Forstliches Umweltmonitoring

Johannes Eichhorn, Uwe Paar und Inge Dammann

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

Das Forstliche Umweltmonitoring leistet dazu einen wesentlichen Beitrag. Es erfasst mittel- bis langfristig Einflüsse der Umwelt auf die Wälder wie auch deren Reaktionen, zeigt Veränderungen von Waldökosystemen auf und bewertet diese auf der Grundlage von Referenzwerten. 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.

Wartung von Bodenfeuchtemessgeräten *Foto: H. Heinemann*

Das Forstliche Umweltmonitoring geht ursprünglich von den Fragestellungen der Genfer Luftreinhaltekonvention (1979) aus. In deren Mittelpunkt stehen Belastungen der Gesellschaft und des Waldes durch Umweltveränderungen 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 (Level I seit 1984, Level II seit 1994) und die Orientierung an den dort definierten Standards ist ein hinsichtlich inhaltlicher Tiefe, räumlicher Repräsentanz, Langfristigkeit, Datenqualität und internationaler Vergleichbarkeit weltweit beispielhaftes Monitoringprogramm entstanden. Grundsätzlich werden im Forstlichen Umweltmonitoring waldflächenrepräsentative Übersichtserhebungen auf Rasterebene (Level I), die Intensive Dauerbeobachtung ausgewählter Waldökosysteme (BDF, Level II) sowie Forschungs- und Experimentalflächen unterschieden.

Das Konzept umfasst folgende Kategorien:

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

An den Level I-Punkten werden Erhebungen zu Kronen- und Baumzustand, abiotischen und biotischen Faktoren jährlich durchgeführt. Bei den Bodenzustandserhebungen werden zusätzlich Baumwachstum, Nadel-/Blattchemie, Bodenvegetation und der morphologische, physikalische und chemische Bodenzustand untersucht.
Das Monitoring auf Level II-Flächen (Standard) umfasst folgende Erhebungen:

- Kronen- und Baumzustand, abiotische und biotische Faktoren, Baumwachstum, Nadel-/Blattchemie, Bodenvegetation, Deposition sowie 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 werden hier folgende Untersuchungen zusätzlich durchgeführt:

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

Anhand von Übersichtserhebungen können frühzeitig Entwicklungen und Störungen aufgezeigt und Gegenmaßnahmen eingeleitet werden. Als erfolgreiches Beispiel ist hier die Bodenschutzkalkung zu nennen, die den Waldboden wesentlich vor

Forstliches Umweltmonitoring

anthropogenen Säureeinträgen schützt und zum Nährstoffhaushalt der Wälder positiv beiträgt. Das Intensive Monitoring ermöglicht einen viel genaueren Blick auf die Abläufe im Ökosystem und trägt wesentlich zum Verständnis der Entwicklungen bei. Im Falle von umweltpolitischen Maßnahmen ermöglicht das Monitoring insgesamt eine wirksame Kontrolle der Erfolge.

Die im Forstlichen Umweltmonitoring verwendeten Instrumente der Ökosystemüberwachung stehen europaweit harmonisiert nach den Grundsätzen des ICP Forests (Methoden: http://icp-forests.net; Manual: http://icp-forests.net/page/icp-forests-manual; sowie zum Themenbereich Baumvitalität: Manual Part IV; Eichhorn et al. 2010) und der BZE-Arbeitsanleitung sowie dem Handbuch Forstliche Analytik zur Verfügung. Qualitätssichernde und -prüfende Maßnahmen sind danach verbindlich vorgeschrieben. Sie bestätigen die Qualität und die Nutzbarkeit der Ergebnisse.

Das Untersuchungsdesign der Forstlichen Umweltkontrolle für die Bereiche Level I und Intensives Monitoring im Zuständigkeitsbereich der NW-FVA (Hessen, Niedersachsen, Sachsen-Anhalt und Schleswig-Holstein) zeigen die Karten unten.

Waldzustandserhebung – Methodik und Durchführung

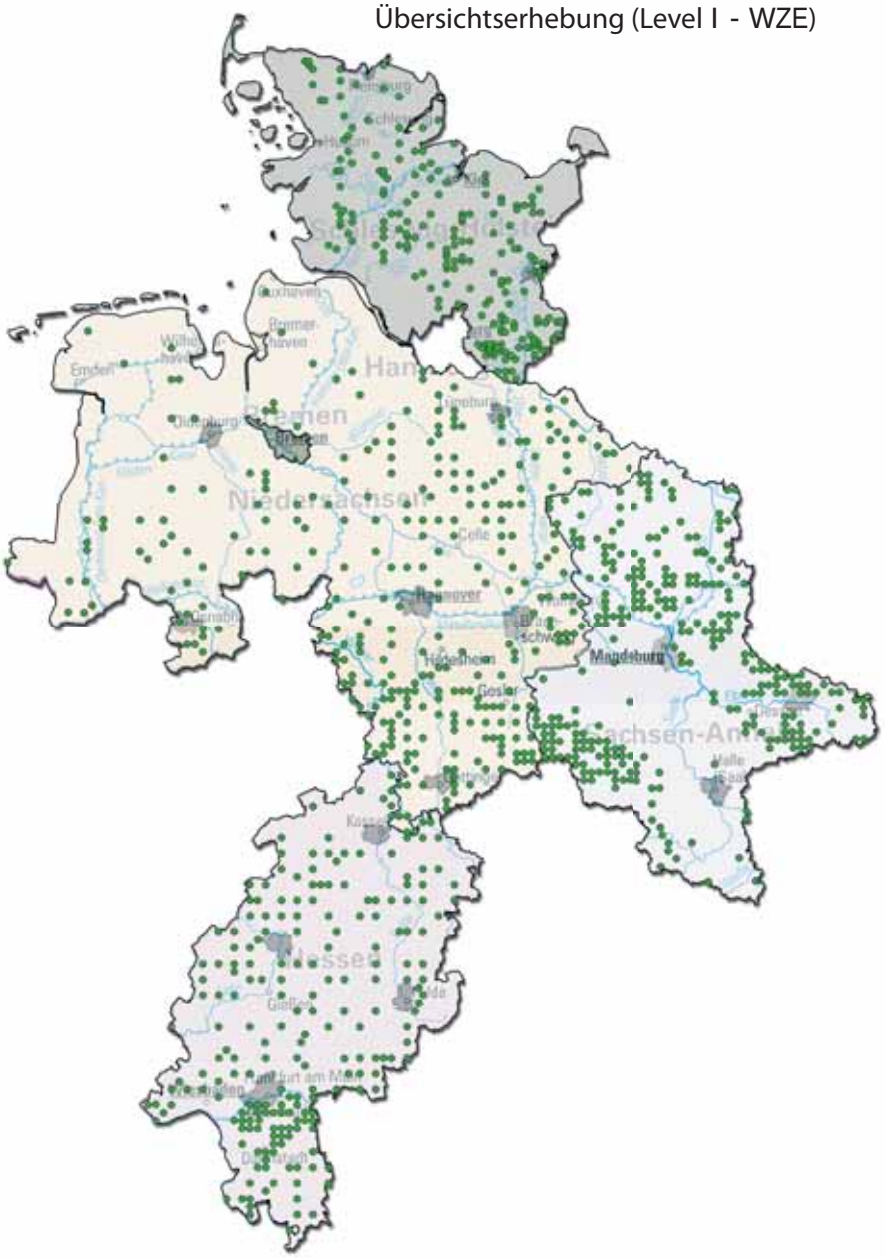
Die Waldzustandserhebung ist Teil des Forstlichen Umweltmonitorings der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt. Sie liefert als Übersichtserhebung Informationen zur Vitalität der Waldbäume unter dem Einfluss sich ändernder Umweltbedingungen.

Aufnahmeumfang

Die Waldzustandserhebung erfolgt auf mathematisch-statistischer Grundlage. Auf einem systematisch über Hessen verteilten Rasternetz werden seit 1984 an jedem Erhebungspunkt Stichprobenbäume begutachtet. Im Zeitraum 1984 bis 1997 gehörten bis zu 697 systematisch angeordnete Stichprobenpunkte zur Waldzustandserhebung. Die Rasterweite des landesweiten Stichprobennetzes beträgt seit 1998 8 km x 8 km mit 139 Stichprobenpunkten, von denen im Jahr 2012 129 Erhebungspunkte mit 3096 Stichprobenbäumen in die Inventur einbezogen

Foto: H. Heinemann

Übersichtserhebung (Level I - WZE)



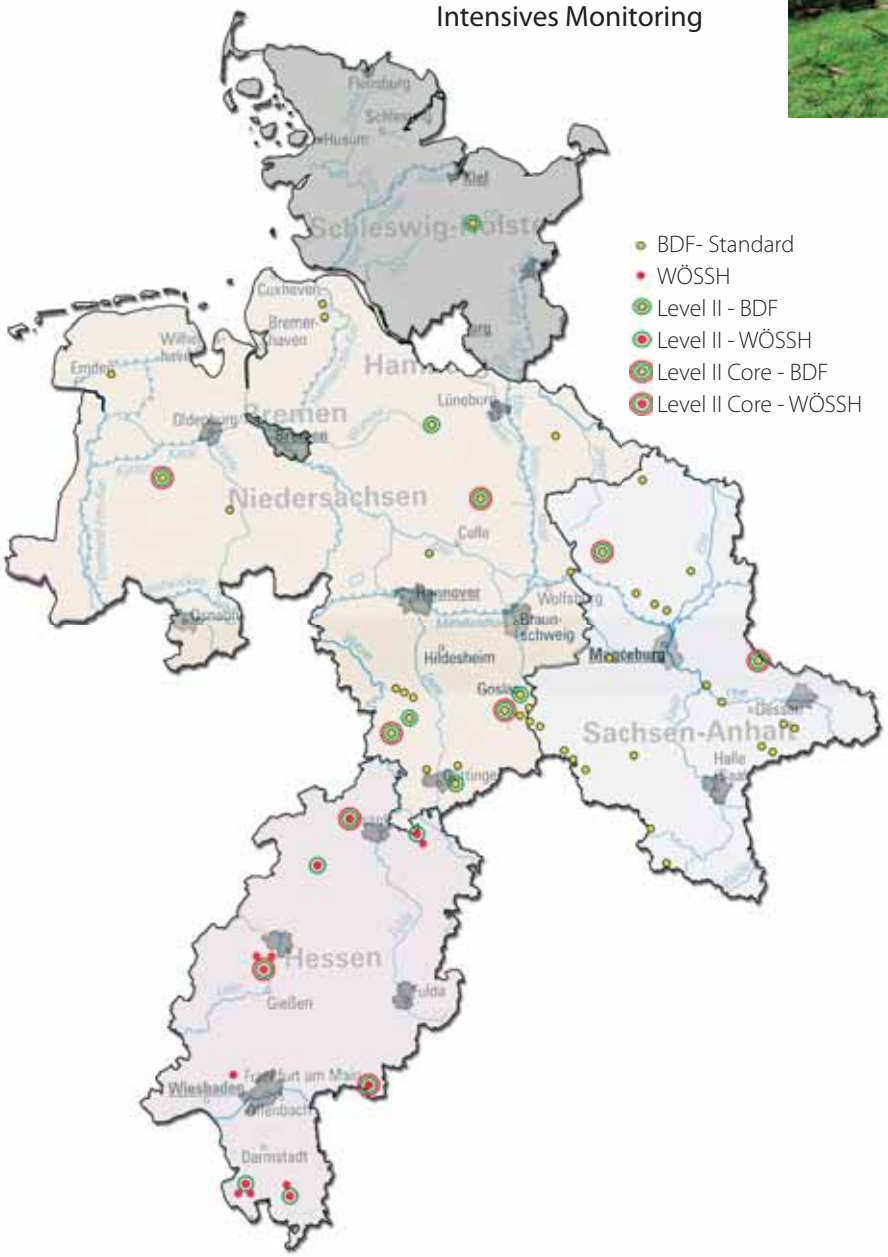
Forstliches Umweltmonitoring

werden konnten. Für die Rhein-Main-Ebene werden Erhebungen im Raster 4 km x 4 km mit 49 Stichprobenpunkten (1176 Bäume) durchgeführt. Dieser Aufnahmeumfang ermöglicht repräsentative Aussagen zum Waldzustand auf Landesebene und für das Wuchsgebiet Rhein-Main-Ebene sowie Zeitreihen für die Baumarten Buche, Eiche, Fichte und Kiefer. Im Jahr 2012 wurden die Daten der Waldzustandserhebung in Hessen in das Datenbanksystem ECO der NW-FVA integriert. Außerdem wurde die Anzahl der Stichprobenbäume am WZE-Punkt von 32 auf 24 reduziert, um eine Vereinheitlichung mit den Daten der übrigen Partnerländer zu erreichen. Alle in diesem Bericht verwendeten Abbildungen beruhen auf der Neuberechnung der Zeitreihen der Waldzustandserhebung seit 1984 anhand der konsistent vorliegenden Datenreihen. Dadurch kann es zu geringfügigen Ergebnisabweichungen gegenüber bisherigen Veröffentlichungen kommen.

Die häufigste Baumart in den hessischen Wäldern ist die Buche. In der Stichprobe der Waldzustandserhebung 2012 ist sie mit 36 % vertreten. Die Fichte nimmt einen Anteil von 20 % ein, die Kiefer von 19 % und die Eiche von 10 %. Andere Laub- und Nadelbaumarten nehmen 15 % der Stichprobe ein.

Teams der Waldzustandserhebung bei der jährlichen Schulung
Foto: H. Heinemann

Intensives Monitoring



Aufnahmeparameter

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

Mittlere Kronenverlichtung

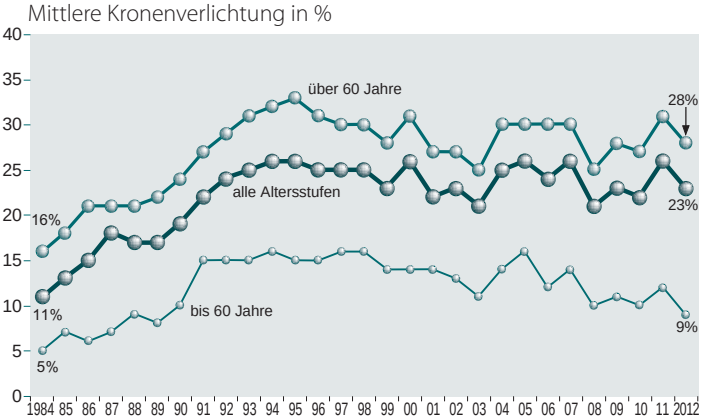
Die mittlere Kronenverlichtung ist der arithmetische Mittelwert der in 5 %-Stufen erhobenen Kronenverlichtung der Einzelbäume.

Alle Baumarten

Mittlere Kronenverlichtung

Der Kronenzustand des hessischen Waldes hat sich in 2012 mit einer mittleren Kronenverlichtung von 23 % im Vergleich zum Vorjahr um 3 %-Punkte verbessert.
Der Wert bei den älteren (über 60jährigen) Bäumen hat sich von 31 % (2011) auf 28 % verringert. Die Kronenverlichtung der jüngeren Bäume ist von 12 % (2011) auf 9 % zurückgegangen. Die Kronenverlichtung der Baumarten Buche, Fichte und Eiche liegt bei den älteren Bäumen mit einem Wert von etwa 30 % deutlich über dem Wert der Kiefer mit 24 %. Bei den jüngeren (bis 60jährigen) Bäumen zeigt im Vergleich besonders die Eiche hohe Blattverlustwerte.

Mittlere Kronenverlichtung in %



Anteil starker Schäden

Insgesamt liegt der Anteil starker Schäden (Kronenverlichtung über 60 %) über alle Baumarten und alle Alter mit durchschnittlich 3,5 % auf einem eher geringen Niveau. Der Anteil starker Schäden hat sich bei den älteren Bäumen von 5 % (2011) auf 4 % verringert. Bei den jüngeren Bäumen liegt der Anteil starker Schäden wie im Vorjahr bei nur 1 %. Die Zeitreihe zeichnet die beiden wesentlichen Ereignisse in der landesweiten Waldentwicklung der letzten 20 Jahre, die Stürme Wibke 1990 und den extremen Sommer 2003 klar nach. In beiden Fällen ist die Dauer der Nachwirkung der Ereignisse bemerkenswert.

Anteil starker Schäden, alle Baumarten, alle Alter in %

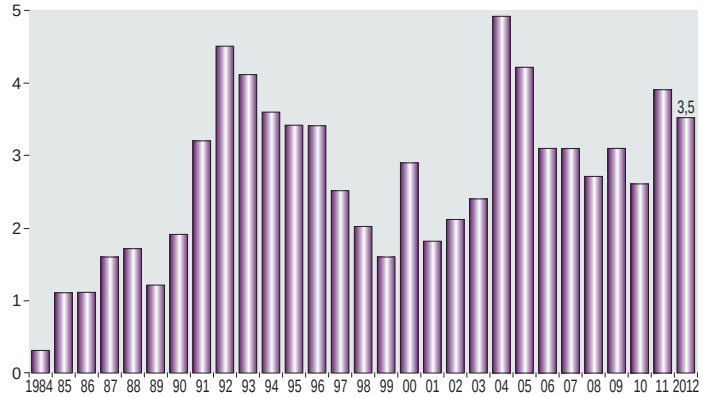


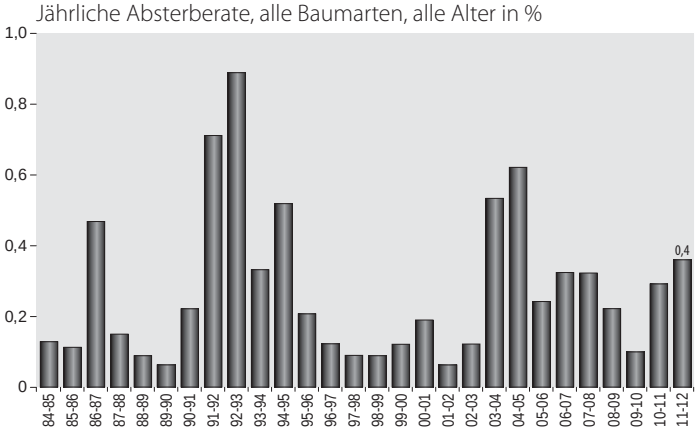
Foto: J. Evers

Alle Baumarten

Absterberate

Die Absterberate (alle Bäume, alle Alter) liegt 2011/2012 mit 0,4 % trotz Anstieg gegenüber dem Vorjahr auf einem geringen Niveau. Auch im langjährigen Mittel der Jahre 1984–2012 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.

Jährliche Absterberate, alle Baumarten, alle Alter in %



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. Geringere Säureeinträge wie auch Bodenschutzkalkungen (u. a. Magnesiumzufuhr) auf großen Teilen der Waldfläche haben in Verbindung mit waldbaulichen Maßnahmen dazu beigetragen, das Auftreten dieser Mangelerscheinung zu reduzieren.

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

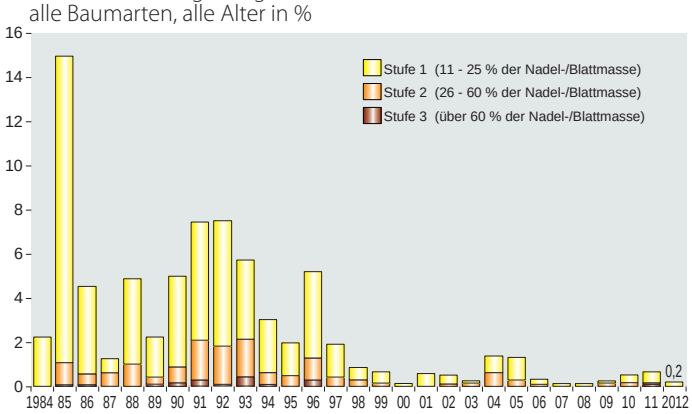


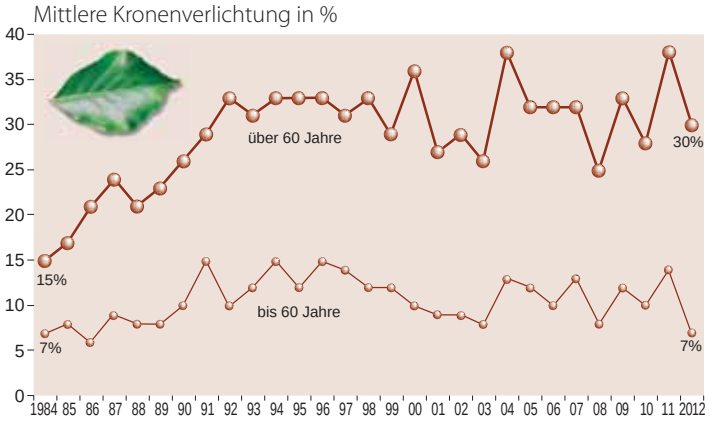
Foto: J. Evers

Buche

Ältere Buche

Bei der älteren Buche zeigt sich im Vergleich zum Vorjahr eine erhebliche Verbesserung des Kronenzustandes. Einhergehend mit dem Ausbleiben einer starken Fruchtbildung in 2012 (Anteil fruktifizierender Buchen im Alter über 60 Jahre: 0,1 %) – 2011 fruktifizierten über 90 % der älteren Buchen – hat sich die mittlere Kronenverlichtung von 38 % (2011) auf 30 % verringert.

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



Jüngere Buche

Bei der jüngeren Buche hat sich die mittlere Kronenverlichtung von 14 % (2011) auf 7 % verringert. Dies ist der niedrigste Wert seit 1986.

Absterberate

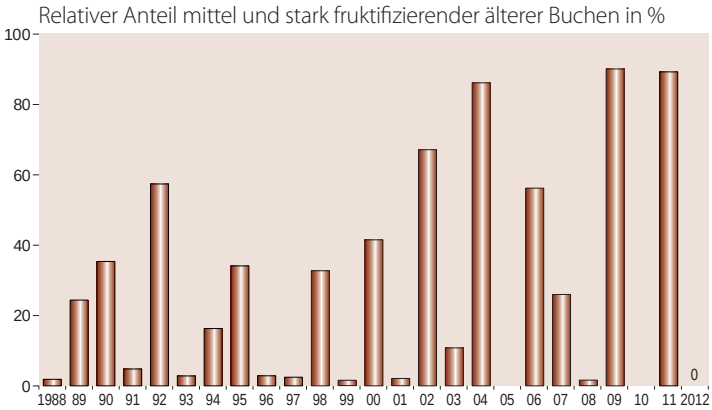
Die Buche weist im Vergleich der Hauptbaumarten seit 1984 die geringste Absterberate auf. Im Mittel liegt die Absterberate der Buche unter 0,1 %.

Foto: J. Evers

Foto: H. Heinemann

Fruchtbildung

Die Ergebnisse zur Fruchtbildung im Rahmen der Waldzustandserhebung zeigen für die Buche eine Tendenz in kurzen Abständen und vielfach intensiv zu fruktifizieren. Dies steht im Zusammenhang mit einer Häufung warmer Jahre sowie einer erhöhten Stickstoffversorgung der Bäume. Nach Jahren starker Fruktifikation folgt in charakteristischer Weise in der Regel ein Jahr geringer Fruchtbildung. 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 1988-2012 alle 2,8 Jahre eine starke Mast.



Eiche

Ältere Eiche

Die Kronenverlichtung der älteren Eiche hat sich seit dem letzten Jahr um 5 %-Punkte erhöht (2011: 25 %; 2012: 30 %). Dabei wird der Verlauf der Kronenverlichung der Eiche stark durch das unterschiedlich ausgeprägte Vorkommen der Eichenfraßgesellschaft bestimmt.

Jüngere Eiche

Der Blattverlust der jüngeren Eiche liegt mit 21 % nahezu auf dem hohen Niveau des Vorjahres (22 %).

Starke Schäden

Der Anteil starker Eichenschäden (alle Alter) hat sich von 3 % (2011) auf 5 % erhöht.

Absterberate

Trotz lokal feststellbarer Absterbeprozesse liegt die Absterberate der Eiche auf dem repräsentativen Landesraster auch in 2012 bei einem niedrigen Wert von 0,3 %.

Foto: T. Friedhoff

Mittlere Kronenverlichtung in %

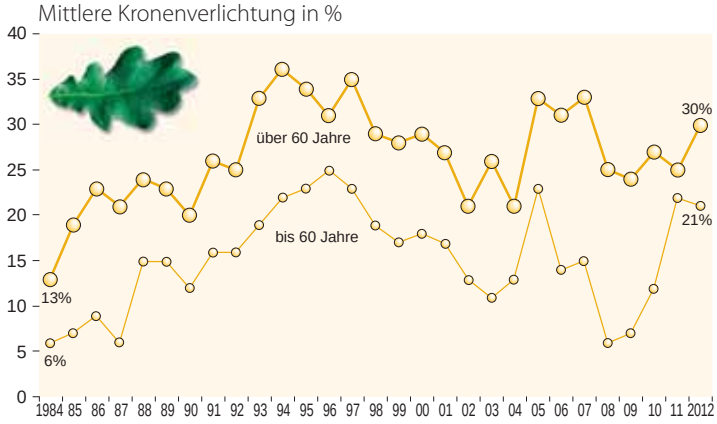


Foto: NW-FVA

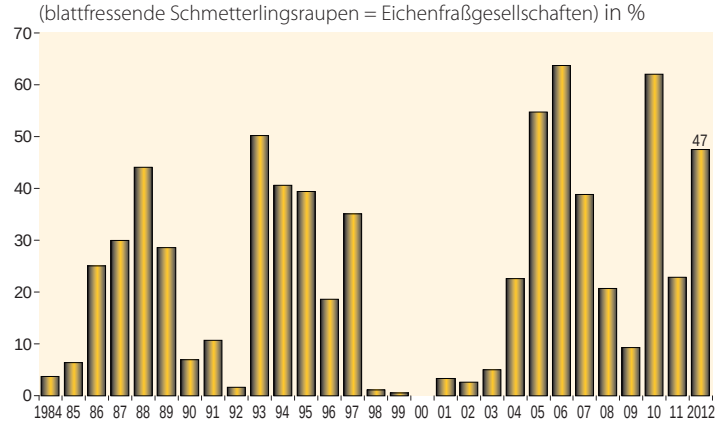
Fraßschäden

Nach den starken Fraßschäden durch blattfressende Schmetterlingsraupen in der 2. Hälfte der 1980er Jahre und Mitte der 1990er Jahre zeigte sich seit 2004 eine erneute Periode einer ausgeprägten Gradation der so genannten Eichenfraßgesellschaft.

Im Vergleich zum Vorjahr (23 %) hat sich der Anteil der erkennbaren Fraßschäden durch blattfressende Schmetterlingsraupen wieder erhöht (2012: 47 %). Das Ausbleiben von mehrjährigen Erholungsphasen wirkt sich insgesamt negativ auf den Belaubungszustand der Eichen aus.

Die jährliche Dauerbeobachtung der Wälder unterstützt zeitnah die Erkenntnisse über Schadinsekten und Pilze für den Wald des Landes Hessen.

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



Fichte

Ältere Fichte

Bei der älteren Fichte hat sich die mittlere Kronenverlichtung von 31 % (2011) auf 28 % verringert.

Jüngere Fichte

Auch bei der jüngeren Fichte hat sich die mittlere Kronenverlichtung von 10 % (2011) auf 9 % (2012) geringfügig verringert.

Starke Schäden

Bei der Fichte war der Anteil starker Schäden nach dem Trockenjahr 2003 von 1 % auf bis zu 4 % in 2005 angestiegen. In 2012 zeigen dagegen nur 1 % der Fichten starke Schäden.

Absterberate

Die Absterberate der Fichte liegt im Mittel der Jahre 1984-2012 bei 0,4 %. Im Anschluss an die Sturmwürfe Anfang der 1990er Jahre und 2007 sowie nach dem Trockenjahr 2003 wurden für einige Jahre erhöhte Absterberaten ermittelt. In 2012 liegt die Absterberate bei 0,7 %.

Foto: J. Evers

Mittlere Kronenverlichtung in %

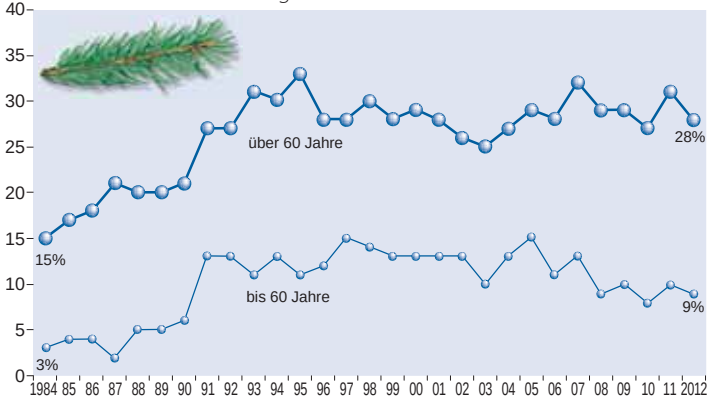
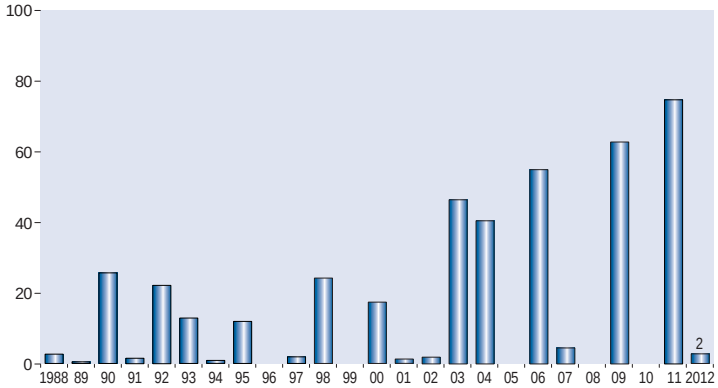


Foto: T. Friedhoff

Fruchtbildung

Die Fruchtbildung der Fichte zeigt Parallelen zum Fruchtbildungsrhythmus der Buche. Die Zeitreihe der Fichte belegt, dass die Intensität der Fruchtbildung im Beobachtungszeitraum seit Ende der 80er Jahre bis 2012 deutlich zugenommen hat. Während im Zeitraum 1988 bis 2002 keine starken Masten (mehr als ein Drittel der älteren Fichten weist mittlere und starke Fruchtbildung auf) auftraten, war dies von 2003 bis 2012 fünfmal der Fall. Rechnerisch ergibt sich für den Zeitraum 1988 bis 2012 alle 5 Jahre eine starke Mast, für den Zeitraum ab 2003 alle 2 Jahre.

Relativer Anteil mittel und stark fruktifizierender älterer Fichten in %



Kiefer

Ältere Kiefer

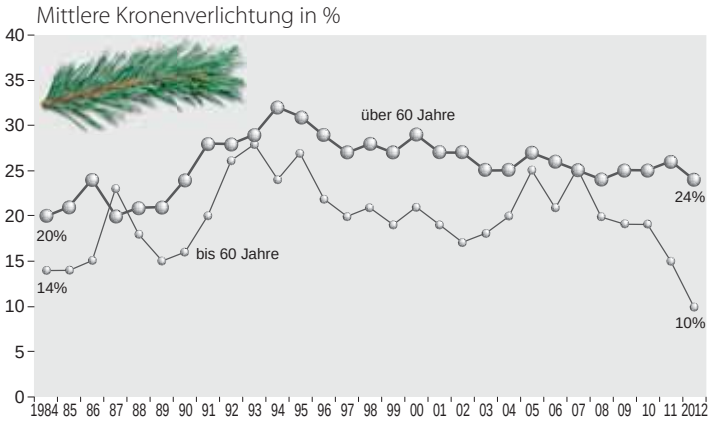
Die mittlere Kronenverlichtung der älteren Kiefer hat sich von 26 % (2011) auf 24 % geringfügig verbessert. Insgesamt zeigt die ältere Kiefer – im Vergleich zu den anderen Hauptbaumarten – während des Beobachtungszeitraums den geringsten Anstieg der Kronenverlichtung.

Jüngere Kiefer

Die mittlere Kronenverlichtung der jüngeren Kiefer hat sich von 15 % (2011) auf 10 % deutlich verbessert. Aktuell wird damit der bislang niedrigste Wert der Zeitreihe seit 1984 festgestellt.

Starke Schäden

Der Anteil starker Schäden liegt bei der Kiefer im langjährigen Mittel bei 3 %. Nach dem Trockenjahr 2003 hatte sich der Anteil von 3 % (2003) in der Folgezeit bis 2007 auf 5 % erhöht. In diesem Jahr beträgt der Anteil deutlicher Schäden 4 %.



Absterberate

Die Absterberate der Kiefer schwankt im Erhebungszeitraum zwischen 0 und 2 %. In 2012 liegt sie bei 0,9 %.

Foto: NW-FVA

Wald in der Rhein-Main-Ebene

Die Befunde der Waldzustandserhebungen belegen für die Rhein-Main-Ebene im Vergleich zu Gesamthessen einen grundsätzlich ungünstigeren Vitalitätszustand.

Eichen zählen zu den charakteristischen Bäumen dieser Region, die an die dortigen Klimabedingungen grundsätzlich gut angepasst sind. Die Ergebnisse verdeutlichen jedoch gerade für die Eiche, dass diese Baumart besonders belastet ist.

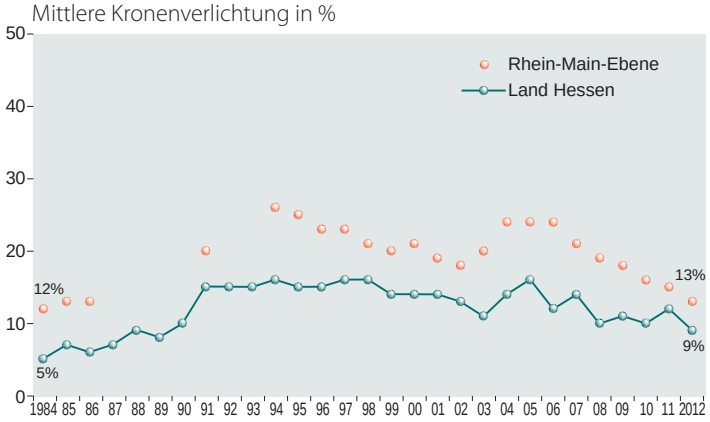
Bei nahezu gleichem Ausgangsniveau zu Beginn der Zeitreihe hat sich die Kronenverlichtung der älteren Eiche in der Region von 15 % (1984) auf 39 % (2012) erhöht, im Land Hessen dagegen von 13 % auf 30 %.

Für die Eiche, wie auch für andere Baumarten in der Rhein-Main- Ebene, zeichnet sich während der letzten Jahre allerdings ein leichter Trend der 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 2012 auf 11 %. Ein nach wie vor hoher Wert, denn für Gesamthessen liegt der Durchschnitt für den Beobachtungszeitraum bei nur 3 %.

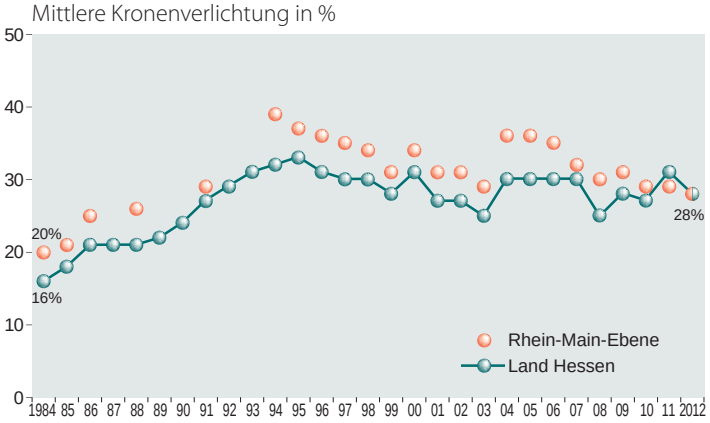
Bereits im Rahmen der ersten Aufnahme zum Mistelbefall an der Kiefer im Jahr 2002 wurde für ca. ein Drittel der Kiefern in der Rhein-Main-Ebene Mistelbefall festgestellt. Seitdem erhöhte sich der Anteil von Kiefern mit Mistelbefall auf 37 %. Zwar ist die Mistel als natürlicher Begleiter von Wäldern anzusehen, ihr gehäuftes Vorkommen kann jedoch als Hinweis auf ökologische Ungleichgewichte interpretiert werden.

Mistelbefall *Foto: T. Ullrich*

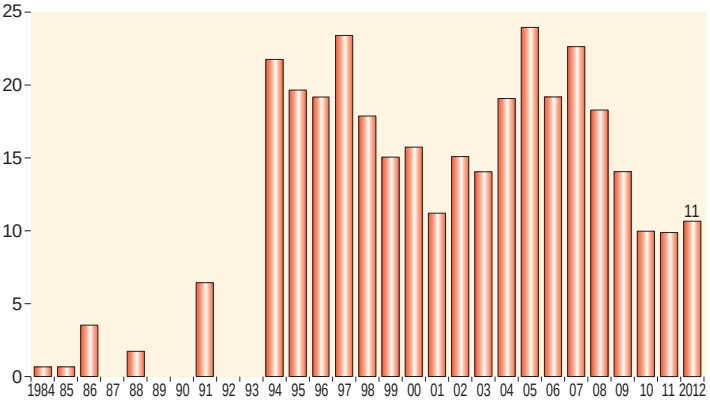
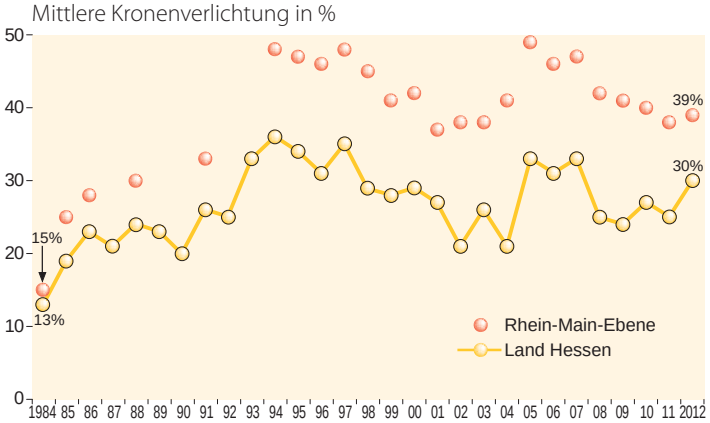
Alle Baumarten, bis 60 Jahre
Mittlere Kronenverlichtung in %



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 %