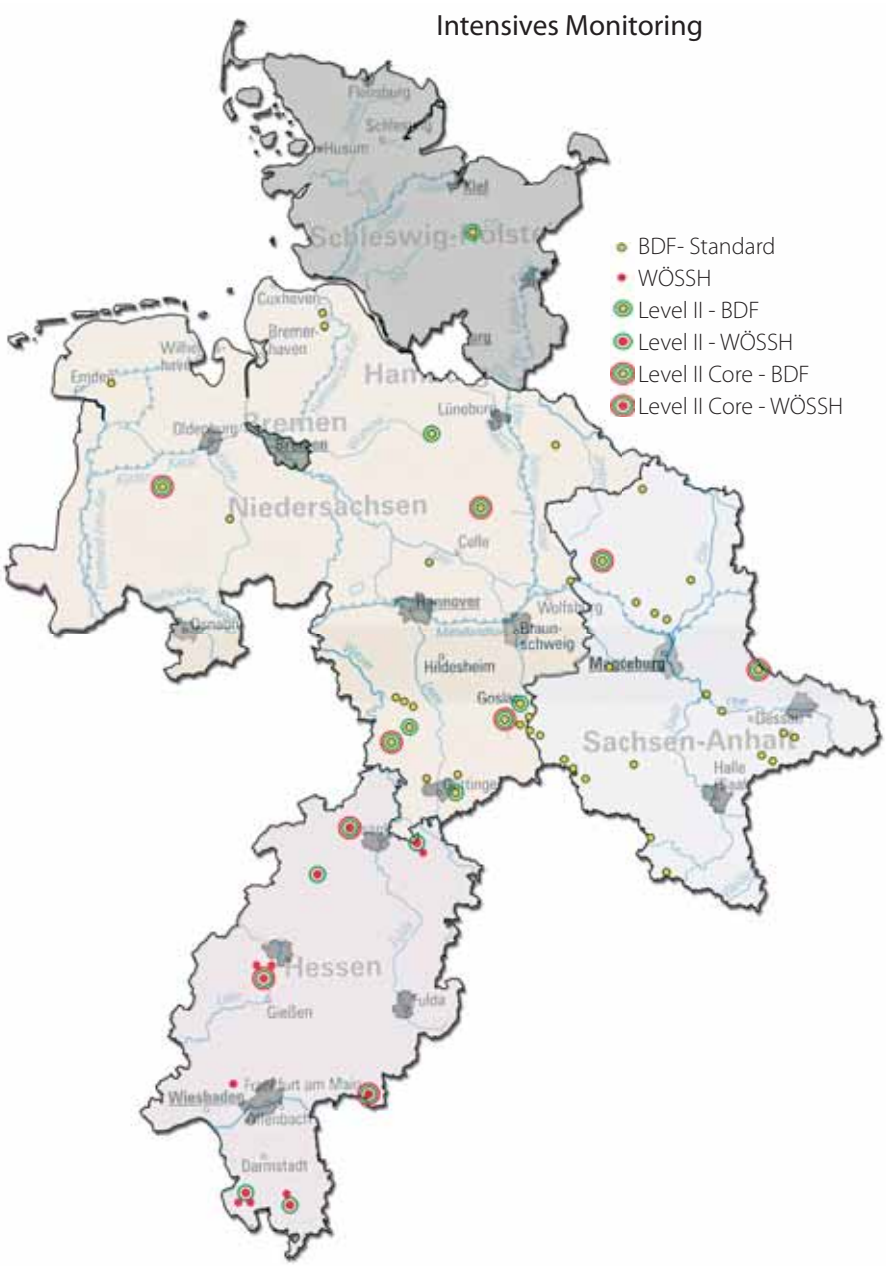
Waldzustandserhebung – Methodik und Durchführung

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. Im Laufe der Jahre sind unterschiedliche Rasterweiten bei der Waldzustandserhebung verwendet worden (s. Tabelle).

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



Rasterweite der Waldzustandserhebung und Anzahl der Erhebungspunkte seit 1984 in Niedersachsen

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

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

Forstliches Umweltmonitoring

95 %-Konfidenzintervalle für die Kronenverlichtung der Baumartengruppen und Altersstufen der Waldzustandserhebung 2013 in Niedersachsen. Das 95 %-Konfidenzintervall (= Vertrauensbereich) gibt den Bereich an, in dem der wahre Mittelwert mit einer Wahrscheinlichkeit von 95 % liegt.

Baumarten-gruppe	Altersgruppe	n(Baum)	n(Plot)	Raster	95%-Konfiden-zintervall (+-)
Buche	alle Alter	2284	140	4x4 km	2,6
	bis 60 Jahre	389	26	4x4 km	2,2
	über 60 Jahre	1895	116	4x4 km	2,4
Eiche	alle Alter	1035	87	4x4 km	3,6
	bis 60 Jahre	226	19	4x4 km	2,9
	über 60 Jahre	809	71	4x4 km	2,5
Fichte	alle Alter	739	56	8x8 km	4,5
	bis 60 Jahre	304	23	8x8 km	4,8
	über 60 Jahre	435	34	8x8 km	4,5
Kiefer	alle Alter	1494	81	8x8 km	1,7
	bis 60 Jahre	588	36	8x8 km	2,3
	über 60 Jahre	906	51	8x8 km	1,9
andere Laubbäume	alle Alter	476	67	8x8 km	3,9
	bis 60 Jahre	255	36	8x8 km	6,6
	über 60 Jahre	221	35	8x8 km	3,5
andere Nadelbäume	alle Alter	340	39	8x8 km	3,2
	bis 60 Jahre	197	22	8x8 km	1,7
	über 60 Jahre	143	17	8x8 km	6,3
alle Baumarten	alle Alter	3984	166	8x8 km	1,7
	bis 60 Jahre	1554	76	8x8 km	1,9
	über 60 Jahre	2430	116	8x8 km	2,0

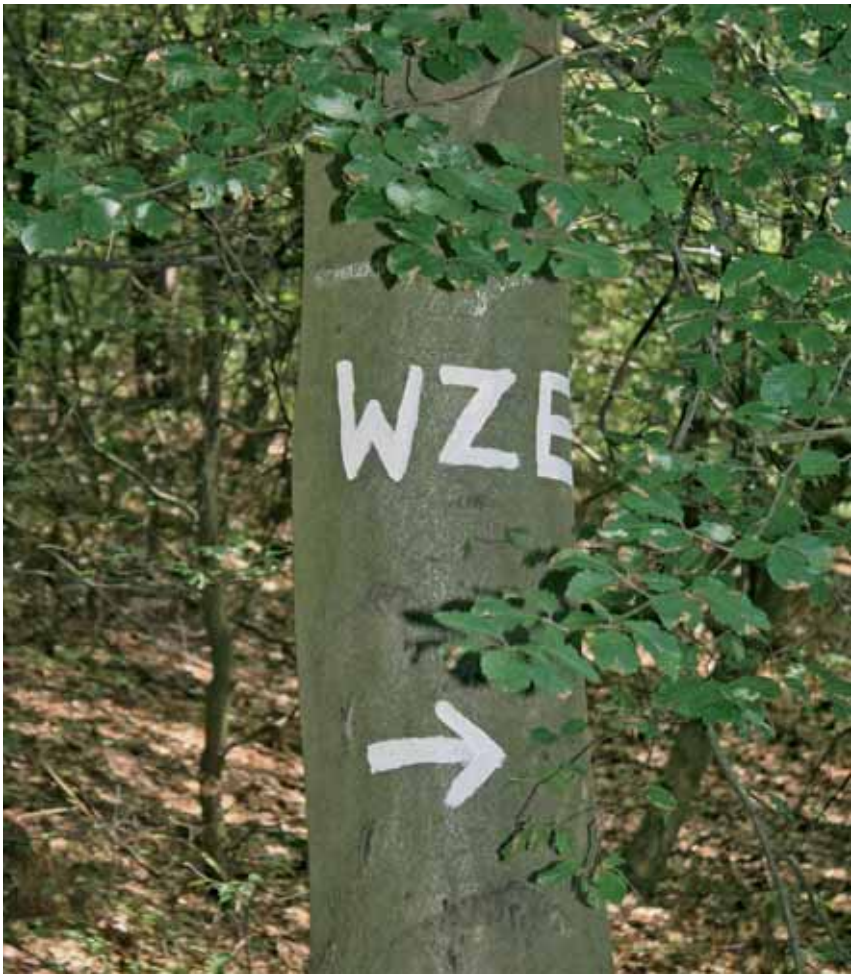


Foto: J. Weymar

Für den Parameter mittlere Kronenverlichtung zeigt die Tabelle die 95 %-Konfidenzintervalle (Vertrauensbereiche) für die Baumarten und Altersgruppen der WZE-Stichprobe 2013. Je weiter der Vertrauensbereich, desto unschärfer sind die Aussagen. Die Weite des Vertrauensbereiches wird im Wesentlichen beeinflusst durch die Anzahl der Stichprobenpunkte in der jeweiligen Auswerteeinheit und die Streuung der Kronenverlichtungswerte. Für relativ homogene Auswerteeinheiten (z. B. Kiefer über 60 Jahre) mit relativ gering streuenden Kronenverlichtungen sind enge Konfidenzintervalle auch bei einer geringen Stichprobenanzahl sehr viel leichter zu erzielen als für heterogene Auswerteeinheiten (z. B. Eiche, alle Altersstufen), die sowohl in der Altersstruktur als auch in den Kronenverlichtungswerten ein breites Spektrum umfassen. Mit dem derzeitigen Raster werden – mit Abstrichen bei der Fichte, den anderen Laubbäumen (bis 60 Jahre) und anderen Nadelbäumen (über 60 Jahre) – für die Baumartengruppen „vertrauenswürdige" Ergebnisse für die Kronenverlichtungswerte erzielt.

Aufnahmeparameter

Bei der Waldzustandserhebung erfolgt eine visuelle Beurteilung des Kronenzustandes der Waldbäume, denn Bäume reagieren auf Umwelteinflüsse u. a. mit Änderungen in der Belaubungsdichte und der Verzweigungsstruktur. Wichtigstes Merkmal ist die Kronenverlichtung der Waldbäume, deren Grad in 5 %-Stufen für jeden Stichprobenbaum erfasst wird. Die Kronenverlichtung wird unabhängig von den Ursachen bewertet, lediglich mechanische Schäden (z. B. das Abbrechen von Kronenteilen durch Wind) gehen nicht in die Berechnung der Ergebnisse der Waldzustandserhebung ein. Die Kronenverlichtung ist ein unspezifisches Merkmal, aus dem nicht unmittelbar auf die Wirkung von einzelnen Stressfaktoren geschlossen werden kann. Sie ist daher geeignet, allgemeine Belastungsfaktoren der Wälder aufzuzeigen. Bei der Bewertung der Ergebnisse stehen nicht die absoluten Verlichtungswerte im Vordergrund, sondern die mittel- und langfristigen Trends der Kronenentwicklung. Zusätzlich zur Kronenverlichtung werden weitere sichtbare Merkmale an den Probebäumen wie der Vergilbungsgrad der Nadeln und Blätter, die aktuelle Fruchtbildung sowie Insekten- und Pilzbefall erfasst.

Mittlere Kronenverlichtung

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

Forstliches Umweltmonitoring

Starke Schäden

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

Qualitätssicherung bei der Waldzustandserhebung

Inge Dammann und Nadine Eickenscheidt*
*Thünen-Institut für Waldökosysteme, Eberswalde

Ein wesentlicher Baustein zur Qualitätssicherung ist der jährliche Abstimmungskurs zur Waldzustandserhebung, der bereits seit der ersten Erhebung 1984 in jedem Jahr vor Beginn der Außenaufnahmen durchgeführt wird, um eine zuverlässige, räumlich und zeitlich vergleichbare Erfassung des Waldzustandes innerhalb Deutschlands zu erreichen. Die Inventurleiterinnen und Inventurleiter der Bundesländer sowie die Verantwortlichen für die Kronenzustandserhebungen im Intensiven Monitoring nehmen an diesen Kursen teil. In den Jahren 2012 und 2013 wurde dieser Abstimmungskurs von der NW-FVA organisiert. Zum Standardprogramm dieser Kurse gehören die Hauptbaumarten Buche, Eiche, Fichte und Kiefer, aber auch die Beurteilung weiterer Baumarten wie z. B. Birke, Douglasie oder Lärche findet in unregelmäßigen Abständen statt. Für eine Auswertung durch das Thünen-Institut für Waldökosysteme haben die Bundesländer die Daten der Abstimmungskurse seit 1992 zur Verfügung gestellt.

Die Ergebnisse dieser Auswertung zeigen, dass die Beurteilung der Kronenverlichtung im Rahmen der nationalen Abstimmungskurse zu vergleichbaren und reproduzierbaren Ergebnissen führt. Die mittlere absolute Abweichung vom Mttelwert beträgt 4,3 % Kronenverlichtung über alle Jahre und Baumarten. Die Korrelation und Übereinstimmung zwischen den Ländern ist im Mittel hoch (Pearson Korrelationskoeffizient r = 0,87 und Intraklassen-Koeffizient ICC = 0,83). In fast allen Jahren gibt es jedoch auch systematische Fehler. Allerdings war die Varianz zwischen den Bundesländern (systematischer Fehler) in allen Jahren geringer als die Varianz innerhalb der Bundesländer (zufälliger Fehler). Von 1992 zu 2013 wurde ein Trend hin zu einheitlicheren Bewertungen zwischen den Bundesländern beobachtet, der für Eiche, Buche und Fichte signifikant war.

Die Ergebnisse belegen, dass die Abstimmungskurse mit den Übungen im Wald dazu geeignet sind, systematische Fehlerquellen zu minimieren und Einheitlichkeit bei der Bewertung zu erreichen. Besonders intensiv werden bei den Abstimmungskursen die mittleren Verlichtungsgrade behandelt, weil diese am schwierigsten abzugrenzen und zu bewerten sind.

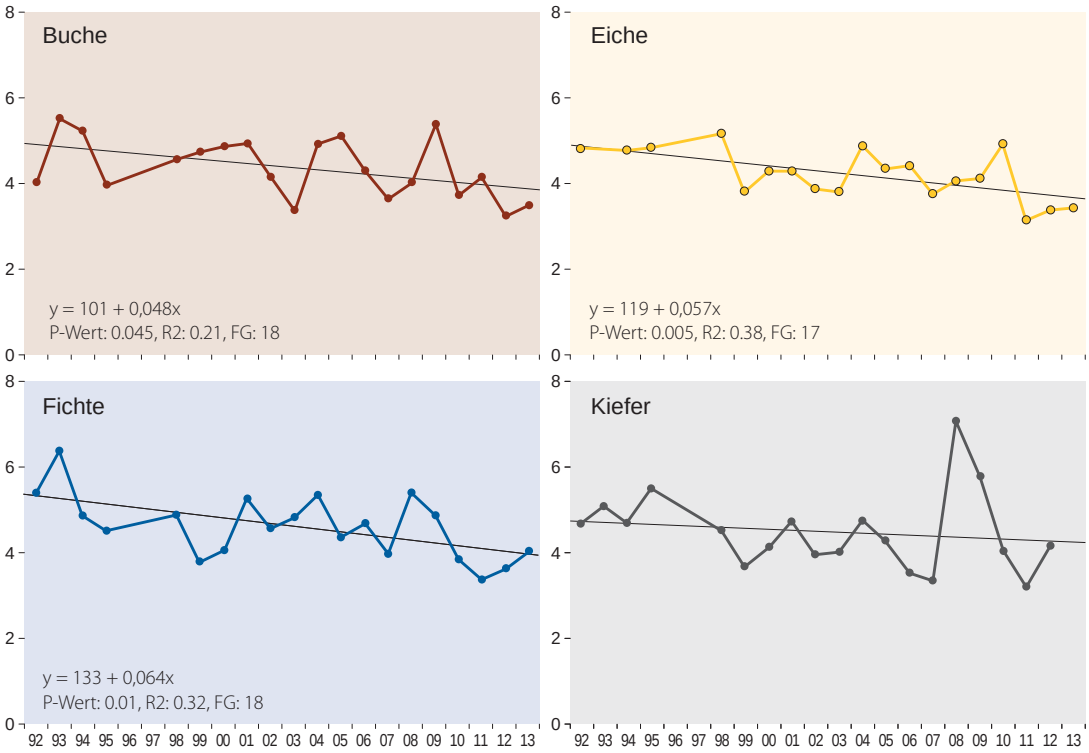
Abstimmungskurs 2013 *Foto: J. Weymar*

Die jährlichen Abstimmungskurse dienen auch als Forum, um an praktischen Beispielen Symptome und Differenzialdiagnosen zu erörtern. Auch aktuell auftretende Besonderheiten (z. B. Insektenbefall) bzw. neue Symptome können diskutiert und ggf. einheitliche Bewertungsmaßstäbe festgelegt werden.

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

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

Mittlere absolute Abweichung vom Mittelwert bei den nationalen Abstimmungskursen in %

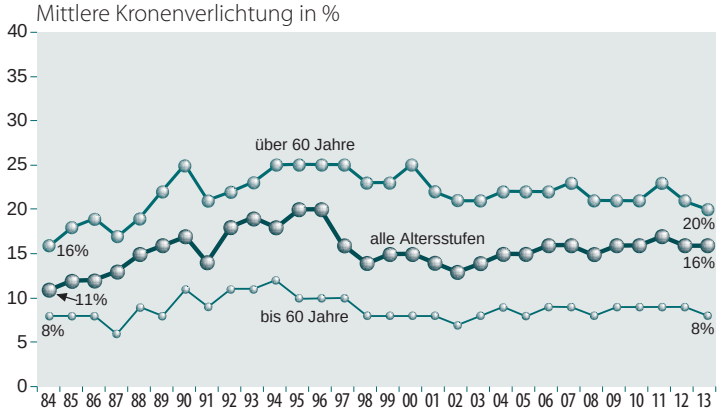


Alle Baumarten

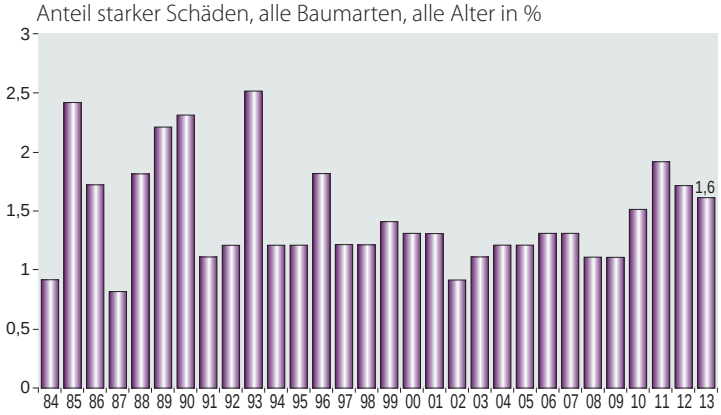
Mittlere Kronenverlichtung

Die Waldzustandserhebung 2013 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. Auch die anderen Laub- und Nadelbäume, die einen Anteil von 20 % der WZE-Stichprobe einnehmen, wirken mit vergleichsweise günstigen Verlichtungswerten ausgleichend auf die höheren Verlichtungswerte der Fichte, Eiche und Buche. Eine weitere Einflussgröße auf das Gesamtergebnis ist die Altersstruktur der Waldbestände, denn in den jüngeren bis 60-jährigen Beständen sind Schadsymptome sehr viel weniger verbreitet (8 % mittlere Kronenverlichtung) als in den älteren über 60-jährigen Waldbeständen (20 % mittlere Kronenverlichtung). In Niedersachsen entfallen etwa 40 % der Stichprobenbäume der Waldzustandserhebung auf die jüngere Altersstufe.

Mittlere Kronenverlichtung in %



Anteil starker Schäden, alle Baumarten, alle Alter in %



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. Seit 2010 liegt der Anteil starker Schäden etwas über dem Mittelwert der Zeitreihe (1,4 %). 2013 beträgt der Anteil starker Schäden 1,6 %.

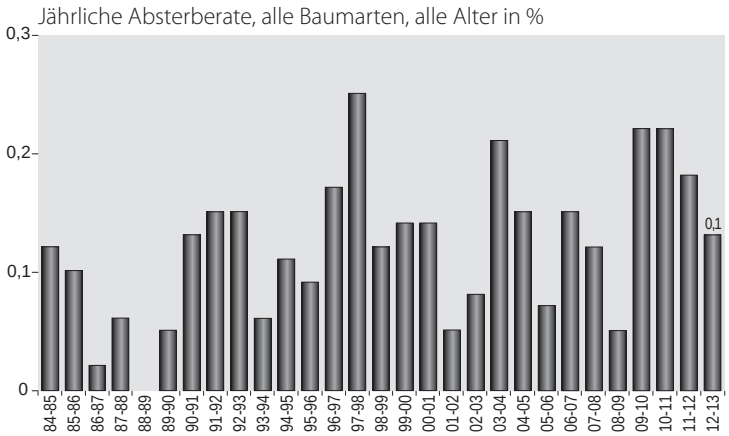
In den jüngeren Beständen sind in diesem Jahr 1 % der Bestände stark geschädigt, in den älteren Beständen wurden 2 % der Waldfläche als stark geschädigt klassifiziert.

Für die ältere Fichte, Buche und Eiche wurden im Beobachtungszeitraum zeitweise hohe Anteile an starken Schäden registriert, für die ältere Kiefer sind überwiegend niedrige Werte (1 %) ermittelt worden.

Foto: H. Heinemann

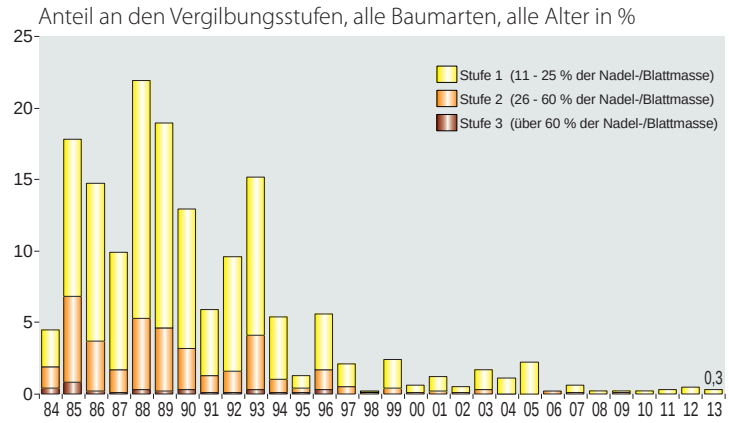
Alle Baumarten

Foto: J. Evers



Absterberate

Im Mittel der Beobachtungsjahre 1984-2013 ergibt sich mit 0,1 % eine sehr geringe Absterberate. Dies gilt auch für 2013. Bei der diesjährigen Waldzustandserhebung waren die Absterberaten der Eiche (0,5 %) und der anderen Laubbäume (0,6 %) 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 2013 wurde dieses Merkmal nur sehr vereinzelt (0,3 %) festgestellt. 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.

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 2013 liegt sie bei 14 %.

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.

Mittlere Kronenverlichtung in %

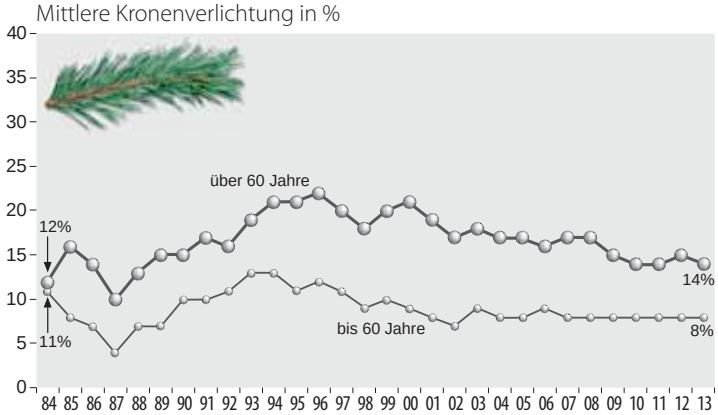


Foto: T. Ullrich

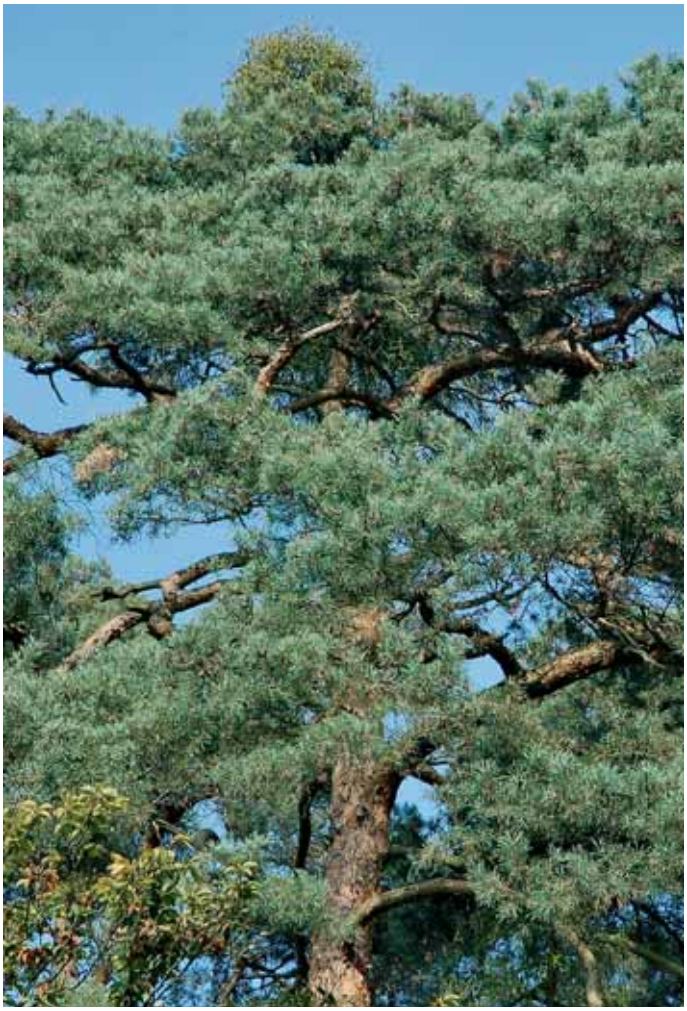
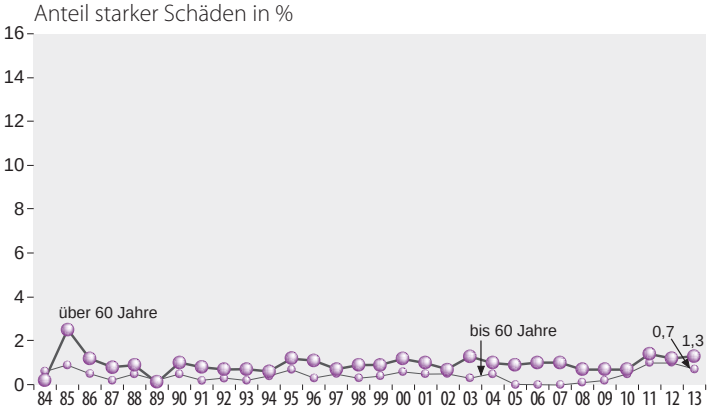


Foto: J. Evers

Anteil starker Schäden in %



Starke Schäden

Auch bei den starken Schäden heben sich die Ergebnisse der Kiefer von denen der anderen Baumarten ab. Im langjährigen Mittel der Erhebungsjahre liegt der Anteil starker Schäden unter 1 %. Im Erhebungszeitraum treten nur geringe Schwankungen auf. In den letzten drei Jahren sind leicht erhöhte Werte verzeichnet worden (1,0 bis 1,3 %).

Absterberate

Die Absterberate der Kiefer ist ebenfalls bemerkenswert niedrig und liegt im Erhebungszeitraum zwischen 0 und 0,3 %. Im Jahr 2013 beträgt die Absterberate 0,1 % und entspricht damit dem Mittel der Zeitreihe.

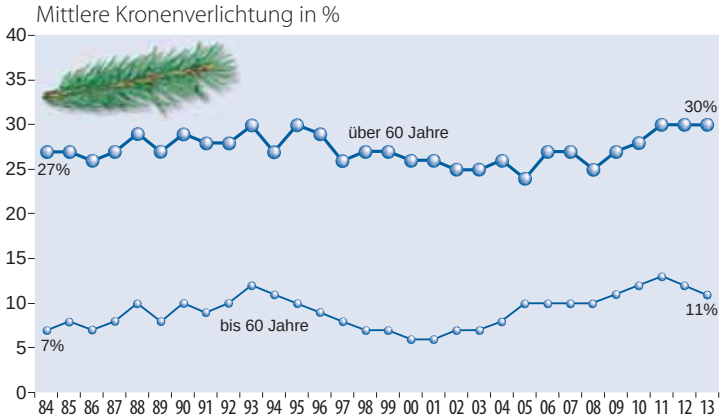
Fichte

Ältere Fichte

Im gesamten Beobachtungszeitraum werden für die ältere Fichte anhaltend hohe Kronenverlichtungswerte zwischen 24 und 30 % festgestellt. Im Jahr 2013 erreicht sie den Wert der Vorjahre (30 %).

Jüngere Fichte

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



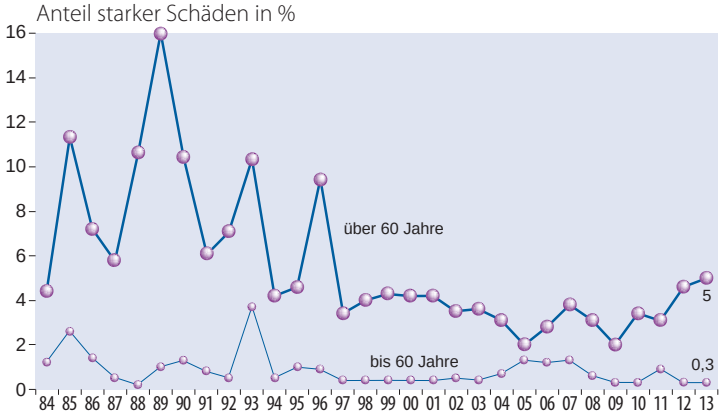


Foto: J. Evers

Foto: J. Weymar

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 1984-2013 für alle Baumarten: 1,4 %). Besonders hoch lagen die Anteile starker Schäden bei der älteren Fichte in den Jahren 1985, 1988, 1989, 1990, 1993 und 1996. Bis Mitte der 1990er Jahre haben mittlere und starke Vergilbungen von >25 % der Nadelmasse, die zur Einstufung in die nächsthöhere Schadstufe führen, eine bedeutsame Rolle gespielt. Mit dem Rückgang der Vergilbung gingen bei der Fichte auch die Anteile an starken Schäden zurück. Seit 1997 sind keine auffälligen Schwankungen aufgetreten, allerdings liegt aktuell der Anteil starker Schäden bei der älteren Fichte mit 5 % mehr als doppelt so hoch wie der Durchschnittswert aller Baumarten in dieser Altersgruppe (2 %).

Absterberate

Die Absterberate der Fichte liegt im Mittel der Jahre 1984-2013 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 2013 ist keine Fichte im WZE-Stichprobenkollektiv abgestorben.

Buche

Ältere Buche

Für die ältere Buche wurde 2011 mit einer mittleren Kronenverlichtung von 33 % der höchste Kronenverlichtungsgrad in der Zeitreihe festgestellt. In den Jahren 2012 und 2013 ist eine Verbesserung eingetreten, die mittlere Kronenverlichtung beträgt jetzt 26 %. 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 Waldzustandserhebungen festgestellt. 2012 war mittlere und starke Fruchtbildung in der Stichprobe der Waldzustandserhebung nicht beobachtet worden und 2013 lediglich an 3 % der älteren Buchen.

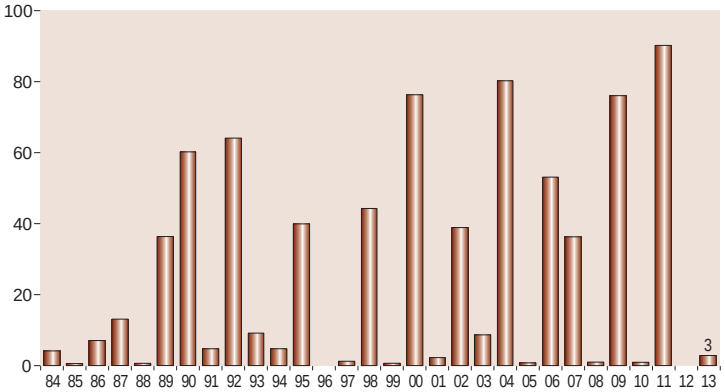
Jüngere Buche

Bei der Buche sind die Unterschiede in der Belaubungsdichte zwischen jüngeren und älteren Beständen besonders stark ausgeprägt. Die jüngeren Buchen weisen seit 1995 ein geringes Kronenverlichtungsniveau auf. Auch 2013 setzte sich dieser Trend 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.

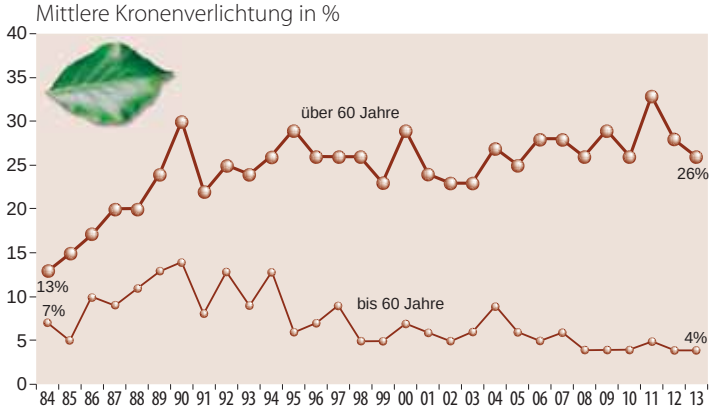
In diesem Jahr wurde örtlich insbesondere an Bestandesrändern Befall durch den Buchenspringrüssler beobachtet. Da es sich nicht nur um den typischen Lochfraß handelte, sondern ebenfalls Nekrosen ausgebildet wurden, war dieser Befall sehr auffällig. Von den Buchen in der WZE-Stichprobe (alle Alter) waren 2 % mittel oder stark durch den Buchenspringrüssler befallen.

Foto: T. Ullrich

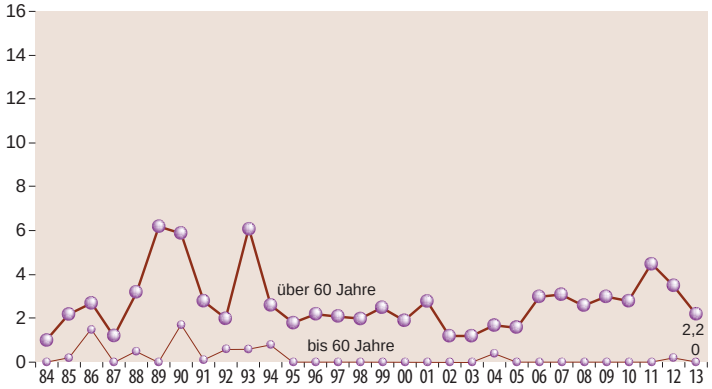
Anteil mittel und stark fruktifizierender älterer Buchen in %



Mittlere Kronenverlichtung in %



Anteil starker Schäden in %



Starke Schäden

Wie beim Verlauf der mittleren Kronenverlichtung treten auch beim Anteil starker Schäden bei der älteren Buche im Beobachtungszeitraum Schwankungen auf. In den Jahren 1989, 1990 und 1993 wiesen 6 % der älteren Buchen starke Schäden auf. Im Mittel der Zeitreihe sind bei der älteren Buche 2,7 % stark geschädigt. 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 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 1984-2013 liegt die Absterberate der Buche bei 0,04 %, im Jahr 2013 bei 0,1 %.

Fruchtbildung

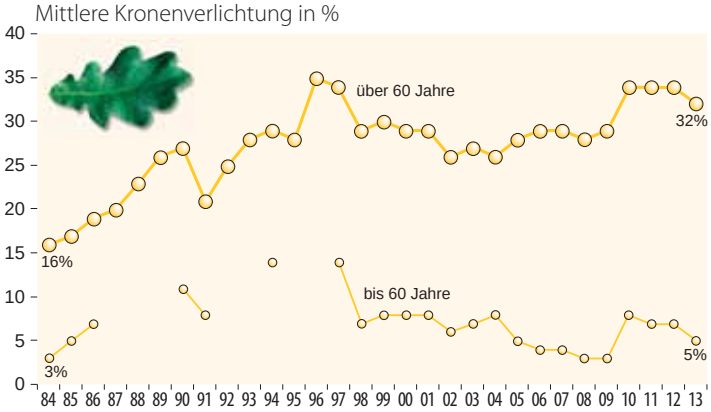
Die Ergebnisse zur Fruchtbildung im Rahmen der Waldzustandserhebung zeigen für die Buche eine Tendenz, in kurzen Abständen und vielfach intensiv zu fruktifizieren. Dies steht im Zusammenhang mit einer Häufung warmer Jahre sowie einer erhöhten Stickstoffversorgung der Bäume. Geht man davon aus, dass eine starke Mast erreicht wird, wenn ein Drittel der älteren Buchen mittel oder stark fruktifiziert, ergibt sich rechnerisch für den Beobachtungszeitraum der Waldzustandserhebung 1984-2013 alle 2,5 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 Jahren.

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 32 % ist die Eiche die am stärksten verlichtete Baumart in Niedersachsen.
Trotz des Rückgangs der Fraßschäden ist kaum eine Verbesserung der Belaubungsdichte feststellbar. Das Ausbleiben mehrjähriger Erholungsphasen hat zur schlechten Belaubungssituation der Eiche beigetragen. Zusätzlich haben der Frost im Frühjahr und Pilzbefall einer Verbesserung des Kronenzustandes entgegengewirkt.

Mittlere Kronenverlichtung in %



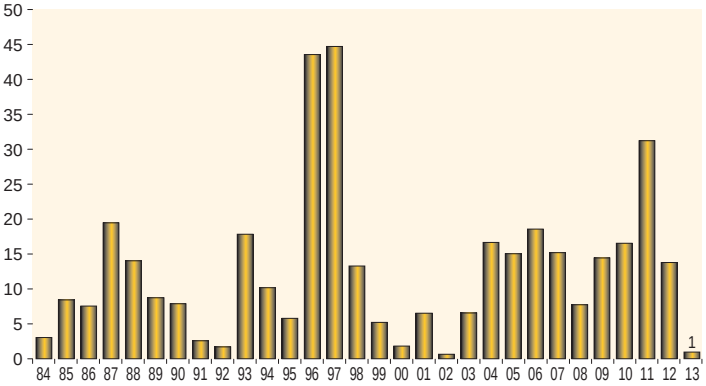
In den Jahren 1987-1989, 1992-1993 und 1995-1996 sind aufgrund des Stichprobenumfanges keine Aussagen für die Eiche bis 60 Jahre möglich.

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. Von 2010 bis 2012 waren auch bei der jüngeren Eiche die Verlichtungswerte leicht erhöht.

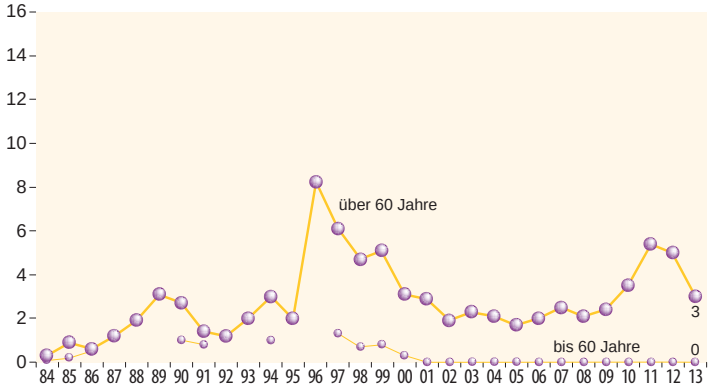
Foto: H. Heinemann

Anteil mittlerer und starker Fraßschäden an älteren Eichen in %



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

Anteil starker Schäden in %



Starke Schäden

Eine Phase mit erhöhten Anteilen starker Schäden an den älteren Eichen ist im Zeitraum 1996 bis 1999 in Verbindung mit intensivem Insektenfraß (1996/1997) zu verzeichnen. Seit 2010 ist ein erneuter Anstieg der starken Schäden zu beobachten, 2013 sind die starken Schäden wieder rückläufig (3 %). Bei den jüngeren Eichen sind in den letzten Jahren keine starken Schäden aufgetreten.

Absterberate

Die Absterberate der Eiche liegt im Mittel der Jahre 1984-2013 bei 0,2 %. Überdurchschnittliche Absterberaten wurden jeweils im Anschluss an starken Insektenfraß ermittelt, am höchsten war die Absterberate 1998 (0,9 %). Im Jahr 2013 beträgt die Absterberate 0,5 %.

Fraßschäden

Die periodische Vermehrung von Insekten der sogenannten Eichenfraßgesellschaft trägt maßgeblich zu den Schwankungen der Belaubungsdichte der Eiche bei. Der Fraß an Knospen und Blättern durch die Eichenfraßgesellschaft wirkte sich besonders stark in den Jahren 1996/1997 aus. Damals waren 43 % bzw. 44 % der älteren Eichen mittel oder stark befressen.
Im Jahr 2011 wurden Belaubungsdefizite durch mittlere oder starke Fraßschäden an 31 % der älteren Eichen registriert. Inzwischen sind die Fraßschäden erheblich zurückgegangen, 2013 waren 1 % der älteren Eiche in der WZE-Stichprobe mittel oder stark befressen.

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 2013 beträgt die mittlere Kronenverlichtung (alle Alter) 10 %.
Die Gruppe der anderen Nadelbäume setzt sich vorwiegend aus Lärche und Douglasie zusammen. Die mittlere Kronenverlichtung (alle Alter) liegt in diesem Jahr bei 9 %.

Foto: E. Langer

Starke Schäden

Für die anderen Laubbäume liegt das Mittel der Zeitreihe für den Anteil starker Schäden (alle Alter) bei 1,4 %, bei den anderen Nadelbäumen bei 0,8 %. Bei den anderen Laubbäumen wird mit 2,6 % in diesem Jahr der zweithöchste Wert in der Zeitreihe (1988: 3,3 %) ermittelt.

Absterberate

Die Absterberate der anderen Laubbäume ist 2013 mit 0,6 % gegenüber dem Mittel der Zeitreihe (0,2 %) erhöht. Bei den anderen Nadelbäumen war 2013 in der Stichprobe der Waldzustandserhebung kein Baum dieser Gruppe frisch abgestorben. Der Mittelwert der Absterberate liegt hier bei 0,1 %.

Foto: E. Langer

Witterung und Klima

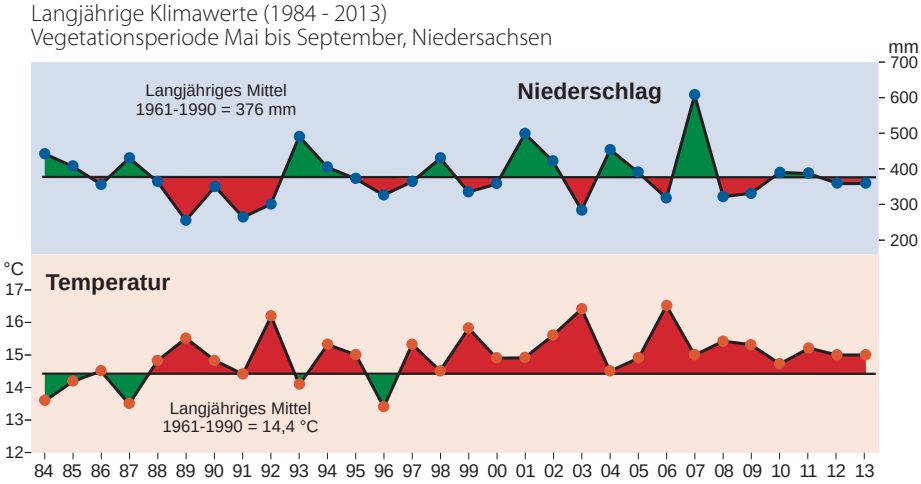
Inge Dammann und Olaf Schwerdtfeger

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.

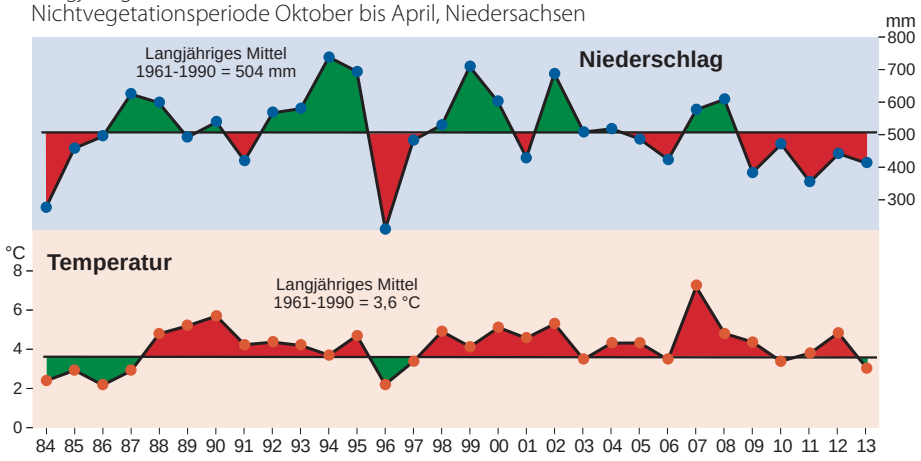
Temperatur und Niederschlag im langjährigen Verlauf

Die Messdaten für den Zeitraum 1984 bis 2013 zeigen seit 1988 eine gegenüber der Referenzperiode (1961-1990) erhöhte Temperatur. In der Vegetationszeit (Mai bis September) wurde seit 1988 in 24 von 26 Jahren der Durchschnittswert überschritten, in der Nichtvegetationszeit (Oktober bis April) war dies in 20 von 26 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 1984-2013 gemessenen Niederschlagswerten bestehen zwischen den einzelnen Jahren zum Teil starke Schwankungen. Besonders niederschlagsreich war die Vegetationsperiode 2007 (161 % gegenüber dem langjährigen Mittel), besonders trocken war die Nichtvegetationsperiode 1996/1997 (41 %). Insgesamt halten sich in den 30 Beobachtungsjahren die Jahre mit überdurchschnittlichen Niederschlägen und die Jahre mit unterdurchschnittlichen Niederschlägen die Waage. Allerdings war die Niederschlagsmenge in den letzten fünf Wintern geringer als im langjährigen Mittel.

Langjährige Klimawerte (1984 - 2013)
Vegetationsperiode Mai bis September, Niedersachsen



Langjährige Klimawerte (1984 - 2013)
Nichtvegetationsperiode Oktober bis April, Niedersachsen



Daten des Deutschen Wetterdienstes, Offenbach

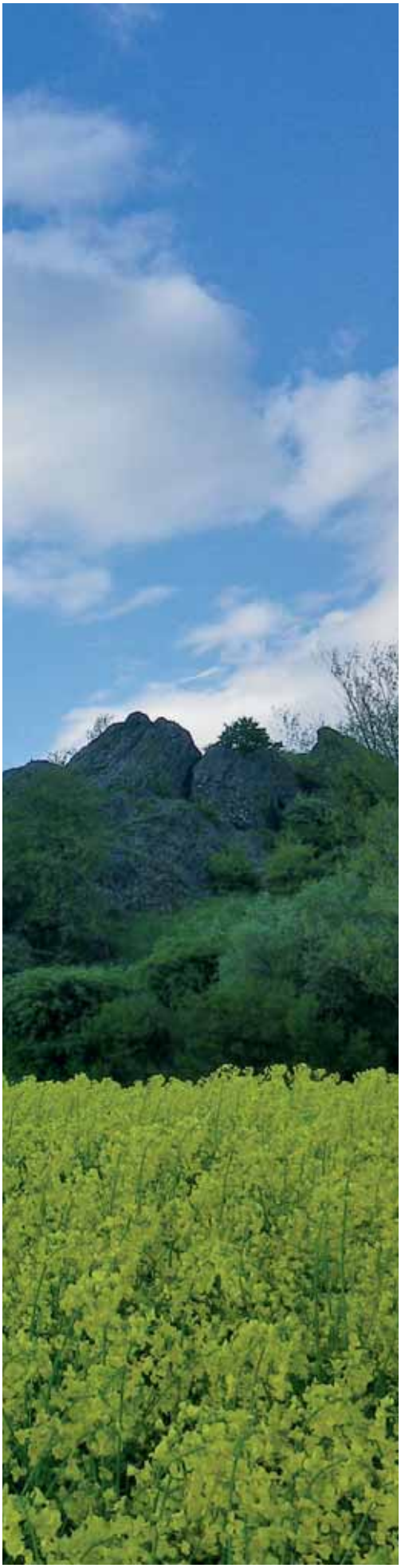


Foto: T. Ullrich

Witterung und Klima

Witterungsverlauf von Oktober 2012 bis September 2013

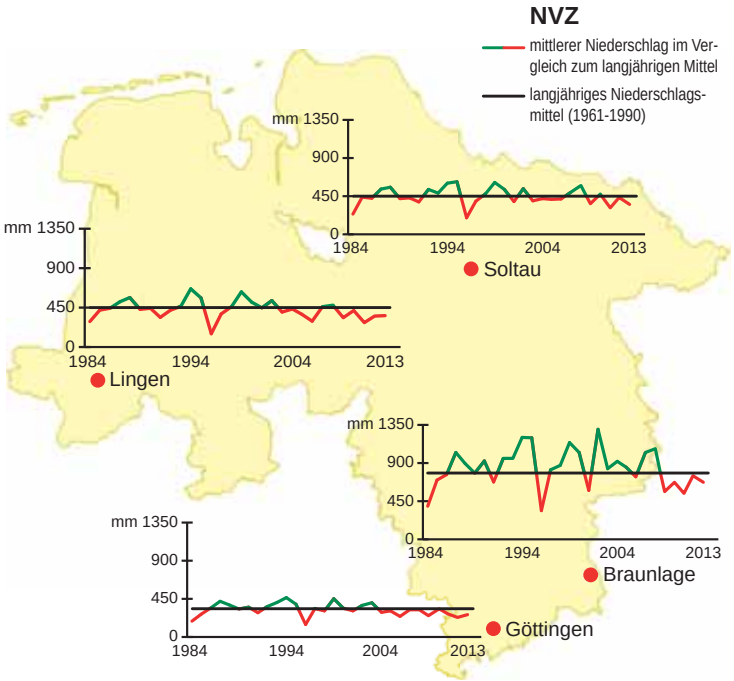
In der Nichtvegetationszeit 2012/2013 (Oktober bis April) wurde das langjährige Mittel der Temperatur um -0,5 °C unterschritten. Besonders kalt war es im März (-4,1 °C unter dem langjährigen Mittel). Überdurchschnittlich warm war es im November (+0,9 °C) und im Dezember (+0,8 °C).

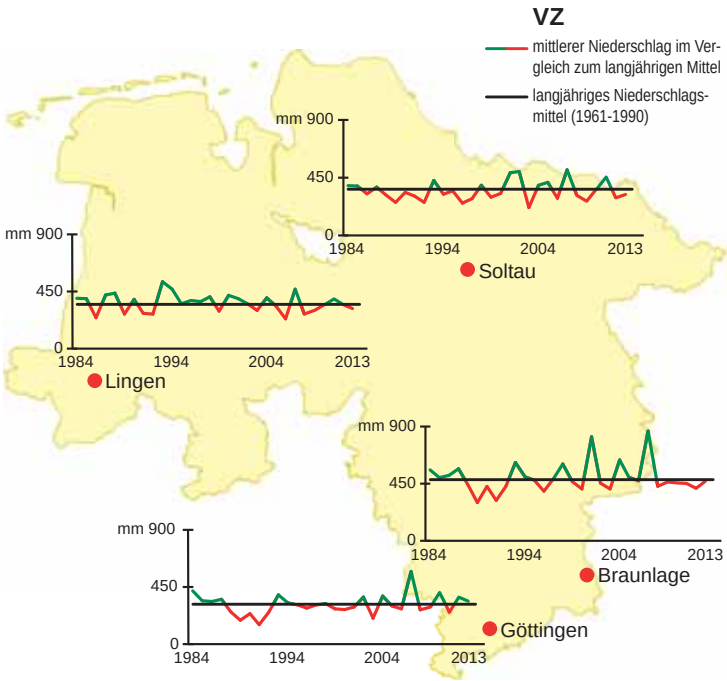
Die Niederschlagsmengen erreichten insgesamt 82 % des langjährigen Mittelwertes der Jahre 1961-1990. Oktober und Dezember fielen leicht überdurchschnittlich aus, die übrigen Monate unterdurchschnittlich. Am geringsten war der Niederschlag im März mit 37 % des langjährigen Mittelwertes.

In der Vegetationszeit (Mai bis September) entsprach die Niederschlagsmenge fast dem langjährigen Mittel. Im Mai wurde der langjährige Mittelwert überschritten (200 %), es folgten drei trockene Monate (52 bis 64 % des langjährigen Mittelwertes), der September war wieder niederschlagsreicher (137 %). Allerdings waren die Niederschläge nicht gleichmäßig verteilt, z. B. wurde im Mai an der Station Lingen 99 % der durchschnittlichen Niederschläge gemessen, an der Station Göttingen dagegen 249 %.

In der Vegetationszeit war es um +0,6 °C wärmer als im Durchschnitt. Besonders warm war der Juli mit +2,3 °C über dem Mittelwert der Referenzperiode. Auch hier gab es regionale Unterschiede: Während in Göttingen der langjährige Mittelwert um +1,5 °C überschritten wurde, waren es in Braunlage +2,9 °C.

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





Witterung und Klima

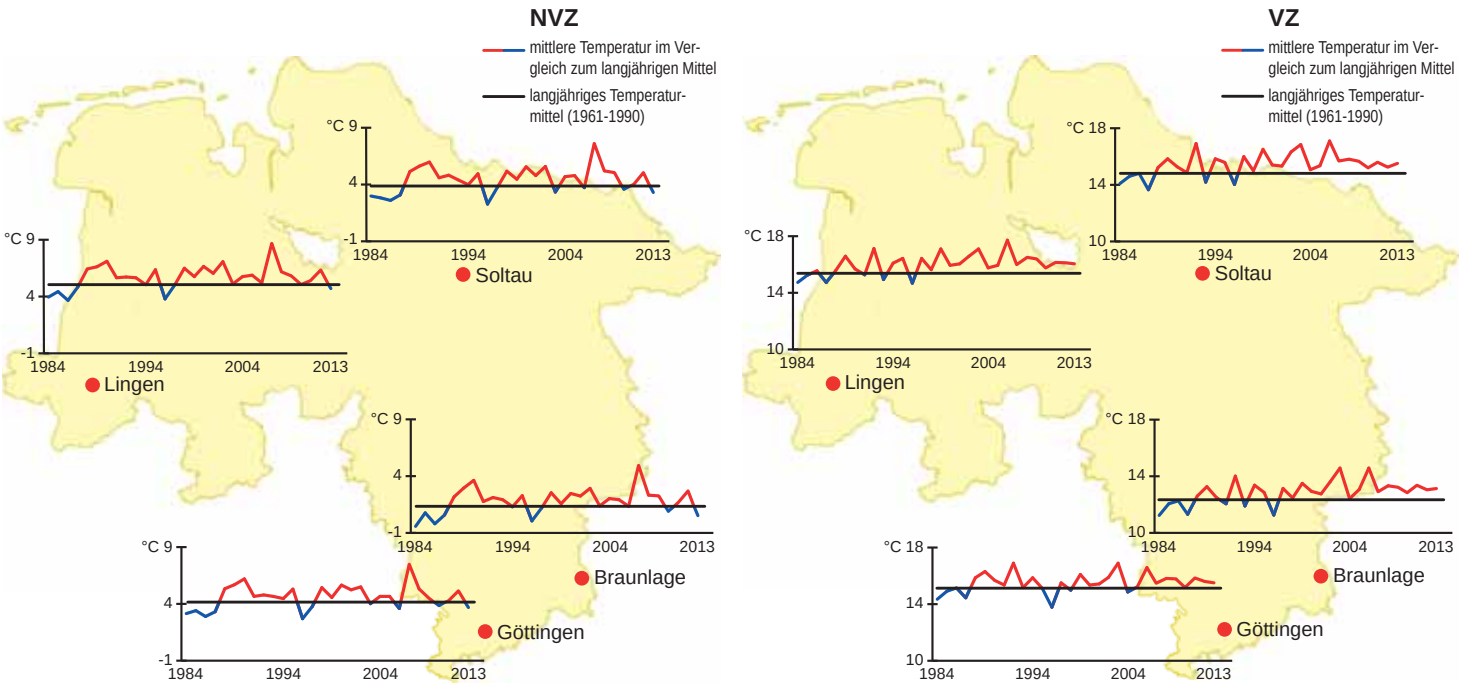
Foto: J. Evers

Einige Besonderheiten im Witterungsgeschehen der letzten 12 Monate:

- Die Monate Januar und Februar 2013 waren deutschlandweit die sonnenscheinärmsten seit Beginn der Aufzeichnungen.
- Im März herrschte winterliche Witterung (der viertkälteste März seit 1901).
- Der Mai war extrem nass, sehr sonnenscheinarm (Platz 4 unter den Maimonaten seit 1951) und etwas kühler als im Mittel der Referenzperiode (1961-1990). Vom Deutschen Wetterdienst wird dieser Mai als der zweitnasseste seit 1881 eingeordnet, noch nasser war nur der Mai 2007.
- Obwohl die Mittelwerte für Temperatur und Niederschlag im Juni rechnerisch durchschnittlich ausfielen, war der Witterungsverlauf sehr wechselhaft mit Hitzeperioden, großen Unterschieden beim Niederschlag sowie regionalen Überflutungen.
- Der Juli war sehr warm (seit 1901 waren nur sechs Juli-Monate wärmer), trocken (Rang acht seit 1901) und sonnenscheinreich (nur der Juli 2006 war sonnenscheinreicher).
- Es folgte ein zu warmer, zu trockener und sonnenscheinreicher August 2013.

In der Nichtvegetationszeit 2012/2013 in Niedersachsen wechselten kalte und milde Phasen, der Winter hielt mit Frösten und Schnee im März lange an. Blüte und Austrieb der Pflanzen erfolgten 2013 mit Verzögerung. Durch den extrem nassen und kühlen Mai konnten sich die Bodenwasservorräte auffüllen und die Waldbestände waren auch im warmen, trockenen und sonnenscheinreichen Sommer überwiegend ausreichend mit Wasser versorgt bis im September wieder überdurchschnittlicher Niederschlag fiel.

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



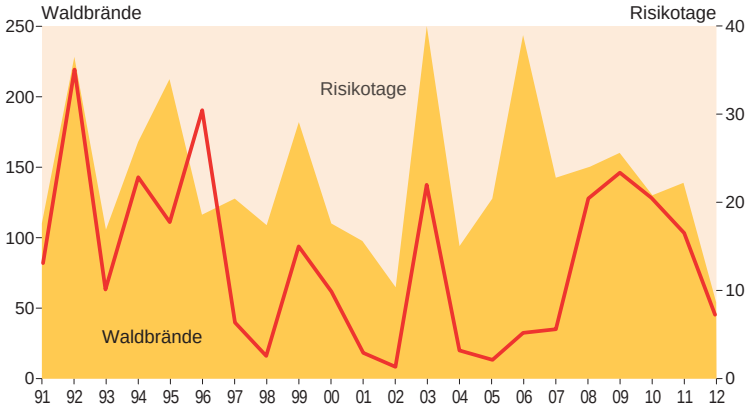
Daten des Deutschen Wetterdienstes, Offenbach

Entwicklung des Waldbrandrisikos

Stefan Fleck und Henning Meesenburg

Waldbrände sind nicht nur eine Gefahr für Menschen und den Wald als Wirtschaftsgut und Lebensraum, sie tragen weltweit gesehen auch in bedeutendem Ausmaß zum Treibhauseffekt und damit zum Klimawandel bei. Während die Fixierung des Treibhausgases Kohlendioxid als Kohlenstoff in Wäldern gemeinhin als erwünschter Beitrag zur Entlastung der Atmosphäre angesehen wird, kann der über Jahrzehnte im Waldboden gebundene Kohlenstoff durch einen Waldbrand innerhalb sehr kurzer Zeit wieder als Kohlendioxid verloren gehen. Neben den messbaren Holzverlusten und Sachschäden, den Wiederaufforstungskosten, dem Verlust an Arteninventar und Lebensraumqualität stellt jeder Waldbrand daher auch einen Rückschlag für die Bemühungen um eine Abschwächung des Klimawandels dar.

Zahl der Waldbrände in Niedersachsen und der klimatisch bedingten Tage erhöhten Waldbrandrisikos von 1991 bis 2012 (gemäß Fire Weather Index, FWI)

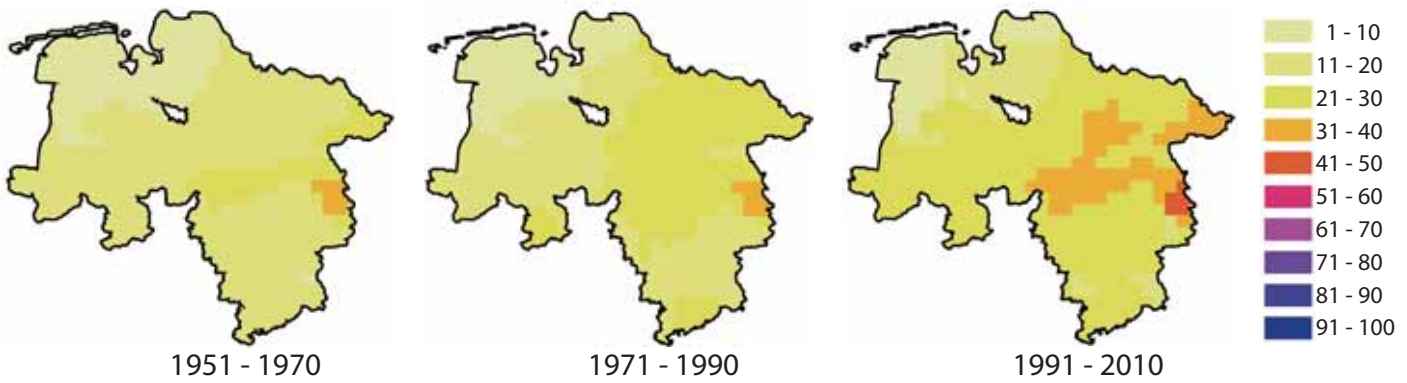


In der Lüneburger Heide hat sich im Jahr 1975 die mit 6 Toten und fast 10 000 Hektar Brandfläche größte Brandkatastrophe in der Bundesrepublik Deutschland ereignet. Als Konsequenz daraus wurden seitdem die Waldbrandüberwachungssysteme verbessert, die Feuerwehren besser ausgestattet, die Zufahrtswege zu besonders anfälligen Waldgebieten ausgebaut und Löschwasserentnahmestellen eingerichtet, so dass die Zahl der größeren, in die Waldbrandstatistik eingegangenen Waldbrände lange Zeit rückläufig war. Trotz der fortgesetzten Bemühungen hat sich die Zahl der gemeldeten Waldbrände in Niedersachsen in den letzten 20 Jahren jedoch kaum noch verringert. Stattdessen gab es in feuchteren Jahren weniger und in trockeneren Jahren mehr Waldbrände. So gab es besonders im Trockenjahr 2003 auffällig viele Waldbrände, etwa so viele wie auch Anfang der 90er Jahre vorkamen, während die sommerfeuchteren Jahre 2001, 2002, 2004 und 2005 sehr geringe Waldbrandzahlen aufwiesen. Die jüngeren Zahlen sind wegen der geänderten Meldepraxis schlechter für einen Vergleich in der Zeitreihe geeignet. Die jährlichen Tage erhöhten Waldbrandrisikos in den letzten 22 Jahren weisen einen ähnlichen Verlauf auf wie die Zu- und Abnahmen bei der Zahl der gemeldeten Waldbrände. „Erhöhtes Waldbrandrisiko" bedeutet in diesem Zusammenhang eine Feuchte der Waldstreu von weniger als 9 % Wassergehalt – ab diesem mit dem international gebräuchlichen Fire Weather Index berechneten Wert gilt die Streu als extrem entzündlich (FWI, van Wagner 1987). Dennoch muss natürlich nicht jede klimatisch bedingte Risikosituation auch zu einem Waldbrand führen, wenn die Zündung ausbleibt.

Eine längerfristige Betrachtung zeigt, dass sich das klimatische Waldbrandrisiko in den letzten 60 Jahren kontinuierlich erhöht hat. Während im Durchschnitt der Jahre 1951 bis 1970 noch

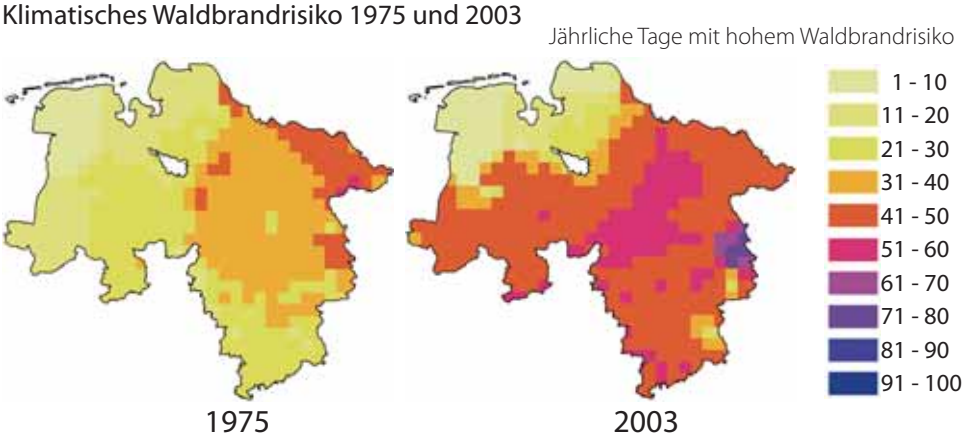
Foto: M. Schmidt

Entwicklung des klimatischen Waldbrandrisikos seit 1951



Entwicklung des Waldbrandrisikos

Klimatisches Waldbrandrisiko 1975 und 2003



im größten Teil des Landes zwischen 11 und 20 Risikotage zu verzeichnen waren (Landesdurchschnitt: 14 Tage), waren dies im Durchschnitt der Jahre 1971-1990 im gesamten niedersächsischen Tiefland östlich von Bremen schon 21-30 Tage (Landesdurchschnitt: 18 Tage). Weitere 20 Jahre später fällt bereits der größte Teil der Landesfläche in diese Kategorie (Landesdurchschnitt: 23 Tage), während im niedersächsischen Tiefland östlich von Bremen schon häufig 31-40 Tage mit erhöhtem Waldbrandrisiko zu verzeichnen waren. Am höchsten war das klimatische Waldbrandrisiko in den letzten 60 Jahren durchweg im Bereich der Landkreise Gifhorn (hier begann am 08.08.1975 der Katastrophenbrand) und Helmstedt bzw. der Stadt Wolfsburg, wo es sich von bereits 31-40 Risikotagen in den 50er und 60er Jahren auf heute 41-50 Risikotage steigerte. Bei der langfristigen Zunahme des Waldbrandrisikos handelt es sich um eine direkte Auswirkung des Klimawandels, der sich in trockeneren und wärmeren Sommerhalbjahren niederschlägt.

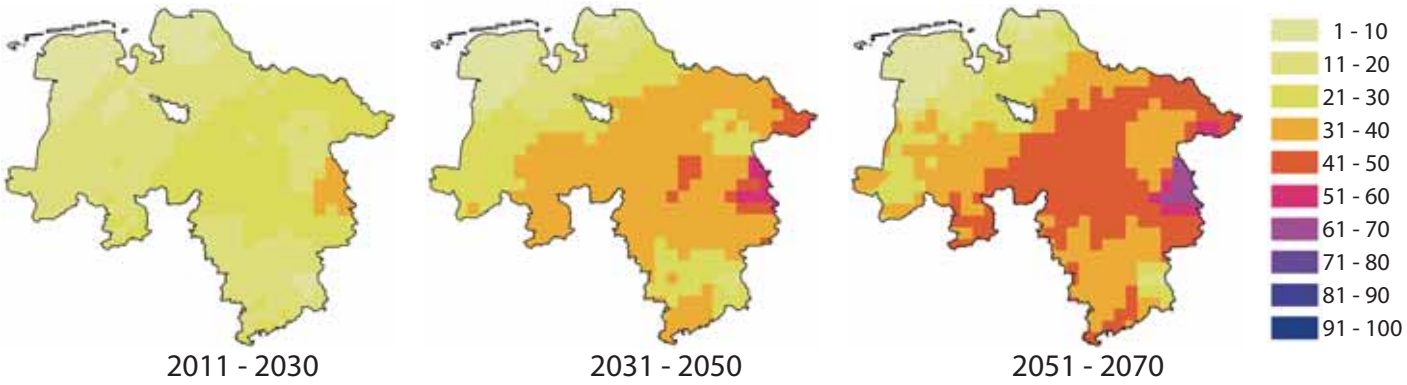
Was die kontinuierliche Erhöhung der 20-jährigen Durchschnittswerte für die konkrete Situation in einzelnen Jahren bedeutet, lässt sich am Beispiel des Katastrophenjahrs 1975 und des Trockensommers 2003 deutlich erkennen: So war das klimatische Waldbrandrisiko im gesamten Katastrophenjahr 1975 mit 27 Risikotagen überdurchschnittlich hoch und kam im Tiefland östlich Bremen auf damals hohe 31-40 Risikotage (gegenüber 21-30 Tagen im langjährigen Durchschnitt), in den eigentlichen Katastrophenregionen sogar auf bis zu 50 Risikotage. Für diese Region ergibt der Waldbrandindex FWI in den Tagen der Brandkatastrophe eine Streufeuchte von weniger als 7 % Wassergehalt.

2003 war die Diskrepanz zwischen 20-jährigem Durchschnitt und dem Einzeljahr noch größer: Während im 20-jährigen Durchschnitt landesweit 23 Tage mit erhöhtem Waldbrandrisiko erreicht wurden, waren es 2003 im Durchschnitt 40 Risikotage und in den am meisten gefährdeten Regionen sogar bis zu 80 Tage. Dabei lag die Waldbrandgefährdung in den Küstenregionen und im Harz 2003 weit unterhalb des Landesdurchschnitts, in allen anderen Regionen war sie dagegen überdurchschnittlich hoch und der eigentliche Durchschnittwert kam nur in einem schmalen Übergangsbereich vor. Das im Vergleich mehr als doppelt so hohe Waldbrandrisiko des Jahres 2003 spiegelt sich in der starken Zunahme der Waldbrände gegenüber den unterdurchschnittlich waldbrandgefährdeten Jahren 2002 und 2004 wider.

Es ist wahrscheinlich, dass sich das Waldbrandrisiko auch in Zukunft aufgrund des Klimawandels erhöht. Das aktuelle IPCC Klimaszenario RCP8.5 nimmt an, dass die CO_2-Emissionen weiter steigen und wird dabei schon jetzt durch den geschätzten tatsächlichen Anstieg der CO_2-Emissionen übertroffen. Es geht bei Verwendung des Globalmodells ECHAM 6 und des Regionalmodells STARS davon aus, dass es in den vergangenen 60 Jahren eine in etwa konstante Zahl von 20 Risikotagen gegeben hat. Die Weiterführung dieses Szenarios in die Zukunft ergibt für Niedersachsen im aktuellen 20-Jahres-Zeitraum (2011 -2030) dann zunächst eine leichte Abnahme des Waldbrandrisikos auf einen landesweiten Durchschnittswert von 18 Tagen mit erhöhtem Waldbrandrisiko. Im weiteren Verlauf ist aufgrund der Klimaszenarien dann aber mit einer starken Zunahme des Waldbrandrisikos auf 29 Risikotage (2031-2050) bzw. auf 34 Risikotage im Zeitraum 2051-2070 zu rechnen. Bis auf die aktuelle 20-Jahres-Periode entspricht diese Vorhersage also in etwa der linearen Fortschreibung des bisherigen gleichmäßig zunehmenden Trends.

Die somit ab 2051 zu erwartenden extrem hohen 20-jährigen Durchschnittswerte legen nahe, dass Trockenjahre wie das Jahr 2003 dann etwa alle 3 Jahre vorkommen werden und dass es unter diesen Trockenjahren wiederum einzelne geben wird, die sich durch bis zu 55 oder 60 Risikotage auszeichnen. Es ist leicht vorstellbar, dass diese Extrembedingungen dann trotz des regional hohen Niveaus der Waldbrandbekämpfungsmaßnahmen zu einem Anstieg der Waldbrandhäufigkeit führen werden, der sich nur durch weitere Verbesserung und räumliche Ausdehnung der Waldbrandschutzmaßnahmen verhindern lässt.

Zukünftiges klimatisches Waldbrandrisiko (nach IPCC Klimaszenario RCP8.5)



Insekten und Pilze

Ulrich Bressem, Michael Habermann, Rainer Hurling, Gitta Langer und Pavel Plasil

Auswirkungen von Niederschlagsdefiziten und Spätfrösten

Im Februar bis April 2013 gab es in Norddeutschland ausgeprägte Niederschlagsdefizite. In Niedersachsen sind in diesen 3 Monaten nur 58 % des langjährigen Mittels (1961-1990) an Niederschlag gefallen. Gleichzeitig sind im März und bis in den April hinein sehr starke Fröste aufgetreten. Trockenheit, späte Fröste oder eine Kombination beider bewirkten direkte Schäden oder Vorschädigungen, die nachfolgend durch sekundäre Pilzinfektionen verstärkt wurden. Diverse Schadbilder wurden vor allem in neuen Eichen- und Buchenkulturen sowie an jüngeren Douglasien und älteren Eichen verzeichnet.

Eichenkomplexerkrankung und aktuelle Situation der Eichenvitalität

Bei älteren Eichen in Norddeutschland werden nach wie vor gravierende Vitalitätseinbußen, erkennbar durch hohe Blatt- und Feinreisigverluste, vermehrte Totäste und Absterbeerscheinungen, beobachtet. Ab dem Spätsommer 2011 und bis in das Jahr 2012 hinein war ein auffälliger „Erkrankungsschub" mit zahlreichen absterbenden Bäumen zu verzeichnen. Der Allgemeinzustand der Eichen in 2013 ist weiterhin besorgniserregend. Besonders im Frühsommer 2013 fielen vielerorts sehr schlechte Belaubungssituationen der Eichenkronen auf, die nicht vorrangig auf Fraß, sondern auf Infektionen durch Blattpilze zurückzuführen waren.

Im Ursachenkomplex dieser so genannten „Eichenkomplexerkrankung" spielen nach wie vor Witterungsextreme (z. B. starke Spätwinterfröste/Temperaturstürze im Spätwinter, Trockenheit) in Kombination mit wiederholtem, starkem Blattfraß (Eichenfraßgesellschaft) eine herausragende, die Schäden letztlich auslösende Rolle. Nachfolgender Befall durch den Eichenmehltau kann die Schäden verstärken, denn in manchen Jahren haben betroffene Eichen dann nur wenige Wochen im Jahr eine gesunde Belaubung. Dies führt u. a. zu einer verminderten Einlagerung von Reservestoffen, zum Rückgang funktionsfähiger Feinwurzeln und hat in der Folge vielfältige, die Baumvitalität mindernde Konsequenzen. Im weiteren Erkrankungsverlauf sind Sekundärschädlinge wie Prachtkäfer und bodenbürtige Wurzelfäulen, vornehmlich hervorgerufen durch Hallimasch-Arten, von Bedeutung. Sie können stark vorgeschädigte Eichen zum Absterben bringen. Besorgniserregend ist, dass Eichen in den letzten Jahren in vielen Gebieten keine belastungsfreien Erholungsphasen (d. h. ohne extreme Witterungsbedingungen, ohne Fraß, ohne Mehltau) hatten.

Im Frühjahr/Frühsommer 2013 sind – wie oben bereits erwähnt – im norddeutschen Raum vielerorts erneut Auffälligkeiten und Schäden an der Belaubung von Eichen aufgetreten, die maßgeblich mit dem speziellen Witterungsverlauf zu tun haben. Die Witterung im Mai 2013 war kühl und feucht, verbreitet fielen weit über 200 % Niederschlag gegenüber dem langjährigen Mittel. Dies förderte den Pilzbefall an Blättern. Die ersten Meldungen hinsichtlich entsprechender Blattverfärbungen gab es etwa ab Mitte Juni 2013. Im Einzelnen wurden mit örtlich unterschiedlich starker Ausprägung folgende Schäden gemeldet: eine stärkere Blüte, die scheinbar zu geringerem Austrieb geführt hat; Kronen mit überwiegend vergilbten Blättern; Fraß am frischen Austrieb und an den entfalteten Blättern; braune, unterschiedlich große Blattflecken und vorzeitiger Blattabfall (Anfang Juni). Die unterschiedlichen Blattflecken wurden oft durch Schlauchpilze wie *Tubakia dryina* oder *Apiognomonia quercina* verursacht. *T. dryina* führte zu dunkelbraun verfärbten Blattstielen. Diese Verfärbung breitete sich auf die Blattspreite aus und der Pilz bildete dort beiderseits seine winzigen schwarzen Fruchtkörper. Die an den geschädigten Eichenblättern gefundenen Pilzarten führen nicht grundsätzlich zu Schadsymptomen. Oft sind sie im Pflanzengewebe vorhanden, ohne eine Erkrankung hervorzurufen (endophytische Lebensweise). Außergewöhnliche Witterungsverhältnisse haben großen Einfluss auf diese Wirt-Pilz-Interaktion, wobei der Pilzpartner von einer symbiontischen oder endophytischen in eine parasitische/pathogene Lebensphase übergehen kann.
Zudem waren Triebspitzen ohne Blätter und so genannte Zweigabsprünge zu verzeichnen. Diese Zweigabsprünge können besonders durch Trockenheit ausgelöst werden.

Raupen des Eichenprozessionsspinners *Foto: P. Gawehn*

Mehltaubefall, insbesondere an den Johannis-/Regenerationstrieben, trat lokal bereits ab Mitte Juli 2013 in stark ausgeprägter Form auf. Eine anhaltende Sporenproduktion bei günstigen Witterungsbedingungen (trockene und teilweise heiße Witterung im Juli 2013, ab dem 20. Juli hochsommerlich) führte zu einem massiven Infektionsdruck im Juli/August. Bei starker Infektion durch den Mehltaupilz rollten sich die Blätter ein, sie vertrockneten und fielen teilweise auch vorzeitig ab.

Trotz allgemein rückläufiger Populationsdichten der Eichenfraßgesellschaft, vor allem der Frostspannerarten, kam es im Vorjahr lokal zu Licht- und Kahlfraßereignissen. Der sich weiter verschlechternde Gesundheitszustand vieler Eichenbestände wurde daher 2012/2013 intensiv überwacht. Anhaltend hohe Populationsdichten der Frostspannerarten machten es Anfang Mai 2013 erforderlich, ca. 280 Hektar Eichenwaldfläche mit Insektiziden zu behandeln.
Beim Eichenprozessionsspinner zeichnete sich 2013, nach mehreren Jahren zunehmenden Befalls, eine Entspannung ab. Dennoch war es im nordöstlichen Niedersachsen erforderlich, Pflanzenschutzmittel auf einer Fläche von ca. 190 Hektar auszubringen.

Insekten und Pilze

Kiefernspinner

Im Sommer 2013 trat der Kiefernspinner mit starkem Fraß im Bereich Gartow auf, Fraßschäden wurden auf einer Kiefernwaldfläche von ca. 700 Hektar gemeldet. Um dort weitere Schäden zu verhindern, wurden Anfang September Pflanzenschutzmittel per Hubschrauber ausgebracht.

Kieferntriebsterben

Das *Diplodia*-Triebsterben, ausgelöst durch *Sphaeropsis sapinea*, war weiterhin an mittelalten und älteren Kiefern und Kiefernkulturen sowie in Douglasien- und Lärchen-Jungwüchsen zu verzeichnen. Die Schäden traten mit und ohne vorausgegangene Hagelschäden auf. Neben dem endophytischen Wachstum in Kieferntrieben wurde *S. sapinea* auch als Endophyt in grünen Douglasien-Trieben nachgewiesen.

Buchenspringrüssler

Örtlich (Harz, Solling) kam es zu einem erheblichen Befall von Buchen unterschiedlichen Alters mit dem Buchenspringrüssler.

Lochfraß und Nekrosen durch Buchenspringrüssler *Foto: E. Langer*

Borkenkäfer

Nachdem bereits in den beiden Vorjahren kaum noch Schäden durch Borkenkäfer zu verzeichnen waren, setzte sich dieser Trend im Frühjahr und Frühsommer 2013 weitgehend fort. Insbesondere die überwiegend nasskalte Witterung im Mai 2013 dürfte dafür verantwortlich gewesen sein. Trotzdem waren lokal Besiedlungen einzelner Fichten oder kleiner Fichtengruppen möglich, deren Brut dann die ab Juli einsetzende sehr warme Sommerwitterung nutzen konnte. Für einige Regionen zeichnet sich ab, dass die zweite Buchdruckergeneration sich relativ gut etablieren konnte. Daher wurde der Forstpraxis ab August empfohlen, zeitnah Gegenmaßnahmen zu ergreifen und möglichst wenige Borkenkäfer in die Überwinterung entkommen zu lassen.

Eschentriebsterben

Die Erkrankung, ausgelöst durch den aus Asien stammenden Schlauchpilz *Hymenoscyphus pseudoalbidus* mit der Nebenfruchtform *Chalara fraxinea*, hat sich im gesamten Zuständigkeitsgebiet der NW-FVA fest etabliert. Es ist bisher im europäischen Raum keine Abschwächung des Krankheitsgeschehens zu verzeichnen. Auf vielen Flächen wird hingegen eine Verstärkung bzw. Ausweitung der Schäden beobachtet.

Mit Eschentriebsterben infizierte Altesche mit starker Kronenverlichtung und Sekundärtrieben *Foto: NW-FVA, Abt. B*

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, Samtfußrübling oder Eschenbastkäfern, die zur Stammentwertung und letztlich zum Absterben der Bäume führen.

Stammfußnekrosen an einer mit Eschentriebsterben im Kronenbereich infizierten Esche. Die fächerartigen, bräunlichen Verfärbungen / Nekrosen wurden primär durch den Erreger des Eschentriebsterbens Hymenoscyphus pseudoalbidus hervorgerufen. *Foto: C. Weinert*

Neben anderen Rindenpilzen ist *H. pseudoalbidus* primär in der Lage, auch in den Stammfuß einzudringen und Verfärbungen und Nekrosen hervorzurufen.
Bislang gesunde oder nahezu gesunde Eschen sollten in den Beständen auf jeden Fall erhalten werden. Es wird aber nach wie vor von der Begründung neuer Eschenkulturen abgeraten.

Wurzelpathogene Pilze

Schäden durch Wurzelschwamm wurden insbesondere in Niedersachsen in jüngeren und mittelalten Kiefern- und Fichtenbeständen sowie in Voranbauten (z. B. an Douglasie und Roteiche, vereinzelt auch an Rotbuche) beobachtet. Absterbeerscheinungen durch Hallimasch traten im Zusammenhang mit dem Eichensterben und dem Eschentriebsterben auf.

Stoffeinträge

Birte Scheler und Henning Meesenburg

Wälder sind stärker durch anthropogen verursachte Stoffeinträge wie Sulfatschwefel und Stickstoff belastet als alle anderen Landnutzungsformen, da ihre Kronen zusätzlich zu den im Niederschlag gelösten Stoffen beträchtliche Mengen gas- und partikelförmiger Stoffe aus der Luft filtern. Diese sogenannte trockene Deposition hat für Stickstoffverbindungen laut Berechnungen des Umweltbundesamtes (UBA) mit einem Chemie-Transportmodell in niedersächsischen Wäldern einen Anteil von bis zu 56 % an der Gesamtdeposition. Zur Erfassung der Belastung der Waldökosysteme durch Stoffeinträge werden diese in Niedersachsen im Rahmen des Forstlichen Umweltmonitorings auf vier Fichten-, drei Buchen-, sowie je einer Eichen- und Kiefernfläche erfasst. Mit Hilfe der Kronenraumbilanz nach Ulrich (Ulrich 1994) werden Austauschvorgänge im Kronenraum wie die direkte Aufnahme von Stickstoff bzw. die Auswaschung von Nährstoffen wie Calcium und Magnesium berücksichtigt und die Gesamtdeposition eines konkreten Bestandes berechnet.

Foto: J. Evers

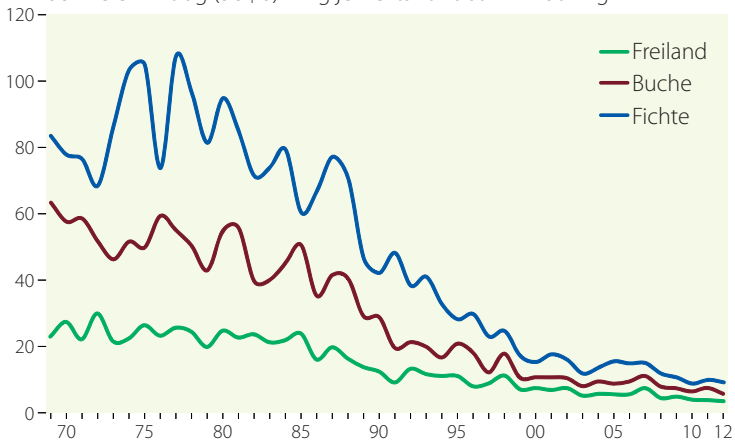
Durch die Umsetzung von Maßnahmen zur Luftreinhaltung seit Mitte der 1980er Jahre ging der Schwefeleintrag, der im Ökosystem eine stark versauernde Wirkung entfaltet, in beispielhafter Weise zurück.
Die höchsten Einträge pro Hektar wurden 2012 mit 9 kg unter Fichte im Solling gemessen, die geringsten mit 3,9 kg in einem Buchenbestand in Lüss. Im Freiland betrug der Schwefeleintrag zwischen 2,3 kg (Göttinger Wald) und 3,5 kg (Solling). Im Zeitraum 1994 bis 2012 betrug der mittlere flächenspezifische jährliche Rückgang zwischen 0,6 kg unter Buche im Göttinger Wald und 1,2 kg pro Hektar unter Fichte im Solling, im Zeitraum seit 1969 belief sich der jährliche Rückgang im Solling unter Fichte auf 2,4 kg und auf 1,5 kg pro Hektar unter Buche.

Stickstoff ist der Nährstoff, der in unbeeinflussten Ökosystemen das Pflanzenwachstum am stärksten begrenzt. Durch anthropogen verursachte Stoffeinträge wird den Wäldern Stickstoff

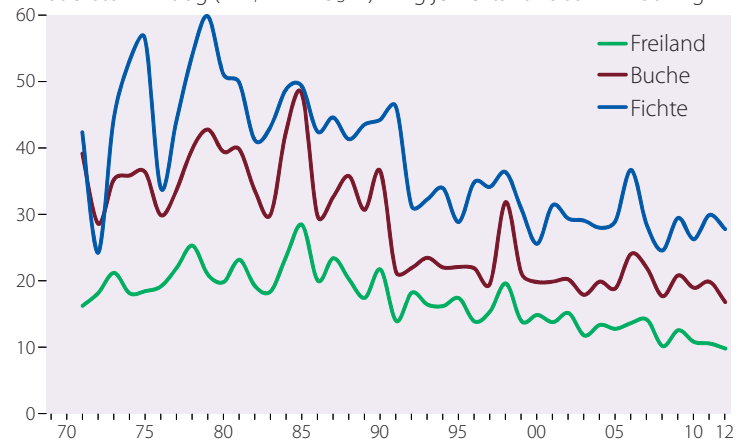
Stammablaufmessanlage und Stoffeintragsmessungen auf der Level II-Core-Fläche Lüss *Foto: J. Weymar*

Stoffeinträge

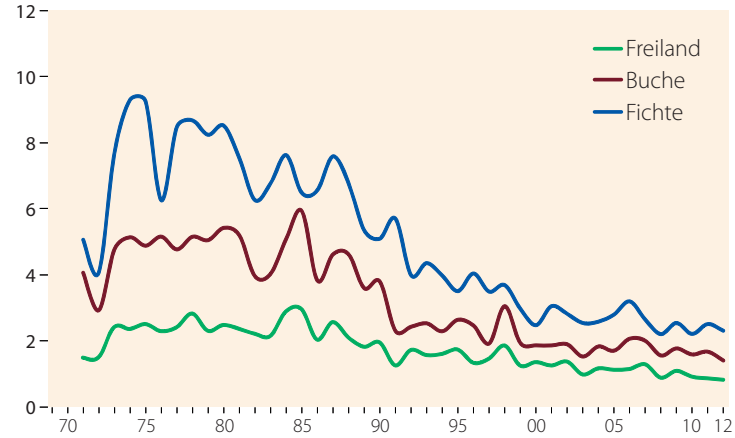
Schwefel-Eintrag (SO_4-S) in kg je Hektar und Jahr im Solling



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



Gesamtsäure-Eintrag in $kmol_c$ je Hektar und Jahr im Solling



in Form von Nitrat (oxidierter Stickstoff aus Verbrennungsprozessen) und Ammonium (reduzierte Form aus landwirtschaftlichen Quellen) zugeführt. In Augustendorf im nordwestdeutschen Tiefland beträgt das Verhältnis Ammonium zu Nitrat im langjährigen Mittel 70 zu 30, im Göttinger Wald 50 zu 50. Da die Wälder seit vielen Jahren höheren Stickstoffeinträgen ausgesetzt sind, als sie nachhaltig für ihr Wachstum benötigen, kommt es zu einer Stickstoffanreicherung im System mit zahlreichen negativen Auswirkungen wie Nährstoffungleichgewichten, Nitrataustrag mit dem Sickerwasser oder Veränderung der Bodenvegetation.
Im Beobachtungszeitraum haben sowohl der Ammonium- als auch der Nitrateintrag auf allen Flächen signifikant abgenommen. Die stärkste mittlere jährliche Abnahme pro Hektar im Zeitraum 1994-2012 ist in Augustendorf (Kiefer) im nordwest-

Depositionssammler *Foto: M. Schmidt*

deutschen Tiefland mit 0,6 kg Ammoniumstickstoff und 0,2 kg Nitratstickstoff zu verzeichnen; dennoch weist diese Fläche mit 19,6 kg im Jahr 2012 den zweithöchsten Stickstoffeintrag nach der Fichtenfläche im Solling (27,7 kg) auf.
Unter Buche betrug der Stickstoffeintrag 2012 pro Hektar zwischen 14 kg (Lüss) und 16,8 kg (Solling) und unter Eiche 14,5 kg. Im Freiland lag der Eintrag zwischen 6,2 kg (Göttinger Wald) und 11,4 kg (Augustendorf).

Der aktuelle Gesamtsäureeintrag berechnet sich als Summe der Gesamtdeposition von Nitrat, Ammonium, Sulfat und Chlorid abzüglich der mit dem Niederschlag eingetragenen Basen Calcium, Magnesium und Kalium (jeweils nicht seesalzbürtige Anteile; Gauger et al., 2002). 2012 betrug er unter Kiefer und Eiche 1,5 $kmol_c$, unter Buche zwischen 1,1 $kmol_c$ und 1,4 $kmol_c$ und unter Fichte zwischen 1,0 $kmol_c$ und 2,3 $kmol_c$ pro Hektar. Durch Säureeinträge in dieser Größenordung wird das nachhaltige Puffervermögen vieler Waldstandorte weiterhin überschritten. Eine standortsangepasste Bodenschutzkalkung zum Schutz der Waldböden vor weiterer Versauerung bleibt daher 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 (BZE II) und Standortskartierung

Jan Evers und Uwe Paar

Die bundesweit systematische Stichprobeninventur der Bodenzustandserhebung im Wald ist ein integraler Bestandteil des Forstlichen Umweltmonitorings und gibt vor allem ein umfassendes und flächendeckendes Bild von bodenchemischen Kenngrößen in Waldböden hinsichtlich des aktuellen Zustandes und Veränderungen gegenüber der ersten Inventur. Die BZE-Ergebnisse liefern wichtige Informationen für die Forstliche Standortskartierung, die Kalkungsplanung und/oder die Waldbaukonzepte und Nutzungsstrategien der Länder. Das einheitliche Inventurdesign der BZE bei der Probenahme, der chemischen Analyse und der Datenverarbeitung ermöglicht die folgenden länderübergreifenden Auswertungen, die bisher so nicht möglich waren. Die BZE-Daten aus Schleswig-Holstein standen für diese Auswertung noch nicht zur Verfügung.

Zu den Übersichtserhebungen (Level I) im Rahmen des Forstlichen Umweltmonitorings gehören die Bodenzustandserhebungen. In der Zeit zwischen 2007 und 2009 fand in den Wäldern der Trägerländer der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt (NW-FVA) Hessen, Niedersachsen, Sachsen-Anhalt und Schleswig-Holstein die zweite bundesweite Bodenzustandserhebung (BZE II) statt. Sie folgt der ersten Waldbodenzustandserhebung (BZE I), die in den Jahren 1991 bis 1993 durchgeführt wurde. An 388 in den Trägerländern gelegenen BZE II-Punkten wurden u. a. die austauschbaren Kationen (Ake - effektive Austauschkapazität (Perkolation mit NH_4)), die Trockenrohdichte des Feinbodens und der Skelettgehalt im Mineralboden laboranalytisch nach den BZE-Tiefenstufen bestimmt. Daraus wurden die Austauschkapazität, die Basensättigung und die Elementvorräte für Calcium, Magnesium und Kalium bis 90 cm Bodentiefe Datenbank gestützt berechnet. Zusätzlich wurden zu den Vorräten aus dem Mineralboden die jeweiligen Vorräte im Auflagehumus (Königswasseraufschluss) addiert.

Trophie

Die Abschätzung der Nährstoffausstattung forstlicher Standorte bildet eine entscheidende Grundlage für eine nachhaltige, ökologisch begründete Forstwirtschaft. Informationen zur Nährstoffausstattung von Waldböden liefern vor allem die Forstlichen Standortskartierungen der Länder über die Einstufung in Trophiestufen, die in Standortskarten für die kartierten Gebiete angegeben werden. Da sich die Verfahren der Forstlichen Standortskartierung in den Bundesländern unterscheiden, sind die ausgewiesenen Trophiestufen zunächst länderspezifisch und nicht ohne Weiteres vergleichbar. In einer länderübergreifenden Arbeitsgruppe von erfahrenen Standortskartierern wurden die Verfahren der Standortskartierung in den Ländern Niedersachsen/Schleswig-Holstein, Hessen und Sachsen-Anhalt nebeneinander gestellt und, sofern möglich, parallelisiert. Auf diese Weise entstanden länderübergreifend sechs Trophiestufen, die die länderspezifischen Stufen ineinander überführen und zusammenfassen. Dies hatte für das differenziertere Verfahren in Niedersachsen/Schleswig-Holstein Vergröberungen zur Folge, erlaubt aber eine länderübergreifende Verkoppelung der Ergebnisse der Forstlichen Standortskartierung.

Foto: J. Evers

Bodenzustandserhebung (BZE II) und Standortskartierung

Foto: T. Ullrich

Vergleich der Trophiestufen (bzw. Nährstoffzahl/Nährkraftstufe)

Niedersachsen Schleswig-Holstein Nährstoffzahl	Hessen Trophie	Sachsen-Anhalt Nährkraftstufe
6	1+ = karbonat-eutroph	..RC.. = reich-karbonatisch bis R
5, 5+	1, 1- = eutroph	..R.. = reich
4+, 5-	2+ = gut mesotroph	..K.. = kräftig
3, 3+, 4-, 4	2 = mesotroph	..M.. = mittel
2+, 3-	2- = schwach mesotroph	..Z.. = ziemlich arm
1, 2-, 2	3 = oligotroph	..A.. = arm

Die Verknüpfung der auf Messdaten berechneten Nährstoffausstattung im Waldboden der Bodenzustandserhebung mit den übergreifenden Trophiestufen aus der Standortskartierung der Länder Niedersachsen, Hessen und Sachsen-Anhalt kann zum einen Rahmenwerte für die Trophiestufen liefern und zum anderen die vorgenommene Parallelisierung validieren. Die Absicherung einer Trophieabschätzung durch die chemische Analyse ist vor allem bei Standorten mit mittlerer Nährstoffausstattung sinnvoll und häufig notwendig. In der Regel werden sehr gute Standorte und schlechte Standorte relativ sicher eingeschätzt.

Einschränkend für diesen Vergleich ist hinsichtlich des Datensatzes der BZE zu beachten, das die Analysedaten überwiegend nur den Bereich bis 90 cm Bodentiefe einheitlich abdecken. Es sind zwar auch tiefere Schichten in die Analyse einbezogen, doch ist dies nicht regelmäßig der Fall. Die Bodentiefe bis 90 cm kann zwar als Hauptwurzelraum angesehen werden, dennoch umfasst die Trophieabschätzung der Forstlichen Standortskartierung auch soweit vorhanden tiefere Bodenschichten. Diese Bereiche können von Wurzeln erschlossen werden und weisen teilweise beträchtliche Nährstoffvorräte auf. Inwieweit dies an konkreten Standorten der Fall ist, lässt sich am Profil nicht sicher einschätzen. In der Regel ist die Durchwurzelung in Bodentiefen unter 1 Meter gering, insofern wird nicht von einer grundsätzlichen Fehleinschätzung bei der Betrachtung der oberen 90 cm Bodentiefe ausgegangen. Weiterhin ist zu beachten, dass die Trophieeinschätzung durch den Kartierer nicht nur auf bodenchemischen Kenndaten beruht, sondern die Bestandesgeschichte und die Ausprägung der Bodenvegetation, des Auflagehumus und des Bestandes weitere Informationsquellen darstellen.

In den folgenden Auswertungen sind die Trophiestufen aus der Forstlichen Standortskartierung mit den Messdaten aus der BZE für die effektive Austauschkapazität, die Basensättigung sowie die Calcium-, Magnesium- und Kaliumvorräte gegenübergestellt. Als Vergleichsmaßstab sind die forstlich üblichen Bewertungskriterien für diese Parameter farblich hinterlegt, die bundesweit in der Forstlichen Standortsaufnahme Verwendung finden.

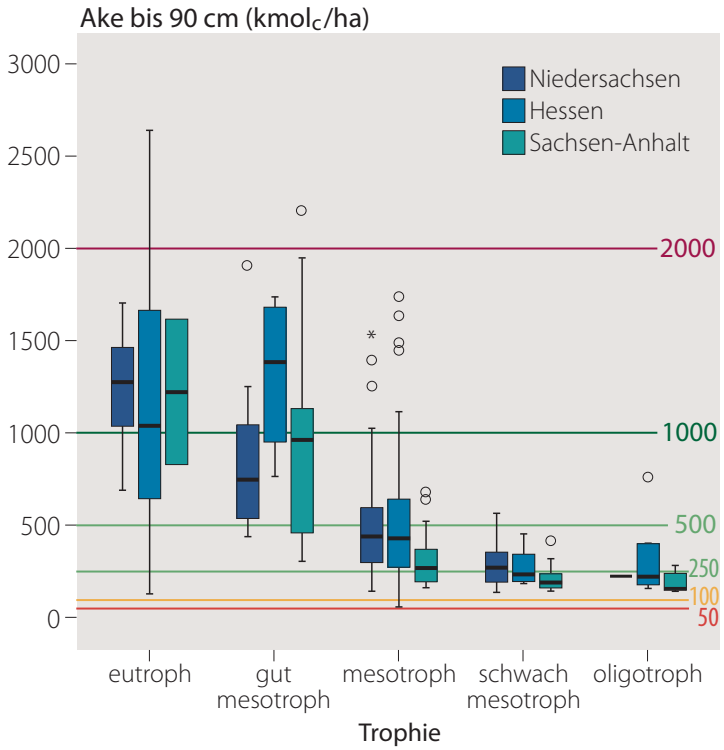
Bewertungsrahmen nach der Forstlichen Standortskartierung (AK Standortskartierung 2003)							
(eff. Wurzelraum mit Auflagehumus)	sehr gering	gering	gering mittel	mittel	mittel hoch	hoch	sehr hoch
Basensättigung (%)	7	20	30	50	70	85	
Ake (kmolc/ha)	50	100	250	500	1000	2000	
Ca (kg/ha)	200	400	800	2000	4000	8000	
Mg (kg/ha)	50	100	200	500	1000	2000	
K (kg/ha)	200	400	600	800	1200	1600	

Bodenzustandserhebung (BZE II) und Standortskartierung

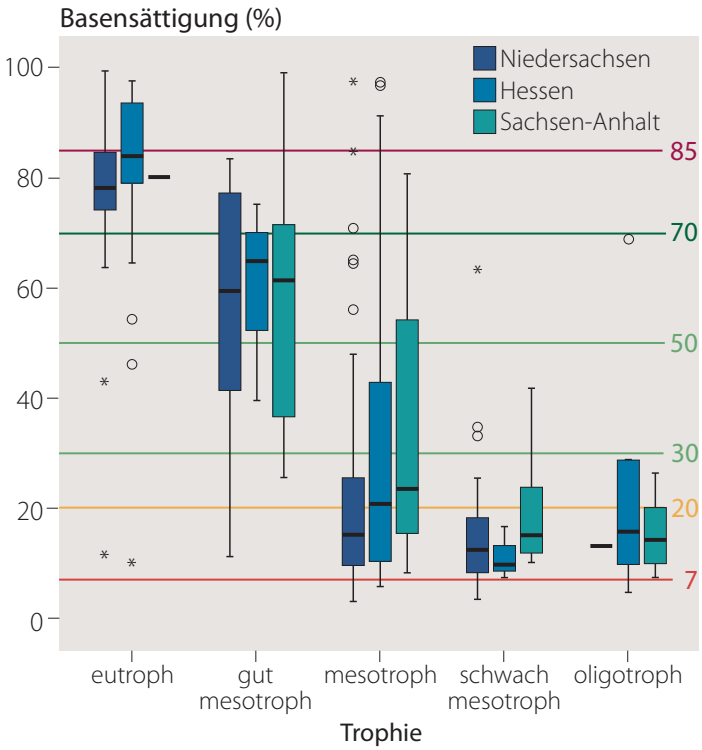
Foto: J. Weymar

stuften BZE-Punkte im unteren mittleren Bewertungsbereich. Die oligotrophe Stufe ist kaum mit BZE-Punkten belegt. Diese gute Übereinstimmung begründet sich darin, dass sich die Ake relativ gut über Feldmethoden durch erfahrene Kartierer an Profilen oder Bohrkernen abschätzen lässt, da sie eng an den Tongehalt, das Ausgangssubstrat sowie den Kohlenstoffgehalt im Mineralboden gekoppelt ist. Zudem werden die Ergebnisse der Standortskartierung in Niedersachsen mit der chemischen Analyse von Bodenproben aus Leitprofilen sowie einem systematischen Netz von Bohrkernen abgesichert.
Ein ähnliches Muster der Ake in den Trophiestufen ergibt sich in Hessen und Sachsen-Anhalt. Eine Ausnahme stellt die gut mesotrophe Stufe in Hessen dar, hier liegen die Werte der Ake noch über der eutrophen Stufe. Auffallend ist auch für alle drei Bundesländer, dass sich die oligotrophe Stufe nicht von der schwach mesotrophen Stufe über die Ake abgrenzen lässt.

Im Hinblick auf den Parameter Basensättigung ergibt sich ein anderes Bild. Die Basensättigung als wichtiger Indikator für den Bodenzustand kann mit Feldmethoden nicht sicher abgeschätzt werden, hier ist eine Berechnung auf Basis von bodenchemischen Kenndaten erforderlich. Bei der überwiegenden Anzahl der BZE-Punkte mit mittlerer und geringerer Ake liegen



Effektive Austauschkapazität bis 90 cm Bodentiefe der BZE nach Trophiestufen der Forstlichen Standortskartierung der Länder. Die farbigen Linien markieren die Grenzwerte aus der Forstlichen Standortsaufnahme (2003).



Basensättigung bis 90 cm Bodentiefe der BZE nach Trophiestufen der Forstlichen Standortskartierung der Länder. Die farbigen Linien markieren die Grenzwerte aus der Forstlichen Standortsaufnahme (2003).

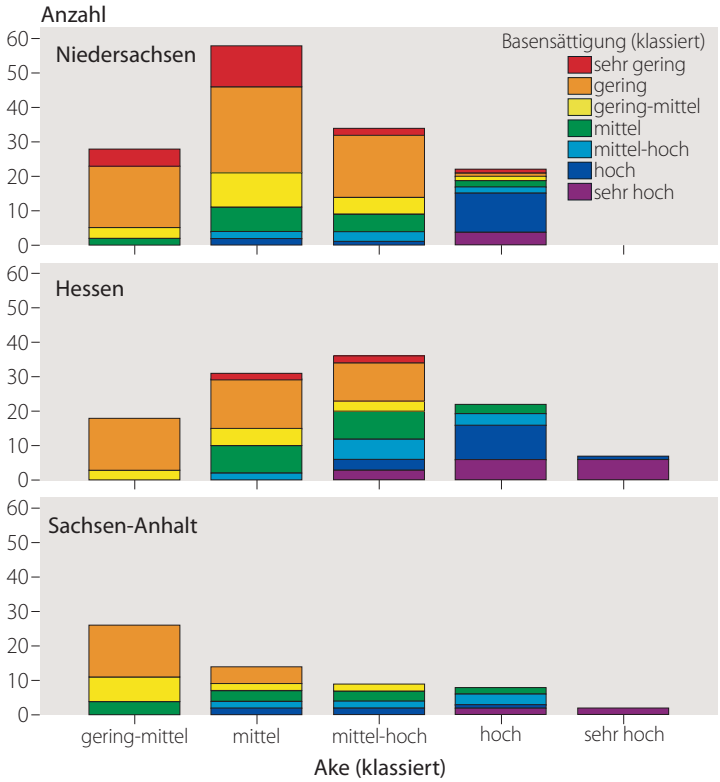
Hinsichtlich der effektiven Austauschkapazität (Ake) lassen sich die Trophiestufen aus der Forstlichen Standortskartierung der Länder im Wesentlichen bestätigen.

In Niedersachsen werden die übergreifenden Trophiestufen aus der Standortskartierung gut durch die Werte aus der BZE (dunkelblau) bestätigt. Der Median der Ake der mit eutroph eingeschätzten BZE-Punkte liegt auch in der hohen Bewertungsstufe, abgestuft folgen die Mediane der gut mesotrophen Stufe im mittel bis hohen Bewertungsbereich, die mesotrophen Standorte im mittleren und die mit schwach mesotroph einge-

die berechneten Basensättigungen nicht in der entsprechenden Bewertungsstufe, sondern in deutlich schwächeren Stufen. Besonders auffallend ist für Niedersachsen: Der Median der mesotrophen Standorte und der überwiegende Teil der schwach mesotroph eingeschätzten BZE-Punkte liegt deutlich unter 20 % Basensättigung im Hauptwurzelraum bis 90 cm Bodentiefe. Dies ist ein Hinweis darauf, dass diese Standorte durch lang anhaltende Säurebelastungen, historisch intensive Nutzungen und/oder relativ geringe Mineralverwitterungsraten aktuell kritische Zustände hinsichtlich der Basensättigung aufweisen.

Bodenzustandserhebung (BZE II) und Standortskartierung

Foto: J. Weymar



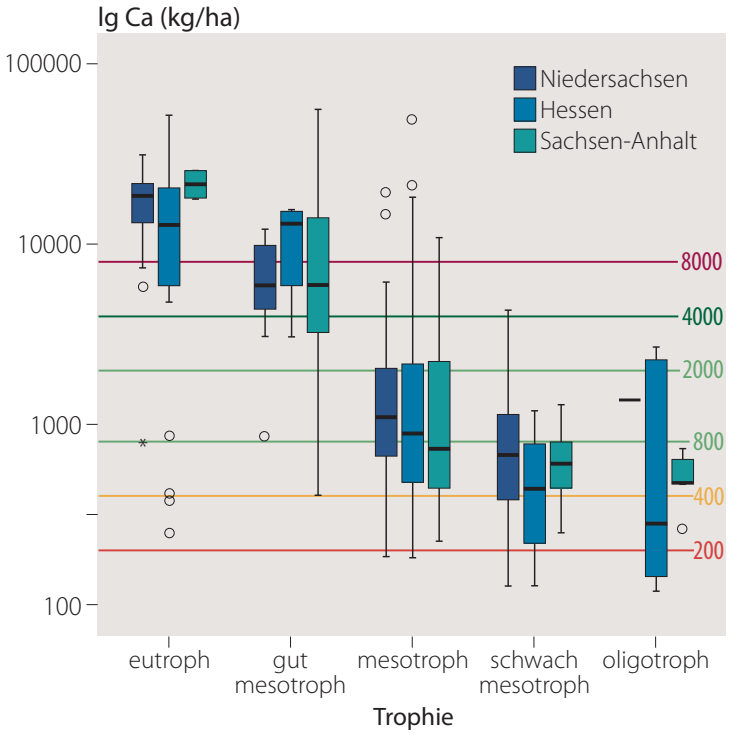
Bewertungsstufen der Basensättigung über Ake-Bewertungsstufen der BZE (Bewertungsstufen nach Forstlicher Standortsaufnahme 2003)

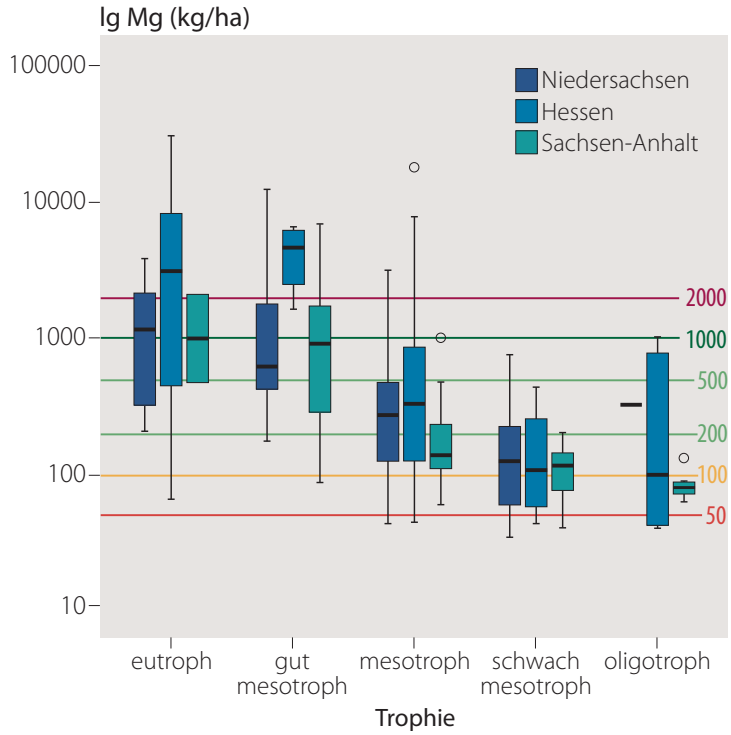
Die Basensättigung ist ein zentraler Indikator für die Güte des chemischen Bodenzustandes. Sie bestimmt zusammenfassend die Nährstoffversorgung des Mineralbodens und damit wesentlich die Ernährungsbedingungen der Waldbäume. Die Basensättigung drückt aus, wie hoch der relative Anteil der basischen Nährstoffkationen Calcium, Magnesium, Kalium und Natrium im Vergleich zur Summe aller Kationen ist, die an negativen Tonmineralteilchen sowie der organischen Substanz im Boden gebunden sind. Eine Bewertung ist anhand des Leitfadens der Forstlichen Standortsaufnahme (2003) möglich: Danach gilt in Böden die Basensättigung als gering bei Werten unter 20 %. Dies sind die am stärksten versauerten Waldböden. Der hohe Versauerungsgrad ist im erheblichen Maß eine Folge luftbürtiger, versauernd wirkender Stoffeinträge. Für Böden mittlerer Nährstoffgüte ist eine Basensättigung zwischen 30 und 50 % definiert und bei gut nährstoffversorgten Standorten erreicht die Basensättigung Werte von über 50 %. Basensättigungen von unter 20 % zeigen an, dass diese Standorte nicht mehr über das Potential an austauschbaren Nährstoffen verfügen, welches grundsätzlich bei gegebener Ake an unbelasteten Waldstandorten zur Verfügung gestanden hätte. Bei Basensättigungen unter 20 % wird der Austauscher und die Bodenlösung durch das Kation Aluminium geprägt, Calcium, Magnesium und Kalium liegen in vergleichsweise geringen Anteilen vor. Für Baumwurzeln kann es schwierig werden, 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 notwendigen Nährelemente Calcium, Magnesium und Kalium 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 Säureeinträge reagieren kann, er in seiner Produktivität eingeschränkt und im Hinblick auf Elemententzüge durch intensive Nutzung wie beispielsweise Vollbaumnutzung empfindlich ist. In diesen Fällen können Kompensationsmaßnahmen in Form von Waldkalkungen sinnvoll sein.

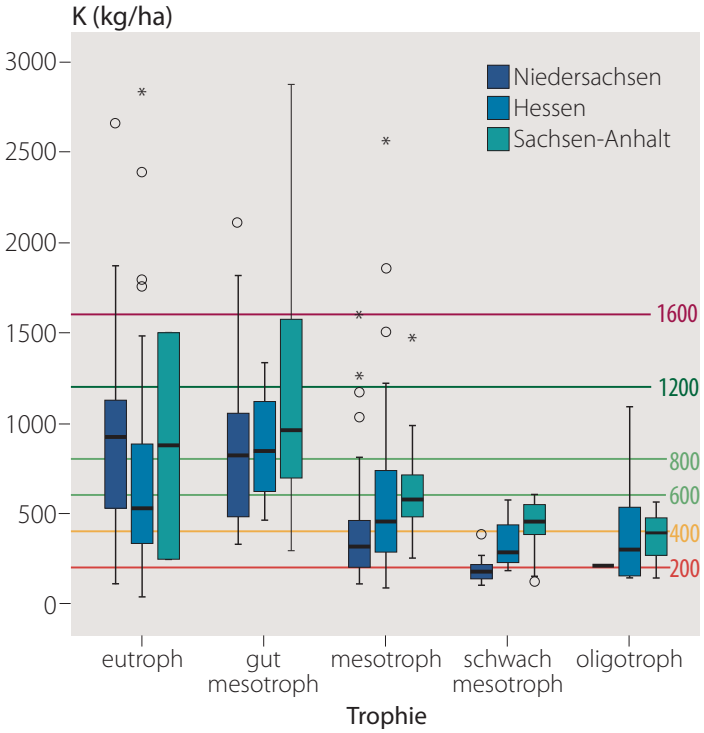
Pseudogley im Forstamt Fuhrberg *Foto: T. Janssen/H. Heile*

Bodenzustandserhebung (BZE II) und Standortskartierung

Die Gegenüberstellung der Ake-Bewertungsstufen von gering-mittel bis sehr hoch im Hauptwurzelraum mit den entsprechenden Stufen der Basensättigung zeigt, dass BZE-Punkte bei einer mittleren bis hohen Ake geringe bis sehr geringe Werte der Basensättigung aufweisen können. Dies ist sehr deutlich in Niedersachsen zu erkennen, in den Ake-Stufen mittel-hoch und mittel weisen 60 % der BZE-Punkte Basensättigungen von durchschnittlich unter 20 % auf. In der gering-mittleren Ake-Stufe sind es sogar 80 % der BZE-Punkte. In Hessen ist die Diskrepanz zwischen aktueller Basensättigung und Ake etwas geringer, in Sachsen-Anhalt weisen 40 % der BZE-Punkte Basensättigungen von unter 20 % in der mittleren Ake-Stufe und 60 % in der gering-mittleren Stufe auf. Die Ake-Stufe gering kommt im BZE-Kollektiv aller drei Bundesländer nicht vor.







Calcium-, Magnesium und Kaliumvorräte der BZE-Punkte nach Trophiestufen aus der Forstlichen Standortskartierung (Maßstab logarithmisch für Ca und Mg, eingezeichnet sind die jeweiligen Grenzen der Bewertungsbereiche für die Elemente aus der Forstlichen Standortsaufnahme (2003))

Neben der Ake und Basensättigung ist die Abschätzung der austauschbar gebundenen Nährelementvorräte Calcium, Magnesium und Kalium für eine Beurteilung der Trophiestufe wichtig. Auch hier können mit Feldmethoden über die Kenntnis der Ausgangssubstrate, der Bodenarten, der Ausprägung der Bodenvegetation und dem Wachstum der Waldbäume Abschätzungen vorgenommen werden. Interessant ist es nun zu sehen, inwieweit sich die Abschätzungen im Gelände vor dem Hintergrund der unterschiedlichen Länderverfahren der Standortskartierung über die einheitliche Berechnung der Bodenvorräte durch die chemische Analyse der BZE darstellen.

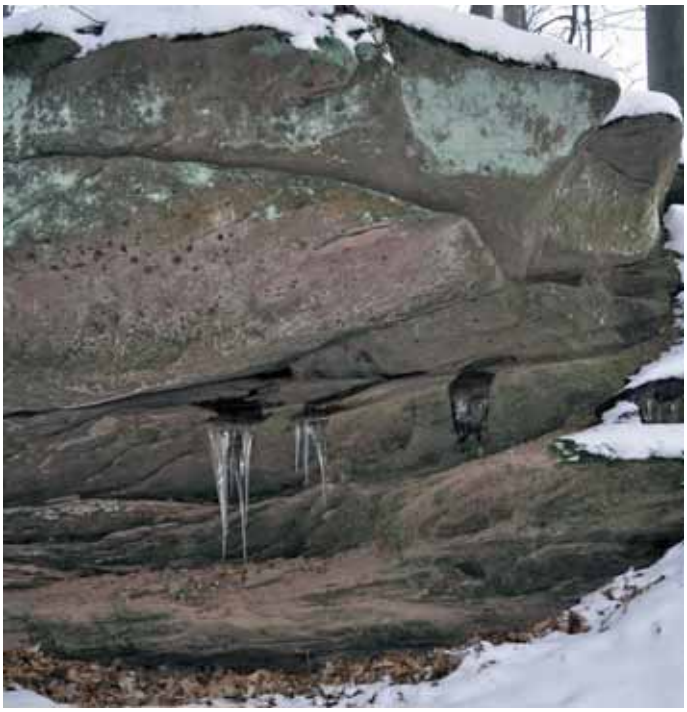


Foto: J. Evers

Bodenzustandserhebung (BZE II) und Standortskartierung

Foto: M. Schmidt

Die Gegenüberstellung der Trophiestufen aus der Standortskartierung und der Ergebnisse der BZE II für die Nährelemente Calcium, Magnesium und Kalium zeigen, dass sich die besseren Trophiestufen und die schwächeren Trophiestufen deutlich vom mittleren Trophiebereich abgrenzen. Zwischen dem oligotrophen und schwach mesotrophen Bereich konnten keine gesicherten Unterschiede festgestellt werden. Standorte mit mittlerer Trophieeinschätzung wiesen überwiegend auch mittlere Werte bei den Calcium- und Magnesiumvorräten im Hauptwurzelraum auf. Dies liegt darin begründet, dass Calcium und Magnesium im Gegensatz zu Kalium relativ fest am Austauscher gebunden sind und damit eng mit der Ake korrelieren. Die Ake ließ sich, wie dargestellt, relativ gut mit Feldmethoden abschätzen.

Die Streuungen sind jedoch erheblich. Beispielsweise beim Calciumvorrat im mesotrophen Bereich liegen das 25 %-Perzentil sowie das 75 %-Perzentil eine Trophiestufe tiefer bzw. höher; die höchsten bzw. niedrigsten 5 % fallen sogar in den eutrophen bzw. oligotrophen Trophiebereich. Dies zeigt, dass jeweils 25 % der mesotrophen BZE-Punkte mindestens eine Bewertungsstufe unterschätzt bzw. überschätzt werden, diese Standorte sind hinsichtlich der Calciumversorgung eine Stufe besser bzw. schlechter. Die Unterschiede zwischen den Bundesländern bezogen auf eine Trophiestufe sind hinsichtlich Calcium relativ gering, damit können die Trophiestufen zwischen den Bundesländern als vergleichbar angesehen werden. Das bedeutet, dass die unterschiedlichen Verfahren der Standortskartierung in den drei Ländern über das Verfahren der Parallelisierung vergleichbare Trophieeinstufungen hinsichtlich Calcium erzeugen.

Grundsätzlich lassen sich auch bei Magnesium die Trophiestufen der Forstlichen Standortskartierung durch die BZE II-Ergebnisse bestätigen. Auch sind die Kartierungen der Bundesländer hinsichtlich des Magnesiumvorrates vergleichbar, wobei der mittlere Bereich in Sachsen-Anhalt durch die Kartierung eher überschätzt wird. Wie bereits bei Calcium sind auch bei Magnesium die Streuungen erheblich und umfassen bis zu zwei Trophiestufen in beide Richtungen.

Im Unterschied zu Calcium und Magnesium liegen die Kaliumvorräte der BZE II-Punkte in den als mesotroph kartierten Bereichen im geringen bis mittleren (Hessen und Sachsen-Anhalt) und geringen Bewertungsbereich (Niedersachsen). Die Kaliumvorräte werden damit im Gelände durch die Standortskartierung für den mesotrophen Bereich deutlich überschätzt. Die mit gut mesotroph und eutroph kartierten Bereiche weisen entsprechend höhere Kaliumvorräte auf, die dem mittleren bis hohen Bewertungsbereich entsprechen. Sie liegen allerdings eher an den unteren Grenzen dieser Bewertungsbereiche. Die Mediane im eutrophen und gut mesotrophen Bereich heben sich wenig voneinander ab. Eine Ausnahme bilden die als eutroph kartierten BZE-Punkte in Hessen, hier liegen die Kaliumvorräte der BZE II-Punkte mit 530 kg/ha Kalium im mittleren Bereich, also zwei Trophiebewertungsstufen unter der Einschätzung der Standortskartierung. Die Überschätzung der Kaliumvorräte setzt sich auch im unteren Trophiebereich fort, die als schwach mesotroph eingeschätzten Bereiche liegen mit Ausnahme von Sachsen-Anhalt nicht im mittleren bis geringen, sondern im geringen bis sehr geringen Bewertungsbereich. Die Kaliumvorräte sind in Sachsen-Anhalt in den jeweiligen Trophiestufen bis auf den eutrophen Bereich höher als in Niedersachsen und Hessen.

Insbesondere die Ergebnisse für Kalium sind bedeutsam für die Zuweisung von Ausschlussflächen für die Vollbaumnutzung: die Daten der BZE II belegen, dass die tatsächlichen Kaliumvorräte im mesotrophen und schwach mesotrophen Standortsbereich deutlich geringer sind, als die abgeschätzten Trophiestufen nach der Forstlichen Standortskartierung erwarten lassen.

Braunerde einer ehemaligen Streifenkultur im Forstamt Unterlüss
Foto: T. Janssen/H. Heile

Substratgruppen

Neben der Trophieeinstufung lassen Angaben aus der Forstlichen Standortskartierung zu den Ausgangssubstraten Abschätzungen zu Nährstoffvorräten und Gefährdungspotentialen zu. Tone, Kalke und Basalte beispielsweise haben grundsätzlich deutlich höhere Nährstoffvorräte als Buntsandsteine und Sande. Auch hier kann die BZE Informationen vorhalten, typische Substrate hinsichtlich ihrer chemischen Bodenzustände zu charakterisieren. Dazu wurden BZE-Punkte mit ähnlichen Merkmalsausprägungen im Mineralboden zu Substratgruppen zusammengefasst.

Die Verteilung der in Niedersachsen vorkommenden Substratgruppen in der BZE II sind in der Tabelle dargestellt. Es überwiegen bei weitem die unverlehmten und schwach verlehmten Sande des Tieflandes sowie die Lösslehme im Tief- und Bergland. Die organisch geprägten Standorte, überwiegend Moore und Anmoore, haben mit 9 % einen recht hohen Anteil. Es folgen die typischen Standorte des Berglandes, wie die Muschelkalke, Tonschiefer und Buntsandsteine. Die Substratgruppen Kreidesandstein und Granit kommen nur vereinzelt vor und werden aufgrund der geringen Stichprobenzahl nicht in den Verteilungen dargestellt. Die Ergebnisse zu den Substratgruppen werden hier zunächst unabhängig von der Waldkalkung angegeben.

Die Substratgruppen unterscheiden sich deutlich hinsichtlich der effektiven Austauschkapazität im Mineralboden. Erwartungsgemäß weisen die unverlehmten und schwach verlehmten Sande relativ die geringste und die Tonsteine, Lehme und Kalke die höchste Austauschkapazität auf. Die Mediane aller

Beschreibung der Substratgruppen

Substratgruppe	Substrate/Bodenarten	Kriterien/Merkmale/Herkunft
Granit	grusig, sandig, schluffige Lehme	Plutonite
Tonschiefer	überwiegend lehmige Tone	z. B. devonische Schieferformationen, Hunsrückschiefer
Grauwacke	sandige bis tonige Lehme	z. B. unterkarbonische Grauwacken, Kulmgrauwacken
Zechstein/Rotliegendes	verlehmte Sande bis tonige Lehme	Perm: Dolomite, Kalksteine bzw. Sandsteine, Konglomerate
Buntsandstein	reine Sande bis schluffig, lehmige Sande, teilweise mit Tonsteinwechsellagerung	kalkfreie Buntsandsteinformationen
Substratuntergruppe: Buntsandstein (tonig)	im Unterboden: sandige Lehme, tonige Lehme, sandige Tone, stark lehmige Sande, tonige Sande	kalkfreie Buntsandsteinformationen
Substratuntergruppe: Buntsandstein (sandig)	über alle Bodentiefen reine Sande, schwach schluffige Sande bis schwach lehmige Sande	kalkfreie Buntsandsteinformationen
Quarzit	schluffige Lehme, sandige, tonige Schluffe	devonische Quarzite
Kalk	überwiegend lehmig Tone bis tonige, schluffige Lehme	z. B. Muschelkalk, Keuper, Jura, Geschiebemergel, Kalkgehalt mind. C4 (karbonatreich)
Kreidesandstein	schwach verlehmte bis verlehmte Sande	z. B. Hilssandstein, untere Kreidezeit
Basalt/Diabas	überwiegend schluffige Lehme	silikatreiche tertiäre Ergussgesteine und devonische Diabase
unverlehmte Sande	Sande und Kiese, Reinsande, schwach schluffige Sande geringmächtige schluffige Bänder toleriert	Flugsande, Talsande, Wasserabsätze Rheinweiß- (Kalk) und Flugaschenstandorte, Mergelsande und -kiese; Pleistozän und Holozän
schwach verlehmte Sande	schwach lehmige Sande, schluffige Sande	Geschiebedecksande, Sandlösse, Wasserabsätze > 20 cm Rheinweiß- (Kalk) und Flugaschenstandorte, Mergelsande und -kiese; Pleistozän und Holozän
verlehmte Sande	verlehmte Sande, schluffige Sande, tonige Sande	Geschiebedecksande, Lösssande, Wasserabsätze > 50 cm Rheinweiß- (Kalk) und Flugaschenstandorte, Mergelsande und -kiese; Pleistozän und Holozän
Lehm	stark lehmige Sande bis tonige Lehme	Hochflutlehme, Auenlehme, Geschiebelehme; Pleistozän und Holozän
Ton(stein)	sandige, schluffige, lehmige Tone bis reine Tone	Röt, tertiäre Tone, Marschen, Beckenablagerungen, hier werden auch schluffige Feinstsande toleriert
Lösslehm	feinsandig lehmige Schluffe bis schluffig-schwach tonige Lehme	Mächtigkeit > 70 cm (auch Kolluvien) über silikatarmen oder silikatreichem Ausgangssubstrat; Pleistozän und tlw. Holozän
organisch geprägte Standorte	organisch geprägte Standorte über diversen Substraten	Hochmoortorf, Niedermoortorf, Übergangsmoor bis Quellmoor, auch Anmoor; Spätpleistozän und Holozän

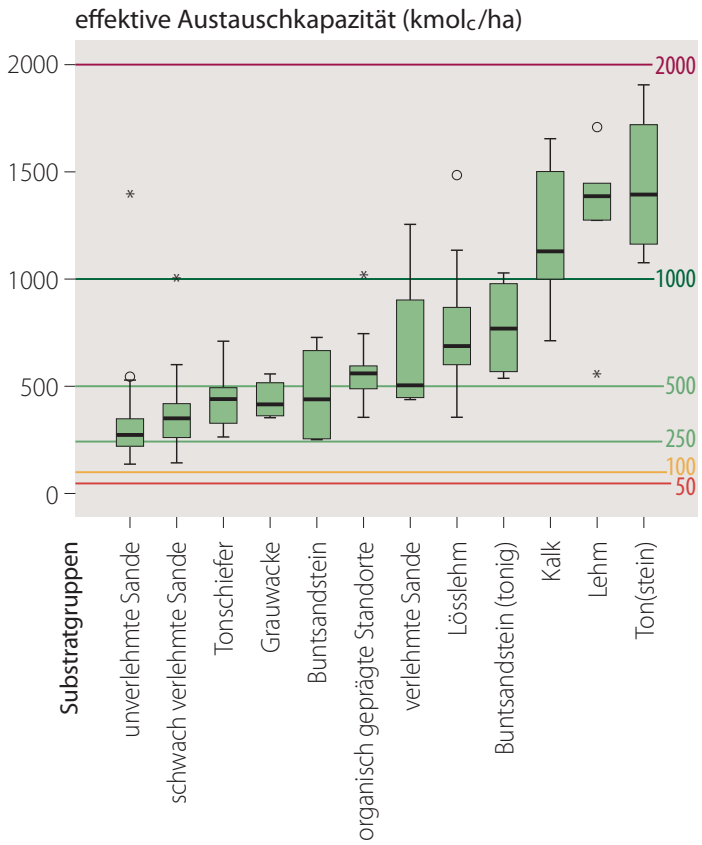
Bodenzustandserhebung (BZE II) und Standortskartierung

Gley-Braunerde-Podsol im Forstamt Neuenburg *Foto: T. Janssen/H.Heile*

Substratgruppen liegen im mittleren Bewertungsbereich und besser, es gibt keine Substratgruppe mit dem Schwerpunkt der Verteilung im gering-mittleren Bereich und schlechter. Die geringste Austauschkapazität mit 140 $kmol_c$/ha weist ein BZE-Punkt der Substratgruppe unverlehmte Sande im Wendland auf. Insgesamt sind 84 % aller BZE-Punkte in Niedersachsen hinsichtlich ihrer Austauschkapazität im mittleren Bereich zwischen 100-1000 $kmol_c$/ha. 16 % der BZE-Punkte liegen mit ihrer effektiven Austauschkapazität über 1000 $kmol_c$/ha im hohen Bereich. Der sehr hohe Bereich über 2000 $kmol_c$/ha, der geringe (unter 100 $kmol_c$/ha) und sehr geringe Bereich (unter 50 $kmol_c$/ha) ist im BZE-Kollektiv nicht vertreten.
Bei der durchschnittlichen Basensättigung bis 90 cm Bodentiefe zeigt sich im Vergleich zur Austauschkapazität ein anderes Bild. Die Mediane der Substratgruppen Buntsandstein, unverlehmte Sande, Tonschiefer, organisch geprägte Standorte und schwach verlehmte Sande liegen im geringen Bereich. Wie bereits beim Vergleich der Trophiestufen allgemein zeigt sich

Substratgruppen der BZE-Punkte in Niedersachsen

Substratgruppe	Anzahl	Prozent
unverlehmte Sande	63	36,4
schwach verlehmte Sande	23	13,3
Lösslehm	18	10,4
organisch geprägte Standorte	16	9,2
Kalk	14	8,1
Tonschiefer	7	4,0
Buntsandstein	6	3,5
Lehm	6	3,5
Grauwacke	5	2,9
Buntsandstein (tonig)	4	2,3
Ton(stein)	4	2,3
verlehmte Sande	4	2,3
Kreidesandstein	2	1,2
Granit	1	0,6



Verteilung der effektiven Austauschkapazität im Mineralboden bis 90 cm Bodentiefe nach Substratgruppen der BZE II in Niedersachsen

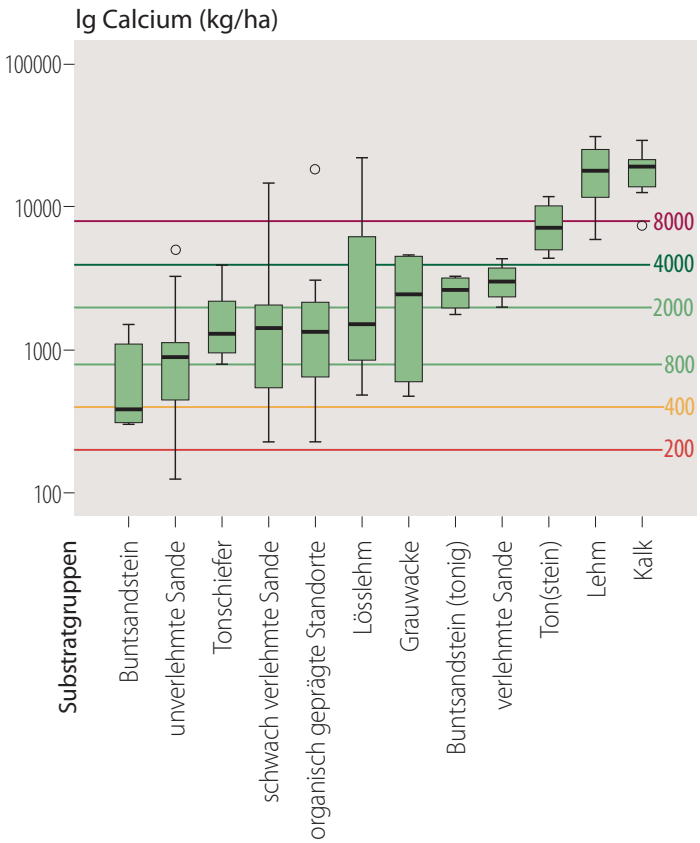
speziell bei diesen Substratgruppen, wie gering die relative Ausstattung mit Calcium, Magnesium und Kalium gegenüber dem Potential am Austauscher ist. Diese Standorte haben eine geringe Elastizität gegenüber Säurebelastungen, sind zumeist versauert und die Calcium-, Magnesium- sowie Kaliumversorgung ist gering. Die Bodenlösung wird durch Aluminium geprägt. Langfristige Verwitterungsprozesse, vorindustrielle Übernutzungen und hohe luftbürtige Säureeinträge der industriellen Vergangenheit belasten diese Standorte.

F-Mull auf einer Parabraunerde bei Wolfsburg *Foto: T. Jansen/H. Heile*

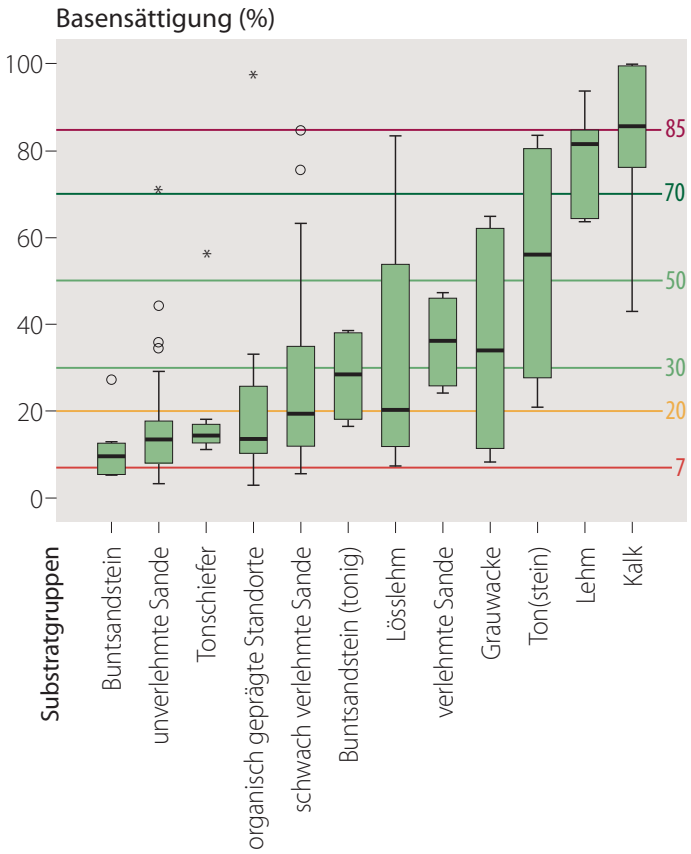
Bodenzustandserhebung (BZE II) und Standortskartierung

Die prozentuale Verteilung der Basensättigung in den Bewertungsstufen ist deutlich zu schlechteren Bewertungsstufen verschoben: 57 % entfallen auf geringe Bewertungsstufen unter 20 % Basensättigung, 28 % liegen im mittleren Bereich zwischen 20-70 % Basensättigung und 15 % in hohen Bewertungsstufen über 70 % Basensättigung. Sehr weite Spannen bei der durchschnittlichen Basensättigung weisen die Substratgruppen schwach verlehmte Sande, Lösslehm, Grauwacke und Tonstein auf. Hier kann jedoch die Trophiestufe aus der Standortskartierung die Spannen weiter differenzieren (hier nicht dargestellt). Die Verteilungen der Calciumvorräte nach Substratgruppen weisen für den Buntsandstein (sandige Ausprägung) und die unverlehmten Sande relativ die geringsten Vorräte, eher mittlere Verhältnisse für Tonschiefer, schwach verlehmte Sande, organisch geprägte Standorte und Lösslehm und eher gute Versorgungen für Grauwacke, den Buntsandstein toniger Ausprägung und die verlehmten Sande sowie hohe Ausstattungen für Ton(stein), Lehm und Kalk aus. Weite Spannen weisen Lösslehme und Grauwacke-Standorte, aber auch die unverlehmten und schwach verlehmten Sande auf. Über das ganze Kollektiv der BZE-Punkte betrachtet entfallen in den geringen Bewertungsbereich für Calciumvorräte unter 400 kg /ha im Hauptwurzelraum 13 %, der weit überwiegende Anteil mit 64 % der BZE-Punkte deckt den mittleren Bereich zwischen 400-4000 kg und 23 % aller BZE-Punkte liegen über dem mittleren Bereich mit hohen bis sehr hohen Calciumvorräten über 4000 kg/ha.

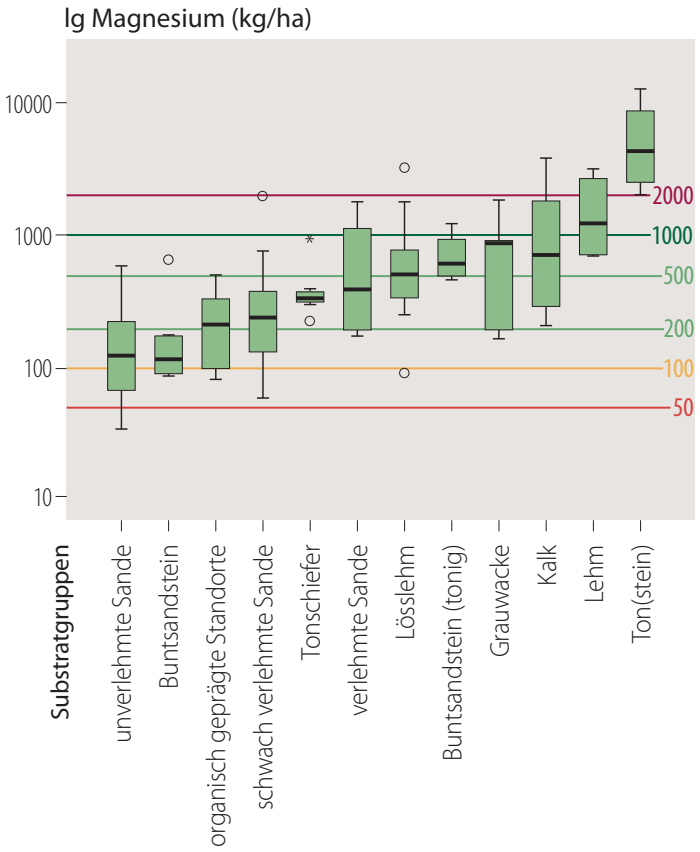
Bei den Magnesiumvorräten zeigt sich ein ähnliches Bild wie bei Calcium. Erwartungsgemäß weisen die unverlehmten Sande und der Buntsandstein (sandige Ausprägung) die geringsten und die Kalke, Lehme und Ton(stein) die höchsten Magnesium-



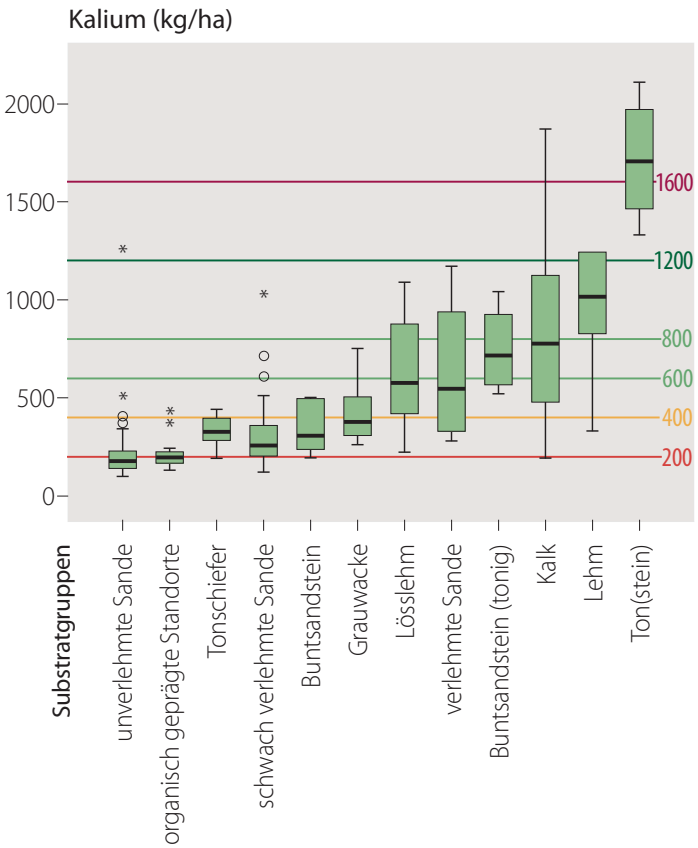
Verteilung der Calciumvorräte im Auflagehumus und Mineralboden bis 90 cm Bodentiefe nach Substratgruppen der BZE II in Niedersachsen (Maßstab logarithmiert)



Verteilung der mittleren Basensättigung im Mineralboden bis 90 cm Bodentiefe nach Substratgruppen der BZE II in Niedersachsen



Verteilung der Magnesiumvorräte im Auflagehumus und Mineralboden bis 90 cm Bodentiefe nach Substratgruppen der BZE II in Niedersachsen (Maßstab logarithmiert)

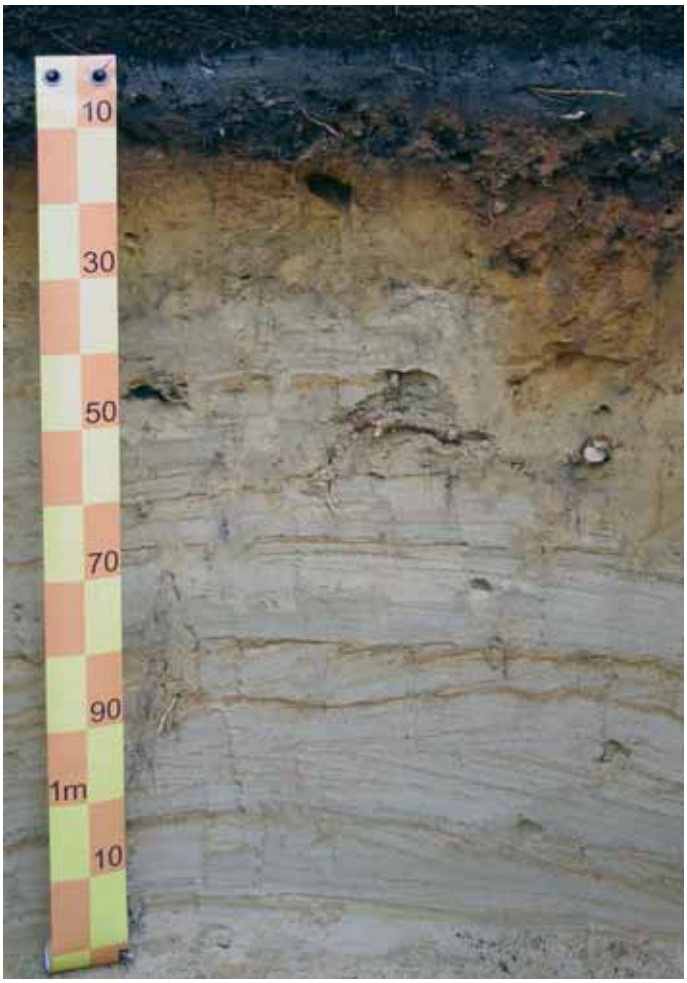


Verteilung der Kaliumvorräte im Auflagehumus und Mineralboden bis 90 cm Bodentiefe nach Substratgruppen der BZE II in Niedersachsen

vorräte auf. Die anderen Substratgruppen verteilen sich über den weiten mittleren Bereich. Die Verteilung nach Bewertungsstufen liegt ähnlich wie bei Calcium. 19 % aller BZE-Punkte haben geringe bis sehr geringe Magnesiumvorräte, 68 % mittlere und 12 % hohe Magnesiumvorräte.

Die Kaliumvorräte nach Substratgruppen zeigen im Unterschied zu den Verteilungen der Calcium- und Magnesiumvorräte eine deutlich geringere Ausstattung an. Die BZE-Punkte der Substratgruppen unverlehmte Sande und organisch geprägte Standorte liegen zumeist im sehr geringen bis geringen Bewertungsbereich, die Tonschiefer, schwach verlehmten Sande, Buntsandstein (sandige Ausprägung) und Grauwacke im geringen Bewertungsbereich. Es folgen aufsteigend die Lösslehme, verlehmten Sande, Buntsandstein (tonig), Kalke und Lehme im mittleren Bereich, nur der Ton(stein) entfällt erwartungsgemäß in den sehr hohen Bewertungsbereich. Insgesamt entfallen 67 % aller BZE-Punkte in den geringen, 28 % in den mittleren und 5 % in den hohen Bewertungsbereich für Kalium.

Pseudogley-Parabraunerde einer Lösslehm-Fließerde im Solling *Foto: J. Evers*



Unverlehmter Sand in der Bickelsteiner Heide *Foto: T. Janssen/H. Heile*

Zusammenfassend zeigt sich, dass die Trophieabschätzung in der Forstlichen Standortskartierung trotz unterschiedlicher Länderverfahren grundsätzlich wichtige bodenchemische Kenngrößen zutreffend abschätzt. Bei der Basensättigung und dem Kaliumvorrat im Mineralboden jedoch überschätzen alle Verfahren die aktuellen Zustände auf Basis der BZE-Daten erheblich. Die Gegenüberstellung der Messwerte mit den Einstufungen der Forstlichen Standortskartierung an konkreten BZE-Punkten zeigt teilweise erhebliche Streuungen. Dies liegt zum einen in der fehlenden Einbeziehung der chemischen Analyse in der Standortskartierung begründet, macht aber auch die Grenzen der chemischen Analyse vor dem Hintergrund anderer Faktoren (erfasste Bodentiefe, Vegetation, Auflagehumus) in der Trophieansprache deutlich. Es hat sich aber auch bestätigt, dass die bodenchemische Analyse eine wichtige Stütze für die Trophieabschätzung in der Forstlichen Standortskartierung dargestellt. Daraus können bodenchemische Rahmenwerte für Trophiebereiche und typische Substratgruppen aus der BZE abgeleitet und als Schätzhilfe für die Praxis genutzt werden. Dies verbessert die Erkennung von Nährstoffpotentialen, kritischen Zuständen und darauf aufbauender Maßnahmenplanung wie Waldkalkung, Biomassenutzung und Baumartenwahl. Weiterer Forschungsbedarf besteht vor allem darin, die gängigen Bewertungsstufen bodenchemischer Kennwerte mit Standorts-Leistungsmodellen zu verbessern.

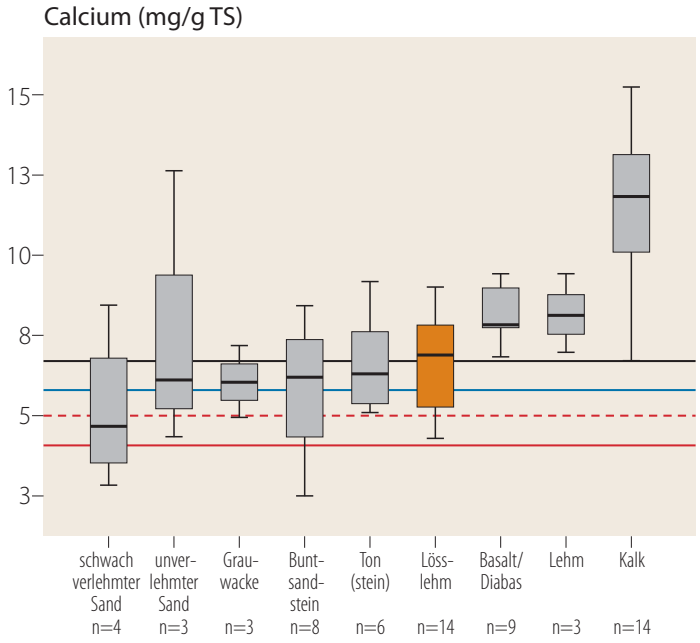
Ernährungssituation der Buche auf Lösslehm

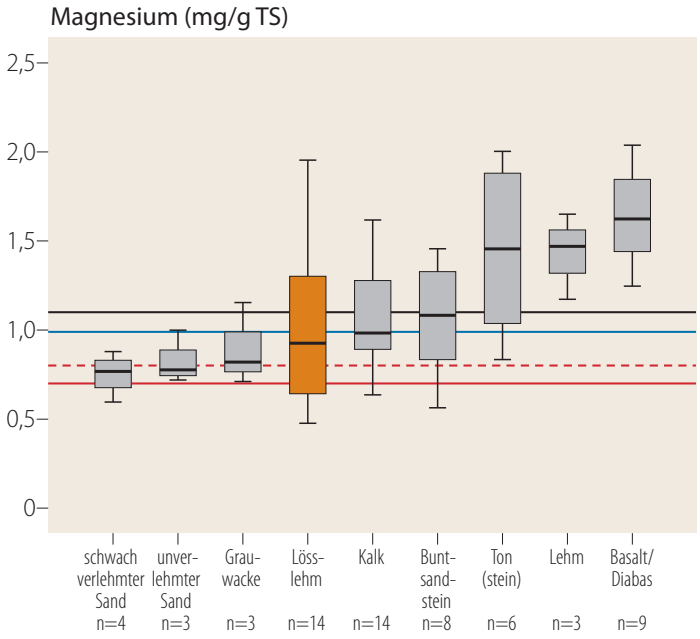
Inge Dammann, Jan Evers, Uwe Paar, Ulrike Talkner und Johannes Eichhorn

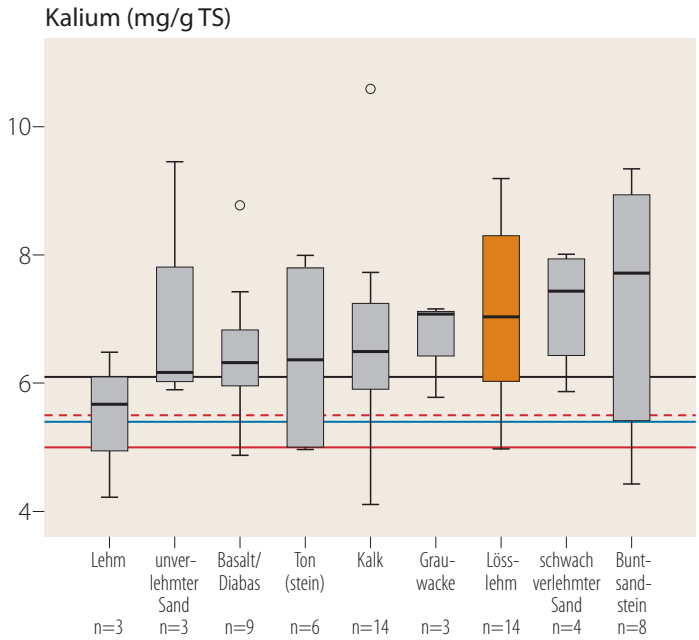
Die einheitlich erhobenen Daten zur Waldernährung im Rahmen der BZE II in Hessen, Niedersachsen und Sachsen-Anhalt ermöglichen es, eine nach Substratgruppen differenzierte Ernährungssituation für die Hauptbaumarten zu prüfen. Dargestellt werden hier die Ergebnisse zur Ernährungssituation der Buche insbesondere für die Substratgruppe Lösslehm, die in Hessen, Niedersachsen und Sachsen-Anhalt vorkommt.
Buchen wurden 2007 an 135 BZE II-Punkten beprobt, zusätzlich wurden in Niedersachsen 25 Buchenpunkte des BZE I-Rasters einbezogen.
Ausreichend hohe Nährstoffgehalte und deren harmonische Zusammensetzung sind Voraussetzung für die Vitalität, Stabilität und für das Wachstum von Waldbeständen. Der Ernährungszustand der Buche wurde anhand der Gehalte und der Verhältnisse der Nährelemente in den Blättern charakterisiert.

Die Elementgehalte (Median) wurden anhand der fünfstufigen Klassifizierung (sehr gering = Mangel, gering, mittel, hoch, sehr hoch) des AK STANDORTSKARTIERUNG (2003), nach MELLERT & GÖTTLEIN (2012) und nach KRAUß & HEINSDORF (2005) bewertet. Die Angaben zu den Elementgehalten (mg/g) beziehen sich auf die getrocknete Blattmasse (Trockensubstanz TS). Es werden mehrere Referenzwerte aufgeführt, um die Bandbreite der gebräuchlichsten Mangelgrenzen aufzuzeigen. Die Bewertung der Elementverhältnisse (Median) erfolgte nach FLÜCKIGER & BRAUN (2003). Die Erhebung im Rahmen der BZE II gibt als Momentaufnahme den Ernährungszustand der Buche in einem einzelnen Jahr (2007) an. Da die Nährelementgehalte in Blättern jährlichen Schwankungen unterliegen (u. a. verursacht durch Witterungseinflüsse), werden ergänzend die

Foto: M. Schmidt







Elementgehalte (mg/g TS) in Buchenblättern für verschiedene Substratgruppen auf ungekalkten BZE-Punkten in Hessen, Niedersachsen und Sachsen-Anhalt. Rote durchgezogene Linie: Grenzwert sehr gering (AK STANDORTSKARTIERUNG, 2003), rote gestrichelte Linie: Grenzwert gering (AK STANDORTSKARTIERUNG, 2003), schwarze Linie: Grenzwert latenter Mangel (MELLERT & GÖTTLEIN, 2012) blaue Linie: Grenzwert mangelhaft (KRAUß & HEINSDORF, 2005)

Ernährungssituation der Buche auf Lösslehm

Ergebnisse von 10 ungekalkten Buchenflächen des Intensiven Monitorings in Hessen und Niedersachsen (auf unterschiedlichen Substraten), die regelmäßig im ein- bzw. zweijährigen Rhythmus beprobt werden, angeführt.

Die Herleitung von 16 Substratgruppen erfolgte nach Ausgangssubstrat, Lagerung, Bodenart, Bodenmorphologie sowie bodenchemischen und -physikalischen Parametern. Nach diesen Kriterien wurde jeder BZE-Punkt einer Substratgruppe zugeordnet. In die Substratgruppe Lösslehm wurden Deckschichten mit einer Mächtigkeit über 70 cm (auch Kolluvien) über verschiedensten Ausgangssubstraten eingruppiert, die Bodenarten umfassen feinsandig lehmige Schluffe bis schluffig-schwach tonige Lehme. Für die Darstellung der Ernährungssituation wurden nur diejenigen Substratgruppen einbezogen, auf die mindestens drei BZE-Punkte mit Buche entfallen. Die Lösslehme sind mit 31 Buchenpunkten vertreten.

Ungekalkte Buchen-BZE-Punkte in Hessen, Niedersachsen und Sachsen-Anhalt

Die **Ca-Gehalte** der Buchenblätter auf Lösslehm nehmen eine Mittelstellung ein, der Median von 6,9 mg Ca/g TS liegt etwas oberhalb der dargestellten Mangelgrenzen, wobei die Buchen auf ungekalkten Lösslehmen in Hessen einen niedrigeren Ca-Gehalt (5,6 mg Ca/g TS) aufweisen als in Niedersachsen (6,6 mg Ca/g TS) und Sachsen-Anhalt (8,1 mg Ca/g TS). Auf Kalk, Lehm und Basalt/Diabas sind die Ca-Gehalte der Buchen am höchsten. In diesen drei Substratgruppen liegen die Ca-Gehalte alle oberhalb der dargestellten Mangelgrenzen. Auf den Buchenflächen des Intensiven Monitorings in Niedersachsen und Hessen betrug der Median 7,3 mg Ca/g TS, es war eine leichte, jedoch statistisch nicht signifikante Abnahme im Untersuchungszeitraum 1995-2008 zu erkennen.

Die Buchen auf Lösslehm decken die gesamte Spanne von Mangelsituationen bis zu hohen **Mg-Gehalten** ab. Die Mg-Gehalte sind auf Lehm und Basalt/Diabas am günstigsten und auf den Sanden am niedrigsten. Die N/Mg-Verhältnisse sind für die Buche auf Lösslehm insgesamt und auch für die Länderwerte unausgewogen. Im Intensiven Monitoring wurde ein Median von 1,3 mg Mg/g TS ermittelt, sowie eine leichte, nicht signifikante Zunahme.

Die **K-Gehalte** der Buchenblätter auf ungekalkten BZE-Punkten zeigen eine weitgehend gute K-Versorgung der Buchen an. Der Median für Buchen auf Lösslehm liegt mit 7,0 mg K/g TS hoch, es kommen aber auch Werte im Mangelbereich vor. Unausgewogene N/K-Verhältnisse sind auf ungekalkten Lösslehmen bei der Buche sowohl insgesamt als auch für die Mediane der Länder nicht aufgetreten. Die Buchen des Intensiven Monitorings wiesen einen Median von 6,3 mg K/g TS auf, mit einer nicht signifikanten Abnahme.

Foto: J. Evers

Ernährungssituation der Buche auf Lösslehm

Bis auf wenige Ausnahmen (3 BZE-Punkte) sind die Buchen an den ungekalkten Stichprobenpunkten gut mit Stickstoff versorgt, in allen Substratgruppen wurden überwiegend hohe (>22 mg N/g TS) bis sehr hohe **N-Gehalte** (>25 mg N/g TS) festgestellt. Die Buchen auf Basalt/Diabas und Grauwacke weisen einen vergleichsweise geringen N-Gehalt auf, auf den Sanden wurden die höchsten N-Werte festgestellt. Für die Buchen auf Lösslehm liegt der Median bei 23,3 mg N/g TS und entfällt damit in die Stufe hoher N-Gehalte. Die hohen N-Frachten, die aus der Luft in die Wälder gelangen, überschreiten häufig den Bedarf der Wälder. Negative Aspekte überhöhter N-Einträge sind u. a. weitere Bodenversauerung, Nährstoffauswaschung und Nährstoffungleichgewichte in der Pflanze. Die überwiegend hohen N-Gehalte in den Buchenblättern machen deutlich, dass die N-Einträge in die Wälder zu hoch sind. Die N-Versorgung der Bäume hat sich unter dem Einfluss hoher N-Einträge über alle Substratgruppen nivelliert. Für die Buchen des Intensiven Monitorings ergab sich ein N-Gehalt von 23,6 mg N/g TS, die N-Gehalte nahmen im Untersuchungszeitraum 1995-2008 signifikant zu.

Auch die **P-Gehalte** variieren an den ungekalkten Buchen-BZE-Punkten kaum: Weitgehend unabhängig von der Substratgruppe überwiegen geringe P-Gehalte. Buchenstandorte auf Basalt/Diabas und schwach verlehmten Sanden liegen relativ am günstigsten. Auf Lehm und Kalk wurden die niedrigsten P-Gehalte ermittelt. Die Buchen auf Lösslehm weisen eine besonders weite Spanne der P-Gehalte auf, der Median beträgt 1,1 mg P/g TS. Das N/P-Verhältnis liegt für alle Substratgruppen außerhalb der empfohlenen Spanne für ausgewogene Elementverhältnisse. Auf den Flächen des Intensiven Monitorings in Hessen und Niedersachsen lag der Median der P-Gehalte im Bereich geringer Gehalte und zeigte einen nicht signifikanten, abnehmenden Trend sowie eine signifikante Verschlechterung des N/P-Verhältnisses.

Lösslehm über Buntsandstein *Foto: T. Ullrich*

Foto: M. Schmidt

Die P-Ernährung der Buche lässt sich zurzeit nicht abschließend bewerten. Die Verfügbarkeit von Phosphor für die Bäume wird u. a. beeinflusst durch Verwitterungsraten, dem Versauerungsgrad und der biologischen Aktivität des Bodens. Es gibt Hinweise, dass erhöhte N-Einträge die Verfügbarkeit von Phosphor einschränken. Im Rahmen eines von der Deutschen Forschungsgemeinschaft geförderten Projekts wird momentan an der NW-FVA der Zusammenhang zwischen der P-Ernährung von Buchenbeständen und dem P-Haushalt der Böden untersucht.

Kalkungsvergleich: Buchen-BZE-Punkte in Hessen und Niedersachen

Der Vergleich gekalkter und nicht gekalkter BZE-Punkte wurde für Substratgruppen vorgenommen, die vorrangig zur Kalkung vorgesehen sind (schwach verlehmte Sande, Buntsandstein, Lösslehm, Ton(stein) und Tonschiefer).

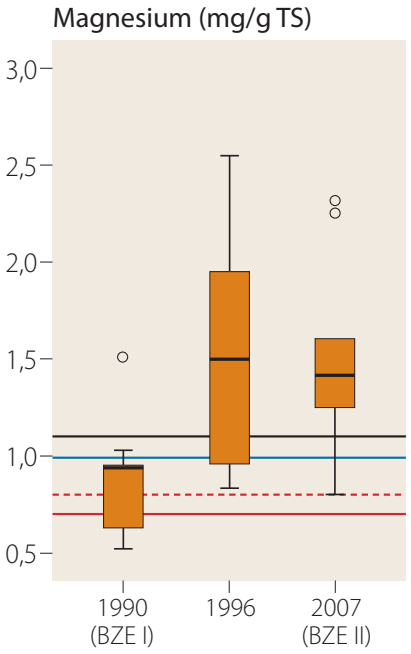
Für diese Substratgruppen sind auf den gekalkten BZE-Punkten die **Ca-Gehalte** höher als auf den ungekalkten. Insgesamt ist dieser Effekt signifikant, aber nicht für einzelne Substratgruppen.

Auch die **Mg-Gehalte** liegen mit Ausnahme von Ton(stein) auf den gekalkten Punkten höher als auf den ungekalkten, insgesamt und für die Substratgruppe Lösslehm ist dieser Trend signifikant. Die höheren Mg-Gehalte auf den gekalkten Punkten bewirken eine ebenfalls signifikante Verbesserung des N/Mg-Verhältnisses, die Mehrzahl der gekalkten BZE-Punkte entfällt in den Bereich harmonischer Ernährung.

Für die **N- und P-Gehalte** wurden keine signifikanten Unterschiede zwischen den gekalkten und den ungekalkten BZE-Punkten festgestellt.

Die **K-Gehalte** der Buchen auf gekalkten Standorten liegen

Ernährungssituation der Buche auf Lösslehm



Elementgehalte (mg/g TS) in Buchenblättern an neun gekalkten BZE-Punkten auf Lösslehm in Niedersachsen 1990, 1996 und 2007

unterhalb der K-Gehalte der ungekalkten Standorte und unterschreiten häufig die Mangelgrenze nach MELLERT & GÖTTLEIN (2012). Insgesamt und für die Buche auf Lösslehm ist dieser Effekt signifikant. Auf den gekalkten BZE-Punkten auf Lösslehm ist das N/K-Verhältnis unausgewogen, auf den ungekalkten Punkten dagegen ausgewogen.

Repräsentative Untersuchungen zur Waldernährung wurden in Niedersachsen für die Buche 1990 (BZE I), 1996 und 2007 (BZE II) durchgeführt. Für alle drei Erhebungszeitpunkte liegen Blattanalysen für neun gekalkte BZE-Punkte auf Lösslehm vor. Im Zeitverlauf zeigte sich keine Kalkungswirkung auf die N- und P-Gehalte. Die K-Gehalte sind leicht zurückgegangen. Die Ca- und Mg-Gehalte waren nach der Kalkung verbessert und lagen 2007 überwiegend oberhalb der Mangelgrenzen.
Eine verbesserte Versorgung der Buche mit Ca und Mg durch die Kalkung sowie eine Verringerung der K-Gehalte zeigten sich auch in Langzeituntersuchungen auf Kalkungsvergleichsflächen in Hessen, Niedersachsen und Schleswig-Holstein sowie auf Flächen des Intensiven Monitorings in Niedersachsen, wo sich neben einigen Intensivmessflächen Kalkungsflächen befinden.
Die Ergebnisse der BZE belegen, dass sich mit der Kalkung die Ca- und Mg-Versorgung insbesondere auf Lösslehm verbessert, Mangelsituationen weitgehend beheben und damit Risiken mindern lassen. Die abnehmenden K-Gehalte sind zu beachten.

Insgesamt erwiesen sich die Lösslehme aus waldernährungskundlicher Sicht als sehr heterogen, bei Ca, Mg und K sind sowohl Mangelsituationen als auch gute Versorgung vorgekommen. Für diese Substratgruppe wird empfohlen, lokale standörtliche und auch chemische Untersuchungen durchzuführen, um konkrete Empfehlungen z. B. zur Kalkung oder zur Energieholznutzung geben zu können.

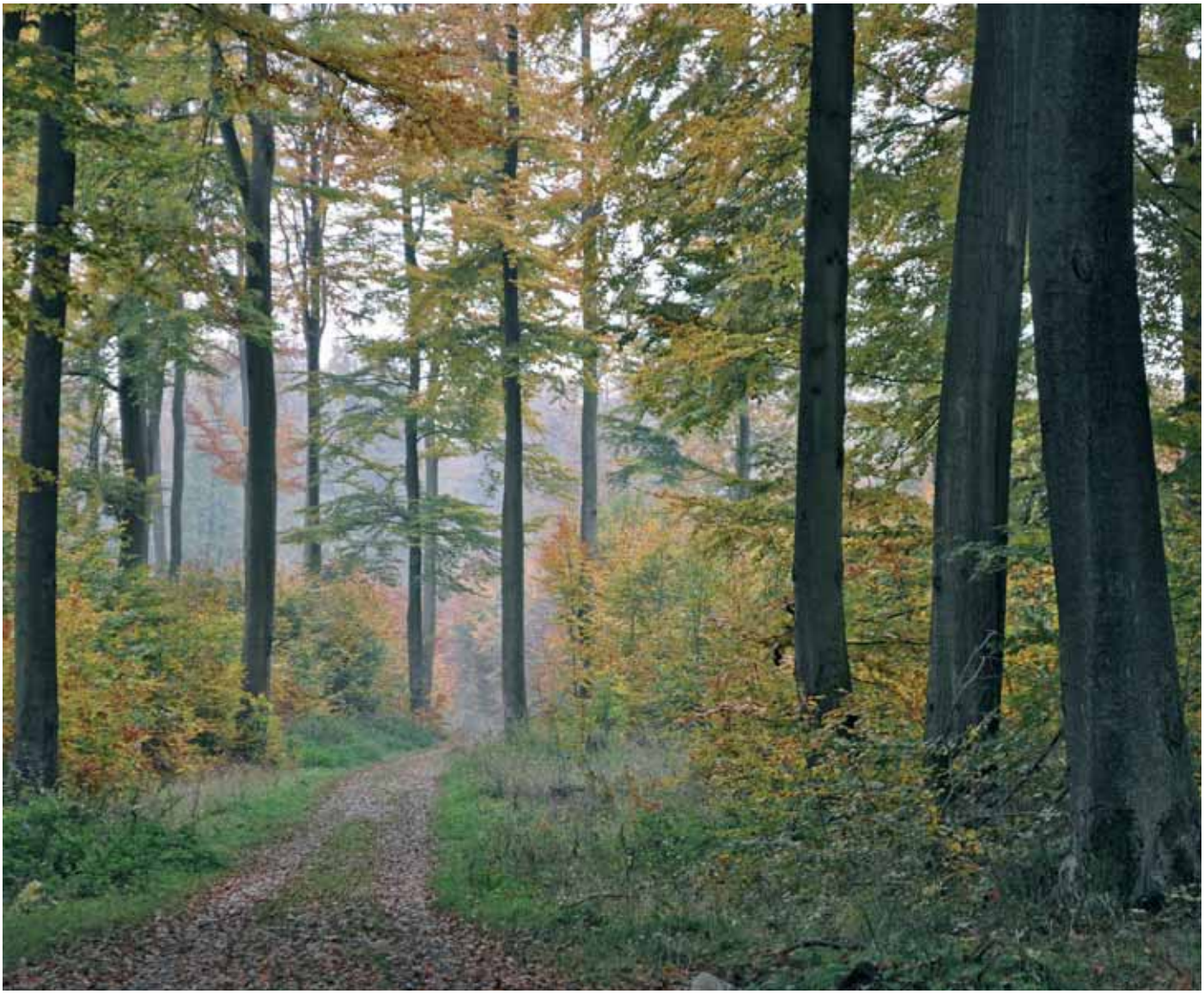


Foto: J. Evers

Impressum:

Ansprechpartner

Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt
Abteilung Umweltkontrolle
Sachgebiet Wald- und Bodenzustand
Grätzelstraße 2, 37079 Göttingen
Tel.: 0551/69401-0
Fax: 0551/69401-160
Zentrale@nw-fva.de
www.nw-fva.de

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

Titelfoto: Evers, J.

Graphik und Layout: Paar, E.

Herstellung: Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt

Druck:
Printec Offset Kassel

Der Waldzustandsbericht 2013 ist abrufbar unter www.nw-fva.de und www.ml.niedersachsen.de >=> Themenbereich Wald, Holz und Jagd

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

Prof. Dr. Johannes Eichhorn
Abteilungsleiter
Umweltkontrolle

Dr. Uwe Paar
Sachgebietsleiter Wald- und Bodenzustand, Redaktion

Inge Dammann
Leiterin der Außenaufnahmen, Auswertung, Redaktion

Dr. Jan Evers
Bodenzustandserhebung

Andreas Schulze
Datenbank

Jörg Weymar
Außenaufnahmen und Kontrollen

Michael Spielmann
Außenaufnahmen und Kontrollen

Thomas Winter
Außenaufnahmen und Kontrollen

Dr. Bernd Westphal
Außenaufnahmen und Kontrollen

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.