



Waldzustandsbericht 2013



NW-FVA

Nordwestdeutsche
Forstliche Versuchsanstalt

Vorwort



Liebe Leserin, lieber Leser,

die jährliche Waldzustandserhebung gibt uns einen Überblick über den aktuellen Gesundheitszustand unserer Wälder. Dabei spiegelt sie vielfältige Einflüsse, wie Witterungsverlauf, Insekten- und Pilzbefall wider, die in erheblichem Maße den Waldzustand beeinflussen können.

Im Jubiläumsjahr 300 Jahre nachhaltige Forstwirtschaft in Deutschland wird mit dem nun vorliegenden 30. Waldzustandsbericht des Landes Hessen auch im Bereich des Forstlichen Umweltmonitorings nachhaltiges Handeln dokumentiert. Neue Themenkomplexe wie Klimaänderung und Kohlenstoffspeicherung kamen im Laufe der Jahre hinzu und Aufmachung, Umfang und Inhalt der Berichte änderten sich dabei immer wieder. Das Kernanliegen blieb jedoch stets, Sie liebe Leserinnen und Leser, über den Zustand der hessischen Wälder sowie über aktuelle Themen und Erkenntnisse aus dem Forst- und Umweltbereich zu informieren. Nur mit ausreichender Information kann man auch erfolgreich für ein langfristiges umweltbewusstes Handeln werben.

Die Ergebnisse der diesjährigen Erhebung sprechen für sich. Der positive Trend der zurückliegenden Jahre – mit Ausnahme von 2011 – setzte sich fort. Die mittlere Kronenverlichtung aller Baumarten und Altersstufen ist erfreulicherweise nochmals um 3 %-Punkte auf 20 %, den niedrigsten Wert der zurückliegenden zwei Jahrzehnte, zurückgegangen.

Gestützt wird dieser Trend durch einen im Vergleich zu 2012 verbesserten Kronenzustand bei allen Hauptbaumarten.

Durch die langjährigen landes- und bundesweiten Waldzustandserhebungen, die in ein europäisches Monitoringsystem eingebettet sind, wurden zum einen gravierende Veränderungen mit negativen Auswirkungen auf unsere Wälder und Umwelt rechtzeitig erkannt. Es wurden aber auch Gegenmaßnahmen wie die umfassende Reduktion von Schadstoffemissionen aus Großkraftwerken, die Einführung von Fahrzeugkatalysatoren, der Aufbau von stabileren Mischwäldern und die Bodenschutzkalkung des Waldes initiiert. Diese Maßnahmen unterstützen seit langem, unabhängig von den jährlich wechselnden nicht beeinflussbaren Einwirkungen, die Revitalisierung unserer Wälder.

Mit dem Witterungsverlauf kamen die Wälder in Hessen wie bereits im Vorjahr gut zurecht. Die kühle erste Hälfte des Jahres 2013 mit insgesamt ausreichenden Niederschlägen sorgte für einen guten Start zu Vegetationsbeginn und für einen hinreichenden Vorrat an Bodenfeuchtigkeit für die darauf folgenden trockenen und teilweise auch heißen Sommermonate. Von großflächigen Überschwemmungen aufgrund der extremen Niederschläge im Mai, die auch Hessen das Doppelte des durchschnittlichen Niederschlags brachten, blieben wir erfreulicherweise weitgehend verschont.

Der älteren Buche kam auch in diesem Jahr zugute, dass eine starke Fruchtbildung ausblieb. Die mittlere Kronenverlichtung der älteren Buche ging von 30 % (2012) auf 28 % nochmals leicht zurück. Erheblich verbessert hat sich die Kronenverlichtung der älteren Eiche, die in diesem Jahr 22 % beträgt (2012: 30 %). Neben der Witterung dürften verringerte Fraßschäden durch Schmetterlingsraupen maßgeblich dazu beigetragen haben. Die älteren Fichten und Kiefern haben ebenfalls von der kühlen Witterung und geringen Insektenschäden profitiert und konnten ihren Kronenzustand um jeweils 3 %-Punkte verbessern.

In der Rhein-Main-Ebene bleibt die Situation insbesondere bei der älteren Eiche nach wie vor ungünstiger. Hier machen vielfältige Einflüsse den Wäldern besonders zu schaffen. Die Kronenverlichtung der älteren Eiche liegt in der Rhein-Main-Ebene bei 36 % und damit 14 %-Punkte über dem Landesdurchschnitt. Mit Spannung werden die Ergebnisse des Runden Tisches erwartet, der u.a. die Möglichkeiten einer Wiederaufspiegelung des Grundwasserstandes in geschädigten Waldbeständen prüfen soll.

Weitere aktuelle Beiträge der Broschüre informieren zum Insekten- und Pilzbefall in unseren Wäldern, zum Klima und zur Witterung, zur Nährstoffversorgung unserer Wälder und zum Trockenstress der Buche bei klimatischen Veränderungen.

Von Nachhaltigkeit geprägt ist auch das Engagement der Hessischen Landesregierung bei der Bodenschutzkalkung im Wald. Seit nunmehr über 25 Jahren werden Kalkungen im hessischen Wald durchgeführt, ihre positiven Wirkungen sind belegt. Die Bilanz von rund 450.000 ha gekalkter Waldfläche kann sich sehen lassen.

Hessen ist eines der walddreichsten Länder der Bundesrepublik. Unser Ziel ist die nachhaltige Bewirtschaftung, Erhaltung und Entwicklung unserer Wälder zum Nutzen heutiger und künftiger Generationen. Die erfreulichen Ergebnisse in diesem Jahr dürfen dabei nicht darüber hinweg täuschen, dass der Wald ein komplexes Ökosystem ist, auf das viele jährlich schwankende Faktoren einwirken, die wir nicht beeinflussen können.

Die vom Menschen verursachten Belastungen müssen weiter reduziert werden. Unterstützen Sie unsere Bemühungen durch Ihr umwelt- und energiebewusstes Handeln. Jedes einzelne Mosaiksteinchen zählt nicht nur für den hessischen Wald.

Mit freundlichen Grüßen
Ihre

Lucia Puttrich

Hessische Ministerin für Umwelt, Energie
Landwirtschaft und Verbraucherschutz

Wiesbaden, im Dezember 2013

Hauptergebnisse

Waldzustandserhebung

Nach der Verbesserung des Kronenzustandes des hessischen Waldes im Vorjahr hat sich die mittlere Kronenverlichtung in 2013 nochmals um 3 %-Punkte verringert. Sie liegt in diesem Jahr im Durchschnitt bei 20 %.

Alle Hauptbaumarten zeigen einen im Vergleich zum Vorjahr verbesserten Kronenzustand.

Die Verlichtung bei den älteren Bäumen hat sich von 28 % (2012) auf 25 % verringert, bei den jüngeren Bäumen hat sie von 9 % (2012) auf 7 % abgenommen. Damit erreicht der Wert für die jüngeren Bäume nahezu das Niveau wie zu Beginn der Zeitreihe.

Die Gesamtentwicklung (alle Baumarten, alle Alter) seit 1984 zeigt folgendes Bild: Nach einer Phase des Anstiegs der Kronenverlichtung im Zeitraum 1984 - 1994 folgte eine relativ stabile Phase von 1995 - 1999. Seit 2000 sind stärkere Schwankungen der mittleren Kronenverlichtung zwischen 20 und 26 % festzustellen.

Die Baumarten im Einzelnen

Bei der älteren Buche wurde 2011 ein hoher Kronenverlichtungsgrad festgestellt (38 %). Nach der erheblichen Verbesserung des Belaubungszustandes der älteren Buche im Vorjahr hat sich die mittlere Kronenverlichtung nochmals von 30 % im Jahr 2012 auf aktuell 28 % verringert. Diese Entwicklung steht auch im Zusammenhang mit der Fruchtbildung der Buche. Wie bereits im letzten Jahr blieb eine starke Fruchtbildung auch in 2013 aus.

Die Kronenverlichtung der älteren Eichen hat sich ebenfalls erheblich verbessert (2012: 30 %; 2013: 22 %). Wesentliche Ursache dafür dürfte der Rückgang der Schäden durch die Eichenfraßgesellschaft in 2013 gewesen sein.

Die Kronenverlichtung der älteren Fichte zeigt im Vergleich zum Vorjahr eine leichte Verbesserung von 28 % auf 25 %. Auch der Kronenzustand der älteren Kiefer verbesserte sich um 3 Prozentpunkte (2012: 24 %; 2013: 21 %).

Absterberate

Die jährliche Absterberate (alle Bäume, alle Alter) ist gegenüber dem Vorjahr von 0,4 auf 0,1 % zurückgegangen. Sie liegt damit auf einem sehr niedrigen Niveau. Im Beobachtungszeitraum (1984 - 2013) zeigen sich erhöhte Absterberaten jeweils nach Sturmwürfen, wie es das Beispiel für die Jahre 1990 bis 1995 belegt, sowie nach Trockenjahren, wie es 2003 und die nachfolgenden beiden Jahre zeigen. Die durchschnittliche Absterberate liegt für den gesamten Beobachtungszeitraum bei nur 0,3 %.

Rhein-Main-Ebene

Auch in der Rhein-Main Ebene hat sich der Kronenzustand im Vergleich zum Vorjahr geringfügig verbessert. Die nach wie vor ungünstige Situation des Waldzustandes in der Rhein-Main-Ebene zeigt sich aber insbesondere am Beispiel der Eiche: Bei nahezu gleichem Ausgangsniveau zu Beginn der Zeitreihe hat sich die Kronenverlichtung der älteren Eiche in der Region von 15 % (1984) auf 36 % (2013) erhöht, im Land Hessen dagegen von 13 % auf 22 %.

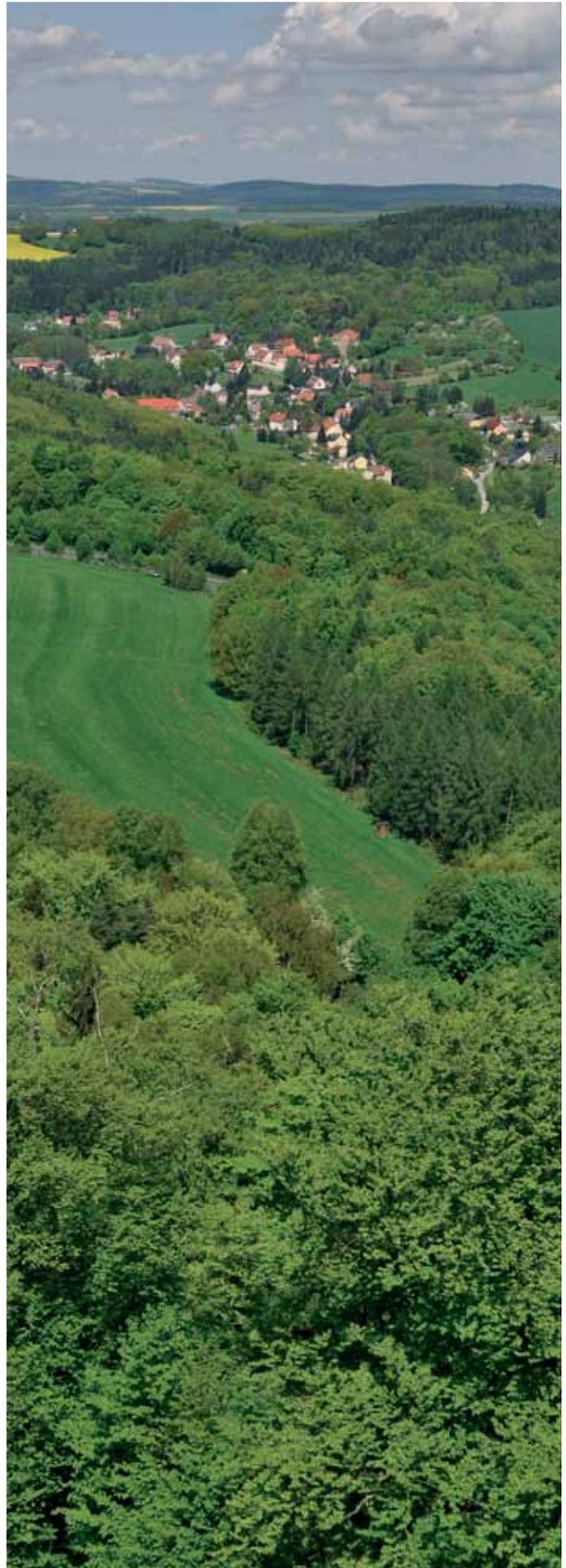


Foto: J. Evers

Hauptergebnisse

Witterung und Klima

Die Monate Januar bis März 2013 waren frostig und niederschlagsarm, Blüte und Austrieb der Waldbäume erfolgten 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 Hessen die Tendenz zu überdurchschnittlichen Temperaturen im Vergleich zur Referenzperiode 1961-1990.

Trockenstress der Buche

Basierend auf einer vergleichenden Analyse von Jahringdaten mit Klima- und Wasserhaushaltsdaten für den Zeitraum von 1933 bis 2006 können deutliche Rückgänge des Stammumfangzuwachses an hessischen Buchen-Intensiv-Monitoringstandorten infolge extremer Trockenjahre nachgewiesen werden. Ein hieraus abgeleiteter Modellansatz erlaubt die Übertragung der Ergebnisse auf das hessische Buchen-WZE-/BZE-Monitoringnetz, wodurch flächenrepräsentative Aussagen über ein für die Wuchsleistung der Buchen kritisches Niveau der Wasserverfügbarkeit möglich werden.

Waldschutz

Die Eichenkomplexerkrankung tritt in Hessen nicht flächendeckend auf, ihr Vorkommen ist auf lokale Teilbereiche beschränkt.

Im Ursachenkomplex der so genannten „Eichenkomplexerkrankung“ spielen 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.

Das Eschentriebsterben ist auch in Hessen weit verbreitet.

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 pro Hektar unter Buche im Hessenmittel 3,6 kg, 7,5 kg unter Fichte (Königstein), 3,6 kg unter Eiche, 2,8 kg unter Kiefer und 2,6 kg im Freiland. Im Zeitraum 1988 bis 2012 betrug der mittlere flächenspezifische jährliche Rückgang pro Hektar zwischen 0,4 kg unter Buche in Fürth und 1,6 kg unter Fichte in Witzenhausen. Im Freiland lag der Rückgang zwischen 0,3 kg in Krofdorf und 0,5 kg in Witzenhausen.

Im Beobachtungszeitraum hat der Nitratintrag auf 11 von 12 Flächen signifikant abgenommen. Der Ammoniumeintrag ging lediglich auf den drei Flächen des Hessischen Rieds signifikant zurück, während er auf allen anderen Flächen keinen eindeutigen Trend aufweist

Die Stickstoffeinträge liegen immer noch über den langfristig vertretbaren Schwellenwerten. Der aktuelle jährliche Gesamtsäureeintrag liegt zwischen 0,7 und 2,0 kmol_c pro Hektar. Er liegt damit für viele Standorte über der natürlichen Pufferkapazität.

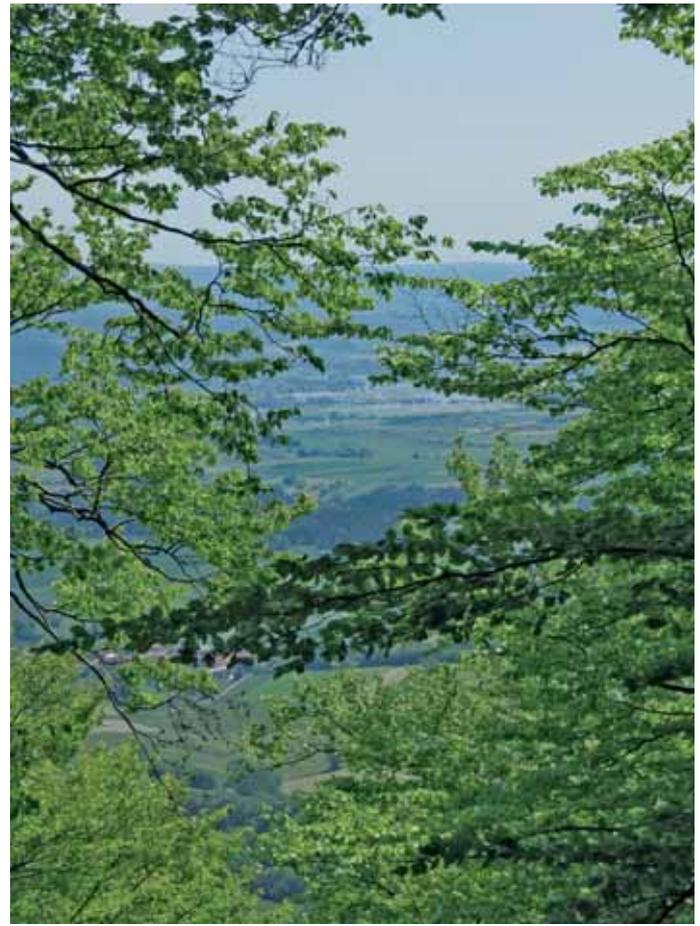


Foto: M. Schmidt

Bodenzustandserhebung (BZE)

Anhand der Ergebnisse der BZE wurde die Qualität der Standortskartierung für die bodenchemischen Parameter effektive Austauschkapazität und Basensättigung im Mineralboden sowie die Calcium-, Magnesium- und Kaliumvorräte im Mineralboden und Auflagehumus geprüft. Es steht die Frage im Vordergrund, ob die Größenordnungen dieser Parameter durch die Trophieansprache zutreffend abgeschätzt werden können. Die Ergebnisse zeigen, dass dies für die effektive Austauschkapazität und die Calcium- und Magnesiumvorräte im besonderen Maße gelingt. Trotz hoher Streuungen liegen die Mediane dieser Parameter in den erwarteten Bewertungsbereichen. Die Basensättigung mit Ausnahme der guten Standorte und die Kaliumvorräte werden 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, einer für Hessen wichtigen Bodensubstratgruppe, 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 N 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 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 Luftreinhaltkonvention (1979) aus. In deren Mittelpunkt stehen Belastungen der Gesellschaft und des Waldes durch Umweltveränderungen in Folge einer Nutzung fossiler Energieträger, insbesondere im Hinblick auf die damit verursachten Säureeinträge. Das Handwerkszeug zur Erfassung der Säurebelastung geht dabei im Wesentlichen auf die Arbeiten von Prof. Ulrich (Göttingen) zur Bodenkunde und Waldernährung zurück. In der Folgezeit hat sich das Forstliche Umweltmonitoring als inhaltlich flexibel und breit angelegt erwiesen, um auch Informationen zum Stickstoffhaushalt, zur Kohlenstoffspeicherung und zu möglichen Risiken infolge des Klimawandels zu gewinnen.

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

weltweit beispielhaftes Monitoringprogramm entstanden. Grundsätzlich werden im Forstlichen Umweltmonitoring waldfächenrepräsentative 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:

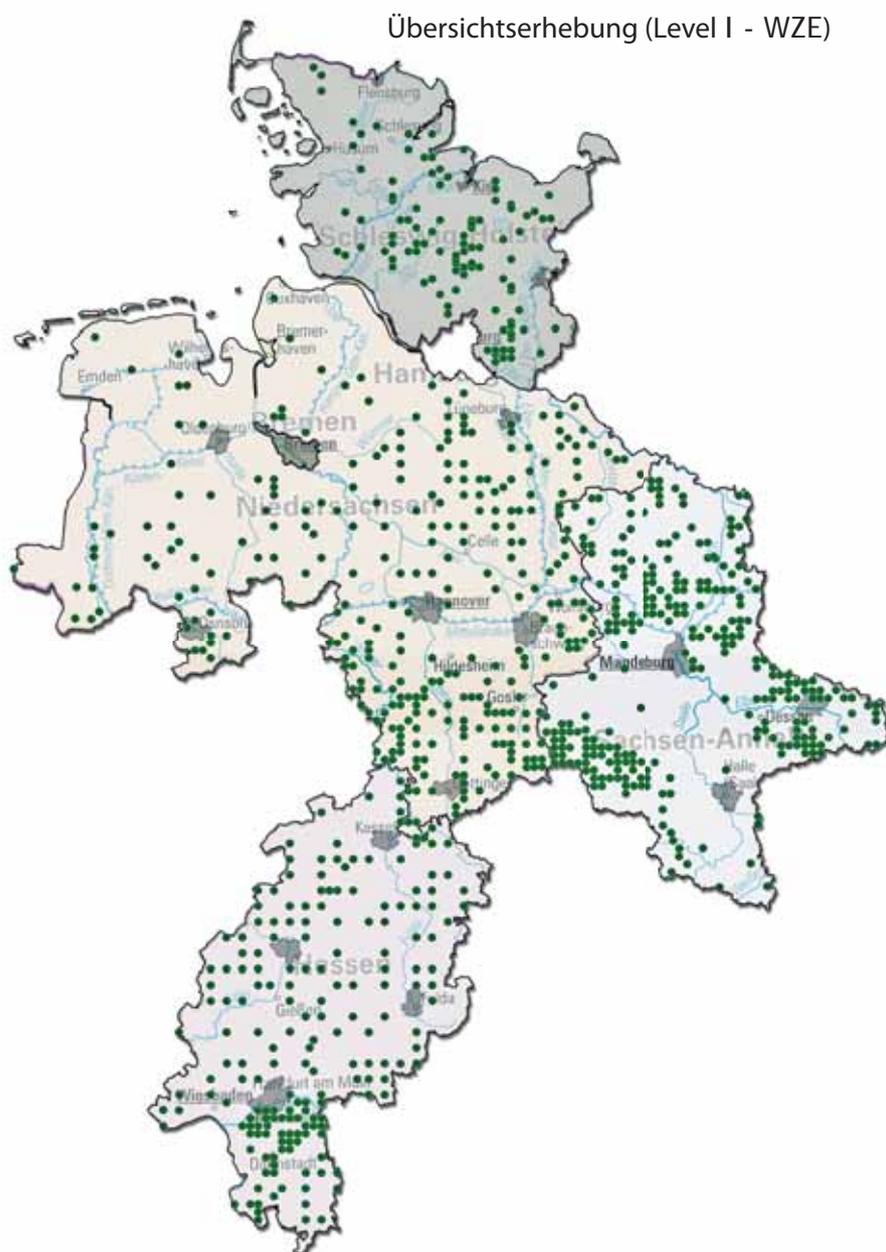
- Streufall, Baumphänologie, Baumwachstum (intensiviert), Bodenlösung, Bodenfeuchte, Luftqualität, Meteorologie.



Foto: T. Ullrich

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



Forstliches Umweltmonitoring



Foto: J. Weymar

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.

Waldzustandserhebung – Methodik und Durchführung

Die Waldzustandserhebung ist Teil des Forstlichen Umweltmonitorings in Hessen. 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 Hessen verteilten Rasternetz werden seit 1984 an jedem Erhebungspunkt Stichprobenbäume begutachtet. In einseharen Beständen sind Kreuztrakte mit markierten Stichprobenbäumen angelegt. In dichten, nicht einseharen Beständen werden in Quadrattrakten Stichprobenbäume ausgewählt.

Die Rasterweite des landesweiten Stichprobennetzes beträgt 8 km x 8 km, in der Rhein-Main-Ebene werden zusätzliche Erhebungen im 4 km x 4 km-Raster durchgeführt. Die landesweite Auswertung erfolgte 2013 auf der Basis von 129 Punkten, für die Rhein-Main-Ebene wurden insgesamt 49 Punkte ausgewertet. Dieser Aufnahmeumfang ermöglicht repräsentative Aussagen zum Waldzustand auf Landesebene und für die Rhein-Main-Ebene.

Für den Parameter mittlere Kronenverlichtung zeigt die Tabelle auf Seite 8 die 95 %-Konfidenzintervalle 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 mit relativ gering streuenden Kronenverlichtungen sind enge Konfidenzintervalle auch bei einer geringen Stichprobenanzahl sehr viel leichter zu erzielen als für heterogene Auswerteeinheiten, die sowohl in der Altersstruktur als auch in den Kronenverlichtungswerten ein breites Spektrum umfassen.

Mit dem 8 km x 8 km-Raster werden – mit Abstrichen bei der jüngeren Eiche, der jüngeren Kiefer und den anderen Laubbäumen (über 60 Jahre) – für die Baumartengruppen belastbare Ergebnisse für die Kronenverlichtungswerte erzielt.



Forstliches Umweltmonitoring

95 %-Konfidenzintervalle für die Kronenverlichtung der Baumartengruppen und Altersstufen der Waldzustandserhebung 2013 in Hessen. 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%-Konfidenz-intervall (+-)
Buche	alle Alter	1112	91	8x8 km	3,4
	bis 60 Jahre	132	19	8x8 km	3,6
	über 60 Jahre	980	74	8x8 km	3,4
Eiche	alle Alter	321	54	8x8 km	2,5
	bis 60 Jahre	52	11	8x8 km	11,0
	über 60 Jahre	269	44	8x8 km	2,5
Fichte	alle Alter	615	56	8x8 km	3,8
	bis 60 Jahre	268	21	8x8 km	2,6
	über 60 Jahre	347	36	8x8 km	3,6
Kiefer	alle Alter	584	49	8x8 km	2,8
	bis 60 Jahre	26	5	8x8 km	7,0
	über 60 Jahre	558	44	8x8 km	2,8
andere Laubbäume	alle Alter	235	38	8x8 km	4,6
	bis 60 Jahre	130	20	8x8 km	3,0
	über 60 Jahre	105	21	8x8 km	7,7
andere Nadelbäume	alle Alter	229	40	8x8 km	3,9
	bis 60 Jahre	131	21	8x8 km	3,2
	über 60 Jahre	98	19	8x8 km	4,2
alle Baumarten	alle Alter	3096	129	8x8 km	2,0
	bis 60 Jahre	739	38	8x8 km	2,0
	über 60 Jahre	2357	100	8x8 km	1,9

Aufnahmeparameter

Bei der Waldzustandserhebung erfolgt eine visuelle Beurteilung des Kronenzustandes der Waldbäume, denn Bäume reagieren auf Umwelteinflüsse u. a. mit Änderungen in der Belaubungsdichte und der Verzweigungsstruktur.

Wichtigstes Merkmal ist die Kronenverlichtung der Waldbäume, deren Grad in 5 %-Stufen für jeden Stichprobenbaum erfasst wird. Die Kronenverlichtung wird unabhängig von den Ursachen bewertet, lediglich mechanische Schäden (z. B. das Abbrechen von Kronenteilen durch Wind) gehen nicht in die Berechnung der Ergebnisse der Waldzustandserhebung ein. Die Kronenverlichtung ist ein unspezifisches Merkmal, aus dem nicht unmittelbar auf die Wirkung von einzelnen Stressfaktoren geschlossen werden kann. Sie ist daher geeignet, allgemeine Belastungsfaktoren der Wälder aufzuzeigen.

Bei der Bewertung der Ergebnisse stehen nicht die absoluten Verlichtungswerte im Vordergrund, sondern die mittel- und langfristigen Trends der Kronenentwicklung. Zusätzlich zur Kronenverlichtung werden weitere sichtbare Merkmale an den Probestämmen wie der Vergilbungsgrad der Nadeln und Blätter, die aktuelle Fruchtbildung sowie Insekten- und Pilzbefall erfasst.



Foto: J. Evers

Forstliches Umweltmonitoring

Mittlere Kronenverlichtung

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

Starke Schäden

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

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 Außen- aufnahmen durchgeführt wird, um eine zuverlässige, räumlich und zeitlich vergleichbare Erfassung des Waldzustandes zu erreichen. Die Inventurleiterinnen und Inventurleiter der Bundesländer sowie die Verantwortlichen für die Kronenzustandserhebungen im Intensiven Monitoring nehmen an diesen Kursen teil. 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 Mittelwert beträgt 4,3 % Kronenverlichtung über alle Jahre und Baumarten. Die Korrelation und Übereinstimmung zwischen den Ländern war im Mittel hoch. Von 1992 zu 2013 wurde ein Trend hin zu einheitlicheren Bewertungen zwischen den Bundesländern beobachtet, der für Eiche, Buche und Fichte signifikant war. In fast allen Jahren liegen jedoch auch systematische Fehler zwischen den Bundesländern vor.

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

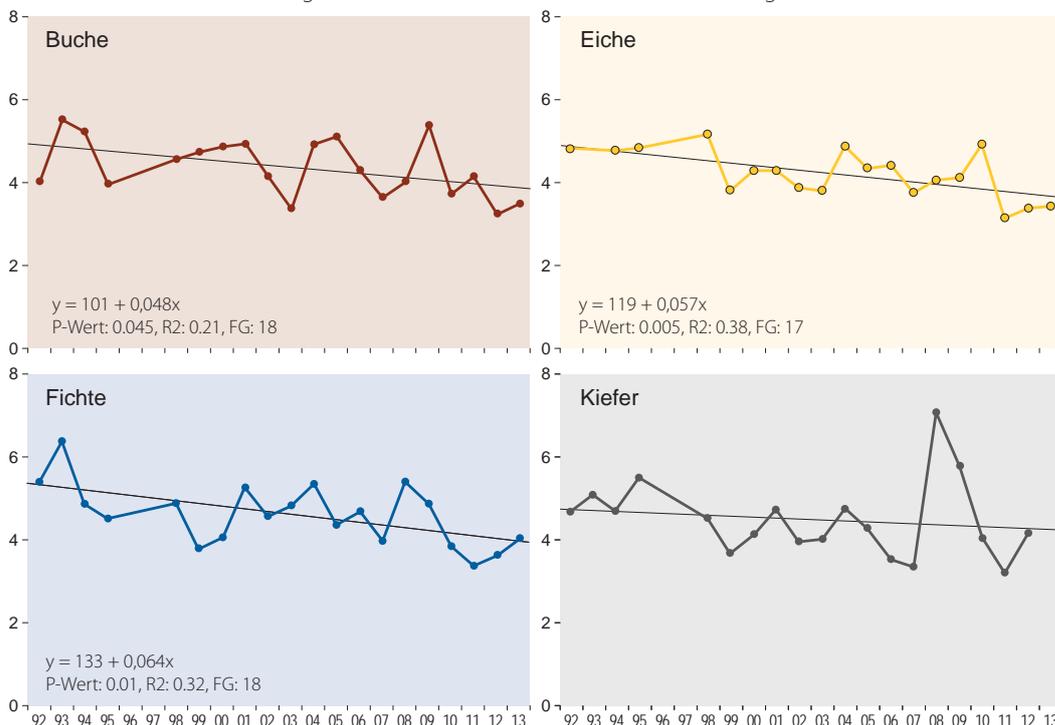
Foto: J. Weymar

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 Außererhebungen
- 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 Hessen (alle Baumarten, alle Alter) eine mittlere Kronenverlichtung von 20 % aus.

Damit hat sich die mittlere Kronenverlichtung im Vergleich zum Vorjahr um 3 %-Punkte verbessert. Dies ist der niedrigste Wert seit über 20 Jahren.

Der Wert bei den älteren (über 60-jährigen) Bäumen hat sich von 28 % (2012) auf 25 % verringert. Die Kronenverlichtung der jüngeren Bäume ist von 9 % (2012) auf 7 % zurückgegangen.

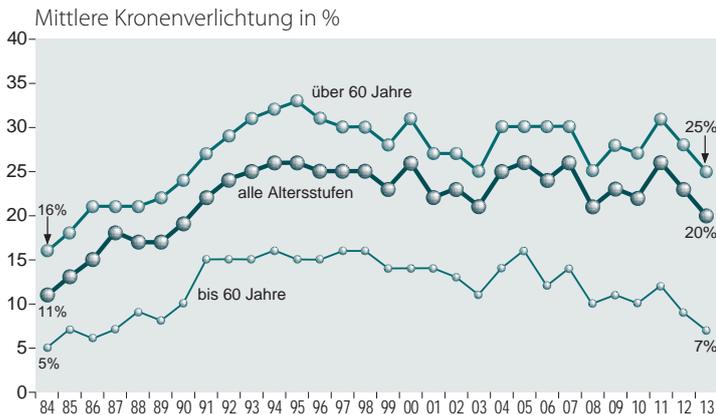


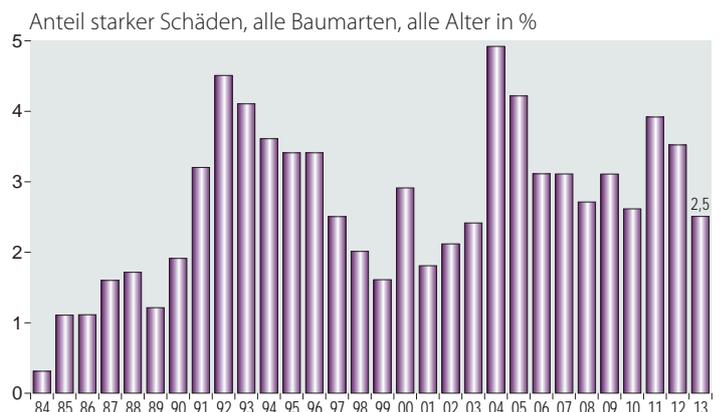
Foto: J. Evers



Foto: M. Schmidt

Anteil starker Schäden

Insgesamt liegt der Anteil starker Schäden über alle Baumarten und alle Alter mit durchschnittlich 2,5 % auf einem eher geringen Niveau. Der Anteil starker Schäden hat sich bei den älteren Bäumen von 4 % (2012) auf 3 % verringert. Bei den jüngeren Bäumen liegt der Anteil starker Schäden wie im Vorjahr bei ca. 0,5 %. Die Zeitreihe der bis 60-jährigen Bäume zeichnet die beiden wesentlichen Ereignisse in der landesweiten Waldentwicklung der letzten 20 Jahre, die Stürme Vivian und Wibke 1990 und den extremen Sommer 2003, besonders klar nach. In beiden Fällen wirken die Ereignisse mehrere Jahre nach.



Alle Baumarten

Absterberate

Die Absterberate (alle Bäume, alle Alter) liegt 2012/2013 mit 0,1 % auf einem äußerst geringen Niveau. Auch im langjährigen Mittel der Jahre 1984 - 2013 ergibt sich mit 0,3 % eine sehr geringe Absterberate. Nach dem Trockenjahr 2003 waren für zwei Jahre erhöhte Werte festzustellen. Auch in Folge der gravierenden Sturmwürfe Anfang der 1990er Jahre traten für einige Jahre erhöhte Werte auf. Die jährliche Absterberate ist ein wichtiger Indikator für Vitalitätsrisiken des Waldes. Dies gilt besonders vor dem Hintergrund prognostizierter Klimaänderungen.

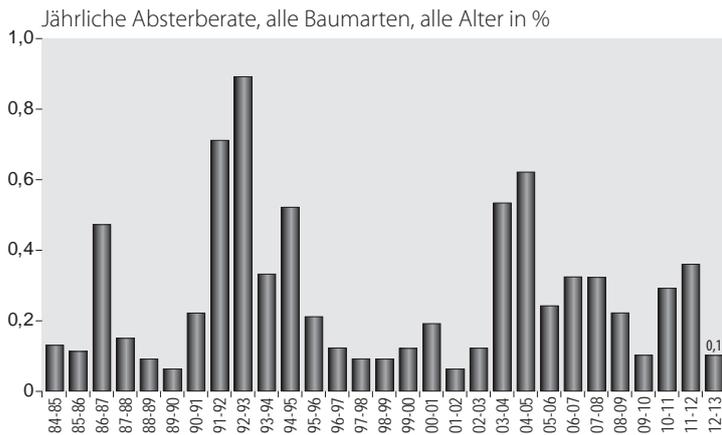


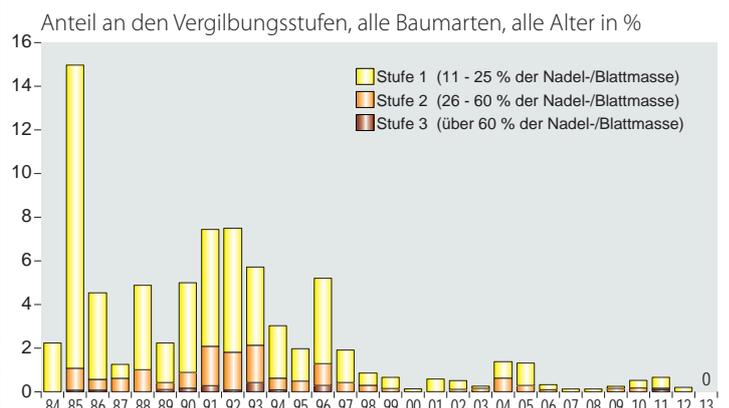
Foto: J. Evers



Foto: H. Heinemann

Vergilbungen

Vergilbungen der Nadeln und Blätter sind häufig ein Indiz für Magnesiummangel in der Nährstoffversorgung der Waldbäume. Mit Ausnahme des Jahres 1985 liegt der Anteil von Bäumen mit Vergilbungen der Blätter und Nadeln durchgehend auf einem eher geringen Niveau. Seit Mitte der 1990er Jahre gehen die Vergilbungserscheinungen nochmals deutlich zurück. Seit dieser Zeit wird dieses Merkmal nur noch vereinzelt 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.



Buche

Ältere Buche

Bei der älteren Buche zeigt sich im Vergleich zum Vorjahr eine weitere Verbesserung des Kronenzustandes (2012: 30 %; 2013: 28 %). Einhergehend mit dem Ausbleiben einer starken Fruchtbildung der älteren Buchen in 2012 und 2013 hat sich die mittlere Kronenverlichtung von 38 % (2011) auf aktuell 28 % verringert.

Nach dem deutlichen Anstieg der Kronenverlichtung im Zeitraum 1984 bis 1992 und einer Stagnation auf nahezu gleichbleibendem Niveau in der Zeit 1993 bis 1999 sind ab 2000 deutliche Schwankungen in der Ausprägung des Kronenzustandes der Buche festzustellen. Hierbei sind bei der älteren Buche vor allem stärkere Fruktifikationsereignisse Ursache für eine zunehmende Variabilität.

Jüngere Buche

Bei der jüngeren Buche erreicht die mittlere Kronenverlichtung mit 7 % exakt das Niveau des Vorjahres. Dies ist der niedrigste Wert seit 1986.

Starke Schäden

Der Anteil starker Schäden an älteren Buchen ist erneut zurückgegangen: 2011 waren 7 % der älteren Buchen stark geschädigt, 2012 5 % und aktuell nur noch 4 %. Dieser Wert entspricht dem langjährigen Durchschnitt.

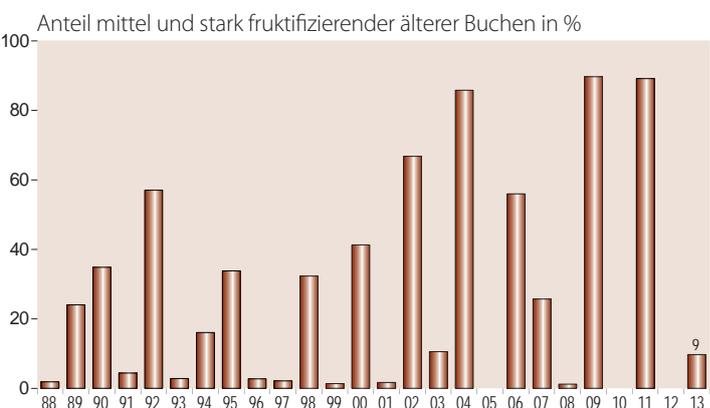
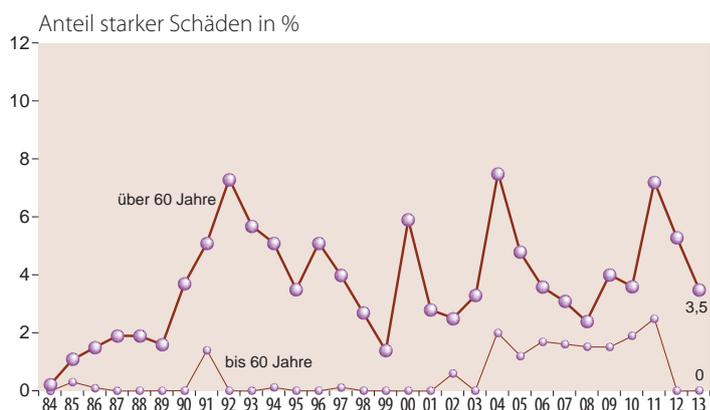
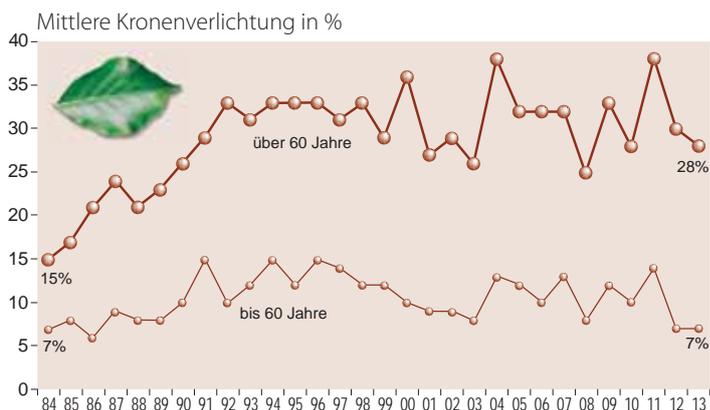
Bei den jüngeren Buchen liegt der Durchschnittswert der Zeitreihe bei 0,5 %. In den letzten beiden Jahren sind bei den jüngeren Buchen im Aufnahmekollektiv keine starken Schäden aufgetreten.

Absterberate

Die Buche weist im Vergleich der Hauptbaumarten seit 1984 die geringste Absterberate auf. Im Mittel liegt die Absterberate der Buche bei 0,05 %.

Fruchtbildung

Wie im letzten Jahr blieb eine starke Fruchtbildung der Buche aus. Die Ergebnisse zur Fruchtbildung im Rahmen der Waldzustandserhebung zeigen aber eine Tendenz, dass die Buche in den letzten drei Jahrzehnten in kurzen Abständen und



vielfach intensiv fruktifiziert. 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 fruktifizieren, ergibt sich rechnerisch für den Beobachtungszeitraum 1988 - 2013 alle 2,9 Jahre eine starke Mast. Literaturrecherchen hingegen ergaben für den Zeitraum 1839 - 1987 Abstände zwischen zwei starken Masten von im Mittel 4,7 Jahren.

Buchenspringrüssler

In diesem Jahr wurde örtlich insbesondere an Bestandesrändern Befall durch den Buchenspringrüssler beobachtet. Da es sich nicht nur um den typischen Lochfraß handelte, sondern auch Nekrosen ausgebildet wurden, war dieser Befall sehr auffällig. Von den Buchen in der WZE-Stichprobe (alle Alter) waren 6 % mittel oder stark durch den Buchenspringrüssler befallen.



Foto: T. Ullrich

Eiche

Ältere Eiche

Die Kronenverlichtung der älteren Eiche hat sich seit dem letzten Jahr um 8 %-Punkte verbessert (2012: 30 %; 2013: 22 %). Dabei wird der Verlauf der Kronenverlichtung der Eiche stark durch das unterschiedlich ausgeprägte Vorkommen der Eichenfraßgesellschaft bestimmt. 2013 waren nur 1 % der älteren Eiche in der WZE-Stichprobe mittel oder stark befallen.

Jüngere Eiche

Auch die Kronenverlichtung der jüngeren Eiche ist in 2013 um 5 % geringer als im Vorjahr (2012: 21 %; 2013: 16 %).

Starke Schäden

Phasen mit erhöhten Anteilen starker Schäden an den älteren Eichen stehen in der Regel in Verbindung mit intensiven Insektenfraß. In 2013 sind die starken Schäden wieder rückläufig (2,5 %, alle Alter; 2012: 5 %).

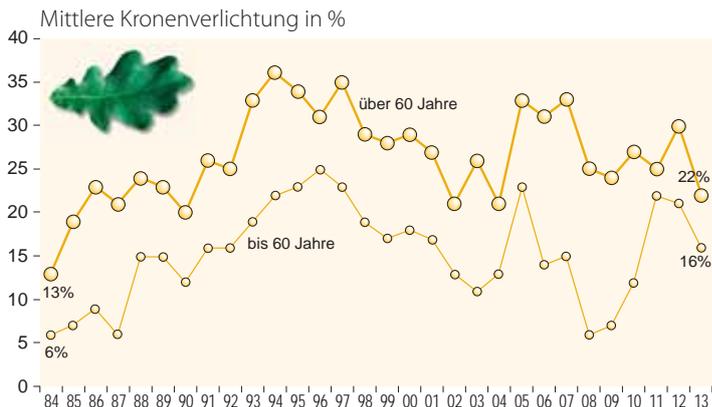


Foto: H. Heinemann

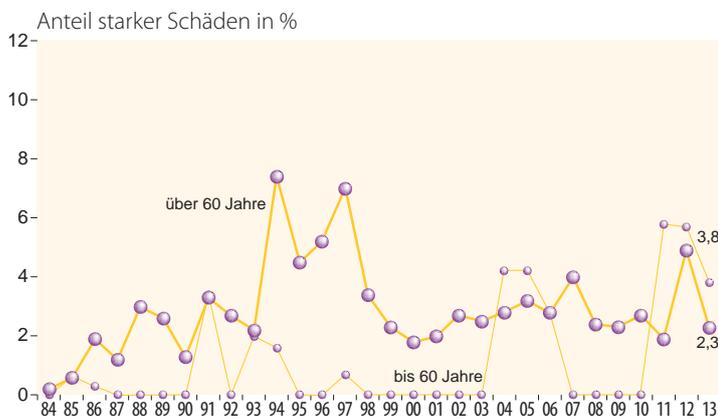
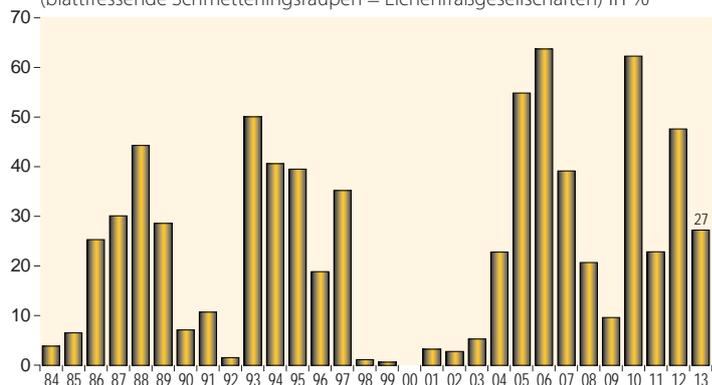


Foto: W. Schmidt

Anteil erkennbarer Fraßschäden an älteren Eichen (blattfressende Schmetterlingsraupen = Eichenfraßgesellschaften) in %



Fraßschäden

Der Anteil von Eichen mit erkennbaren Fraßschäden hat sich von 47 % in 2012 auf 27 % in 2013 verringert.

Absterberate

Trotz lokal feststellbarer Absterbeprozesse liegt die Absterberate der Eiche auf dem repräsentativen Landesraster auch in 2013 bei einem niedrigen Wert von 0,3 %.

Fichte

Ältere Fichte

Bei der älteren Fichte hat sich die mittlere Kronenverlichtung von 28 % (2012) auf 25 % verringert.

Jüngere Fichte

Bei der jüngeren Fichte ist die mittlere Kronenverlichtung von 9 % (2012) auf 6 % (2013) zurückgegangen. In den letzten 15 Jahren ist eine leichte Tendenz der Verbesserung des Kronenzustandes der jüngeren Fichte erkennbar.

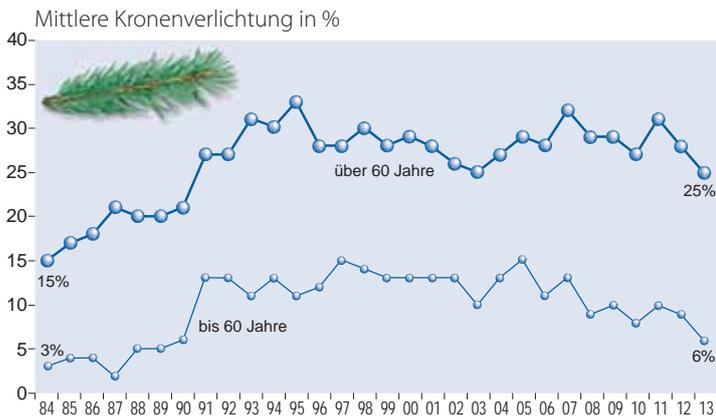
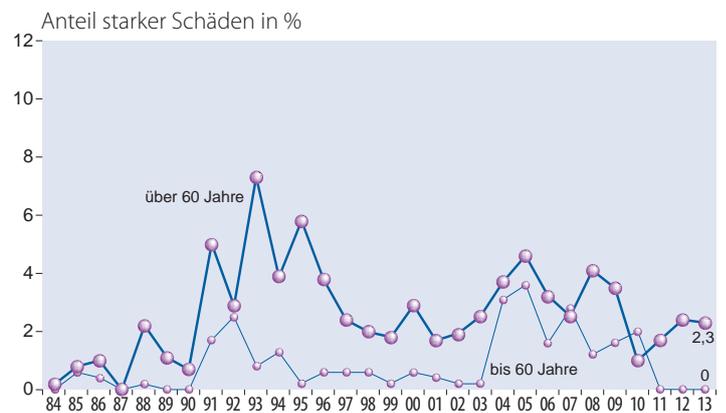


Foto: J. Weymar



Foto: J. Evers



Starke Schäden

Für die Fichte ergibt sich im Mittel aller Erhebungsjahre ein Anteil an starken Schäden von 2 %. Besonders hoch liegen die Anteile starker Schäden Anfang der 1990er Jahre, mit verursacht durch Sturmschäden, sowie nach dem extremen Trockenjahr 2003.

Absterberate

Die Absterberate der Fichte liegt im Mittel der Jahre 1984 - 2013 bei 0,4 %. Im Zeitraum 2012/2013 ist im Aufnahmekollektiv keine Fichte abgestorben. Erhöhte Absterberaten sind 1991 - 1995 (bis 2 %), 2004 - 2005 (bis 1,4 %) und 2008 - 2009 (bis 1,1 %) aufgetreten.

Kiefer

Ältere Kiefer

Die mittlere Kronenverlichtung der älteren Kiefer hat sich von 24 % (2012) auf 21 % verbessert. Nach einem Anstieg der Kronenverlichtung in der Zeit von 1984 bis 1994 hat sich der Kronenzustand seit dieser Zeit nahezu stetig verbessert und erreicht jetzt wieder das Niveau der 1980er Jahre.

Jüngere Kiefer

Die mittlere Kronenverlichtung der jüngeren Kiefer hat sich von 10 % (2012) auf 4 % nochmals deutlich verbessert. Seit 2007 ist eine erhebliche Verbesserung des Kronenzustandes der jüngeren Kiefer eingetreten.

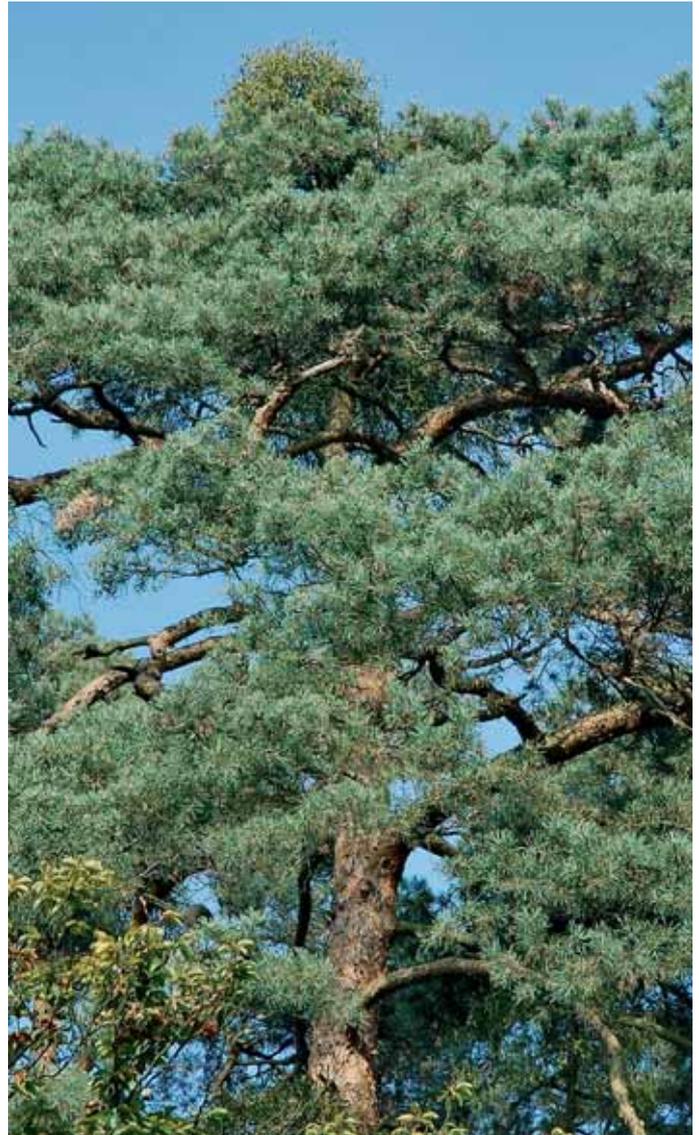
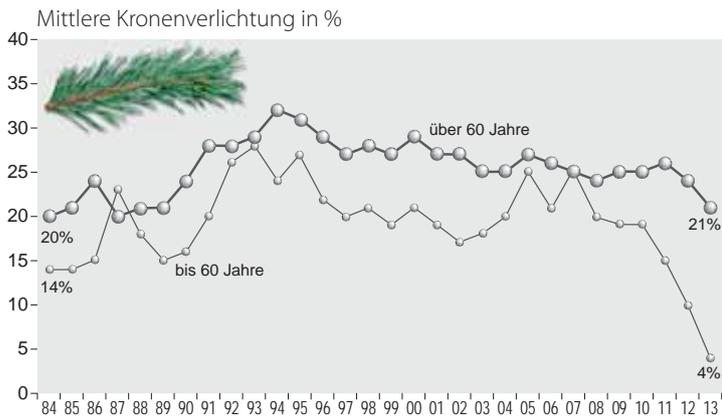
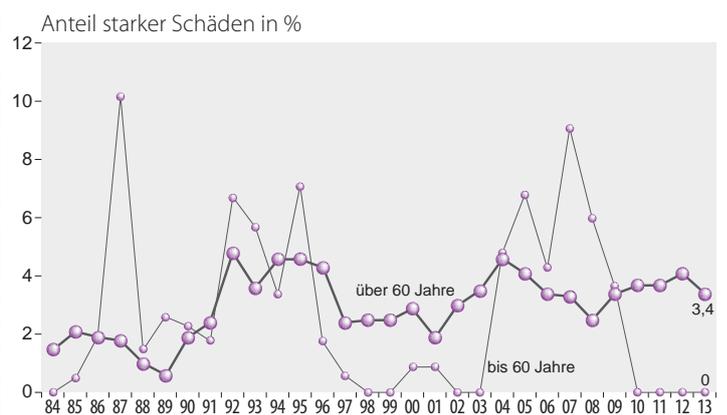


Foto: J. Evers



Foto: T. Ullrich



Starke Schäden

Der Anteil starker Schäden liegt bei der Kiefer im langjährigen Mittel bei 3 %. Erhöhte Anteile starker Schäden wurden 1987 (jüngere Kiefer), 1992-1996 und im Anschluss an das Trockenjahr 2003 festgestellt.

Absterberate

Die Absterberate der Kiefer schwankt im Erhebungszeitraum zwischen 0 und 2 %. In 2013 liegt sie bei 0,3 %.

Wald in der Rhein-Main-Ebene

Auch in der Rhein-Main-Ebene hat sich der Kronenzustand in 2013 im Vergleich zum Vorjahr verbessert. Die Ergebnisse belegen aber für die Rhein-Main-Ebene im Vergleich zu Gesamthessen weiterhin einen deutlich ungünstigeren Vitalitätszustand der Wälder.

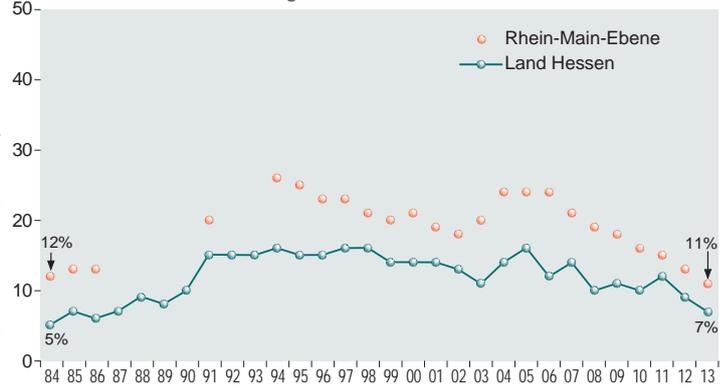
Die Eiche zählt zu den charakteristischen Baumarten dieser Region, die an die dortigen Klimabedingungen grundsätzlich gut angepasst sind. Die Ergebnisse verdeutlichen jedoch gerade für die Eiche, dass diese Baumart besonders geschädigt ist. Bei nahezu gleichem Ausgangsniveau zu Beginn der Zeitreihe hat sich die Kronenverlichtung der älteren Eiche in der Region von 15 % (1984) auf 36 % (2013) erhöht, im Land Hessen dagegen von 13 % auf 22 %.

Für die Eiche wie auch für andere Baumarten in der Rhein-Main-Ebene zeichnet sich während der letzten acht Jahre allerdings ein leichter Trend zur Besserung des Kronenzustandes ab.

Während um 2005 besonders hohe Anteile an älterer Eiche mit starken Kronenverlichtungen (Blattverluste von mehr als 60 %) festzustellen waren (2004: 19 %; 2005: 24 %, 2006: 19 %, 2007: 23 %, 2008: 18 %), reduzierte sich dieser Wert 2013 auf 9 %. Ein nach wie vor hoher Wert, denn für Gesamthessen liegt der Durchschnitt für den Gesamtbeobachtungszeitraum bei nur 3 %.

Bereits im Rahmen der ersten Aufnahme zum Mistelbefall an der Kiefer im Jahr 2002 wurde für ca. ein Drittel der Kiefern in der Rhein-Main-Ebene Mistelbefall festgestellt. Seitdem erhöhte sich der Anteil von Kiefern mit Mistelbefall auf 37 %. Ihr gehäuftes Vorkommen kann als Hinweis auf ökologische Ungleichgewichte interpretiert werden.

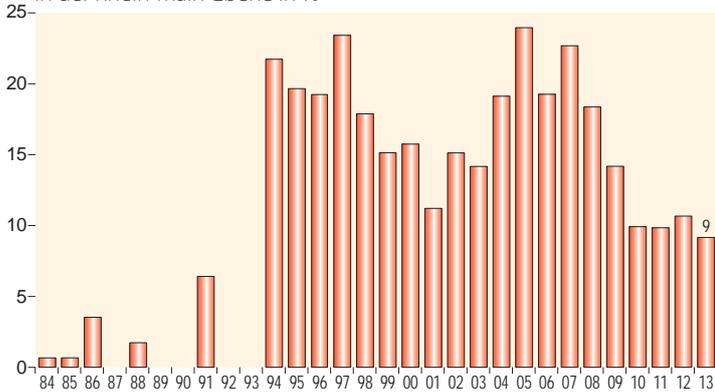
Alle Baumarten, bis 60 Jahre
Mittlere Kronenverlichtung in %



Alle Baumarten, über 60 Jahre
Mittlere Kronenverlichtung in %



Anteil der über 60jährigen Eichen mit über 60 % Blattverlust in der Rhein-Main-Ebene in %



Eiche, über 60 Jahre
Mittlere Kronenverlichtung in %

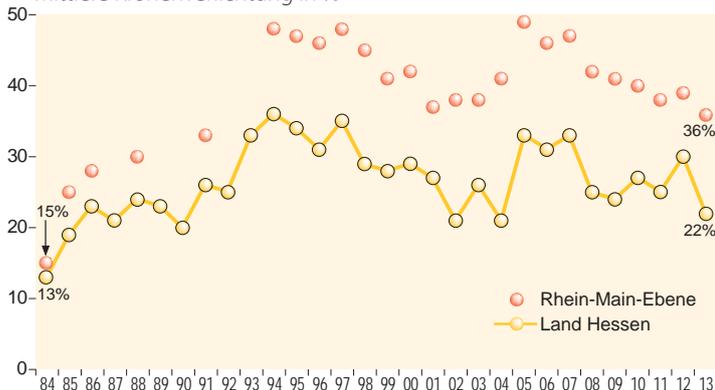


Foto: W. Hammes

Witterung und Klima

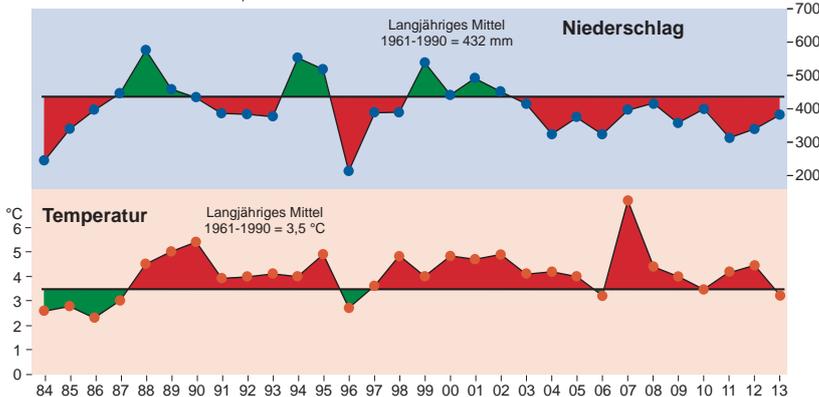
Uwe Paar und Olaf Schwerdtfeger

Der Witterungsverlauf für Hessen 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. Grundlage bilden zum einen die Messergebnisse der Flugwetterwarte Frankfurt, für die hessenweit seit 1949 die längsten Temperatur- und Niederschlags-Datenreihen vorliegen, und zum anderen die seit 1984 ermittelten Durchschnittswerte von repräsentativ ausgewählten Stationen der Buchenmischwaldzone (ca. 200-500 m ü. NN), zu der etwa 80 % der hessischen Waldfläche gehören. Als Vergleichsmaß dienen Mittelwerte der Jahre 1961 bis 1990.

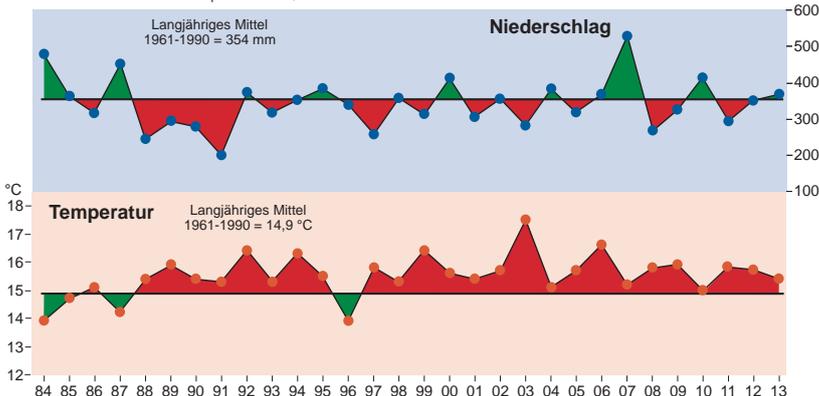
Temperatur und Niederschlag im langjährigen Verlauf

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 25 von 26 Jahren der Durchschnittswert überschritten, in der Nichtvegetationszeit (Oktober bis April) war dies in 23 von 26 Jahren der Fall. Mit deutlichen Abweichungen vom langjährigen Mittel waren die Vegetationsperioden 1992, 1994, 1999, 2003 und 2006 und die Nichtvegetationszeit 2006/2007 die wärmsten.

Langjährige Klimawerte (1984 - 2013)
Periode Oktober bis April, Buchen-Mischwaldzone Hessen

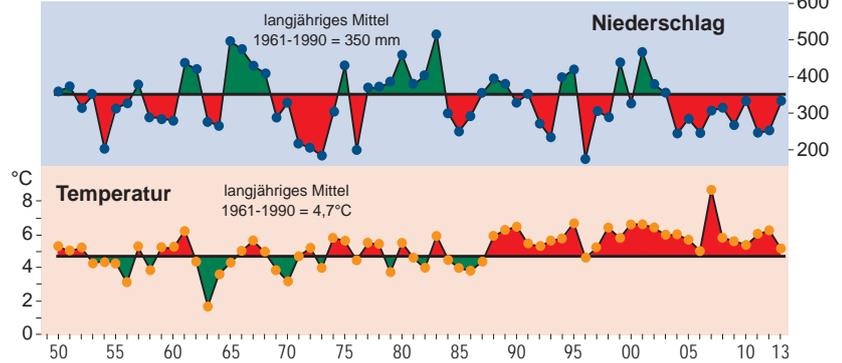


Langjährige Klimawerte (1984 - 2013)
Periode Mai bis September, Buchen-Mischwaldzone Hessen

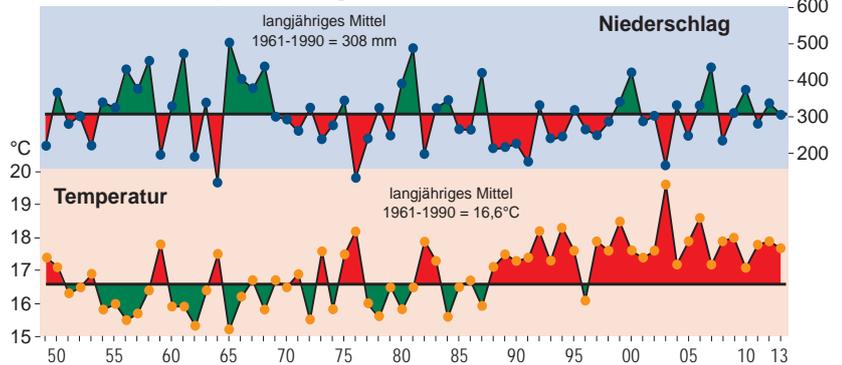


Daten des Deutschen Wetterdienstes, Offenbach

Langjährige Klimawerte (1949 - 2013)
Periode Oktober bis April, Flugwetterwarte Frankfurt/M.



Langjährige Klimawerte (1949 - 2013)
Periode Mai bis September, Flugwetterwarte Frankfurt/M.



Bei den im Zeitraum 1984 - 2013 gemessenen Niederschlagswerten bestehen zwischen den einzelnen Jahren zum Teil starke Schwankungen. Besonders niederschlagsreich war die Vegetationsperiode 2007, besonders trocken war die Nichtvegetationsperiode 1995/1996.

Bei den im Zeitraum 1984 - 2013 gemessenen Niederschlagswerten in der Vegetationszeit wird keine klare Tendenz deutlich. Zwischen den einzelnen Jahren bestehen z. T. starke Schwankungen. Allerdings war die Niederschlagsmenge in den letzten 11 Wintern geringer als im langjährigen Mittel.

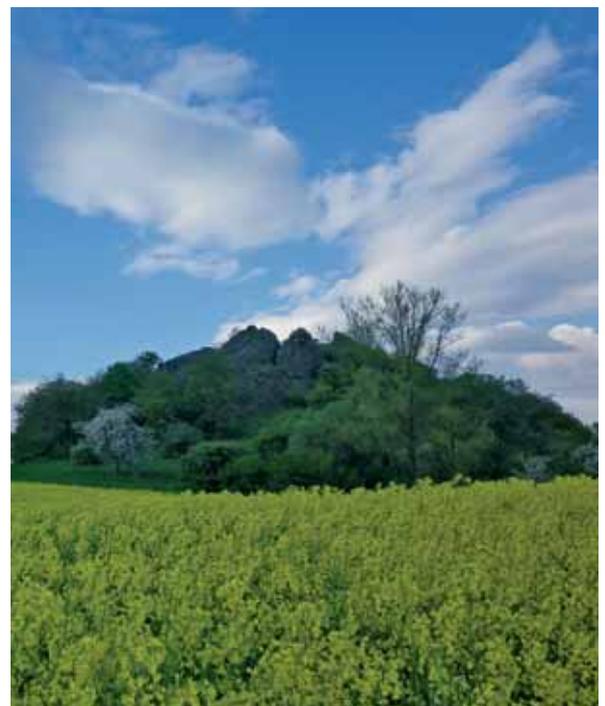


Foto: T. Ullrich

Witterung und Klima

Witterungsverlauf von Oktober 2012 bis September 2013

In der Nichtvegetationszeit 2012/2013 (Oktober bis April) wurde das langjährige Mittel der Temperatur unterschritten. Besonders kalt war es im März, überdurchschnittlich warm im November und im Dezember. Insgesamt 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.

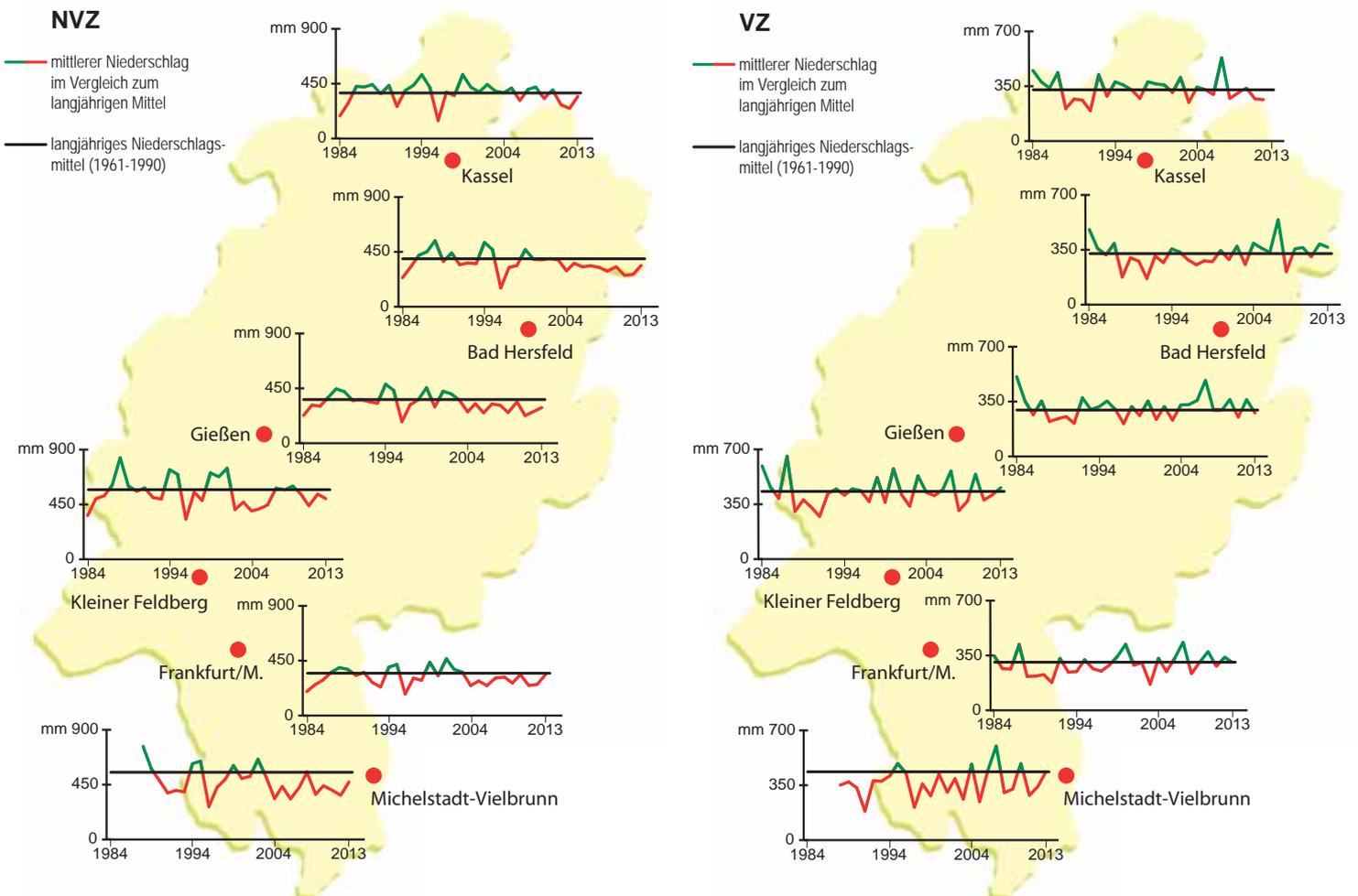
Die Niederschlagsmengen erreichten ca. 80 % des langjährigen Mittelwertes der Jahre 1961-1990. Der Dezember fiel überdurchschnittlich aus, die übrigen Monate unterdurchschnittlich. Am geringsten war der Niederschlag im März.

In der Vegetationszeit (Mai bis September) entsprach die Niederschlagsmenge nahezu dem langjährigen Mittel. Im Mai wurde der langjährige Mittelwert weit überschritten (200 %). In den anschließenden Sommermonaten waren die Niederschläge unterdurchschnittlich. In der Vegetationszeit war es um +0,6 °C wärmer als im Durchschnitt. Besonders warm war der Juli mit +2,7 °C über dem Mittelwert der Referenzperiode.

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.



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

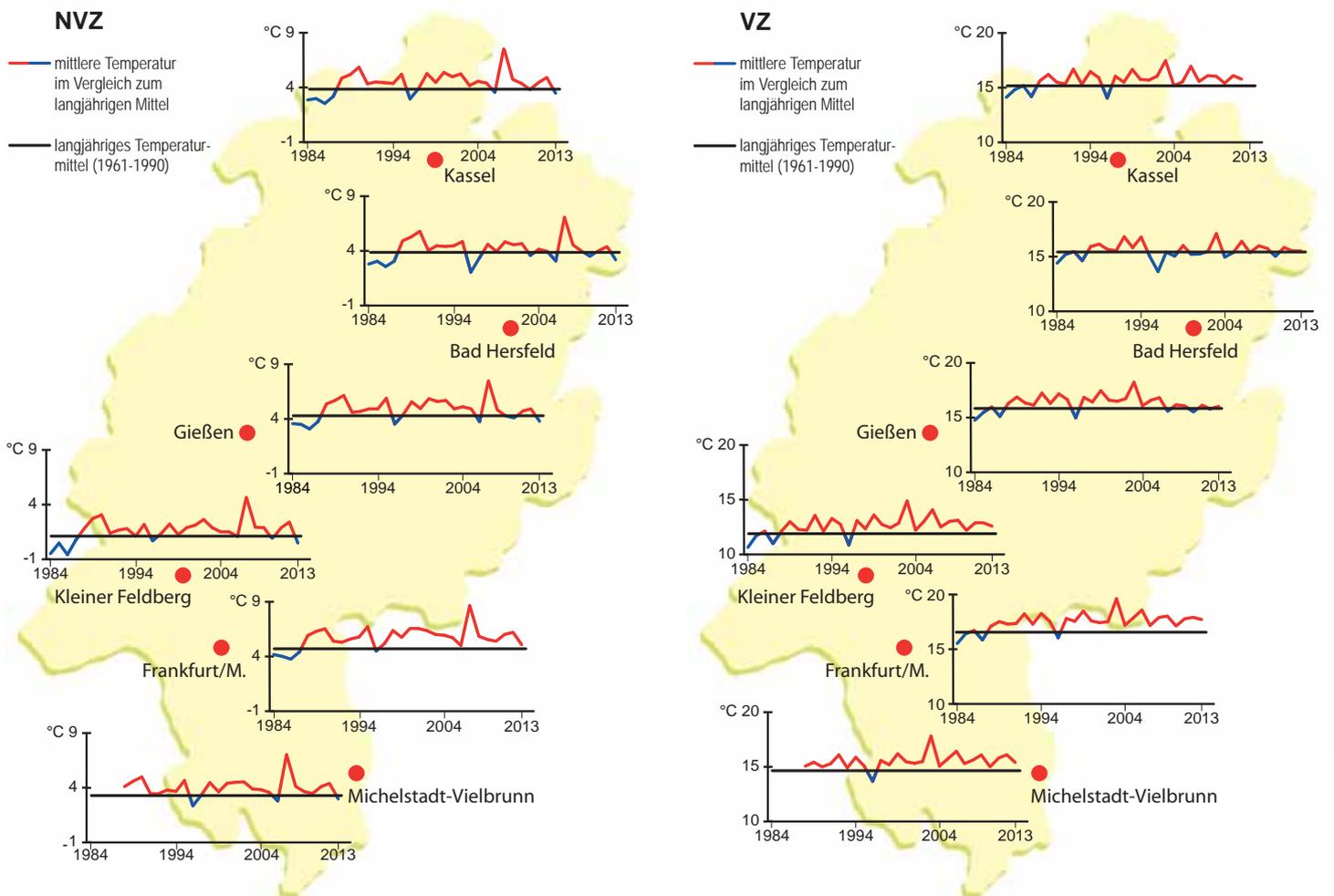


Witterung und Klima



Foto: J. Evers

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



Trockenstress

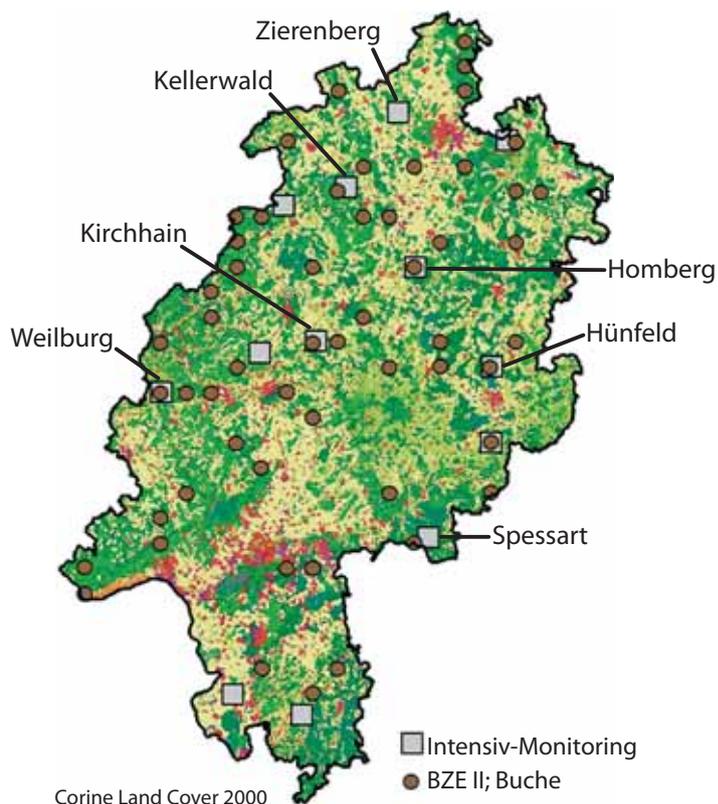
Wachstumseinschränkungen hessischer Buchenwälder als Folge extremer Trockenheit

Markus Wagner, Johannes Suttmöller, Bernd Ahrends und Johannes Eichhorn

Der für Hessen erwartete Klimawandel – gekennzeichnet durch zunehmende Trockenheit während der Vegetationsperioden infolge höherer Lufttemperaturen sowie einer Verlagerung der Niederschläge vom Sommer in den Winter – kann die Wachstumsbedingungen der Wälder nachhaltig beeinflussen. Aufgrund der dominanten Verbreitung der Buche in hessischen Wäldern ist es daher unter forstwirtschaftlichen wie auch ökologischen Gesichtspunkten wichtig, das Trockenstressrisikopotenzial dieser Baumart genauer zu untersuchen. Finanziell gefördert werden diese Untersuchungen durch das Hessische Landesamt für Umwelt und Geologie im Rahmen des Forschungsverbundes INKLIM A.

Die unterschiedliche Breite der Jahrringe von Bäumen gibt Aufschluss über die Schwankungen ihres jährlichen Stammzuwachses. Über Bohrkerne gewonnene Zeitreihen dieser Jahrringe erlauben dabei die Rekonstruktion des Wachstumsverhaltens für ein komplettes Baumleben. Zur Beurteilung der Wirkung von Trockenstress auf den Zuwachs von Buchen wurden 137 solcher Jahrringzeitreihen von sieben Intensiv-Monitoringflächen (Level II) (siehe Abb. rechts) in einer vergleichenden Analyse Klima- und Wasserhaushaltsdaten der Jahre 1933 bis 2006 gegenübergestellt. Im Fokus standen dabei vor allem die extremen Wachstumsrückgänge. Um witterungsbedingte Wachstumsschwankungen von langfristigen Trends des Zuwachses, wie sie beispielsweise durch das zunehmende Baumalter oder durch langfristige Änderungen in der Nährstoffversorgung auftreten können, zu unterscheiden, wurde die jährliche Variabilität der Jahrringbreite verwendet. Errechnet wurde hierfür die relative Abweichung der Jahrringbreite von einem sechsjährigen gleitenden Mittelwert (in der Abb. Seite 21 oben). Deutlich lassen sich hierdurch Jahre mit extrem starken Zuwachsdpressionen identifizieren. Für die Jahre 1948, 1976, 2000 und 2004 ergeben sich mittlere Wachstumseinbußen von über 30 % (gelb markierte Säulen in der Abb. Seite 21 oben) und für die Jahre 1934, 1964, 1983 und 1992 noch von über 20 bis 30 % (grau markierte Säulen in der Abb. Seite 21 oben). Auch die Jahre 1959 und 1960 können als Jahre mit extrem geringen Zuwächsen eingeordnet werden. Zwar ergeben sich gemittelt über alle Untersuchungsflächen Wachstumsrückgänge von unter 20 %, jede Einzelfläche weist dabei jedoch mindestens in einem der beiden Jahre extreme Rückgänge von über 30 % auf.

Neben den klimatischen Messgrößen Niederschlag und Lufttemperatur erwiesen sich drei verschiedene Wasserhaushaltsgrößen als besonders sensitiv in Bezug auf das Wachstumsverhalten der Buchen. Diese beschreiben vereinfacht ausgedrückt Zufuhr, Angebot und Verbrauch von Wasser im Ökosystem Wald. Die Klimatische Wasserbilanz (KWB) ist eine einfache Bilanzgröße zwischen Wasserzufuhr und Wasserbedarf. Sie errechnet sich als Differenz aus Niederschlag und potenzieller Verdunstung der Buchenbestände. Die Wasseraufnahme der Bäume erfolgt mittels ihrer Wurzeln aus dem Bodenwasser. Das relative pflanzenverfügbare Bodenwasser (pBWrel) ist dabei ein Maß für das Wasserangebot und ergibt sich aus dem Verhältnis



Corine Land Cover 2000
Lage der Buchenflächen des Intensiv-Monitorings (Level II) und der WZE/BZE II (Level I) in Hessen.

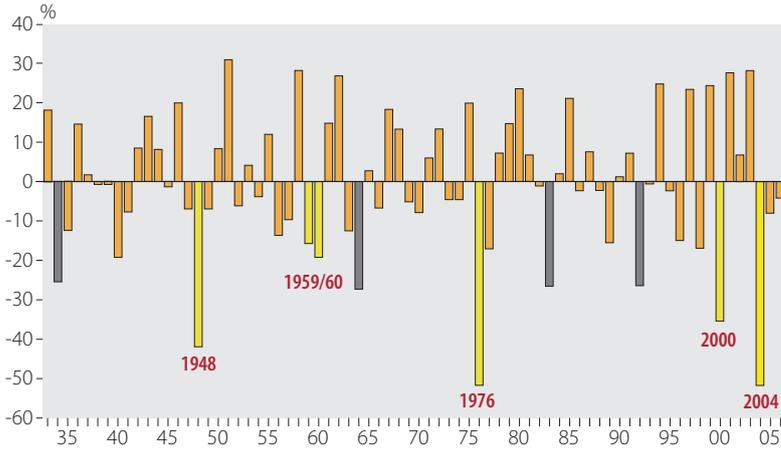
zwischen tatsächlicher und maximaler pflanzenverfügbarer Bodenwassermenge. Die relative Verdunstung (ETrel) schließlich als Maß für den Wasserverbrauch beschreibt das Verhältnis der tatsächlich verbrauchten Wassermenge (reale Verdunstung) zur maximalen, bei unbegrenztem Wasserangebot verbrauchten Wassermenge (potenzielle Verdunstung). Mit sinkenden Werten für KWB, ETrel und pBWrel steigt die Trockenheit und damit das Trockenstressrisiko für die Bäume.

Aus verschiedenen – auf diesen Indikatoren beruhenden – multiplen, linearen Regressionsansätzen konnte nach umfassender statistischer Prüfung das am besten geeignete, robusteste Modell zur Beschreibung der Wachstumsvariabilität selektiert werden. Dieses Modell setzt sich aus folgenden vier klimatisch-hydrologischen Indikatoren, bei denen jeweils die Vegetationsperiode Bezugszeitraum ist, zusammen: KWB des

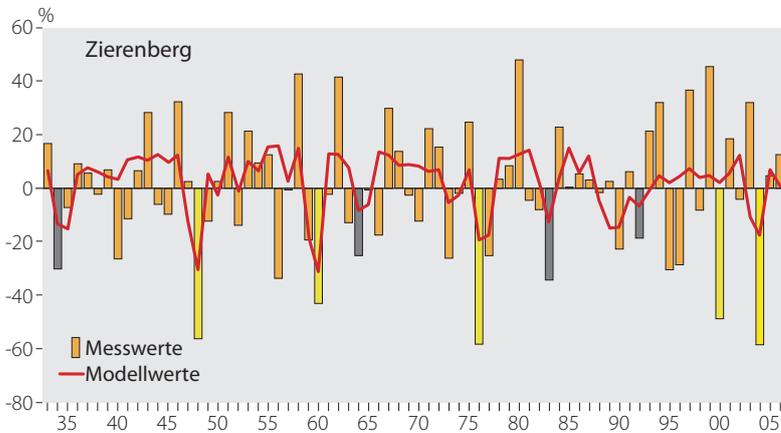


Foto: J. Evers

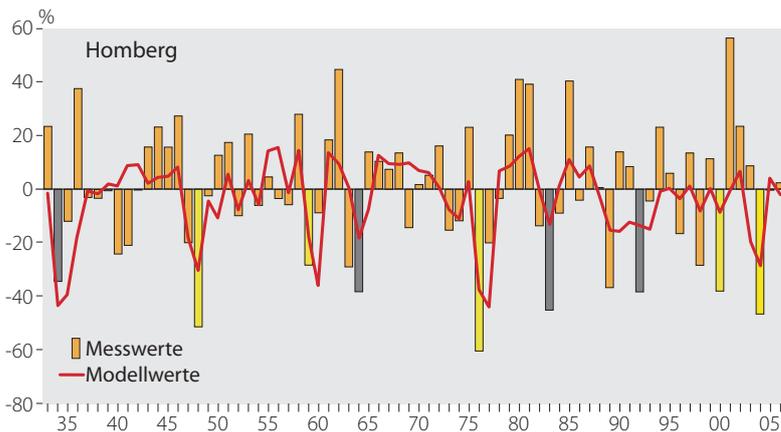
Trockenstress



Abweichung der Jahringbreite vom gleitenden Mittelwert (6 Jahre) für den Zeitraum 1933 bis 2006 als Mittelwert für alle 7 untersuchten hessischen Buchen-Level II-Flächen.



Abweichung der Jahringbreite vom gleitenden Mittelwert (6 Jahre) in Zierenberg. Vergleich der Messwerte (Säulen) mit den modellierten Werten (rote Linie).



Abweichung der Jahringbreite vom gleitenden Mittelwert (6 Jahre) in Homberg. Vergleich der Messwerte (Säulen) mit den modellierten Werten (rote Linie).

Vorjahres, Anzahl der Tage des Vorjahres mit einer Bodenwasserverfügbarkeit p_{BWrel} unter 40 %, mittlere ET_{rel} und Defizitsumme des pflanzenverfügbaren Bodenwassers der frühen Vegetationsperiode bezogen auf die bei 40 % des p_{BWrel} vorhandene Wassermenge. Als Schwellenwerte bei der Verwendung der Trockenstressindikatoren erwiesen sich ein p_{BWrel} von 40 % sowie eine ET_{rel} von 60 % als gut geeignet. Zudem ist es entscheidend, neben klimatisch-hydrologischen Indikatoren aus dem jeweiligen Zuwachsjahr immer auch solche aus dem Vorjahr in das Modell zu integrieren, um zeitlich verzögerte Wachstumsreaktionen beschreiben zu können (wie z. B. in



Foto: J. Evers

2003/2004). Zwar lassen sich mit dem Modell nur knapp 27 % der gesamten Variabilität der Jahringzuwächse erklären, aufgrund der Sensitivität der verwendeten Variablen gegenüber extremer Trockenheit werden die Jahre mit trockenstressbedingt sehr geringen Jahringzuwächsen (1948, 1959/60, 1976, 2004) allerdings sehr gut nachgezeichnet. Beispielhaft zeigen dies die Ergebnisse für die Standorte Zierenberg und Homberg/Efze (Abb. links Mitte und unten).

Eine Ausnahme bildet das Jahr 2000, für welches sich die starken Wachstumseinbrüche nicht über extreme Trockenheit erklären lassen. Eine mögliche Ursache für die geringen Zuwächse könnte in den durch Orkan Lothar im Dezember 1999 entstandenen Sturmschäden zu suchen sein. Feinwurzelabriss können dabei zur Beeinträchtigung der Wasseraufnahmefähigkeit und Zuwachseleistung der Bäume geführt haben.

Zur Prüfung wurde das Modell auch auf einen unabhängigen Vergleichsstandort in der südlichen Lüneburger Heide angewendet. Bei der Übertragung des Modells auf diesen etwa 300 km weiter nördlich gelegenen Standort weisen die Ergebnisse eine mit der Anwendung auf Hessen vergleichbare Güte auf und unterstreichen die Robustheit der verwendeten klimatisch-hydrologischen Variablen und Parameter zur Beschreibung trockenheitsbedingter Wachstumsdepressionen der Buche in dieser Region.

Das Modell zur Wachstumsvariabilität aufgrund von Trockenstress wurde auf alle 55 Buchenstandorte des hessischen WZE-/BZE-Monitoringnetzes (Level I) zurückreichend bis 1931 angewendet, um flächenrepräsentative Informationen über das Auftrettsrisiko wachstumshemmender Trockenereignisse in Hessen zu erhalten. Im Vergleich zum langjährigen Mittel treten dabei die zuvor ausgewiesenen extremen Trockenjahre 1947, 1959, 1976 und 2003, infolge derer extreme Wachstumseinschränkungen an den untersuchten Level II-Flächen zu beobachten waren, auch hier deutlich hervor.

Insekten und Pilze

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

Eichenkomplexerkrankung

Die Eichenkomplexerkrankung tritt in Hessen nicht flächendeckend auf, sondern ihr Vorkommen ist auf lokale Teilbereiche beschränkt.

Im Ursachenkomplex der so genannten „Eichenkomplexerkrankung“ spielen 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



Raupen des Eichenprozessionsspinners

Foto: P. Gawehn



Eichenmehltau an Stieleiche

Foto: U. Bressemer

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 einigen Gebieten keine belastungsfreien Erholungsphasen (d. h. ohne extreme Witterungsbedingungen, ohne Fraß, ohne Mehltau) hatten.

Fraßgeschehen in Hessen

Die Populationsdichten der Eichenfraßgesellschaft, vor allem der Frostspannerarten, waren in 2013 rückläufig.

Der Schwammspanner befindet sich nach wie vor in der Latenz. Die Ergebnisse der Überwachung mit Pheromonfallen zeigen im Vergleich zu den Fangzahlen der letzten Jahre keine nennenswerte Veränderung der Populationsdichten.

Örtlich kam es zu einem erheblichen Befall von Buchen unterschiedlichen Alters mit dem Buchenspringrüssler.



Lochfraß und Nekrosen durch Buchenspringrüssler

Foto: E. Langer



Mit Eschentriebsterben infizierte Altesche mit starker Kronenverlichtung und Sekundärtrieben

Foto: NW-FVA, Abt. Waldschutz

Maikäfer

Von etwa Mitte Juni bis Ende August 2013 fand im Bereich des Hessischen Rieds auf etwa 30.000 Hektar Waldfläche zum zweiten Mal an einem dauerhaften Raster eine systematische Grabung nach Maikäfern statt.

Dabei wurden an 1392 Rasterpunkten insgesamt 5544 Grabungen durchgeführt. Durch die Wiederholungsaufnahme sind neben Aussagen zur aktuellen Befallslage erstmals auch dynamische Auswertungen bezüglich der räumlichen und zeitlichen Veränderungen lokaler Dichten sowie potentieller Ausbreitungen möglich. Die Auswertungen der umfangreichen Daten werden voraussichtlich den Herbst 2013 über andauern.

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 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 zu Gute kam. Für einige Regionen zeichnet sich ab, dass die zweite Buchdrucker-generation sich relativ gut etablieren konnte.

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 vielmehr eine Verstärkung bzw. Ausweitung der Schäden beobachtet. In Altbeständen führt das Eschentriebsterben bei hohem Infektionsdruck zum Zurücksterben der Kronen 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. 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

Absterbeerscheinungen und schwache Wuchsleistungen bei Douglasie (30 - 41jährig) wurden infolge Wurzelschwamm-Befalls und teilweise mangelnder Bewurzelung in Nordhessen beobachtet.

Stoffeinträge

Birte Scheler

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 nach Berechnungen des Umweltbundesamtes (UBA) mit einem Chemie-Transportmodell in hessischen Wäldern einen Anteil von bis zu 50 % an der Gesamtdeposition. Zur Abschätzung der Belastung der Waldökosysteme durch Stoffeinträge werden diese in Hessen auf drei Fichten-, sieben Buchen-, sowie im Hess. Ried auf 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.

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.

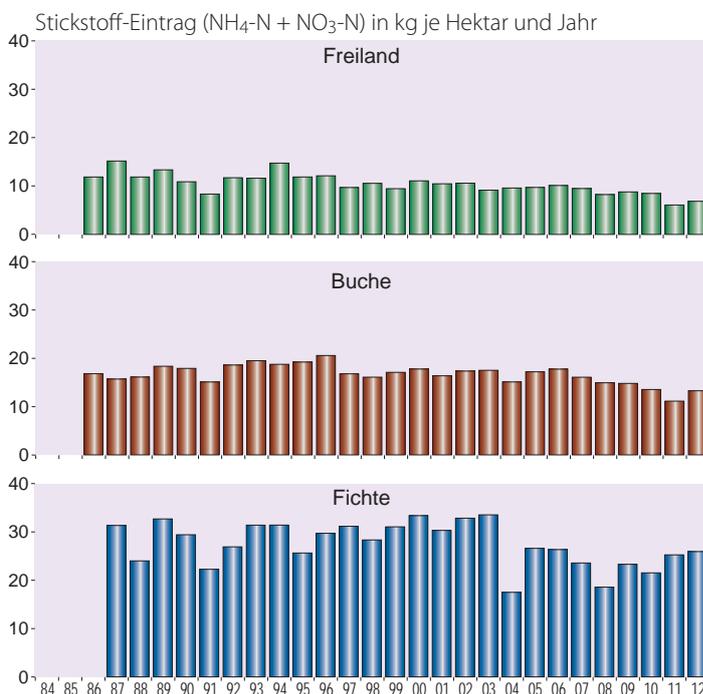
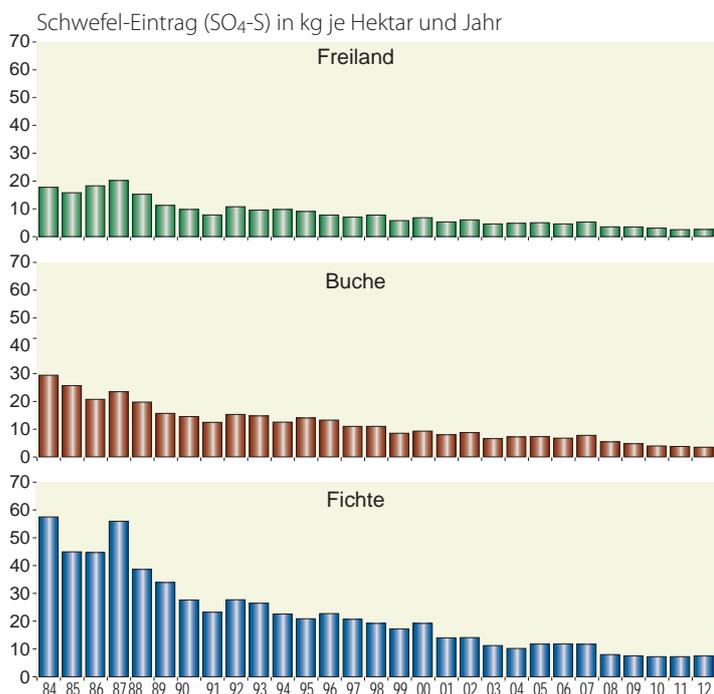
2012 betrug der Schwefeleintrag pro Hektar unter Buche im Hessenmittel 3,6 kg (2,8 kg in Krofdorf, 4,7 kg in Fürth), 7,5 kg unter Fichte (Königstein), 3,6 kg unter Eiche, 2,8 kg unter Kiefer und 2,6 kg im Freiland. Im Zeitraum 1988 bis 2012 betrug der mittlere flächenspezifische jährliche Rückgang pro Hektar zwischen 0,4 kg unter Buche in Fürth und 1,6 kg unter Fichte in Witzhausen. Im Freiland lag der jährliche Rückgang pro Hektar zwischen 0,3 kg in Krofdorf und 0,5 kg in Witzhausen.

Stickstoff ist der Nährstoff, der in unbeeinflussten Ökosystemen das Pflanzenwachstum am stärksten begrenzt. Durch anthropogen verursachte Stoffeinträge wird den Wäldern Stickstoff in Form von Nitrat (oxidiertes Stickstoff aus Verbrennungsprozessen) und Ammonium (reduzierte Form aus landwirtschaftlichen Quellen) zugeführt. Ammonium und Nitrat werden auf den hessischen Flächen im langjährigen Mittel ungefähr im



Depositionssammler

Foto: O. Schwerdtfeger



Stoffeinträge

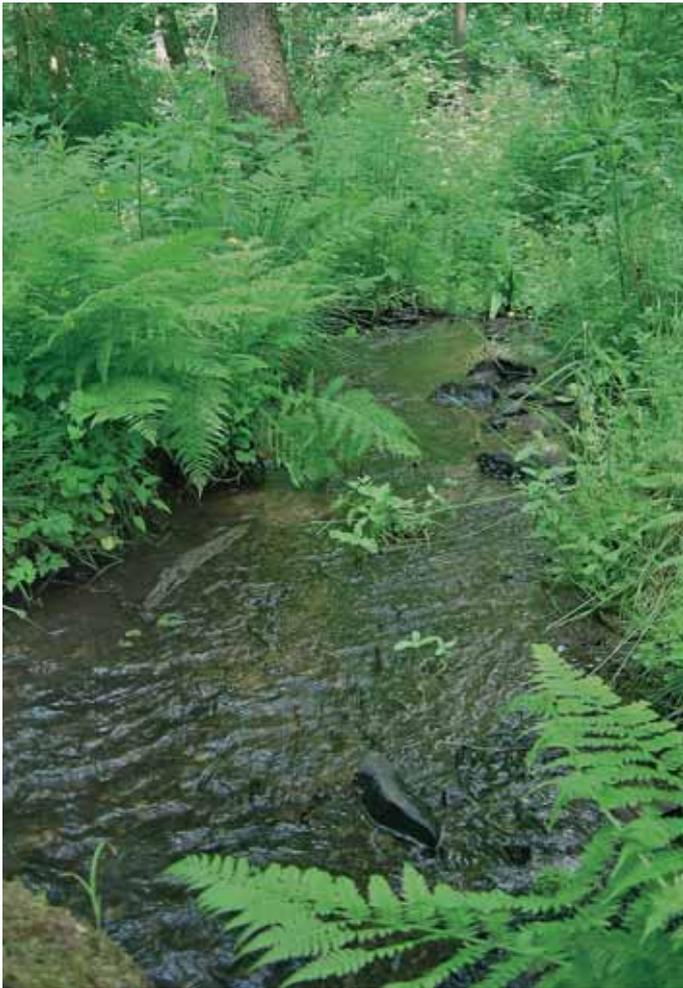


Foto: M. Schmidt

Im Beobachtungszeitraum hat der Nitratreintrag auf 11 von 12 Flächen signifikant abgenommen. Der Ammoniumeintrag ging lediglich auf den drei Flächen des Hessischen Rieds signifikant zurück, während er auf allen anderen Flächen keinen eindeutigen Trend aufweist. 2012 betrug der anorganische Stickstoffeintrag pro Hektar unter Buche im Hessenmittel 13,2 kg (15,8 kg in Witzenhausen, 9,6 kg im Hessischen Ried), 26 kg unter Fichte (Königstein), 11,5 kg unter Eiche und 9,2 kg unter Kiefer. Im Freiland betrug der jährliche Eintrag pro Hektar im Hessenmittel 6,7 kg (3,1 kg im Kellerwald und 9,5 kg in Königstein).

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. 2012 betrug er im Hessenmittel pro Hektar unter Buche 1,0 kmol_c (0,7 kmol_c im Hess. Ried, 1,2 kmol_c in Witzenhausen), 2,0 kmol_c unter Fichte (Königstein), 0,9 kmol_c unter Eiche und 0,7 kmol_c unter Kiefer. Im Freiland lag der Gesamtsäureeintrag im Hessenmittel bei 0,5 kmol_c pro Hektar. Durch Säureinträge in dieser Größenordnung 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.

Verhältnis 1:1 eingetragen. 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.

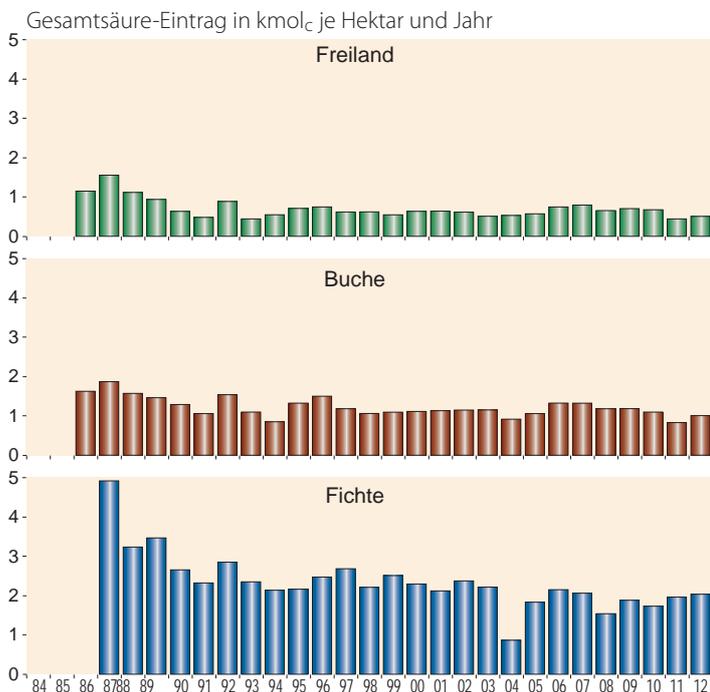


Foto: M. Schmidt

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 (Perkolat mit NH_4)), die Trockenrohdichte des Feinbodens und der Skelettgehalt im Mineralboden laboranalytisch nach den BZE-Tie-

fenstufen bestimmt. Daraus wurden die Austauschkapazität, die Basensättigung und die Elementvorräte für Calcium, Magnesium und Kalium bis 90 cm Bodentiefe datenbankgestützt 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 Waldwirtschaft. 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 Vergrößerungen zur Folge, erlaubt aber eine länderübergreifende Verkopplung der Ergebnisse der Forstlichen Standortskartierung.



Bodenzustandserhebung (BZE II) und Standortskartierung



Substratgruppe: Lösslehm, Trophie: schwach eutroph (1-)

Foto: H. Kasel

Vergleich der Trophiestufen (bzw. Nährstoffzahl/Nährkraftstufe)

Niedersachsen Schleswig-Holstein Nährstoffzahl	Hessen Trophie	Sachsen-Anhalt Nährkraftstufe
6	1+ = karbonat- eutroph	..RC.. = reich-karbona- tisch 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 aus Messdaten der Bodenzustandserhebung berechneten Nährstoffausstattung im Waldboden mit den übergreifenden Trophiestufen aus der Standortskartierung der Länder Hessen, Niedersachsen 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 geschätzt.

Einschränkend für diesen Vergleich ist hinsichtlich des Datensatzes der BZE zu beachten, dass die Analysedaten überwiegend nur den Bereich bis 90 cm Bodentiefe einheitlich abdecken. Es sind zwar teilweise auch tiefere Schichten einbezogen, doch dies ist nicht grundsätzlich der

Fall. Die Bodentiefe bis 90 cm kann zwar als Hauptwurzelraum angesehen werden, dennoch umfasst die Trophieabschätzung der Forstlichen Standortskartierung auch 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 diesen Bodentiefen gering, weshalb nicht von einer grundsätzlichen Fehleinschätzung des Nährstoffpotenzials bei der Betrachtung der oberen 90 cm Bodentiefe ausgegangen wird. 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 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	

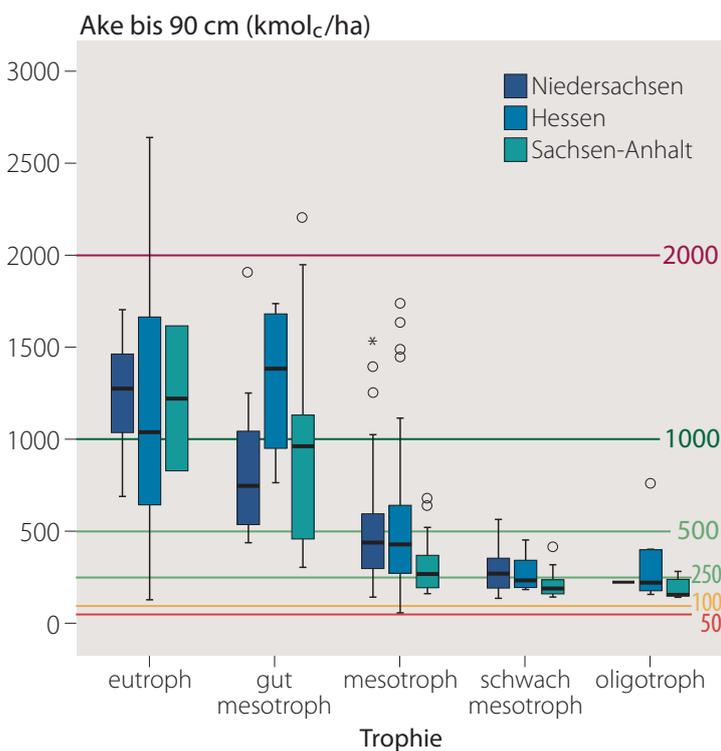
Bodenzustandserhebung (BZE II) und Standortkartierung



Foto: J. Weymar

auch im mittlerem Bewertungsbereich sowie die mit schwach mesotroph und oligotroph eingestuften BZE-Punkte im unteren mittleren Bewertungsbereich. Diese Abfolge begründet sich darin, dass sich die Ake relativ gut über Feldmethoden durch erfahrene Kartierer an Profilen, Bohrkernen und Substraten abschätzen lässt, da sie eng an den Tongehalt, das Ausgangssubstrat sowie den Kohlenstoffgehalt im Mineralboden gekoppelt ist. Die Bodenvegetation und das Wachstum der Bestände stellen hier ebenfalls einen guten Indikator dar. Ein ähnliches Muster der Ake in den Trophiestufen ergibt sich in Niedersachsen und Sachsen-Anhalt. Eine Ausnahme stellt die gut mesotrophe Stufe in Hessen dar, hier liegen die Werte der Ake noch über der eutrophen Stufe. Ein Grund dafür ist der hohe Skelettgehalt vieler eutropher Standorte z. B. mit Basalt und Diabas, welcher die Feinbodenvorräte deutlich verringert. Diese skelettreichen Standorte sind weniger in der gut mesotrophen als in der eutrophen Stufe vertreten. Auffallend ist 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 abge-

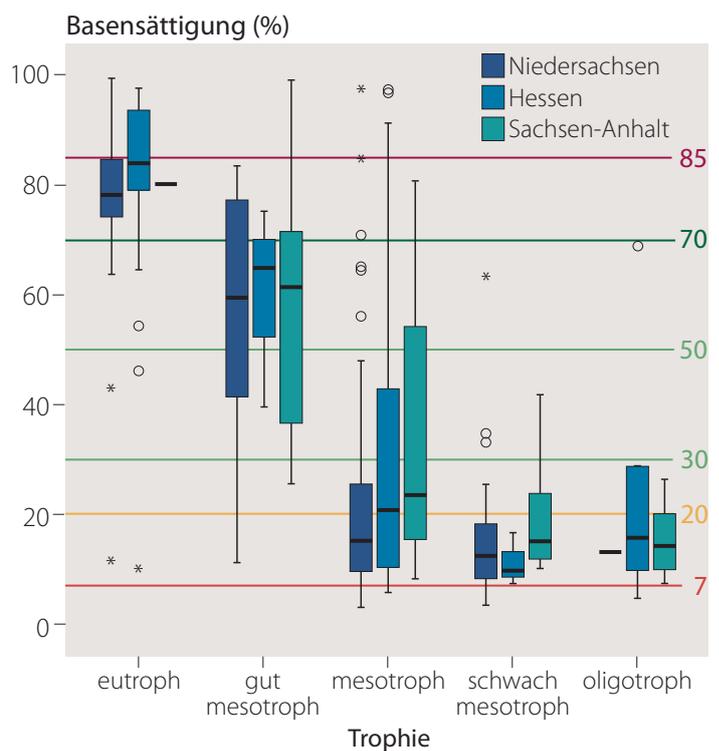


Effektive Austauschkapazität bis 90 cm Bodentiefe der BZE nach Trophiestufen der Forstlichen Standortkartierung der Länder. Die farbigen Linien markieren die Grenzwerte aus der Forstlichen Standortaufnahme (2003).

Der Faktor Waldkalkung wurde in dieser Auswertung nicht gesondert berücksichtigt.

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

Der eutrophe und gut mesotrophe Bereich hebt sich deutlich vom mesotrophen und dieser vom schwach mesotrophen und oligotrophen Bereich ab. Der Median der Ake der mit eutroph und gut mesotroph eingeschätzten BZE-Punkte in Hessen (mittlerer Balken) liegt in der hohen Bewertungsstufe, abgestuft folgt der Median für die mit mesotroph eingeschätzten BZE-Punkte



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

schätzt werden, hier ist eine Berechnung auf Basis von bodenchemischen Kenndaten erforderlich. Bei der überwiegenden Anzahl der BZE-Punkte mit mittlerer und geringerer Ake liegen die berechneten Basensättigungen nicht in der entsprechenden Bewertungsstufe, sondern in deutlich schwächeren Stufen. Besonders auffallend ist dies für Niedersachsen. Der Median der mesotrophen Standorte und der überwiegende Teil der schwach mesotroph eingeschätzten BZE-Punkte liegt in Niedersachsen deutlich unter 20 % Basensättigung im Hauptwurzelaum bis 90 cm Bodentiefe. In Hessen liegt der Median der mesotrophen Standorte bei 20 % Basensättigung, im schwach

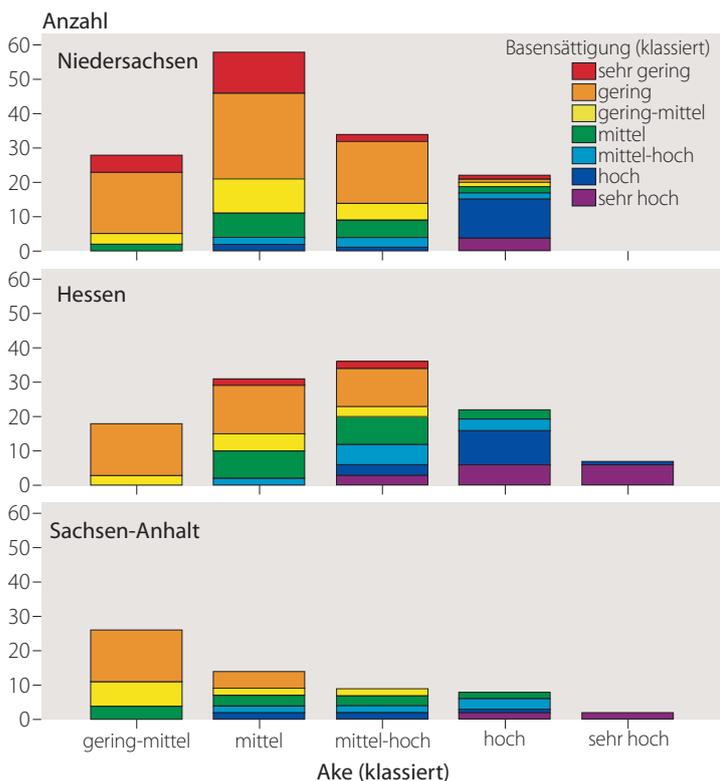
Bodenzustandserhebung (BZE II) und Standortskartierung



Foto: J. Weymar

mesotrophen Bereich liegen alle Mediane unterhalb dieses Wertes. 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.

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 Standortaufnahme (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 Potenzial 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 Säureinträge 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.



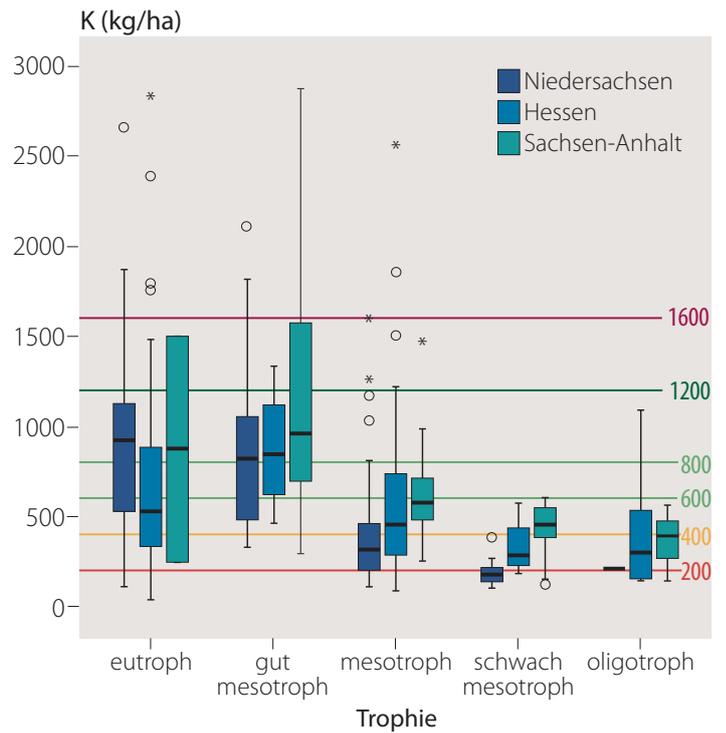
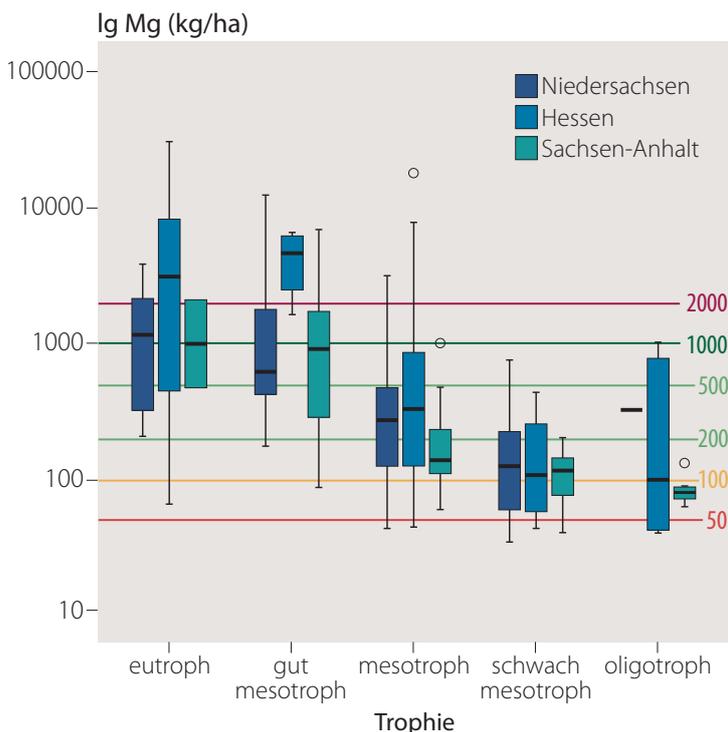
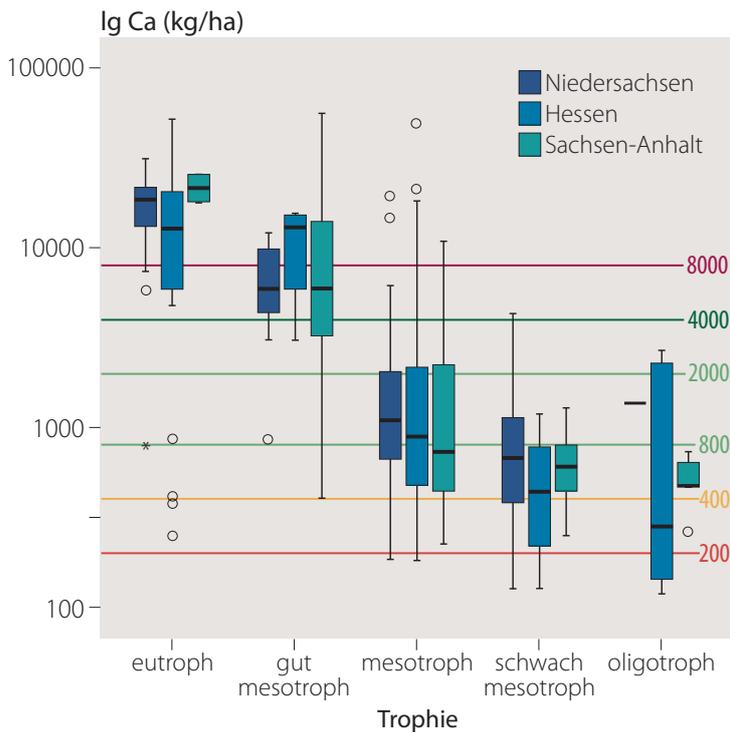
Bewertungsstufen der Basensättigung über Ake-Bewertungsstufen der BZE (Bewertungsstufen nach Forstlicher Standortaufnahme 2003)

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 in der mittleren Ake-Stufe 40 % der BZE-Punkte Basensättigungen von unter 20 % auf, in der gering-mittleren Stufe sind es 60 %. Die Ake-Stufe sehr gering kommt im BZE-Kollektiv aller drei Bundesländer nicht vor.

Bodenzustandserhebung (BZE II) und Standortkartierung

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 Standortkartierung über die einheitliche Berechnung der Bodenvorräte durch die chemische Analyse der BZE darstellen.

Die Gegenüberstellung der Trophiestufen aus der Standortkartierung und der Ergebnisse der BZE II für die Nährele-



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

mente 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 weisen in Hessen und Niedersachsen überwiegend auch mittlere Werte bei den Calcium- und Magnesiumvorräten im Hauptwurzelaum auf. In Sachsen-Anhalt liegen die Calcium- und Magnesiumvorräte in der mesotrophen Stufe vorwiegend im gering-mittleren Bereich. Calcium und Magnesium sind im Gegensatz zu Kalium relativ fest am Austauscher gebunden und korrelieren damit eng mit der Ake. Die Ake ließ sich, wie dargestellt, relativ gut mit Feldmethoden abschätzen.



Foto: J. Evers

Bodenzustandserhebung (BZE II) und Standortskartierung



Foto: M. Schmidt

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 teilweise 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 von einander 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. Auch dies kann mit hohen Skelettgehalten vorwiegend bei den Substraten Basalt und Diabas, aber auch den Kalken erklärt werden. Die Überschätzung der Kaliumvorräte setzt sich 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 deutlich 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.



Substratgruppe: Buntsandstein, Trophie: mesotroph (2)

Foto: H. Kasel

Bodenzustandserhebung (BZE II) und Standortskartierung

Substratgruppen

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

Die Verteilung der in Hessen vorkommenden Substratgruppen in der BZE II sind in der Tabelle dargestellt. Es überwiegt bei weitem die Substratgruppe Buntsandstein mit insgesamt

28 %, wobei 16 % auf die sandige und 12 % auf die mehr tonige Ausprägungen des Buntsandsteins entfallen. Es folgen die Lösslehme und Basalte/Diabase mit jeweils 14 % sowie die Tonschiefer mit 12 % Anteil an dem BZE-Kollektiv. Die unverlehnten Sande vorwiegend in der Rhein-Ebene, die Grauwacken und die Substratgruppe der Ton- und Tonsteine haben jeweils ungefähr 5 % Anteil. Mit wenig BZE-Punkten sind die schwach verlehnten Sande, Kalke, Lehme, Quarzite, Zechsteine, Granite und verlehnten Sande in BZE-Kollektiv vertreten (summarisch 16 %). Die Substratgruppen Granit und verlehnte Sande mit jeweils nur einem BZE-Punkt werden nicht in den folgenden Verteilungen dargestellt.

Die Substratgruppen unterscheiden sich deutlich hinsichtlich der effektiven Austauschkapazität im Mineralboden. Erwartungsgemäß weisen die unverlehnten Sande relativ die

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	verlehnte 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 verlehnte bis verlehnte Sande	z. B. Hilssandstein, untere Kreidezeit
Basalt/Diabas	überwiegend schluffige Lehme	silikatreiche tertiäre Ergussgesteine und devonische Diabase
unverlehnte 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 verlehnte Sande	schwach lehmige Sande, schluffige Sande	Geschiebedecksande, Sandlöße, Wasserabsätze > 20 cm Rheinweiß- (Kalk) und Flugaschenstandorte, Mergelsande und -kiese; Pleistozän und Holozän
verlehnte Sande	verlehnte 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

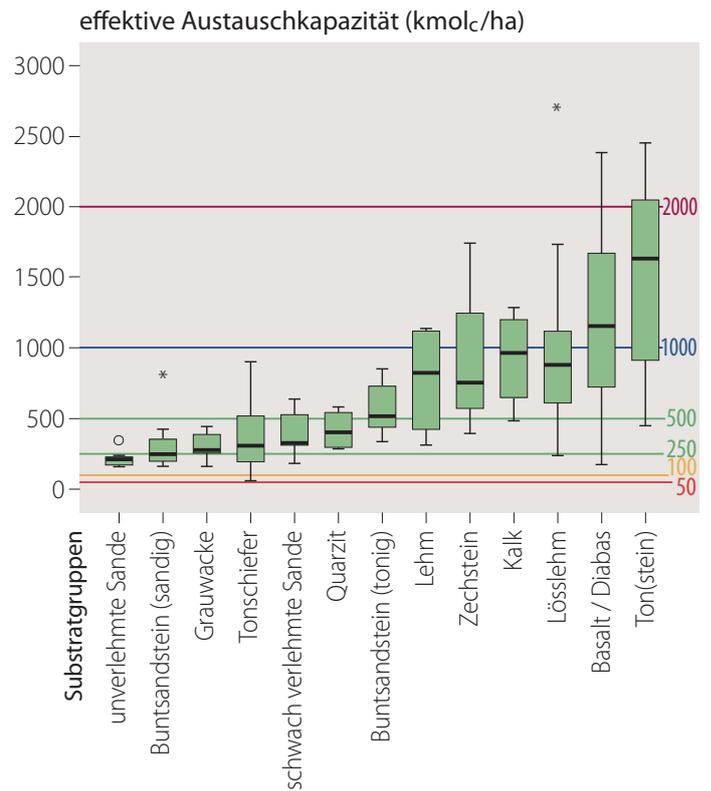
Bodenzustandserhebung (BZE II) und Standortkartierung

geringste effektive Austauschkapazität im unteren mittleren Bewertungsbereich zwischen 100 und 250 kmol_c/ha auf. Es folgen die Mediane der Substratgruppen Buntsandstein (sandige Ausprägung), Grauwacke, Tonschiefer, schwach verlehmtete Sande sowie Quarzit im mittleren Bewertungsbereich zwischen 250 und 500 kmol_c/ha. Im mittel-hohen Bewertungsbereich liegen die Mediane der Substratgruppen Buntsandstein (tonige Ausprägung), Lehm, Zechstein, Kalk und Lösslehm und im hohen Bewertungsbereich zwischen 1000 und 2000 kmol_c/ha erwartungsgemäß die Basalte/Diabase und Ton(steine). Austauschkapazitäten über 2000 kmol_c/ha effektive Austauschkapazität kommen vereinzelt in den Substratgruppen Lösslehm, Basalt/Diabas und Ton(stein) vor. Die höchste Austauschkapazität von über 5000 kmol_c/ha hat ein Ton(stein) bei Homberg, hier ist im Boden auch Basalt eingemischt. Die geringste Austauschkapazität findet sich bei einem flachgründigen, sehr steinigen Boden aus Tonschiefer bei Bischoffen, hier wurden nur 60 kmol_c/ha Austauschkapazität gemessen. Es wird an diesen Werten deutlich, wie weit die Spanne in der Austauschkapazität bei Waldböden reichen kann und wie wichtig die Kenntnis der Substrate bei der Einschätzung von Standortpotenzialen ist. Insgesamt liegen 77 % aller BZE-Punkte in Hessen hinsichtlich ihrer Austauschkapazität im weiten mittleren Bereich zwischen 100-1000 kmol_c/ha. 17 % der BZE-Punkte liegen mit ihrer effektiven Austauschkapazität zwischen 1000 und 2000 kmol_c/ha im hohen Bereich und 5 % mit über 2000 kmol_c/ha im sehr hohen Bewertungsbereich. Im geringen Bereich zwischen 50 und 100 kmol_c/ha liegt nur ein BZE-Punkt, der sehr geringe Bereich (unter 50 kmol_c/ha) ist im BZE-Kollektiv Hessens nicht vertreten.

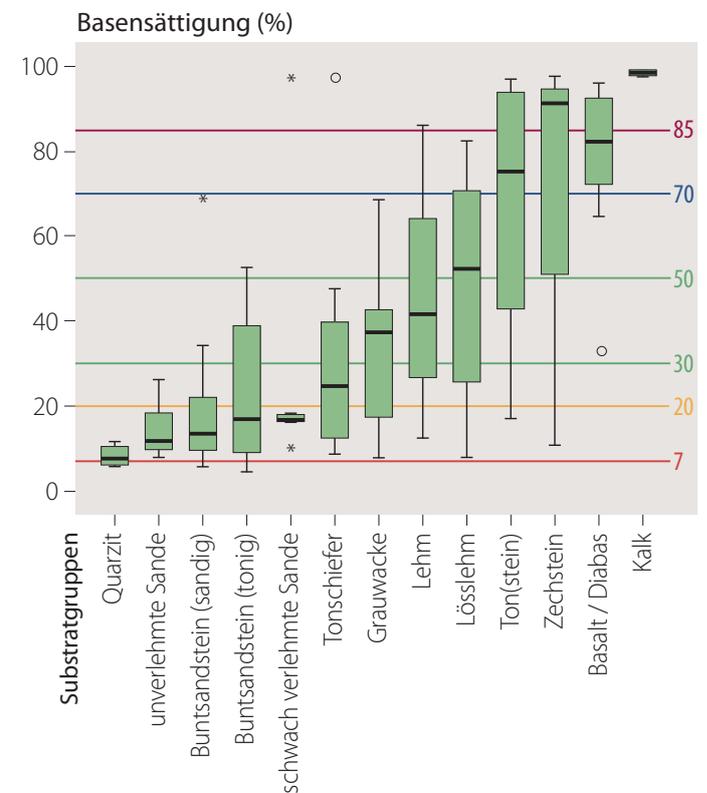
Bei der durchschnittlichen Basensättigung bis 90 cm Bodentiefe zeigt sich im Vergleich zur Austauschkapazität ein anderes Bild. Die Mediane der Substratgruppen in geringen bis mittleren Bewertungsräumen der effektiven Austauschkapazität vor

Substratgruppen der BZE-Punkte in Hessen

Substratgruppe	Anzahl	Prozent
Buntsandstein (sandig)	22	15,8
Buntsandstein (tonig)	17	12,2
Lösslehm	20	14,4
Basalt / Diabas	20	14,4
Tonschiefer	16	11,5
unverlehmte Sande	8	5,8
Grauwacke	7	5,0
Ton(stein)	7	5,0
schwach verlehmtete Sande	5	3,6
Kalk	4	2,9
Lehm	4	2,9
Quarzit	4	2,9
Zechstein (Rotlage)	3	2,2
Granit	1	0,7
verlehmte Sande	1	0,7



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



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

allen basenarmer Ausgangsgesteine (Buntsandstein, Quarzit, Sande, Tonschiefer) liegen bezüglich der Basensättigung in geringeren Bewertungsbereichen als bei der effektiven Austauschkapazität. Kritische Zustände unter 20 % Basensättigung kommen grundsätzlich mit Ausnahme der Basalte/Diabase und Kalke in allen Substratgruppen vor. Hohe bis sehr hohe

Bodenzustandserhebung (BZE II) und Standortkartierung

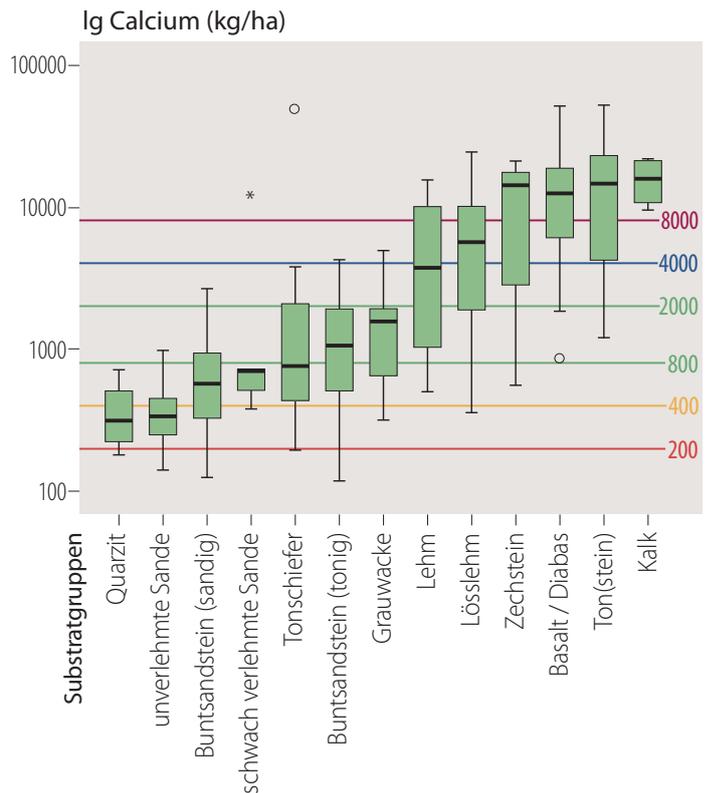
Mediane der durchschnittlichen Basensättigung bis 90 cm Bodentiefe finden sich im Ton(stein), Zechstein, Basalt/Diabas und Kalk. Die Streuung der durchschnittlichen Basensättigung innerhalb einiger Substratgruppen ist erheblich, besonders beim Lösslehm, Ton(stein) und Zechstein. Von der geringen bis sehr hohen Bewertungsstufe werden alle Bereiche mit BZE-Punkten in diesen Substratgruppen abgedeckt. Die Trophiestufe aus der Standortkartierung ist jedoch geeignet, die Spannen bei fehlender Analyse weiter zu differenzieren (hier nicht dargestellt).

Damit ist die Verteilung der Basensättigung in den Bewertungsstufen gegenüber der effektiven Austauschkapazität deutlich zu schlechteren Bewertungsstufen hin verschoben: 41 % entfallen auf geringe Bewertungsstufen unter 20 % Basensättigung, 34 % liegen im mittleren Bereich zwischen 20-70 % Basensättigung und 25 % in hohen Bewertungsstufen über 70 % Basensättigung.

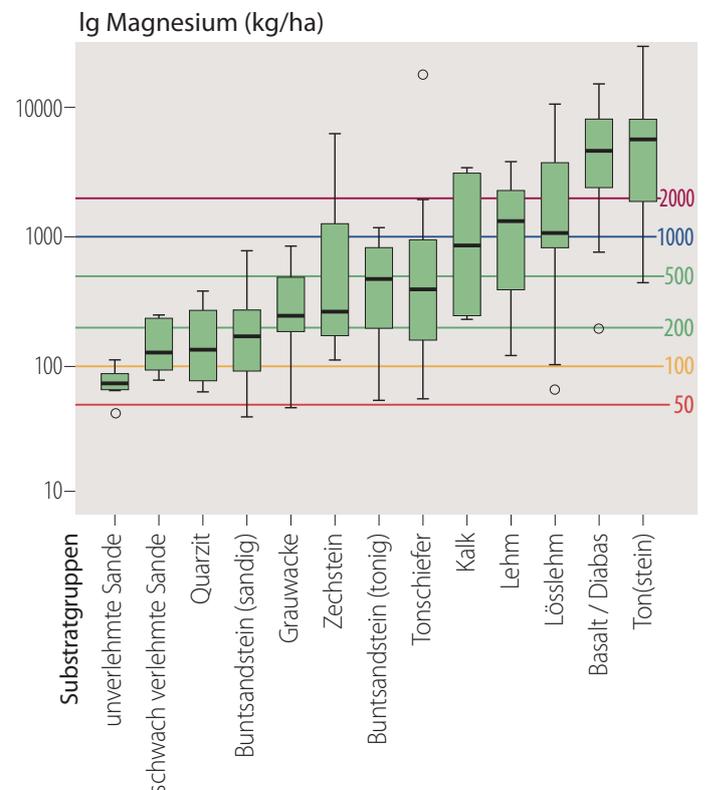
Die Verteilungen der Calciumvorräte nach Substratgruppen weisen für die Quarzite und unverlehmte Sande geringe Vorräte aus. Es folgen mit etwas höheren Vorräten in der gering bis mittleren Bewertungsstufe für Calcium die Mediane des Buntsandsteins (sandige Ausprägung), schwach verlehmte Sande und Tonschiefer sowie in der mittleren Bewertungsstufe Buntsandstein (tonigere Ausprägung) und Grauwacke. Lehm und Lösslehm, Zechstein, Basalt/Diabas, Ton(stein) und Kalk sind erwartungsgemäß im Mittel hoch bis sehr hoch mit Calcium versorgt, wobei bei Lösslehm und Ton(stein) auch gering-mittlere Calciumvorräte vorkommen können. Über das gesamte Kollektiv der BZE-Punkte betrachtet entfallen 19 % in den geringen Bewertungsbereich für Calciumvorräte unter 400 kg/ha im Hauptwurzelraum, der überwiegende Anteil mit 47 % der BZE-Punkte deckt den mittleren Bereich zwischen 400-4000 kg/ha ab und 34 % aller BZE-Punkte liegen über dem mittleren Bereich mit hohen bis sehr hohen Calciumvorräten über 4000 kg/ha.



Substratgruppe: unverlehmte Sande, Trophie: schwach mesotroph (2-)
Foto: H. Kasel



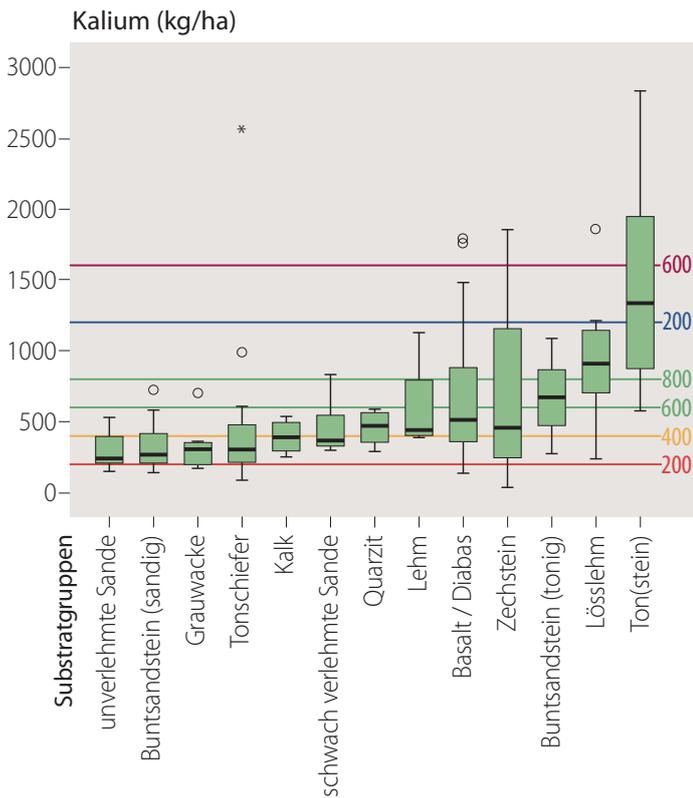
Verteilung der Calciumvorräte im Auflagehumus und Mineralboden bis 90 cm Bodentiefe nach Substratgruppen der BZE II in Hessen (Maßstab logarithmiert)



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

Bei den Magnesiumvorräten zeigt sich eine ähnliche Verteilung der Substratgruppen wie bei Calcium. Der Quarzit liegt bei Magnesium in der Bewertung eine Stufe höher im Vergleich zu Calcium im gering-mittleren Bewertungsbereich, gehört je-

Bodenzustandserhebung (BZE II) und Standortkartierung



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

doch wie bei Calcium auch zu den relativ am geringsten mit Magnesium versorgten Standorten. Zechstein und Kalk weisen bei Magnesium geringere Bewertungsstufen als beim Calcium auf. Die Verteilung nach Bewertungsstufen von Magnesium ist der von Calcium jedoch sehr ähnlich: 16 % aller BZE-Punkte haben geringe bis sehr geringe Magnesiumvorräte, 50 % mittlere und 34 % 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 und schwach verlehmte Sande, Buntsandstein (sandige Ausprägung), Grauwacke, Tonschiefer und Kalk liegen mit ihrem Median in der geringen Bewertungsstufe für die Kaliumvorräte. Im gering-mittleren Bereich finden sich Quarzit, Lehm, Basalt/Diabas-Standorte sowie Zechstein. Im mittleren Bewertungsbereich ist der Buntsandstein der tonigen Ausprägung, es folgen Lösslehm mit Kaliumvorräten im mittleren bis hohen Bereich sowie Ton(stein) im hohen Bewertungsbereich. Auffallend ist neben den grundsätzlich deutlich geringer bewerteten Kaliumvorräten insgesamt, dass Kalk und Basalt/Diabas mit den höchsten Vorräten bei Calcium und Magnesium nun in den gering bis mittleren Bewertungsbereich bei Kalium fallen. Insgesamt liegen 40 % aller BZE-Punkte im geringen, 51 % im mittleren und 9 % im hohen Bewertungsbereich für Kalium. Diese Verteilung ist deutlich günstiger als die Verteilung in Niedersachsen, aber ungünstiger als die in Sachsen-Anhalt.

Zusammenfassend zeigt sich, dass die Trophieabschätzung in der Forstlichen Standortkartierung trotz unterschiedlicher Länderverfahren grundsätzlich wichtige bodenchemische Kenngrößen zutreffend abschätzt. Bei der Basensättigung und dem Kaliumvorrat im Mineralboden jedoch überschätzen alle Verfah-



Substratgruppe: Tonschiefer, Trophie: gut mesotroph (2+) Foto: H. Kasel

ren die aktuellen Zustände auf Basis der BZE-Daten erheblich. Dies trifft allerdings noch am wenigsten in Sachsen-Anhalt zu. Die Basensättigung und vor allem auch die Kaliumvorräte sind in den jeweiligen Trophiestufen höher als in den Ländern Niedersachsen und Hessen. Die Gegenüberstellung der Messwerte mit den Einstufungen der Forstlichen Standortkartierung an konkreten BZE-Punkten zeigt teilweise erhebliche Streuungen. Dies liegt zum einen in der fehlenden Einbeziehung der chemischen Analyse in der Standortkartierung 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 Standortkartierung darstellt. Daraus können bodenchemische Rahmenwerte für Trophiebereiche und typische Substratgruppen abgeleitet und als Schätzhilfe für die Praxis genutzt werden. Dies verbessert die Erkennung von Nährstoffpotenzialen, kritischen Zuständen und darauf aufbauender Maßnahmenplanung wie Waldkalkung, Biomassennutzung 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.

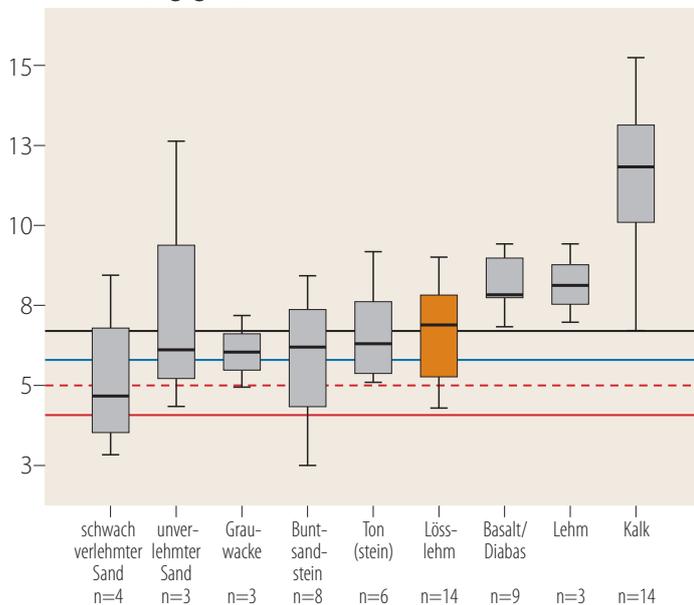
Ausreichend hohe Nährstoffgehalte und deren harmonische Zusammensetzung sind Voraussetzung für die Vitalität, Stabilität und für das Wachstum von Waldbeständen. Der Ernährungszustand der Buche wurde anhand der Gehalte und der Verhältnisse der Nährelemente in den Blättern charakterisiert.

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

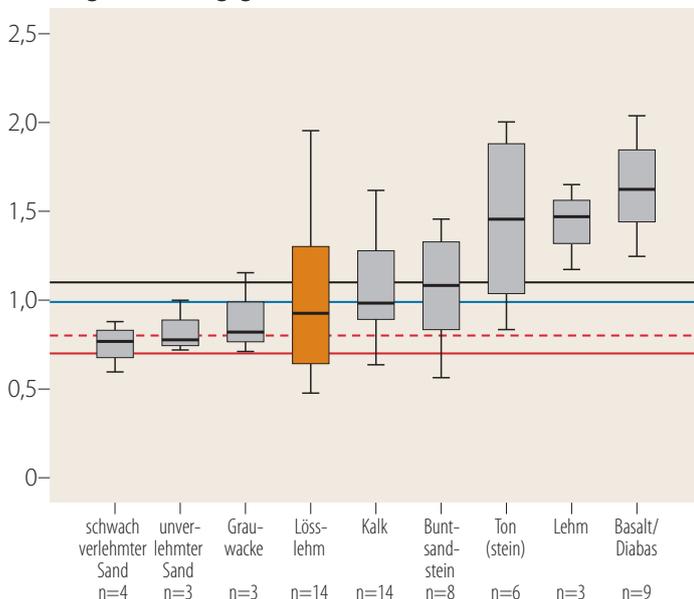


Foto: M. Schmidt

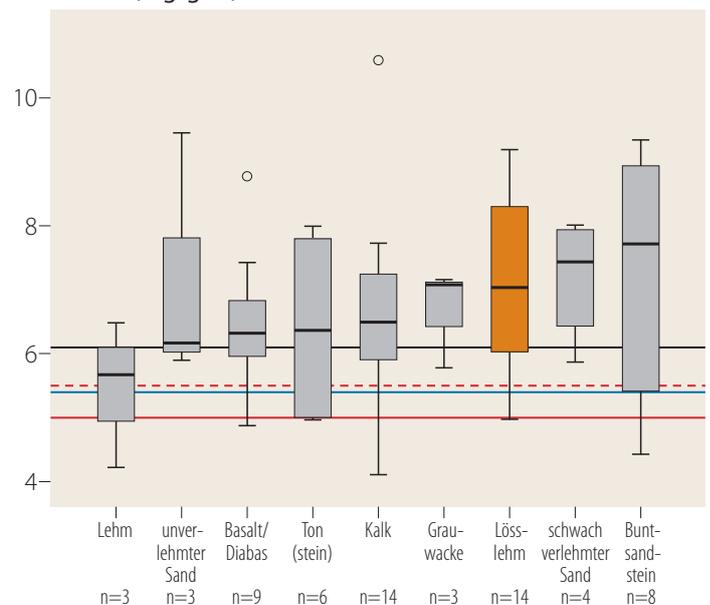
Calcium (mg/g TS)



Magnesium (mg/g TS)



Kalium (mg/g TS)



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 verlehmtten Sanden liegen relativ am günstigsten. Auf Lehm und Kalk wurden die niedrigsten P-Gehalte ermittelt. Die Buchen auf Lösslehm weisen eine be-



Foto: M. Schmidt

sonders 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.

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 Niedersachsen

Der Vergleich gekalkter und nicht gekalkter BZE-Punkte wurde für Substratgruppen vorgenommen, die vorrangig zur Kalkung vorgesehen sind (schwach verlehmtte 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.

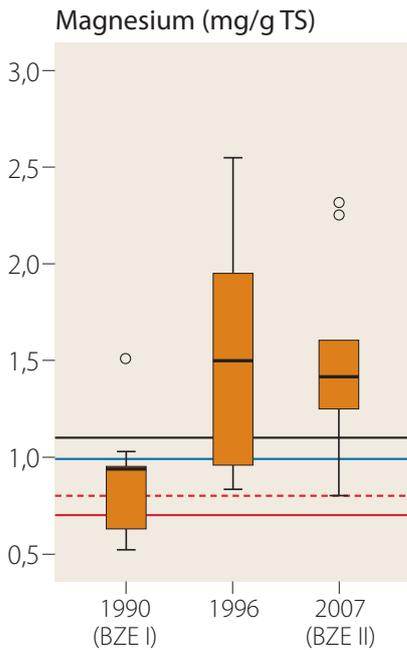
Die **K-Gehalte** der Buchen auf gekalkten Standorten liegen



Lösslehm über Buntsandstein

Foto: T. Ullrich

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 waldernährungkundlicher 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.

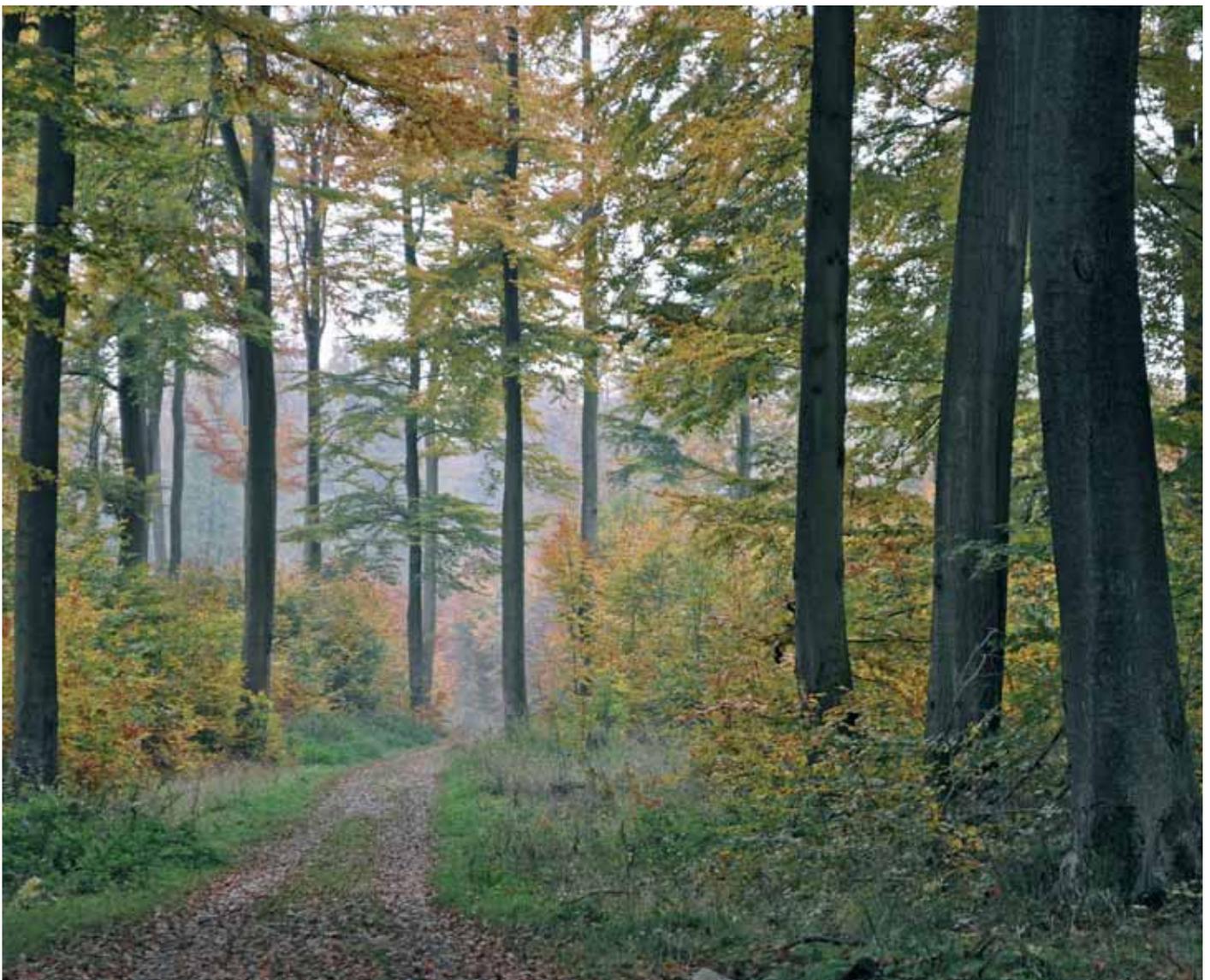


Foto: J. Evers

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

HESSEN-FORST
Verpflichtung für Generationen

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

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

Titelfoto: Heinemann, H.

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.hmuelv.hessen.de

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 Hessischen 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.