



# Waldzustandsbericht 2014



# Vorwort



Liebe Leserin, lieber Leser,

ich freue mich über Ihr Interesse an Wald und Umwelt!

Die gute Nachricht vorweg: die Schwefelbelastung, vor drei Jahrzehnten noch Hauptverursacher des "Sauren Regens", ist auf einen Bruchteil ihres einstigen Wertes zurückgegangen. Hier haben die Umweltpolitik und das Ordnungsrecht mit stärkeren Vorgaben für Emittenten nachhaltige Wirkung gezeigt. Diese schädlichen Stoffeinträge in die Böden sind weiter auf dem Rückmarsch. Die Waldbäume haben sich erholt.

Achten Sie bei Ihrem nächsten Waldspaziergang einmal selbst darauf: die früher starke Vergilbung der Nadeln und Blätter unserer Waldbäume ist fast auf Null zurückgegangen. Ablesen können wir die positive Entwicklung auch an der verbesserten Wasserqualität der Waldbäche und an den Nadelinhaltsstoffen einer unserer wichtigsten Bäume, der Fichte.

In diesem Jahr blicken wir auf über dreißig Jahre "Forstliches Umweltmonitoring" zurück. Ausgelöst durch die intensive und berechnete Debatte um das Waldsterben in den Achtzigerjahren, nimmt die Wissenschaft seitdem den Wald und seine Lebensbedingungen intensiv unter die Lupe – mit Erfolg. Die Berichte haben auch die Politik zum Handeln und zur wirksamen Reduzierung der Schadstoffbelastung gebracht. Denn das Forstliche Umweltmonitoring hat zu den tiefgreifenden Maßnahmen der Luftreinhaltung erheblich beigetragen. Es liefert uns auch Hinweise darauf, welche Risiken der Klimawandel für Wald und Forstwirtschaft mit sich bringt, denn die weltweite Klimaerwärmung ist noch lange nicht im Griff. Wälder können als Kohlenstoffspeicher zum Klimaschutz, zum Beispiel durch den Aufbau strukturreicher Mischwälder unter Beteiligung von Laubholz, erheblich beitragen. Naturnah aufgebaute, vielseitige Wälder sind auch der beste Schutz vor schädlichen Forstinsekten, die bei Massenvermehrungen zu einer ersten Bedrohung für den Wald und die biologische Vielfalt werden können.

Der Waldzustandsbericht wird jährlich fortgeführt und ist ein Beitrag der niedersächsischen Landesregierung zur transparenten Bereitstellung aller wichtigen Umweltdaten.

In diesem Heft finden Sie außerdem ausgewählte Fachbeiträge der Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt (NW-FVA), die die Ergebnisse erhoben und ausgewertet hat.

A handwritten signature in black ink that reads "Christian Meyer".

Christian Meyer  
Niedersächsischer Minister  
für Ernährung, Landwirtschaft  
und Verbraucherschutz

# Hauptergebnisse

## Waldzustandserhebung (WZE)

Die mittlere Kronenverlichtung der Waldbäume in Niedersachsen insgesamt blieb 2014 gegenüber dem Vorjahr unverändert (16 %). Während bei der älteren Buche aufgrund intensiver Blüte und Fruchtbildung in diesem Jahr die Kronenverlichtung zunahm, waren die Bedingungen für die Kronenentwicklung bei der älteren Fichte und Eiche im Vergleich zu den Vorjahren verbessert.

Die Ergebnisse der Waldzustandserhebung zeigen einen deutlichen Alterstrend: Für ältere Bäume (über 60-jährig) liegt die mittlere Kronenverlichtung etwa doppelt so hoch wie für jüngere Bäume (bis 60 Jahre).

Die Baumarten reagieren unterschiedlich. Die Baumartenverteilung in der WZE-Stichprobe in Niedersachsen ergibt für die Kiefer einen Flächenanteil von 38 %, die Fichte ist mit 18 %, die Buche mit 16 % und die Eiche mit 7 % an der WZE-Stichprobe vertreten. Die anderen Laub- und Nadelbäume nehmen zusammen einen Anteil von 21 % ein.

Die ältere Kiefer hat im Beobachtungszeitraum ein relativ geringes Kronenverlichtungsniveau beibehalten. Auch 2014 setzt sich diese Tendenz fort, die mittlere Kronenverlichtung liegt bei 15 %. Auch bei den starken Schäden und in der Absterberate zeigt sich die Kiefer robust, im Erhebungszeitraum blieben die Werte bislang konstant niedrig. Der Kronenzustand der Kiefer ist weiterhin markant besser als der von Fichte, Buche und Eiche.

Bei der älteren Fichte wird seit Beginn der Zeitreihe der Waldzustandserhebung ein anhaltend hoher Verlichtungsgrad festgestellt. Mit einer mittleren Kronenverlichtung von 27 % hat sich der Kronenzustand der älteren Fichten gegenüber den Vorjahren leicht verbessert.

Bei den Laubbaumarten Buche und Eiche ist im Zeitverlauf der Waldzustandserhebung eine Verschlechterung eingetreten. Die Kronenverlichtungswerte liegen für beide Laubbaumarten derzeit etwa doppelt so hoch wie zu Beginn der Zeitreihe.

Bei den älteren Buchen lagen nur 1990 und 2011 die Verlichtungswerte höher als 2014. Schwankungen in der Belaubungsdichte der Buche treten vor allem im Zusammenhang mit intensiven Fruchthjahren auf. 2014 wurde die Kronenverlichtung der Buche zusätzlich durch den Befall des Buchenspringrüblers verstärkt.

Die älteren Eichen zeigen in diesem Jahr eine Erholungstendenz, mit dem Rückgang der Schäden durch die Eichenfraßgesellschaft ging auch die mittlere Kronenverlichtung zurück (2014: 28 %).

Die anderen Laub- und Nadelbäume weisen einen insgesamt (alle Alter) vergleichsweise geringen Kronenverlichtungsgrad auf (10 % bzw. 8 %).

Der Anteil starker Schäden für alle Baumarten und Alter (1,3 %) und die Absterberate (0,1 %) liegen 2014 weiterhin auf einem insgesamt 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.

## Grundwasserneubildung

Die Untersuchungen zum Wasserhaushalt auf den BZE II-Standorten in Niedersachsen zeigen, dass die Grundwasserneubildung von vielen standörtlichen Faktoren abhängt und kleinräumig stark variiert. Unter heutigen Klimabedingungen weisen die meisten Waldstandorte noch hohe Grundwasserneubildungsraten auf (>200 mm pro Jahr). In Zukunft muss unter der Annahme des Klimaszenarios RCP8.5 mit einer signifikanten Abnahme der Grundwasserneubildung gerechnet werden.

Besonders im östlichen Tiefland und im Bergland (ausgenommen Harz) werden teilweise Grundwasserneubildungsraten von weniger als 25 mm im langjährigen Mittel erwartet. Dies würde bedeuten, dass auf diesen Standorten nur während niederschlagsreicher Perioden Grundwasser neugebildet wird.



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.

Für das Eschentriebsterben wird sowohl eine Zunahme der Schadflächen als auch eine Verstärkung der Schäden beobachtet.

## Stoffeinträge

Die Höhe der Stoffeinträge wird maßgeblich durch Niederschlagsmenge, Baumart, Kronenrauhigkeit bzw. lokale Emittenten bestimmt. Die höchsten Säureinträge finden sich auf den Untersuchungsflächen im Harz und Solling sowie im Nordwestdeutschen Tiefland. In diesen Regionen klaffen Säureeintrag und nachhaltiges Puffervermögen der Waldböden besonders weit auseinander.

## Ernährungssituation der Fichte

Im Zeitraum 1983 bis 2007 wurden vier landesweite Inventuren zur Ernährungssituation der Fichte in Niedersachsen durchgeführt. Die Ergebnisse zeigen Reaktionen der Fichte auf sich ändernde Umweltbedingungen. Die Stickstoffkonzentration in den Fichtennadeln blieb gleich, die Magnesiumversorgung verbesserte sich, während die Schwefel-, Kalium- und Eisenkonzentrationen abnahmen.

## 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 Schwefeleinträge in die Wälder auch zu verminderten Schwefelkonzentrationen in den Waldbächen geführt haben. Außerdem wurde ein Anstieg der pH-Werte festgestellt.

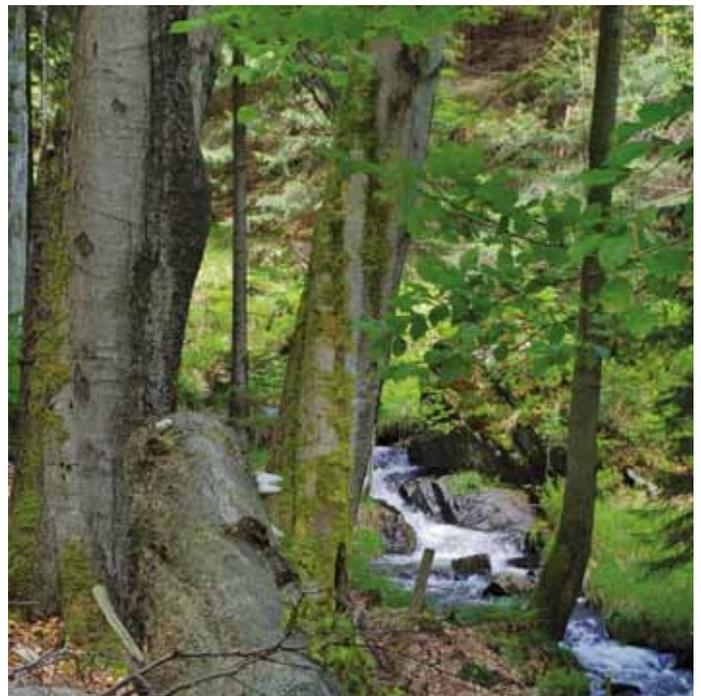


Foto: R. Steffens

# 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 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

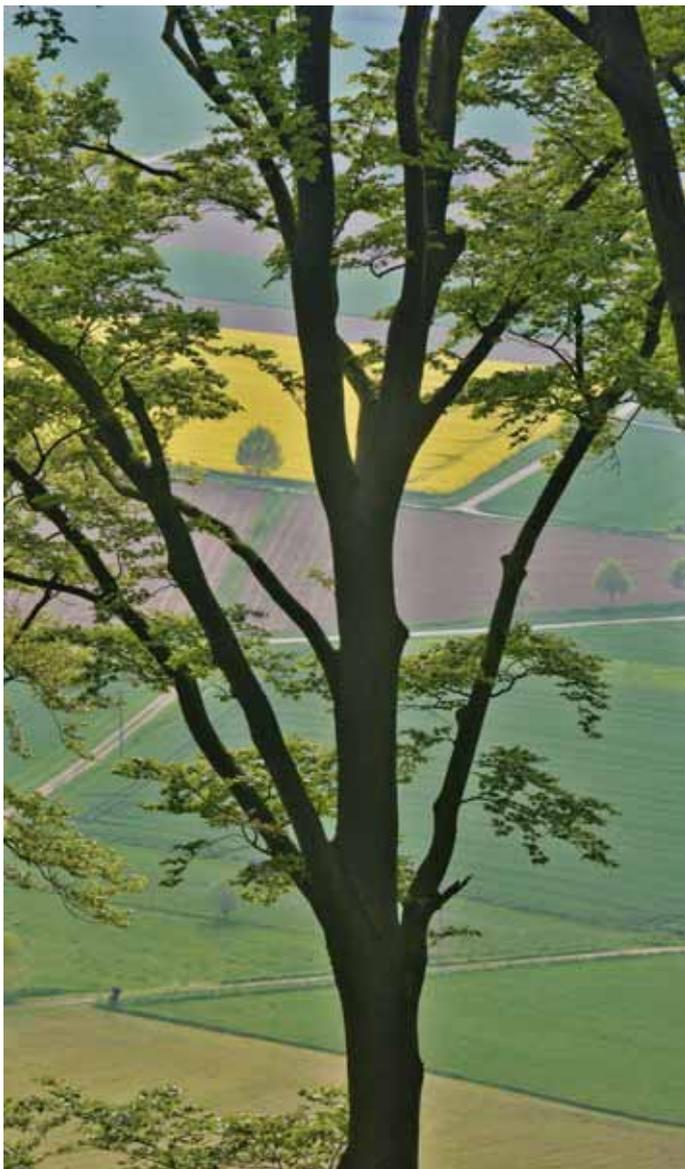


Foto: J. Evers

auf der Grundlage von Referenzwerten. Die Forstliche Umweltkontrolle leistet Beiträge zur Daseinsvorsorge, arbeitet die Informationen bedarfsgerecht auf, erfüllt Berichtspflichten, gibt für die Forstpraxis Entscheidungshilfen 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 in einer fünften Traktecke 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 Bodenzustand, Nadel-/Blatternährung, 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-/Blatternährung, Baumwachstum, Kronen- und Baumzustand, abiotische und biotische Faktoren, chemischer und physikalischer Bodenzustand sowie Bodenvegetation.

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

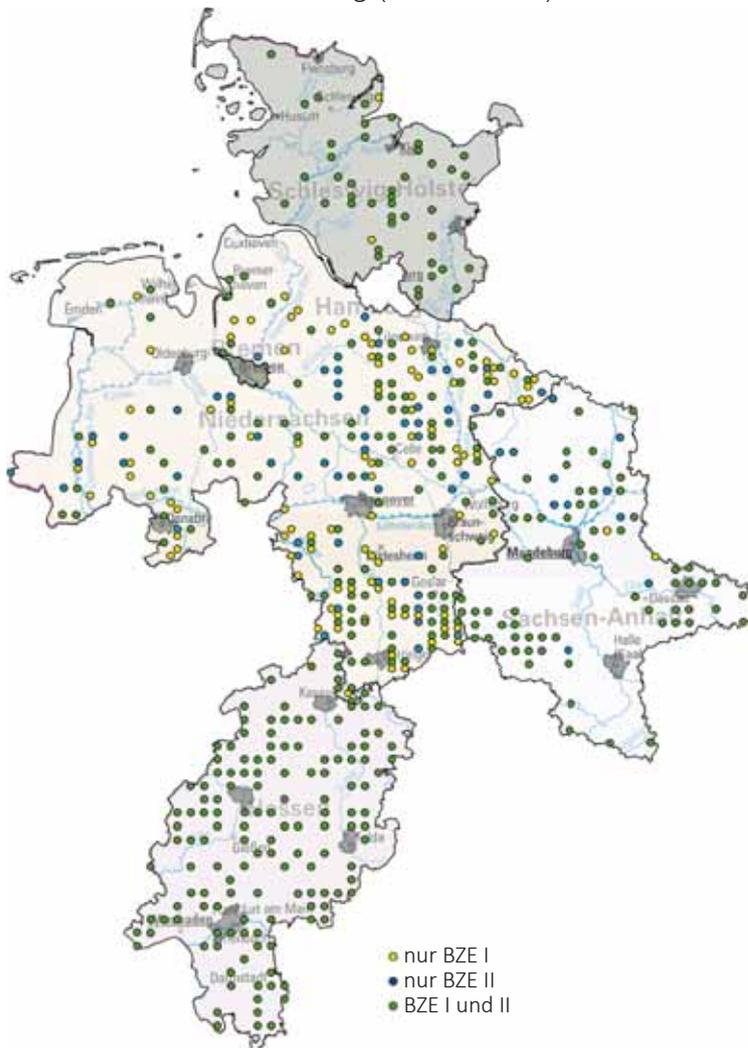
- Kronen- und Baumzustand, abiotische und biotische Faktoren, Baumwachstum, Nadel-/Blatternährung, Bodenvegetation, Deposition, Bodenzustand.

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

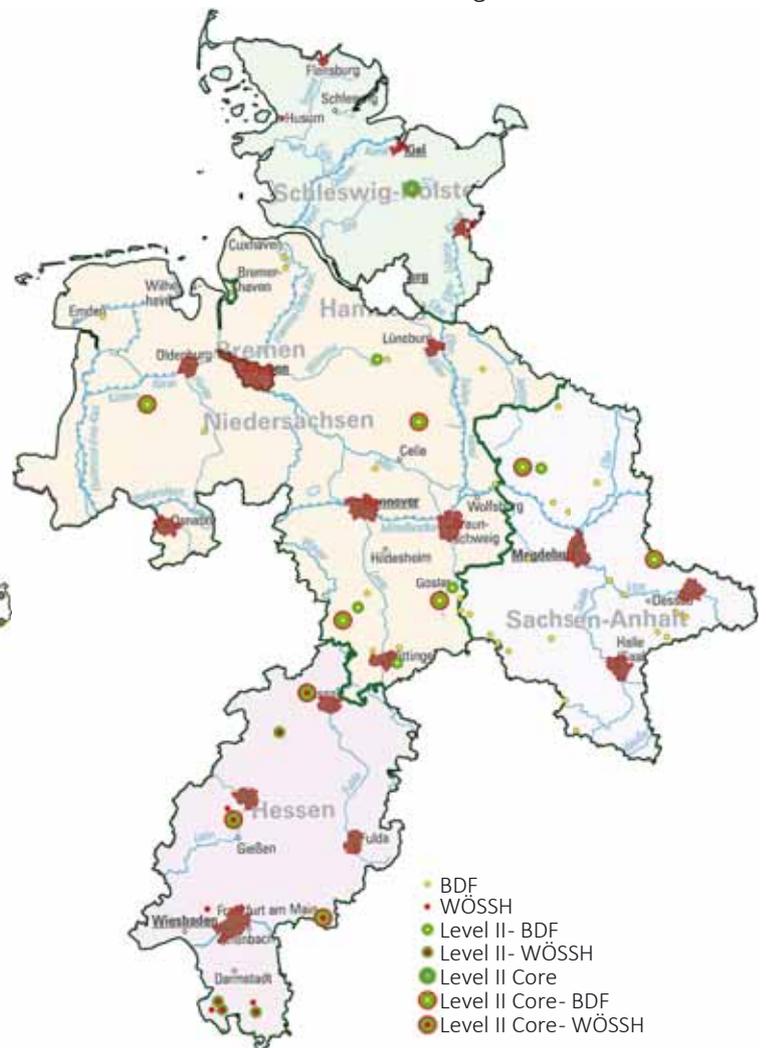
- Streufall, Baumphänologie, Baumwachstum (intensiviert), Bodenlösung, Bodenfeuchte, Luftqualität, Meteorologie.

Anhand von Übersichtserhebungen (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 zum Nährstoffhaushalt der Wälder positiv 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



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

tragungen von 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 Teilnahme an zahlreichen Ringanalysen sichergestellt, an denen das Labor jedes Jahr teilnimmt. Neben den 2-jährigen 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 noch programmbegleitende Ringanalysen und Kontrollprobenuntersuchungen durchgeführt, deren Ergebnisse dann 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 6-jähriges Kontrollprogramm mit fünf Ringanalysen und sechs von allen Labors kontinuierlich mit zu messenden 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 LaborleiterInnen 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 beweisen.

## Waldzustandserhebung – Methodik und Durchführung

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

## Aufnahmeumfang

Die Waldzustandserhebung erfolgt auf mathematisch-statistischer Grundlage. Auf einem systematisch über Niedersachsen verteilten Rasternetz werden seit 1984 an jedem Erhebungspunkt 24 Stichprobenbäume begutachtet. In einseharen Beständen sind Kreuztrakte mit markierten Stichprobenbäumen angelegt. In dichten, nicht einseharen Beständen werden in Quadratrakten Stichprobenbäume ausgewählt. Im Laufe der Jahre sind unterschiedliche Rasterweiten bei der Waldzustandserhebung verwendet worden (siehe Tabelle unten).

*Rasterweite der Waldzustandserhebung und Anzahl der Erhebungspunkte seit 1984 in Niedersachsen*

Jahr	Rasterweite (km)	Anzahl der Erhebungspunkte
1984	2x2, 2x4, 4x4	752
1985	2x2, 2x4, 4x4	806
1986	2x2, 2x4, 4x4	806
1987	4x8, 4x12	193
1988	4x8, 4x12	193
1989	4x8, 4x12	192
1990	2x2, 2x4, 4x4	814
1991	2x2, 2x4, 4x4	813
1992	4x8, 4x12	192
1993	4x8, 4x12	192
1994	2x2, 2x4, 4x4	819
1995	4x8, 4x12	192
1996	4x8, 4x12	192
1997	2x2, 2x4, 4x4	825
1998	4x4	644
1999	4x4	644
2000	4x4	642
2001	4x4	641
2002	4x4	640
2003	4x4	641
2004	4x4	640
2005	8x8, Verdichtung für Bu und Ei 4x4*	303
2006	8x8, Verdichtung für Bu und Ei 4x4*	303
2007	8x8, Verdichtung für Bu und Ei 4x4*	303
2008	8x8, Verdichtung für Bu und Ei 4x4*	303
2009	8x8, Verdichtung für Bu und Ei 4x4*	303
2010	8x8, Verdichtung für Bu und Ei 4x4*	301
2011	8x8, Verdichtung für Bu und Ei 4x4*	301
2012	8x8, Verdichtung für Bu und Ei 4x4*	299
2013	8x8, Verdichtung für Bu und Ei 4x4*	297
2014	8x8, Verdichtung für Bu und Ei 4x4*	296

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

# Forstliches Umweltmonitoring



Qualitätskontrolle von Wasserproben Foto: O. Schwerdtfeger

Die Rasterweite des landesweiten Stichprobennetzes beträgt seit 2005 8 km x 8 km, für Buche und Eiche werden zusätzliche Erhebungen im 4 km x 4 km-Raster (WZE-Punkte mit im Jahr 2004 mindestens 6 Buchen oder Eichen) durchgeführt. Derzeit gehören 299 Erhebungspunkte zum Stichprobenkollektiv, von denen in diesem Jahr 296 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 unten rechts die 95 %-Konfidenzintervalle (=Vertrauensbereiche) für die Baumarten und Altersgruppen der WZE-Stichprobe 2014. Je weiter der Vertrauensbereich, desto unschärfer sind die Aussagen. Die Weite des Vertrauensbereiches wird im Wesentlichen beeinflusst durch die Anzahl der Stichprobenpunkte in der jeweiligen Auswerteeinheit und die Streuung der Kronenverlichtungswerte. Für relativ homogene Auswerteeinheiten (z. B. Kiefer 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. Eiche, alle Altersstufen), die sowohl in der Altersstruktur als auch in den Kronenverlichtungswerten ein breites Spektrum umfassen. Mit dem 8 km x 8 km-Raster, ergänzt um ein 4 km x 4 km-Raster für Buche und Eiche, werden – mit Abstrichen bei der Fichte, den anderen Laubbäumen (bis 60 Jahre) und anderen Nadelbäumen (über 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 Niedersachsen. Das 95 %-Konfidenzintervall (= Vertrauensbereich) gibt den Bereich an, in dem der wahre Mittelwert mit einer Wahrscheinlichkeit von 95 % liegt.*

Baumarten-gruppe	Altersgruppe	n(Baum)	n(Plot)	Raster	95%-Konfidenz-intervall (+-)
Buche	alle Alter	2255	139	4x4 km	2,7
	bis 60 Jahre	385	26	4x4 km	1,8
	über 60 Jahre	1870	115	4x4 km	2,4
Eiche	alle Alter	1019	85	4x4 km	3,6
	bis 60 Jahre	199	16	4x4 km	2,0
	über 60 Jahre	820	71	4x4 km	3,0
Fichte	alle Alter	721	56	8x8 km	4,0
	bis 60 Jahre	273	22	8x8 km	4,4
	über 60 Jahre	448	36	8x8 km	3,9
Kiefer	alle Alter	1495	81	8x8 km	1,7
	bis 60 Jahre	555	33	8x8 km	2,1
	über 60 Jahre	940	53	8x8 km	2,0
andere Laubbäume	alle Alter	500	69	8x8 km	3,6
	bis 60 Jahre	264	36	8x8 km	6,0
	über 60 Jahre	236	37	8x8 km	3,7
andere Nadelbäume	alle Alter	344	41	8x8 km	2,8
	bis 60 Jahre	201	23	8x8 km	1,3
	über 60 Jahre	143	18	8x8 km	5,4
alle Baumarten	alle Alter	3984	166	8x8 km	1,6
	bis 60 Jahre	1489	74	8x8 km	1,7
	über 60 Jahre	2495	120	8x8 km	2,0

# Alle Baumarten

## Mittlere Kronenverlichtung

Die Waldzustandserhebung 2014 weist als Gesamtergebnis für die Waldbäume in Niedersachsen (alle Baumarten, alle Alter) eine mittlere Kronenverlichtung von 16 % aus.

Der weitgehend stabile Verlauf der mittleren Kronenverlichtung für den Gesamtwald wird ganz wesentlich durch die Kiefer geprägt, die als häufigste Baumart in Niedersachsen maßgeblich das Gesamtergebnis mit relativ konstanten niedrigen Verlichtungswerten beeinflusst. Auch die anderen Laub- und Nadelbäume, die einen Anteil von 21 % der WZE-Stichprobe einnehmen, wirken mit vergleichsweise günstigen Verlichtungswerten ausgleichend auf die höheren Verlichtungswerte der Fichte, Eiche und Buche. In den jüngeren bis 60-jährigen Beständen sind Schadsymptome sehr viel weniger verbreitet (8 % mittlere Kronenverlichtung) als in den älteren über 60-jährigen Waldbeständen (20 % mittlere Kronenverlichtung). In Niedersachsen entfallen etwa 40 % der Stichprobenbäume der Waldzustandserhebung auf die jüngere Altersstufe.

Mittlere Kronenverlichtung in %

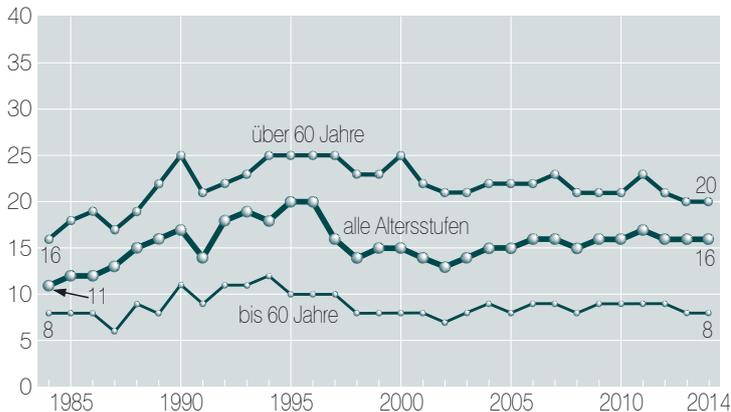


Foto: J. Evers

## Anteil starker Schäden

Der Anteil stark geschädigter Bäume liegt im Jahr 2014 mit 1,3 % im Bereich des Mittelwertes für die Zeitreihe (1,4 %). In den Erhebungsjahren 1984 bis 1996 traten in einigen Jahren überdurchschnittlich hohe Anteile an starken Schäden auf, anschließend lag der Anteil starker Schäden bis 2009 konstant bei etwa 1 % der Waldfläche und damit insgesamt auf einem geringen Niveau. Von 2010 bis 2013 lag der Anteil starker Schäden wieder etwas über dem Mittelwert der Zeitreihe.

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

Anteil starker Schäden, alle Baumarten, alle Alter in %

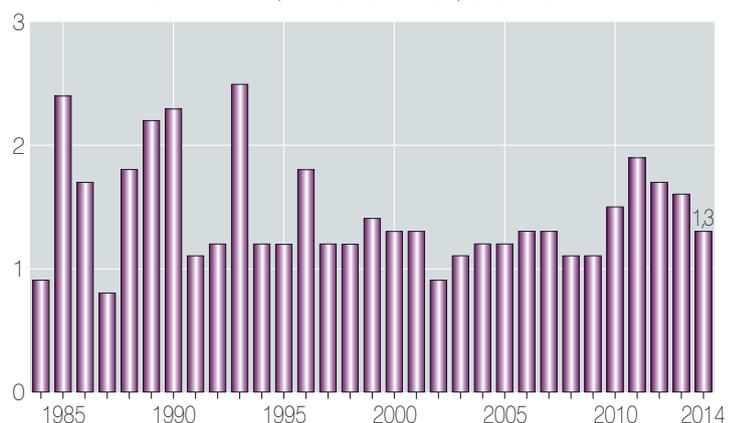
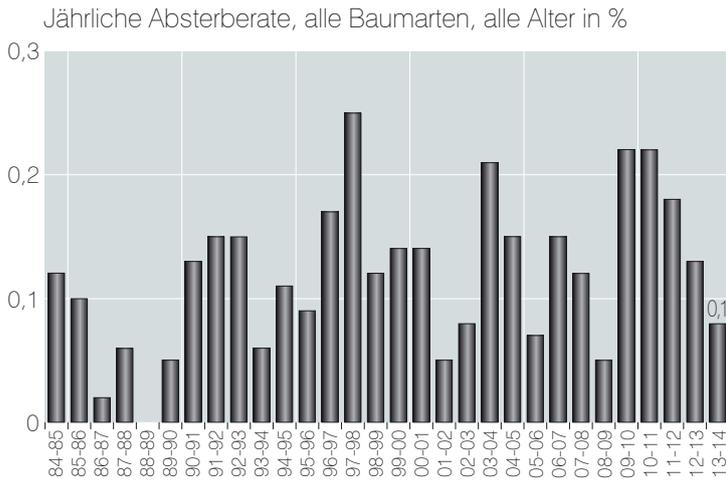


Foto: E. Langer

# Alle Baumarten



## Absterberate

Im Mittel der Beobachtungsjahre 1984-2014 ergibt sich mit 0,1 % eine sehr geringe Absterberate. Dies gilt auch für 2014. Bei der diesjährigen Waldzustandserhebung war nur die Absterberate der Eiche (0,5 %) gegenüber dem langjährigen Durchschnitt erhöht.

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

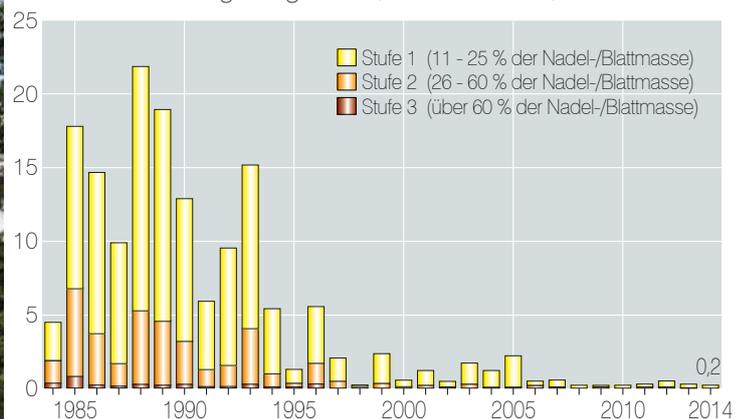


Foto: J. Evers



Foto: J. Evers

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



## Vergilbungen

Vergilbungen der Nadeln und Blätter sind häufig ein Indiz für Magnesiummangel in der Nährstoffversorgung der Waldbäume. Bis Mitte der 90er Jahre waren Vergilbungen häufig beobachtet worden, seither ist die Vergilbungsrate merklich zurückgegangen. Im Jahr 2014 wurde dieses Merkmal nur sehr vereinzelt (0,2 %) festgestellt. Die von den Waldbesitzern und Forstbetrieben durchgeführten Waldkalkungen mit magnesiumhaltigen Kalken und der Rückgang der Schwefel-emissionen haben dazu beigetragen, das Auftreten dieser Mangelerscheinung zu reduzieren.

# Kiefer

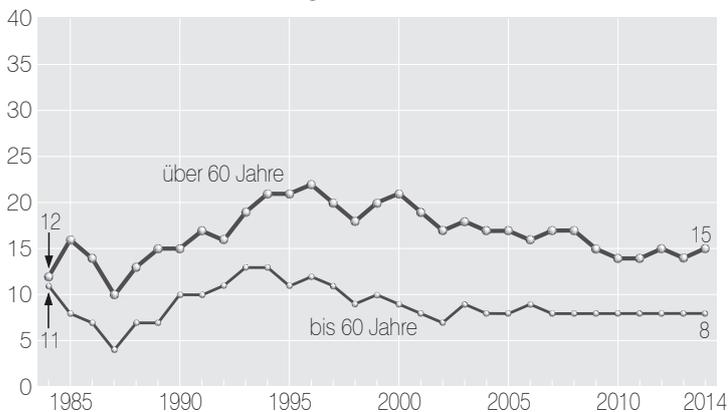
## Ältere Kiefer

Die Kiefer weist über den gesamten Erhebungszeitraum einen stabilen vergleichsweise niedrigen Kronenverlichtungsgrad auf. Im Zeitraum 1993-2001 wurden leicht erhöhte Werte festgestellt, die Kiefer bleibt aber durchgehend unter den Verlichtungswerten von Fichte, Buche und Eiche. Die mittlere Kronenverlichtung der älteren Kiefer beträgt 2014 15 %.

## Jüngere Kiefer

Die Unterschiede im Kronenverlichtungsgrad zwischen den Altersgruppen sind bei der Kiefer, im Vergleich zu den anderen Hauptbaumarten, nur gering ausgeprägt. Die mittlere Kronenverlichtung der jüngeren Kiefer liegt seit einigen Jahren bei 8 %.

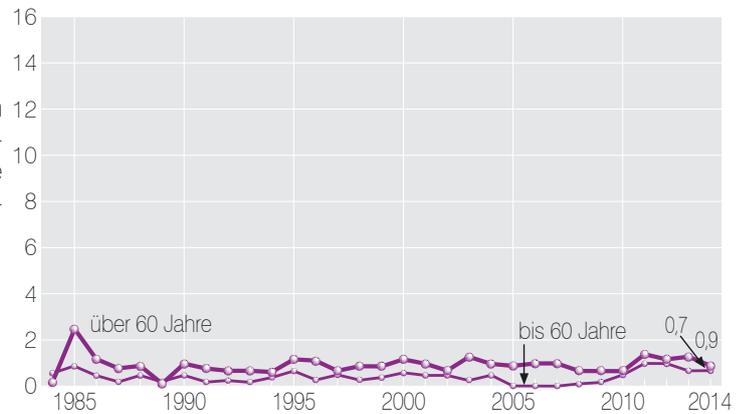
Mittlere Kronenverlichtung in %



## Starke Schäden

Auch bei den starken Schäden heben sich die Ergebnisse der Kiefer von denen der anderen Baumarten ab. Im Erhebungszeitraum treten nur geringe Schwankungen auf, im langjährigen Mittel liegt der Anteil starker Schäden unter 1 %.

Anteil starker Schäden in %



## Absterberate

Die Absterberate der Kiefer ist ebenfalls bemerkenswert niedrig und liegt im Erhebungszeitraum zwischen 0 und 0,3 %. Im Jahr 2014 beträgt die Absterberate 0,1 % und entspricht damit dem Mittel der Zeitreihe.



Foto: J. Evers

# Fichte

## Ältere Fichte

Im gesamten Beobachtungszeitraum werden für die ältere Fichte anhaltend hohe Kronenverlichtungswerte zwischen 24 % und 30 % festgestellt. Für das Jahr 2014 wird mit 27 % mittlerer Kronenverlichtung eine leichte Verbesserung gegenüber den 3 Vorjahren beobachtet.

## Jüngere Fichte

Auch die jüngeren Fichten zeigen 2014 eine leichte Verbesserung der Benadelungsdichte.

Für die Fichte ist ein deutlicher Alterstrend festzustellen. Die jüngeren Fichten liegen mit einer mittleren Kronenverlichtung von 9 % weit unter den Werten der älteren Fichten.

Mittlere Kronenverlichtung in %

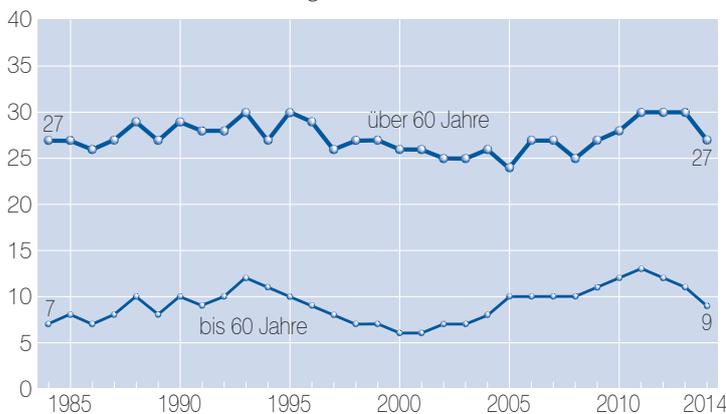


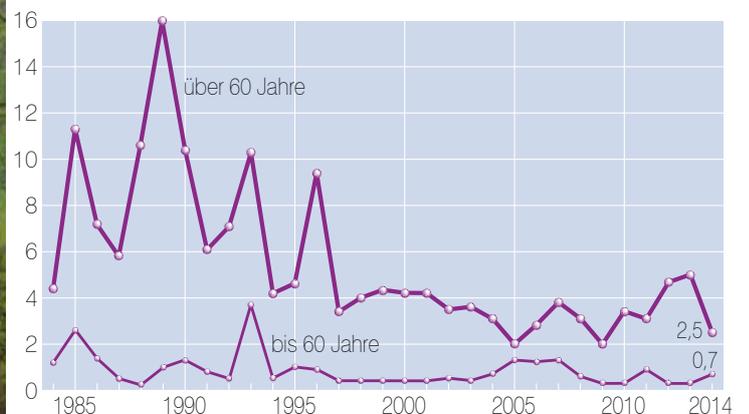
Foto: J. Evers

## Starke Schäden

Für die älteren Fichten wurden bis 1996 wiederholt erhebliche Anteile an starken Schäden (bis 16 %) festgestellt. Bis Mitte der 1990er Jahre haben mittlere und starke Vergilbungen von über 25 % der Nadelmasse, die zur Einstufung in die nächst höhere Schadstufe führen, eine bedeutsame Rolle gespielt. Mit dem Rückgang der Vergilbung gingen bei der Fichte auch die Anteile an starken Schäden zurück. Seit 1997 sind nur leichte Schwankungen aufgetreten. 2012 und 2013 wurde eine Erhöhung festgestellt, die aber nicht das Ausmaß früherer Jahre erreichte.

Der Anteil starker Schäden bei der älteren Fichte liegt regelmäßig über dem Durchschnittswert aller Baumarten in dieser Altersgruppe.

Anteil starker Schäden in %



## Absterberate

Die Absterberate der Fichte liegt im Mittel der Jahre 1984-2014 bei 0,2 %. Leicht erhöhte Absterberaten (bis 0,5 %) wurden als Folge von Trockenstress und Borkenkäferbefall in 31 Erhebungsjahren zehnmal ermittelt. In den letzten beiden Jahren ist keine Fichte im WZE-Stichprobenkollektiv abgestorben.



WZE-Punkt im Solling

Foto: J. Evers

# Buche

## Ältere Buche

Für die ältere Buche wurde 2011 mit einer mittleren Kronenverlichtung von 33 % der höchste Kronenverlichtungsgrad in der Zeitreihe festgestellt. In den Jahren 2012 und 2013 ist eine Verbesserung eingetreten, 2014 folgte ein erneuter Anstieg auf 29 %.

In den 1980er Jahren war die Belaubungsdichte der Buchen vergleichsweise günstig, anschließend stiegen die Kronenverlichtungswerte sprunghaft an. Seit 1989 liegen die Verlichtungswerte der älteren Buche relativ hoch und es treten erhebliche Schwankungen von Jahr zu Jahr auf. Eine Ursache für die zunehmende Variabilität der Verlichtungswerte ist die Intensität der Fruchtbildung. 2011 wurde die intensivste Fruchtbildung der Buche seit Beginn der Waldzustandserhebung festgestellt. 2012 und 2013 trat kaum Fruchtbildung auf, 2014 wurde eine mittlere und starke Fruchtbildung in der Stichprobe der Waldzustandserhebung an 69 % der älteren Buchen festgestellt.



Foto: J. Evers

## Jüngere Buche

Bei der Buche sind die Unterschiede in der Belaubungsdichte zwischen jüngeren und älteren Beständen besonders stark ausgeprägt. Die jüngeren Buchen weisen seit 1995 ein geringes Kronenverlichtungsniveau auf. Auch 2014 setzte sich dieser Trend mit einer mittleren Kronenverlichtung von 4 % weiter fort. Da die Blühreife der Buche erst in einem Alter von 40 bis 60 Jahren einsetzt, wird die Kronenentwicklung der jüngeren Buchen kaum durch die Fruchtbildung beeinflusst.

## Starke Schäden

Wie beim Verlauf der mittleren Kronenverlichtung der Buche, treten auch beim Anteil starker Schäden bei der älteren Buche im Beobachtungszeitraum Schwankungen auf. Im Mittel der Zeitreihe sind bei der älteren Buche 2,7 % stark geschädigt (2014: 3 %). Bei den jüngeren Buchen liegt der Durchschnittswert der Zeitreihe bei 0,2 % (2014: 0 %).

## Absterberate

Die Buche weist eine bemerkenswert niedrige Absterberate auf. Im Mittel der Jahre 1984-2014 liegt die Absterberate der Buche bei 0,04 %. 2014 ist kein Buchen-Stichprobenbaum abgestorben.

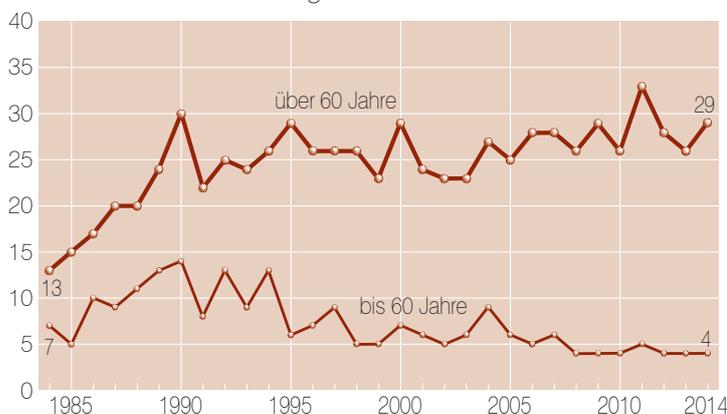
## Fruchtbildung

Die Ergebnisse zur Fruchtbildung im Rahmen der Waldzustandserhebung zeigen für die Buche eine Tendenz, in kurzen Abständen und vielfach intensiv zu fruktifizieren. Dies steht im Zusammenhang mit einer Häufung warmer Jahre sowie einer erhöhten Stickstoffversorgung der Bäume. Geht man davon aus, dass eine starke Mast erreicht wird, wenn ein Drittel der älteren Buchen mittel oder stark fruktifiziert, ergibt sich rechnerisch für den Beobachtungszeitraum der Waldzustandserhebung 1984-2014 alle 2,4 Jahre eine starke Mast. Literaturrecherchen hingegen ergaben für den Zeitraum 1839-1987 Abstände zwischen zwei starken Masten für 20-Jahresintervalle zwischen 3,3 und 7,1 Jahre. 2011 wurde die bislang intensivste Buchenmast in der WZE-Stichprobe beobachtet.

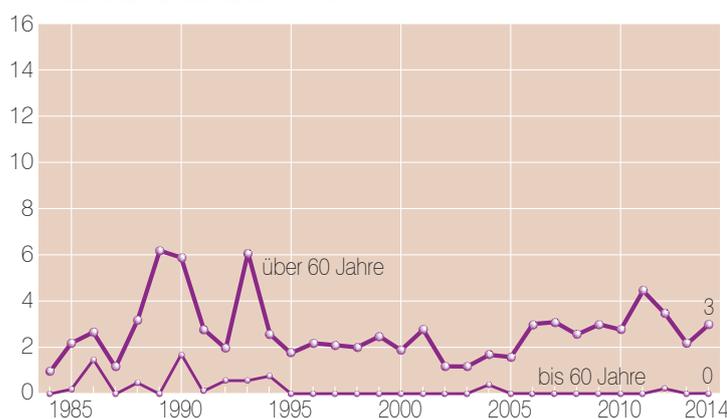
## Buchenspringrüßler

Wie bereits im Vorjahr war auch 2014 in einigen Regionen der Befall durch den Buchenspringrüßler auffällig, da neben dem typischen Lochfraß häufig auch Nekrosen ausgebildet waren. Von den Buchen der WZE-Stichprobe zeigten 2013 16 % und 2014 27 % Fraßschäden, dies hat zur Erhöhung der Kronenverlichtung der Buche beigetragen.

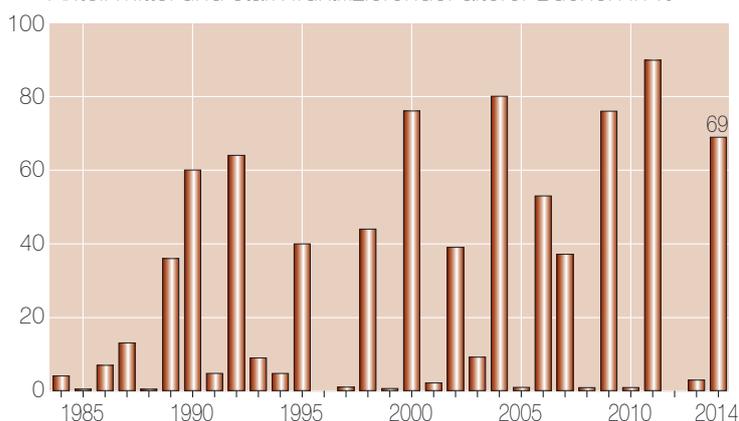
Mittlere Kronenverlichtung in %



Anteil starker Schäden in %



Anteil mittel und stark fruktifizierender älterer Buchen in %



# Eiche

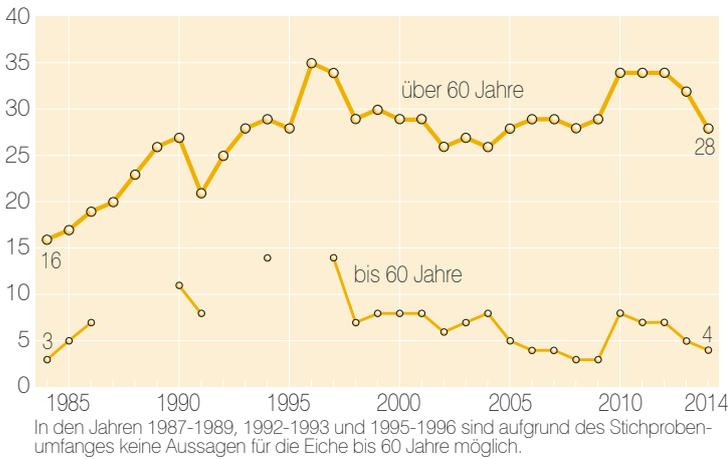
## Ältere Eiche

In der Zeitreihe der mittleren Kronenverlichtung der älteren Eiche treten die höchsten Verlichtungswerte (>30 %) in den Jahren 1996/1997 und von 2010-2013 auf. 2014 zeigt sich eine Verbesserung der Belaubungsdichte mit 28 % mittlerer Kronenverlichtung. Die Entwicklung des Kronenzustandes der Eiche wird stark durch Insekten- und Pilzbefall beeinflusst.

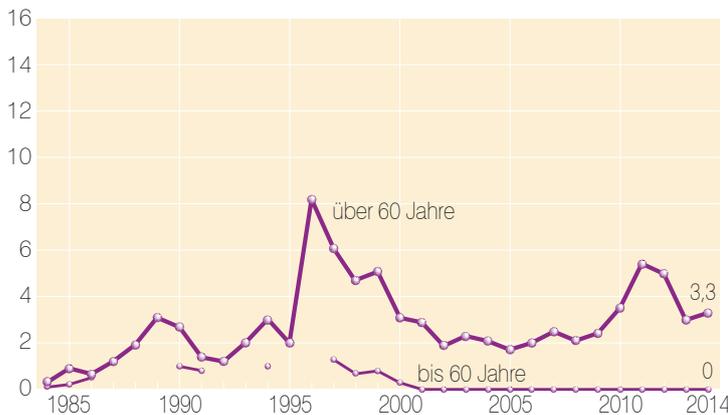
## Jüngere Eiche

Die Kronenentwicklung der Eichen in der Altersstufe bis 60 Jahre zeigt einen sehr viel günstigeren Verlauf als die Entwicklung der älteren Eichen. Mit einer mittleren Kronenverlichtung von 4 % erreicht die jüngere Eiche 2014 einen günstigen Kronenverlichtungswert.

Mittlere Kronenverlichtung in %



Anteil starker Schäden in %



Großer und Kleiner Frostspanner

Foto: G. Hartmann



Foto: J. Evers

## Starke Schäden

Parallel zu den erhöhten Kronenverlichtungswerten in den Jahren 1996-1997 und 2010-2013 waren in diesen Phasen auch erhöhte Anteile starker Schäden zu verzeichnen. Derzeit nehmen die starken Schäden bei der älteren Eiche einen Anteil von 3,3 % ein. Bei den jüngeren Eichen sind seit 2001 keine starken Schäden aufgetreten.

## Absterberate

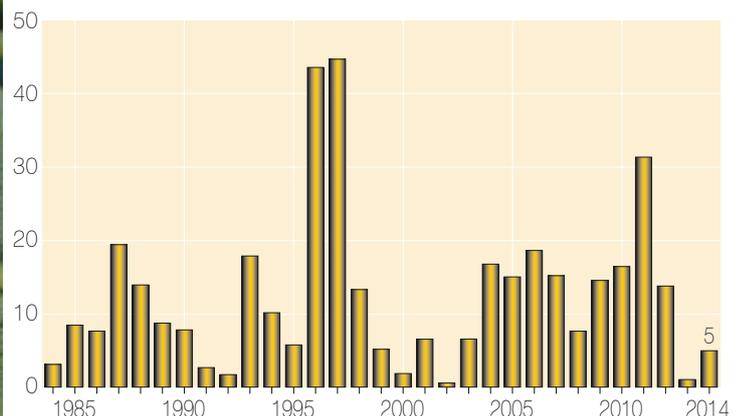
Die Absterberate der Eiche liegt im Mittel der Jahre 1984-2014 bei 0,2 %. Überdurchschnittliche Absterberaten wurden jeweils im Anschluss an starken Insektenfraß ermittelt, am höchsten war die Absterberate 1998 (0,9 %). Im Jahr 2014 beträgt die Absterberate 0,5 %.

## Fraßschäden

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

Im Jahr 2011 wurden Belaubungsdefizite durch mittlere oder starke Fraßschäden an 31 % der älteren Eichen registriert. Inzwischen sind die Fraßschäden erheblich zurückgegangen.

Anteil mittlerer und starker Fraßschäden an älteren Eichen in %



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

# Andere Laub- und Nadelbäume

In Niedersachsen werden bei der Waldzustandserhebung als landesweite flächendeckende Stichprobeninventur 31 Baumarten erfasst. Neben den Hauptbaumarten Kiefer, Fichte, Buche und Eiche kommt in den niedersächsischen Wäldern eine Vielzahl von anderen Baumarten vor, die insgesamt 21 % der Stichprobenbäume der Waldzustandserhebung in Niedersachsen einnehmen. Jede Baumart für sich genommen ist in der Stichprobe 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.

Zu den anderen Laubbäumen gehören u. a. Esche, Ahorn, Linde und Hainbuche. Am stärksten vertreten ist die Birke, gefolgt von der Erle. Seit 1997 sind kaum Schwankungen in der Belaubungsdichte aufgetreten, die Werte der mittleren Kronenverlichtung (alle Alter) lagen zwischen 10 und 14 %. Im Jahr 2014 liegt sie bei 10 %. Die Gruppe der anderen Nadelbäume setzt sich vorwiegend aus Lärche und Douglasie zusammen. Die mittlere Kronenverlichtung (alle Alter) lag im Erhebungszeitraum zwischen 6 und 12 %, 2014 beträgt sie 8 %.



Junge vitale Lärche

Foto: J. Evers

## Starke Schäden

Für die anderen Laubbäume liegt das Mittel der Zeitreihe für den Anteil starker Schäden (alle Alter) bei 1,4 %, bei den anderen Nadelbäumen bei 0,8 %. Bei den anderen Laubbäumen sind 2,2 % in diesem Jahr stark geschädigt, bei den anderen Nadelbäumen 0,9 %.

## Absterberate

Die Absterberate der anderen Laubbäume entspricht 2014 mit 0,2 % dem Mittel der Zeitreihe. Bei den anderen Nadelbäumen ist in den letzten vier Jahren in der Stichprobe der Waldzustandserhebung kein Baum dieser Gruppe frisch abgestorben. Der Mittelwert der Absterberate liegt hier bei 0,1 %.



Bergahorn mit Fruchtbildung

Foto: T. Ullrich



Weidenblüte

Foto: NW-FVA

# Witterung und Klima

Inge Dammann und Olaf Schwerdtfeger

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

## Temperatur und Niederschlag im langjährigen Verlauf

Seit 1988 wird eine gegenüber der Referenzperiode (1961-1990) erhöhte Temperatur sowohl in der Vegetationszeit (Mai bis September) als auch in der Nichtvegetationszeit (Oktober bis April) gemessen. In der Vegetationszeit wurde seit 1988 in 25 von 27 Jahren der Durchschnittswert überschritten, in der Nichtvegetationszeit war dies in 21 von 26 Jahren der Fall. Die Vegetationsperioden 1992, 2003 und 2006 und die Nichtvegetationszeit 2006/2007 waren im Zeitraum seit 1984 die wärmsten.

Bei den Niederschlägen sind die jährlichen Schwankungen vor allem in der Nichtvegetationszeit groß. Besonders niederschlagsreich war die Vegetationsperiode 2007, besonders trocken war die Nichtvegetationsperiode 1996/1997. Auffällig ist die unterdurchschnittliche Niederschlagsmenge in den letzten sechs Wintern.

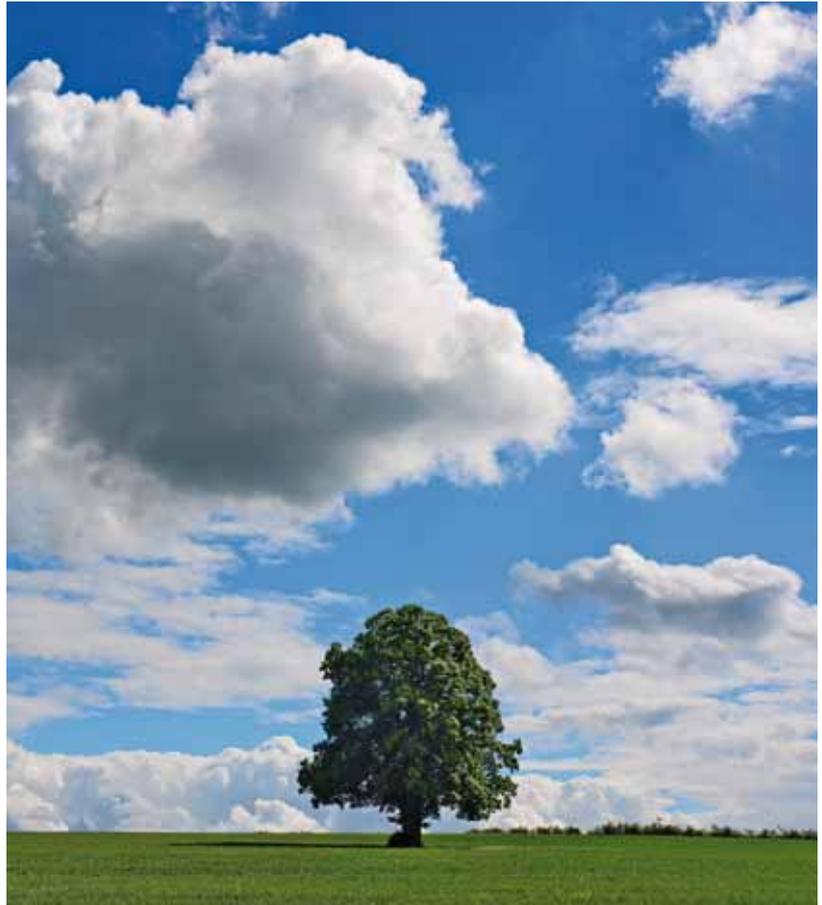


Foto: H. Heinemann

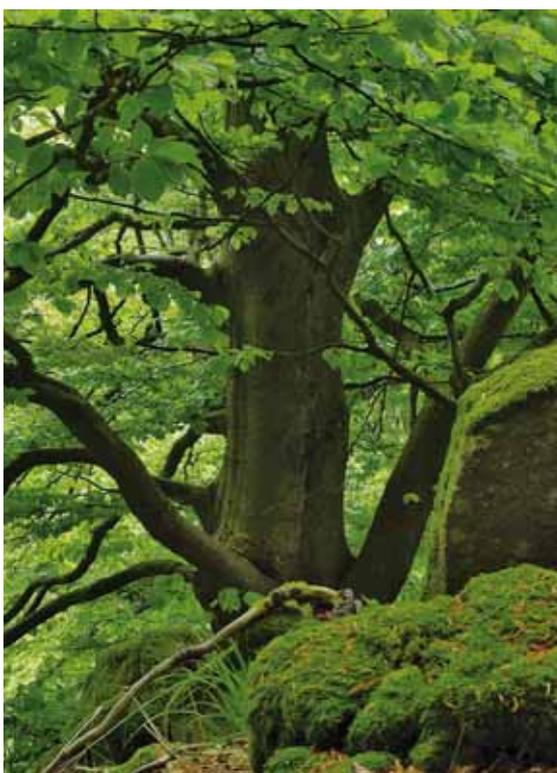
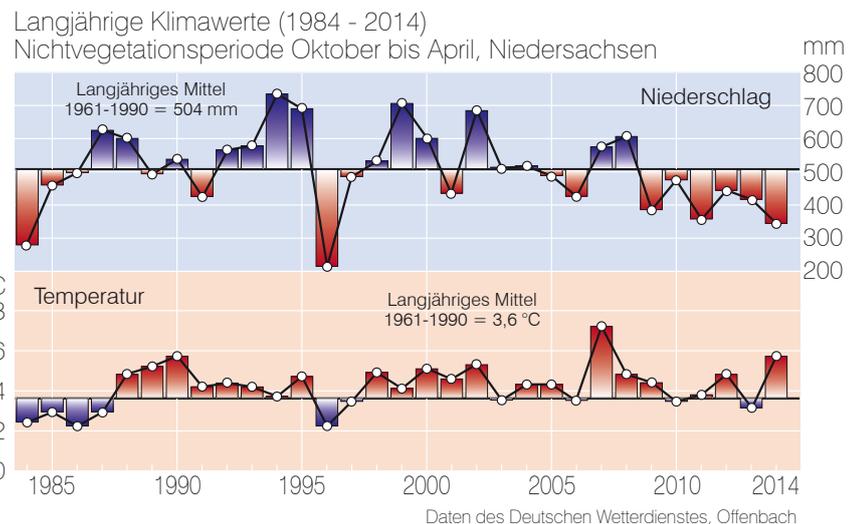
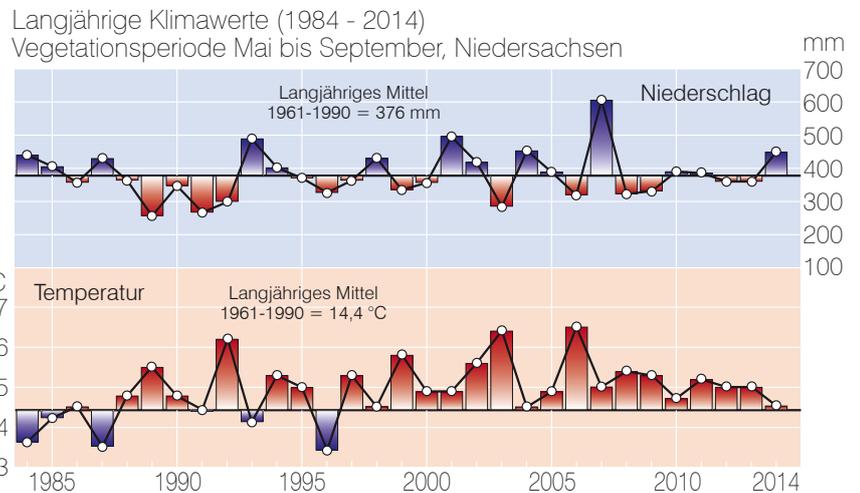


Foto: R. Steffens

# 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 im Februar und April (+4,1 °C bzw. +3,9 °C über dem langjährigen Mittel) besonders groß.

Die Niederschlagsmengen lagen im Oktober und November 2013 leicht über dem Durchschnittswert 1961-1990, in den folgenden Monaten blieb der Niederschlag unterdurchschnittlich, am geringsten war der Niederschlag im März mit 33 % des langjährigen Mittelwertes.

In der Vegetationszeit 2014 (Mai bis September) wechselten nasse und trockene Monate ab. Im Mai fiel fast doppelt so viel Niederschlag (190 %) wie in der Referenzperiode, der Juni und der September 2014 waren zu trocken (69 bzw. 47 % des langjährigen Mittels). Auch 2014 fielen die Niederschläge häufig in Verbindung mit heftigen Gewittern und örtlichen Starkregenereignissen. An den Wetterstationen waren die Niederschlagsmengen nicht gleichmäßig verteilt. Beispielsweise waren die Niederschläge im September 2014 in Göttingen durchschnittlich, betrug aber in Soltau und Lingen nur 20 bzw. 21 % der Referenzwerte. Die Temperaturen entsprachen im Mai und Juni den Durchschnittswerten, im Juli und September war es wärmer (+2,8 °C bzw. +1,9 °C) und im August kälter (-0,8 °C) als in der Referenzperiode.

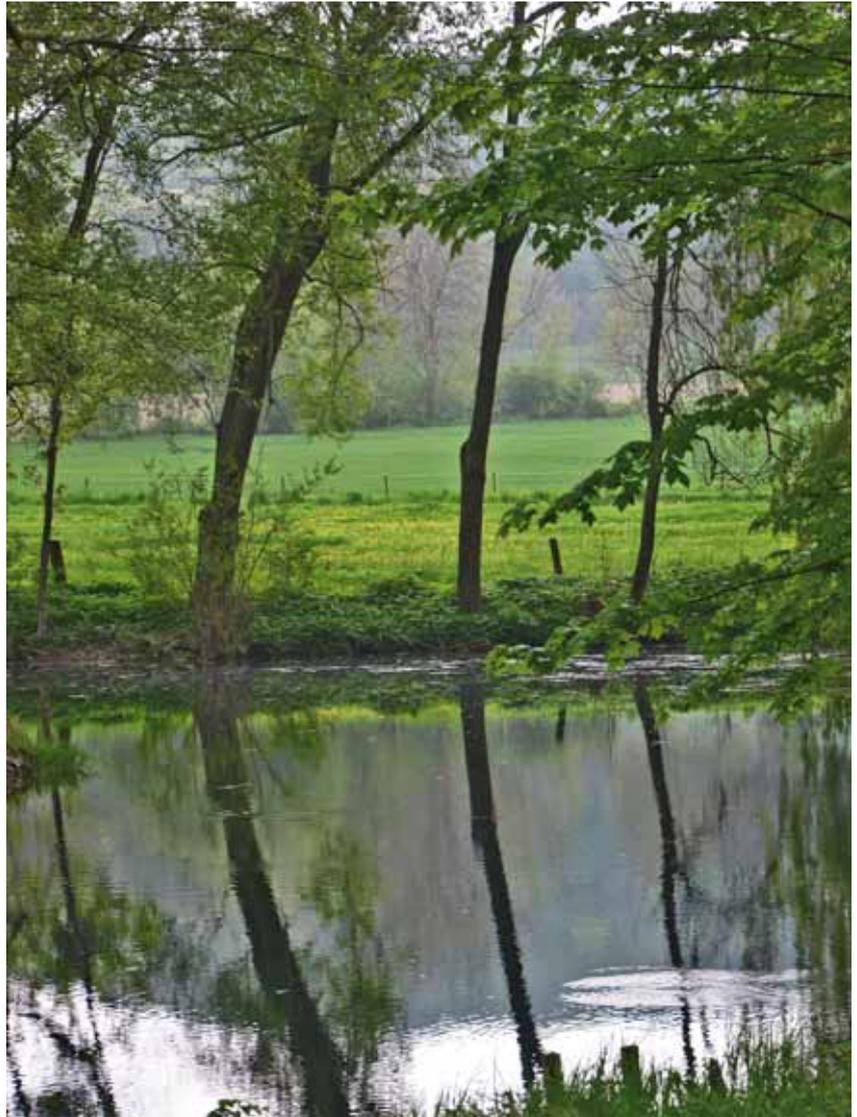
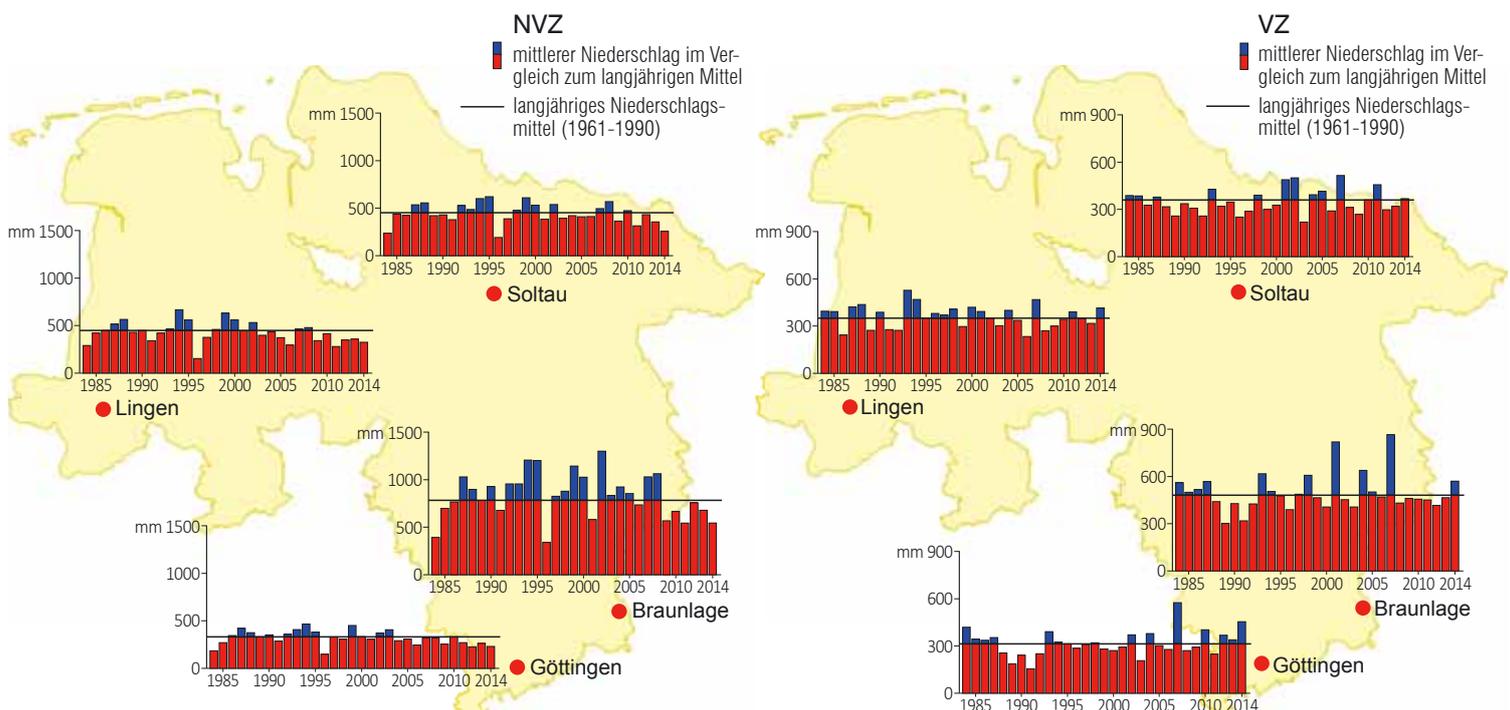


Foto: J. Evers

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



Daten des Deutschen Wetterdienstes, Offenbach

# Witterung und Klima

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 4. wärmste seit 1881.
- Der März 2014 war zu warm (zusammen mit dem März 2012 der 3. wärmste 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 (8. wärmster Juli seit 1881) und zu nass (10. nassester Juli seit 1881) aus.

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

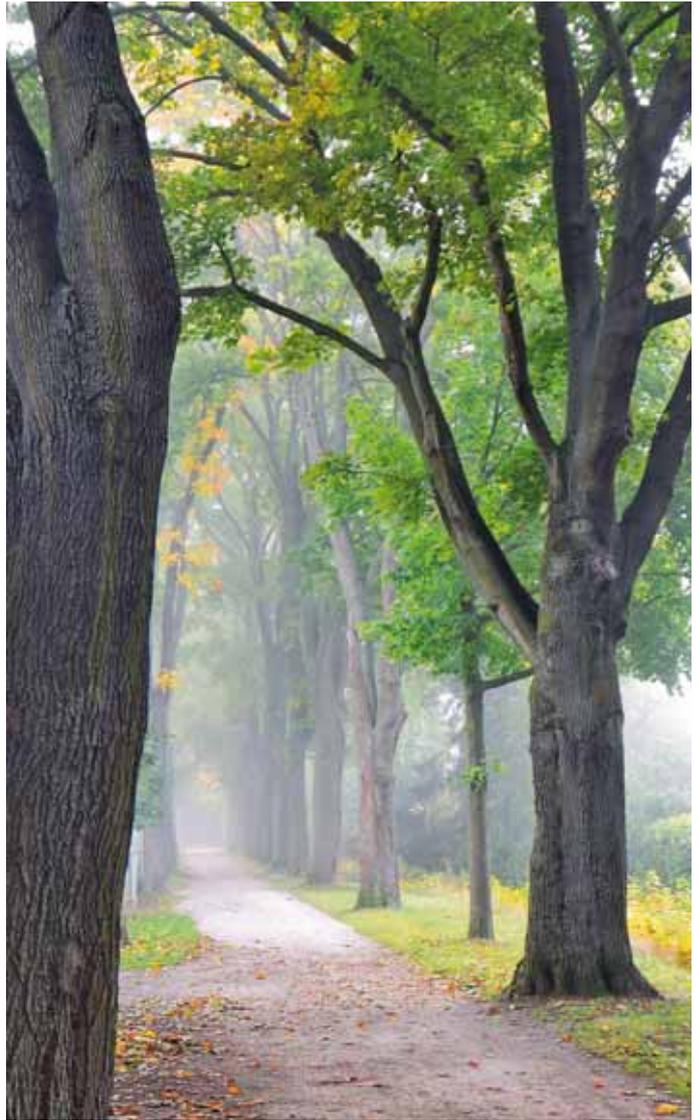
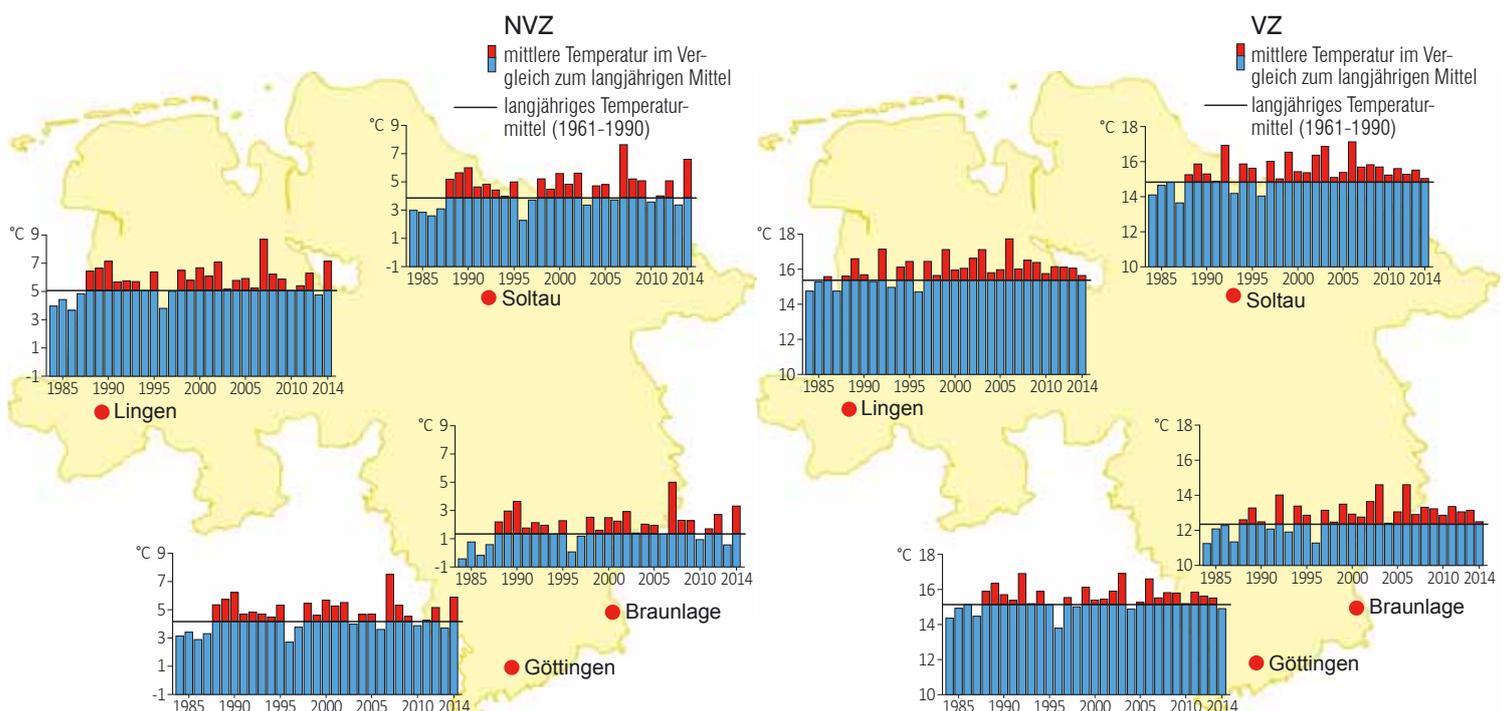


Foto: H. Heinemann



Foto: H. Heinemann

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



Daten des Deutschen Wetterdienstes, Offenbach

# 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-WRRL) 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 Veränderung abschätzen zu können. Viele Brunnen werden in Waldgebieten errichtet, da sie im Vergleich zu landwirtschaftlichen Flächen qualitativ hochwertiges Trinkwasser gewinnen, 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

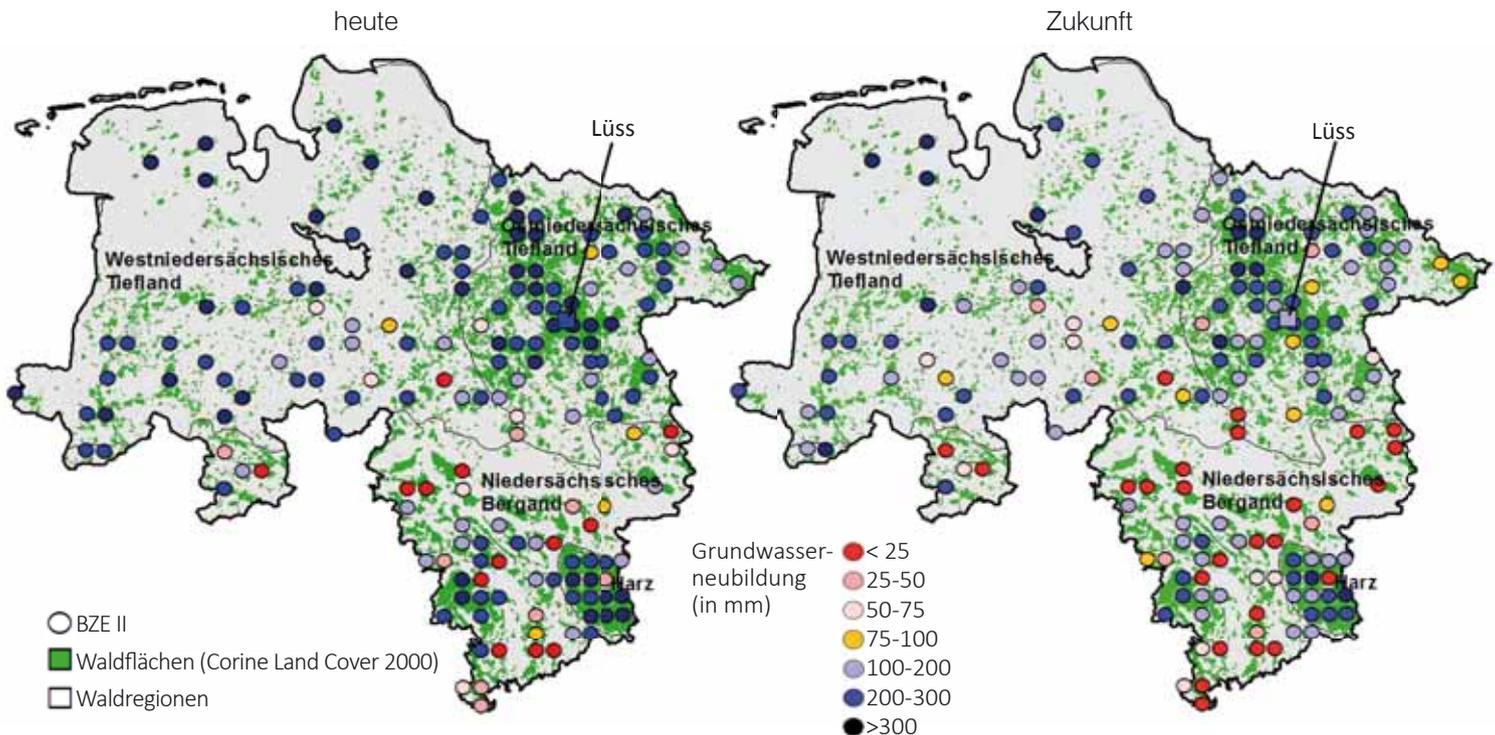


Intensiv-Monitoringfläche Lüss

# Grundwasserneubildungsraten unter BZE-Punkten

Simulierte Grundwasserneubildung auf den BZE II-Punkten und der Intensiv-Monitoringfläche Lüss

Mittlere jährliche Grundwasserneubildung



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.

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 Niedersachsen mit im Flächenmittel mehr als 150 mm Grundwasserneubildungsmenge im Jahr mit die höchsten Werte im gesamten Bundesgebiet auf. In den Mittelgebirgen (Harz, Solling) werden sogar häufig 300 mm und mehr im langjährigen Mittel dem Grundwasser zugeführt.

Um die Grundwasserneubildungsraten unter Waldflächen abschätzen zu können, wurde der Wasserhaushalt mit einem hydrologischen Modell nachgebildet. Stützstellen für die Modellierung sind Intensiv-Monitoringflächen im Zuständigkeitsbereich der NW-FVA, wie beispielsweise die Level II-Fläche Lüss im Forstamt Unterlüss. Das hydrologische Modell wurde an verschiedenen Intensiv-Monitoringflächen, die unterschiedliche Standortbedingungen (Baumbestand, Boden, Klima) aufweisen, kalibriert, um eine möglichst gute Anpassung an die realen Verhältnisse zu gewährleisten. Damit

konnte das Wasserhaushaltsmodell auf die Aufnahmepunkte 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. In Niedersachsen wurden an insgesamt 166 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 unter den heutigen Klimabedingungen der Periode 1981 bis 2010 Grundwasserneubildungsraten von vielfach mehr als 200 mm im Jahr (s. Abbildung oben, linke Karte). Besonders die Tieflandstandorte und der Harz weisen eine hohe Grundwasserneubildung auf. Nur auf einigen BZE II-Standorten im niedersächsischen Bergland und im angrenzenden Tiefland treten Grundwasserneubildungsraten von weniger als 100 mm auf. Im Mittel aller BZE II-Punkte beträgt die Grundwasserneubildung für die Periode 1981 bis 2010 rund 225 mm im Jahr.

Um die Auswirkungen des erwarteten (und bereits messbaren) Klimawandels auf die Grundwasserneubildung der Waldstandorte in Niedersachsen 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 Niedersachsen 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

# Grundwasserneubildungsraten unter BZE-Punkten

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 im Mittel 165 mm (-25 %). Insbesondere die Tieflandstandorte in Ostniedersachsen und im Hügelland würden in Zukunft im Mittel der Jahre 2041 bis 2070 eine deutlich geringere Grundwasserneubildung aufweisen (s. Abbildung Seite 21, rechte Karte). Nur die Waldstandorte in der Hohen Heide und in Küstennähe sind auch in Zukunft durch hohe Grundwasserneubildungsraten gekennzeichnet. Es fällt auf, dass vermehrt Standorte mit einer sehr geringen Grundwasserneubildung von <25 mm auftreten. Eigene Messungen der Sickerwasserrate mit einem Großlysimeter im nördlichen Sachsen-Anhalt (Standort Colbitz, Altmark) legen die Vermutung nahe, dass es auf diesen Standorten in Zukunft nur noch während niederschlagsreicher Perioden zu einer Grundwasserneubildung kommt (siehe auch Waldzustandsbericht 2014 Sachsen-Anhalt).

Anhand der Intensiv-Monitoringfläche Lüss (Buchen-Eichen-Mischbestand, 133-jährige Buche, Bestockungsgrad 1.2, schwach lehmiger Sand) wurde mit dem Wasserhaushaltsmodell untersucht, welchen Einfluss die Waldbewirtschaftung (Durchforstung) auf die Grundwasserneubildung hat. Es wurden drei Szenarien miteinander verglichen. Zunächst wurde der Wasserhaushalt auf dem Standort mit dem statischen Bestand (ohne Waldentwicklung) der letzten Aufnahme (status quo) bis zum Jahr 2070 simuliert. In den beiden anderen Szenarien wurde der Bestand mit einem Waldwachstumsmodell bis zum Jahr 2070 dynamisch weiterentwickelt, wobei ein Szenario ohne Durchforstung gerechnet wurde und

Mittlere Grundwasserneubildung für verschiedene Waldentwicklungsszenarien

Lüss	Periode 1981 bis 2010	Periode 2041 bis 2070		
	statischer Bestand status quo	statischer Bestand status quo	ohne Durchforstung	mit Durchforstung
Niederschlag [mm]	875	910	910	910
Verdunstung [mm]	590	665	705	650
Grundwasserneubildung [mm]	285	245	205	260

das zweite Szenario mit Durchforstungsmaßnahmen. In der Tabelle oben sind die Ergebnisse der Wasserhaushaltssimulationen für die Periode 2041 bis 2070 dargestellt. Zum Vergleich sind die Werte der Periode 1981 bis 2010, die ebenfalls mit dem status quo-Bestand statisch gerechnet wurden, mit aufgeführt. Durch den erwarteten Klimawandel würde im Vergleich zu heute der Buchenbestand auf der Fläche Lüss rund 40 mm weniger Grundwasserneubildung aufweisen, obwohl die mittlere Jahresniederschlagssumme von 875 mm auf 910 mm zunimmt. Dies wird dadurch verursacht, dass infolge der Temperaturerhöhung der Verdunstungsanspruch der Wälder signifikant steigt. Würde der Bestand ohne menschliche Eingriffe bis zum Jahr 2070 weiterwachsen, wäre mit einem weiteren Rückgang der Grundwasserneubildung auf 205 mm zu rechnen. Mit Hilfe von Durchforstungsmaßnahmen ließe sich die Grundwasserneubildung deutlich erhöhen. Zwar würde nicht ganz das heutige Niveau erreicht, aber mit 260 mm könnte der Klimawandel bedingte Rückgang teilweise kompensiert werden.



Großlysimeter Colbitz

Foto: NW-FVA

## Fazit

Die Untersuchungen zum Wasserhaushalt auf den BZE II-Standorten in Niedersachsen zeigen, dass die Grundwasserneubildung von vielen standörtlichen Faktoren abhängt und kleinräumig stark variiert. Unter heutigen Klimabedingungen weisen die meisten Waldstandorte noch hohe Grundwasserneubildungsraten auf (>200 mm pro Jahr). In Zukunft muss unter der Annahme des Klimaszenarios RCP8.5 mit einer signifikanten Abnahme der Grundwasserneubildung gerechnet werden. Besonders im östlichen Tiefland und im Bergland (ausgenommen Harz) werden teilweise Grundwasserneubildungsraten von weniger als 25 mm im langjährigen Mittel erwartet. Dies würde bedeuten, dass auf diesen Standorten nur während niederschlagsreicher Perioden Grundwasser neugebildet wird. Ob im Kontext der Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) durch forstliche Maßnahmen (Durchforstung, Nutzung, Waldumbau) die Grundwasserneubildung auf den Waldflächen in Niedersachsen langfristig stabilisiert werden kann, ist fraglich und sollte nur unter Einbeziehung abiotischer (Trockenstress) und biotischer (Schadinsekten) Risiken erfolgen. Eine teilweise Kompensation des klimawandelbedingten Rückgangs der Grundwasserneubildung scheint jedoch möglich. Hierzu bedarf es jedoch weiterer (Feld-)Untersuchungen.

# 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

Im Mai 2014 war im Bereich Gartow spontaner Fraß des Kiefernspinners (*Dendrolimus pini* L.) zu verzeichnen, welcher großflächig behandelt werden musste, um Kahlfraß zu verhindern. Die Ergebnisse der Falterfänge der Forleule (*Panolis flammea* [Schiff.]) zeigten, dass sich deren Population weiterhin in der Latenz befindet.

## Eichenkomplexerkrankung

In den vergangenen zwei Jahren deuteten sowohl das Fraßgeschehen in Eichenbeständen als auch die Ergebnisse der Frostspannerüberwachung (*Erannis defoliaria* [Clerck] und *Operophtera brumata* L.) mit Leimringen darauf hin, dass die aktuelle Frostspannergradation flächendeckend rückläufig ist. Die Eichenfraßgesellschaft trat 2014 nur noch punktuell in höheren Dichten auf.



Geschädigter Eichenbestand

Foto: NW-FVA, Abt.B

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



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



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

# Insekten und Pilze

## Eschentriebsterben

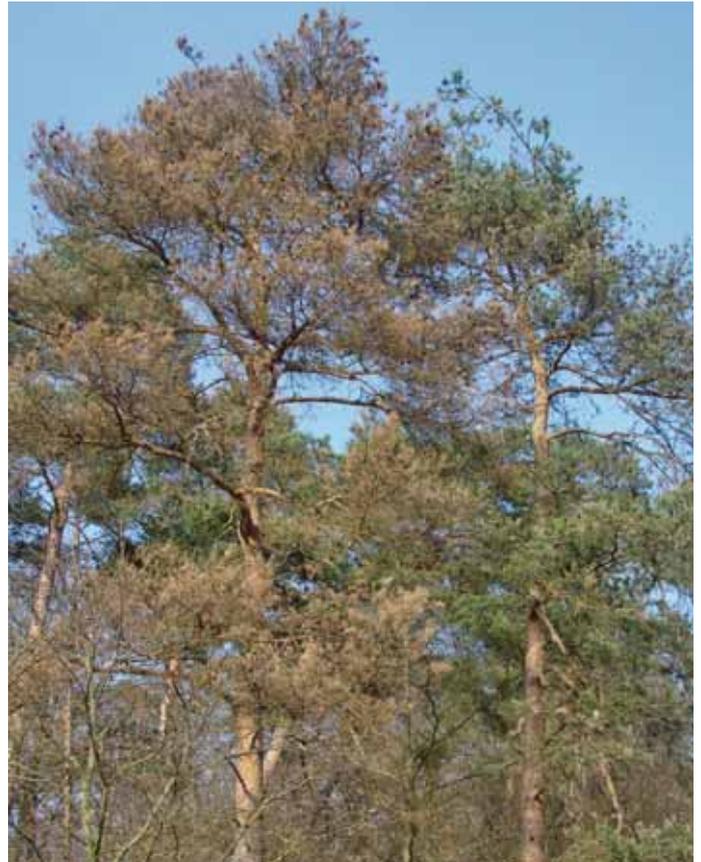
Für das Eschentriebsterben (pilzlicher Erreger: *Hymenoscyphus fraxineus/Chalara fraxinea*) wird 2014 in vielen Regionen sowohl eine Zunahme der Schadflächen als auch eine Verstärkung der Schäden vor Ort beobachtet. Die so genannten "Stammfußnekrosen" gehören vielerorts ebenfalls zum Schadbild. Dies 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.

## Wurzelschwamm

Der Wurzelschwamm als maßgeblicher, die Wurzeln durch hervorgerufene Fäule schädigender Faktor wurde erneut bei zahlreichen Bereisungen und Untersuchungen in Niedersachsen (Großraum Lüneburger Heide) bestätigt und nachgewiesen. Betroffen waren neben der Kiefer auch Fichtenalthölzer, junge Douglasien und geerntete Douglasien-Stammhölzer (Stammfäulen). Örtlich bereitet der Wurzelschwamm auch weiterhin Probleme an vorangebauten Douglasien und Roteichen unter Kiefer.



Kieferntriebsterben

Foto: NW-FVA, Abt.B



Wurzelschwamm an Douglasien-Voranbau

Foto: NW-FVA, Abt.B

# 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 von Schwefel 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 Niedersachsen der Stoffeintrag auf vier Fichten-, drei Buchen-, einer Eichen- und einer Kiefernflächen des Intensiven Forstlichen Umweltmonitorings erfasst.

Die Höhe der Stoffeinträge wird maßgeblich durch verschiedene Faktoren wie Niederschlagsmenge, Baumart, Kronenrauigkeit bzw. lokale Emittenten bestimmt. Aus diesem Grund sind die Stoffeinträge im niederschlagsreichen Bergland (Harz und Solling) häufig höher als im niederschlagsarmen Tiefland sowie unter Fichte höher als unter Buche. Der Bestandesniederschlag lag 2013 zwischen 609 mm (Lüss, Buche) und 1106 mm (Lange Bramke Nordhang, Fichte) und entsprach



Probenahme von Bodensickerwasser Foto: O. Schwerdtfeger

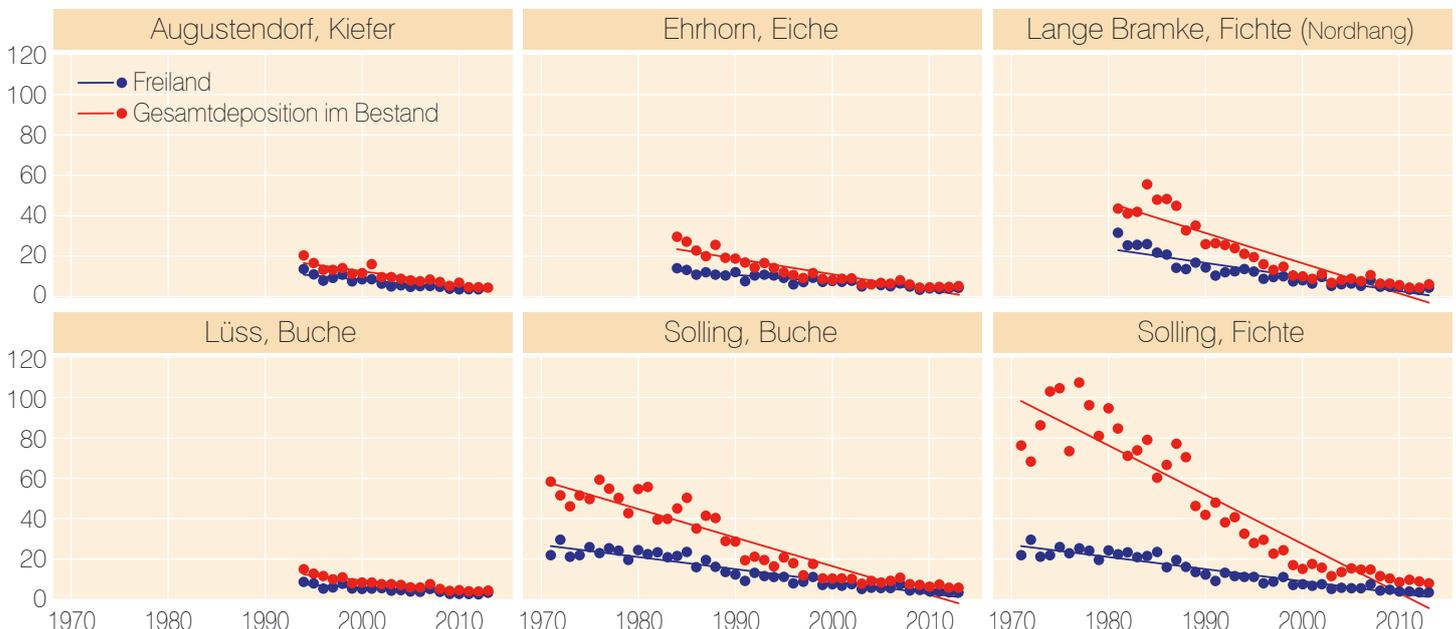


Erfassung der Niederschlagsmenge Foto: O. Schwerdtfeger

in sieben Beständen dem 20-jährigen Mittel 1994-2013. Im Vergleich zum Vorjahr ist in den Beständen zwischen 3 und 33 % mehr Bestandesniederschlag gefallen. Geringe Anstiege in der Gesamtdosition im Vergleich zum Vorjahr können hierdurch begründet sein.

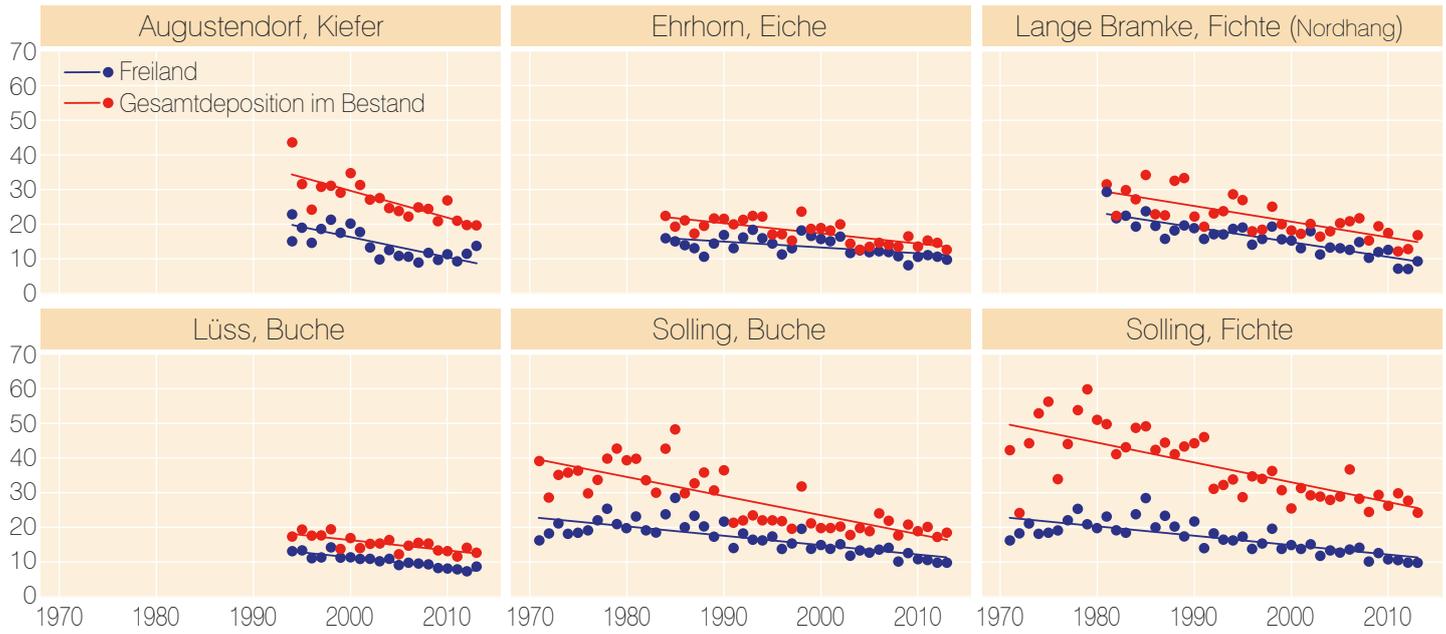
Durch Maßnahmen wie Rauchgasentschwefelung bei Großfeuerungsanlagen oder die Einführung von schwefelarmen Kraftstoffen ging die Schwefeldioxidkonzentration der Luft extrem zurück. Hierdurch nahmen die Sulfateinträge in die Wälder deutlich ab. 2013 betrug der Sulfat-Schwefeleintrag pro Hektar zwischen 3,9 kg (Göttinger Wald) und 8,1 kg (Solling Fichte), im

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



# Stoffeinträge

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



Intensiv-Monitoringfläche Solling, Buche

Foto: S. Fleck

# Stoffeinträge

Freiland lag er zwischen 2,4 kg (Göttinger Wald) und 4,0 kg (Augustendorf). Dies entspricht einem Rückgang im Vergleich zum Zeitraum 1981-1985 um fast 90 % im Waldbestand (Gesamtdeposition) und um rund 85 % im Freiland.

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 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 Fließ- und Grundgewässer. Zu nennen sind beispielsweise eine Verschiebung des Artengefüges der Wälder, veränderte Spross-Wurzel-Verhältnisse der Bäume und erhöhte Nitratausträge 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.



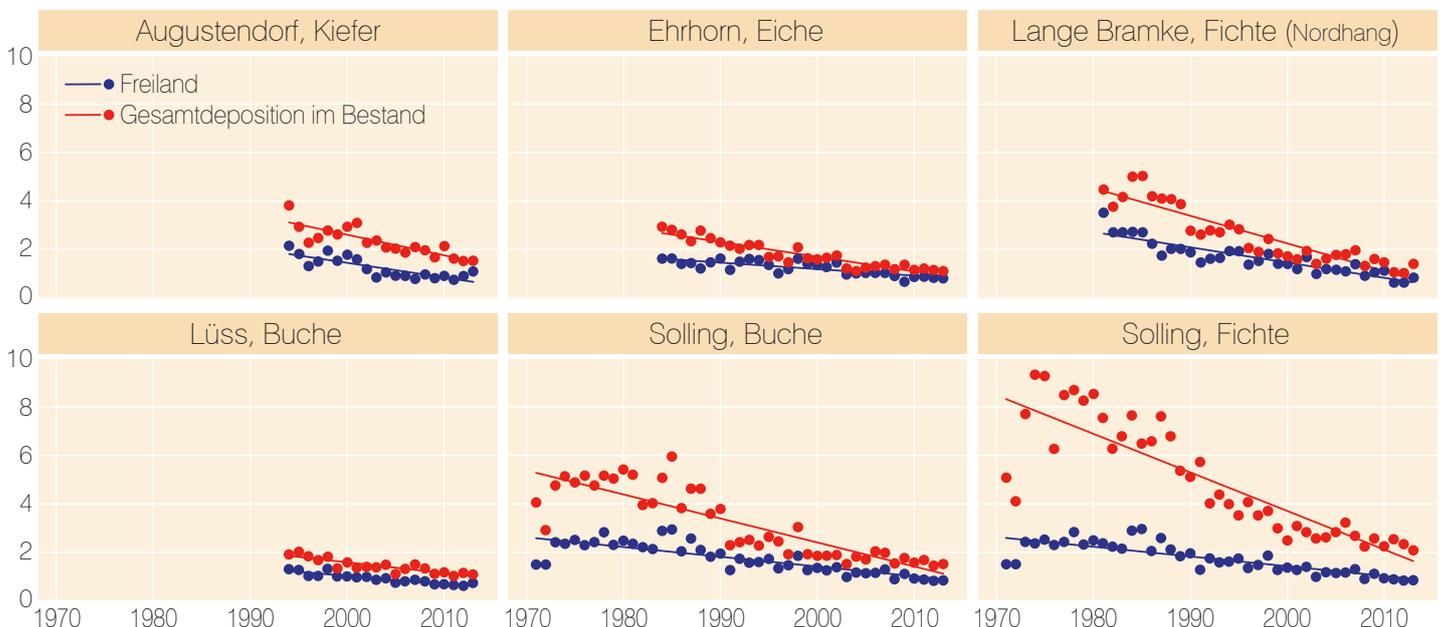
Abfüllen von Wasserproben für die Laboranalyse Foto: O. Schwerdtfeger



Foto: E. Langer

Aufgrund rückläufiger Stickstoffemissionen haben sowohl der Nitrat- als auch der Ammoniumeintrag im Freiland und in der Gesamtdeposition auf allen untersuchten Flächen signifikant abgenommen. 2013 betrug der jährliche Nitrat-Stickstoffeintrag pro Hektar in den untersuchten Fichtenbeständen zwischen 8,1 kg (Lange Bramke Nordhang) und 11,1 kg (Solling), in den Buchenbeständen zwischen 6,2 kg (Lüss) und 8,4 kg (Solling), unter Eiche 4,7 kg (Ehrhorn) und unter Kiefer 7,0 kg (Augustendorf). Im Freiland lag der jährliche Nitrat-Stickstoffeintrag pro Hektar zwischen 3,6 kg (Göttinger Wald) und 4,5 kg (Lange Bramke, Solling). Der jährliche Ammonium-Stickstoffeintrag pro Hektar betrug unter Fichte zwischen 8,6 kg (Lange Bramke Südhang) und 13,2 kg (Solling), unter Buche zwischen 6,5 kg (Lüss) und 10,0 kg (Solling), unter Eiche 7,9 kg und 12,6 kg unter Kiefer (Augustendorf). Im Freiland lagen die jährlichen Ammonium-Stickstoffeinträge pro Hektar zwischen 3,8 kg (Göttinger Wald) und 9,5 kg im Nordwestdeutschen Tiefland (Augustendorf). Hierin zeigt sich deutlich die hohe Belastung des Nordwestdeutschen Tieflandes durch Stickstoffeinträge aus der Landwirtschaft, die für 95 % der Emissionen von Ammoniak und damit seines Umwandlungsprodukts Ammonium verantwortlich ist.

Gesamtsäure-Eintrag in  $\text{kmol}_c$  auf ausgewählten Flächen je Hektar und Jahr

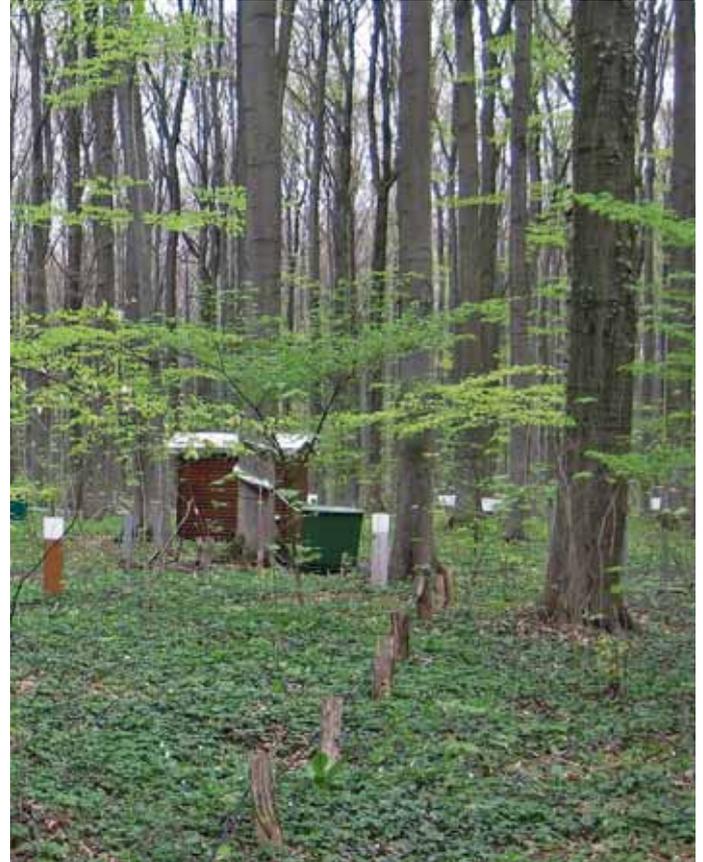


# Stoffeinträge

Trotz des Rückgangs überschreiten insbesondere im niedersächsischen Bergland und im Nordwestdeutschen Tiefland die atmosphärischen Stickstoffeinträge nach wie vor den Bedarf der Bestände für ihr 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 se-salzbürtige Anteile; Gauger et al. 2002).

2013 betrug der jährliche Gesamtsäureeintrag pro Hektar zwischen 2,1 kmol<sub>c</sub> (Fichte Solling) und 1,1 kmol<sub>c</sub> (Eiche Ehrhorn, Buche Lüss). Auf fünf von neun Untersuchungsflächen erhöhte sich der Gesamtsäureeintrag gegenüber dem Vorjahr geringfügig. Die höchsten Säureeinträge finden sich auf den Untersuchungsflächen im Harz und im Solling sowie im Nordwestdeutschen Tiefland. In diesen Regionen klaffen Säureeintrag und nachhaltiges Puffervermögen der Waldböden besonders weit auseinander. Eine standortangepasste Bodenschutzkalkung zum Schutz der Waldböden und ihrer Filterfunktion ist daher weiter notwendig.



Intensiv-Monitoringfläche Göttinger Wald

Foto: NW-FVA

*kmol<sub>c</sub> (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<sub>c</sub> pro Hektar.*



Messung der Bodenfeuchte auf der Intensiv-Monitoringfläche Solling, Fichte

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 Beprobung zur Bodenzustandserhebung (BZE) lassen sich flächenrepräsentative Bewertungen zur Ernährungssituation der Waldbäume ableiten. Für Niedersachsen liegen Nadelanalysen zur Fichte aus der BZE I und der BZE II sowie einer zusätzlichen waldernährungskundlichen Beprobung der BZE I-Punkte im Winter 1996/1997 vor. Außerdem wurden im Zuge der bundesweiten „Immissionsökologischen Waldzustandserfassung 1983“ (IWE 1983) Fichtenstandorte in Niedersachsen beprobt. Die Tabelle unten gibt einen Überblick über die durchgeführten Inventuren zur Nadelanalyse der Fichte in Niedersachsen.

Zwischen der ersten landesweiten Erhebung 1983 und der bislang letzten repräsentativen Erhebung liegen 24 Jahre. In diesem Zeitraum haben sich einige Faktoren, die die Ernährung der Fichten beeinflussen, erheblich verändert. Die Eintragsituation in die Wälder hat sich seit Anfang der 1980er Jahre stark gewandelt (Beitrag Stoffeinträge S. 25 bis 28), und forstliche Maßnahmen wie die Bodenschutzkalkung haben die chemischen Bodeneigenschaften und die Nährstoffverfügbarkeit für die Waldbäume verbessert. Diese Veränderungen lassen sich an den Nadelinhaltsstoffen des jüngsten Nadeljahrganges (Abbildungen Seite 30 und 31) der vier Inventuren nachvollziehen. Entwicklungstrends zur Ernährungssituation von Fichtenflächen des Intensiven Monitorings (1994-2007), die im ein- bis zweijährigen Turnus beprobt werden, unterstützen die Bewertung der landesweiten Inventurergebnisse.

## Stickstoff

Die Stickstoffkonzentrationen in den Fichtennadeln liegen bereits 1983 hoch, gegenüber 1990/1991 und 2007/2008 treten kaum Unterschiede auf. Die Überversorgung der Fichten mit Stickstoff ist auf anhaltend hohe Eintragsraten zurückzuführen. Auffällig sind die Werte der BZE I-Wiederholungsinventur 1996/1997 mit deutlich geringeren Stickstoffkonzentrationen,



Foto: J. Evers

die sogar in den Mangelbereich hineinragen. Diese Schwankungen in den Stickstoffkonzentrationen können durch unterschiedliche Witterungsbedingungen verursacht werden, die u. a. veränderte Streuzersetzung- und Mineralisierungsraten bedingen. Im Vergleich zu diesen Befunden für das systematische Stichprobennetz weisen die Fichtenflächen im Intensiven Monitoring (hier nicht dargestellt) insgesamt einen niedrigeren Median von 14,8 mg Stickstoff/g Trockensubstanz (TS) sowie einen signifikant ansteigenden Trend für die Stickstoffkonzentrationen in den Fichtennadeln auf.

*Inventuren zur Nadelanalyse der Fichte in Niedersachsen*

Inventur	Zeitpunkt der Probenahme	Raster [km]	Alter der beprobten Fichten	Anzahl der Fichtenerhebungspunkte	Anzahl beprobter Fichten pro Erhebungspunkt
IWE	Winter 1983/1984 und 1984/1985	8x8, nicht vollständig beprobt	40–90	46	6
BZE I	Winter 1990/1991	8x12 (Bestände bis Alter 60 Jahre) und 8x4 (Bestände Alter >60 Jahre)	>40	29	3
BZE I Wiederholungsinventur	Winter 1996/1997	8x12 (Bestände bis Alter 60 Jahre) und 8x4 (Bestände Alter >60 Jahre)	>40	43	3
BZE II	Winter 2007/2008	8x8 und Punkte der BZE I	alle Alter	52 BZE II-Punkte und 11 BZE I-Punkte	3

# Ernährungssituation der Fichte



Trennen der Fichtenzweige in Nadeljahrgänge Foto: I. Dammann

## Schwefel

Die Schwefelkonzentrationen in den Fichtennadeln sind zum Zeitpunkt der ersten beiden Inventuren hoch. Die Verminderung der Schwefeleinträge in die Wälder macht sich in der BZE I-Wiederholungsbeprobung (1996/1997) bemerkbar. Die Schwefelkonzentrationen in den Fichtennadeln sind auch bei der BZE II (2007/2008) mittel. Diese signifikante Abnahme der Schwefelkonzentrationen bestätigt sich auch auf den Fichtenflächen des Intensiven Monitorings.

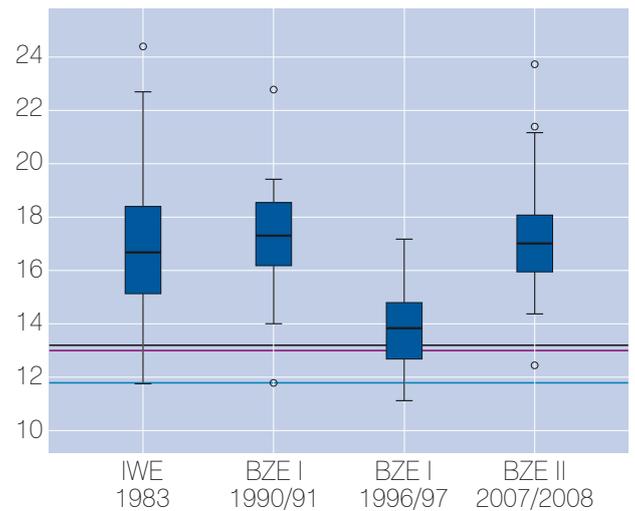
## Magnesium

Infolge der Bodenversauerung sind viele Nährstoffe mit dem Sickerwasser verloren gegangen. Hierzu gehört auch Magnesium. Bei der IWE 1983 weisen die beprobten Fichtenbestände teilweise Mängel in der Magnesiumversorgung auf. Bis 1997 überwiegen niedrige Magnesiumkonzentrationen in den Nadeln, wobei der Anteil der Fichten mit Magnesiummangel abnimmt. 2007/2008 zeichnet sich gegenüber 1983 eine signifikante Verbesserung ab. Diese Erholung ist auch auf die Magnesiumzufuhr im Zuge der Bodenschutzkalkung zurückzuführen. Umfangreiche Kalkungsmaßnahmen setzten nach 1983 ein, von den 29 BZE I-Fichtenpunkten waren 1990/1991 15 gekalkt. 2007/2008 waren von 63 Fichtenpunkten 40 (z. T. mehrfach) gekalkt. Die Intensiv-Monitoringflächen zeigen auch für ungekalkte Fichtenflächen einen hochsignifikant ansteigenden Trend, allerdings bleibt der Anstieg dort so gering, dass die Fichten im Mangelbereich verharren.

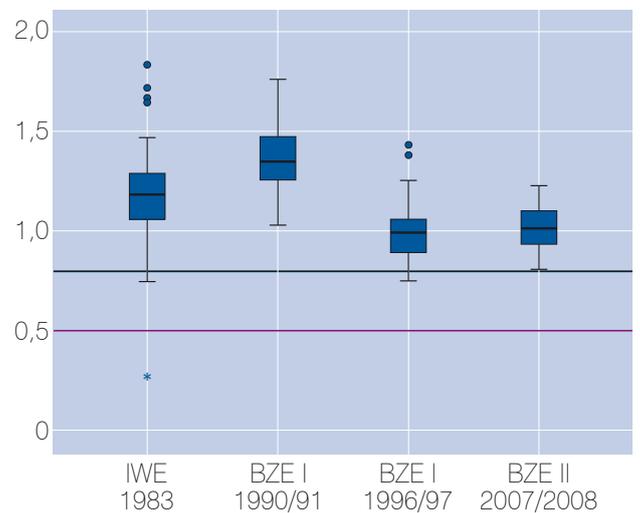


Foto: J. Evers

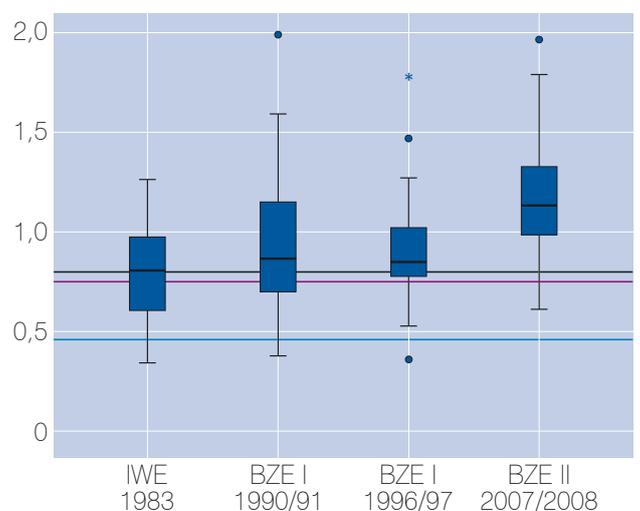
Stickstoff (mg/g Trockensubstanz)



Schwefel (mg/g Trockensubstanz)



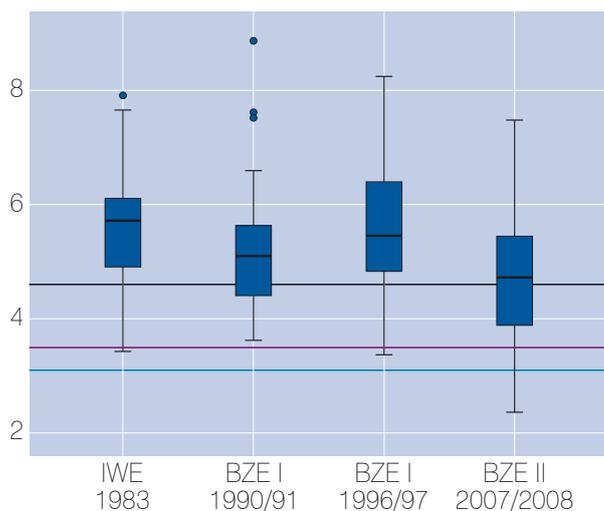
Magnesium (mg/g Trockensubstanz)



Stickstoff-, Schwefel-, Magnesium-, Kalium- und Eisenkonzentrationen (mg/g Trockensubstanz) in Fichtennadeln (1. Nadeljahrgang). 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

Kalium (mg/g Trockensubstanz)



Eisen (mg/g Trockensubstanz)

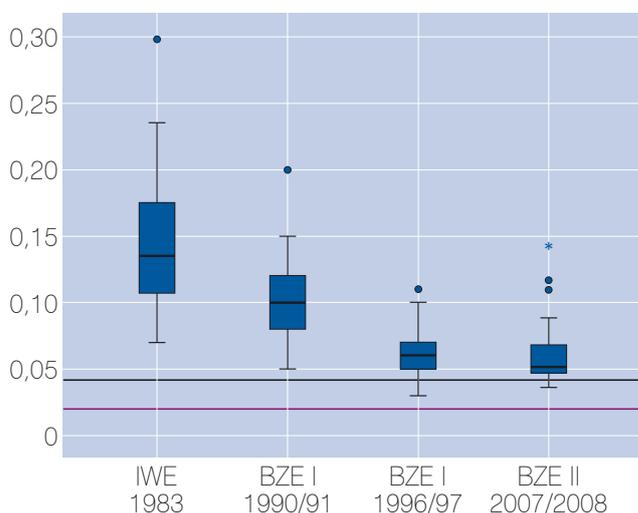


Foto: J. Evers

## Kalium

Die Kaliumkonzentrationen lagen in den ersten drei Erhebungen weitgehend oberhalb der verwendeten Mangelgrenzen. 2007/2008 zeigt sich jedoch eine signifikante Abnahme, an vielen Erhebungspunkten unterschreiten die Kaliumkonzentrationen die Mangelgrenze nach Göttlein et al. 2011. Ein abnehmender Trend wird auch auf den Intensiv-Monitoringflächen vorgefunden.

## Eisen

Die Eisenkonzentrationen der Fichtennadeln zeigen 1983 hohe Werte mit einer weiten Spreitung auf. Im Laufe der Jahre normalisieren sich die Eisenkonzentrationen und liegen zum Zeitpunkt der BZE II bei 0,05 mg/g TS. Im Gegensatz zum hochsignifikant abnehmenden Trend bei den landesweiten Inventuren ist bei den Eisenkonzentrationen der Fichten auf den Intensiv-Monitoringflächen kein Trend festzustellen. Dies ist vermutlich durch den Erhebungszeitraum begründet, der für das Intensive Monitoring erst 1994 beginnt, also zu einem Zeitpunkt, als die Eisenkonzentrationen bereits einen niedrigen Status erreicht hatten.

Die Ergebnisse zeigen, dass landesweite Inventuren mit mehrjährigen Intervallen die Ernährungssituation und die Nährstoffverfügbarkeit über lange Zeiträume plausibel abbilden können. Am Beispiel Stickstoff wird jedoch deutlich, dass bei diskontinuierlichen Erhebungen die jährlichen Schwankungen langfristige Trends überlagern können. 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.



Foto: J. Evers

# 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 Ullrich 1981, verändert)

### [Kohlensäure/Calcium-]Karbonat (pH H<sub>2</sub>O >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 H<sub>2</sub>O 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 H<sub>2</sub>O 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 H<sub>2</sub>O 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 H<sub>2</sub>O <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 Austausch- 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 Trennartenschema 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 H<sub>2</sub>O 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 34 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. 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 Abflusskomponenten am Bachabfluss ständig. Da sich insbe-

sondere 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 ( $\text{SO}_4$ ) das dominierende Anion, sein Anteil an der Anionensumme beträgt zwischen 55 und 64 %. Das zweitwichtigste Anion ist bei den



Foto: J. Evers

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

Bächen Steile Bramke und Lange Bramke Alkalinität (Alk) mit 18 bzw. 16 %, bei der Dicken Bramke Chlorid (Cl) mit 13 %. 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 7-stufiges 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.



Foto: J. Evers

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

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		

Bei der Bewertung der Entwicklung des Gewässerzustands anhand von zwei jeweils 3-jährigen Beobachtungszeiträumen handelt es sich insbesondere auf Grund 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 dem aktuellen Zustand im Vergleich zum Beginn der Untersuchung liegt. 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.

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

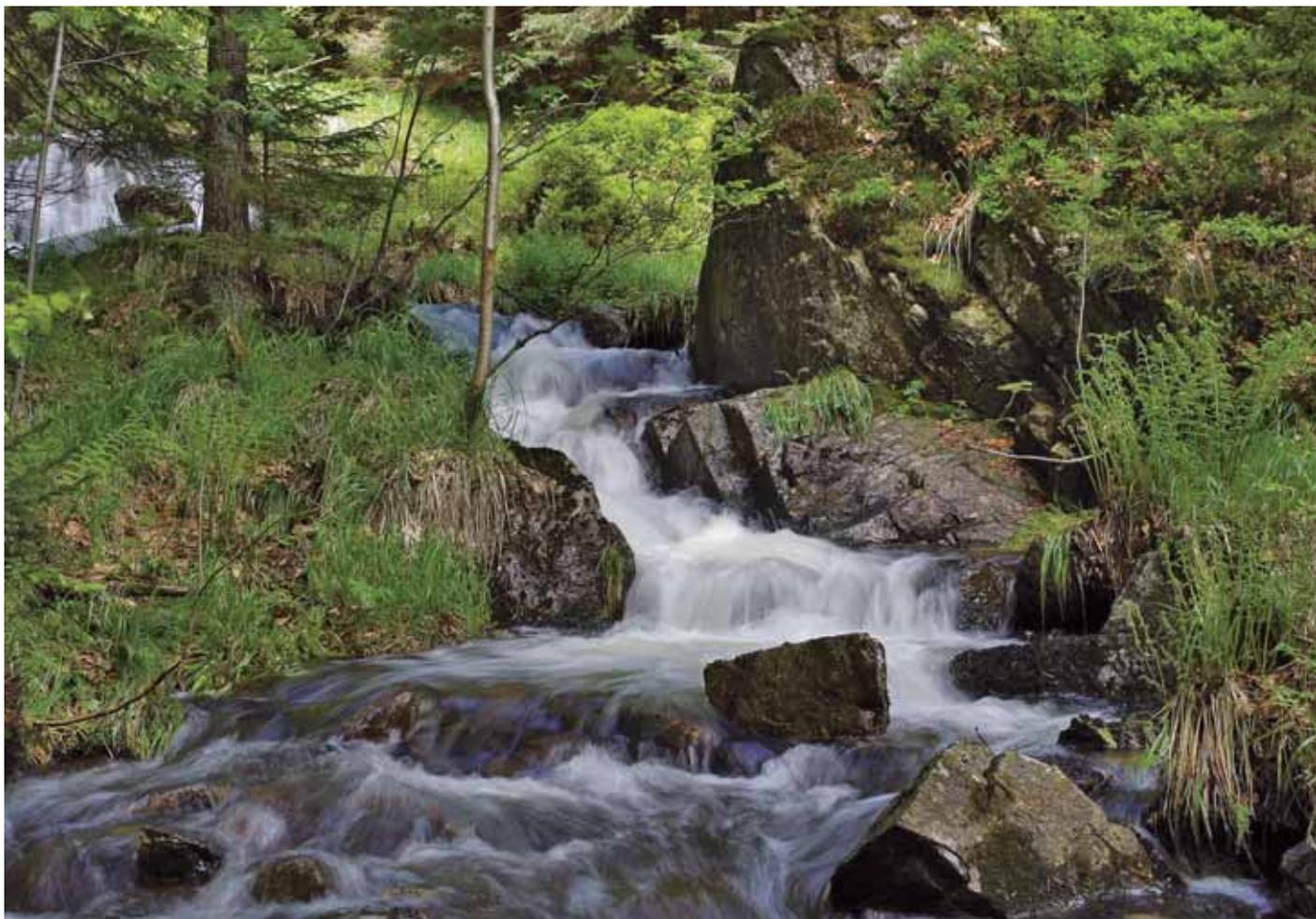


Foto: R. Steffens

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.

Die Gesamtbeurteilung eines Baches richtet sich nach der jeweils schlechtesten für einen Inhaltsstoff vergebenen Güteklasse. Im ersten Zeitraum 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 als mäßig belastet (Stufe II) einzustufen.

*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 <sub>4</sub> +NO <sub>3</sub> )
1: permanent nicht sauer/ungefährdet	>=7	> 4
2: schwach sauer-neutral, zzt. 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  $(Ca+Mg)/(SO_4+NO_3)$  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 Baches kann mit Hilfe des Versauerungsquotienten  $(Ca+Mg)/(SO_4+NO_3)$  abgeschätzt werden.

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

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 Ammoniumeinträge haben zu einem Rückgang der Nitrat-Konzentration 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.



Foto: J. Evers

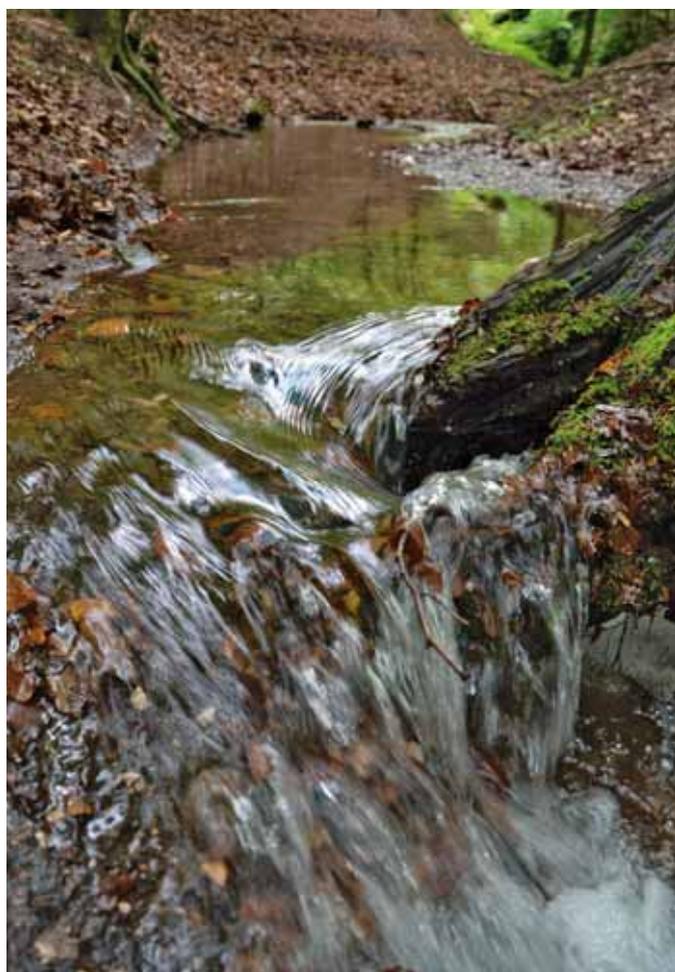
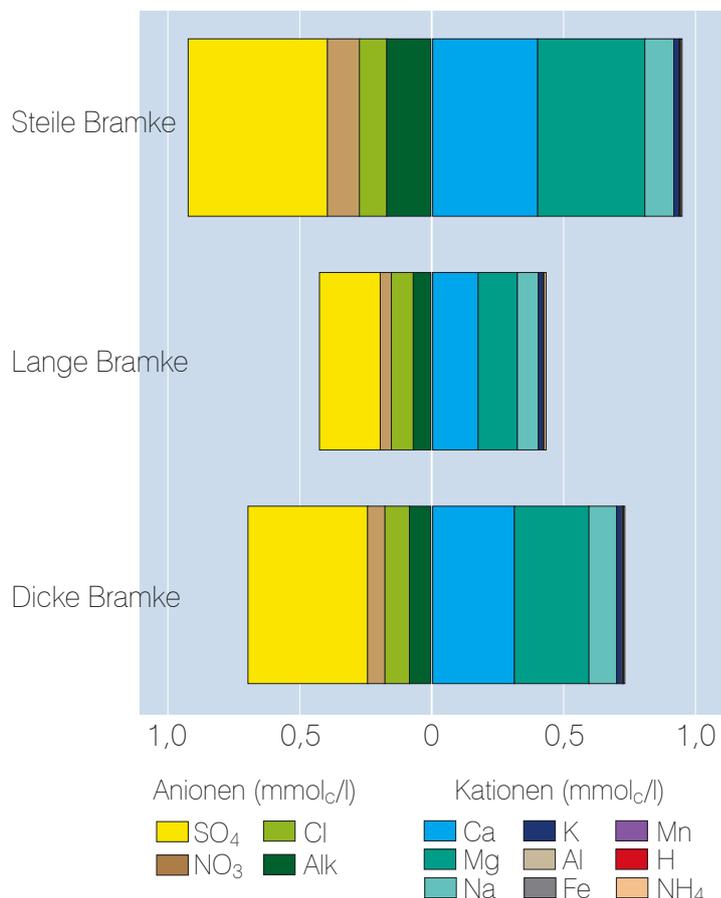


Foto: J. Evers

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





## 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:

Prof. Dr. Johannes Eichhorn  
Abteilungsleiter  
Umweltkontrolle



Dr. Uwe Paar  
Sachgebietsleiter Wald- und  
Bodenzustand, Redaktion



Inge Dammann  
Leiterin der Außenaufnahmen,  
Auswertung, Redaktion



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

**Titelfoto:** Heinemann, H.

**Graphik und Layout:** Paar, E.

**Herstellung:** Nordwestdeutsche  
Forstliche Versuchsanstalt

Dr. Jan Evers  
Bodenzustandserhebung



Andreas Schulze  
Datenbank



Jörg Weymar  
Außenaufnahmen und Kontrollen



**Druck:** Printec Offset Kassel

Michael Spielmann  
Außenaufnahmen und Kontrollen



Thomas Winter  
Außenaufnahmen und Kontrollen



Dr. Bernd Westphal  
Außenaufnahmen und Kontrollen



Der Waldzustandsbericht 2014  
ist abrufbar unter  
[www.nw-fva.de](http://www.nw-fva.de) und  
[www.ml.niedersachsen.de](http://www.ml.niedersachsen.de) > =>  
Themenbereich Wald, Holz und Jagd

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

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