



SACHSEN-ANHALT

Ministerium für
Landwirtschaft und Umwelt

Waldzustandsbericht 2014



NW-FVA

Nordwestdeutsche
Forstliche Versuchsanstalt

Vorwort



Liebe Leserinnen, liebe Leser,

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

Der Winter 2013/2014 und das darauffolgende Frühjahr waren überdurchschnittlich warm, trocken und sonnenreich. Viele Waldbäume reagierten daraufhin mit einem frühen Austrieb. Der Mai brachte dann erhebliche Niederschläge, die den Pilzbefall förderten. Dieser spezielle Witterungsverlauf hatte erheblichen Einfluss auf die Entstehung und Entwicklung verschiedener Schadbilder.

In den vergangenen zwei Jahren gingen die Schäden durch die Eichenfraßgesellschaft zurück, wobei die Folgeerscheinungen noch nicht abgeklungen sind. Im Jahr 2014 wurde in Sachsen-Anhalt erstmals seit mehreren Jahren keine forstliche Bekämpfung von Schadinsekten mit Luftfahrzeugen durchgeführt.

Die mittlere Kronenverlichtung der Waldbäume in Sachsen-Anhalt beträgt in diesem Jahr 15 Prozent, das Gesamtergebnis für alle Baumarten und Alter ist damit seit dem Jahr 2009 unverändert. Die Ergebnisse der Waldzustandserhebung zeigen einen deutlichen Alterstrend: Die mittlere Kronenverlichtung der über 60-jährigen Waldbestände liegt mit 19 Prozent mehr als doppelt so hoch wie in jüngeren Waldbeständen (7 %). Dennoch hat sich der allgemeine Waldzustand gegenüber den zurückliegenden Jahren positiv entwickelt.

Die Waldzustandserhebung wird weitergeführt: Unsere Waldökosysteme sind in der Zukunft vermehrten äußeren Einflüssen auch infolge des Klimawandels ausgesetzt. Gleichzeitig ändern sich die Ansprüche der Gesellschaft an den Wald. Einer genauen Beobachtung des Waldzustands als Grundlage für waldpolitische Entscheidungen bedarf es daher auch weiterhin.

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

Dr. Hermann Onko Aeikens
Minister für Landwirtschaft und Umwelt Sachsen-Anhalt
Magdeburg, Dezember 2014

Hauptergebnisse

Waldzustandserhebung (WZE)

Die mittlere Kronenverlichtung der Waldbäume in Sachsen-Anhalt beträgt in diesem Jahr 15 %, das Gesamtergebnis für alle Baumarten und Alter ist damit seit 2009 unverändert. In der Zeitreihe der Waldzustandserhebung wurden nur 1997 und 2007 günstigere Werte verzeichnet. Die Ergebnisse der Waldzustandserhebung zeigen einen deutlichen Alterstrend: Die mittlere Kronenverlichtung der über 60-jährigen Waldbestände liegt mit 19 % mehr als doppelt so hoch wie die der jüngeren Waldbestände (7 %).

Die Baumarten reagieren unterschiedlich. Die Baumartenverteilung in der WZE-Stichprobe in Sachsen-Anhalt ergibt für die Kiefer einen Flächenanteil von 53 %, Eiche und Fichte sind jeweils mit 11 % und die Buche mit 8 % vertreten. Die anderen Laubbäume nehmen einen Anteil von 15 %, die anderen Nadelbäume von 2 % ein.

In den ersten Erhebungsjahren wurden für die ältere Kiefer relativ hohe mittlere Kronenverlichtungswerte (1991: 31 %) festgestellt, inzwischen hat sich die Benadelungsdichte der Kiefer merklich verbessert. Seit 1996 schwankt die mittlere Kronenverlichtung zwischen 10 und 18 %. Mit einer mittleren Kronenverlichtung von 14 % in diesem Jahr ist der Kronenzustand wei-

terhin markant besser als der von Fichte, Buche und Eiche. Für die ältere Fichte wurden die höchsten Verlichtungswerte in den Jahren 2004 (34 %) und 2005 (35 %) ermittelt. Seitdem geht die mittlere Kronenverlichtung leicht zurück und beträgt in diesem Jahr 27 %.

Im Beobachtungszeitraum sind erhebliche Schwankungen in der Belaubungsdichte der älteren Buche aufgetreten, die höchsten Kronenverlichtungswerte wurden im Jahr 2004 (43 %) ermittelt. Im Jahr 2014 wurde für die ältere Buche eine mittlere Kronenverlichtung von 30 % festgestellt.

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

Bei den anderen Laubbäumen (alle Alter) bleibt der relativ günstige Kronenverlichtungsgrad (15 %) auch 2014 erhalten.

Der Anteil starker Schäden für den Gesamtwald in Sachsen-Anhalt erreicht mit 1,5 % den niedrigsten Wert in der Zeitreihe und auch die Absterberate (0,3 %) liegt weiterhin auf einem insgesamt sehr geringen Niveau.



Foto: J. Evers

Hauptergebnisse

Witterung und Klima

Der Winter 2013/2014 und das folgende Frühjahr waren überdurchschnittlich warm, trocken und sonnenscheinreich. Viele Waldbäume reagierten auf diesen Witterungsverlauf mit einem frühen Austrieb. Der Sommer zeigte sich sehr wechselhaft mit Hitzewellen, Gewittern und starken Niederschlagsereignissen.



Foto: H. Heinemann

Waldschutz

In den vergangenen zwei Jahren gingen die Schäden durch die Eichenfraßgesellschaft zurück. Die Folgeerscheinungen sind jedoch noch nicht abgeklungen, örtlich sind in den vergangenen Monaten erneut zahlreiche Eichen meist unter Beteiligung von Hallimasch- und teilweise auch Prachtkäferbefall abgestorben.

Erstmals seit mehreren Jahren wurde in Sachsen-Anhalt 2014 keine forstliche Bekämpfung von Schadinsekten mit Luftfahrzeugen durchgeführt.

Insbesondere in der nördlichen Hälfte Sachsen-Anhalts sind ab Mai/Juni 2014 Kronenverlichtungen meist an Altkiefern auffällig geworden, die weder auf Fraßereignisse noch auf *Diplodia*-Befall zurückgeführt werden konnten. Untersuchungsbefunde deuten darauf hin, dass es sich um Kronenverlichtungen aufgrund mehrerer, komplex wirkender Ursachen handelt.

Das Eschentriebsterben und das Kieferntriebsterben sind in Sachsen-Anhalt verbreitet.

Stoffeinträge

2013 betrug der Gesamtsäureeintrag pro Hektar im Freiland $0,6 \text{ kmol}_c$, $1,1 \text{ kmol}_c$ unter Kiefer und $1,3 \text{ kmol}_c$ unter Douglasie. Im Vergleich zum Mittel der Jahre 1998-2000 ist er im Freiland um 30 % (Nedlitz) bzw. 13 % (Klötze) zurückgegangen und unter Kiefer um 26 % (Nedlitz) bzw. 10 % (Klötze). Aufgrund der geringen Nährstoffvorräte im Boden der untersuchten Bestände übersteigen die Gesamtsäureeinträge jedoch nach wie vor das nachhaltige Puffervermögen dieser Standorte. Zum Schutz der Waldböden und ihrer Filterfunktion ist daher eine standortsangepasste Bodenschutzkalkung empfehlenswert.

Ernährungssituation der Fichte

Ein Vergleich walderährungskundlicher Daten zur Fichte der BZE I (1992) zur BZE II (2007/2008) zeigt eine Erhöhung der Stickstoffkonzentration in den Fichtennadeln. Die Schwefel- und Kaliumkonzentrationen waren 1992 höher als 2007/2008. Für Magnesium und Eisen wurde kein signifikanter Trend ermittelt.

Bodenvegetation

Mit dem im Rahmen der Bodenzustandserhebung (BZE II) erhobenen Vegetationsdatensatz wurde für Niedersachsen, Hessen und Sachsen-Anhalt das Vorkommen von Waldbodenpflanzen in bestimmten Pufferbereichen statistisch fundiert abgeleitet. Die Bestimmung der Pufferbereiche über die Zeigerarten ist ein wichtiges Hilfsmittel zur Ansprache der Nährstoffverfügbarkeit von Waldstandorten.



Foto: T. Ullrich

Waldbäche

Untersuchungen zur Wasserqualität von Waldbächen im Harz zeigen, dass die Maßnahmen zur Reduktion der Schwefel-einträge in die Wälder auch zu verminderten Schwefel-Konzentrationen in den Waldbächen geführt haben. Außerdem wurde ein Anstieg der pH-Werte festgestellt.

Grundwasserneubildung

Die Untersuchungen zum Wasserhaushalt auf den BZE II-Standorten in Sachsen-Anhalt zeigen, dass die Grundwasserneubildung von vielen standörtlichen Faktoren abhängt und kleinräumig stark variiert. Bereits unter heutigen Klimabedingungen weisen viele Waldstandorte im Tiefland geringe Grundwasserneubildungsraten auf ($< 100 \text{ mm/Jahr}$). In Zukunft muss unter der Annahme des Klimaszenarios RCP8.5 mit einer signifikanten Abnahme der Grundwasserneubildung gerechnet werden, so dass auf vielen Tieflandstandorten der Grundwasserspeicher nur noch episodisch durch Niederschlag aufgefüllt wird.

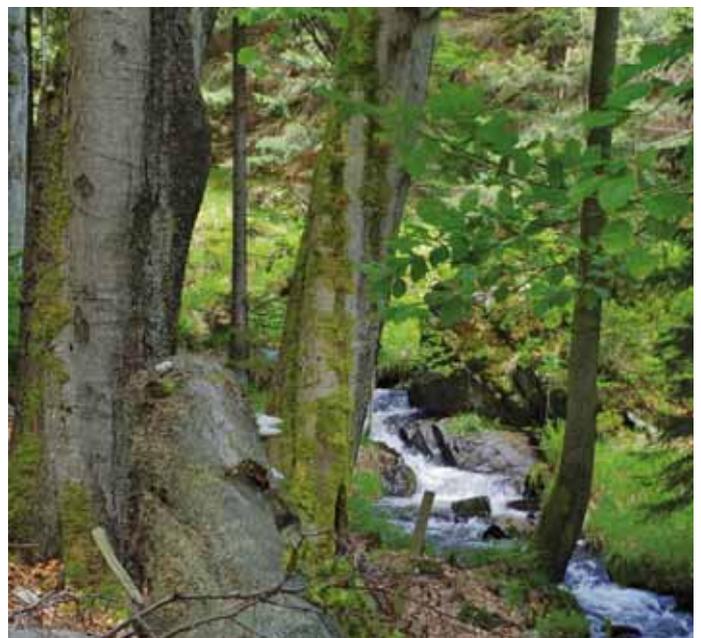


Foto: R. Steffens

Forstliches Umweltmonitoring

Johannes Eichhorn, Uwe Paar, Henning Meeseburg,
Nils König, Jörg Weymar und Inge Dammann

Aufgaben

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

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

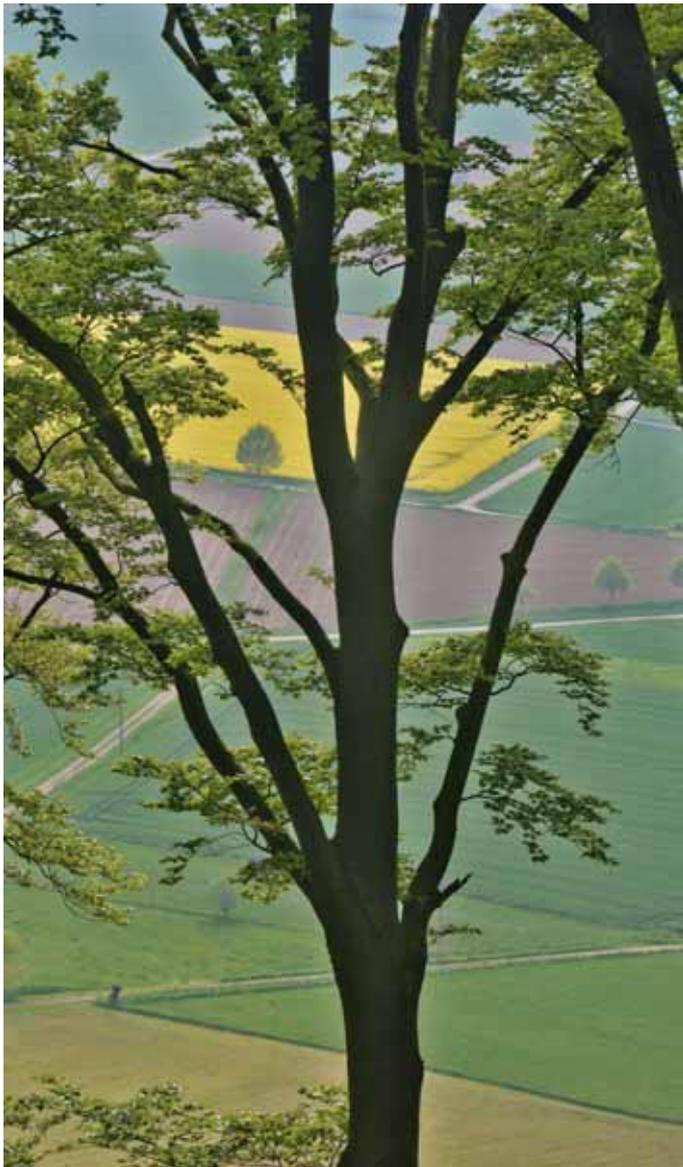


Foto: J. Evers

auf der Grundlage von Referenzwerten. Die Forstliche Umweltkontrolle leistet Beiträge zur Daseinsvorsorge, arbeitet die Informationen bedarfsgerecht auf, erfüllt Berichtspflichten, gibt Entscheidungshilfen für die Forstpraxis und berät die Politik auf fachlicher Grundlage.

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

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

Konzept

Grundsätzlich werden im Forstlichen Umweltmonitoring waldfächenrepräsentative Übersichtserhebungen auf Rasterebene (Level I), die intensive Dauerbeobachtung ausgewählter Waldökosysteme im Rahmen verschiedener Beobachtungsprogramme (Bodendauerbeobachtungsprogramm (BDF), Level II, Waldökosystemstudie Hessen (WÖSSH)) sowie Experimentalflächen unterschieden.

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

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

An den Level I-Punkten werden folgende Erhebungen durchgeführt:

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

Forstliches Umweltmonitoring

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

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

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

- Deposition, Bodenlösung, Streufall, Meteorologie und Bodenhydrologie.

Auf den Flächen der Waldökosystemstudie Hessen (WÖSSH) werden auf repräsentativen Standorten Waldökosystemzustände und -prozesse beobachtet, um Veränderungen von Waldfunktionen durch Umwelteinflüsse zu detektieren. Die Erhebungen auf WÖSSH-Flächen beinhalten folgende Indikatoren:

- Deposition, Bodenlösung, Nadel-/Blatternahrung, Baumwachstum, Kronen- und Baumzustand, abiotische und biotische Faktoren, chemischer und physikalischer Bodenstatus sowie Bodenvegetation.

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

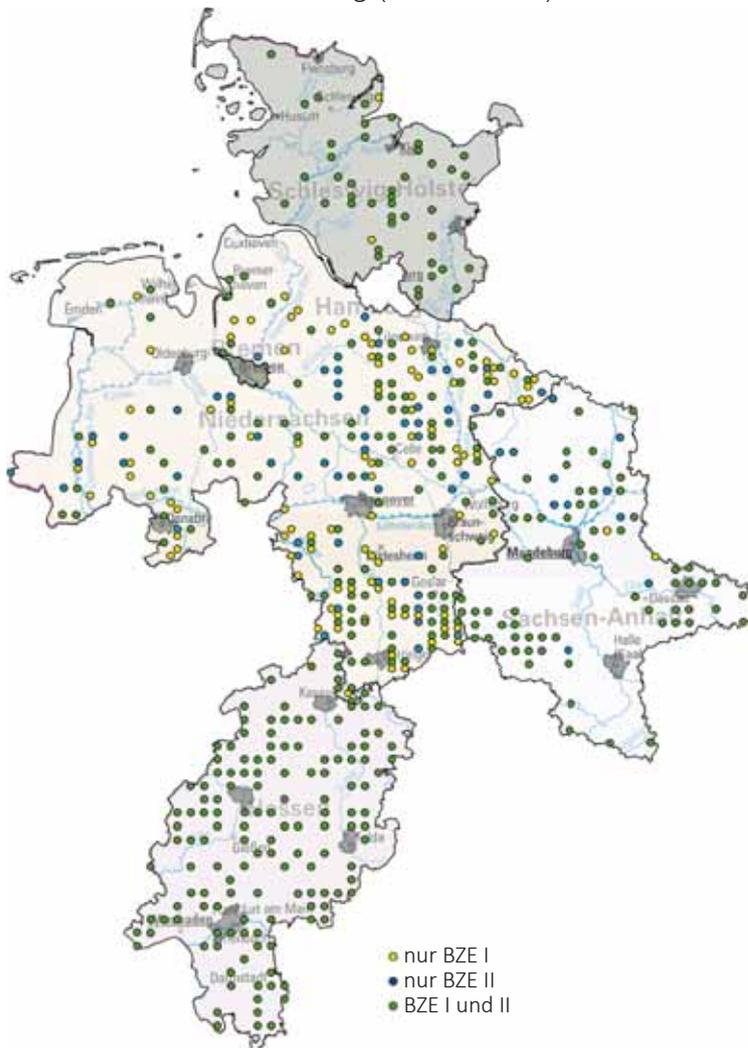
- Kronen- und Baumzustand, abiotische und biotische Faktoren, Baumwachstum, Nadel-/Blatternahrung, Bodenvegetation, Deposition, Bodenstatus.

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

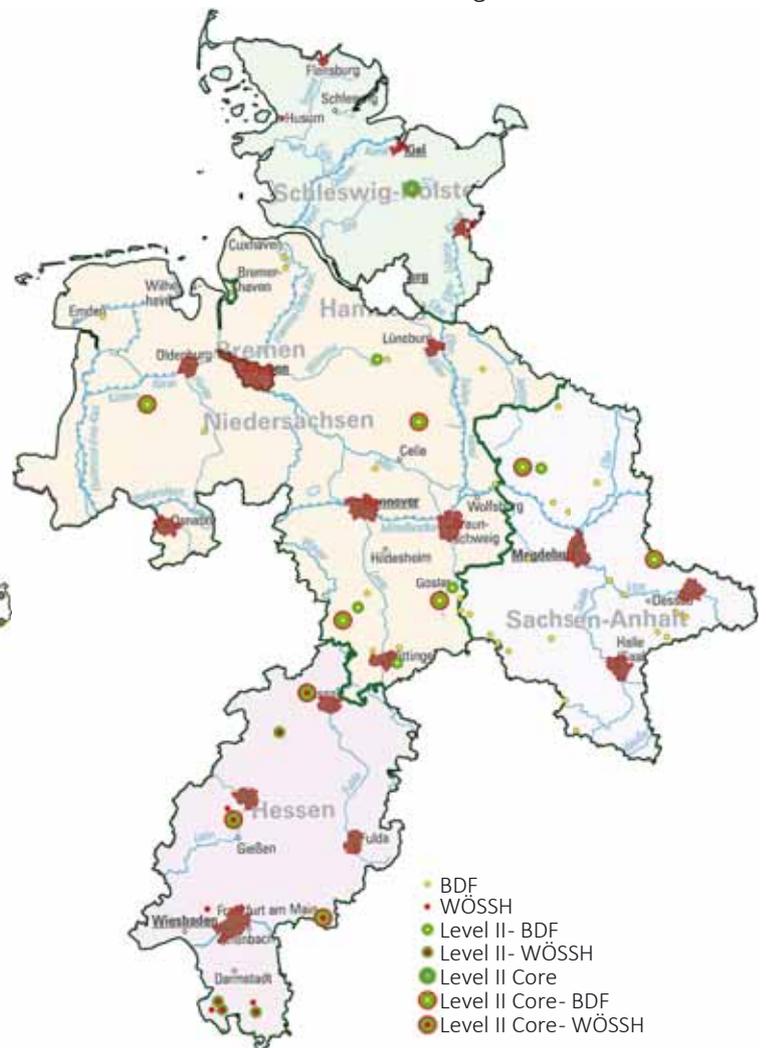
- Streufall, Baumphänologie, Baumwachstum (intensiviert), Bodenlösung, Bodenfeuchte, Luftqualität, Meteorologie.

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

Übersichtserhebung (Level I - BZE)



Intensives Monitoring



Forstliches Umweltmonitoring

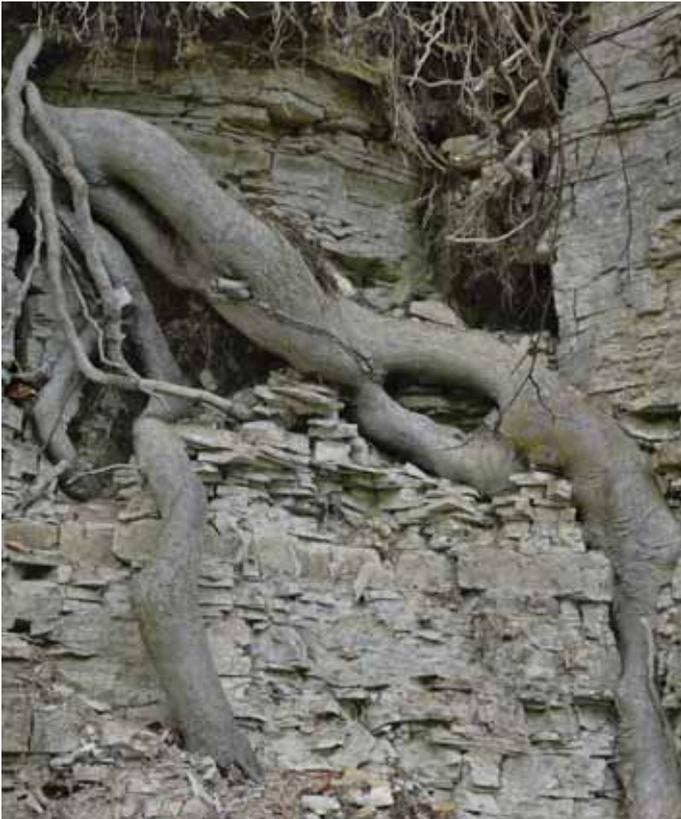


Foto: J. Evers

Die im Forstlichen Umweltmonitoring verwendeten Instrumente der Ökosystemüberwachung stehen europaweit harmonisiert nach den Grundsätzen des ICP Forests (Methoden: <http://icp-forests.net>; Manual: <http://icp-forests.net/page/icp-forests-manual>), der BDF-Arbeitsanleitung (Barth et al. 2000), der BZE-Arbeitsanleitung (Wellbrock et al. 2006) sowie dem Handbuch Forstliche Analytik (BMELV (Hrsg.) 2005) zur Verfügung. Qualitätssichernde und -prüfende Maßnahmen sind danach verbindlich vorgeschrieben. Sie bestätigen die Qualität und die Nutzbarkeit der Ergebnisse.

Das Untersuchungsdesign der Forstlichen Umweltkontrolle für die Bereiche Level I, Intensives Monitoring und Experimentalflächen für die Länder Hessen, Niedersachsen, Bremen, Sachsen-Anhalt und Schleswig-Holstein zeigen die Abbildungen auf den Seiten 6 und 7 unten.

Qualitätsmanagement in der forstlichen Analytik

Seit nunmehr 25 Jahren werden im Umweltlabor der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt die chemischen Analysen von Wasser-, Boden- und Pflanzenproben aus den langjährigen Umweltmonitoring-Programmen und zahlreichen Versuchen zur Kalkung, Düngung, Bodenbearbeitung oder unterschiedlichen Nutzungsformen durchgeführt. Insbesondere bei Untersuchungen für langfristige Zeitreihen muss sichergestellt sein, dass die angewandten Untersuchungs- und Elementbestimmungsmethoden vergleichbare Ergebnisse liefern. Um dies zu gewährleisten, sind nicht nur eine umfangreiche Methodendokumentation, sondern auch eine kontinuierliche Anpassung der Methoden an die jeweils neuste Analysegeräte-Generation und ein umfangreicher Methodenvergleich bei wechselnden Methoden nötig. Aus diesem Grund hat das Labor der NW-FVA bereits sehr früh ein sogenanntes Labor-Informations- und Management-System (LIMS) entwickelt und eingeführt, das nicht nur den Laborablauf steuert und als Datenbank für alle im Labor erhobenen Daten dient, sondern auch für jeden Arbeitsschritt (Probenvorbereitung, Aufschluss- oder Extraktionsverfahren, Parameter-Messung) die angewandte Methodik eindeutig dokumentiert. In Kombination mit den bei Methodenwechseln immer durchgeführten Methodenvergleichen können so auch jahrzehntealte Untersuchungsergebnisse mit heutigen Daten verglichen und gemeinsam ausgewertet werden. Da alle seit 1989 angewandten Methoden in aktuell 15 Bänden der Berichtsreihe Waldökosystemforschung veröffentlicht worden sind, können nachträglich Untersuchungen zur Vergleichbarkeit von Daten oder Methoden durchgeführt werden.

Neben der langfristigen Datenhaltung in Datenbanken und der damit verknüpften Methodendokumentation mit einem durch den Gutachterausschuss Forstliche Analytik (GAFA) eingeführten, bundesweit einheitlichen Methoden-Code stellt ein laborinternes und -externes Qualitätskontrollsystem sicher, dass nur qualitätsgeprüfte Analyseergebnisse in die Datenbanken und an die auswertenden Wissenschaftler/-innen weitergegeben werden. Dazu wurde dem LIMS ein im Hause entwickeltes Datenprüf- und Übertragungsprogramm RELAQs vorgeschaltet, das die Messdaten der Analysegeräte nach verschiedenen Kriterien überprüft und dann an das LIMS überträgt. So werden fehlerträchtige Übertragungen von

Experimentalflächen



Forstliches Umweltmonitoring



Messungen von Wasser-, Boden- und Humusproben im Labor der NW-FVA
Foto: N. König

Analysedaten per Hand weitestgehend vermieden. Im LIMS werden weitere methodenübergreifende Qualitätsprüfungen durchgeführt. Neben den Standardmaterialprüfungen und der dazugehörigen Führung von Blindwert- und Mittelwertkontrollkarten erfolgen diverse Bilanzprüfungen (Stickstoffbilanz, Kohlenstoffbilanz, Na/Cl-Verhältnis, Ionen- und Leitfähigkeitsbilanz bei Wasserproben), pH-Wert-Plausibilitätsprüfungen und eine Kontrolle der Wiederholungsproben. Im Falle der Nichteinhaltung vorgegebener Kriterien werden automatisch Nachmessungen vom System angefordert, die dann im Labor durchgeführt werden.

Die externe Qualitätssicherung des Labors ist durch die regelmäßige Teilnahme an zahlreichen Ringanalysen sichergestellt. Neben den zweijährigen Bodenringanalysen des GAFA und den Boden-, Pflanzen- und Wasserringanalysen im Rahmen des europäischen ICP Forests-Programms beteiligt sich das Labor an den europäischen ISE- und EMEP-Ringanalysenprogrammen für Boden- bzw. Wasserringanalysen.

Für spezielle Analysenprogramme, an denen viele Labore in Deutschland oder Europa beteiligt sind, werden darüber hinaus programmbegleitende Ringanalysen und Kontrollprobenuntersuchungen durchgeführt, deren Ergebnisse Aussagen über die Datenvergleichbarkeit zulassen. So wurde z. B. bei der 2. Bodenzustandserhebung im Wald (BZE II) neben der genauen Festlegung der zu verwendenden Untersuchungs- und Analysemethoden ein sechsjähriges Kontrollprogramm mit fünf Ringanalysen und sechs von allen Labors kontinuierlich mitzumessenden Kontrollstandards durchgeführt und danach die Vergleichbarkeit der Daten ermittelt.

Ein weiteres wichtiges Element des Qualitätsmanagements ist der kontinuierliche Informationsaustausch über Methoden- und Geräteentwicklungen sowie Methodenvergleiche zwischen den Laborleiter/-innen der bundesdeutschen forstlichen Labore GAFA und in der Arbeitsgruppe Qualitätskontrolle im europäischen ICP-Forests-Programm.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass sich das aufwändige Qualitätsmanagement des Umweltlabors der NW-FVA bewährt hat, wie die immer wieder hervorragenden Ergebnisse des Labors bei Ringanalysen auf deutscher und europäischer Ebene zeigen.

Waldzustandserhebung – Methodik und Durchführung

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

Aufnahmeumfang

Die Waldzustandserhebung erfolgt auf mathematisch-statistischer Grundlage. Auf einem systematisch über Sachsen-Anhalt verteilten Rasternetz werden seit 1991 an jedem Erhebungspunkt 24 Stichprobenbäume begutachtet. In einsehbaren Beständen sind Kreuztrakte mit markierten Stichprobenbäumen angelegt. In dichten, nicht einsehbaren Beständen werden in Quadrattrakten Stichprobenbäume ausgewählt.

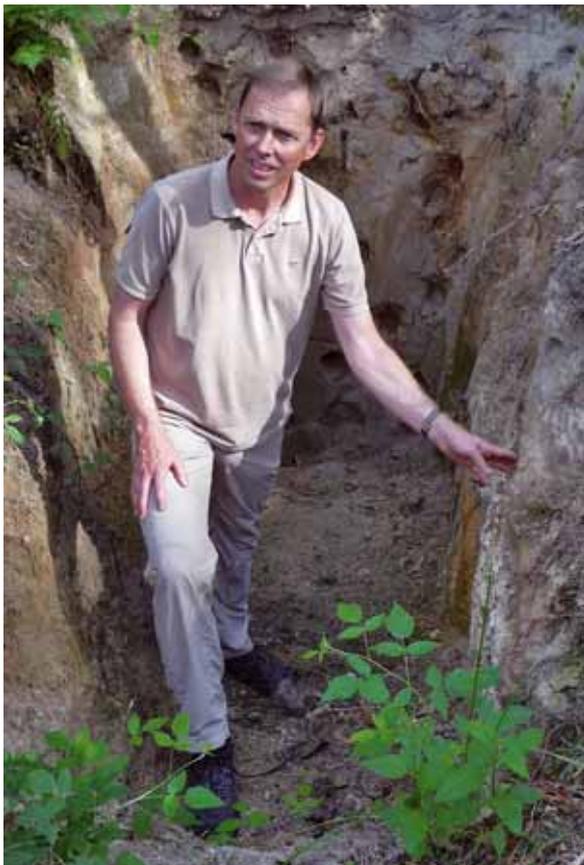
Die Rasterweite des landesweiten Stichprobennetzes beträgt 4 km x 4 km. Derzeit gehören 280 Erhebungspunkte zum Stichprobenkollektiv, von denen in diesem Jahr 276 Erhebungspunkte in die Inventur einbezogen werden konnten. Dieser Aufnahmeumfang ermöglicht repräsentative Aussagen zum Waldzustand auf Landesebene sowie Zeitreihen für die Baumarten Buche, Eiche, Fichte und Kiefer.

Für den Parameter mittlere Kronenverlichtung zeigt die Tabelle (Seite 9 unten) die 95 %-Konfidenzintervalle (= Vertrauensbereiche) für die Baumarten und Altersgruppen der WZE-Stichprobe 2014. Je weiter der Vertrauensbereich,



Mit Unterdruck wird Bodenlösung aus verschiedenen Bodentiefen gewonnen
Foto: NW-FVA

Forstliches Umweltmonitoring



Dr. Henning Meesenburg ist Leiter des Sachgebietes Intensives Monitoring
Foto: NW-FVA

desto unschärfer sind die Aussagen. Die Weite des Vertrauensbereiches wird im Wesentlichen beeinflusst durch die Anzahl der Stichprobenpunkte in der jeweiligen Auswerteeinheit und die Streuung der Kronenverlichtungswerte. Für relativ homogene Auswerteeinheiten (z. B. Kiefer bis 60 Jahre) mit relativ gering streuenden Kronenverlichtungen sind enge Konfidenzintervalle auch bei einer geringen Stichprobenanzahl sehr viel leichter zu erzielen als für heterogene Auswerteeinheiten (z. B. Buche, alle Altersstufen), die sowohl in der Altersstruktur als auch in den Kronenverlichtungswerten ein breites Spektrum umfassen. Mit dem 4 km x 4 km-Raster werden – mit Abstrichen bei der Buche, Fichte (über 60 Jahre) und den anderen Laubbäumen (bis 60 Jahre) – für die Baumartengruppen belastbare Ergebnisse für die Kronenverlichtungswerte erzielt.

Elemente der Qualitätssicherung im Rahmen der Waldzustandserhebung an der NW-FVA sind:

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

Aufnahmeparameter

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

Mittlere Kronenverlichtung

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

Starke Schäden

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

95 %-Konfidenzintervalle für die Kronenverlichtung der Baumartengruppen und Altersstufen der Waldzustandserhebung 2014 in Sachsen-Anhalt. Das 95 %-Konfidenzintervall (= Vertrauensbereich) gibt den Bereich an, in dem der wahre Mittelwert mit einer Wahrscheinlichkeit von 95 % liegt.

Baumarten-gruppe	Altersgruppe	Anzahl Bäume	Anzahl Plots	Raster	95%-Konfidenz-intervall (+-)
Buche	alle Alter	500	41	4x4 km	6,2
	bis 60 Jahre	155	12	4x4 km	2,8
	über 60 Jahre	345	34	4x4 km	5,3
Eiche	alle Alter	738	78	4x4 km	4,2
	bis 60 Jahre	190	23	4x4 km	4,7
	über 60 Jahre	548	31	4x4 km	3,5
Fichte	alle Alter	724	39	4x4 km	5,0
	bis 60 Jahre	308	15	4x4 km	4,5
	über 60 Jahre	416	24	4x4 km	5,5
Kiefer	alle Alter	3526	170	4x4 km	1,2
	bis 60 Jahre	1126	55	4x4 km	1,3
	über 60 Jahre	2400	119	4x4 km	1,2
andere Laubbäume	alle Alter	995	113	4x4 km	2,7
	bis 60 Jahre	460	51	4x4 km	5,1
	über 60 Jahre	535	78	4x4 km	2,8
andere Nadelbäume	alle Alter	141	17	4x4 km	3,1
	bis 60 Jahre	122	12	4x4 km	3,5
	über 60 Jahre	19	5	4x4 km	2,3
alle Baumarten	alle Alter	6624	276	4x4 km	1,3
	bis 60 Jahre	2361	126	4x4 km	1,6
	über 60 Jahre	4263	191	4x4 km	1,5

WZE-Ergebnisse für alle Baumarten

Mittlere Kronenverlichtung

Die Waldzustandserhebung 2014 weist als Gesamtergebnis für die Waldbäume in Sachsen-Anhalt (alle Baumarten, alle Alter) eine mittlere Kronenverlichtung von 15 % aus. Im Beobachtungszeitraum wurden die höchsten Kronenverlichtungswerte (22 - 23 %) in den ersten Erhebungsjahren 1991-1993 festgestellt. In den Folgejahren gingen die Werte zurück, stiegen 2003/2004 erneut leicht an und liegen seit 2005 stabil zwischen 14 und 17 %.

Die mittlere Kronenverlichtung der jüngeren (bis 60-jährigen) Bestände zeigt seit 2007 konstant niedrige Werte, 2014 wird mit 7 % der niedrigste Wert in der Zeitreihe erreicht. In Sachsen-Anhalt entfallen ca. ein Drittel der Stichprobenbäume auf die jüngere Altersstufe.

Mittlere Kronenverlichtung in %



Foto: E. Langer

Die älteren (über 60-jährigen) Buchen, Eichen und Fichten zeigen weiterhin einen vergleichsweise hohen Verlichtungsgrad zwischen 27 und 33 %. Die mittlere Kronenverlichtung der älteren Kiefer liegt sehr viel niedriger (14 %). Der weitgehend stabile Verlauf der mittleren Kronenverlichtung für den Gesamtwald wird ganz wesentlich durch die Kiefer als häufigste Baumart in Sachsen-Anhalt geprägt und auch die anderen Laub- und Nadelbäume die einen Anteil von 17 % an der WZE-Stichprobe einnehmen, wirken mit vergleichsweise günstigen Verlichtungswerten ausgleichend auf die höheren Verlichtungswerte der Buche, Eiche und Fichte.

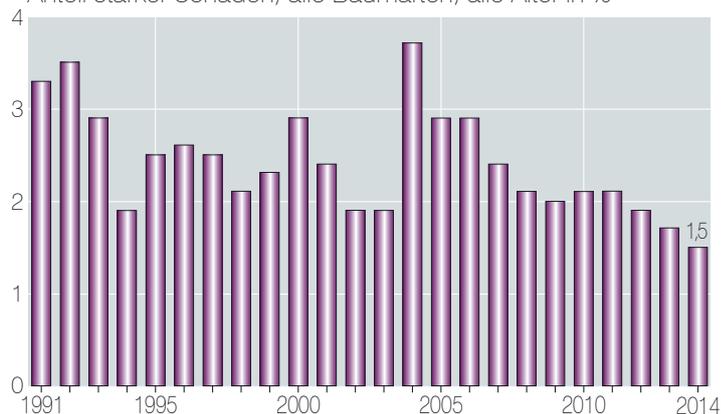


Foto: J. Evers

Anteil starker Schäden

Der Anteil starker Schäden liegt im Mittel der Zeitreihe bei 2,4 %, 2014 wurde mit 1,5 % der niedrigste Stand in der Zeitreihe erreicht. Während in den jüngeren Beständen der Anteil starker Schäden derzeit 0,8 % beträgt, wurden in den älteren Beständen 1,8 % als stark geschädigt klassifiziert. Für die ältere Buche und Eiche wurden im Beobachtungszeitraum mehrmals erhöhte Anteile an starken Schäden (bis 14 %) registriert. Für die ältere Kiefer wurden seit 1993 durchgehend niedrige Werte (1 %) festgestellt.

Anteil starker Schäden, alle Baumarten, alle Alter in %



WZE-Ergebnisse für alle Baumarten

Absterberate

Die Absterberate (alle Bäume, alle Alter) liegt im Mittel des Beobachtungszeitraumes bei 0,3 % und damit auf einem sehr geringen Niveau. Überdurchschnittliche Absterberaten wurden 1992-1993 sowie 1997 (Eiche) beobachtet. Es folgte eine erneute Phase mit erhöhten Absterberaten im Zeitraum 2004-2007 als Reaktion auf das Trockenjahr 2003 in Kombination mit Insektenbefall. Auch im Jahr 2010 lag die Absterberate (0,5 %) über dem Durchschnittswert der Zeitreihe. Die Spanne bei den Baumarten reicht in diesem Jahr von 0 % (Buche und andere Nadelbäume) bis 0,7 % (andere Laubbäume). Infolge des Hochwassers im Vorjahr konnten 2013 an zwei WZE-Punkten keine Erhebungen durchgeführt werden. An einem dieser WZE-Punkte (Kiefer) waren 2014 keine Nachwirkungen feststellbar. An dem anderen mit Weißesche und Stieleiche bestockten WZE-Punkt waren sechs der 24 Stichprobenbäume abgestorben.

Jährliche Absterberate, alle Baumarten, alle Alter in %

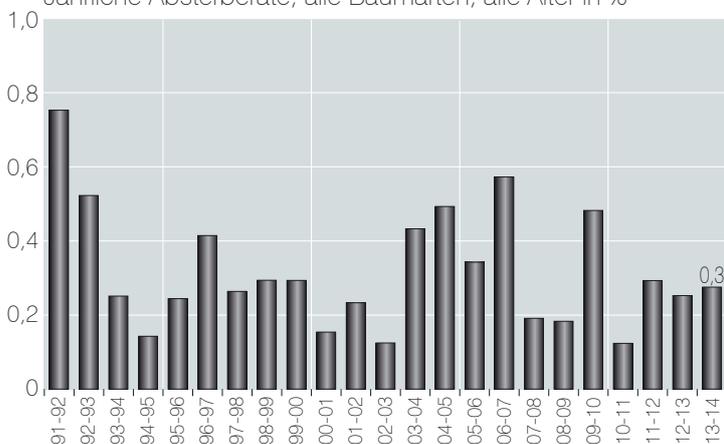


Foto: J. Evers

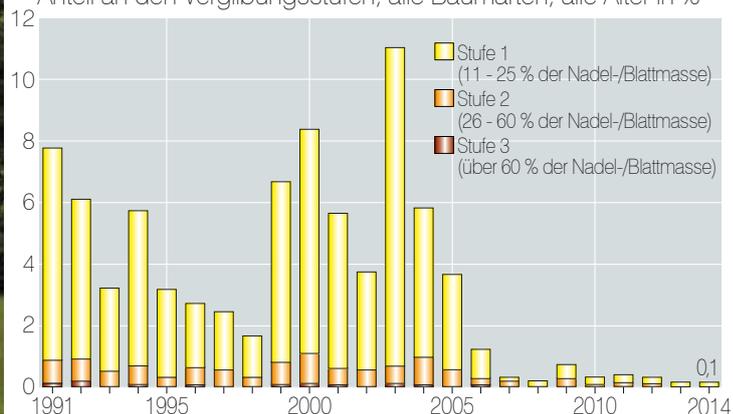


Foto: J. Evers

Vergilbungen

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

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



Kiefer

Ältere Kiefer

Die ältere Kiefer wies im ersten Erhebungsjahr 1991 – mit verursacht durch Insektenschäden – einen hohen Verlichtungsgrad auf. In den Folgejahren verbesserte sich der Kronenzustand erheblich und die Kiefer ist daher seit Mitte der 1990er Jahre unter den Hauptbaumarten die Baumart mit den niedrigsten Kronenverlichtungswerten. Die mittlere Kronenverlichtung beträgt 2014 14 %.

Jüngere Kiefer

Die jüngeren Kiefern weisen seit 2005 ein geringes Kronenverlichtungsniveau auf, in diesem Jahr beträgt die mittlere Kronenverlichtung 4 %.

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

Mittlere Kronenverlichtung in %

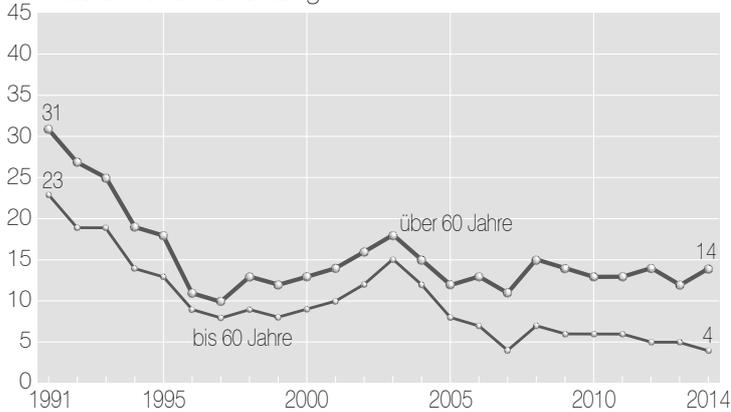
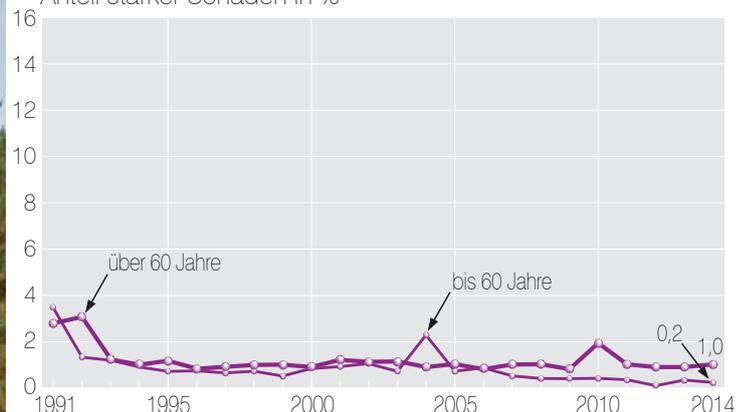


Foto: E. Langer

Starke Schäden

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

Anteil starker Schäden in %



Absterberate

Die Absterberate der Kiefer ist ebenfalls bemerkenswert niedrig und liegt im Mittel der Jahre 1991-2013 bei 0,2 %. In den ersten beiden Erhebungsjahren wurden erhöhte Absterberaten (bis 0,8 %) festgestellt. Im Jahr 2010 war ein erneuter Anstieg zu verzeichnen (0,6 %), der vor allem durch den Fraß der Kiefernbuschhornblattwespe im nördlichen Sachsen-Anhalt verursacht wurde. 2014 ist eine Absterberate von 0,2 % ermittelt worden.



Foto: J. Evers

Fichte

Ältere Fichte

Bei der älteren Fichte werden im gesamten Beobachtungszeitraum vergleichsweise hohe Kronenverlichtungswerte registriert. Nach dem Rekordsommer 2003 hatten sich die Kronenverlichtungswerte für einige Jahre erhöht. Im Jahr 2014 beträgt die mittlere Kronenverlichtung 27 %.

Jüngere Fichte

Für die Fichte ist ein deutlicher Alterstrend festzustellen. Die jüngeren Fichten liegen mit einer mittleren Kronenverlichtung von 7 % weit unter den Werten der älteren Fichten. Die Auswirkungen des Trockenjahres 2003 und Schäden durch Borkenkäfer hatten auch bei der jüngeren Fichte zu einer Erhöhung der Kronenverlichtung in den Jahren 2004 und 2005 geführt, seit 2006 sind die Werte wieder zurückgegangen.

Mittlere Kronenverlichtung in %

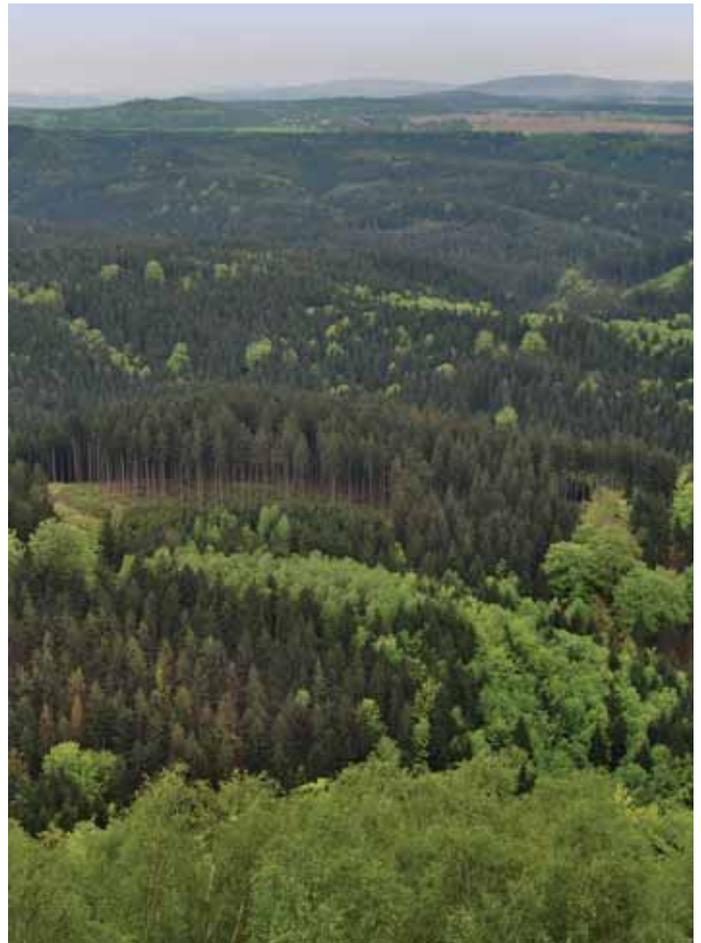


Foto: J. Evers

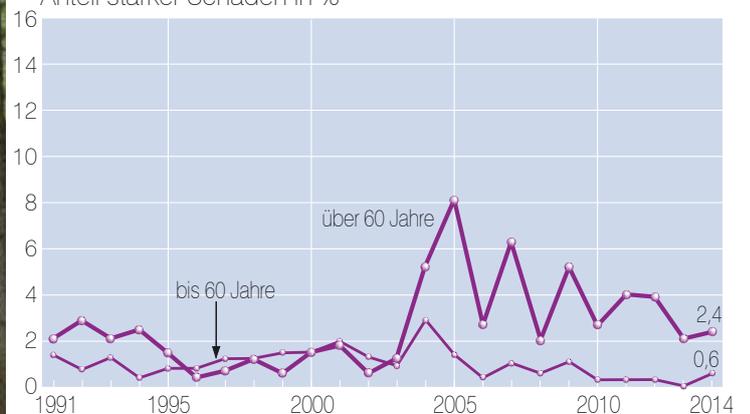


Foto: J. Evers

Starke Schäden

Bis zum Jahr 2003 wurden bei der Fichte vergleichsweise niedrige Anteile starker Schäden (zwischen 0,6 und 3 %) verzeichnet, ab 2004 stiegen die Anteile bei der älteren Fichte bis auf 8 % an, seither treten Schwankungen auf. Im Jahr 2014 beträgt der Anteil stark geschädigter älterer Fichten 2,4 %, bei den jüngeren Fichten 0,6 %.

Anteil starker Schäden in %



Absterberate

Für die Fichte ergibt sich im Mittel aller Erhebungsjahre eine durchschnittliche Absterberate von 0,2 %. Bis zum Jahr 2003 waren die Absterberaten überwiegend gering, anschließend wurden infolge von Trockenstress und Borkenkäferbefall erhöhte Absterberaten (bis 1,3 %) ermittelt. Im Jahr 2014 beträgt die Absterberate 0,4 %.

Buche

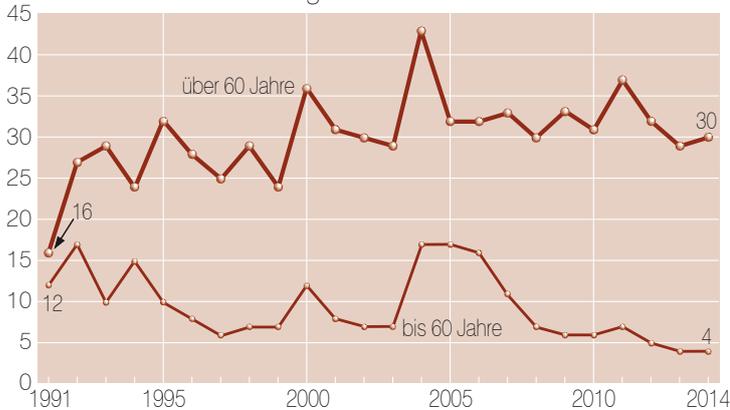
Ältere Buche

Zu Beginn der Zeitreihe waren für die Buche vergleichsweise günstige Belaubungsdichten ermittelt worden, anschließend stiegen die Kronenverlichtungswerte sprunghaft an. Der Höchstwert wurde 2004 mit 43 % erreicht, 2011 wurde erneut eine relativ hohe mittlere Kronenverlichtung (37 %) festgestellt. Es sind erhebliche Schwankungen in der Ausprägung des Verlichtungsgrades der älteren Buchen aufgetreten. Eine Ursache für die zunehmende Variabilität der Verlichtungswerte ist die Intensität der Fruchtbildung. 2011 wurde die intensivste Fruchtbildung der Buche seit Beginn der Waldzustandserhebung festgestellt. 2012 und 2013 trat kaum Fruchtbildung auf. 2014 wurde eine mittlere und starke Fruchtbildung in der Stichprobe der Waldzustandserhebung an 78 % der älteren Buchen beobachtet, die mittlere Kronenverlichtung beträgt 30 %.



Foto: J. Evers

Mittlere Kronenverlichtung in %



Anteil starker Schäden in %



Foto: J. Evers

Jüngere Buche

Seit 2008 weisen die jüngeren Buchen ein geringes Kronenverlichtungsniveau auf. Auch 2014 setzt sich dieser Trend mit einem niedrigen Verlichtungswert (4 %) fort.

Starke Schäden

Wie beim Verlauf der mittleren Kronenverlichtung der Buche treten auch beim Anteil starker Schäden im Beobachtungszeitraum Schwankungen (0-13 %) auf. Der Anteil starker Schäden der älteren Buche lag 2004 besonders hoch. 2014 liegt der Anteil starker Schäden mit 2,9 % unter dem langjährigen Mittel (4,8 %).

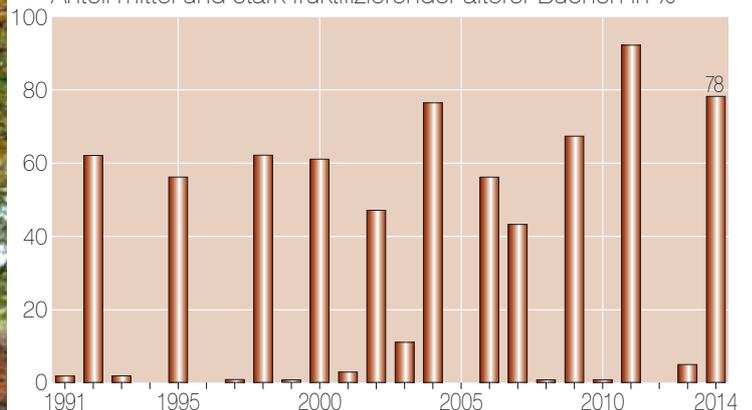
Absterberate

Im Vergleich zu den anderen Hauptbaumarten weist die Buche die niedrigste Absterberate auf. Im Mittel der Jahre 1991-2014 liegt die Absterberate der Buche bei 0,05 %. Seit 2008 ist keine Buche im Stichprobenkollektiv abgestorben.

Fruchtbildung

Die Ergebnisse zur Fruchtbildung im Rahmen der Waldzustandserhebung zeigen für die Buche die Tendenz, in kurzen Abständen und vielfach intensiv zu fruktifizieren. Dies steht im Zusammenhang mit einer Häufung warmer Jahre sowie einer erhöhten Stickstoffversorgung der Bäume. Geht man davon aus, dass eine starke Mast erreicht wird, wenn ein Drittel der älteren Buchen mittel oder stark fruktifiziert, ergibt sich rechnerisch für den Beobachtungszeitraum der Waldzustandserhebung 1991-2014 alle 2,2 Jahre eine starke Mast. Literaturrecherchen hingegen ergaben für den Zeitraum 1839-1987 Abstände zwischen zwei starken Masten für 20-Jahresintervalle zwischen 3,3 und 7,1 Jahre. 2011 wurde die bislang intensivste Buchenmast in der WZE beobachtet.

Anteil mittel und stark fruktifizierender älterer Buchen in %



Eiche

Ältere Eiche

Mit einer mittleren Kronenverlichtung der älteren Eiche von 33 % bleibt die Eiche die am stärksten verlichtete Baumart in Sachsen-Anhalt.

In diesem Jahr war eine leichte Verbesserung der Eichenbe-
laubung feststellbar. Die Entwicklung des Kronenzustandes
der Eiche wird stark durch Insekten- und Pilzbefall beein-
flusst.

Jüngere Eiche

Die Kronenentwicklung der Eichen in der Altersstufe bis 60 Jah-
re zeigt einen sehr viel günstigeren Verlauf als die Entwicklung
der älteren Eichen. Die mittlere Kronenverlichtung beträgt aktuell
12 %.



Foto: J. Evers

Starke Schäden

Die Anteile starker Schäden liegen bei der Eiche höher als bei
den anderen Baumarten. Im Durchschnitt der Zeitreihe sind bei
der jüngeren Eiche 2,5 % und bei der älteren Eiche 8,1 % als
stark geschädigt eingestuft worden. Der Anteil starker Schäden
variiert bei der Eiche stark, Phasen erhöhter Anteile treten bei
der älteren Eiche vor allem im Anschluss an starken Insekten-
fraß auf. Der diesjährige Anteil stark geschädigter älterer Eichen
(5,3 %) liegt deutlich über dem Mittelwert für alle Baumarten
in dieser Altersgruppe (1,8 %).

Absterberate

Bei der Eiche ist die durchschnittliche Absterberate (1991-
2014) doppelt so hoch (0,6 %) wie der Gesamtwert für alle
Baumarten (0,3 %).

Überdurchschnittliche Absterberaten wurden bei der Eiche
jeweils im Anschluss an Perioden mit starkem Insektenfraß
ermittelt, am höchsten war die Absterberate 1997 (2,7 %). Ab
2004 traten wieder erhöhte Absterberaten auf. Im Jahr 2014
liegt die Absterberate (0,1 %) unter dem langjährigen Mittel.

Fraßschäden

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

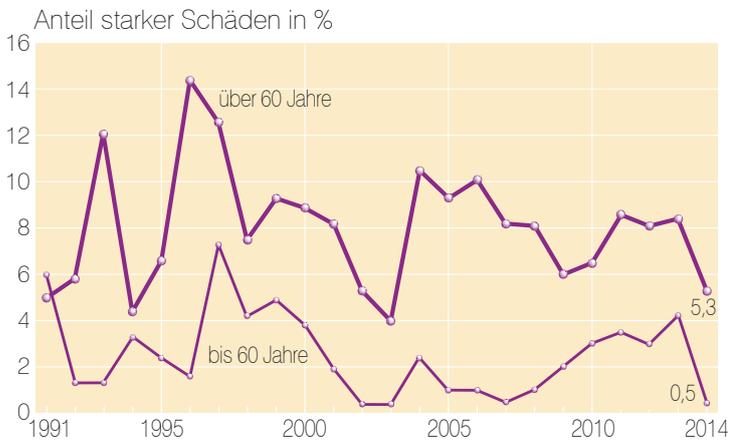
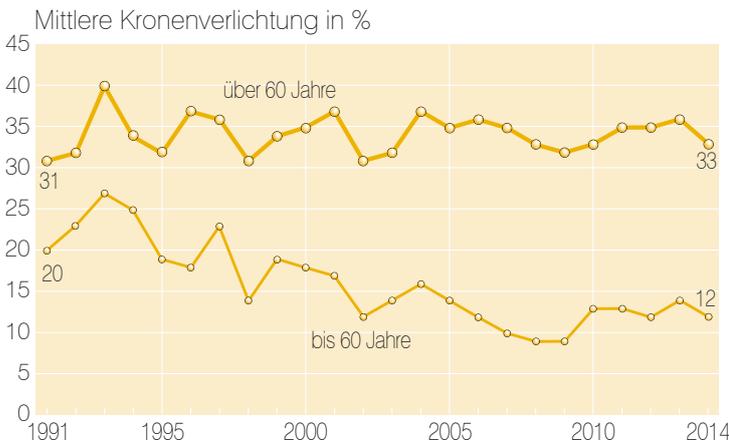
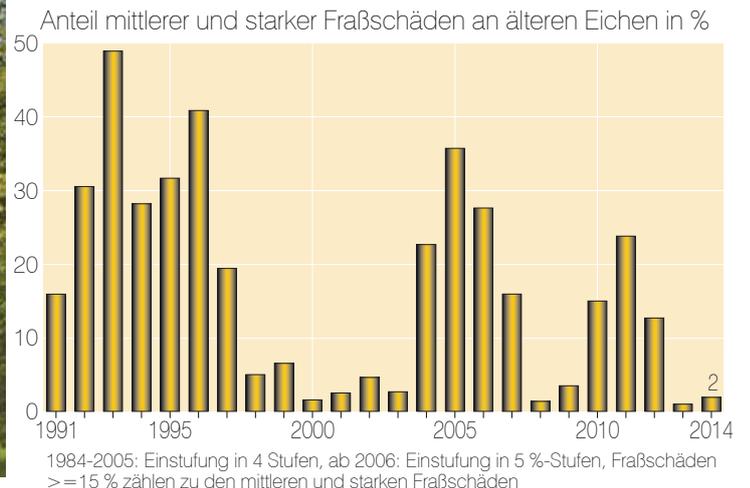


Foto: J. Evers



Andere Laub- und Nadelbäume

In Sachsen-Anhalt werden bei der Waldzustandserhebung als landesweite flächendeckende Stichprobeninventur 33 Baumarten erfasst. Neben den Hauptbaumarten Kiefer, Fichte, Buche und Eiche kommt in den Wäldern eine Vielzahl von anderen Baumarten vor, die insgesamt 17 % der Stichprobenbäume der Waldzustandserhebung in Sachsen-Anhalt einnehmen. Jede Baumart für sich genommen ist allerdings zahlenmäßig so gering vertreten, dass allenfalls Trendaussagen zur Kronenentwicklung möglich sind. Bei der Darstellung der Ergebnisse der Waldzustandserhebung werden sie daher in den Gruppen andere Laubbäume und andere Nadelbäume zusammengefasst. Die Gruppe andere Nadelbäume ist mit 2 % so gering vertreten, dass auf weitere Ausführungen verzichtet wird.

Zu den anderen Laubbäumen gehören u. a. Esche, Ahorn, Linde und Hainbuche. Am stärksten vertreten ist die Birke, gefolgt von der Erle. Im Beobachtungszeitraum weisen die Werte für die Altersgruppen kaum Differenzen auf. Die mittlere Kronenverlichtung (alle Alter) hatte 2004 noch 25 % betragen, seit einigen Jahren werden wesentlich niedrigere Verlichtungswerte (2014: 15 %) festgestellt.



Junge vitale Lärche

Foto: J. Evers

Starke Schäden

Für die anderen Laubbäume (alle Alter) liegt der Anteil starker Schäden im Mittel der Jahre 1991-2014 bei 4,6 % und damit höher als der langjährige Durchschnitt für alle Baumarten (2,4 %). Im Jahr 2014 beträgt der Anteil starker Schäden 1,8 %.

Absterberate

Auch die durchschnittliche Absterberate der anderen Laubbäume (0,6 %) ist im Erhebungszeitraum etwa doppelt so hoch wie das Mittel aller Baumarten (0,3 %). Die jährlichen Absterberaten im Beobachtungszeitraum schwanken zwischen 0,1 und 1,5 %, eine gerichtete Entwicklung ist nicht erkennbar. Im Jahr 2014 liegt die Absterberate bei 0,7 %.



Bergahorn mit Fruchtbildung

Foto: T. Ullrich



Weidenblüte

Foto: NW-FVA

Witterung und Klima

Inge Dammann und Olaf Schwerdtfeger

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

Temperatur und Niederschlag im langjährigen Verlauf

Die Messdaten für den Zeitraum von 1984 bis 2014 zeigen seit 1988 eine gegenüber der Referenzperiode (1961-1990) erhöhte Temperatur. In der Vegetationszeit (Mai bis September) wurde seit 1988 in 25 von 27 Jahren der Durchschnittswert überschritten. In der Nichtvegetationszeit (Oktober bis April) war dies in 21 von 27 Jahren der Fall. Mit hohen Abweichungen vom langjährigen Mittel waren die Vegetationsperioden 1992, 2003 und 2006 und die Nichtvegetationszeit 2006/2007 die wärmsten.

Bei den im Zeitraum 1984 bis 2014 gemessenen Niederschlägen bestehen zwischen den einzelnen Jahren zum Teil starke Schwankungen. Besonders niederschlagsreich war die Vegetationsperiode 2007, in der die gemessenen Niederschlagswerte doppelt so hoch lagen wie die Referenzwerte. 2010 und 2014 wurden ebenfalls weit überdurchschnittliche Niederschlagswerte in der Vegetationsperiode gemessen.

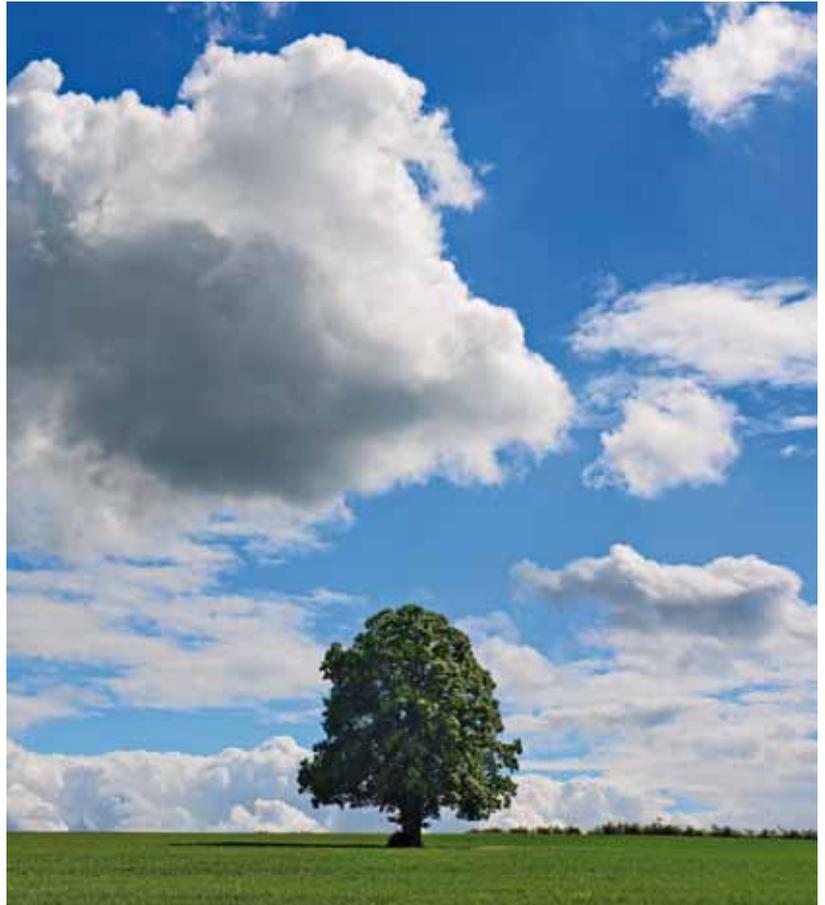


Foto: H. Heinemann

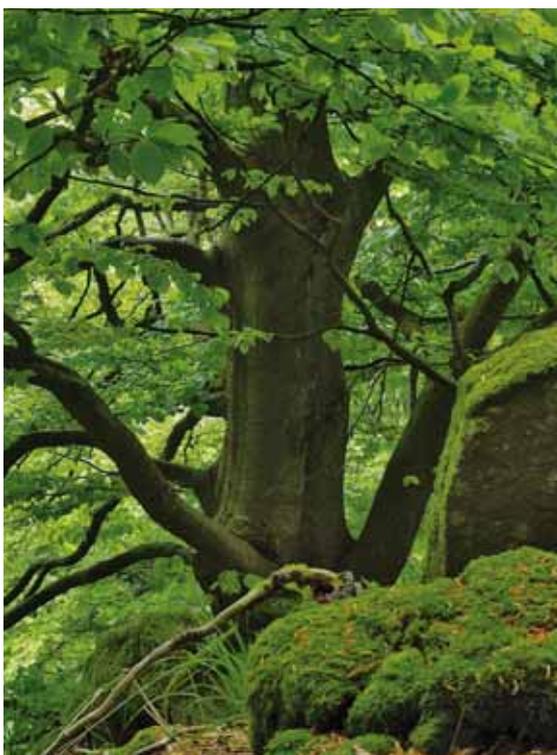
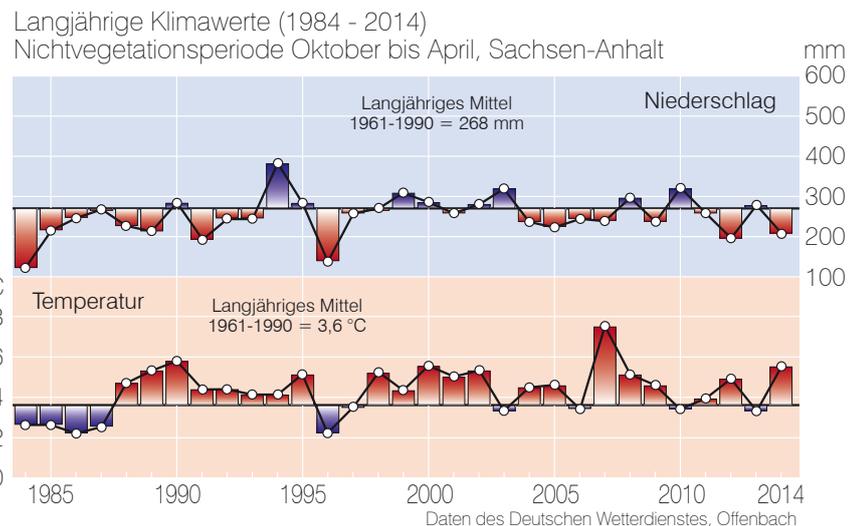
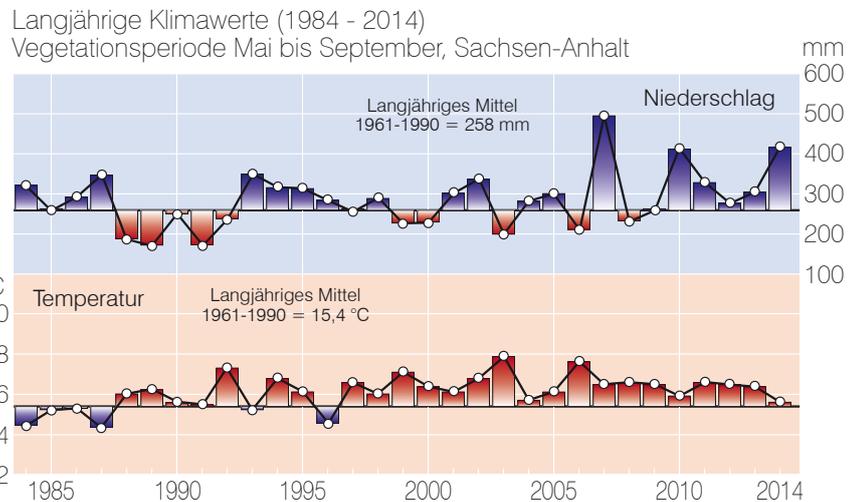


Foto: R. Steffens

Witterung und Klima

Witterungsverlauf von Oktober 2013 bis September 2014

In der Nichtvegetationszeit 2013/2014 (Oktober bis April) war es durchgehend mild. Die Abweichungen gegenüber der Referenzperiode (1961-1990) waren von Februar bis April (bis zu +4,5 °C über dem langjährigen Mittel) besonders groß. Die Niederschlagsmengen waren sehr unterschiedlich verteilt. Beispielsweise waren die Niederschläge im Oktober in Gera-Leumnitz durchschnittlich, betrug aber in Gardelegen 270 % der Referenzwerte.

In der Vegetationszeit 2014 (Mai bis September) war nur der Juni zu trocken (67 % des langjährigen Mittels). Im Mai und von Juli bis September fielen überdurchschnittliche Niederschläge. Auch 2014 fielen die Niederschläge häufig in Verbindung mit heftigen Gewittern und örtlichen Starkregenereignissen. Nur im August lagen die Temperaturen unterhalb der Referenz. Von Mai bis Juli und im September war es wärmer (im Juli +3,1 °C) als in der Referenzperiode.

Einige Besonderheiten im Witterungsgeschehen der letzten 12 Monate:

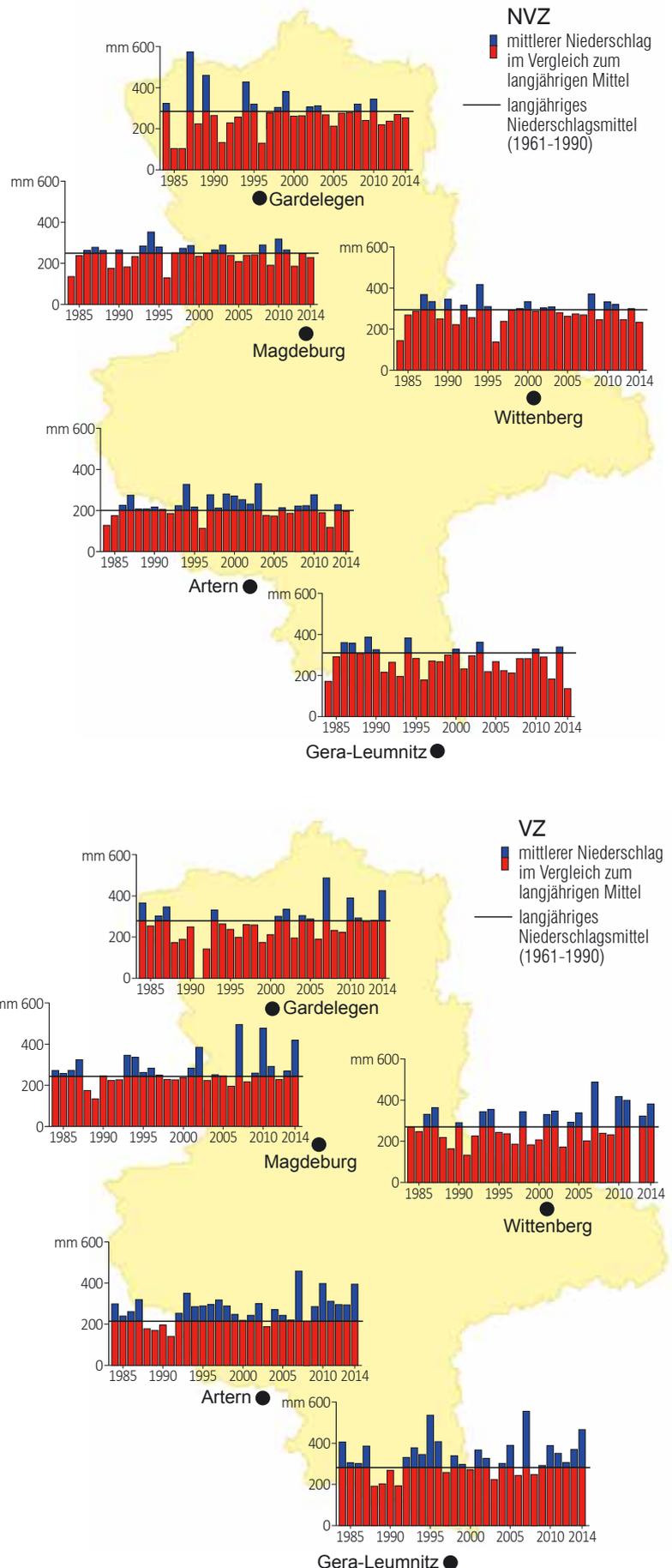
- Der Winter 2013/2014 wird vom Deutschen Wetterdienst als durchweg mild, relativ trocken und ziemlich sonnig eingestuft. Der letzte Winter (Dezember 2013 bis Februar 2014) war der viertwärmste seit 1881.
- Der März 2014 war zu warm (zusammen mit dem März 2012 der drittwärmste März in Deutschland seit 1881), trocken (Rang fünf seit 1881) und sonnenscheinreich (Rang drei seit 1951).
- Die warme Witterung hielt auch im April 2014 an, er zählt zu den wärmsten (Rang 4) seit Beginn der Wetteraufzeichnungen.
- Der Juli 2014 fiel deutlich zu warm (achtwärmster Juli seit 1881) und zu nass (zehntnassester Juli seit 1881) aus.

Die warme, sonnenscheinreiche Frühjahrswitterung 2014 bewirkte bei vielen Baumarten einen frühen Austrieb. Die Blattanfaltung der Buche beispielsweise setzte ca. vierzehn Tage früher ein, als aufgrund langjähriger Mittelwerte zu erwarten war.



Foto: H. Heinemann

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



Witterung und Klima

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

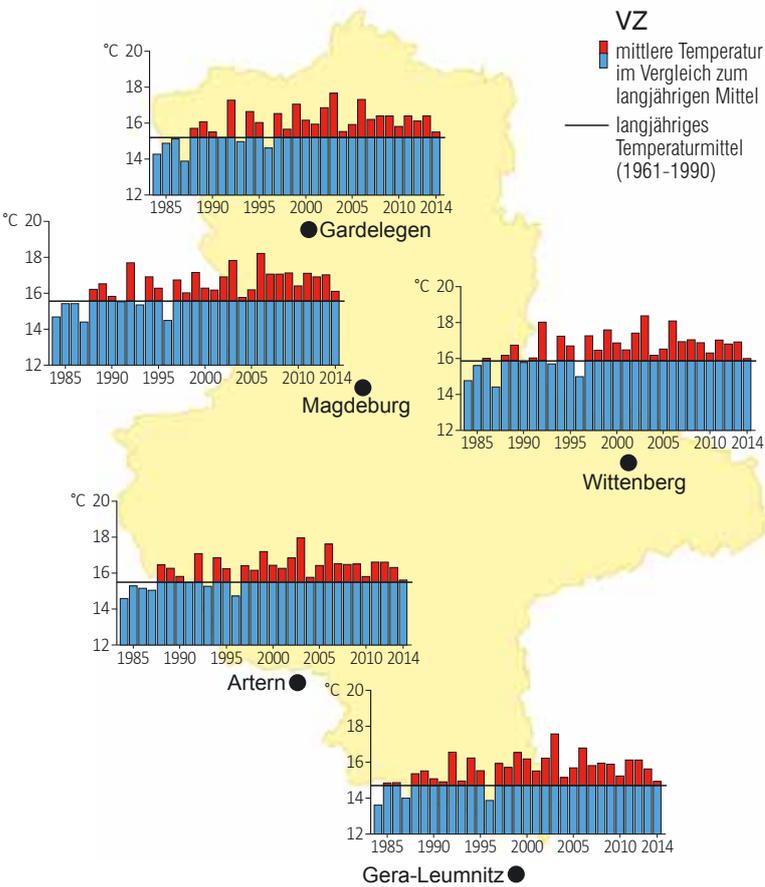
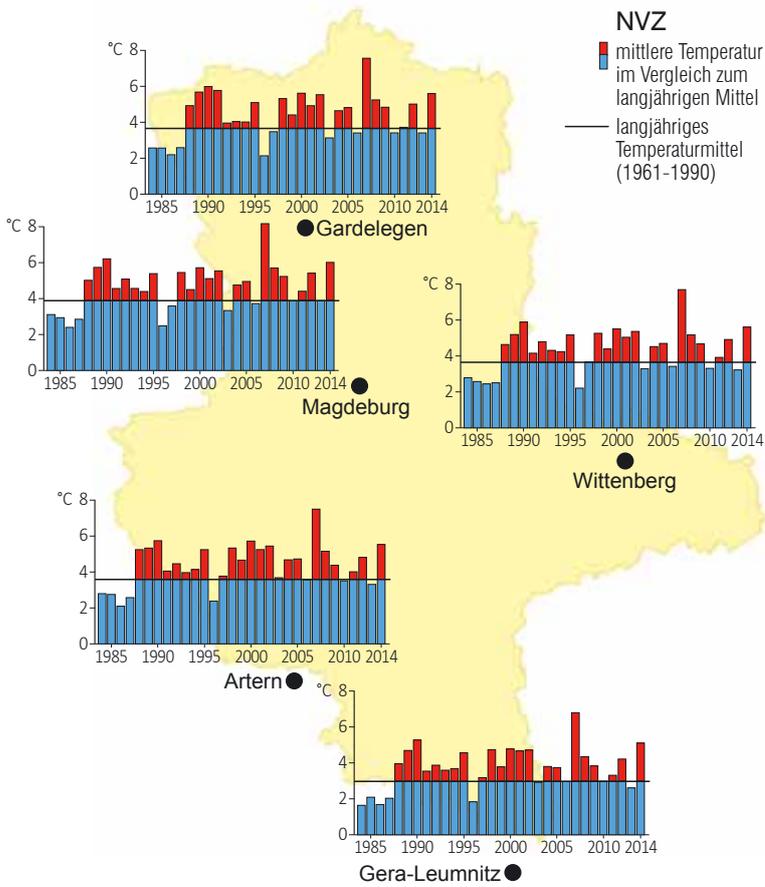


Foto: J. Evers

Insekten und Pilze

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

Witterung

Von Dezember 2013 bis April 2014 gab es in weiten Teilen des Zuständigkeitsgebietes der NW-FVA erhebliche Niederschlagsdefizite bei überwiegend deutlich zu hohen Temperaturen. Zudem war die Vegetation im März 2014, als die Trockenheit besonders zu spüren war, ihrer Zeit um mehrere Wochen voraus. Der Mai brachte dann erhebliche Niederschläge und feuchtes, den Pilzbefall förderndes Wetter. Es ist davon auszugehen, dass diese speziellen Witterungsbedingungen erheblichen Einfluss auf die Entstehung und Entwicklung verschiedener Schadbilder insbesondere im Frühjahr und Fröhsommer hatten.

Borkenkäfer

Ab Juli 2013 konnte nach mehreren ruhigen Käferjahren zunehmend beobachtet werden, dass die bis dahin meist nur in geringen Dichten vorhandenen Buchdrucker die einsetzende sehr warme Sommerwitterung 2013 nutzten. Insbesondere in Berglandbereichen konnte sich damit die zweite Buchdruckergeneration relativ gut etablieren.

Das ungewöhnlich zeitig einsetzende Frühjahr 2014 ermöglichte einen besonders frühen Start der Borkenkäferaktivitäten. Aufgrund der Wärme in der Flugzeit der Käfer trat Befall stellenweise nicht nur an besonnten Bestandesrändern, sondern unüblich für das Frühjahr teilweise auch schon im Bestandesinneren auf.

Kieferngroßschädlinge

Erstmals seit mehreren Jahren wurde in Sachsen-Anhalt 2014 keine forstliche Bekämpfung von Schadinsekten mit Luftfahrzeugen durchgeführt.

Im Rahmen der winterlichen Puppensuche 2013/14 wurde die Warnschwelle lediglich an einem Suchplatz im Bereich Nordöstliche Altmark beim Kiefernspinner (*Dendrolimus pini* L.) überschritten. Die daraufhin durchgeführten verdichteten Puppensuchen zeigten jedoch, dass 2014 keine weiteren Maßnahmen notwendig waren.

Im Zuge der winterlichen Puppensuchen wurden häufig so viele Kokons der Kiefernbuschhornblattwespen (*Diprion pini* L. und *Gilpinia frutetorum* F.) gefunden, dass die Warnschwelle überschritten wurde. Bei den anschließenden Laboruntersuchungen waren jedoch über 90 % der Kokons leer.



Kiefernspinner-Eier

Foto: P. Plašil



Kiefernspinner-Falter

Foto: A. Hellemann

Für Kiefernspanner (*Bupalus piniaria* L.) und Forleule (*Panolis flammea* [Schiff.]) wurde bei der winterlichen Puppensuche an mehreren Einzelstandorten die Warnschwelle erreicht. Die Populationsdichte des Kiefernspanners scheint insgesamt flächendeckend zuzunehmen, Fraßschäden sind bisher noch nicht gemeldet worden. Die nachfolgende Überwachung der Forleule mit Pheromonfallen ergab keine kritischen Befunde.

Eichenkomplexerkrankung

Die Schäden durch die Eichenfraßgesellschaft gingen 2014 zurück.

Örtlich setzen sich Absterbeprozesse in Alteichen-Beständen fort. Nach einem Erkrankungsschub in den Jahren 2011/2012 sind in den vergangenen Monaten erneut Eichen unter Beteiligung von Hallimasch- und teilweise auch Prachtkäferbefall abgestorben. Dies geht einher mit entsprechen-

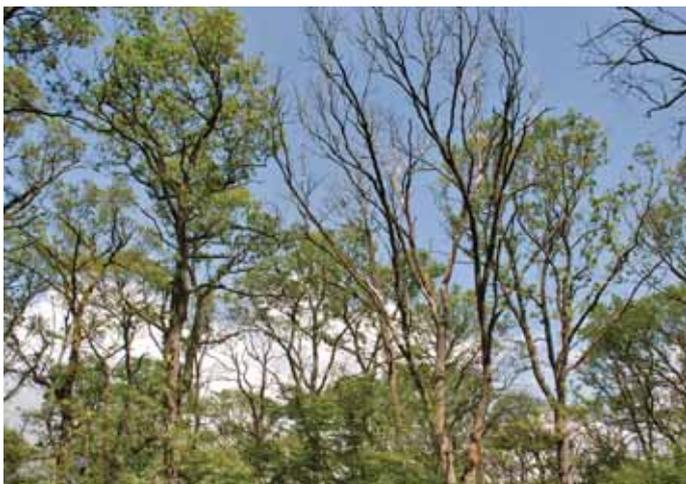


Hallimasch an absterbender Eiche
Foto: NW-FVA, Abt.B



Schadbild des Prachtkäfers an Eiche
Foto: NW-FVA, Abt.B

Insekten und Pilze



Geschädigter Eichenbestand

Foto: NW-FVA, Abt.B

den Auflichtungen und ungünstigen Veränderungen des Bestandesinnenklimas (mehr Wärme, stärkere Besonnung von Stämmen). Eine schwache Belaubung fördert zusätzlich die Erwärmung im Bestand und damit u. a. die Gefahr des Prachtkäferbefalls.

Eschentriebsterben

Für das Eschentriebsterben (pilzlicher Erreger: *Hymenoscyphus fraxineus/Chalara fraxinea*) wird 2014 in vielen Regionen sowohl eine Zunahme der Schadflächen als auch eine Verstärkung der Schäden vor Ort beobachtet. Die so genannten "Stammfußnekrosen" gehören vielerorts ebenfalls zum Schadbild. Dies wird auch zunehmend von anderen Bundesländern und Nachbarstaaten bestätigt. Das Auftreten von Eschenbastkäfern im Zuge stärkeren Eschentriebsterbens wird als sekundär gewertet.

Kiefertriebsterben

Das *Diplodia*-Triebsterben mit dem Wärme liebenden pilzlichen Erreger *Sphaeropsis sapinea* tritt nach wie vor verbreitet in Sachsen-Anhalt und Teilen von Niedersachsen sowie in klimasensiblen Regionen Hessens auf.



Kiefertriebsterben

Foto: NW-FVA, Abt.B



Eschentriebsterben

Foto: NW-FVA, Abt.B

Nadelverfärbungen an Fichte im Harz

Insbesondere im Bereich des Nationalparks Harz sind im Frühjahr an Fichten unterschiedlichen Alters an den älteren Nadeln braune Verfärbungen und Nadelabfall aufgetreten. Als Ursachen wurden Witterungseinflüsse und nachfolgender Befall mit pilzlichen Schwächeparasiten ermittelt.

Schwache Benadelung von Altkiefern

Insbesondere in der nördlichen Hälfte Sachsen-Anhalts sind ab Mai/Juni 2014 Kronenverlichtungen meist an Altkiefern auffällig geworden, die weder auf Fraßereignisse (Kieferngröschädlinge) noch auf *Diplodia*-Befall zurückgeführt werden konnten. Das Erscheinungsbild der Kiefern mit insgesamt schwacher diesjähriger Benadelung und braun verfärbten Nadelsegmenten an den wenigen noch vorhandenen älteren Nadeln sowie die Untersuchungsbefunde deuten darauf hin, dass es sich um Kronenverlichtungen aufgrund mehrerer, komplex wirkender Ursachen handelt. Folgende Faktoren spielen dabei örtlich eine Rolle:

- Stressbedingte vorzeitige Nadelalterung mit Abfall älterer Nadeln: Stress z. B. durch Trockenheit; erhebliche Niederschlagsdefizite sind von Dezember 2013 bis April 2014 in besonderem Maße in Sachsen-Anhalt bei gleichzeitig deutlich zu hohen Temperaturen aufgetreten. An der Station Gardelegen des Deutschen Wetterdienstes sind in den genannten 5 Monaten lediglich 117 mm Niederschlag gefallen (-43 % im Vergleich zum langjährigen Mittel).
- "Blüheffekt": Verlichtung durch männliche Blüten. Beim Verblühen hinterlassen die männlichen Blüten regelmäßige Benadelungslücken.
- Pilzbefall an vorgeschädigten älteren Nadeln (oft Schwächeparasiten nach Hitze-/Trockenstress) mit der Folge des Nadelabfalls.
- Saug- und Fraßschäden insbesondere an älteren Nadeln, verursacht durch Schildläuse, Kiefernadelscheidenrüssel und Graurüssel. Der Nadelabfall wird dadurch verstärkt.

Stoffeinträge

Birte Scheler

Wald filtert durch seine große Kronenoberfläche gas- und partikelförmige Stoffe aus der Luft. Aufgrund dieses Filtereffektes sind Wälder stärker als andere Landnutzungsformen durch anthropogen verursachte Stoffeinträge wie Sulfatschwefel und Stickstoff (Nitrat und Ammonium) belastet. Um die Wirkungen dieser erhöhten Stoffeinträge sowie die damit verbundenen Risiken für Wälder, Waldböden und angrenzende Ökosysteme zu untersuchen, wird in Sachsen-Anhalt seit 1998 der Stoffeintrag auf zwei Kiefernflächen des Intensiven Forstlichen Umweltmonitorings erfasst. 2012 wurde in einem 44-jährigen Douglasienbestand in unmittelbarer Nähe zur Kiefernfläche Klötze eine neue Intensiv-Monitoring-Fläche eingerichtet. Hierdurch lassen sich wertvolle Erkenntnisse zum Einfluss der Baumart beispielsweise auf die Höhe des Stoffeintrags oder den Bodenzustand unter gleichen klimatischen und ähnlichen standörtlichen Bedingungen gewinnen.

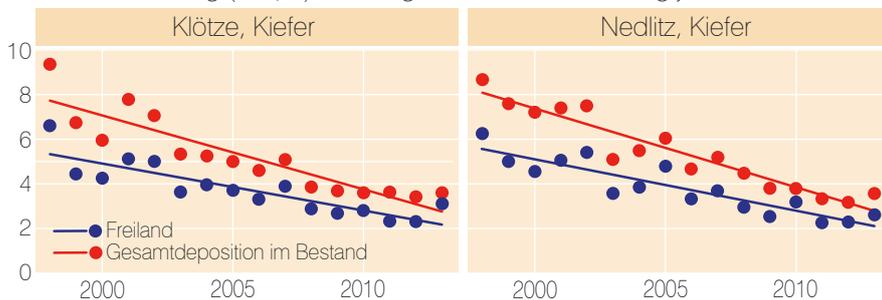
Die Höhe der Stoffeinträge wird maßgeblich durch verschiedene Faktoren wie Niederschlagsmenge, Baumart, Bestandeshöhe, Kronenrauigkeit bzw. lokale Emittenten bestimmt. Aus diesem Grund sind die Stoffeinträge in niederschlagsärmeren Gebieten in der Regel niedriger als in niederschlagsreichen Gegenden und unter Kiefern mit ihrer lockeren Benadelung geringer als unter Fichte. Der Bestandesniederschlag



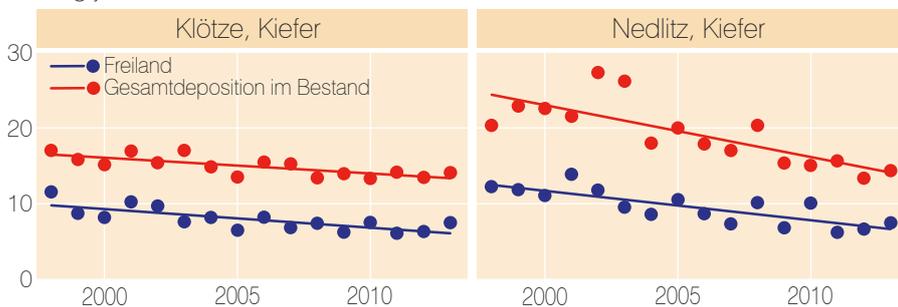
Level II-Fläche Klötze (Bestandesfläche)

Foto: NW-FVA

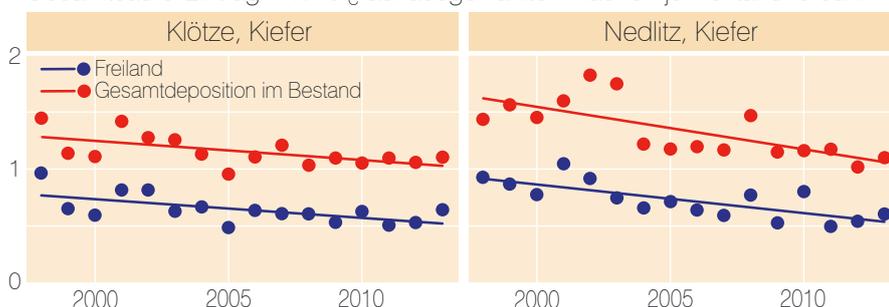
Schwefel-Eintrag ($\text{SO}_4\text{-S}$) auf ausgewählten Flächen in kg je Hektar und Jahr



Stickstoff-Eintrag ($\text{NH}_4\text{-N} + \text{NO}_3\text{-N}$) auf ausgewählten Flächen in kg je Hektar und Jahr



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



unter Kiefer betrug 2013 in Klötze 545 mm und 568 mm in Nedlitz und lag damit deutlich über dem langjährigen Mittel der Flächen (+17 % in Klötze, +19 % in Nedlitz) und über dem Wert von 2012. Die im Vergleich zum Vorjahr geringfügig erhöhten Schwefel- und Stickstoffeinträge sind vermutlich hierdurch begründet. Der Bestandesniederschlag der Douglasienfläche betrug 502 mm bzw. 92 % des Bestandesniederschlags der Kiefernfläche. Die Interzeption (Auffangen von Niederschlagswasser durch die Nadeln und dessen Verdunstung) des Douglasienbestandes ist also höher als die des Kiefernbestandes.

Durch Maßnahmen wie Rauchgasentschwefelung bei Großfeuerungsanlagen oder die Einführung von schwefelarmen Kraftstoffen ging die Schwefeldioxidkonzentration der Luft extrem zurück. Hierdurch nahmen die Sulfateinträge in die Wälder deutlich ab. 2013 betrug der Sulfatschwefeleintrag pro Hektar 3,6 kg unter Kiefer, 5,1 kg unter Douglasie und zwischen 2,6 kg (Nedlitz) und 3,1 kg (Klötze) im Freiland. Dies entspricht im Vergleich zum Zeitraum 1998-2000 einem Rückgang der Schwefeleinträge unter Kiefer um 54 % (Nedlitz) bzw. 51 % (Klötze) und im Freiland zwischen 40 % (Klötze) und 51 % (Nedlitz).

Stickstoff ist der Pflanzennährstoff, der das Wachstum unter natürlichen Umständen am stärksten limitiert, da der Stickstoffgehalt der Ausgangsgesteine der Böden sehr gering ist. Durch anthropogene Stoffeinträge

Stoffeinträge



Level II-Fläche Klötze (Freifläche)

Foto: U. Klinck

sowohl in gasförmiger als auch in gelöster Form mit dem Niederschlag ist Stickstoff jedoch im Wald zu einem Überflussfaktor geworden. Dies hat gravierende Konsequenzen für den Wald selbst sowie angrenzende Ökosysteme wie Fließgewässer und das Grundwasser. Zu nennen sind z. B. Verschiebungen des Artengefüges der Wälder, veränderte Spross-Wurzel-Verhältnisse der Bäume und erhöhte Nitrat-austräge mit dem Sickerwasser. Letztere verursachen den Verlust von Nährstoffen wie Calcium und Magnesium aus den ohnehin eher nährstoffarmen Waldböden und können zu einer Gefährdung für das Grundwasser werden.

Aufgrund rückläufiger Emissionen haben der Nitrat- und der Ammoniumeintrag sowohl im Freiland als auch in der Gesamtdeposition der beiden untersuchten Kiefernflächen seit Beginn der Messungen 1998 signifikant abgenommen. 2013 betrug der Nitratstickstoffeintrag pro Hektar unter Kiefer 6,2 (Nedlitz) bzw. 5,9 kg (Klötze) und 7,5 kg unter Douglasie. Im Freiland lag er bei 3,3 kg in Nedlitz und 3,5 kg in Klötze.

Der Ammoniumstickstoffeintrag pro Hektar betrug 8,2 kg unter Kiefer (Nedlitz und Klötze) und 8,7 kg unter Douglasie. Auffällig ist der deutliche Rückgang dieser Stickstoffform in Nedlitz. Im Vergleich zum Zeitraum 1998-2000 ist der Ammoniumstickstoffeintrag auf dieser Fläche um 44 % zurückgegangen, im Freiland sogar um 48 %, während er in Klötze unter Kiefer nur um 12 % und im Freiland um 28 % zurückging. Ursache hierfür sind die rückläufigen Ammoniak-Emissionen

von zwei lokalen Emittenten. Trotz des Rückgangs übersteigen die atmosphärischen Stickstoffeinträge jedoch nach wie vor den Bedarf der untersuchten Bestände für das Wachstum erheblich.

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

2013 betrug der Gesamtsäureeintrag pro Hektar im Freiland 0,6 kmol_c, 1,1 kmol_c unter Kiefer und 1,3 kmol_c unter Douglasie. Im Vergleich zum Mittel der Jahre 1998-2000 ist er im Freiland um 30 % (Nedlitz) bzw. 13 % (Klötze) zurückgegangen und unter Kiefer um 26 % (Nedlitz) bzw. 10 % (Klötze). Im höheren Rückgang des Gesamtsäureeintrags in Nedlitz spiegelt sich die deutliche Abnahme der Ammoniumeinträge in diesem Gebiet wider.

Aufgrund der geringen Nährstoffvorräte im Boden der untersuchten Bestände übersteigen die Gesamtsäureeinträge jedoch nach wie vor das nachhaltige Puffervermögen dieser Standorte. Zum Schutz der Waldböden und ihrer Filterfunktion ist daher eine standortsangepasste Bodenschutzkalkung empfehlenswert.

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.



Abfüllen von Wasserproben für die Laboranalyse Foto: O. Schwerdtfeger



Messung der Bodenfeuchte

Foto: NW-FVA

Ernährungssituation der Fichte

Inge Dammann, Egbert Schönfelder, Ulrike Talkner, Jan Evers und Uwe Paar

Aus den Ergebnissen der Blatt- und Nadelanalyse im Rahmen der systematischen Beprobungen zur Bodenzustandserhebung (BZE I und II) lassen sich flächenrepräsentative Bewertungen zur Ernährungssituation der Waldbäume ableiten. Für Sachsen-Anhalt liegen Nadelanalysen zur Fichte aus der BZE I (1992) und BZE II (Winter 2007/2008) vor. Es wurden Mischproben von jeweils drei Fichten pro Erhebungspunkt analysiert. Dargestellt sind im Folgenden die Ergebnisse zum 1. Nadeljahrgang. Aufgrund der relativ geringen Stichprobenanzahl (BZE I: 8, BZE II: 10) haben die Ergebnisse orientierenden Charakter. Zur Bewertung der Inventurergebnisse wurden Entwicklungstrends zur Ernährungssituation von Fichtenflächen des Intensiven Monitorings (1994-2007) in Niedersachsen, die im ein- bis zweijährigen Turnus beprobt werden, berechnet.

Stickstoff

Die Stickstoffkonzentrationen in den Fichtennadeln sind 1992 mit einem Median von 13,6 mg Stickstoff/g Trockensubstanz (TS) niedrig, 2007/2008 werden sehr hohe Konzentrationen (Median mit 17,7 mg Stickstoff/g TS) festgestellt. Die Überversorgung der Fichten mit Stickstoff ist auf anhaltend hohe Eintragsraten zurückzuführen. Für die Fichtenflächen im Intensiven Monitoring (hier nicht dargestellt) wurde ein Median für 1994-2007 von 14,8 mg Stickstoff/g TS sowie ein signifikant ansteigender Trend für die Stickstoffkonzentrationen in den Fichtennadeln festgestellt.

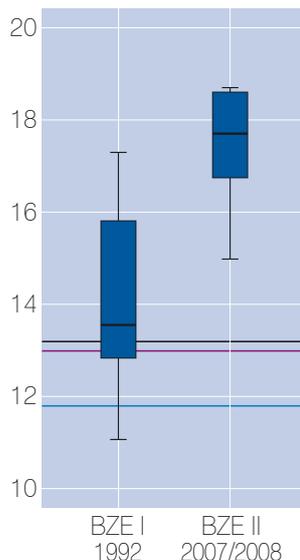
Schwefel

Die Schwefelkonzentrationen in den Fichtennadeln sind 1992 bei der BZE I sehr hoch. Zum Zeitpunkt der BZE II macht sich die Verminderung der Schwefeleinträge in die Wälder bemerkbar, die Schwefelkonzentrationen in den Fichtennadeln haben sich halbiert. Diese signifikante Abnahme der Schwefelkonzentrationen bestätigt sich auch auf den Fichtenflächen des Intensiven Monitorings.

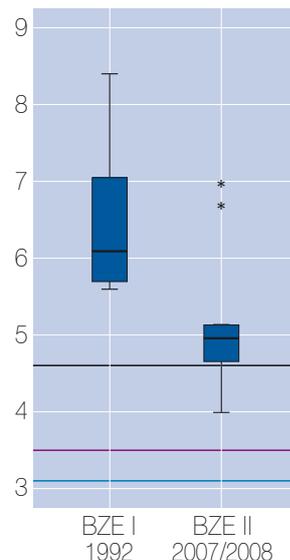


Foto: J. Evers

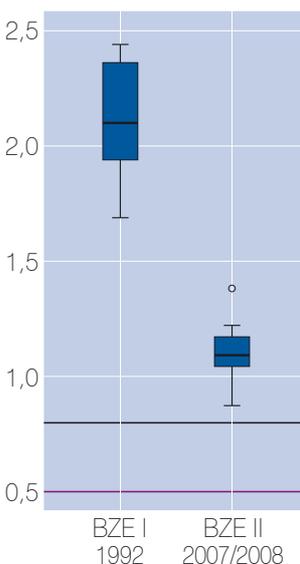
Stickstoff
(mg/g Trockensubstanz)



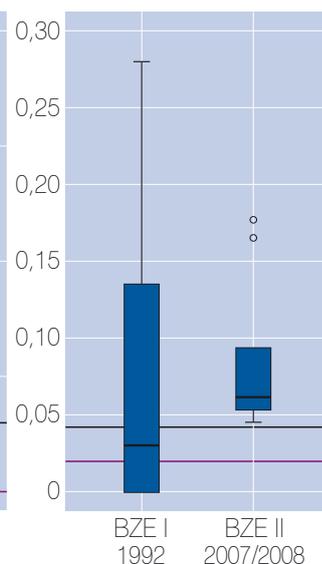
Kalium
(mg/g Trockensubstanz)



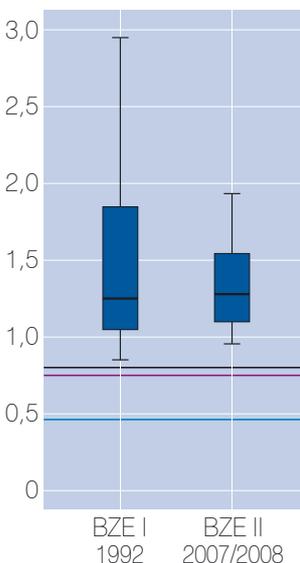
Schwefel
(mg/g Trockensubstanz)



Eisen
(mg/g Trockensubstanz)



Magnesium
(mg/g Trockensubstanz)



Stickstoff-, Schwefel-, Magnesium-, Kalium- und Eisenkonzentrationen (mg/g Trockensubstanz) in Fichtennadeln (1. Nadeljahrgang). BZE I: n = 8, BZE II: n = 10. Violette Linie: Grenzwert sehr gering (AK Standortskartierung 2003), blaue Linie: Grenzwert mangelhaft (Krauß & Heinsdorf 2005), schwarze Linie: Grenzwert latenter Mangel (Göttlein et al. 2011).

Ernährungssituation der Fichte



Trennen der Fichtenzweige in Nadeljahrgänge Foto: I. Dammann

Magnesium

Die Magnesiumversorgung der beprobten Fichtenbestände ist zu beiden Inventurzeitpunkten gut. Die Intensiv-Monitoringflächen zeigen dagegen für ungekalkte Fichtenflächen einen hochsignifikant ansteigenden Trend, allerdings bleibt der Anstieg dort so gering, dass die Fichten im Mangelbereich verharren.

Kalium

Auch die Kaliumkonzentrationen zeigen zu beiden Zeitpunkten eine gute Versorgung der Fichten an, 2007/2008 haben die Konzentrationen allerdings signifikant abgenommen. Ein abnehmender Trend der Kaliumkonzentrationen in Fichtennadeln wird auch auf den Intensiv-Monitoringflächen vorgefunden.



Foto: J. Evers



Foto: J. Evers

Eisen

Die Eisenkonzentrationen der Fichtennadeln zeigen 1992 eine sehr weite Spanne, mehrheitlich liegen die Werte im Mangelbereich, der Median beträgt 0,03 mg Eisen/g TS. Die BZE II-Ergebnisse ergeben einen etwa doppelt so hohen Wert, der Unterschied lässt sich aber nicht statistisch absichern. Auch für die Eisenkonzentrationen der Fichten auf den Intensiv-Monitoringflächen ist für 1994-2007 kein Trend festzustellen.

Insgesamt zeigt sich eine starke Reaktion der Fichten auf erhöhte Stickstoffeinträge sowie auf die Reduktion der Schwefeleinträge in die Waldökosysteme. Die Verminderung der Kaliumkonzentrationen in den Fichtennadeln wird auch in anderen Regionen und im Intensiv-Monitoringprogramm festgestellt. Auch wenn momentan noch keine Mangelgrenzen unterschritten werden, muss diese Entwicklung näher untersucht werden. Bei diskontinuierlichen Erhebungen ist nicht auszuschließen, dass jährliche Schwankungen der Nadelinhaltsstoffe langfristige Trends überlagern können. Diese Schwankungen der Nadelkonzentrationen können durch unterschiedliche Witterungsbedingungen verursacht werden, die u. a. veränderte Streuzersetzungs- und Mineralisierungsraten bedingen. Zur Bewertung der Ergebnisse ist die im Forstlichen Umweltmonitoring praktizierte Kombination aus landesweiten Inventuren mit hoher Anzahl an Beprobungspunkten im mehrjährigen Turnus sowie Nadel- und Blattanalysen von regelmäßig im ein- bis zweijährigen Turnus beprobten, ausgewählten Flächen sinnvoll.

Gefäßpflanzen und Moose als Indikatoren von Bodeneigenschaften

Marcus Schmidt, Egbert Schönfelder, Uwe Paar und Jan Evers

Im Zuge der Bodenzustandserhebung (BZE) II wurde in den Bundesländern Niedersachsen, Hessen, Sachsen-Anhalt und Bremen erstmalig die Waldvegetation auf der Grundlage einer systematischen, repräsentativen Stichprobe großräumig und vollständig erfasst. Dabei wurden für alle BZE-Punkte in den Vegetationsperioden 2006 bis 2008 auf 400 Quadratmeter großen, dauerhaft markierten Flächen nach einheitlicher Methodik Vegetationsaufnahmen erstellt. Erfasst wurden die Arten der Baum-, Strauch- und Krautschicht mit ihrem Deckungsgrad. Darüber hinaus wurden die Arten der Mooschicht (Moose, Flechten) ohne Deckungsgradangaben notiert. Insgesamt 388 Vegetationsaufnahmen wurden in den Bundesländern Niedersachsen (169), Hessen (139), Sachsen-Anhalt (76) und Bremen (4) im Rahmen der BZE II durchgeführt.



Rotstengelmoos, Besenheide und Vogelbeere sind charakteristische Arten des Eisen- und Aluminium-Pufferbereichs. Fotos: M. Schmidt

Pufferbereiche (nach Ulrich 1981, verändert)

[Kohlensäure/Calcium-]Karbonat (pH H₂O >6,2)

Vorherrschende Pufferreaktion über Kalkauflösung, Humusform Mull, rasche Streuumsetzung, Auswaschung von Calcium, Bodenbildungsprozess Entkalkung, stabiles Bodengefüge, evtl. ungünstiges Ca/K-Verhältnis, keine Behinderung des Wurzelwachstums oder der Zersetzeraktivität aufgrund bodenchemischer Bedingungen, gute Wachstumsbedingungen seitens der Bodenchemie

[Kohlensäure-]Silikat (pH H₂O zwischen 6,2 und 5,0)

Vorherrschende Pufferreaktion Verwitterung der primären Silikate unter Freisetzung von Nährstoffkationen, Bodenbildungsprozess Verbraunung und Tonverlagerung, Humusform Mull und mullartiger Moder, optimale Nährstoffverfügbarkeit und ökologisches Optimum aus bodenchemischer Sicht

Austauscher (pH H₂O zwischen 5,0 und 4,2)

Vorherrschende Pufferreaktion weitere Verwitterung der Restgitter primärer Silikate und Freisetzung von Al-Ionen aus Tonmineralen, Entstehung polymerer Aluminium-Hydroxo-Kationen und Verdrängung von Calcium, Magnesium sowie Kalium vom Austauscher und Auswaschung mit der Bodenlösung, Rückgang der Austauschkapazität und der biologischen Aktivität, Verbraunung des Bodens, Humusform mullartiger Moder und Moder, Konkurrenzkräft anspruchsvoller Pflanzenarten geht zurück

Aluminium (pH H₂O zwischen 4,2 und 3,8)

Pufferung über die Auflösung der Aluminium-Hydroxo-Kationen und sekundärer Tonminerale, Tonmineralzerstörung, Freisetzung von Aluminium-Ionen und Protonen in die Bodenlösung, Podsoligkeit, zunehmende Einschränkung der Wachstumsleistung durch den bodenchemischen Zustand, geringe Basensättigung, Humusform Moder und Rohhumus

Eisen (pH H₂O <3,8)

Pufferung über die Auflösung von Eisenhydroxiden und Aluminium-Hydroxo-Kationen, Mobilisierung von Eisen und Huminstoffen, höhere Anteile von Aluminium, Eisen und Protonen in der Bodenlösung, zunehmender Säurestress, sehr geringe Basensättigung am Austauscher, stärkere bis starke Podsoligkeit, Wachstumsstörungen der Bäume, schlechte Moderhumusformen, Rohhumus

Gefäßpflanzen und Moose als Indikatoren von Bodeneigenschaften



Wald-veilchen und Goldnessel kommen gemeinsam im Austauscher- und Silikat-Pufferbereich vor. Foto: M. Schmidt



Dominanzbestände von Weißmoos, hier zusammen mit Heidelbeere und Draht-Schmiele, weisen darauf hin, dass sich der Oberboden des betreffenden Waldbestandes im Eisen-Pufferbereich befindet.

Foto: J. Evers

Die direkte Verbindung der dabei gewonnenen Vegetationsdaten mit den erfassten bodenchemischen Kenngrößen ermöglicht Aussagen zu den Zusammenhängen zwischen der Artenzusammensetzung der Waldbestände und dem Bodenzustand. Am Beispiel des pH-Wertes von Waldböden sollen im Folgenden Auswertungsmöglichkeiten der Kombination von Vegetations- und Bodendaten sowie deren Nutzung für die waldökologische Praxis gezeigt werden.

Der pH-Wert eines Bodens, die sogenannte Bodenreaktion, ergibt sich aus der Wasserstoff-Ionen-Aktivität in der Bodenlösung. Er hat Einfluss auf zahlreiche chemische und biologische Prozesse im Boden und ist eine der wichtigsten bodenökologischen Kenngrößen, aus der sich viele für das Pflanzenwachstum bedeutsame Bodeneigenschaften, wie die Basen- und Nährstoffversorgung, ableiten lassen. So ergeben sich aus dem pH-Wert einerseits sehr gute Hinweise auf die Verfügbarkeit von Nährstoffen (z. B. Magnesium oder Calcium) und andererseits auf toxisch wirkende Kon-



Der Vorkommensschwerpunkt des Wald-Ehrenpreises liegt im Aluminium-Pufferbereich. Foto: M. Schmidt



Das Wald-Bingelkraut kennzeichnet den Silikat- und Karbonat-Pufferbereich. Foto: M. Schmidt

Gefäßpflanzen und Moose als Indikatoren von Bodeneigenschaften

Auf der Grundlage der BZE II entwickeltes Trennschema zur Ansprache der Pufferbereiche von Waldböden

Eisen	Aluminium	Austauscher	Silikat	Karbonat
<p>Aderfarn, Einseitwendiges Kleingabelzahnmoos, Gewelltblättriges Gabelzahnmoos, Weißmoos</p>				
<p>Besenförmiges Gabelzahnmoos, Besenheide, Breitblättriger Dornfarn, Draht-Schmiele, Echtes Schlafmoos, Europäischer Siebenstern, Faulbaum, Gewöhnlicher Dornfarn, Harzer Labkraut, Heidelbeere, Pfeifengras, Rankender Lerchensporn, Rotstengelmoos, Sand-Segge, Späte Trauben-Kirsche, Vogelbeere, Wald-Frauenhaar</p>				
<p>Flatter-Binse, Pillen-Segge, Roter Fingerhut, Rotes Straußgras, Salbei-Gamander, Schmalblättriges Weidenröschen, Wald-Ehrenpreis, Wald-Geißblatt, Wolliges Honiggras</p>				
<p>Behaarte Hainsimse, Hasenfuß-Segge</p>				
<p>Brennnessel, Flattergras, Gewelltes Katharinenmoos, Goldnessel, Großes Springkraut, Hain-Rispengras, Knotige Braunwurz, Rasen-Schmiele, Schwarzer Holunder, Tüpfel-Johanniskraut, Wurmfarne, Zwiebel-Zahnwurz</p>				
<p>Berg-Ahorn, Busch-Windröschen, Einblütiges Perlgras, Große Sternmiere, Scharbockskraut, Waldmeister, Wald-Segge, Wald-Veilchen</p>				
<p>Eichenfarn, Gewöhnliches Hexenkraut, Winkel-Segge</p>				
<p>Feld-Ahorn, Esche, Gewöhnliche Nelkenwurz, Knoblauchsrauke, Rainkohl, Vogel-Kirsche, Süß-Kirsche, Wald-Bingelkraut, Waldgerste, Wald-Ziest, Wald-Zwenke, Zaun-Wicke</p>				
<p>Gestreiftes Schönschnabelmoos, Hasel, Spitz-Ahorn, Stink-Storchschnabel, Wald-Erdbeere</p>				

Gefäßpflanzen und Moose als Indikatoren von Bodeneigenschaften



Das Busch-Windröschen fehlt nur im Eisen- und im Aluminium-Pufferbereich. Auf allen basenreicheren Waldböden ist die Art weit verbreitet.
Foto: J. Evers

zentrationen von Elementen wie Aluminium oder Mangan. Dementsprechend ist die Bindung vieler Pflanzenarten und Pflanzengesellschaften an bestimmte pH-Bereiche (auch als Pufferbereiche bezeichnet) unter einheitlichen klimatischen Bedingungen sehr eng.

In der Forstlichen Standortskartierung geben Bodenmerkmale wie die Humusform (Mull, Moder, Rohhumus) oder Podsolierungserscheinungen (Bleichung im Oberboden infolge einer Versauerung) Hinweise auf den Pufferbereich, in dem sich ein Waldboden befindet. Darüber hinaus können aber auch Waldbodenpflanzen als Indikatoren für bestimmte pH-Bereiche dienen. Um diese Indikatoreigenschaften vieler Waldpflanzen optimal nutzen zu können, muss die Spannweite der pH-Werte bekannt sein, bei denen die Arten im Wald auftreten. Mit dem im Rahmen der Bodenzustandserhebung II erhobenen Vegetationsdatensatz liegt eine einzigartige Datengrundlage vor, aus der für die un-



Der Waldmeister tritt im Austausch-, Silikat- und Karbonat-Pufferbereich auf.
Foto: M. Schmidt

tersuchten Bundesländer das Vorkommen vieler häufiger Waldbodenpflanzen in bestimmten Pufferbereichen (pH gemessen in H₂O für 0-5 cm Bodentiefe) statistisch fundiert abgeleitet werden kann.

Nur wenige Gefäßpflanzen- oder Moosarten sind dabei in ihrem Vorkommen auf nur einen Pufferbereich beschränkt, doch lässt sich für die meisten Arten erkennen, in welchen Pufferbereichen ihr Auftreten sehr wahrscheinlich, eher selten oder nahezu ausgeschlossen ist. Um die Indikatoreigenschaften der Waldpflanzenarten beispielsweise im Rahmen eines Kartierverfahrens für eine sichere Ansprache des Pufferbereichs zu nutzen, ist eine möglichst große Zahl von Indikatorarten notwendig. Zusätzlich kann auch das Fehlen anderer Arten(-gruppen) Hinweise zur Bestimmung des Pufferbereichs geben. Das auf Seite 28 abgebildete Trennschemata kann hierbei Anwendung finden. Die einzelnen Kästen decken einen oder mehrere Pufferbereiche ab, in denen die in ihnen aufgeführten Pflanzenarten nach den Ergebnissen der BZE II den Schwerpunkt ihres Vorkommens haben. Erkennbar ist hier, dass die schärfste floristische Grenze zwischen dem Aluminium- und dem Austausch-Pufferbereich verläuft. Dies entspricht etwa der bodenökologischen Grenze zwischen den natürlichen Waldgesellschaften Hainsimsen-Buchenwald (Eisen- oder Aluminium-Pufferbereich) und Waldmeister-Buchenwald (Austauscher-Pufferbereich). Auf Böden mit höheren pH-Werten schließt sich ökologisch der Waldgersten-Buchenwald an, dessen kennzeichnende Arten ihren Schwerpunkt im Silikat- und/oder Karbonat-Pufferbereich haben. Die Bestimmung der Pufferbereiche über die aufgeführten Zeigerarten ist ein wichtiges Hilfsmittel zur Ansprache der Trophie (Nährstoffverfügbarkeit) von Waldstandorten.



Das Scharbockskraut kennzeichnet den Austausch-, Silikat- und Karbonat-Pufferbereich.
Foto: M. Schmidt

Wasserqualität von Waldbächen im Gebiet der "Großen Bramke" im Harz

Birte Scheler

Großflächige Kahlhiebe im Jahr 1947 waren der Anlass für die Untersuchung von Niederschlags-/Abflussbeziehungen in den Einzugsgebieten Lange Bramke, Dicke Bramke und Steile Bramke, die im Westharz zwischen 500 und 700 m ü. NN in unmittelbarer Grenznähe zu Sachsen-Anhalt liegen. In den 1970er Jahren wurden die Untersuchungen um Aspekte des Stoffhaushalts erweitert. Die Gewässer wurden 1985 in das europäische „Monitoringprogramm für versauerte Gewässer durch Luftschadstoffe“ (ICP Waters) eingegliedert. Seit 1992 sind zudem Intensiv-Monitoringflächen im Einzugsgebiet der Langen Bramke Teil des niedersächsischen Boden-Dauerbeobachtungsprogramms und seit 1994 Teil des europäischen Level II-Programms unter ICP Forests. Quarzreiche Sandsteine und Tonschiefer des Unterdevons bilden die geologischen Ausgangssubstrate. Diese werden von schluffig-lehmigen Fließerden unterschiedlicher Mächtigkeit überlagert. Die aktuelle Bestockung besteht fast ausschließlich aus ca. 65-jährigen Fichtenreinbeständen. Die Steile Bramke wurde 1989 mit 16 t pro Hektar gekalkt.

Die chemische Gewässerqualität der Waldbäche wird im Wesentlichen bestimmt durch das Ausgangsgestein mit seiner spezifischen Versauerungsempfindlichkeit, die Höhe der Säuredeposition mit dem Niederschlag, die Lage der Versauerungsfront in den oberen Bodenschichten sowie durch die Mobilisation im Boden gespeicherter Säuren.

Der Bachabfluss setzt sich aus den Komponenten Oberflächenabfluss, Zwischenabfluss (aus den oberflächennahen, i. d. R. stärker versauerten Bodenhorizonten) und dem vom Grundwasser gespeisten Basisabfluss zusammen. In Abhängigkeit von der Wassersättigung des Bodens, der Witterung sowie dem Relief variiert der Anteil der verschiedenen Ab-

flusskomponenten am Bachabfluss ständig. Da sich insbesondere durch die Lage der Versauerungsfront die einzelnen Abflusskomponenten in den Gebieten chemisch mehr oder weniger deutlich unterscheiden, unterliegt die Konzentration der Inhaltsstoffe der untersuchten Quellbäche ebenfalls teilweise erheblichen Schwankungen im Jahresverlauf. Diese Saisonalität konnte durch die langjährigen Untersuchungen aufgezeigt werden. Mit Hilfe eines mathematischen Modells wurde die zeitliche Entwicklung nachgezeichnet und Trends berechnet. Das verwendete Modell zeichnet den langfristigen Trend unter Berücksichtigung von veränderlichen jahreszeitlichen Schwankungen und der Abhängigkeit zeitlich aufeinanderfolgender Messungen nach.

Für eine erste Charakterisierung der Quellbäche wurde für alle Parameter der Median des Zeitraums 1989-2013 berechnet.

Bachtypen

Die drei untersuchten Bäche weisen elektrische Leitfähigkeiten zwischen 45 und 122 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Mikro-Siemens pro cm, 5- bzw. 95-Perzentil) auf und gehören damit zu den sehr ionenarmen Silikat-Bergbächen. Diese Bäche sind durch geringe bis sehr geringe Gehalte an Calcium- und Magnesiumionen gekennzeichnet und haben dadurch nur eine geringe Pufferfähigkeit gegenüber Säuren. Die Gesamthärte der untersuchten Bäche lag zwischen 0,8 und 2,9 $^{\circ}\text{dH}$ (nach Höll 1986 gilt Wasser bis 8 $^{\circ}\text{dH}$ als weich, über 30 $^{\circ}\text{dH}$ als sehr hart). Damit zählen sie zu den sehr weichen Wässern. Aufgrund der geologischen Voraussetzungen kann davon ausgegangen werden, dass die pH-Werte durch im Wasser gelöste freie Kohlensäure auch ohne anthropogene Belastung im leicht sauren Bereich liegen würden.

Bei den untersuchten Bächen ist Sulfat (SO_4) das dominierende Anion (Abb. Seite 32), sein Anteil an der Anionensumme beträgt zwischen 55 und 64 %. Der Karbonatanteil liegt bei den Bächen Steile Bramke und Lange Bramke bei 18 bzw. 16 %.

Calcium und Magnesium sind trotz geringer Gesamtgehalte bei den drei untersuchten Bachwässern die wichtigsten Kationen mit Anteilen zwischen 40 und 42 % für Calcium bzw. 34 bis 43 % für Magnesium.

Chemische Gewässergüteklassifikation

Von der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) wurde für Wasserinhaltsstoffe ein siebenstufiges Klassifikationsschema mit vier Haupt- und drei Unterklassen zur Bewertung der chemischen Gewässergüte entwickelt. Die Stoffkonzentrationen der Güteklasse I sind von geogenen Hintergrundwerten abgeleitet und charakterisieren einen Zustand ohne anthropogene Belastung. Die Stoffkonzentrationen der Stufe II sind die einzuhaltenden Zielvorgabenwerte und werden als mäßige Belastung interpretiert, von einer deutlichen Belastung wird bei Konzentrationen bis zum zweifachen Wert der Zielvorgabe gesprochen. Als Überwachungswert wird der 90-Perzentil-Wert herangezogen. Von den in der LAWA-Gewässergüteklassifikation genannten 11 Nährstoffen, Salzen und Summenkenngrößen werden hier die Stoffe Nitrat- und Ammonium-N, Sulfat und Chlorid, Gesamtphosphat und gesamter organischer Kohlenstoff (TOC) betrachtet.

Bei der Bewertung der Entwicklung des Gewässerzustands anhand von zwei jeweils dreijährigen Beobachtungszeiträu-

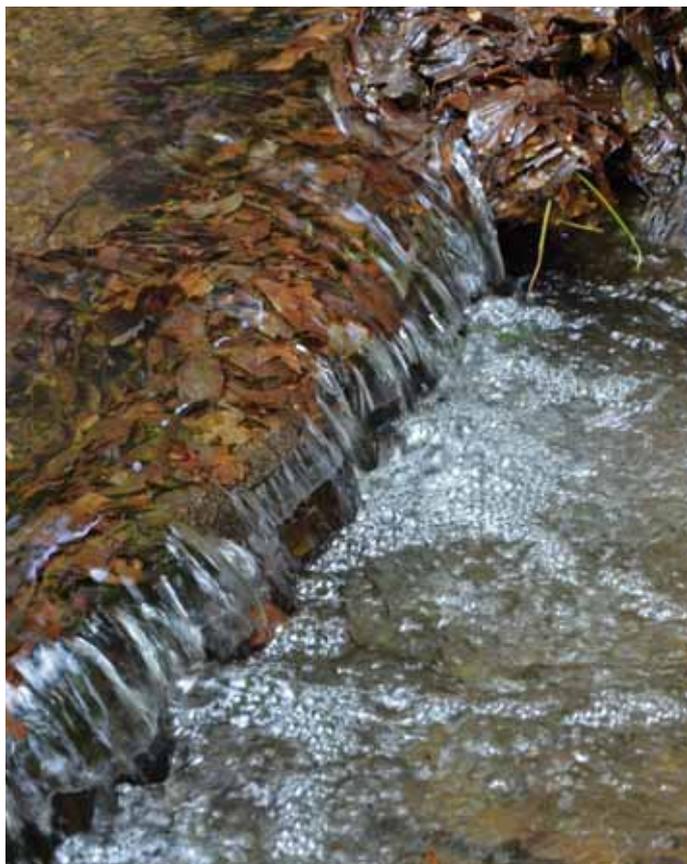


Foto: J. Evers

Wasserqualität von Waldbächen im Gebiet der "Großen Bramke" im Harz



Foto: J. Evers

men handelt es sich insbesondere aufgrund der Zuordnung zu den oben genannten Gewässergüteklassenstufen und damit ggf. verbundenen Sprüngen um eine vereinfachte Betrachtungsweise, die die zeitliche Entwicklung nicht detailliert nachzeichnen kann, sondern deren Fokus auf den aktuellen Zustand im Vergleich zum Beginn der Untersuchung legt. Die Ergebnisse von Zeitreihenanalysen bestätigen jedoch die beschriebenen Entwicklungen.

Im Vergleich der Jahre 1989-1991 mit dem Zeitraum 2011-2013 konnten hinsichtlich der Nitrat-Konzentration alle drei Quellbäche einer besseren Güteklasse zugeordnet werden. Besonders deutlich war die Abnahme der Nitrat-Konzentration im Wasser der Dicken Bramke (Stufe II-III auf Stufe I). Durch den Rückgang der Sulfat-Konzentration der Dicken und der Steilen Bramke sind jetzt alle Bäche in der Stufe I (anthropogen unbelastet).

Eine Beurteilung der zeitlichen Entwicklung bei Ammonium-N und TOC ist nicht möglich, da in den Jahren 1989-1991 die Bestimmung so geringer Konzentrationen, wie sie den heutigen Grenzwerten nach LAWA entsprechen, noch nicht möglich war. Im Zeitraum 2011-2013 wurde bei allen Bächen die Zielvorgabe für Ammonium-N (Stufe II) eingehalten. Hinsichtlich der Konzentration von organischem Kohlenstoff (TOC) sind zwei Bäche in Stufe I (unbelastet), die Steile Bramke fällt in die Stufe I-II.

Güteklassifikation für Nährstoffe und Salze; Auszug aus der Tabelle der LAWA, Überwachungswert: 90-Perzentil-Wert

Stoff	Einheit	Stoffbezogene chemische Gewässergütequalifikation						
		I	I-II	II	II-III	III	III-IV	IV
Nitrat-N	mg/l	≤ 1	≤ 1,5	≤ 2,5	≤ 5	≤ 10	≤ 20	> 20
Ammonium-N	mg/l	≤ 0,04	≤ 0,1	≤ 0,3	≤ 0,6	≤ 1,2	≤ 2,4	> 2,4
Gesamt-Phosphat	mg/l	≤ 0,05	≤ 0,08	≤ 0,15	≤ 0,3	≤ 0,6	≤ 1,2	> 1,2
Sulfat	mg/l	≤ 25	≤ 50	≤ 100	≤ 200	≤ 400	≤ 800	> 800
Chlorid	mg/l	≤ 25	≤ 50	≤ 100	≤ 200	≤ 400	≤ 800	> 800
TOC	mg/l	≤ 2	≤ 3	≤ 5	≤ 10	≤ 20	≤ 40	> 40

Die Gesamtbeurteilung eines Baches richtet sich nach der jeweils schlechtesten für einen Inhaltsstoff vergebenen Güteklasse. Im ersten Zeitraum 1989-1991 erfolgte die Einstufung bei allen Bächen aufgrund der Nitrat-Konzentration. Die Dicke und die Steile Bramke fielen in die Stufe deutliche Belastung (Stufe II-III), der Bach Lange Bramke in die Kategorie sehr geringe Belastung (Stufe I-II). Im Zeitraum 2011-2013 war die Ammonium-Konzentration entscheidend für die Gewässergüteklassifikation. Alle drei Bäche sind hier als mäßig belastet (Stufe II) einzustufen.

Anzahl der Bäche im Gebiet der Großen Bramke in den Güteklassen für Nährstoffe und Salze nach LAWA

Stoff	1989-1991				2011-2013			
	I	I-II	II	II-III	I	I-II	II	II-III
Nitrat-N		1		2	2		1	
Ammonium-N	keine Einstufung möglich						3	
Gesamt-Phosphat	keine Messungen				3			
Sulfat	1	2			3			
Chlorid	3				3			
TOC	keine Einstufung möglich				2	1		



Foto: J. Evers

Wasserqualität von Waldbächen im Gebiet der "Großen Bramke" im Harz

Kriterien für den Versauerungsstatus bzw. das Gefährdungspotenzial schwach mineralisierter Wässer (verändert nach DVWK 1997),
Überwachungswert: 10-Perzentil-Wert

Versauerungszustand/Gefährdungspotenzial	pH-Wert	(Ca+Mg)/(SO ₄ +NO ₃)
1: permanent nicht sauer/ungefährdet	>=7	> 4
2: schwach sauer-neutral, z. Zt. nicht gefährdet/ zunehmende Gefährdung	7 bis 6	1,5- 4
3: schwach sauer/versauerungsempfindlich	6 bis 5	1 - 1,5
4: versauert	< 5	< 1

Trinkwassergrenzwerte

Der Trinkwassergrenzwert für Aluminium in Höhe von 0,2 mg pro Liter wurde in den drei Bächen im gesamten Beobachtungszeitraum eingehalten. Schwermetalle wurden nur in der Langen Bramke in den Jahren 1997-2010 analysiert. Während dieser Zeit wurden die Grenzwerte für Blei (10 µg pro Liter), Cadmium (3 µg pro Liter) und Kupfer (2 mg pro Liter) immer eingehalten.

Versauerungszustand

Im Folgenden werden der Versauerungsstatus der untersuchten Bäche anhand des pH-Wertes sowie die jeweilige Versauerungsgefährdung mit Hilfe des Versauerungsquotienten (Ca+Mg)/(SO₄+NO₃) dargestellt.

Nach dem Kriterium "pH-Wert" war im Zeitraum 1989-1991 die Steile Bramke schwach sauer-neutral (Stufe 2), die Dicke Bramke und die Lange Bramke fielen in die Stufe permanent schwach sauer (Stufe 3). Im Vergleich der Zeiträume 1989-

1991 und 2011-2013 sind die pH-Werte deutlich angestiegen. In jüngster Zeit liegt der pH-Wert aller drei Bäche im schwach sauren bis neutralen Bereich (Stufe 2).

Das Gefährdungspotenzial eines Bachs kann mit Hilfe des Versauerungsquotienten (Ca+Mg)/(SO₄+NO₃) abgeschätzt werden. Danach sind infolge der geringen Basenausstattung der untersuchten silikatischen Bäche alle Wässer als versauerungsempfindlich (Stufe 3) einzustufen

Hauptgrund für den in allen Wässern beobachteten Rückgang der Sulfat-Konzentration sind vermutlich die seit Mitte der

1980er Jahre deutlich reduzierten Sulfateinträge mit dem Niederschlag. Rückläufige Nitrat- und Ammoniuminträge haben zu einem Rückgang der Nitratkonzentration geführt. Ob die 1989 durchgeführte Kalkung ursächlich für die einerseits etwas höheren pH-Werte und die höhere Alkalinität (Säurebindungsvermögen) der Steilen Bramke, andererseits für die höheren Nitrat- und TOC-Konzentrationen dieses Baches verantwortlich ist, kann nicht eindeutig geklärt werden, da ein Beobachtungszeitraum von nur zwei Jahren vor der Maßnahme hierfür zu kurz ist. Insgesamt zeigt sich, dass die untersuchten Bäche aufgrund der geringen Pufferkapazität versauerungsempfindlich sind und daher der weiteren Reduzierung der Stoffeinträge, insbesondere der Stickstoffeinträge, eine zentrale Rolle für die Erhaltung bzw. Verbesserung der chemischen Qualität von Waldbächen zukommt.

Hydrochemischer Charakter der Bäche im Gebiet der Großen Bramke; Median der Jahre 1989-2013

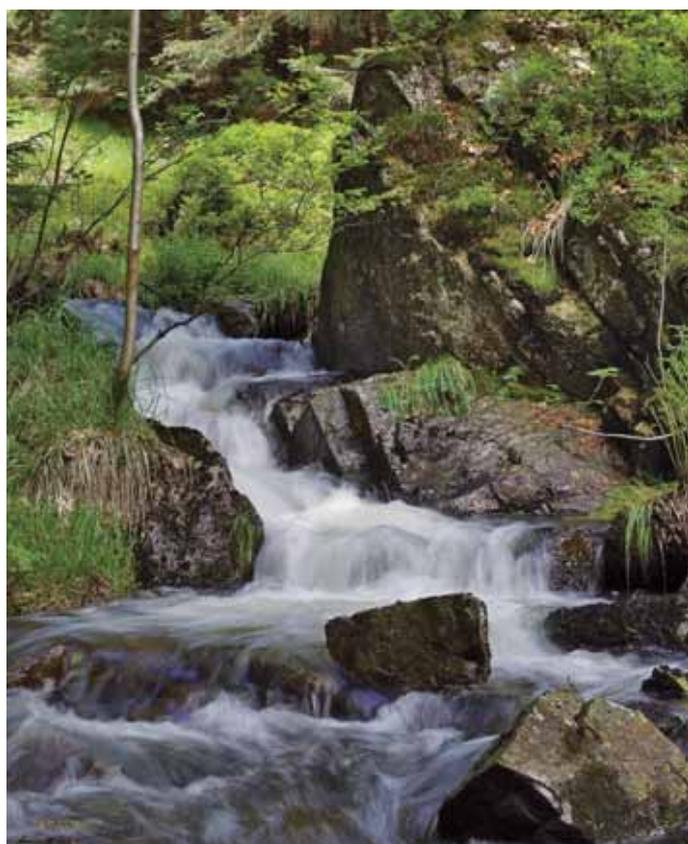
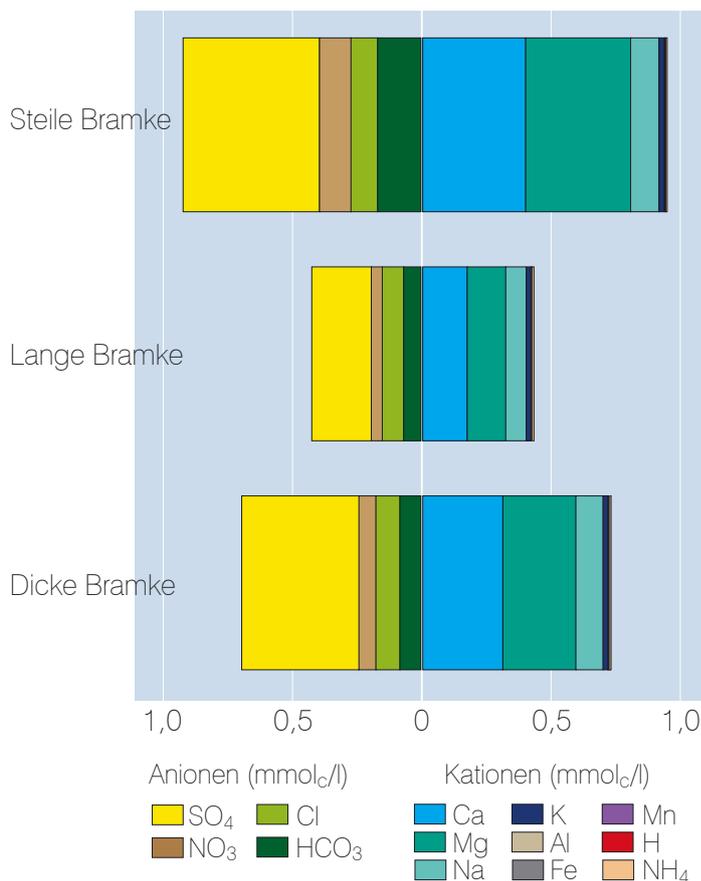


Foto: R. Steffens

Grundwasserneubildungsraten unter BZE-Punkten

Johannes Suttmöller

Der Grundwasserhaushalt ist Bestandteil des Wasserhaushaltes und bildet damit eine wesentliche Lebensgrundlage für viele Ökosysteme. Das Grundwasser stellt in Deutschland die wichtigste Ressource für die Trinkwassergewinnung dar. In Norddeutschland werden nahezu 100 % des Trinkwasserbedarfs aus dem Grundwasser gedeckt. Weiterhin wird für die Bewässerung landwirtschaftlicher Flächen und in der industriellen Produktion häufig Trinkwasser verwendet, das aus Grundwasser gewonnen wird. In der Wasserrahmenrichtlinie der Europäischen Gemeinschaft (EG-WRRRL) aus dem Jahr 2000 haben sich alle Mitglieder der EU dazu verpflichtet, langfristig einen "mengenmäßig guten Zustand" der Grundwasservorkommen zu gewährleisten und eine Verschlechterung des Grundwasserzustandes zu verhindern ("Verschlechterungsverbot"). Vor diesem Hintergrund ist die Grundwasserneubildung eine wichtige Kenngröße, um das aktuelle Grundwasservorkommen sowie dessen langfristige Veränderungen abschätzen zu können. Viele Brunnen werden in Waldgebieten errichtet, da sie im Vergleich zu landwirtschaftlichen Flächen qualitativ hochwertiges Trinkwasser liefern, so dass der Abschätzung der Grundwasserneubildung unter Waldflächen eine besondere Bedeutung zukommt.

Grundwasser wird überwiegend aus Niederschlag gebildet, der in den Boden infiltriert und über die Tiefensickerung in den Grundwasserkörper abgeführt wird. Weiterhin kann durch die Infiltration aus oberirdischen Gewässern in den Untergrund und künstliche Neubildungsbeiträge durch Grundwasseranreicherungen oder Beregnungen das Grundwasser aufgefüllt werden. Die Grundwasserneubildung wird durch viele standörtliche Faktoren beeinflusst. Neben den klimatischen Verhältnissen bestimmen die Landnutzung, der Boden und

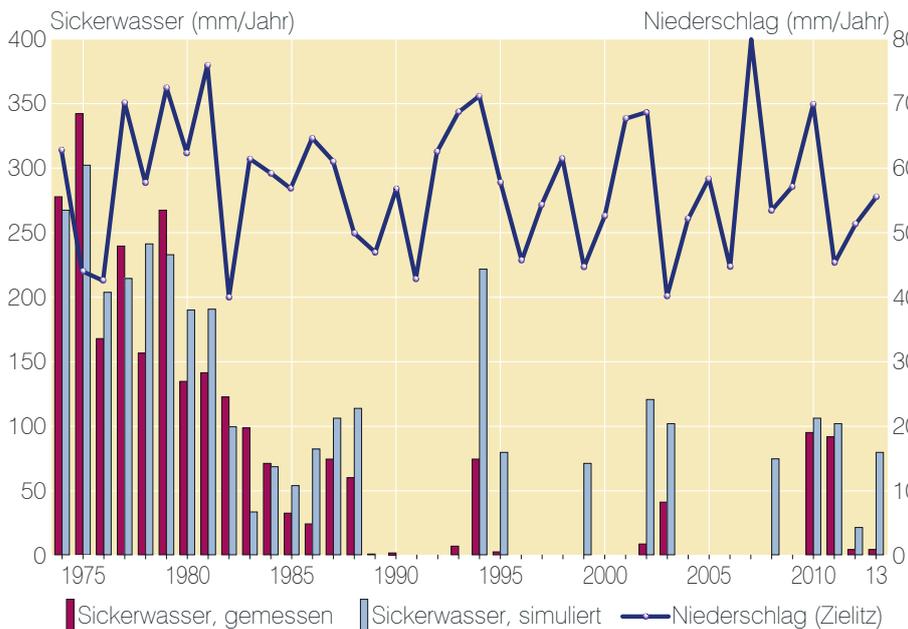
die Geländeform (Hangneigung) die Höhe der Grundwasserneubildung. Unter mitteleuropäischen Klimabedingungen wird das Grundwasser hauptsächlich im Winterhalbjahr aufgefüllt, da zu dieser Jahreszeit die Verdunstung der Vegetation am geringsten ist. Allerdings gibt es zwischen den Landnutzungen und auch zwischen den Baumarten deutliche Unterschiede. So ist die Grundwasserneubildung unter Nadelwald aufgrund der höheren Interzeption (Auffangen von Niederschlagswasser durch die Nadeln und dessen Verdunstung) im Winter signifikant geringer als unter Laubwald. Neben der Baumart beeinflussen auch die Bestandesdichte und das Vorhandensein einer Begleitvegetation (Gras-, Kraut-, Strauchvegetation) die Grundwasserneubildungsrate. Da die Auffüllung des Grundwasserspeichers überwiegend aus dem Sickerwasser des Bodens erfolgt, steuern die Bodeneigenschaften maßgeblich die Höhe der Grundwasserneubildung. Das Wasserspeichervermögen ist dabei auf Sandböden am geringsten, so dass hier die größten Grundwasserneubildungsraten im Verhältnis zum Niederschlagsangebot zu erwarten sind, während Schluff- und Tonböden aufgrund der hohen Wasserhaltefähigkeit unter sonst gleichen Standortbedingungen die geringsten Grundwasserneubildungsraten aufweisen. Sind Böden wassergesättigt, kann aufgrund der hohen hydraulischen Leitfähigkeit mehr Bodenwasser versickern als unter trockenen Bodenverhältnissen. Schließlich beeinflusst das Relief eines Standortes den Wasserhaushalt, indem bei einem Niederschlagsereignis auf Hangstandorten Wasser oberflächenhaft oder im Boden als Zwischenabfluss abgeführt wird und damit nicht zur Grundwasserneubildung beiträgt. In Tallagen und auf wenig geneigten Standorten wird das Wasser dagegen in der Fläche zurückgehalten, so dass fast das gesamte Niederschlagswasser in den Boden infiltriert und abzüglich des Verdunstungsverlustes als Sickerwasser in das Grundwasser abgeführt wird.



Groblysimeter Colbitz

Grundwasserneubildungsraten unter BZE-Punkten

Gemessene und simulierte Sickerwassermengen (Grundwasserneubildung) am Großlysimeter Colbitz



Die Höhe der Grundwasserneubildung hängt von vielen Standortfaktoren und deren Zusammenspiel ab. Dies verdeutlicht die Auswertung der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR), die flächendeckend für Deutschland die mittlere jährliche Grundwasserneubildung für die Klimanormalperiode 1961 bis 1990 berechnet hat (veröffentlicht im Hydrologischen Atlas für Deutschland). Demnach weist das Land Sachsen-Anhalt mit im Flächenmittel deutlich weniger als 100 mm Grundwasserneubildungsmenge im Jahr die niedrigsten Werte im gesamten Bundesgebiet auf. In Nordwestdeutschland und in den Mittelgebirgen werden dagegen häufig 300 mm und mehr im langjährigen Mittel dem Grundwasser zugeführt.

Die Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt betreut in der Colbitz-Letzlinger Heide (Altmark) ein Großlysimeter, das im Jahr 1971 mit Kiefer bepflanzt wurde. Ein Lysimeter ist eine Vorrichtung, die als nach oben offene bauliche Anlage in den Boden eingelassen und am Grund geschlossen ist, um verschiedene Größen des Bodenwasserhaushaltes zu messen. Das Lysimeter in Colbitz hat einen Durchmesser von 30 m und eine Tiefe von 4 m. Es wurde mit einem standortstypischen Sandboden befüllt. Das Lysimeter wurde zu Beginn der 1970er Jahre in Betrieb genommen, so dass seit dieser Zeit kontinuierliche Messungen zu den Sickerwassermengen vorliegen. In der Abbildung oben sind die jährlich gemessenen Sickerwassermengen abgebildet (rotbraune Säule). Die jährliche Niederschlagssumme (blaue Linie) stammt von der nur wenige Kilometer entfernten Station Zielitz des Deutschen Wetterdienstes. Die mittlere jährliche Niederschlagssumme beträgt an dieser Station rund 550 mm. In den ersten Jahren der Inbetriebnahme des Lysimeters (Bestandesbegründung) wurden in jedem Jahr Sickerwassermengen gemessen. Es fällt auf, dass bereits nach wenigen Jahren, wenn sich die Kiefernplantation zum geschlossenen Jungbestand entwickelt, die Höhe der Sickerwassermenge unabhängig vom Niederschlagsangebot kontinuierlich abnimmt. Während zu Beginn der Messungen die Sickerwasserrate noch einen Anteil von rund 25 bis über 75 % des

Freilandniederschlages aufweist, nimmt der Anteil der Grundwasserneubildung bis zum Ende der 1980er Jahre auf teilweise weniger als 10 % ab. Ab dem Jahr 1989 wurden am Lysimeter Colbitz nur nach überdurchschnittlich feuchten Perioden Sickerwassermengen gemessen. So in den Jahren 1993 und 1994, als die Jahresniederschlagssumme etwa 700 mm betrug, oder in den Jahren 2010 und 2011, als mit einer zeitlichen Verzögerung (Auffüllung des Bodenwasserspeichers) jeweils Sickerwasserraten von knapp 100 mm auftraten. Damit werden die Ergebnisse anderer Untersuchungen bestätigt, wonach die Kiefer bereits ab einem Alter von etwa 20 Jahren ihre höchste Verdunstungsleistung erzielt.

In der Abbildung links ist neben den gemessenen Sickerwasserraten auch die mit einem Wasserhaushaltsmodell simulierte Menge aufgetragen (blaue Säule). Das Ergebnis der Simulation zeigt, dass die Modellanpassung (Kalibrierung) sehr gut gelungen ist.

Sowohl die Abnahme der Sickerwassermenge zu Beginn der Messperiode als auch die Trockenjahre ohne Sickerwasseranteil werden von dem Wasserhaushaltsmodell weitgehend entsprechend den realen Verhältnissen abgebildet. Das hydrologische Modell wurde an weiteren Intensiv-Monitoringflächen mit unterschiedlichen Standortbedingungen (Baumbestand, Boden, Klima) kalibriert und konnte damit auf die Aufnahmeorte der Bodenzustandserhebung (BZE II) übertragen werden. Die BZE II ist eine bundesweit systematische Stichprobenerhebung im Wald, die ein umfassendes und flächenrepräsentatives Bild wichtiger Boden- und Bestandesparameter hinsichtlich des aktuellen Zustandes erfasst. Im Land Sachsen-Anhalt wurden an insgesamt 76 BZE II-Punkten Kenngrößen zum Boden (wie z. B. Bodenart und Skelettgehalt) und zum Bestand (wie z. B. Baumart, Alter, Bestandesdichte) erhoben.

Die Wasserhaushaltssimulation der BZE II-Punkte ergibt für viele Standorte bereits unter den heutigen Klimabedingungen der Periode 1981 bis 2010 Grundwasserneubildungsraten von teilweise deutlich weniger als 100 mm im Jahr (s. Abbildung Seite 35, linkes Bild). Besonders die Tieflandstandorte in der südlichen Altmark, dem Altmoränenland, im Hügelland sowie

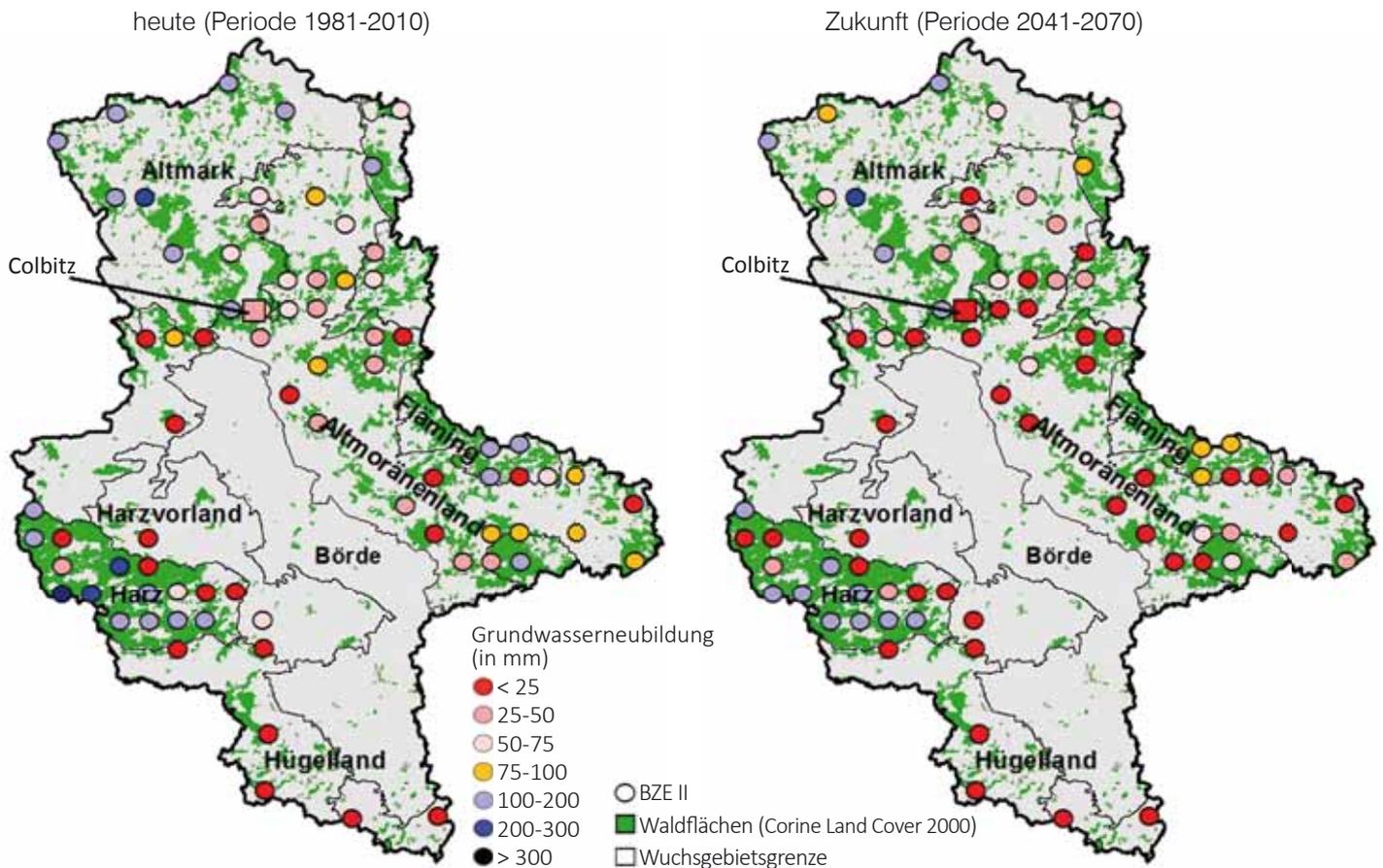


BZE-Bodenprofil bei Genthin

Foto: W. Schmidt

Grundwasserneubildungsraten unter BZE-Punkten

Simulierte Grundwasserneubildung auf den BZE II-Punkten und dem Großlysimeter Colbitz
Mittlere jährliche Grundwasserneubildung



dem Harzvorland weisen eine sehr geringe Grundwasserneubildung auf (< 50 mm/Jahr). Auf einigen dieser Standorte tritt nur während niederschlagsreicher Perioden wie am Lysimeter Colbitz Sickerwasser auf. Nur auf den BZE II-Standorten im Harz und Fläming sowie in der nordwestlichen Altmark kann mit Grundwasserneubildungsraten von > 100 mm gerechnet werden, so dass es auch in trockenen Jahren zu einer Auffüllung des Grundwassers kommt. Im Mittel aller BZE II-Punkte beträgt die Grundwasserneubildung für die Periode 1981 bis 2010 rund 80 mm im Jahr.

Um die Auswirkungen des erwarteten (und bereits messbaren) Klimawandels auf die Grundwasserneubildung der Waldstandorte in Sachsen-Anhalt zu untersuchen, wurde das Wasserhaushaltsmodell mit den Klimadaten des auf den aktuellen Szenarienvorgaben des Weltklimarates (IPCC Intergovernmental Panel on Climate Change) basierenden Szenarios RCP8.5 angetrieben. Die Daten wurden vom Climate & Environment Consulting Potsdam GmbH (CEC) bereitgestellt und lösen das in der Vergangenheit häufig verwendete Szenario A1B ab. Dieses Klimaszenario unterstellt für das Land Sachsen-Anhalt einen Anstieg der Jahresmitteltemperatur bis zum Jahr 2070 von 2,5 bis 3 °C im Vergleich zur Klimanormalperiode. Die Niederschlagsmenge unterliegt in der Jahressumme keiner signifikanten Veränderung, allerdings muss mit einer Verschiebung der Niederschläge vom Sommer- in das Winterhalbjahr gerechnet werden. Legt man bei der Wasserhaushaltssimulation die Bestände der BZE II zugrunde, so ergibt sich aus dem Klimasignal des RCP8.5-Szenarios ein Rückgang der Grundwasserneubildungsrate auf allen Stand-

orten. Insbesondere die Tieflandstandorte in Sachsen-Anhalt würden in Zukunft im Mittel der Jahre 2041 bis 2070 eine nur noch sehr geringe Grundwasserneubildung aufweisen. In den meisten Waldbeständen der BZE II liegen die Grundwasserneubildungsraten unter 75 mm, häufig sogar unter 25 mm (s. Abbildung oben, rechtes Bild). Im Mittel der Tieflandstandorte würde sich fast eine Halbierung der Grundwasserneubildung von 70 mm unter heutigen Klimabedingungen auf 40 mm in Zukunft ergeben. Nur im Harz würde auf vielen Standorten die Grundwasserneubildung 100 mm und mehr betragen.

Fazit

Die Untersuchungen zum Wasserhaushalt auf den BZE II-Standorten in Sachsen-Anhalt zeigen, dass die Grundwasserneubildung von vielen standörtlichen Faktoren abhängt und kleinräumig stark variiert. Bereits unter heutigen Klimabedingungen weisen viele Waldstandorte im Tiefland geringe Grundwasserneubildungsraten auf (< 100 mm/Jahr). In Zukunft muss unter der Annahme des Klimaszenarios RCP8.5 mit einer signifikanten Abnahme der Grundwasserneubildung gerechnet werden, so dass auf vielen Tieflandstandorten der Grundwasserspeicher nur noch episodisch durch Niederschlag aufgefüllt wird. Ob im Kontext der WRRL durch forstliche Maßnahmen (Durchforstung, Nutzung, Walddumbau) die Grundwasserneubildung auf den Waldflächen in Sachsen-Anhalt langfristig stabilisiert werden kann, ist fraglich und sollte nur unter Einbeziehung abiotischer (Trockenstress) und biotischer (Schadinsekten) Risiken erfolgen.



SACHSEN-ANHALT

Ministerium für
Landwirtschaft und Umwelt

Impressum:

Ansprechpartner

Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt

Abteilung Umweltkontrolle

Sachgebiet Wald- und Bodenzustand

Grätzelstraße 2, 37079 Göttingen

Tel.: 0551/69401-0

Fax: 0551/69401-160

Zentrale@nw-fva.de

www.nw-fva.de

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

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

Titelfotos: Evers, J.

Graphik und Layout: Paar, E.

Herstellung: Nordwestdeutsche
Forstliche Versuchsanstalt

Druck: Printec Offset Kassel

Der Waldzustandsbericht 2014
ist abrufbar unter
www.nw-fva.de und
www.mlu.sachsen-anhalt.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 Sachsen-Anhaltinischen Landesregierung herausgegeben. Sie darf weder von Parteien noch von Wahlwerberinnen und Wahlwerbern, Wahlhelferinnen und Wahlhelfern während eines Wahlkampfes zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für Europa-, Bundestags-, Landtags- und Kommunalwahlen.

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