



Waldzustandsbericht 2017



Vorwort



Foto: Philipp v. Ditzfurth

Liebe Leserin, lieber Leser,

wie gesund ist der niedersächsische Wald? Wie reagieren unsere Waldböden auf Schadstoffeinträge? Wie macht sich der Klimawandel bei uns bemerkbar und welche Insekten und Pilze haben im laufenden Jahr den Bäumen zugesetzt? Auf viele Ihrer Fragen gibt unser Waldzustandsbericht fachkundige Antworten.

Die gute Nachricht für 2017: die Gesundheit unserer Waldbäume ist im laufenden Jahr weitgehend stabil geblieben. Die Kronenverlichtung, wichtigster optischer Gradmesser für die Vitalität unserer Waldbäume, beträgt wie im Vorjahr im Durchschnitt aller Baumarten unverändert 17 %. Der Anteil stark geschädigter Bäume liegt bei nur 1 % und die Absterberate im Promille-Bereich.

Sorgenkind der Förster und Waldbesitzer bleibt die ältere, über 60 Jahre alte Eiche. Sie hat mit hohen Verlichtungsgraden von über 30 % der Blattmasse und in der Folge mit spürbaren Einbußen ihrer Vitalität zu kämpfen. Zur ihrer Labilität trägt in vielen Landesteilen auch wiederholter Blattfraß durch Schmetterlingsraupen während der vergangenen Jahre bei. Durch den Blattverlust ist

das Durchsetzungsvermögen unserer beiden heimischen Eichenarten gegenüber anderen Waldbäumen geschwächt. Daher widmen sich etliche Forschungsprojekte der NW-FVA dem Erhalt der Eiche für den Naturhaushalt und als wichtige Wirtschaftsbaumart unserer niedersächsischen Forstwirtschaft.

Die Esche, die wie die Eiche wertvolles Holz liefert, ist durch einen 2002 erstmalig in Deutschland beobachteten invasiven Pilz mit folgendem Triebsterben stark gefährdet. Auch in Niedersachsen schreitet das Eschensterben voran. Gegen das weitere Vordringen des Pilzes ist zurzeit keine wirksame Strategie bekannt. Trotz hoher Verluste in den Eschenbeständen setzen die Wissenschaftler darauf, dass es resistente Einzelbäume oder Bestände gibt, von denen die Wiederbesiedlung geeigneter Standorte mit Eschen ausgehen kann.

Der Boden ist neben dem Klima wichtigster Standortfaktor für unsere Wälder und wichtiger Bestandteil des Forstlichen Umweltmonitorings. Daher wurden in diesem Bericht auch Untersuchungsergebnisse über schädliche Stoffeinträge, die Entwicklung der Bodenversauerung und Standortinformationen für die Bundeswaldinventur aufgenommen. Ein eigener Bericht ist dem Buntsandstein gewidmet, der auf das südniedersächsische Bergland beschränkt und Ausgangssubstrat für verschiedene forstlich bedeutsame Bodentypen ist.

Die dem Inhalt dieser Broschüre zu Grunde liegenden Daten haben – wie in jedem Jahr – Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt (NW-FVA) in Göttingen erhoben und ausgewertet. Auf Grundlage ihrer Forschungsergebnisse berät die NW-FVA alle Waldbesitzenden und gibt wissenschaftlich begründete Empfehlungen für den nachhaltigen Waldbau, für die Waldkalkung, für den Erhalt der biologischen Vielfalt und für den Schutz des Waldes vor tierischen und pflanzlichen Schädlingen. Auch aus diesem Grund bieten unsere niedersächsischen Wälder gute Voraussetzungen für eine nachhaltige Waldbewirtschaftung, für die Bewältigung der Folgen des Klimawandels und für den weit fortgeschrittenen Umbau unserer Wälder hin zu stabilen, ökologisch begründeten und vielseitigen Mischwäldern.

Ihre

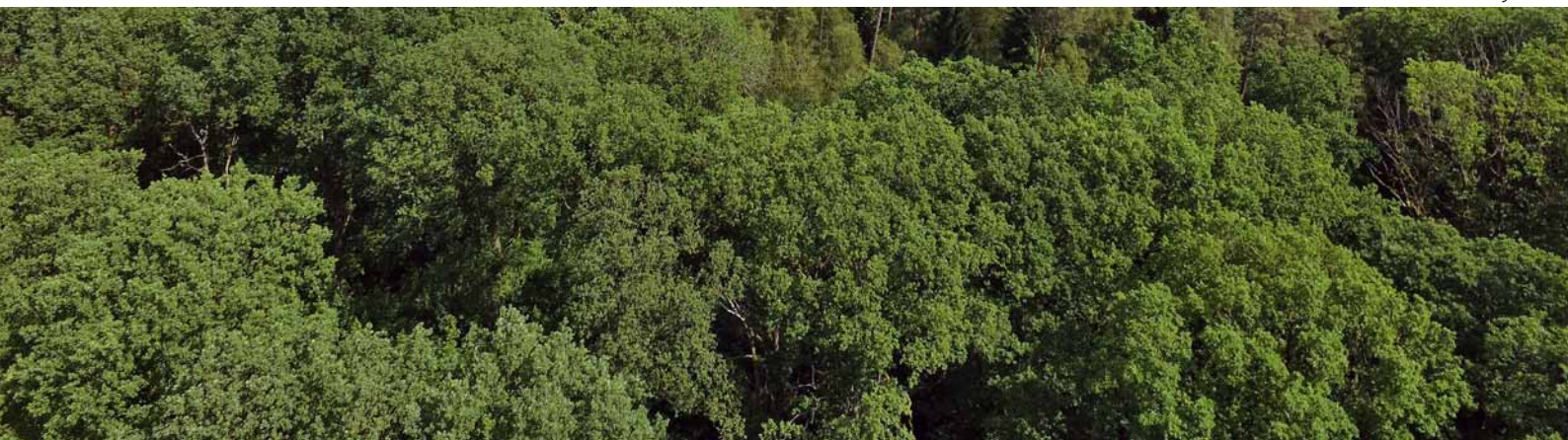
Barbara Otte-Kinast
Niedersächsische Ministerin
für Ernährung, Landwirtschaft
und Verbraucherschutz



Inhaltsverzeichnis

	Seite
Vorwort	2
Inhaltsverzeichnis	3
Hauptergebnisse	4
Inge Dammann und Uwe Paar	
Forstliches Umweltmonitoring	6
Johannes Eichhorn, Uwe Paar, Jan Evers, Henning Meeseburg, Andreas Schulze, Jörg Weymar, Michael Spielmann und Inge Dammann	
WZE-Ergebnisse für alle Baumarten	10
Inge Dammann und Uwe Paar	
Kiefer	12
Fichte	13
Buche	14
Eiche	15
Andere Laub- und Nadelbäume	16
Witterung und Klima	17
Johannes Suttmöller	
Insekten und Pilze	21
Ulrich Bressemer, Michael Habermann, Rainer Hurling, Andreas Rommerskirchen, Gitta Langer und Pavel Plašil	
Standortsinformationen für die Bundeswaldinventur in Niedersachsen	24
Bernd Ahrends, Paul Schmidt-Walter und Henning Meeseburg	
Stoffeinträge	28
Birte Scheler	
Entwicklung der Bodenversauerung auf Intensiv-Monitoringflächen in Nordwestdeutschland	31
Nils König, Heike Fortmann, Henning Meeseburg und Egbert Schönfelder	
Die Substratgruppe Buntsandstein	35
Jan Evers, Uwe Paar und Inge Dammann	
Literaturverzeichnis	39
Impressum	40

Foto: J. Weymar



Hauptergebnisse

Waldzustandserhebung

Die mittlere Kronenverlichtung der Waldbäume in Niedersachsen hat sich seit dem Vorjahr nicht verändert, sie beträgt 17 %. Die Verlichtungswerte der Buchen gingen im Vergleich zum Vorjahr zurück, bei den anderen Baumarten gab es keine nennenswerten Veränderungen. Schäden durch Insekten und Pilze waren 2017 (mit Ausnahme des Eschentriebsterbens) im WZE-Stichprobenkollektiv nur in geringem Umfang festzustellen. Der Anteil starker Schäden (1 %) und die Absterberate (0,1 %) liegen auf einem insgesamt niedrigen Niveau.

Die Ergebnisse der Waldzustandserhebung zeigen einen deutlichen Alterstrend: Für die älteren Bäume liegt die mittlere Kronenverlichtung mit 20 % etwa doppelt so hoch wie für die jüngeren (bis 60jährigen) Bäume (9 %). Im WZE-Kollektiv sind rund zwei Drittel der Stichprobenbäume älter als 60 Jahre.

Die Baumartenverteilung in der WZE-Stichprobe in Niedersachsen ergibt für die Kiefer einen Flächenanteil von 36 %, die Ergebnisse der Waldzustandserhebung für den Gesamtwald in Niedersachsen werden daher stark durch die vergleichsweise niedrigen Verlichtungswerte der Kiefer geprägt. Die Fichte ist mit 18 %, die Buche mit 17 % und die Eiche mit 7 % an der WZE-Stichprobe vertreten. Die anderen Laub- und Nadelbäume nehmen zusammen einen Anteil von 22 % ein.

Die ältere Kiefer hat im Beobachtungszeitraum ein relativ geringes Kronenverlichtungsniveau beibehalten. 2017 liegt die mittlere Kronenverlichtung bei 17 %. 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 mit einer Spanne von 24 bis 30 % festgestellt. 2017 beträgt die mittlere Kronenverlichtung 26 %.

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. Schwankungen in der Belaubungsdichte der Buche treten vor allem in Zusammenhang mit intensiven Fruchtjahren auf. 2016 bildeten 65 % der älteren Buchen mittleren und starken Fruchtbehang aus, 2017 blieb die



Foto: M. Spielmann

Fruchtbildung weitgehend aus und die Verlichtungswerte der älteren Buchen nahmen um 4 %-Punkte auf 24 % ab. Die mittlere Kronenverlichtung der älteren Eichen ist seit 2014 schrittweise angestiegen, sie beträgt in diesem Jahr 32 %. Die Eiche ist die am stärksten verlichtete Hauptbaumart in Niedersachsen. Höchstwerte der Kronenverlichtung traten 1996-1997 und 2010-2012 in Verbindung mit intensivem Insektenbefall auf. Seit 2013 wurden keine nennenswerten Schäden durch Blattfraß an den älteren Eichen festgestellt.

Die anderen Laub- und Nadelbäume weisen einen insgesamt (alle Alter) vergleichsweise geringen Kronenverlichtungsgrad auf (13 % bzw. 11 %).

Witterung und Klima

Das Vegetationsjahr 2016/2017 (Oktober-September) ist das 21. Jahr in Folge, das im Vergleich zur Klimanormalperiode (1961-1990) zu warm ausfiel. Mit einer Mitteltemperatur von 9,5° C im Flächenmittel des Landes Niedersachsen betrug die Abweichung knapp +1,0 °C. Damit war die positive Temperaturabweichung etwas geringer als in den Vorjahren.

Die Nichtvegetationsperiode 2016/2017 war in weiten Teilen des Landes Niedersachsens zu trocken, so dass im Laufe des Frühjahrs die Trockenheit zu einem zunehmenden Problem für die Vegetationsentwicklung zu werden drohte. Insbesondere im Harz und Harzvorland betrug das Niederschlagsdefizit bis zu 30 %. Die hohen Niederschlagsmengen im Juni und Juli, die regional um mehr als 200 % über den langjährigen Mittelwerten lagen, beendeten jedoch die Trockenheit, so dass keine Vitalitätseinbußen beobachtet wurden. Aufgrund des nassen Sommers wurde mit 780 mm das langjährige Jahresniederschlagsoll leicht übertroffen.



Foto: M. Spielmann

Hauptergebnisse

Insekten und Pilze

Das Eschentriebsterben ist auf großer Fläche präsent, die Erkrankung kommt bei Eschen aller Altersklassen und auf allen Eschen-Standorten vor. Die heimische Esche ist durch die Pilzerkrankung stark gefährdet.

Das *Diplodia*-Triebsterben der Kiefer tritt seit einigen Jahren in Nordwestdeutschland auf. Untersuchungen der NW-FVA, Abt. Waldschutz, zeigen, dass der Erreger des *Diplodia*-Triebsterbens in Zweigen vorkommen kann, ohne sichtbare Schäden zu verursachen. Sind Kiefern z. B. durch Trockenheit oder Rindenverletzungen in ihrer Vitalität beeinträchtigt, kann es zum Ausbruch des Triebsterbens kommen.

Standortsinformationen für die Bundeswaldinventur in Niedersachsen

Für bundesweit mehr als 24.000 BWI-Punkte des 4 km x 4 km Grundnetzes konnten die Daten der Bundeswaldinventur um zeitlich und räumlich hochaufgelöste Klima- und Bodendaten ergänzt werden. Die Ableitung von Leitprofilen mit vollständigen horizontweisen Angaben zu Bodenart, Skelettgehalt und Trockenrohdichte und die Ableitung von Klimadaten in hoher zeitlicher Auflösung erlauben eine präzise Modellierung des Wasserhaushaltes. Diese zeigt, dass in den letzten 50 Jahren das Trockenstressrisiko aufgrund des Klimawandels zugenommen hat. Ein Trend, der sich vermutlich noch verschärfen wird.

Stoffeinträge

Die Deposition ist in Wäldern für viele Nähr- und Schadstoffe eine bedeutende Eintragsquelle.

Durch vielfältige Maßnahmen zur Luftreinhaltung konnte die in den 1970er und 1980er Jahren sehr hohe Belastung durch Schwefeleinträge von bis zu 108 kg je Hektar und Jahr unter Fichte und bis 59 kg unter Buche deutlich reduziert werden. 2016 betrug der Sulfatschwefeleintrag je Hektar zwischen 2,6 kg (Augustendorf Kiefer) und 6,1 kg (Solling Fichte).

Der Eintrag von Nitrat und Ammonium ist auf allen Monitoringflächen zurückgegangen. Der anorganische Stickstoffeintrag ($\text{NO}_3 + \text{NH}_4$) je Hektar lag 2016 im Freiland zwischen 6,7 kg (Göttinger Wald) und 9,0 kg (Ehrhorn) sowie zwischen 11,7 kg (Ehrhorn Eiche) und 29 kg (Solling Fichte) mit der Gesamtd deposition.

Durch den Rückgang des Schwefeleintrags ist der anorganische Stickstoffeintrag mit Anteilen zwischen 81 und 91 % der Hauptverursacher der Gesamtsäurebelastung.

Entwicklung der Bodenversauerung auf Intensiv-Monitoringflächen in Nordwestdeutschland

Bei 30 von 47 Intensiv-Monitoringflächen in Nordwestdeutschland handelt es sich um basenarme Standorte mit tiefgründiger Versauerung. Anhand der langen Zeitreihen einer Buchen- und einer Fichtenfläche im Solling sowie einiger anderer Flächen lässt sich der Versauerungsprozess im Boden seit den 1960er Jahren nachverfolgen: die Basensättigung geht zurück, die Calciumvorräte nehmen ab und die austauschbaren Aluminiumgehalte steigen an. Dank

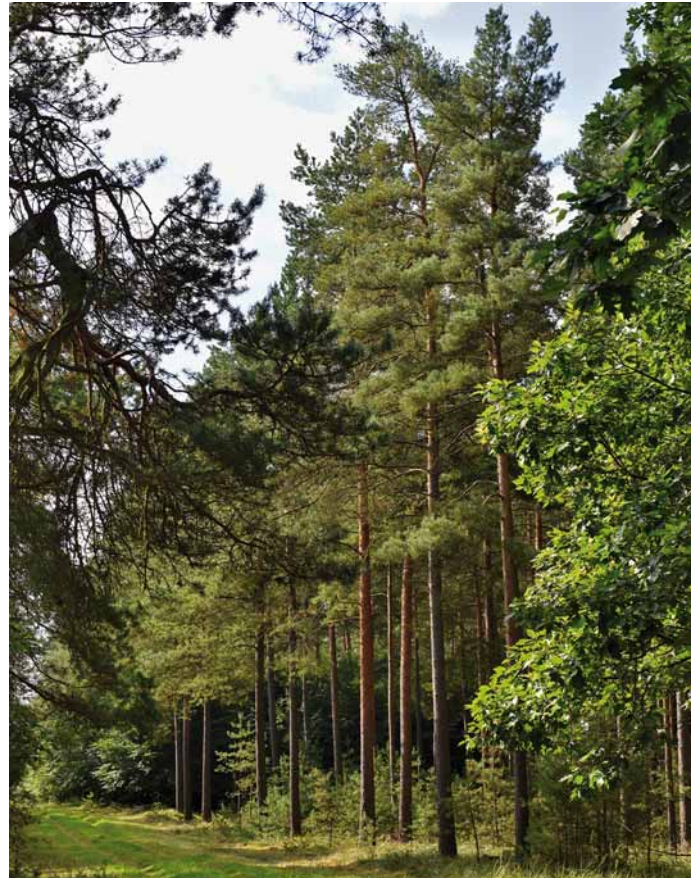


Foto: J. Evers

des starken Rückgangs der Säureeinträge in die Wälder scheint diese Entwicklung seit den 2000er Jahren nicht weiter fortzuschreiten.

Mit Kalkungsmaßnahmen wird der Bodenversauerung entgegengewirkt und damit eine Stabilisierung der bodenchemischen Verhältnisse erreicht. Die Kalkung hebt die Basensättigung, wirkt weiteren Nährstoffverlusten entgegen und führt zu einer Verlagerung von organischem Kohlenstoff aus dem Auflagehumus in den Mineralboden.

Substratgruppe Buntsandstein

Die Substratgruppe Buntsandstein kommt an 6 % der BZE II-Punkte in Niedersachsen vor. Diese Buntsandstein-Standorte liegen alle im Bergland und sind vorwiegend mit Buche und Fichte bestockt.

Der Buntsandstein ist ein Sedimentgestein, das je nach Sedimentanlieferung und -ablagerung sehr verschieden zusammengesetzt ist. Aufgrund der bodenchemischen Parameter gehört er zu den mittleren (mesotrophen) Standorten.

Die Ergebnisse der BZE II zeigen, dass sich auf Buntsandstein i. d. R. Braunerden ausgebildet haben, als Humusform ist der mullartige Moder vorherrschend. Die durchschnittliche Basensättigung beträgt auf Profilebene bis 90 cm Bodentiefe 19 % und liegt damit im geringen Bewertungsbereich.

Die Analyse der Ernährungssituation für Buche und Fichte zeigt eine gute Versorgung mit Calcium und Magnesium, Defizite treten beim Phosphor (Buche) und beim Kalium (Buche und Fichte) auf. Insgesamt entsprechen die Versorgung mit den Hauptnährstoffen und die Elementverhältnisse dem Landesdurchschnitt.

Forstliches Umweltmonitoring

Johannes Eichhorn, Uwe Paar, Jan Evers, Henning Meesenburg, Andreas Schulze, Jörg Weymar, Michael Spielmann 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 gesellschaftlicher 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 langfristige Einflüsse der Umwelt auf die Wälder wie auch deren Reaktionen, zeigt Veränderungen von Waldökosystemen auf und bewertet diese 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 rechtliche Grundlage für Wald-erhebungen in der Forstlichen Umweltkontrolle stellt §41a des Gesetzes zur Erhaltung des Waldes und zur Förderung der Forstwirtschaft (Bundeswaldgesetz-BWaldG) dar. Dies wird konkretisiert durch die

Verordnung über Erhebungen zum Forstlichen Umweltmonitoring (ForUmV 2014) und durch das Durchführungskonzept Forstliches Umweltmonitoring (2016).

Grundsätzlich sieht die Rechtsgrundlage vor, dass den Bundesländern die Verpflichtung zur Erhebung der Daten zukommt und der Bund, hier das BMEL und das Thünen-Institut die Verantwortung für die Auswertung der Daten tragen. Da dies eine intensive Abstimmung zwischen Bund und Ländern erfordert, regelt das Durchführungskonzept Forstliches Umweltmonitoring die Zusammenarbeit in einer themenbezogenen Bund-Länder Arbeitsgruppe.

Die Rechtsgrundlagen stellen sicher, dass die Kernelemente des Forstlichen Umweltmonitorings langfristig zu erarbeiten sind. Die daraus entstehenden Zeitreihen sind eine wesentliche Informationsgrundlage für die Entscheidungsträger der Waldentwicklung.

Übersichtserhebung (Level I - BZE)

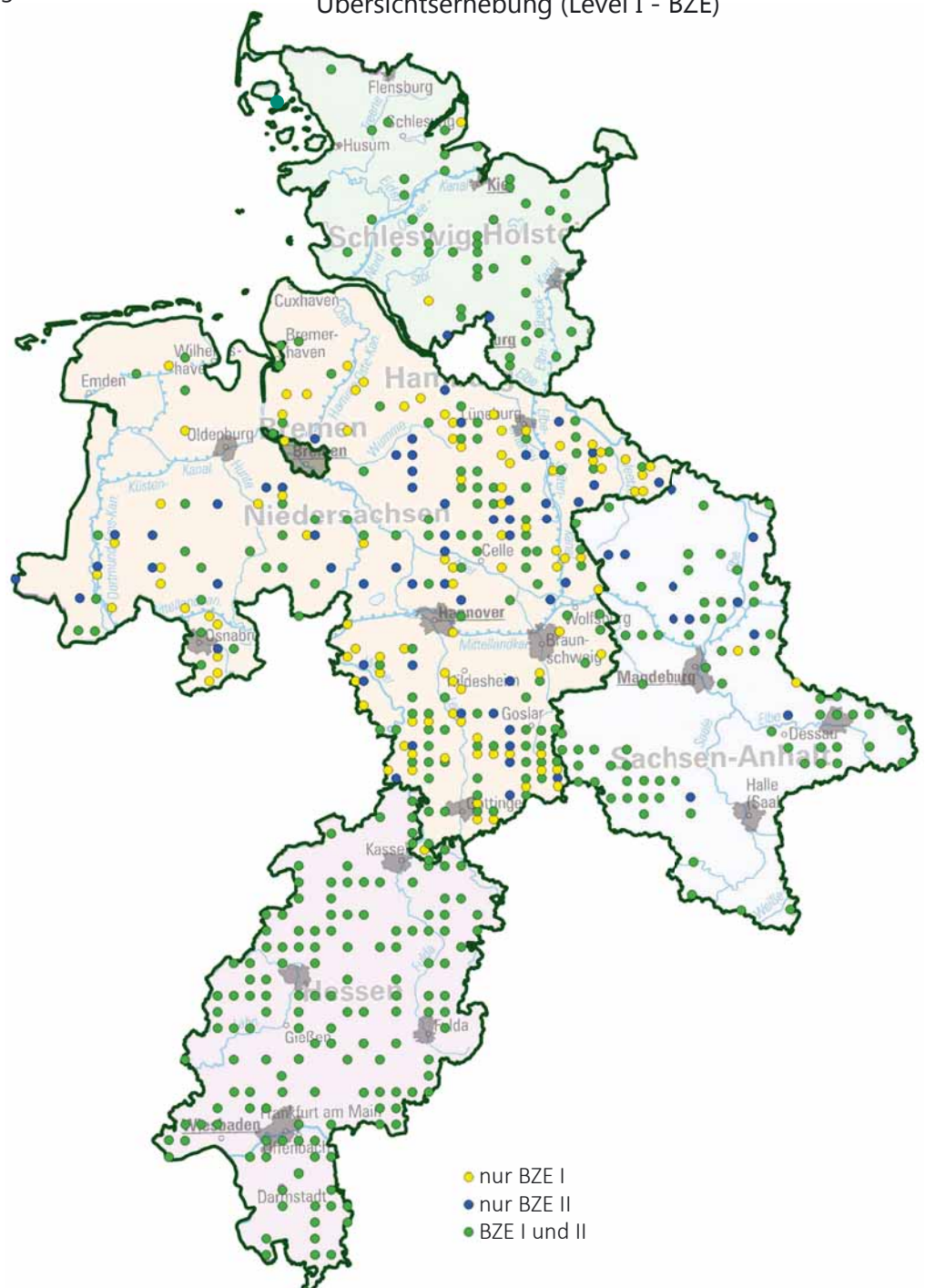


Foto: J. Weymar

Forstliches Umweltmonitoring

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.

Auf Bodendauerbeobachtungsflächen (BDF) werden langfristig standorts-, belastungs- und nutzungsspezifische Einflüsse auf Waldböden erfasst. BDF dienen als Eichstelle 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.

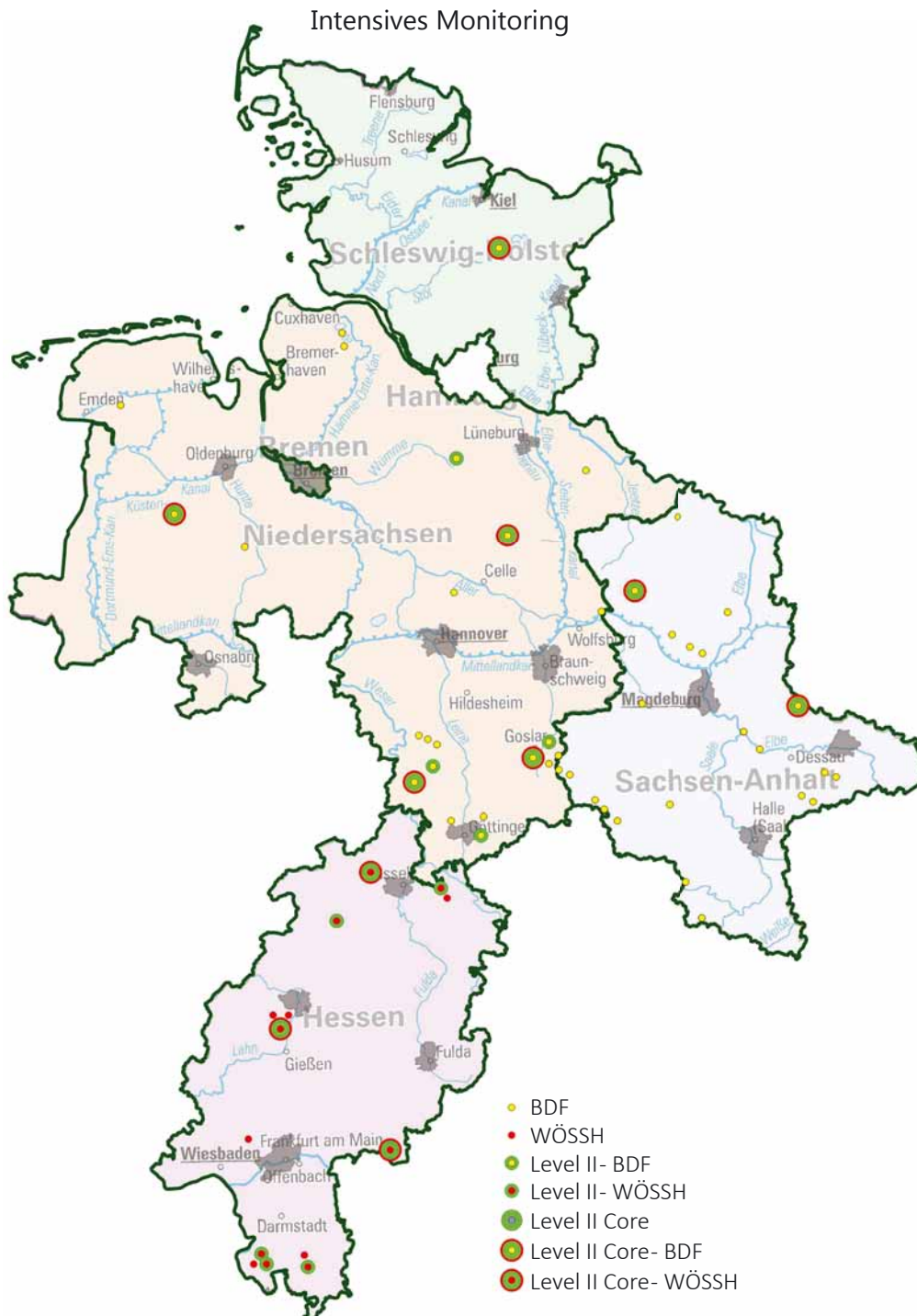


Foto: J. Evers

Forstliches Umweltmonitoring

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 werden auf repräsentativen Standorten Waldökosystemzustände und -prozesse beobachtet, um Veränderungen von Waldfunktionen durch Umwelteinflüsse festzustellen. Die Erhebungen auf WÖSSH-Flächen beinhalten folgende Indikatoren:

- Deposition, Bodenlösung, Nadel-/Blatternahrung, 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-/Blatternahrung, 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.

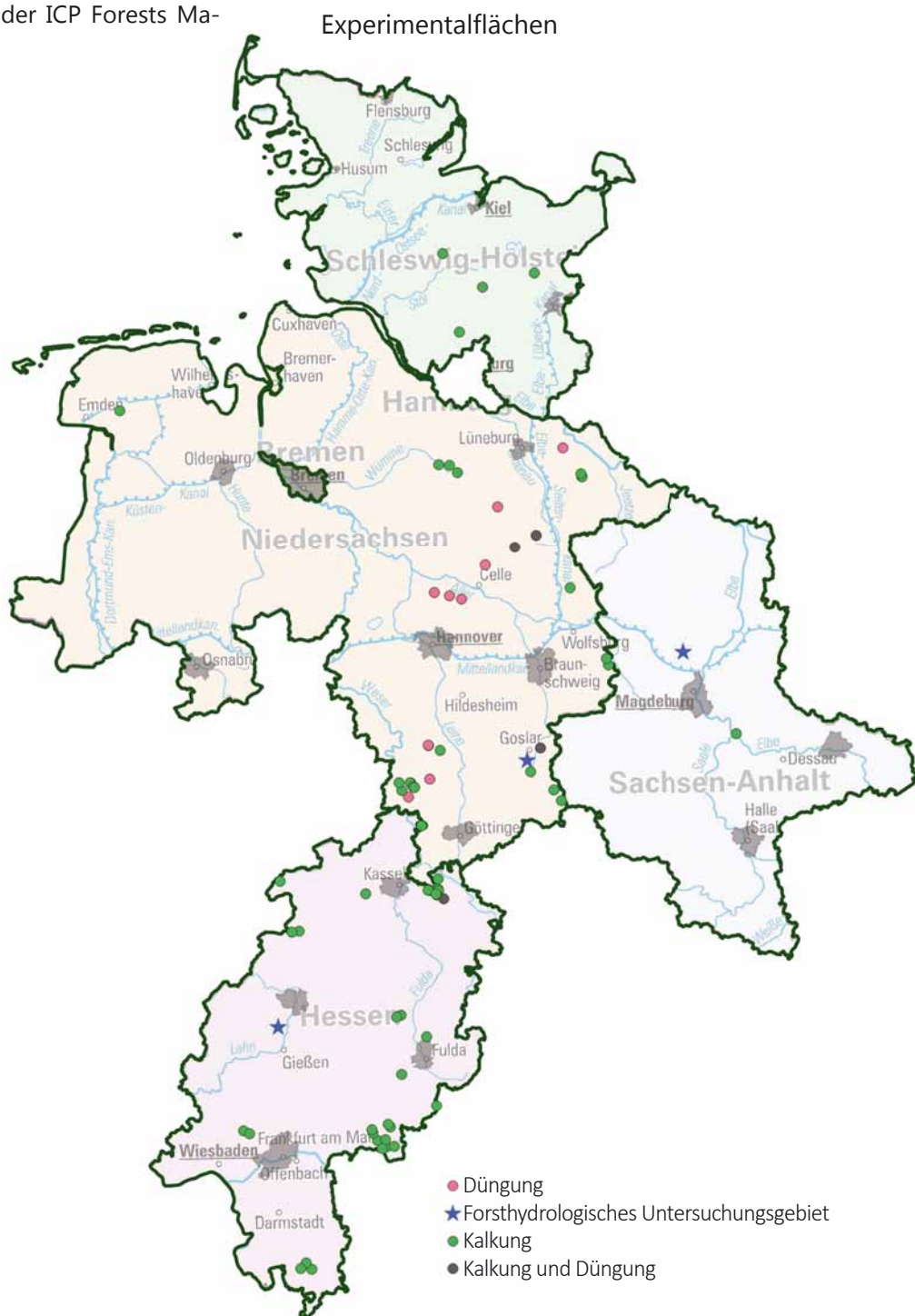
Die im Forstlichen Umweltmonitoring verwendeten Instrumente der Ökosystemüberwachung stehen europaweit harmonisiert nach den Grundsätzen des ICP Forests (2010), der BDF-Arbeitsanleitung (Barth et al. 2000), der BZE-Arbeitsanleitung (Wellbrock et al. 2006) sowie dem Handbuch Forstliche Analytik (BMELV (Hrsg.) 2005) zur Verfügung.

Qualitätssichernde und -prüfende Maßnahmen sind danach verbindlich vorgeschrieben. Sie bestätigen die Qualität und die Nutzbarkeit der Ergebnisse.

Das Untersuchungsdesign der Forstlichen Umweltkontrolle für die Bereiche Level I, Intensives Forstliches Umweltmonitoring und Experimentalflächen für die Länder Hessen, Niedersachsen, Bremen, Sachsen-Anhalt und Schleswig-Holstein zeigen die Abbildungen auf den Seiten 6, 7 und 8.



Level II-Fläche im Solling
Foto: O. Schwerdtfeger



Forstliches Umweltmonitoring

Waldzustandserhebung – Methodik und Durchführung

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

Aufnahmeumfang

Die Waldzustandserhebung erfolgt auf mathematisch-statistischer Grundlage. Auf einem systematisch über Niedersachsen verteilten Rasternetz werden seit 1984 an jedem Erhebungspunkt 24 Stichprobenbäume begutachtet.

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 302 Erhebungspunkte zum Stichprobenkollektiv, von denen in diesem Jahr 294 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 die 95 %-Konfidenzintervalle (=Vertrauensbereiche) für die Baumarten und Altersgruppen der WZE-Stichprobe 2017. 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

95 %-Konfidenzintervalle für die Kronenverlichtung der Baumartengruppen und Altersstufen der Waldzustandserhebung 2017 in Niedersachsen. Das 95 %-Konfidenzintervall (= Vertrauensbereich) gibt den Bereich an, in dem der wahre Mittelwert mit einer Wahrscheinlichkeit von 95 % liegt

Baumarten-gruppe	Altersgruppe	Anzahl Bäume	Anzahl Plots	Raster	95%-Konfidenz-intervall (+/-)
Buche	alle Alter	2253	142	4x4 km	2,2
	bis 60 Jahre	332	24	4x4 km	1,8
	über 60 Jahre	1921	123	4x4 km	2,2
Eiche	alle Alter	980	89	4x4 km	3,4
	bis 60 Jahre	172	19	4x4 km	2,6
	über 60 Jahre	808	76	4x4 km	2,7
Fichte	alle Alter	726	57	8x8 km	3,6
	bis 60 Jahre	207	18	8x8 km	4,2
	über 60 Jahre	519	40	8x8 km	3,5
Kiefer	alle Alter	1449	78	8x8 km	1,4
	bis 60 Jahre	444	26	8x8 km	1,3
	über 60 Jahre	1005	57	8x8 km	1,6
andere Laubbäume	alle Alter	506	69	8x8 km	2,7
	bis 60 Jahre	245	35	8x8 km	4,5
	über 60 Jahre	261	38	8x8 km	3,5
andere Nadelbäume	alle Alter	348	41	8x8 km	3,5
	bis 60 Jahre	199	22	8x8 km	3,7
	über 60 Jahre	149	19	8x8 km	6,6
alle Baumarten	alle Alter	3960	165	8x8 km	1,4
	bis 60 Jahre	1281	65	8x8 km	1,4
	über 60 Jahre	2679	127	8x8 km	1,6



Schulung der WZE-Aufnahmeteams Foto: M. Spielmann

(z. B. Eiche, alle Alter), 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 den anderen Nadelbäumen (über 60 Jahre) – für die Baumartengruppen belastbare Ergebnisse für die Kronenverlichtungswerte erzielt.

Aufnahmeparameter

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

WZE-Ergebnisse für alle Baumarten

Inge Dammann und Uwe Paar

Mittlere Kronenverlichtung

Die Waldzustandserhebung 2017 weist als Gesamtergebnis für die Waldbäume in Niedersachsen (alle Baumarten, alle Alter) wie im Vorjahr eine mittlere Kronenverlichtung von 17 % aus.

Insgesamt wird der weitgehend stabile Verlauf der mittleren Kronenverlichtung für den Gesamtwald 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 an der WZE-Stichprobe einen Anteil von 22 % einnehmen, wirken mit vergleichsweise günstigen Verlichtungswerten ausgleichend auf die höheren Verlichtungswerte von Fichte, Eiche und Buche.

Mittlere Kronenverlichtung in %

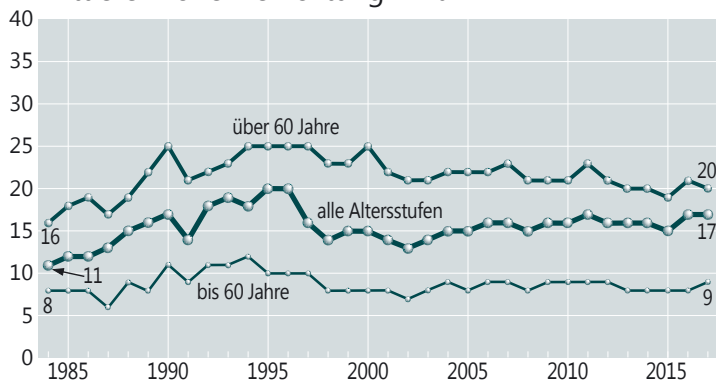


Foto: T. Ullrich

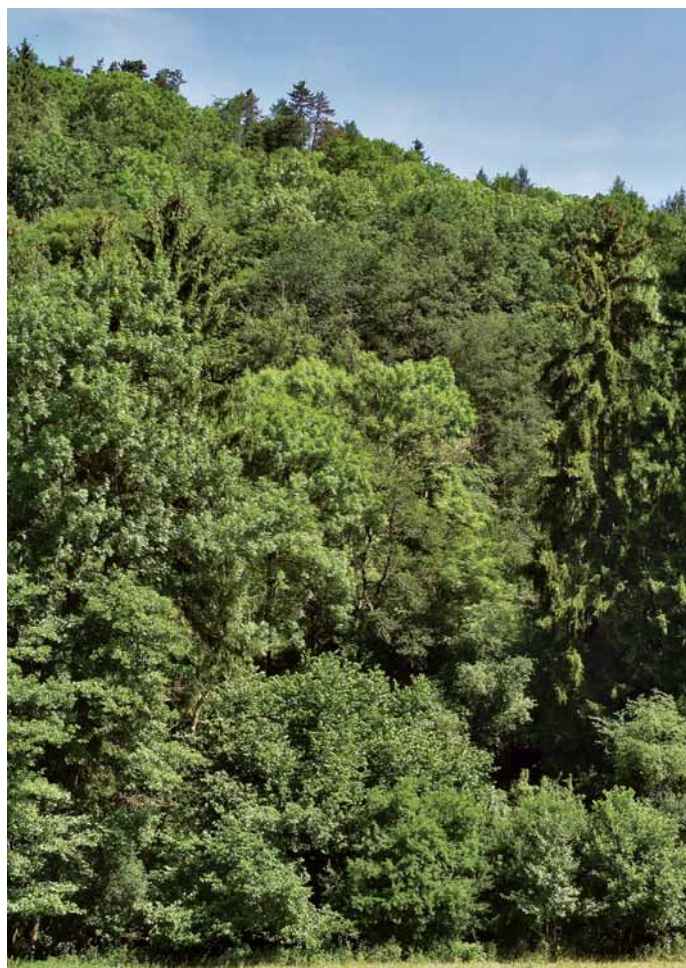
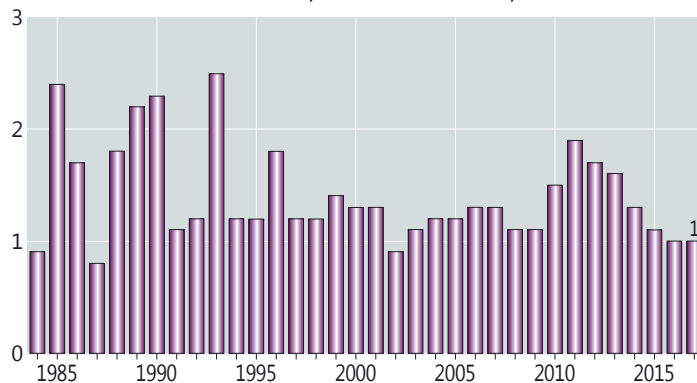


Foto: M. Spielmann

Anteil starker Schäden, alle Baumarten, alle Alter in %



Anteil starker Schäden

Der Anteil stark geschädigter Bäume liegt im Jahr 2017 mit 1 % etwas unter dem Mittelwert für die Zeitreihe (1,4 %). In den Erhebungsjahren bis 1996 traten in einigen Jahren überdurchschnittlich hohe Anteile an starken Schäden auf und 2010 bis 2013 war der Anteil starker Schäden ebenfalls etwas erhöht. 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. 2017 reichte die Spanne (alle Alter) von 0,6 % (andere Nadelbäume) bis 2,2 % (Eiche).

WZE-Ergebnisse für alle Baumarten

Absterberate

Im Mittel der Beobachtungsjahre 1984–2017 ergibt sich mit 0,1 % eine sehr geringe Absterberate. Bei der diesjährigen Waldzustandserhebung sind keine Buchen, Eichen, Fichten oder sonstige Nadelbäume abgestorben und bei der Kiefer wird die durchschnittliche Absterberate nicht überschritten. Die anderen Laubbäume dagegen weisen 2017 eine überdurchschnittliche Absterberate (0,4 %) auf.

Jährliche Absterberate, alle Baumarten, alle Alter in %

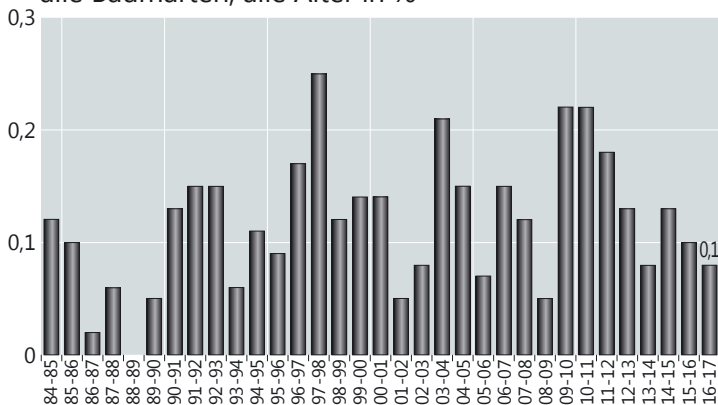


Foto: T. Ullrich

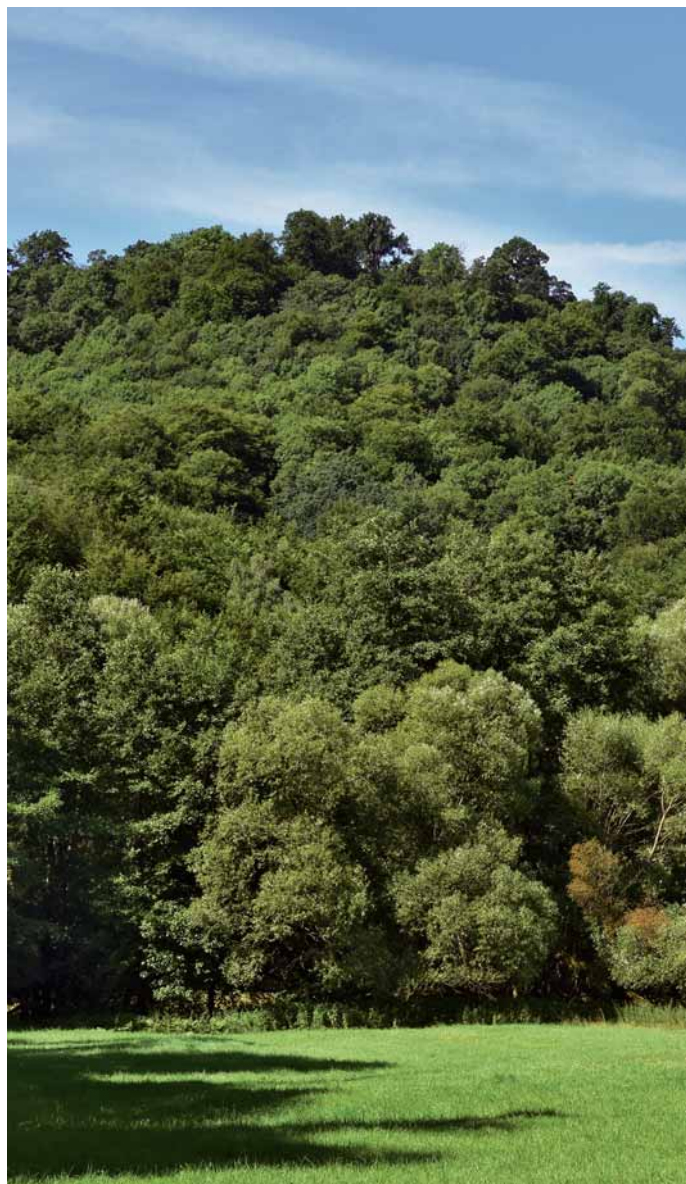
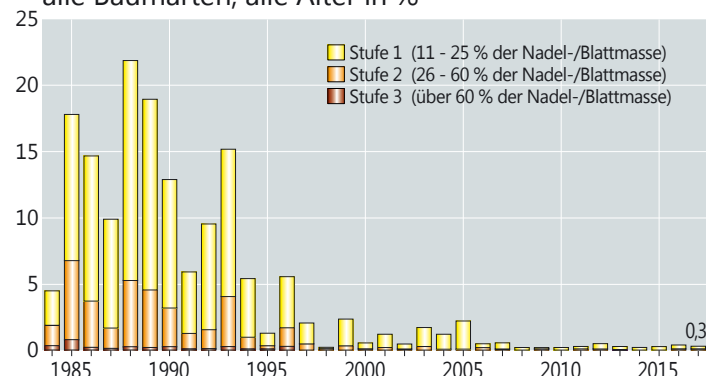


Foto: M. Spielmann

Vergilbungen

Vergilbungen der Nadeln und Blätter sind häufig ein Indiz für Magnesiummangel in der Nährstoffversorgung der Waldbäume. Bis Mitte der 1990er Jahre waren Vergilbungen häufig beobachtet worden, seither ist die Vergilbungsrate merklich zurückgegangen. Im Jahr 2017 wurde dieses Merkmal nur sehr vereinzelt (0,3 %) festgestellt. Die von den Waldbesitzern und Forstbetrieben durchgeführten Waldkalkungen mit magnesiumhaltigen Kalken und der Rückgang der Schwefelemissionen haben dazu beigetragen, das Auftreten dieser Mangelerscheinung zu reduzieren.

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



Kiefer

Ältere Kiefer

Die älteren Kiefern weisen 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 in diesem Jahr 17 %.

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 hat sich gegenüber dem Vorjahreswert leicht erhöht und liegt jetzt bei 10 %.

Mittlere Kronenverlichtung in %

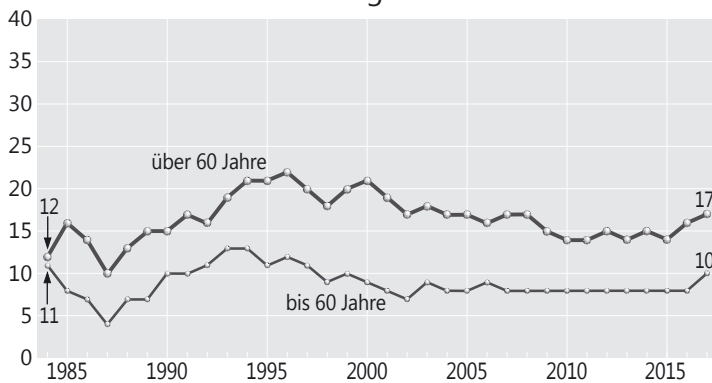


Foto: M. Spielmann

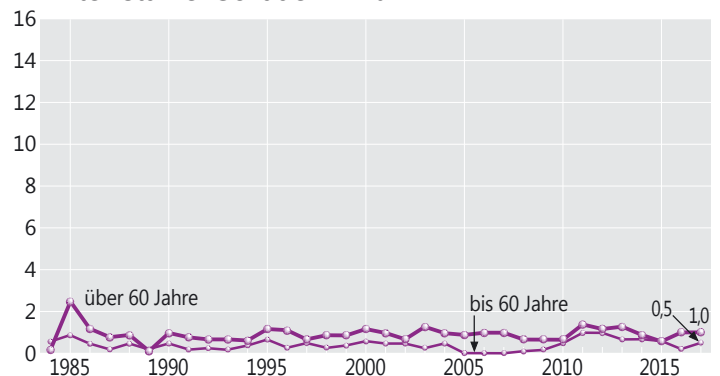


Foto: M. Spielmann

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. Der Anteil an starken Schäden ist bei den jüngeren und älteren Kiefern etwa gleich. 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 2017 beträgt die Absterberate 0,1 % und entspricht damit dem Mittel der Zeitreihe.

Fichte

Ältere Fichte

Im gesamten Beobachtungszeitraum werden für die ältere Fichte anhaltend hohe Kronenverlichtungswerte zwischen 24 und 30 % festgestellt. Dies gilt auch für das Jahr 2017 mit einer mittleren Kronenverlichtung von 26 %.

Jüngere Fichte

Für die Fichte ist ein deutlicher Alterstrend festzustellen. Die jüngeren Fichten liegen mit einer mittleren Kronenverlichtung von 10 % weit unter den Werten der älteren Fichten.

Mittlere Kronenverlichtung in %

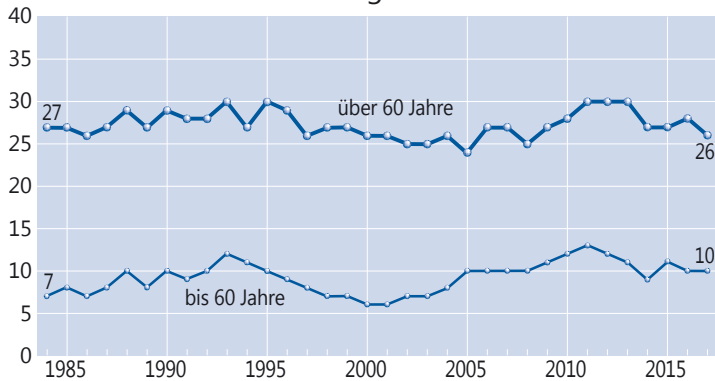


Foto: J. Evers

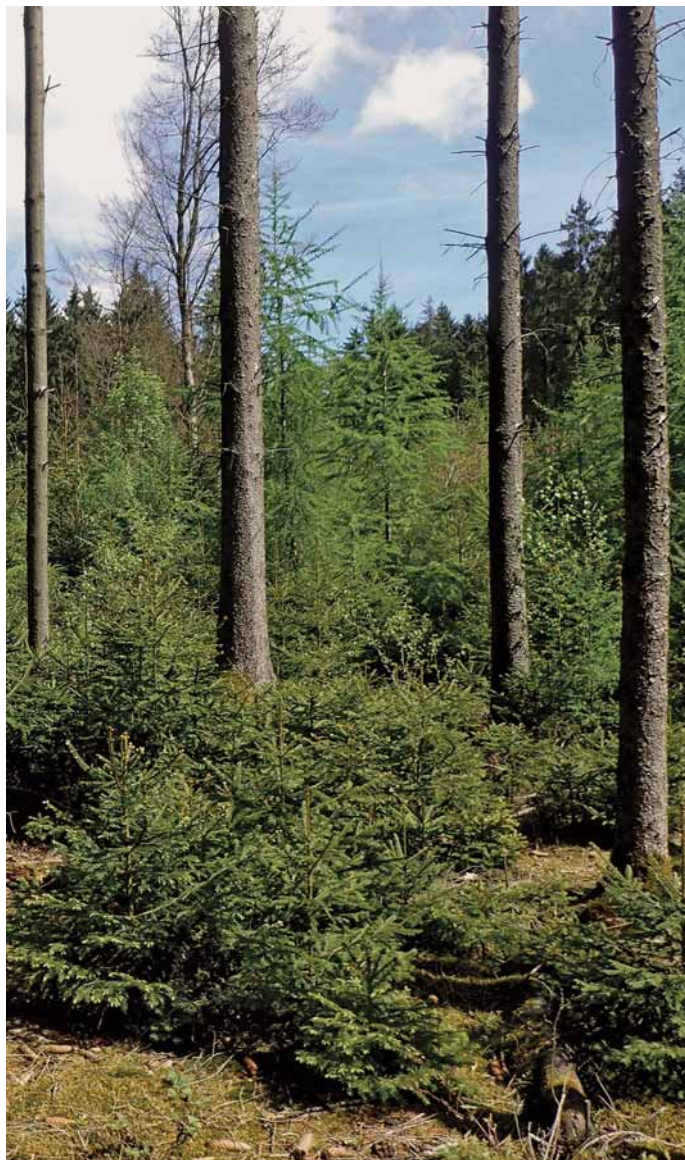


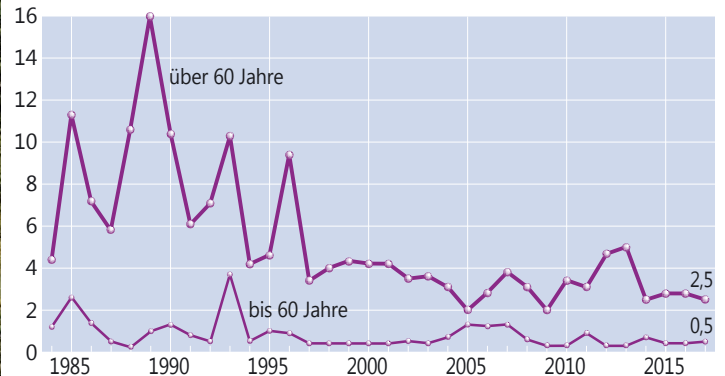
Foto: T. Ullrich

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 >25 % der Nadelmasse, die zur Einstufung in die nächsthöhere Schadstufe führen, eine bedeutsame Rolle gespielt. Mit dem Rückgang der Vergilbung gingen bei der Fichte auch die Anteile an starken Schäden zurück. Seit 1997 sind nur leichte Schwankungen aufgetreten. 2012 und 2013 wurde eine Erhöhung festgestellt, die aber nicht das Ausmaß früherer Jahre erreichte.

Auch bei den starken Schäden zeigt sich für die Fichte ein Alterstrend. Bei den jüngeren Fichten sind im Durchschnitt 0,8 % (2017: 0,5 %) stark geschädigt, bei den älteren Fichten 5,2 % (2017: 2,5 %).

Anteil starker Schäden in %



Absterberate

Die Absterberate der Fichte (alle Alter) schwankt im Erhebungszeitraum zwischen 0 und 0,5 %, im Durchschnitt liegt sie bei 0,2 %. 2017 ist keine Fichte im WZE-Kollektiv abgestorben.

Buche

Ältere Buche

Im Vergleich zum Vorjahr ging die mittlere Kronenverlichtung der älteren Buche 2017 um 4 %-Punkte zurück und beträgt jetzt 24 %.

Seit 1989 liegen die Verlichtungswerte der älteren Buche relativ hoch und es treten erhebliche Schwankungen von Jahr zu Jahr auf. 2011 wurde mit einer mittleren Kronenverlichtung von 33 % der höchste Kronenverlichtungsgrad in der Zeitreihe festgestellt. Eine Ursache für die zunehmende Variabilität der Verlichtungswerte ist die Intensität der Fruchtbildung. 2011 wurde die intensivste Fruchtbildung der Buche seit Beginn der Waldzustandserhebung beobachtet. Nachdem im Jahr 2016 65 % der älteren Buchen mittlere und starke Fruchtbildung aufwiesen, bildeten sie 2017 kaum Früchte aus und die Verlichtungswerte gingen zurück.

Die durch eine Hitzewelle im August 2016 ausgelöste frühe Herbstverfärbung und der vorzeitige Blattabfall auf sonnenexponierten und flachgründigen Standorten hat sich 2017 nicht nachhaltig auf den Austrieb und die Kronenentwicklung der Buchen ausgewirkt.

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 2017 bleiben die Verlichtungswerte der jüngeren Buche gering (5 %).

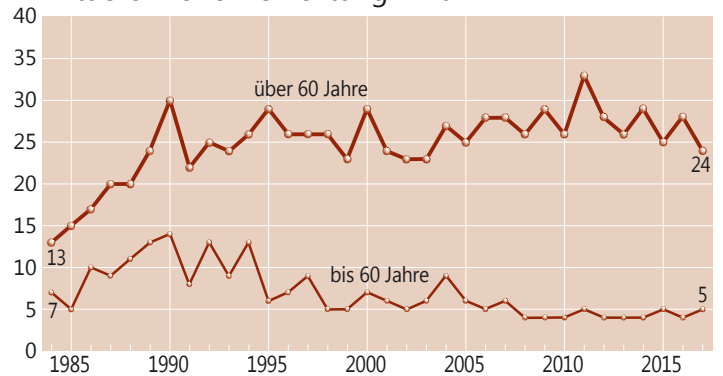
Starke Schäden

Auch beim Anteil starker Schäden treten bei den älteren Buchen im Beobachtungszeitraum Schwankungen auf. 2017 liegt der Anteil starker Schäden mit 1,1 % unter dem Durchschnittswert (2,6 %). Bei den jüngeren Buchen werden nur selten starke Schäden beobachtet. Der Durchschnittswert der Zeitreihe liegt bei 0,2 %.

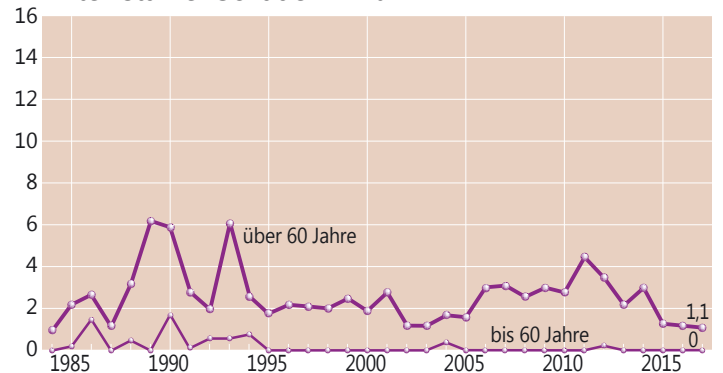


Foto: T. Ullrich

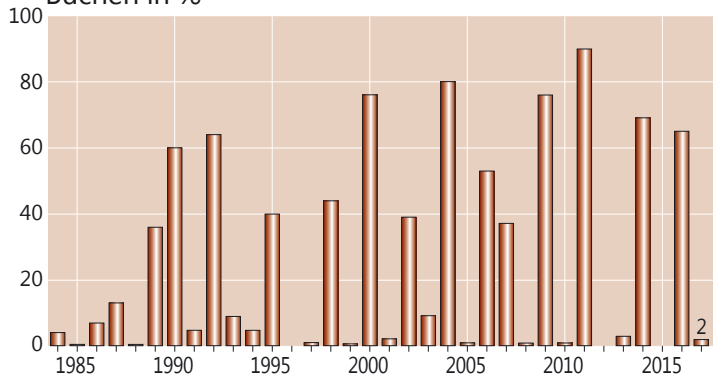
Mittlere Kronenverlichtung in %



Anteil starker Schäden in %



Anteil mittel und stark fruktifizierender älterer Buchen in %



Absterberate

Die Buche weist eine auffallend niedrige Absterberate auf. Im Mittel der Zeitreihe liegt die Absterberate der Buche bei 0,04 %. Seit vier Jahren ist kein Buchen-Stichprobenbaum abgestorben.

Fruchtbildung

Für die Buche zeigen die Ergebnisse zur Fruchtbildung im Rahmen der Waldzustandserhebung die Tendenz, in kurzen Abständen und vielfach intensiv zu fruktifizieren. Dies steht im Zusammenhang mit einer Häufung warmer Jahre sowie einer erhöhten Stickstoffversorgung der Bäume. Geht man davon aus, dass eine starke Mast erreicht wird, wenn ein Drittel der älteren Buchen mittel oder stark fruktifiziert, ergibt sich rechnerisch für den Beobachtungszeitraum der Waldzustandserhebung 1984-2017 alle 2,4 Jahre eine starke Mast. Literaturrecherchen (Paar et al. 2011) hingegen ergaben für den Zeitraum 1839-1987 Abstände zwischen zwei starken Masten für 20-Jahresintervalle zwischen 3,3 und 7,1 Jahren.

Eiche

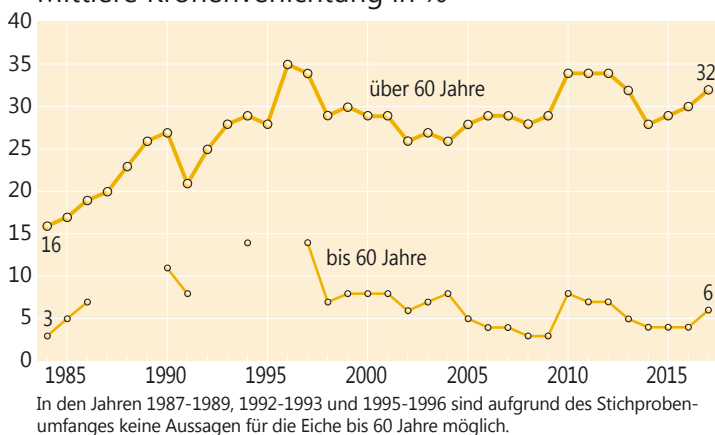
Ältere Eiche

In der Zeitreihe der mittleren Kronenverlichtung der älteren Eichen treten die höchsten Verlichtungswerte (>30 %) in den Jahren 1996/1997 und von 2010-2013 auf. 2017 wird erneut diese Größenordnung mit 32 % mittlerer Kronenverlichtung erreicht. Die Entwicklung des Kronenzustandes der Eiche wird stark durch Insekten- und Pilzbefall beeinflusst. Für den Anstieg der Verlichtung in den letzten beiden Jahren spielte die Eichenfraßgesellschaft allerdings keine Rolle, da nur moderate Fraßschäden beobachtet wurden. 2017 haben vermutlich Frostschäden bei der Eiche zu höheren Verlichtungswerten beigetragen, denn die Eiche hat in diesem Jahr aufgrund der warmen Frühjahrstemperaturen zeitig mit dem Austrieb begonnen. Kalte Nächte mit Temperaturen unter -5 °C Ende April haben lokal zu Frostschäden an der Eiche geführt.

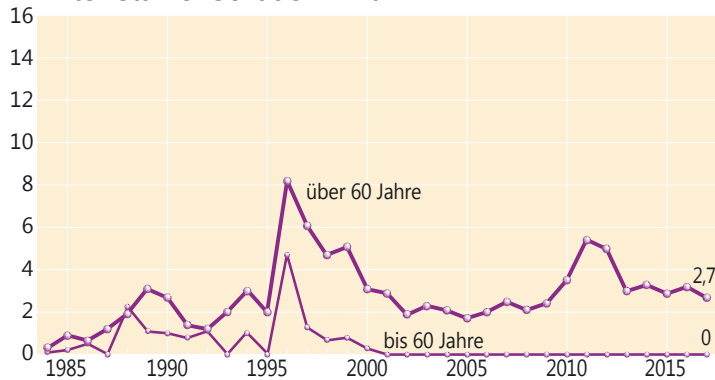


Foto: M. Spielmann

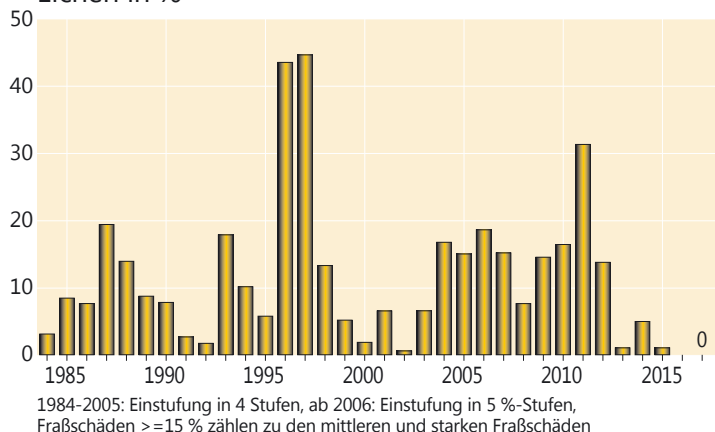
Mittlere Kronenverlichtung in %



Anteil starker Schäden in %



Anteil mittlerer und starker Fraßschäden an älteren Eichen in %



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 6 % wird für die jüngeren Eichen 2017 wieder ein günstiger Kronenverlichtungswert festgestellt.

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. 2017 bleiben die starken Schäden bei den älteren Eichen trotz der erhöhten Kronenverlichtung durchschnittlich (2,7 %). Bei den jüngeren Eichen sind seit 2001 keine starken Schäden aufgetreten.

Absterberate

Die Absterberate der Eiche liegt im Mittel der Jahre 1984-2017 bei 0,2 %. Überdurchschnittliche Absterberaten wurden jeweils im Anschluss an starken Insektenfraß ermittelt, am höchsten war die Absterberate 1998 (0,9 %). Im Jahr 2017 sind keine Eichen im WZE-Kollektiv abgestorben.

Fraßschäden

Die periodische Vermehrung von Insekten der so genannten Eichenfraßgesellschaft trägt maßgeblich zu den Schwankungen der Belaubungsdichte der älteren Eichen bei. Der Fraß an Knospen und Blättern durch die Eichenfraßgesellschaft wirkte sich besonders stark in den Jahren 1996/1997 und 2011 aus. Seit 2013 ist der Anteil mittlerer und starker Fraßschäden erheblich zurückgegangen. 2016 und 2017 wurden keine mittleren oder starken Fraßschäden festgestellt.

Fruchtbildung

Die Fruchtbildung der Eiche ist zum Zeitpunkt der Waldzustandserhebung im Juli und August nur schwer einzuschätzen, weil die Eicheln dann noch sehr klein sind. Für die Partnerländer der NW-FVA wurde daher für WZE-Punkte mit mindestens 17 Eichen im Alter über 60 Jahre im 8 km x 8 km-Raster eine zusätzliche Erfassung in der zweiten Septemberwoche durchgeführt. Die Eichen dieser Referenzstichprobe, bestehend aus 13 WZE-Punkten, haben 2017 zu 24 % mittel und stark fruktifiziert.

Andere Laub- und Nadelbäume

In Niedersachsen werden bei der Waldzustandserhebung als landesweite flächendeckende Stichprobeninventur 28 Baumarten erfasst. Neben den Hauptbaumarten Kiefer, Fichte, Buche und Eiche kommt in den niedersächsischen Wäldern eine Vielzahl von anderen Baumarten vor, die insgesamt 22 % der Stichprobenbäume der Waldzustandserhebung in Niedersachsen ausmachen. Jede Baumart für sich genommen ist allerdings zahlenmäßig so gering vertreten, dass allenfalls Trendaussagen zur Kronenentwicklung möglich sind. Bei der Darstellung der Ergebnisse der Waldzustandserhebung werden sie daher in den Gruppen andere Laubbäume und andere Nadelbäume zusammengefasst.

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 2017 liegt sie bei 13 %. Die Verlichtungswerte der Esche heben sich hiervon deutlich ab, mitverursacht durch das Eschentriebsterben liegt die mittlere Kronenverlichtung der Esche in diesem Jahr bei 22 %.

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 %, 2017 beträgt sie 11 %.

Starke Schäden

Für die anderen Laubbäume liegt der Anteil starker Schäden (alle Alter) in diesem Jahr bei 1,4 %, dies entspricht dem Mittel der Zeitreihe. Bei den anderen Nadelbäumen (Mittelwert 0,8 %) wird 2017 der Durchschnittswert leicht unterschritten (0,6 %).



Foto: J. Evers

Absterberate

Die Absterberate der anderen Laubbäume schwankt im Erhebungszeitraum (0 bis 0,8 %), 2017 liegt sie bei 0,4 %. Bei den anderen Nadelbäumen ist in den letzten sieben Jahren in der Stichprobe der Waldzustandserhebung kein Baum frisch abgestorben. Der Mittelwert der Absterberate liegt hier bei 0,1 %.



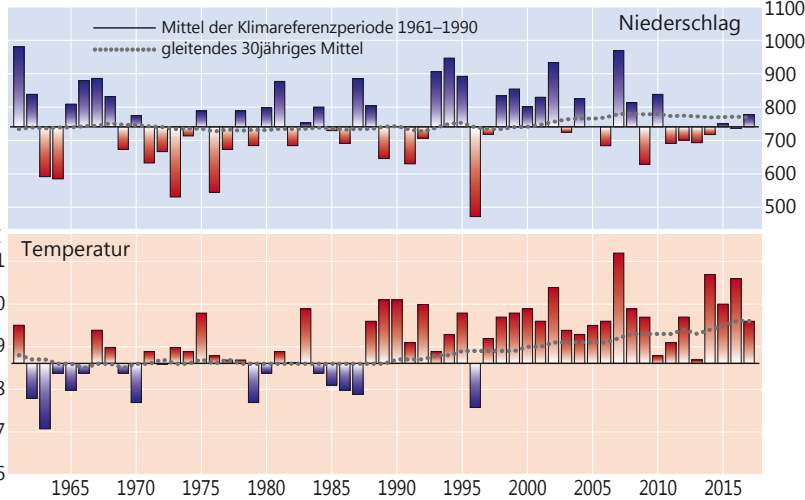
Foto: J. Weymar

Witterung und Klima

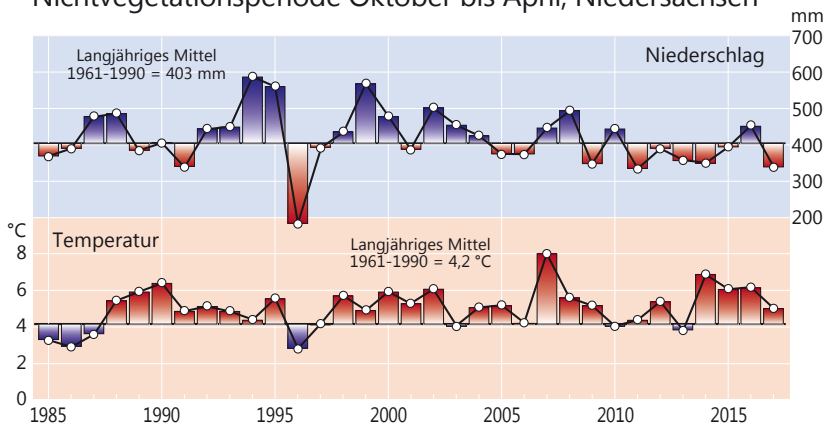
Johannes Suttmöller

Der Witterungsverlauf im Vegetationsjahr 2016/2017 (Oktober bis September) war in Niedersachsen äußerst abwechslungsreich. Die Mitteltemperatur über die gesamte Landesfläche (Berechnungsgrundlage 200 m Raster) lag knapp 1 °C über dem langjährigen Durchschnitt der Klimanormalperiode 1961-1990. Dabei zeigt die Auswertung der rund 130 Klimastationen des Deutschen Wetterdienstes (DWD), dass die Abweichung in der Nichtvegetationsperiode (Oktober bis April) mit +0,8 °C nur unwesentlich geringer ausgefallen ist als in der Ve-

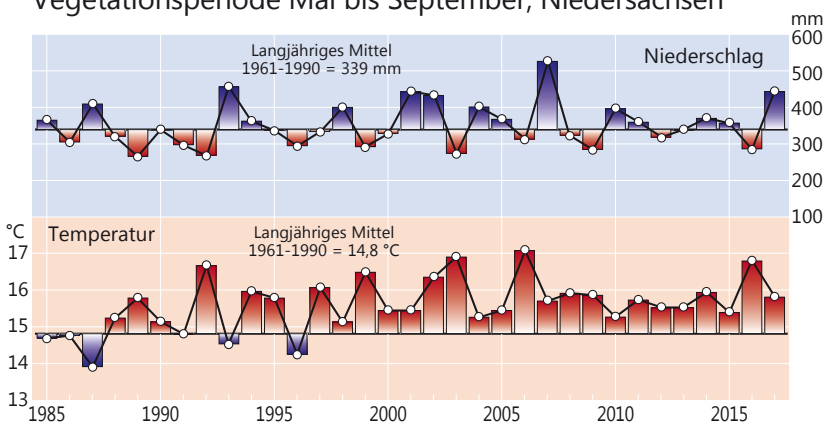
getationszeit (Mai bis September). Die Niederschlagsverteilung weist wie die Temperatur starke jahreszeitliche Schwankungen auf. Die Ergebnisse der mehr als 450 Niederschlagsstationen zeigen für das Vegetationsjahr einen leichten Niederschlagsüberschuss (+5 %). In der Nichtvegetationszeit fielen rund 80 % der üblichen Niederschlagsmenge, während in der Vegetationsperiode das Soll mit mehr als 130 % deutlich übertroffen wurde. 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.



Langjährige Klimawerte (1985-2017)
Nichtvegetationsperiode Oktober bis April, Niedersachsen



Langjährige Klimawerte (1985-2017)
Vegetationsperiode Mai bis September, Niedersachsen



Daten des Deutschen Wetterdienstes, Offenbach

getationszeit (Mai bis September). Die Niederschlagsverteilung weist wie die Temperatur starke jahreszeitliche Schwankungen auf. Die Ergebnisse der mehr als 450 Niederschlagsstationen zeigen für das Vegetationsjahr einen leichten Niederschlagsüberschuss (+5 %). In der Nichtvegetationszeit fielen rund 80 % der üblichen Niederschlagsmenge, während in der Vegetationsperiode das Soll mit mehr als 130 % deutlich übertroffen wurde. 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.

Temperatur und Niederschlag im langjährigen Verlauf

Die langjährigen Messdaten für den Zeitraum von 1961 bis 2017 zeigen seit 1988 eine gegenüber der Referenzperiode (1961-1990) erhöhte Temperatur. Um den gemessenen Temperaturanstieg zu verdeutlichen, wurde das gleitende 30jährige Mittel berechnet, das für jedes Jahr den Mittelwert aus den voraus gegangenen 30 Jahren bildet (gepunktete Linie in der Abb. links oben). Die langjährige Mitteltemperatur beträgt 9,6 °C und liegt damit 1 °C über der Mitteltemperatur der Klimanormalperiode. Die Mitteltemperatur für das Vegetationsjahr 2016/17 lag im Flächenmittel des Landes Niedersachsen bei 9,5 °C und damit 0,9 °C über dem langjährigen Mittelwert bzw. 0,2 °C über dem Wert der wärmeren Periode 1981-2010.

Wie bereits in den Vorjahren waren die meisten Monate zu warm (8 von 12). Die höchsten positiven Abweichungen wurden in den Monaten Dezember, Februar (jeweils +2,0 °C) und März (+3,5 °C) gemessen. Auch die Monate Mai und Juni waren mit jeweils über +1,5 °C überdurchschnittlich warm. Etwas zu kühl waren die Monate Oktober, November und Januar, die mit einer Temperaturabweichung von weniger als -1,0 °C leicht zu kühl ausfielen.

Die Niederschlagssumme im Vegetationsjahr 2017 betrug rund 780 mm. Dies entspricht 105 % des langjährigen Mittelwertes von 740 mm. Die Niederschlagshöhe schwankt im Zeitraum 1961-2017 von Jahr zu Jahr mit Werten von weniger als 500 mm (1996) bis annähernd 1000 mm (1961 und 2007) sehr stark (Abb. links oben). Perioden mit überdurchschnittlich hohen Niederschlägen wechseln mit trockenen Perioden ab, so dass keine einheitliche Tendenz festgestellt werden kann. Im gleitenden 30jährigen Mittel beträgt die Niederschlagssumme rund 770 mm und liegt damit etwas über dem langjährigen Mittelwert.

Die Nichtvegetationszeit von Oktober 2016 bis April 2017 war mit 5,0 °C um 0,8 °C wärmer als der langjährige Durchschnitt der Klimanormalperiode. Im Vergleich zur wärmeren Periode 1981-2010 betrug die Abweichung dagegen nur +0,1 °C. In den letzten 30 Jahren war nur die Nichtvegetationsperiode

Witterung und Klima

Gemessene Temperaturen und deren Abweichungen zum langjährigen Mittel in der Nichtvegetationszeit (NVZ) 2016/2017 und in der Vegetationszeit (VZ) 2017

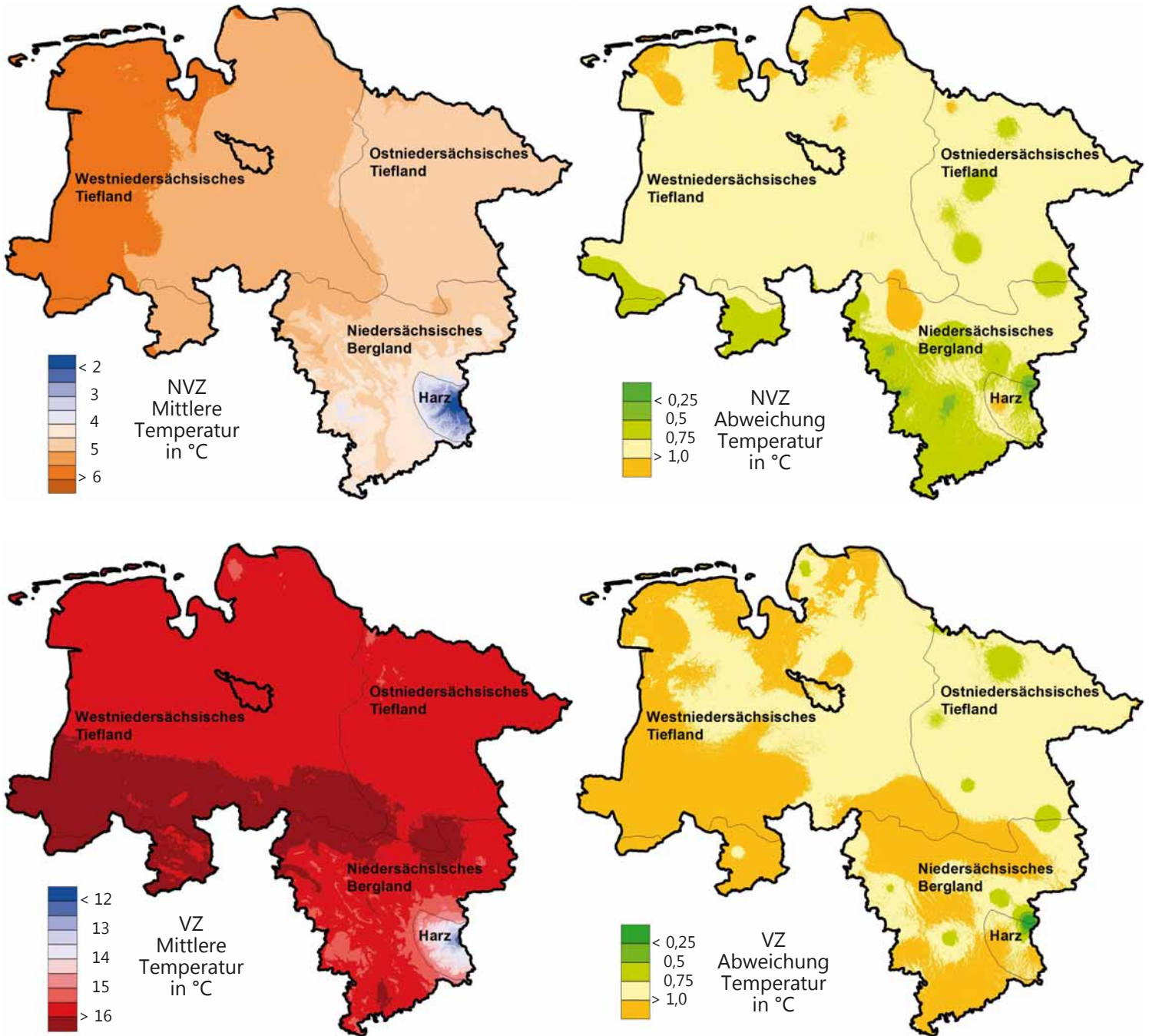


Foto: M. Spielmann

Witterung und Klima

Gemessene Niederschlagssummen und deren Abweichungen zum langjährigen Mittel in der Nichtvegetationszeit (NVZ) 2016/2017 und in der Vegetationszeit (VZ) 2017

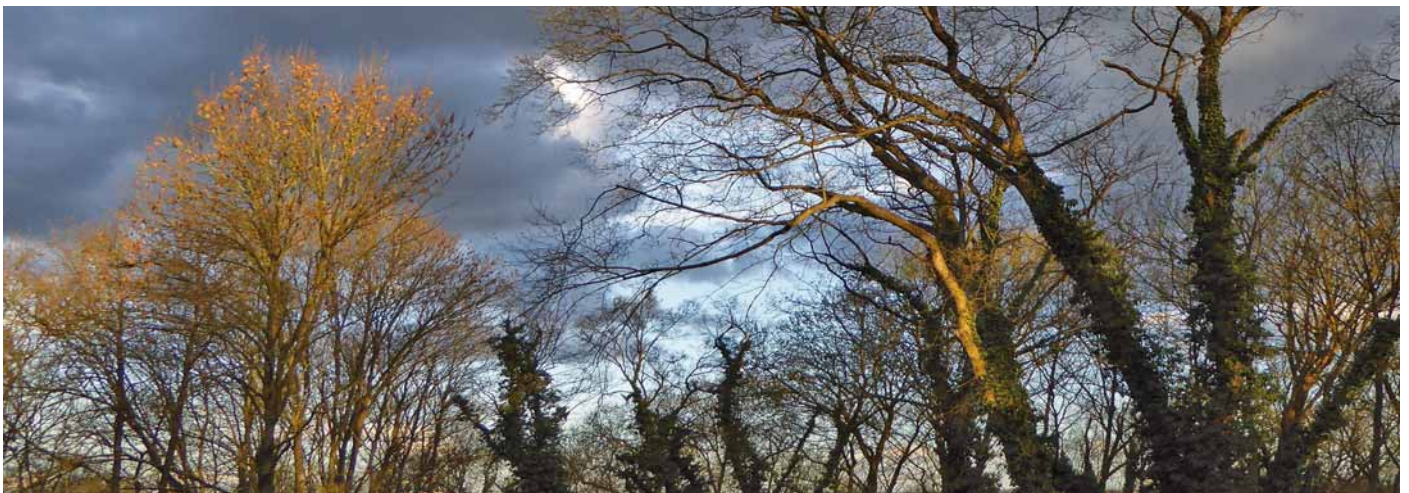
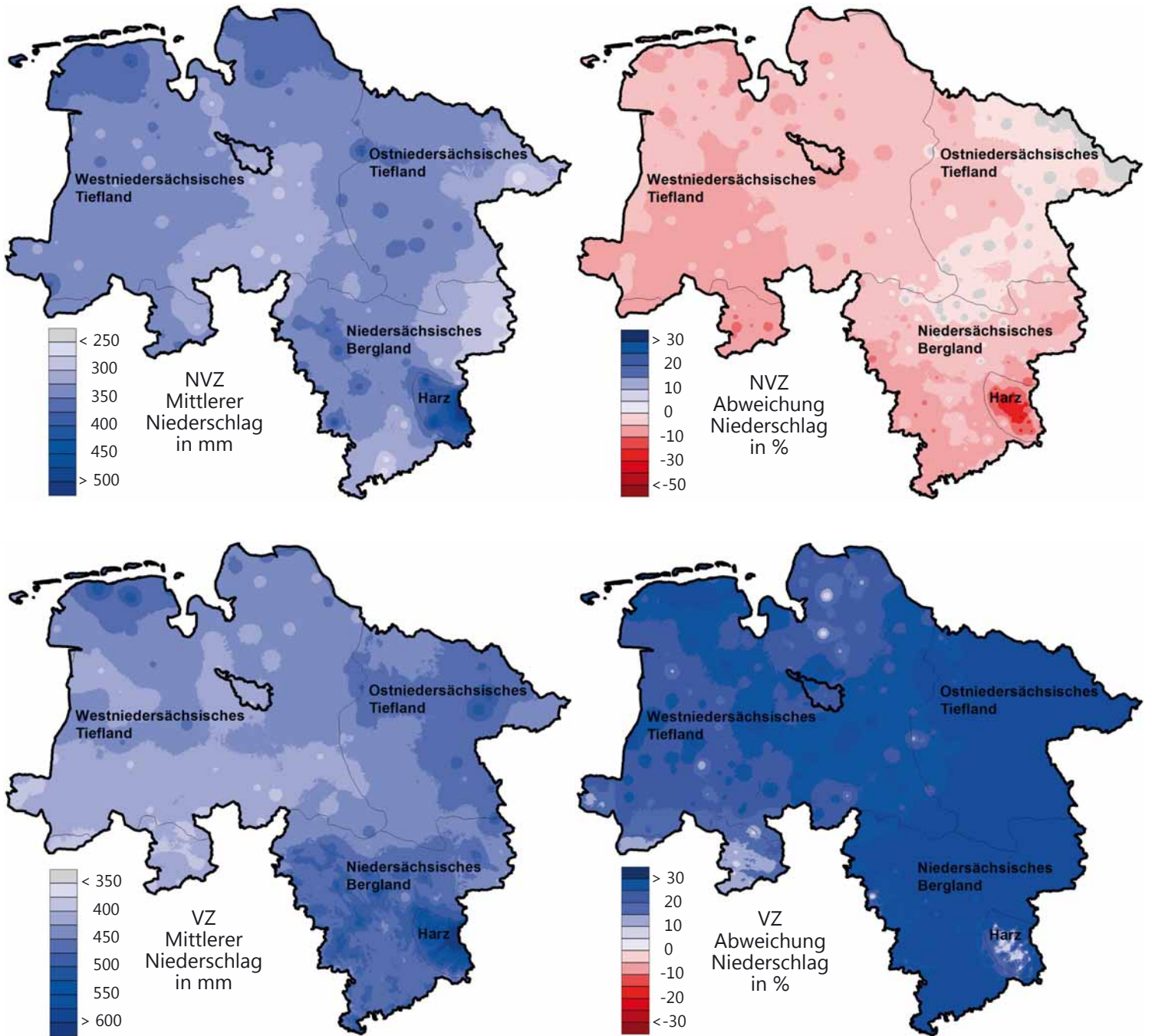


Foto: T. Ullrich

Witterung und Klima

1995/96 mit einer Abweichung von knapp $-1,5\text{ °C}$ deutlich zu kühl (s. Abb. Seite 17 Mitte). In der Vegetationszeit 2017 (Mai bis September) wurde die Mitteltemperatur von $14,8\text{ °C}$ mit $15,8\text{ °C}$ um $+1,0\text{ °C}$ übertroffen (s. Abb. Seite 17 unten). Zur Mitteltemperatur der Periode 1981–2010 ($15,5\text{ °C}$) war die Abweichung mit $+0,3\text{ °C}$ geringer. Damit sind in den letzten 30 Jahren seit 1988 nur die Vegetationsperioden 1993 und 1996 im Vergleich zur Klimanormalperiode zu kühl ausgefallen.

Die Niederschläge fielen über das Vegetationsjahr betrachtet sehr ungleichmäßig. In der Nichtvegetationsperiode wurden im Flächenmittel von Niedersachsen 335 mm Niederschlag gemessen (s. Abb. Seite 17 Mitte). Dies sind gut 80% des langjährigen Mittelwertes von 403 mm . Die Vegetationsperiode 2017 zeigte dagegen ein komplett anderes Bild. Das Niederschlagsdefizit aus den Vormonaten wurde mehr als ausgeglichen. Die Niederschlagssumme betrug 443 mm und damit rund ein Drittel mehr als im langjährigen Durchschnitt (s. Abb. Seite 17 unten).

Die Erwärmung, die seit Ende der 1980er Jahre gemessen wird, hat sich weiter fortgesetzt. Im Mittel der letzten Jahre betrug der Temperaturanstieg pro Jahr rund $0,05\text{ °C}$. Setzt sich dieser Trend unverändert fort, ist etwa alle 20 Jahre mit einer weiteren Temperaturerhöhung von 1 °C zu rechnen. Bei den Niederschlägen ist in Niedersachsen seit einigen Jahren zu beobachten, dass insbesondere der Spätwinter und das Frühjahr eher zu trocken ausfallen und damit die Niederschläge in der Nichtvegetationszeit leicht unterdurchschnittlich sind.

Witterungsverlauf von Oktober 2016 bis September 2017

Das Vegetationsjahr 2016/2017 ist bereits das 21. Jahr in Folge, das zu warm ausgefallen ist. Die Mitteltemperaturen der Monate Oktober und November lagen leicht unter den langjährigen Mittelwerten der Klimanormalperiode 1961–1990. Es folgte ein deutlich zu warmer Dezember und ein kühler Januar. Die Monate Februar und März waren mit Temperaturabweichungen von $+2,0\text{ °C}$ bzw. $+3,5\text{ °C}$ wiederum erheblich zu warm. Die überdurchschnittlich hohen Temperaturen wurden bis in die erste Aprilhälfte hinein gemessen, so dass es zu einem frühzeitigen Beginn in der Vegetationsentwicklung kam. Starke Nachtfröste in der zweiten Aprilhälfte führten zu Frostschäden an der Vegetation. Von Mai bis einschließlich August war es mit Temperaturabweichungen von $+0,6\text{ °C}$ (August) bis $+1,9\text{ °C}$ (Mai) durchgehend zu warm. Die Temperatur im September entsprach annähernd dem langjährigen Mittelwert.

Die Niederschlagsentwicklung im abgelaufenen Vegetationsjahr verlief in Niedersachsen sehr unterschiedlich. Die Monate Oktober bis einschließlich Mai waren zu trocken oder entsprachen in etwa dem langjährigen Niederschlagssoll. Besonders der November (75%), Dezember (50%) und April (67%) fielen sogar deutlich zu trocken aus. Nur im Januar wurde das Niederschlagssoll um knapp 20% übertroffen. Da bereits die Vegetationsperiode 2016 zu trocken war (knapp 85%), hätte sich die Trockenheit mit Beginn der Vegetationsperiode negativ auf die Vitalität der Bäume auswirken können. Allerdings setzten Ende Mai vermehrt Niederschläge ein, die die Trockenheit verminderten. Ab Juni bis in den August hinein führten wiederholt auftretende Starknieder-

schlagsereignisse dazu, dass der Sommer deutlich zu nass war. Im Juni fielen im Landesmittel 130% und im Juli sogar knapp das Doppelte der sonst üblichen Niederschläge. Auch der September war mit knapp 140% des langjährigen Solls sehr nass. Aufgrund der hohen Niederschlagssummen in der Vegetationsperiode wurde im Flächenmittel des Landes Niedersachsen das langjährige Niederschlagssoll leicht übertroffen.

In der Nichtvegetationszeit lag die Mitteltemperatur in den wärmsten Regionen Niedersachsens (Westniedersächsisches Tiefland) bei über $5,5\text{ °C}$. In den Hochlagen des Harzes betrug die Mitteltemperatur von Oktober bis April weniger als 1 °C . Die Temperaturabweichung zum Temperaturmittel der Periode 1961–1990 war im Küstenraum und Teilen des Tieflandes mit über $+1,0\text{ °C}$ am höchsten. Im Süden und Südosten des Landes wurde der langjährige Mittelwert mit weniger als $+0,5\text{ °C}$ nur geringfügig überschritten (s. Abb. Seite 18). In der Vegetationsperiode treten die höchsten Abweichungen von mehr als $+1,0\text{ °C}$ im Vergleich zum Mittelwert der Referenzperiode in weiten Teilen des westlichen und südlichen Landes auf. Deutlich geringer ist die positive Temperaturabweichung im Ostniedersächsischen Tiefland und regional im Harz und Harzvorland (weniger als $+0,5\text{ °C}$ Abweichung). Die Temperaturspanne in der Vegetationsperiode reicht von knapp 12 °C in den Harzhochlagen bis zu mehr als 16 °C in den tieferen Lagen der Landesmitte.

Die Nichtvegetationszeit 2016/2017 war in weiten Teilen des Landes Niedersachsens zu trocken. Nur im Osten des Landes wurde das Niederschlagssoll mit bis zu $+5\%$ leicht übertroffen. Verbreitet betrug das Niederschlagsdefizit -10 bis -15% , regional im Harz bis zu -30% (s. Abb. Seite 19). In der Vegetationsperiode ergibt sich ein völlig anderes Bild. Flächendeckend lag die gemessene Niederschlagsmenge über den Mittelwerten der Klimanormalperiode. Im gesamten Osten und Süden des Landes lagen die positiven Abweichungen zwischen $+30$ und über $+50\%$. Nur in einigen Regionen des Harzes sowie im südwestlichen Landesteil wurde das Niederschlagssoll dagegen nur leicht übertroffen ($< +5$ bis $+10\%$).

Fazit

Das Vegetationsjahr 2016/2017 (Oktober–September) reiht sich nahtlos in die überdurchschnittlich warmen Jahre der letzten Jahrzehnte ein. Es ist mit einer Mitteltemperatur von $9,5\text{ °C}$ jedoch nicht so warm ausgefallen wie die Jahre 2014 bis 2016. Die Temperaturabweichung betrug knapp $+1\text{ °C}$. Die Niederschläge lagen mit 780 mm im Landesmittel leicht über den Mittelwerten der Referenzperiode von 1961–1990. Infolge der hohen Niederschlagssummen in den Sommermonaten konnte das Niederschlagsdefizit aus dem Frühjahr abgebaut werden, so dass im Wald keine nennenswerten Vitalitätseinbußen infolge von Trockenheit beobachtet wurden.



Foto: T. Ullrich

Insekten und Pilze

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

Borkenkäfer

Wie in den beiden Vorjahren konnten relativ viele Borkenkäfer im Herbst 2016 überwintern. Die Gefährdungslage war zu Saisonbeginn gegenüber dem Frühjahr 2016 nochmals erhöht. Anfang April 2017 gab es bei sehr heißer Witterung bereits einen kurzen, starken Schwärmflug mit vereinzelt Stehendbefall. Nach Ende einer meist kühlfeuchten Wetterphase setzte der eigentliche Hauptflug erst drei Wochen später ein. Ab Anfang Mai wurde aus vielen Regionen frischer Stehendbefall gemeldet, die vorherige mehrwöchige wetterbedingte „Wartezeit“ der Käfer führte zu einem stark synchronisierten Flugbeginn. Im Verlauf der folgenden Wochen zeigte sich weiterer Stehendbefall, zunehmend auch im Bestandesinneren. Trotz der im Sommer wechselhaften Witterung mit schnellen Temperaturwechseln und häufigen, teilweise sehr starken Niederschlägen waren die Entwicklungsbedingungen für den Buchdrucker bis Mitte August überwiegend sehr gut. Im Vergleich zum August 2016 ist die Anzahl der durch Borkenkäfer besiedelten Fichten leicht gestiegen. Betroffene Forstbetriebe nutzen die verbleibende Zeit bis zum Saisonende für Aufarbeitungen, um die Ausgangssituation für das Jahr 2018 zu entspannen.



Borkenkäferbefall

Foto: P. Gawehn



Eschentriebsterben

Foto: NW-FVA, Abteilung Waldschutz

Eschentriebsterben

Das Eschentriebsterben (ETS) ist eine Erkrankung an verschiedenen Eschen-Arten, die durch den invasiven Schlauchpilz *Hymenoscyphus fraxineus* (Herkunft: Ostasien - Japan, China, Korea) ausgelöst wird. Dessen windverbreitete Pilzsporen infizieren Blattspreiten und Blattstiele sowie Rindenbereiche von Trieben, Stämmen und Wurzelansätzen der Eschen und ermöglichen dem Erreger so das Einwachsen in junge Triebe und Stämme. Typische Symptome sind u. a.: Blattverfärbungen, Blattwelke, braun bis violett verfärbte, abgestorbene Triebe, schildartige Rindennekrosen an Stämmchen von Jungpflanzen, auffällige Rindennekrosen an Stamm- und Wurzelanläufen (so genannte „Stammfußnekrosen“) sowie vor allem weithin sichtbare Kronenverlichtungen. Die Erkrankung kann schwerwiegende Schäden an Eschen jeden Alters hervorrufen und zum Absterben führen.

Im internationalen Expertenkreis gelten die Stammfußnekrosen, die auch an der NW-FVA / Abt. Waldschutz untersucht werden, als einer der Hauptmortalitätsfaktoren beim Eschentriebsterben. Die Ergebnisse der Abt. Waldschutz weisen darauf hin, dass die Stammfußnekrosen überwiegend primär durch den ETS-Erreger selbst hervorgerufen werden. In den Nekrosen hat *Hymenoscyphus fraxineus* eine hohe genetische Variabilität. Sekundär treten bodenbürtige Holzfäulepilze, wie z. B. der Hallimasch (*Armillaria* ssp.), auf. Insbesondere bei sehr starken Kronenschäden, etwa ab Blattverlusten von 70 %, muss im Wurzelraum generell mit Befall durch Hallimasch und andere Wurzelpilze gerechnet werden, die das Absterben beschleunigen.

Das Eschentriebsterben ist in Deutschland erstmals im Jahr 2002 in Mecklenburg-Vorpommern beobachtet worden. Inzwischen ist die Erkrankung bundesweit und in insgesamt 26 europäischen Staaten (Stand 2015) verbreitet. Sie kommt im Zuständigkeitsgebiet der NW-FVA bei Eschen aller Altersklassen und auf allen Eschen-Standorten vor und ist auf großer Fläche präsent. Sowohl die Ausbreitung in den Beständen als auch die Intensivierung des Krankheitsverlaufs sind noch nicht zum Stillstand gekommen. Es entstehen örtlich große Verluste durch schlechte Stammformen an Jung-

Insekten und Pilze

pflanzen und das Absterben von Eschen jeden Alters bis hin zur Auflösung von Bestandteilen. Die heimische Gemeine Esche (*Fraxinus excelsior*) ist durch die Pilzerkrankung stark gefährdet. Es wird deshalb aus forstlicher Sicht empfohlen, auf absehbare Zeit nur reduzierten Pflegeaufwand in diese Baumart zu investieren.

Die Esche wird vermutlich nicht vollständig aus dem Baumartenspektrum verschwinden. Bisher scheint ein kleiner Prozentsatz (1-2 %) der Eschen gegenüber der Erkrankung weniger anfällig zu sein. Ob dieser geringe Prozentsatz an Eschen auch auf Dauer mehr oder minder befallsfrei bleibt oder sogar weitgehend resistent ist, muss die Zukunft zeigen. In verschiedenen europäischen Ländern werden aktuell wissenschaftliche Projekte zur Identifizierung weniger anfälliger Eschen und zu deren Vermehrung durchgeführt, z. B. in Deutschland, Großbritannien und Österreich. Ergebnisse liegen noch nicht vor.

Zum jetzigen Zeitpunkt muss vorrangig mit den vorhandenen mehr oder minder stark erkrankten Eschen gewirtschaftet werden. Ergebnisse der meist langfristigen Resistenzzüchtungen können nur für zukünftige Eschengenerationen genutzt werden.

Mittlerweile ist bekannt, dass ein Komplex von nahe verwandten Arten um *Hymenoscyphus fraxineus* und *H. albidus* in Asien existiert, der bei einer Einschleppung nach Deutschland eine weitere potentielle Gefahr für heimische Eschen darstellen könnte.

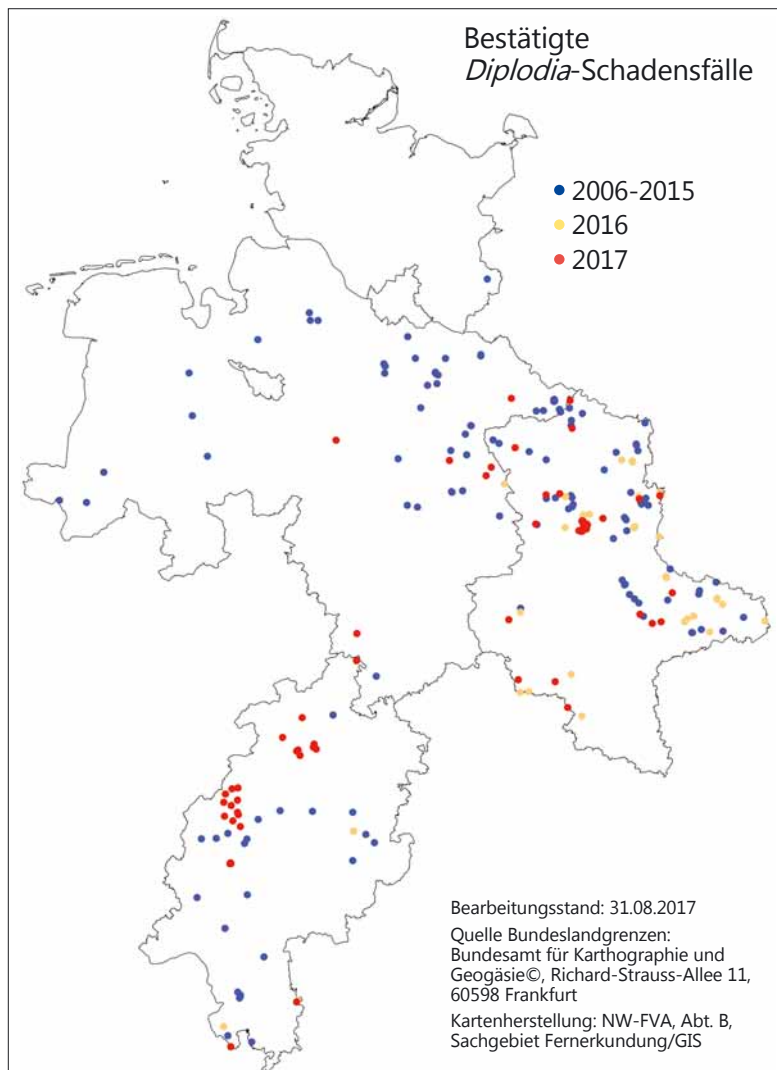


Stammfußnekrose

Foto: NW-FVA, Abteilung Waldschutz

Direkte Gegenmaßnahmen gegen das Eschentriebsterben kann und wird es in Zukunft nicht geben, da der Erreger über Sporenflug (Ascosporen) mit dem Wind auch über große Entfernungen verbreitet wird und Bäume infiziert. Diese Art der Verbreitung lässt sich nicht verhindern oder aufhalten.

In der Praxisinformation Nr. 4 (8/2016) der NW-FVA zum Eschentriebsterben sind weitere Hinweise und Handlungsempfehlungen für die Forstbetriebe umrissen.



Diplodia-Triebsterben der Kiefer

Der Wärme liebende Pilz *Sphaeropsis sapinea* (Synonym: *Diplodia pinea*) tritt seit einigen Jahren verstärkt auf. Er verursacht ein Triebsterben, zieht Folgeschäden nach sich (z. B. Käferbefall, Bläue im Holz) und führt im ungünstigsten Falle bei entsprechend starker Kronenschädigung zum Absterben der Bäume.

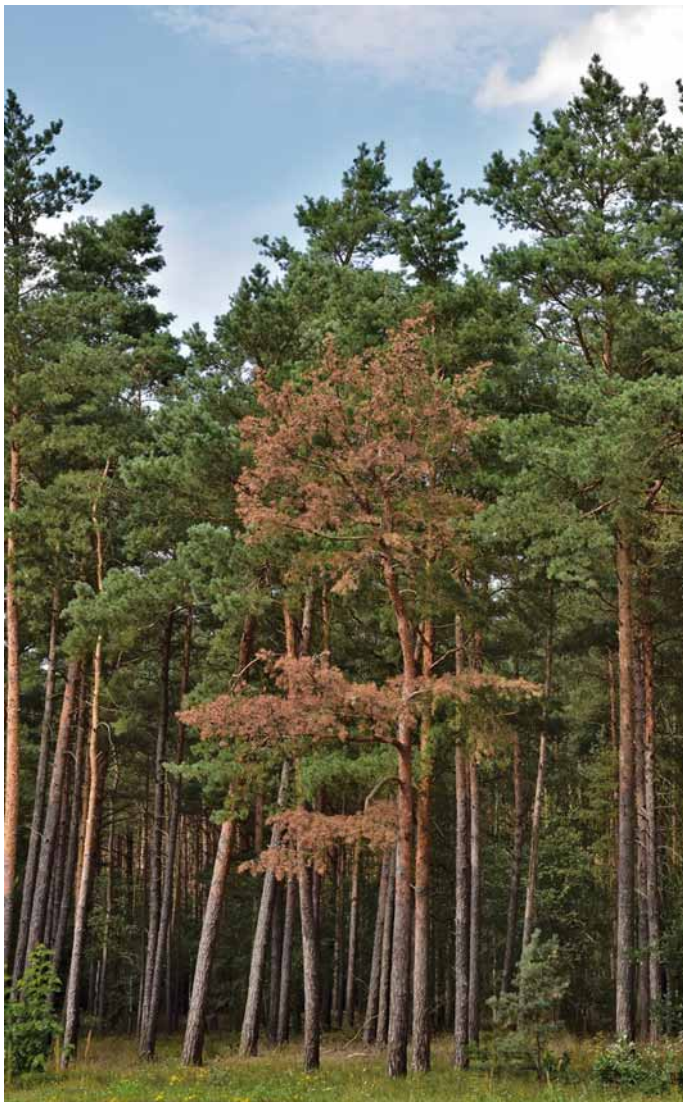
Der Pilz *S. sapinea* ist als weltweiter Parasit mit bevorzugtem Vorkommen in wärmeren Regionen (z. B. Mittelmeerraum; subtropische und tropische Klimagebiete) bekannt. Hier verursacht er Triebsterben, Wipfeldürre und Rindenschäden.

In Mitteleuropa sind die Gemeine Kiefer (*Pinus sylvestris*) und die Schwarzkiefer (*P. nigra*) besonders betroffen. Der Erreger wird in geringerem Umfang auch an jüngeren Douglasien und an anderen Nadelbäumen gefunden. Ein Zusammenhang mit der allgemeinen Klimaerwärmung und mit Witterungsextremen muss angenommen werden.

Beobachtet wird ein Absterben diesjähriger, im Streckungswachstum befindlicher Triebe, die sich braun verfärben. Das Triebsterben wird oft von Harzfluss begleitet. Befallen werden alle Altersklassen: Kulturen, Dickungen, Stangenhölzer bis hin zu Baumhölzern. An jüngeren Bäumen sind die befallenen Triebspitzen oftmals gekrümmt bzw. nach unten gebogen. Der Befall kann auch in etwas stärkere Zweige hineingehen.

Dem Auftreten des *Diplodia*-Triebsterbens geht in der Regel eine Schwächung der Kiefer voraus. Auslösende Faktoren können nach derzeitiger Einschätzung sein: Wasserdefizite durch Trockenheit

Insekten und Pilze



Diplodia-Triebsterben der Kiefer Foto: M. Spielmann

(Niederschlagsdefizite), Hitze oder Verletzungen der Triebe durch Hagelschlag. Trockenstress kann insbesondere auf flachgründigen Standorten, in sonnenexponierten Randlagen, in Kuppenlagen und in aufgelichteten, wärmeren Bestandteilen entstehen.

Die Pilzbesiedelung von stärkeren Zweigen und Ästen kann durch Hagelschlag und entsprechende Rindenverletzungen gefördert werden (Eintrittspforten für *S. sapinea*). Hier verursacht der Pilz zusätzlich eine verstärkte Bläueentwicklung im Splintholz. Hagelschlag ist aber nicht in jedem Falle die Voraussetzung für einen beobachteten Befall.

Umfangreiche Untersuchungen der Abt. Waldschutz belegen, dass *S. sapinea* bereits in Trieben und Zweigen lebender Kiefern vorkommen kann, ohne erkennbare Schäden zu verursachen (endophytische Lebensweise). Erst nach starken Beeinträchtigungen der Baumvitalität treten die pathogenen Eigenschaften des Pilzes in den Vordergrund und führen zur Erkrankung.

Zu vermehrten Schadensfällen durch das *Diplodia*-Triebsterben kam es im 1. Halbjahr 2017 in Hessen und Sachsen-Anhalt. Der Erreger wurde dort mehrfach durch Laboruntersuchungen bestätigt (siehe Abb. Seite 22).

Auch an Douglasien-Jungwüchsen traten 2017 Schäden auf, die auf den Erreger des *Diplodia*-Triebsterbens zurückzuführen waren.

Eichenfraßgesellschaft

Seit mehreren Jahren befinden sich die Populationsdichten des Kleinen und Großen Frostspanners in der Latenzphase. Die Überwachung des Frostspanners mit Hilfe von Leimringen im Herbst/Winter 2016/17 zeigte lediglich einen leichten Anstieg, wobei sich die Werte allerdings weit unter der Warnschwelle befanden. Im Jahr 2017 wurden bisher nur aus dem nordwestlichen Niedersachsen (NLF Forstamt Neuenburg) geringe Schadflächen gemeldet, die durch Frostspanner verursacht wurden.

Im Jahr 2017 wurden lediglich aus dem Bereich Wolfsburg stärkere Schäden durch den Eichenprozessionsspinner gemeldet. Weitere kleinflächige Fraßschäden durch den Ringelspinner wurden nördlich von Braunschweig beobachtet.



Eichenprozessionsspinner Foto: NW-FVA, Abteilung Waldschutz

Kieferngroßschädlinge

Die Ergebnisse der Falterflugüberwachung der Forleule mit Pheromonfallen haben Warnschwellenüberschreitungen an mehreren Standorten in Nordniedersachsen ergeben. Die auf Empfehlung der NW-FVA dort durchgeführten Suchen nach Eiern der Forleule brachten nur geringe Funde. Im Jahr 2017 wurden keine Fraßereignisse durch Kieferngroßschädlinge oder Nonne gemeldet.



Pheromonfalle

Foto: NW-FVA, Abteilung Waldschutz

Standortsinformationen für die Bundeswaldinventur in Niedersachsen

Bernd Ahrends, Paul Schmidt-Walter und Henning Meesenburg

Das Projekt WP-KS-KW

Im Waldklimafonds-Projekt WP-KS-KW („Waldproduktivität-Kohlenstoffspeicherung-Klimawandel“) wurden länderübergreifend einheitliche Standortsinformationen (Klima, Boden) für die Inventurpunkte der Bundeswaldinventur (BWI) erhoben. Innerhalb des 4 km x 4 km Grundnetzes der BWI werden deutschlandweit alle 10 Jahre an ca. 26.450 Inventurpunkten eine Vielzahl von Bestandesparametern (z. B. Baumartenzusammensetzung, Holzvorräte, Zuwächse, Altersverteilungen) erhoben. Um die Produktivität, die Kohlenstoffspeicherung und weitere Ökosystemleistungen unserer Wälder verlässlicher unter sich verändernden Klimabedingungen prognostizieren zu können, sind detaillierte Standortsinformationen eine wichtige Ergänzung zu diesen Daten.

Insbesondere zeitlich und räumlich hochaufgelöste Klima- und Bodendaten fehlten bislang für die Inventurpunkte der BWI oder waren in einer sehr uneinheitlichen und unbefriedigenden Auflösung vorhanden. Beispielsweise waren Wasserhaushaltssimulationen mit prozessorientierten Modellen zur Abbildung des Standortwasserhaushaltes und der Trockenstresssituation durch fehlende Informationen zu bodenphysikalischen Eigenschaften der Bodenprofile an den BWI-Traktecken bis zu diesem Projekt in einer bundesweit einheitlichen Form nicht durchführbar. Für diese Mammutaufgabe ist es den zwölf Projektpartnern aus ganz Deutsch-

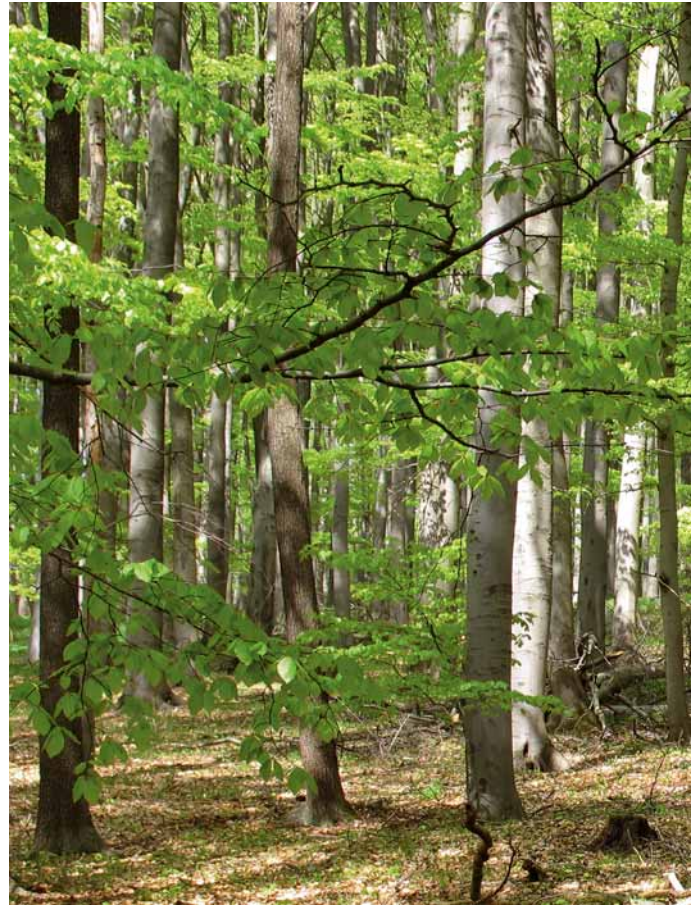
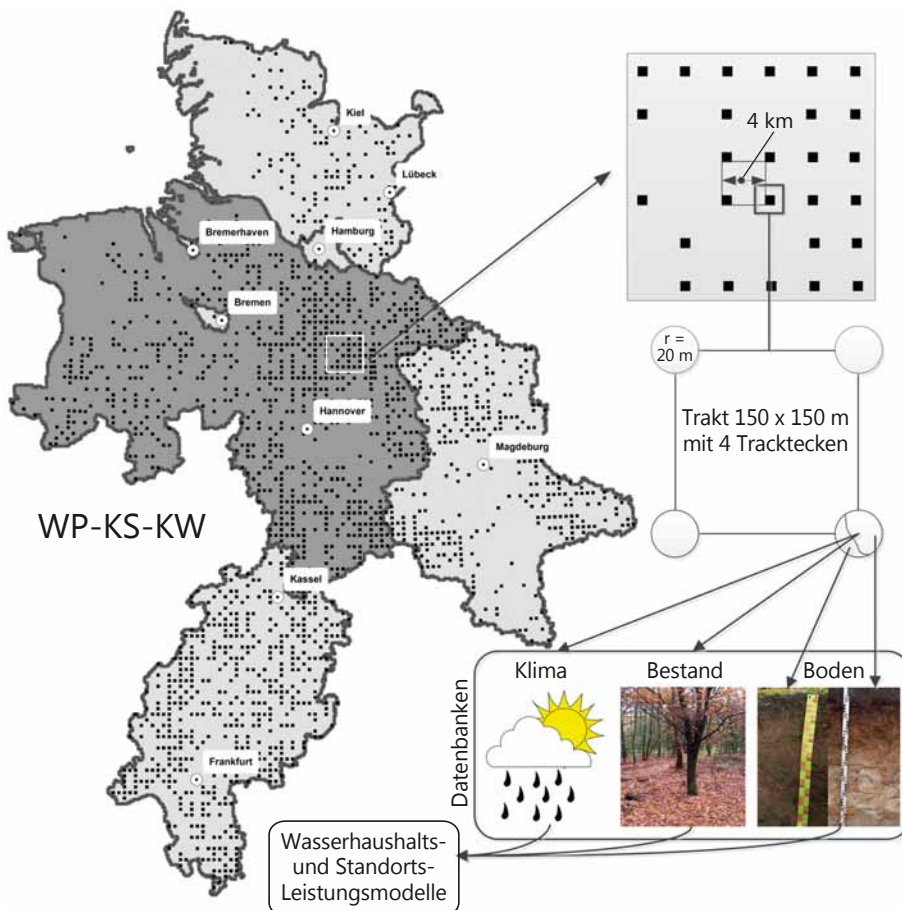


Foto: M. Schmidt



Schematische Darstellung der Ableitung von Umweltinformationen (Klima, Boden) für Traktecken der BWI

land gelungen, eine deutlich verbesserte Datengrundlage zu schaffen. Hierdurch ist es nun möglich, für die Traktecken der BWI belastbare Erklärungen des Zusammenhangs zwischen Standort und Waldwachstum zu erhalten, z. B. durch eine genauere Ableitung von Kenngrößen des Wasserhaushaltes, welche für die Standort-Leistungs-Modellierung verwendet werden können.

Boden-Leitprofile für BWI-Traktecken

Ziel war es, für jede Traktecke des Grundnetzes der BWI Leitprofile mit bodenphysikalischen Grundlagendaten zu erstellen. Eine wichtige Datengrundlage bilden hierbei die in den Bundesländern zur Verfügung stehenden Informationen aus der Standorts- und Bodenkartierung. In den jeweiligen Bundesländern erfasst jedoch die traditionelle forstliche Standortskartierung Bodeninformationen in sehr unterschiedlicher Intensität und Qualität. Diese Ausgangslage erforderte ein länderspezifisches Vorgehen, das durch einheitliche Vorgaben in einem homogenen bundesweiten Datensatz mündete. In der niedersächsischen forstlichen Standortskarte werden die Ergebnisse der Standortskartierung als Standortstypen ausge-

Standortsinformationen für die Bundeswaldinventur in Niedersachsen

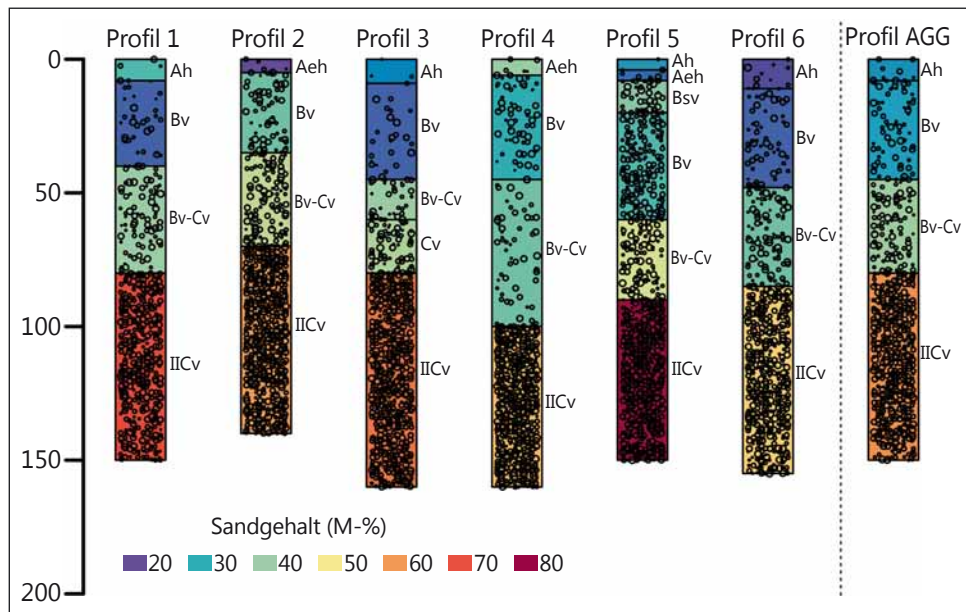
wiesen. Diese in Kategorien eingeteilten „Standortstypen“ sind ökologische Einheiten, die Informationen zum Geländewasser- und Nährstoffhaushalt und zum Ausgangsmaterial der Bodenbildung eines Standortes zusammenfassen. Allerdings lassen sich diese Informationen im Gegensatz zu flächendeckend vorhandenen bodenkundlichen Kartenwerken nicht direkt in metrische Werte einzelner bodenphysikalischer oder -chemischer Parameter übersetzen. Solche Informationen sind jedoch notwendig, z. B. für die Ableitung der nutzbaren Feldkapazität (nFK) oder von Verwitterungsraten zur Ermittlung der nachschaffenden Kraft eines Standortes.

Als Grundlage für die Erstellung von so genannten Leitprofilen für forstliche Standortstypen dienen über 6000 Bodenprofile aus der Standortkartierung. Diese Profile wurden anhand des zugewiesenen forstlichen Standortstyps gruppiert und horizontbezogene Bodenparameter wie Bodenarten, Skelett- und Humusgehalte und Trockenroh-dichten aggregiert.

Die Abbildung links oben zeigt schematisch eine entsprechende Aggregation von sechs Profilen und ein sich daraus ergebendes Profil (Profil_AGG) für den jeweiligen forstlichen Standortstyp. Das Ergebnis sind konkrete Profile, wie z. B. in der Abbildung links unten dargestellt, auf deren Grundlage

dann für Standortstypen wichtige ökologische Kennwerte, wie z. B. die nutzbare Feldkapazität oder die potenzielle Kationenaustauschkapazität, mittels so genannter Pedotransferfunktionen berechnet werden können.

Für die Zuordnung der standortkundlichen Kartiereinheiten zu den BWI-Traktecken wurde eine Kreisfläche mit einem Radius von 20 m (vgl. Abb. Seite 24) um die Traktecke betrachtet. Innerhalb dieser Kreisfläche wurden die zwei flächenmäßig bedeutendsten Standorteinheiten (Flächenanteil > 20 %) berücksichtigt.



Schematische Darstellung der Ableitung von Leitprofilen (Profil_AGG) für forstliche Standortstypen in Niedersachsen.

Standortstyp: 10.3.2.1 Wasserhaushalt: Mäßig frische bis kaum frische Standorte der Ebenen, sehr flache Hänge, breite Rücken und Plateaus Nährstoffgehalt: Mäßig mit Nährstoffen versorgt Substrat: Basenarme Silikatgesteine mit sandigen Bodenarten																																																
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Horizont</th> <th>Tiefe (cm)</th> <th>Bodenart</th> <th>Skelett (Vol.-%)</th> <th>TRD (g cm³)</th> <th>nFK (mm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Ahe</td> <td>0-3</td> <td>mittel schluffiger Sand</td> <td>6</td> <td>1,16</td> <td>7</td> </tr> <tr> <td>Aeh</td> <td>3-14</td> <td>schluffig-lehmiger Sand</td> <td>1</td> <td>1,05</td> <td>27</td> </tr> <tr> <td>Bhv</td> <td>14-38</td> <td>schluffig-lehmiger Sand</td> <td>14</td> <td>1,04</td> <td>52</td> </tr> <tr> <td>Bv</td> <td>38-85</td> <td>mittel lehmiger Sand</td> <td>14</td> <td>1,21</td> <td>73</td> </tr> <tr> <td>Cv</td> <td>85-132</td> <td>schwach schluffiger Sand</td> <td>20</td> <td>1,40</td> <td>56</td> </tr> </tbody> </table>	Horizont	Tiefe (cm)	Bodenart	Skelett (Vol.-%)	TRD (g cm ³)		nFK (mm)	Ahe	0-3	mittel schluffiger Sand	6	1,16	7	Aeh	3-14	schluffig-lehmiger Sand	1	1,05	27	Bhv	14-38	schluffig-lehmiger Sand	14	1,04	52	Bv	38-85	mittel lehmiger Sand	14	1,21	73	Cv	85-132	schwach schluffiger Sand	20	1,40	56											
Horizont	Tiefe (cm)	Bodenart	Skelett (Vol.-%)	TRD (g cm ³)	nFK (mm)																																											
Ahe	0-3	mittel schluffiger Sand	6	1,16	7																																											
Aeh	3-14	schluffig-lehmiger Sand	1	1,05	27																																											
Bhv	14-38	schluffig-lehmiger Sand	14	1,04	52																																											
Bv	38-85	mittel lehmiger Sand	14	1,21	73																																											
Cv	85-132	schwach schluffiger Sand	20	1,40	56																																											
Standortstyp: 37.4.3.7 Wasserhaushalt: Schwächer wechselfeuchte bis staufrische Standorte mit geringem bis mäßigem Wechsel zwischen Vernässung und abnehmender Feuchte bei tiefer sitzender Stauansse Nährstoffgehalt: Ziemlich gut versorgt; gut mesotroph Substrat: Geschiebesande mit Lehmunterlagerung																																																
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Horizont</th> <th>Tiefe (cm)</th> <th>Bodenart</th> <th>Skelett (Vol.-%)</th> <th>TRD (g cm³)</th> <th>nFK (mm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Ah</td> <td>0-4</td> <td>mittel schluffiger Sand</td> <td>3</td> <td>0,91</td> <td>9</td> </tr> <tr> <td>Aeh</td> <td>4-6</td> <td>schwach lehmiger Sand</td> <td>3</td> <td>1,13</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>Bv</td> <td>6-52</td> <td>mittel schluffiger Sand</td> <td>5</td> <td>1,22</td> <td>92</td> </tr> <tr> <td>Sw</td> <td>52-90</td> <td>schwach lehmiger Sand</td> <td>7</td> <td>1,38</td> <td>56</td> </tr> <tr> <td>Swd</td> <td>90-120</td> <td>stark sandiger Lehm</td> <td>4</td> <td>1,30</td> <td>49</td> </tr> <tr> <td>Sd</td> <td>120-161</td> <td>sandig-toniger Lehm</td> <td>3</td> <td>1,32</td> <td>64</td> </tr> <tr> <td>Cv</td> <td>161-300</td> <td>stark sandiger Lehm</td> <td>4</td> <td>1,22</td> <td>228</td> </tr> </tbody> </table>	Horizont	Tiefe (cm)	Bodenart	Skelett (Vol.-%)	TRD (g cm ³)		nFK (mm)	Ah	0-4	mittel schluffiger Sand	3	0,91	9	Aeh	4-6	schwach lehmiger Sand	3	1,13	3	Bv	6-52	mittel schluffiger Sand	5	1,22	92	Sw	52-90	schwach lehmiger Sand	7	1,38	56	Swd	90-120	stark sandiger Lehm	4	1,30	49	Sd	120-161	sandig-toniger Lehm	3	1,32	64	Cv	161-300	stark sandiger Lehm	4	1,22
Horizont	Tiefe (cm)	Bodenart	Skelett (Vol.-%)	TRD (g cm ³)	nFK (mm)																																											
Ah	0-4	mittel schluffiger Sand	3	0,91	9																																											
Aeh	4-6	schwach lehmiger Sand	3	1,13	3																																											
Bv	6-52	mittel schluffiger Sand	5	1,22	92																																											
Sw	52-90	schwach lehmiger Sand	7	1,38	56																																											
Swd	90-120	stark sandiger Lehm	4	1,30	49																																											
Sd	120-161	sandig-toniger Lehm	3	1,32	64																																											
Cv	161-300	stark sandiger Lehm	4	1,22	228																																											

Beispielhafte Darstellung von zwei Bodenprofilen an forstlichen Standorteinheiten in Niedersachsen und verfügbare Profilinformationen (Auszug). TRD: Trockenroh-dichte.

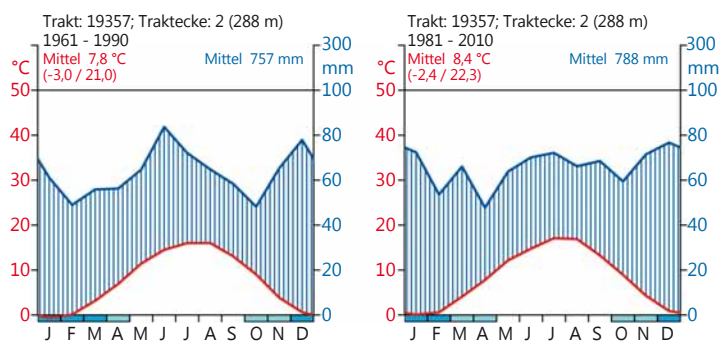


Foto: M. Schmidt

Standortsinformationen für die Bundeswaldinventur in Niedersachsen

Klimadaten für die Bundeswaldinventur

Das Klima ist eine entscheidende Einflussgröße für das standörtliche Leistungsvermögen und das Risiko von biotischen Schädigungen der Bestände. Entsprechend sind zur Bewertung der vergangenen und zukünftigen Wachstumsbedingungen unserer Wälder räumlich und zeitlich hoch aufgelöste Klimadaten eine wichtige Grundlage. Eine klimasensitive Berechnung der Vegetationsperiode oder der Einsatz von prozessorientierten Wasserhaushaltsmodellen erfordert in der Regel Klimadaten in täglicher Auflösung. Entsprechende Zeitreihen wurden am Institut für Geographie der Universität Hamburg an 26.450 BWI-Punkten für acht Klimagrößen entwickelt (Kawohl et al. 2017). Die Zeitreihen umfassen dabei sowohl eine retrospektive Betrachtung (ab 1961) als auch die Projektion von mehreren Klimaszenarien bis zum Jahr 2100. Mit dieser Datengrundlage können zum einen einfache Auswertungen in monatlicher Auflösung zur klimatischen Charakterisierung der einzelnen Traktecken der BWI durchgeführt werden und zum anderen Tagesdaten als Antrieb von komplexen Modellen verwendet werden. Die Abbildung unten zeigt so genannte Walter/Lieth-Klimadiagramme beispielhaft für eine Traktecke. Es ergeben sich zwischen den retrospektiven Zeiträumen (1961-1990 und 1981-2010) ein Temperaturanstieg von 0,6 °C und ein leichter Niederschlagsanstieg von 31 mm. Während bei der Niederschlagsverteilung 1961-1990 zwei ausgeprägte Maxima (Juni und Dezember) zu beobachten waren, zeigte sich im Zeitraum von 1981 bis 2010 eine ausgeglichene Verteilung.



Klimadiagramme auf Grundlage der generierten Klimazeitreihen für die Traktecke 2 des Traktes 19357 für die Zeiträume 1961-1990 (links) und 1981-2010 (rechts).



Foto: M. Spielmann



Foto: M. Schmidt

Die so für die BWI generierten Klimadaten können zusammen mit den Bodenprofilen verwendet werden, um mit Hilfe von Wasserhaushaltsmodellen zeitlich hochaufgelöste Kenngrößen des Wasserhaushaltes (z. B. Trockenstressindikatoren) zu ermitteln und mit der Wasserhaushaltseinstufung der Standortskartierung zu vergleichen (vgl. folgendes Kapitel). Außerdem bilden sie eine wichtige Grundlage für ein verbessertes Verständnis der Standort-Leistungsbeziehungen und möglicher Prognosen im Klimawandel.

Der Trockenstress nimmt zu

Für insgesamt 24.610 Traktecken der Bundeswaldinventur (BWI) wurde der Wasserhaushalt von Buchen- und Fichtenbeständen für den Zeitraum von 1961 bis 2013 berechnet. Verwendet wurde das Modell LWF-Brook90, welches die Verdunstung, die Bodenwasserflüsse einschließlich Sickerwasserspense sowie die Bodenwasserverfügbarkeit von Wäldern in täglicher Auslösung berechnet. Grundlage für die Berechnungen sind unter anderem die vorab beschriebenen bodenkundlichen und klimatischen Eingangsdaten. Für jede Traktecke wurden die Berechnungen jeweils für Modellbestände von Buche und Fichte durchgeführt, um den Einfluss der flächenhaft bedeutendsten Nadel- und Laubbaumart auf den Wasserhaushalt abzuschätzen und deren Standorteignung zu beurteilen. Aus den Modellergebnissen wurden verschiedene Trockenstressindikatoren abgeleitet, welche Einschränkungen der Wasserverfügbarkeit an den BWI-Traktecken beschreiben. Ein häufig verwendeter Indikator ist beispielsweise die relative pflanzenverfügbare Bodenwasserspeicherfüllung (REW). Diese wird als Verhältnis aus aktueller Bodenwasserspeicherfüllung und der maximalen pflanzenverfügbaren Bodenwassermenge berechnet und quantifiziert somit die Bodenwasserverfügbarkeit. Unterschreitet dieser Indikator 40 % der nutzbaren Feldkapazität, wurden in zahlreichen Studien Wachstumseinschränkungen in Waldbeständen beobachtet (z. B. Granier et al. 1999; 2007). Um die Dauer und Intensität einer solchen Unterschreitung zu berücksichtigen, kann die Defizitsumme unterhalb des 40 %-Schwellenwertes für die Vegetationsperiode berechnet werden (DREW).

Standortsinformationen für die Bundeswaldinventur in Niedersachsen

Dieser Indikator wurde für zwei verschiedene Zeiträume der jüngeren Vergangenheit für Niedersachsen ausgewertet (vgl. Abb. unten), da neuere Untersuchungen darauf hindeuten, dass Abweichungen von den langjährigen Witterungsbedingungen eine zentrale Bedeutung für das bestandsspezifische Trockenstressrisiko haben (Choat et al. 2012). Mit Ausnahme der sehr frischen Standorte korrespondiert die Defizitsumme des REW bei Unterschreitung der 40 %-Grenze gut mit den Feuchtestufen der Standortkartierung. Bäume auf trockenen Standorten leiden demnach stärker an Trockenstress als Bäume auf frischen Standorten. Bei den sehr frischen Standorten gibt es anscheinend eine nicht unwesentliche Anzahl von Punkten, die in den Sommermonaten häufiger unter Trockenstress leidet. Die Fichte weist in allen Feuchtestufen insgesamt höheren Trockenstress auf als die Buche. Des Weiteren wird ersichtlich, dass die mittlere Defizitsumme bei beiden Baumarten im Zeitraum 1981 bis 2010 gegenüber 1961 bis 1990 in den meisten ökologischen Feuchtestufen signifikant angestiegen ist und sich somit das mittlere Trockenstressniveau erhöht hat. Bei den mäßig trockenen Standorten geht der Anstieg des Trockenstress für die Fichte so weit, dass sie 1981 bis 2010 im Mittel sogar stärker an Trockenstress leiden als noch im Zeitraum von 1961 bis 1990 die trockenen Standorte. Diese Ergebnisse sind zwar aufgrund des äußerst geringen Stichprobenumfangs der trockenen Standorte mit einer gewissen Vorsicht zu interpretieren, sie decken sich jedoch mit einer bundesweiten Auswertung (Schmidt-Walter et al. 2017). Für diese Stand-

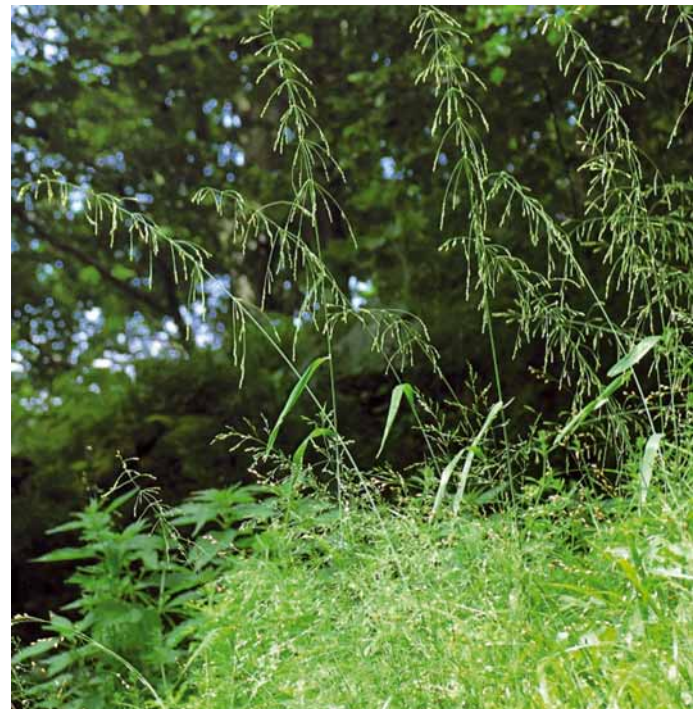
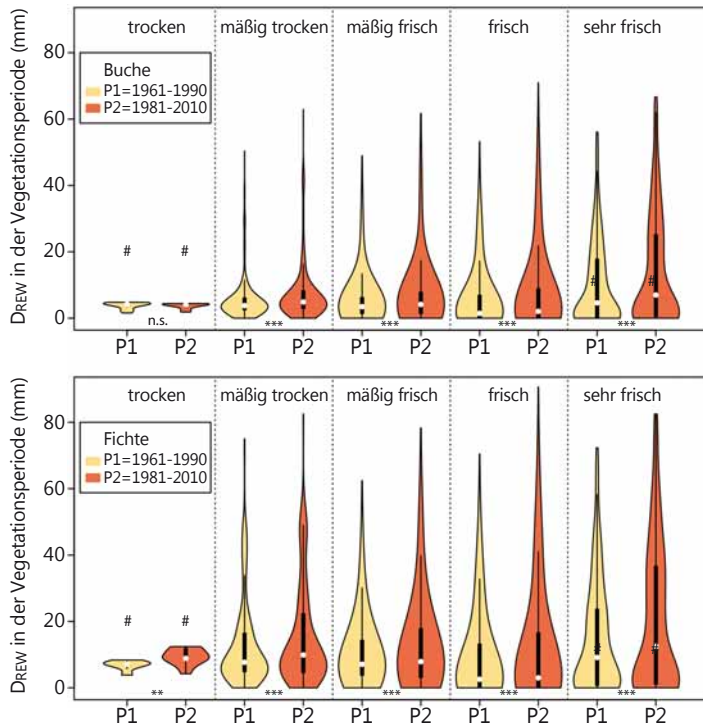


Foto: M. Schmidt

orte hat demnach bereits ein Sprung von mehr als einer Wasserhaushaltstufe stattgefunden. Da das Klima die einzige veränderliche Größe in den Wasserhaushaltssimulationen ist, kann der Anstieg des Trockenstressniveaus auf die Klimaänderungen, insbesondere auf die angestiegenen Temperaturen innerhalb der letzten 50 Jahre, zurückgeführt werden. Es ist zu erwarten, dass sich im Zuge des prognostizierten Klimawandels die Trockenstresssituation an vielen BWI-Traktecken durch trockenere und wärmere Bedingungen weiter verschärft.



Mittlere Defizitsumme (D_{REW}) des relativen pflanzenverfügbaren Bodenwassers bei Unterschreitung von 40 % der nutzbaren Feldkapazität in der Vegetationsperiode der Buche (oben) und Fichte (unten) für zwei Zeiträume gruppiert nach ökologischen Feuchtestufen. Signifikant verschiedene Werte zwischen den Zeiträumen sind durch Sternchen gekennzeichnet. Die Anzahl der Sterne beschreibt das Signifikanzniveau (***) < 0,001, ** < 0,01; #: äußerst geringer Stichprobenumfang. Das „Violinen“-Diagramm ist sehr ähnlich zum Boxplot. Die Breiten der „Violine“ zeigen zusätzlich an, wie viele Fälle in dem jeweiligen Wertebereich vorliegen.

Fazit

Im Projekt WP-KS-KW konnten für die Traktecken im 4 km x 4 km Grundnetz der Bundeswaldinventur umfangreiche Datensätze mit Umweltdaten erhoben und abgeleitet werden. Diese Datengrundlagen erlauben eine Analyse des Zusammenhangs zwischen Standort und Waldwachstum und somit eine bessere Einschätzung der zukünftigen Waldentwicklung. Aber auch die Wasserhaushaltseinstufung der Standortkartierung kann hinsichtlich ihrer Konstanz, bzw. Dynamik bewertet werden. Die durch die Klimaänderungen der jüngeren Vergangenheit bedingte Zunahme der Trockenstressintensität zeigt, wie wichtig eine klimasensitive Einschätzung des Standortwasserhaushalts zur Anpassung unserer Wälder an den Klimawandel zukünftig sein wird. Dies muss bei der Baumartenwahl und der Bewirtschaftung der Bestände berücksichtigt werden. Die Dynamik des Bodenwasserregimes und die damit verbundenen Einschränkungen der Wasserverfügbarkeit stehen direkt mit der Produktionsfunktion unserer Wälder und der zukünftigen Standortseignung der Baumarten in Verbindung. Die im Projekt erarbeiteten Wasserhaushalts- und Trockenstressgrößen eröffnen nun erstmals die Möglichkeit, Zusammenhänge zwischen Produktionsfunktion und Wasserverfügbarkeit großflächig zu analysieren.

Stoffeinträge

Birte Scheler

In Wäldern ist die Deposition aus der Atmosphäre für viele Nähr- und Schadstoffe die wichtigste Eintragsquelle. Die Kronenoberflächen von Bäumen filtern sehr effektiv gas- und partikelförmige Stoffe aus der Luft. Aufgrund dieses Filtereffektes ist der Eintrag anthropogen bedingter Schwefel- und Stickstoffverbindungen (Nitrat und Ammonium) im Wald deutlich höher als bei anderen Landnutzungsformen. Diese so genannte Immissionsschutzfunktion des Waldes stellt jedoch für das Ökosystem Wald selbst eine Belastung dar. Bereits 1968 wurde im Solling auf je einer Buchen- und Fichtenfläche mit der systematischen Erfassung der Stoffeinträge begonnen, um die Wirkungen erhöhter Stoffeinträge und damit verbundener Risiken für Wälder, Waldböden und angrenzende Ökosysteme wie beispielsweise das Grundwasser zu untersuchen. Aktuell wird in Niedersachsen im Rahmen des Intensiven Forstlichen Umweltmonitorings der Stoffeintrag in vier Fichten, drei Buchen-, sowie jeweils einem Eichen- und Kiefernbestand erfasst.

Jeder Bestandesmessfläche (Kronentraufe) ist eine Freifläche (Freilandniederschlag) zugeordnet. In Buchenbeständen wird zur Erfassung des Bestandesniederschlags neben der Kronentraufe auch der bei dieser Baumart quantitativ bedeutsame Stammablauf gemessen. Mittels eines Kronenraumbilanzmodells (Ulrich 1991) werden aus den gemessenen Stoffflüssen Gesamtdpositionsraten berechnet.



Bodenhydrologische Messungen

Foto: H. Heinemann

Die Höhe der Stoffeinträge wird maßgeblich durch verschiedene Faktoren wie Niederschlagsmenge und -verteilung, Windgeschwindigkeit, Baumart, Bestandeshöhe, Kronenrauigkeit oder lokale Emittenten bestimmt. So sind die Stoffeinträge im Bergland (Harz und Solling) aufgrund höherer Niederschlagsmengen höher als im niedersächsischen Tiefland. Beim Vergleich der Baumarten sind Fichten- und Douglasienbestände wegen der ganzjährigen und im Vergleich mit Kiefern dichteren Benadelung stärker durch Stoffeinträge belastet als Buchen-, Eichen- und Kiefernbestände. Dieser Baumarteneffekt zeigt sich sehr gut im Solling, wo eine Fichten- und eine Buchenfläche in unmittelbarer Nachbarschaft und somit unter gleichen klimatischen Verhältnissen beobachtet werden.

Niederschlag

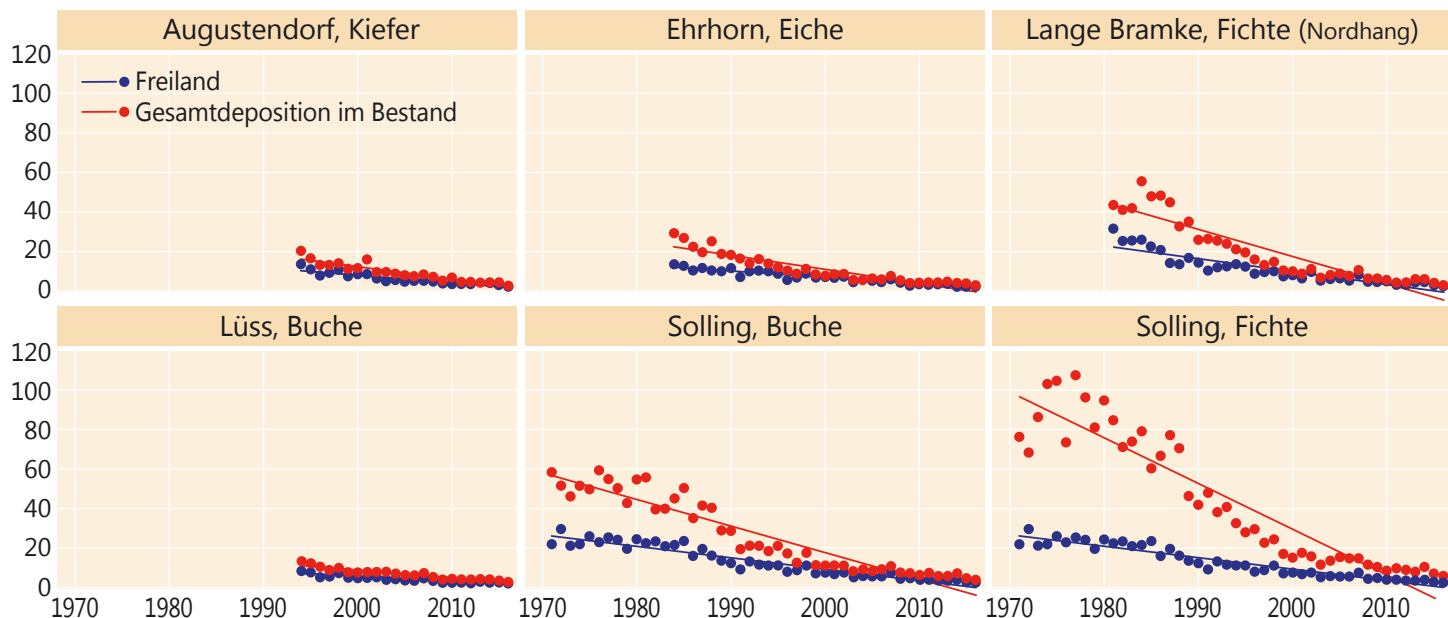
Im Vergleich zum Mittel der Jahre 2011-2015 fiel 2016 auf den meisten Intensiv-Monitoringflächen weniger Niederschlag. Besonders hohe negative Abweichungen traten im Freiland in Lüss (Ostheide, -107 mm bzw. -14 %), im Harz (-91 mm bzw. -8 %) und im Solling (-82 mm bzw. -8 %) auf. In Augustendorf (Nordwestdeutsches Tiefland), Ehrhorn (Hohe Heide) und Göttinger Wald (Südostniedersachsen) entsprach die Niederschlagsmenge in etwa dem fünfjährigen Mittel.

Der Bestandesniederschlag war 2016 auf den Flächen der Langen Bramke (Fichte), Solling (Fichte) und Lüss (Buche) zwischen 73 und 105 mm geringer als im Zeitraum 2011-2015, auf den anderen Flächen wurden zwischen 6 und 54 mm weniger Niederschlag verzeichnet.

Schwefel

Durch die konsequente Umsetzung von Maßnahmen zur Luftreinhaltung ging der Schwefeleintrag (jeweils gemessen als Sulfatschwefel SO_4-S) seit Mitte der 1980er Jahre stark zurück. Die stetige Abnahme der Schwefeleinträge setzte sich auf allen Flächen trotz des bereits zu Beginn der 2000er Jahre erreichten vergleichsweise niedrigen Niveaus in den vergangenen 10 Jahren weiter fort. 2016 betrug der

Sulfatschwefel-Eintrag (SO_4-S) auf ausgewählten Flächen in kg je Hektar und Jahr



Stoffeinträge

Sulfatschwefeleintrag mit dem Bestandesniederschlag je Hektar zwischen 2,6 kg (Lüss Buche) und 6,1 kg (Solling Fichte) sowie im Freiland zwischen 1,7 kg (Göttinger Wald) und 2,6 kg (Solling, Lange Bramke). Auf allen Intensiv-Monitoringflächen wurde 2016 der niedrigste Schwefeleintrag seit Beginn der Messungen registriert. Die Säurebelastung des Ökosystems durch anthropogen bedingte Schwefeleinträge sank damit je Hektar unter Fichte auf Werte zwischen 0,16 kmol_c (Lange Bramke, Nordhang) und 0,33 kmol_c (Solling), unter Buche auf Werte zwischen 0,15 kmol_c (Lüss) und 0,21 kmol_c (Solling) sowie auf 0,15 kmol_c unter Eiche (Ehrhorn) und 0,13 kmol_c unter Kiefer (Augustendorf).

Stickstoff

Stickstoff wird einerseits in oxidierter Form als Nitrat (Quellen: Kfz-Verkehr, Verbrennungsprozesse), andererseits in reduzierter Form als Ammonium (landwirtschaftliche Quellen) in das Ökosystem eingetragen. In Augustendorf (Weser-Ems-Region) betrug der Ammoniumanteil im 10jährigen Mittel (2006-2015) 66 % und in Ehrhorn (Hohe Heide) 64 %. Auf den anderen Flächen des Intensiven Monitorings lag er zwischen 48 und 58 %. In dem hohen Ammoniumeintrag in Augustendorf spiegelt sich die intensive Landwirtschaft einschließlich Intensivtierhaltung dieser Region wider. Der Nitratstickstoffeintrag hat im Freiland und der Gesamtdosition aller vier Baumarten auf allen untersuchten Flächen seit Untersuchungsbeginn signifikant abgenommen. Er betrug 2016 je Hektar im Freiland zwischen 3,0 kg (Augustendorf) und 4,1 kg (Solling) und unter Buche (Gesamtdosition) je Hektar zwischen 5,4 kg (Lüss) und 7,4 kg (Göttinger Wald). Unter Fichte betrug die Nitratstickstoff-Gesamtdosition je Hektar 11,7 kg im Solling und zwischen 5,4 und 8,3 kg in Harz. Im Vergleich zum Mittel der Jahre 2011-2015 hat der Nitratintrag im vergangenen Jahr auf fünf Flächen um bis zu 1 kg je Hektar abgenommen und auf drei Flächen zwischen 0,1 und 0,4 kg zugenommen. Der Ammoniumstickstoffeintrag hat auf den niedersächsischen Intensiv-Monitoringflächen seit Untersuchungsbeginn ebenfalls signifikant abgenommen. Im Freiland lag er

2016 je Hektar zwischen 3,4 kg (Göttinger Wald) und 5,8 kg (Augustendorf) und unter Buche zwischen 6,2 kg (Göttinger Wald) und 10,6 kg (Solling). Unter Fichte betrug er 17,3 kg im Solling und zwischen 6,7 und 9,5 kg in Harz. Auffallend hoch sind die Ammoniumeinträge in Augustendorf unter Kiefer mit 12,0 kg.

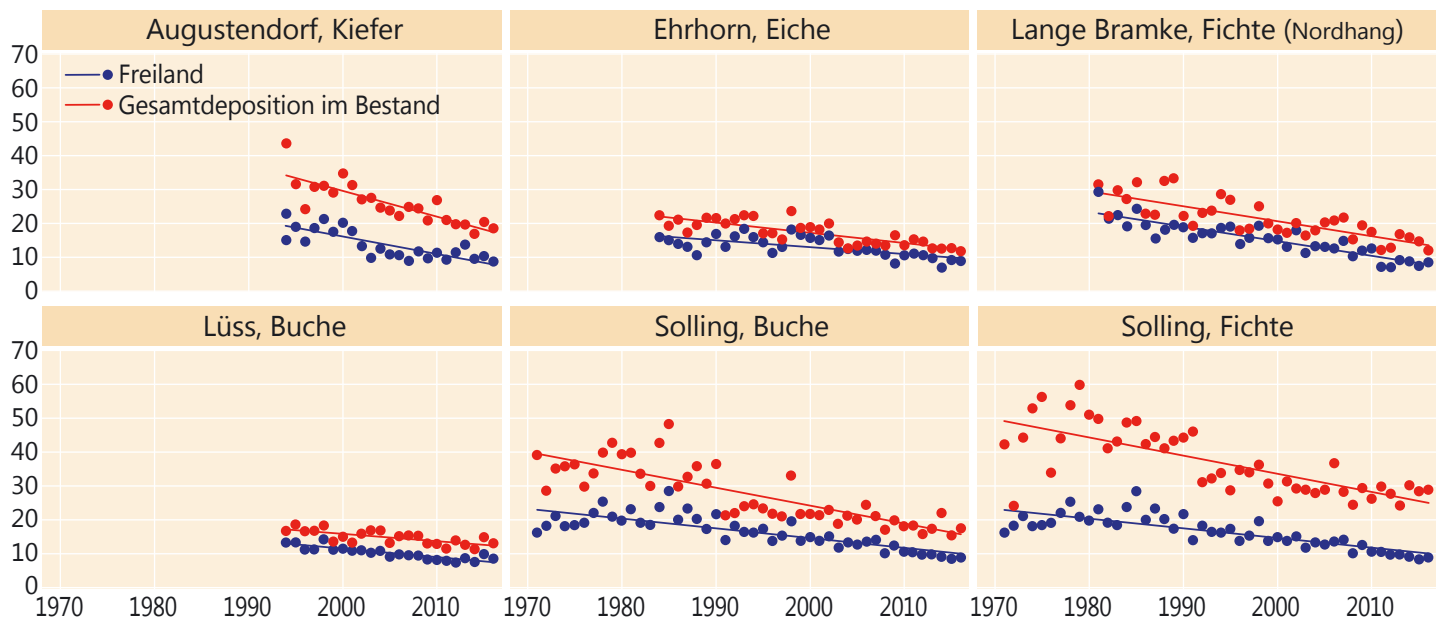
Trotz verschiedener Bemühungen zur Reduktion der Stickstoffemissionen und hieraus resultierender rückläufiger Einträge übersteigt der anorganische atmosphärische Stickstoffeintrag (Mittel der Jahre 2011-2015) mit Werten zwischen 13,5 kg (Ehrhorn Eiche) und 28,1 kg (Solling Fichte) nach wie vor den Bedarf der Wälder für das Baumwachstum. Stickstoffeinträge, die über dem Bedarf des Ökosystems für das Wachstum liegen, ziehen jedoch – ggf. zeitverzögert – gravierende negative Konsequenzen für den Wald selbst sowie angrenzende Ökosysteme wie Fließ- und Grundwässer nach sich.



Intensiv-Monitoringfläche Solling, Buche

Foto: M. Spielmann

Stickstoff-Eintrag (NH₄-N + NO₃-N) auf ausgewählten Flächen in kg je Hektar und Jahr



Stoffeinträge

Gesamtsäure

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

2016 betrug der Gesamtsäureeintrag je Hektar im Freiland zwischen 0,6 kmol_c (Göttinger Wald) und 0,8 kmol_c (Solling), unter Buche zwischen 1,1 kmol_c (Lüss) und 1,5 kmol_c (Solling) sowie bis zu 2,5 kmol_c unter Fichte (Solling).

In den 1970er Jahren wurde der Gesamtsäureeintrag im Solling im Mittel zu 53 % (Buche) bzw. 61 % (Fichte) durch Schwefeleintrag und nur zu 43 % (Buche) bzw. 36 % (Fichte) durch anorganischen Stickstoffeintrag (NH₄-N + NO₃-N) verursacht. Durch den Rückgang der Schwefeleinträge haben sich die relativen Anteile seitdem deutlich zum an-



Intensiv-Monitoringfläche Solling, Fichte

Foto: J. Weymar



Intensiv-Monitoringfläche Solling, Fichte

Foto: J. Weymar

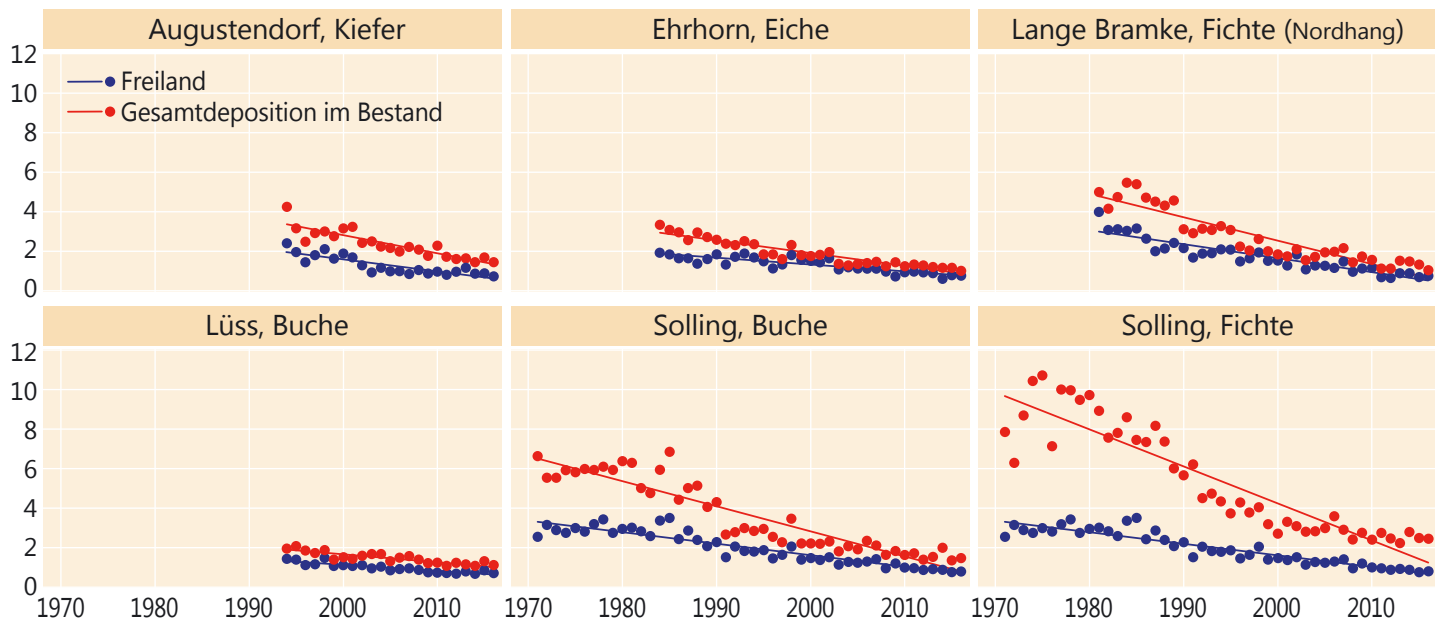
organischen Stickstoff verschoben. Sein Anteil an der Gesamtsäurebelastung lag 2016 auf den Flächen des Intensiven Monitorings zwischen 81 % (Lange Bramke Kamm und Nordhang) und 91 % (Augustendorf). Auch unter dem Gesichtspunkt der Säurebelastung ist deshalb eine weitere Reduzierung der Stickstoffeinträge dringend geboten.

Aufgrund der sehr geringen nicht seesalzbürtigen Baseneinträge in Höhe von 0,05 kmol_c (Augustendorf Kiefer) bis 0,21 kmol_c (Lange Bramke Kamm) sowie der auf vielen Waldstandorten nur sehr geringen Basenfreisetzung im Boden durch Verwitterung übersteigen die Gesamtsäureeinträge trotz des beobachteten Rückgangs nach wie vor die nachhaltige Säurepufferkapazität der untersuchten Bestände.

Eine standortsangepasste Kalkung zum Schutz der Waldböden und der Erhaltung ihrer Filterfunktion für das Grundwasser kann empfohlen werden.

kmol_c (Kilomol charge) = Menge an Ladungsäquivalenten. Sie berechnet sich wie folgt: Elementkonzentration multipliziert mit der Wertigkeit des Moleküls (=Ladungsäquivalente pro Molekül), dividiert durch das Molekulargewicht. Multipliziert mit der Niederschlagsmenge ergibt sich die Fracht an Ladungsäquivalenten in kmol_c je Hektar.

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

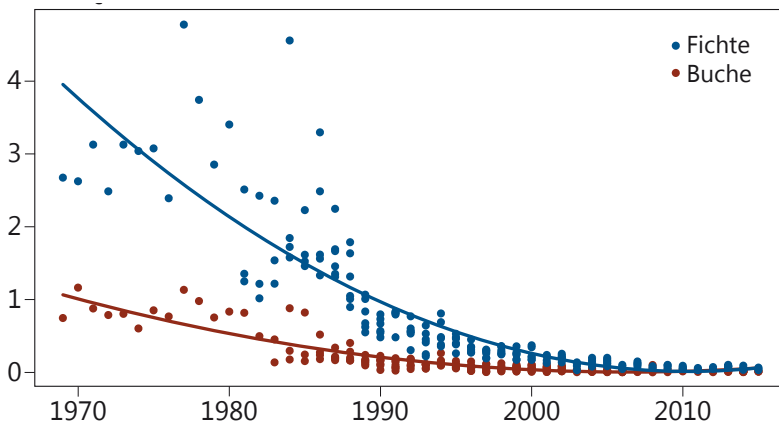


Entwicklung der Bodenversauerung auf Intensiv-Monitoringflächen in Nordwestdeutschland

Nils König, Heike Fortmann, Henning Meesenburg und Egbert Schönfelder

Der Eintrag von Säure in die Waldökosysteme ist im Vergleich zu den 1970er und 1980er Jahren deutlich zurückgegangen. Dies zeigen die Säureeinträge (Protonen) in Fichten- und Buchenflächen des Intensiven Monitorings der Länder Niedersachsen, Hessen, Sachsen-Anhalt und Schleswig-Holstein (siehe Abb. unten). Die Einträge in die Fichtenbestände sind deutlich höher als die in die Buchenbestände.

Säureeintrag (Protonen) kmol_c/ha



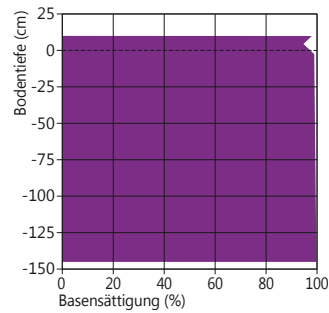
Säureeintrag (Protonen) mit der Kronentraufe auf Buchen- (rot) und Fichten- (blau) Monitoring-Flächen der NW-FVA seit 1968

Im Rahmen des Forstlichen Umweltmonitorings der NW-FVA wurden in den letzten 50 Jahren auf 47 Flächen die Einträge von Nähr- und Schadstoffen sowie deren Austräge mit der Bodenlösung gemessen. Hierzu wurden Bodeninventuren durchgeführt und die Bodenproben hinsichtlich ihres Versauerungszustandes untersucht. Einige Ergebnisse dieser Untersuchungen zur Wirkung und zum Verbleib der eingetragenen Säuren und die Wirkung von Kalkungsmaßnahmen werden im Folgenden dargestellt.

Bodenversauerung

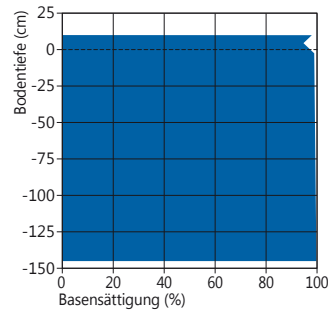
Um den Versauerungszustand von Böden zu beschreiben, werden verschiedene bodenchemische Indikatoren untersucht. Der pH-Wert in wässriger Bodensuspension (pH (H₂O)) kennzeichnet den aktuellen Säurezustand, während der pH-Wert in Salzlösung (pH (CaCl₂)) die potenzielle Versauerung widerspiegelt. Mit der Bestimmung der austauschbaren Kationenbasen Calcium, Magnesium, Natrium und Kalium sowie den Kationensäuren Aluminium, Eisen, Mangan und Protonen können ebenfalls Aussagen zum Versauerungsgrad des Bodens gemacht werden. Dabei stellt das Verhältnis der basischen Kationen zur Gesamtsumme der austauschbaren Kationen (AK) die Basensättigung (BS) dar: je geringer die Basensättigung, desto höher ist der Versauerungsgrad. Bei einer Basensättigung unter 20 % besteht das Risiko, dass vermehrt toxische Aluminiumionen in die Bodenlösung abgegeben werden und dort Baumwurzeln und Mikroorganismen schädigen.

Die 47 Flächen des Intensiven Forstlichen Monitorings wurden zunächst auf Basis des Tiefenverlaufs der Basensättigung den fünf Versauerungs- bzw. Basensättigungstypen nach Kölling zugeordnet. Typ 1 beschreibt die Böden mit nahezu vollständiger Basensättigung über die gesamte Profiltiefe, zum Typ 5 gehören alle Flächen mit tiefgründiger Versauerung und einer Basensättigung unter 20 % über die gesamte Profiltiefe. Die Typen 2-4 beschreiben die fortschreitende Versauerung mit der Bodentiefe (siehe Abbildungen rechts).

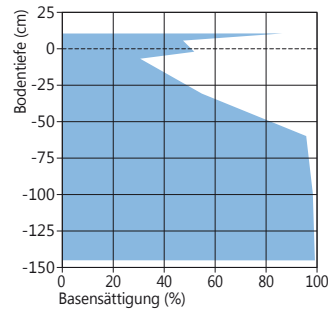


Versauerungstypen
nach Kölling 1999, Kölling et al. 1996

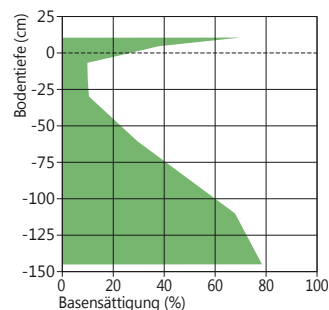
sehr basenreich (Typ 1+)
Gleichmäßig hohe Basensättigung von > 80 % im gesamten Profil mit hohem Calcium-, Magnesium- und Kaliumvorrat, keine Bodenversauerung



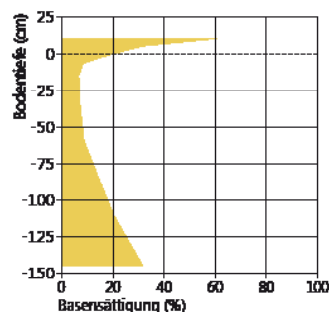
sehr basenreich, geringes Kaliumangebot (Typ 1-)
Gleichmäßig hohe Basensättigung von > 80 % im gesamten Profil mit hohem Calcium-, Magnesium- und geringem Kaliumvorrat (< 400 kg/ha Kalium), keine Bodenversauerung



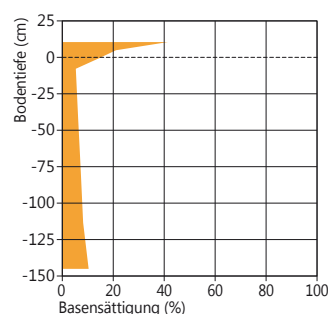
basenreich (Typ 2)
Hohe Basensättigung mit hohem Calcium-, Magnesium- und Kaliumvorrat, leichte Versauerung im Oberboden



mittelbasisch (Typ 3)
Mittlere Basensättigung mit mittlerem Calcium-, Magnesium- und Kaliumvorrat, stärkere Versauerung im Oberboden



basenarm (Typ 4)
Geringe Basensättigung mit geringem Calcium-, Magnesium- und Kaliumvorrat, tieferreichende Bodenversauerung, Anstieg der Basensättigung von > 20 % erst in 1 m Tiefe



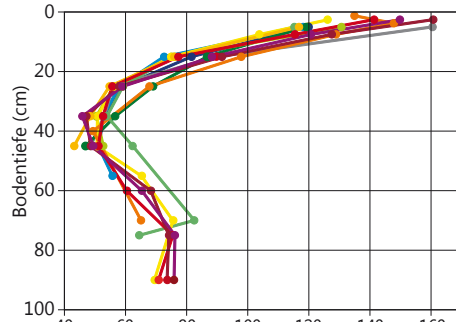
sehr basenarm (Typ 5)
Gleichmäßig geringe Basensättigung von < 20 % mit geringem Calcium-, Magnesium- und Kaliumvorrat, tieferreichende Bodenversauerung

Entwicklung der Bodenversauerung auf Intensiv-Monitoringflächen in Nordwestdeutschland

Ordnet man die 47 Intensiv-Monitoringflächen diesen Versauerungstypen zu, so entfallen drei Flächen auf Typ 1, fünf Flächen auf Typ 2, sieben Flächen auf Typ 3, zwei Flächen auf Typ 4 und 30 Flächen auf Typ 5. Zehn dieser Flächen wurden ein- oder mehrmals gekalkt. Die 30 Intensiv-Monitoringflächen des Versauerungstyps 5 sind in der Regel basenarme Standorte mit geringer Austauschkapazität und gehören vorrangig den Substratgruppen unverlehmter Sand, schwach verlehmter Sand, Buntsandstein und Quarzit an. Ein typisches Beispiel ist die Fichtenfläche im Solling (SLF1, Südniedersachsen).

Diese Fläche ist sehr homogen, was am sehr ähnlichen Verlauf der Austauschkapazität (Abb. rechts, oben links) mit der Bodentiefe zu den verschiedenen Beprobungszeitpunkten und -orten zu erkennen ist. Die Basensättigung (Abb. rechts, oben rechts) hat mit der Zeit über die gesamte Bodentiefe deutlich abgenommen und ist erst in den letzten Jahren wieder leicht angestiegen. Mit der Abnahme der Basensättigung verändert sich das chemische Bodenmilieu. Der Anteil von Aluminium an der Austauschkapazität nimmt zu, die Nährstoffe (u. a. Calcium, Magnesium) werden mit dem Sickerwasser ausgetragen und gehen dem Ökosystem verloren. Diese Entwicklung spiegelt sich in der Zunahme von austauschbarem Aluminium (Abb. rechts, Mitte links) und der Abnahme von austauschbarem Calcium (Abb. rechts, Mitte rechts) auf der Fichtenfläche im Solling (SLF1) wider.

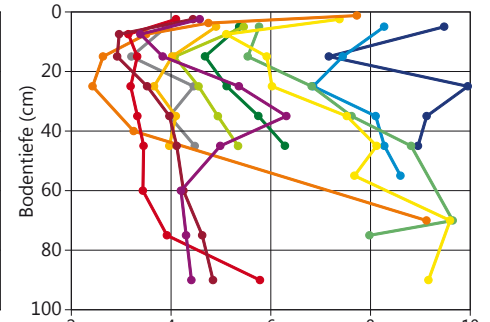
Austauschkapazität (mmol_c/kg), Solling Fichte



Zeitliche Entwicklung der Austauschkapazität mit der Bodentiefe von 1968-2010

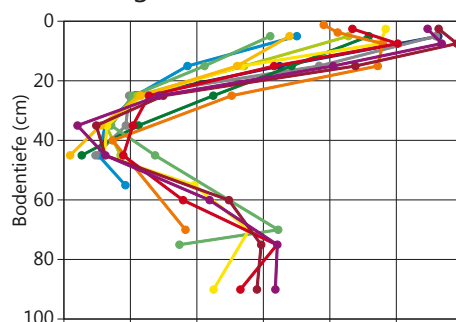
— 1968 — 1977 — 1981 — 1985 — 1990 — 2001
— 1973 — 1979 — 1983 — 1987 — 1995 — 2010

Basensättigung (%), Solling Fichte



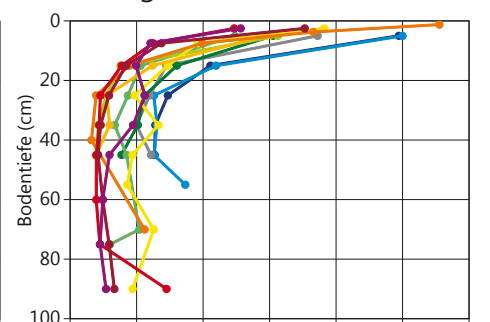
Zeitliche Entwicklung der Basensättigung mit der Bodentiefe von 1968-2010

Aluminium (mmol_c/kg), Solling Fichte



Zeitliche Entwicklung des Gehalts an austauschbarem Aluminium mit der Bodentiefe von 1968-2010

Calcium (mmol_c/kg), Solling Fichte



Zeitliche Entwicklung des Gehalts an austauschbarem Calcium mit der Bodentiefe von 1968-2010

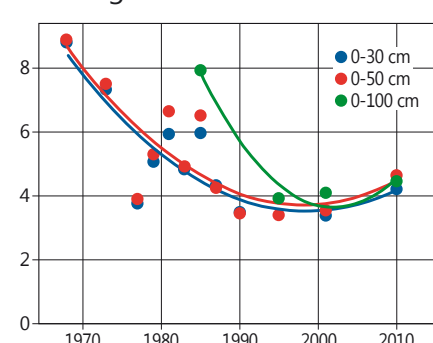
Noch deutlicher ist die Entwicklung der Basensättigung zu erkennen, wenn für verschiedene Bodentiefen (0-30 cm, 0-50 cm, 0-100 cm) die mittlere Basensättigung betrachtet wird (Abb. unten links). Eine Ursache für die Abnahme der Basensättigung ist der Verlust an austauschbarem Calcium, dessen Vorräte im Oberboden (0-50 cm) wie auch im Unterboden (50-100 cm) deutlich abgenommen haben. Seit etwa dem Jahr 2000 deutet sich ein Anstieg der Calciumvorräte im Oberboden an, während der Unterboden weiter an Calcium zu verarmen scheint (Abb. unten rechts).



Bodenprobenahme

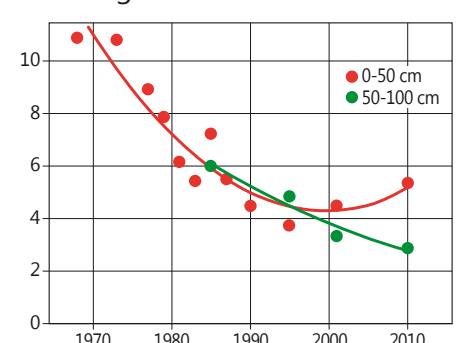
Foto: J. Evers

Mittlere Basensättigung (%), Solling Fichte



Veränderung der mittleren Basensättigung für die Bodentiefe 0-30, 0-50 und 0-100 cm

Calciumvorräte (kmol_c/ha), Solling Fichte

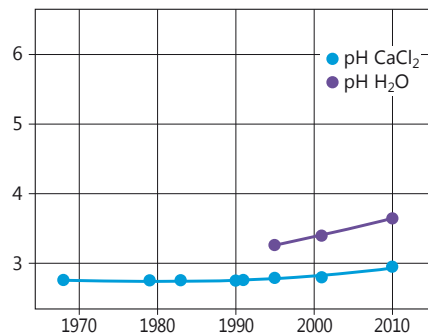


Veränderung der austauschbaren Calciumvorräte für die Bodentiefe 0-50 und 50-100 cm

Entwicklung der Bodenversauerung auf Intensiv-Monitoringflächen in Nordwestdeutschland

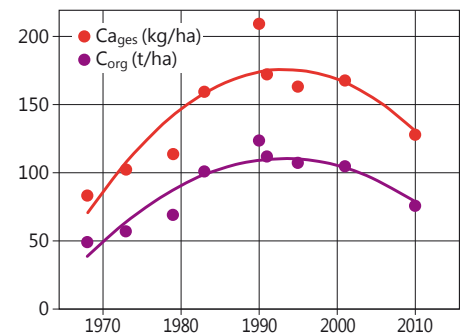
Im Auflagehumus ist der pH-Wert (H₂O) im Zeitraum 1995-2010 angestiegen (Abb. links). Dies geht einher mit der Abnahme des Auflagehumusvorrats auf der Fläche, der in der Phase der Versauerung zugenommen hatte (Abb. rechts). Diese Ergebnisse sind in ähnlicher Form auch auf den übrigen Flächen des Versauerungstyps 5 festzustellen. Wegen der größeren Inhomogenität anderer Versuchsflächen sind die Tendenzen jedoch nicht immer so klar erkennbar oder es liegen nicht so lange Zeitreihen vor. Betrachtet man die 14 ungekalkten Flächen des Versauerungstyps 5 mit niedrigen Calciumvorräten, auf denen mehr als eine Inventur durchgeführt wurde, gemeinsam, so ergibt sich für eine Reihe von Flächen eine signifikante Abnahme des austauschbaren Calciumvorrates in den vergangenen Jahrzehnten seit 1966 im Oberboden (durchgezogene Linien in roten bis orangenen Farbtönen). Die Abnahme des austauschbaren Calciums im Mineralboden scheint im letzten Jahrzehnt gestoppt zu sein, auf einigen der Flächen ist sogar eine leichte Erholung zu erkennen (Abb. unten).

pH-Werte im Auflagehumus, Solling Fichte



Veränderung der pH-Werte im Auflagehumus in Wasser (H₂O) und Calciumchlorid (CaCl₂)

Calcium- und Kohlenstoffvorräte im Auflagehumus, Solling Fichte



Veränderung der Calcium-Vorräte (Ca_{ges}) und der Vorräte an organischem Kohlenstoff (C_{org}) im Auflagehumus

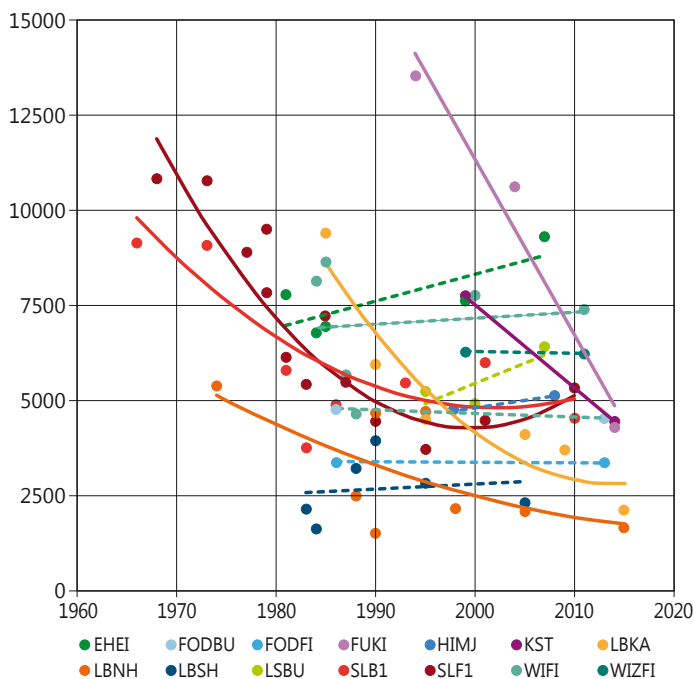
Bei vielen Flächen, deren Zeitreihen erst Mitte der 1980er Jahre oder noch später beginnen, ist in den letzten Jahrzehnten hingegen keine signifikante Veränderung zu erkennen.

Insgesamt muss festgestellt werden, dass die Versauerung auf schwach versorgten Standorten bis um das Jahr 2000 fortgeschritten ist und erst nach dem drastischen Rückgang der Säureeinträge die Calciumverluste gestoppt wurden. Auf einigen Standorten scheint eine langsame Erholung der Calciumvorräte und damit auch der Basensättigung stattzufinden. Diese Entwicklung muss weiter beobachtet werden.

Kalkung

Auf zehn Monitoringflächen wurden verschiedene Kalkungsmaßnahmen durchgeführt, um den Einfluss der Kalkung auf die Versauerungsindikatoren pH-Wert, Basensättigung, austauschbare Calciumvorräte u. a. zu untersuchen.

Calciumvorräte in 0-50 cm Bodentiefe (mol_c/ha)



Veränderung der austauschbaren Calciumvorräte für die Bodentiefe 0-50 cm auf 14 Flächen des Versauerungstyps 5. Durchgezogene Linien: signifikante Veränderung. Gestrichelte Linien: keine signifikante Veränderung.

EHEI = Ehrhorn Eiche, FODBU= Fürth im Odenwald Buche, FODFI = Fürth im Odenwald Fichte, FUKI = Fuhrberg Kiefer, HIMJ = Hils Mulde jung Fichte, KST = Königstein Fichte, LBHN = Lange Bramke Nordhang Fichte, LBSH = Lange Bramke Südhang Fichte, LSBU = Lüss Buche, SLB1 = Solling Buche, SLF1 = Solling Fichte, WIF1 = Wingst Fichte, WIZFI = Witzenhausen Fichte



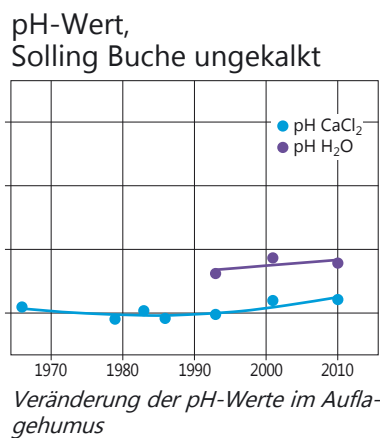
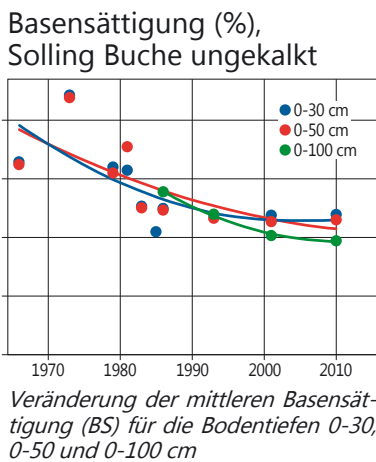
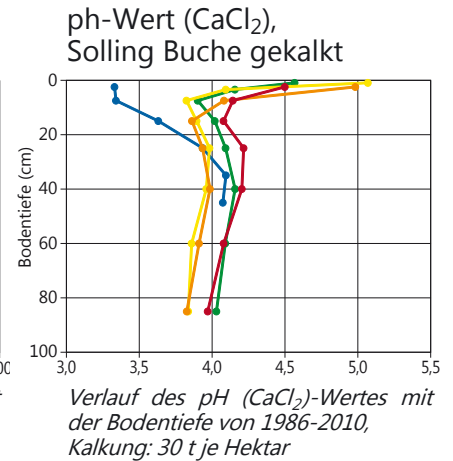
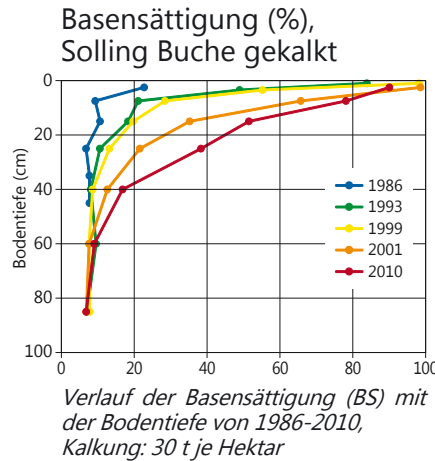
Bodenprobenahme

Foto: J. Evers

Entwicklung der Bodenversauerung auf Intensiv-Monitoringflächen in Nordwestdeutschland

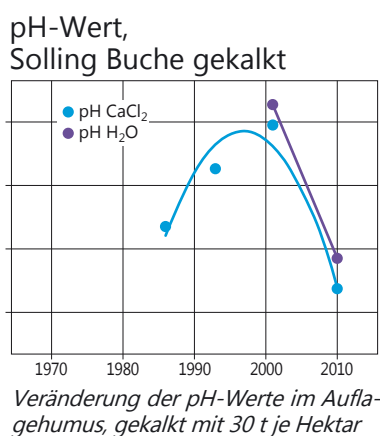
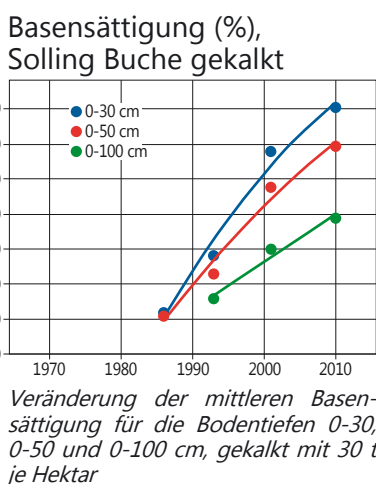
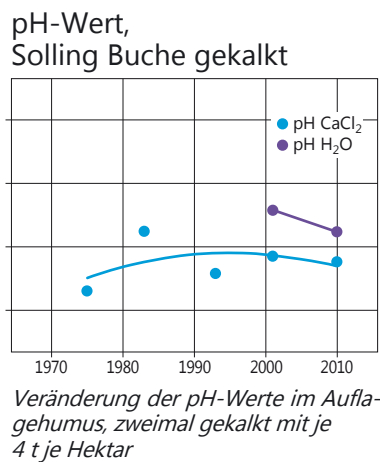
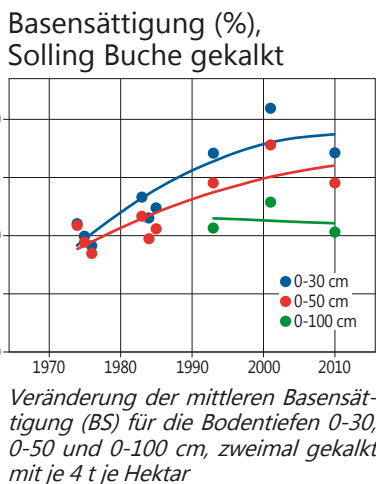
Am deutlichsten kann die Wirkung der Kalkung auf einer Buchenfläche im Solling belegt werden, die mit 30 t je Hektar gekalkt wurde. Innerhalb von 25 Jahren stieg die Basensättigung im Oberboden auf bis zu 90 % an und änderte sich bis in eine Bodentiefe von 60 cm (Abb. links). Der pH-Wert (CaCl_2) stieg von 3,2 auf 5,4 in den obersten Zentimetern des Mineralbodens an (Abb. rechts). Damit einher gingen ein Abbau des Auflagehumus und eine Anreicherung von organischem Kohlenstoff im Oberboden.

Zwar ist eine Kalkung mit 30 t je Hektar extrem; sie zeigt aber deutlich die Trends auf, die



grundsätzlich auch bei geringeren Kalkmengen eintreten.

In den Abbildungen links sind die Entwicklungen der Basensättigung im Mineralbodenprofil und die des pH-Wertes im Auflagehumus auf drei Buchenflächen im Solling dargestellt. Die erste Fläche wurde nicht gekalkt, die zweite mit 2 x 4 t je Hektar und die dritte mit 30 t je Hektar. Es zeigt sich deutlich die Wirkung der Kalkung: die ungekalkte Fläche versauerte weiter und zeigt eine abnehmende Basensättigung auf unter 5 %, die sich erst in den letzten 10 Jahren mit leicht ansteigendem pH-Wert stabilisierte. Die mit 2 x 4 t je Hektar gekalkte Fläche zeigt eine leicht ansteigende Basensättigung auf bis zu 20 % im Oberboden und einen steigenden pH-Wert im Auflagehumus. 30 Jahre nach der letzten Kalkung scheinen jedoch beide Indikatoren wieder leicht abzunehmen. Die mit 30 t je Hektar gekalkte Fläche zeigt eine drastisch erhöhte Basensättigung bis in größere Bodentiefen. Der pH-Wert im Auflagehumus steigt zwischenzeitlich auf Werte um pH 6 an und hat nach 30 Jahren fast schon wieder den Ausgangszustand erreicht. Die Bodenschutzkalkung in den Partnerländern der NW-FVA wird in der Regel mit 3 t je Hektar durchgeführt, der Kalkungsturnus variiert. Die mit 2 x 4 t je Hektar gekalkte Fläche kommt von den Versuchsvarianten der Praxiskalkung am nächsten. Der Auflagehumusvorrat hat auf dieser Fläche abgenommen und ist auf der extrem gekalkten Fläche auf die Hälfte reduziert (ohne Abbildung).



Die Tiefenwirkung der Kalkung hängt stark vom Bodensubstrat ab. Auf sandigen Böden mit geringer Austauschkapazität wie der Eichenfläche GDEI in der Görhde ist nach 2-maliger Kalkung der austauschbare Calciumvorrat bis in 1 m Bodentiefe angestiegen und nimmt im Oberboden schon wieder ab (ohne Abbildung).

Insgesamt kann der Kalkung eine positive Wirkung in Bezug auf eine Rückführung der Bodenversauerung sowie einer Verlagerung des organischen Kohlenstoffs vom Auflagehumus in den oberen Mineralboden zugesprochen werden.

Die Substratgruppe Buntsandstein

Jan Evers, Uwe Paar und Inge Dammann

Jeder der 388 BZE II-Punkte in Hessen, Niedersachsen und Sachsen-Anhalt wurde im Rahmen der Auswertungen der zweiten Bodenzustandserhebung im Wald (BZE II) einer Substratgruppe zugeordnet. Die Generierung der länderübergreifenden Substratgruppen erfolgte dabei nach den Merkmalen Ausgangssubstrat (Ausgangsgestein), Lagerung (Substrat-Lagerung), Bodenart, Bodenmorphologie und Bodenphysik. In Niedersachsen kommen 13 der für Nordwestdeutschland insgesamt definierten 16 Substratgruppen vor. Für 63 BZE II-Punkte (36 %) wurde die Substratgruppe „unverlehmte Sande“ ausgewiesen. Diese Substratgruppe wurde ausführlich im Waldzustandsbericht 2016 vorgestellt. 23 BZE II-Punkte (13 %) wurden als „schwach verlehmte Sande“ eingruppiert. 10 % der BZE II-Punkte werden standörtlich von Lösslehmvorkommen bestimmt. Auf weiteren 16 BZE II-Punkten (9 %) finden sich organisch geprägte Standorte (v. a. ehemalige Moore). Kalkstein- und Buntsandsteinstandorte kommen im BZE II-Kollektiv mit einem Anteil von 8 bzw. 6 % vor. Vier Prozent der BZE II-Punkte gehören zu den Tonschieferstandorten. Die Substratgruppen „Granit“, „Grauwacke“, „Kreidesandstein“, „Lehm“ „Ton(stein)“ und „verlehmte Sande“ sind jeweils mit Anteilen von 1-3 % vertreten (s. Abb. unten). Neben den Kalkgesteinen ist der Buntsandstein, der im Folgenden vorgestellt wird, typisch für das Bergland.

Geologie

Der Buntsandstein besteht aus verschiedenen Sedimenten, die durch Wind und Wasser abgelagert und den Druck überliegender Deckschichten verfestigt wurden. Je nach Sedimentanlieferung und -ablagerung kann der Buntsandstein sehr verschieden zusammengesetzt sein. Er ist also kein buntgefärbter Sandstein, sondern eine mehrere hun-



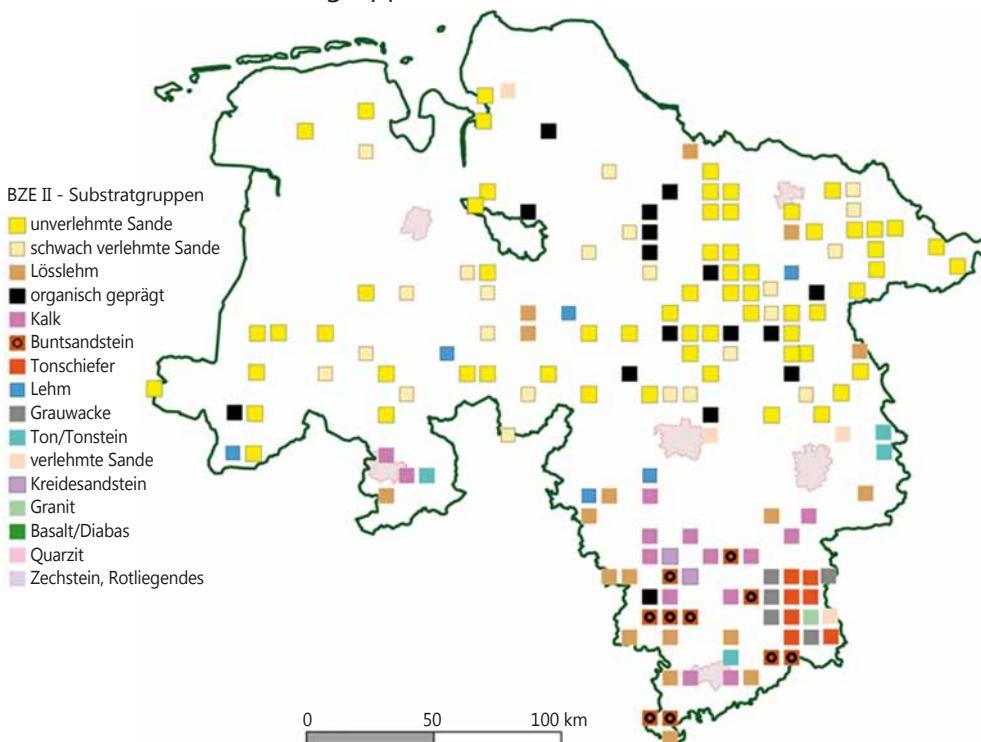
Typisches BZE-Buntsandsteinprofil bei Silberborn im Solling, eine Braunerde mit hohen Steinanteilen im Unterboden, der gut durchwurzelt ist
Foto: NW-FVA

dert Meter mächtige Gesteinsabfolge vor allem der Unteren Trias, die vor ca. 240-250 Mio. Jahren entstanden ist. Zur Zeit ihrer Ablagerung bedeckten die Buntsandstein-Sedimente den größten Teil Deutschlands, heute treten sie nur noch auf weniger als 10 % der Gesamtfläche unmittelbar zu Tage. Zusammen mit den jüngeren Muschelkalk- und Keupergesteinen prägt der Buntsandstein weite Teile der Mittelgebirgs- und Schichtstufenlandschaft in Deutschland (Lepper 2013).

In weiten Teilen des norddeutschen Beckens ist der Buntsandstein überdeckt durch mächtige, erdzeitlich jüngere Schichten. Im Norden tritt er mit der Nordseeinsel Helgoland an die Oberfläche und ist im Übergang zur Hessischen Senke im Osnabrücker Bergland, Hildesheimer Wald, Vogler, Weserbergland, nördlichen Harzvorland und dem Eichsfeld bestimmendes Gestein in den Waldböden Niedersachsens (Röhling 2013). Im BZE II-Kollektiv liegen die Buntsandstein-Punkte im Solling, Weserbergland, dem südlichen Harzrand und Kaufunger Wald (siehe Abb.).

Die Sedimente bestehen im Wesentlichen aus Flussanden (eher nährstoffärmer) und feinkörnigen Stillwasserablagerungen (nährstoffreicher), die von höher gelegenen Gebieten über Fließgewässer transportiert wurden. Die Ablagerungen verfestigten sich dann unter dem Gewicht weiterer Sedimentfolgen jüngerer Zeitalter und wurden nach dem Abtrag dieser Schichten im Zuge tektonischer Gebirgsfaltungen, Erosion und

Substratgruppen in Niedersachsen



Zuordnung der 173 BZE II-Punkte in Niedersachsen und Bremen zu Substratgruppen

Die Substratgruppe Buntsandstein



Mächtige Buntsandsteinblöcke im Hainsimsen-Buchenwald laden zum Klettern ein. Foto: J. Evers

Verwitterung wieder freigelegt. Je nach Beschaffenheit und Herkunft des sedimentierten Materials kann der Buntsandstein sehr unterschiedlich zusammengesetzt sein. Es können z. B. auch Tone, Kalke und Gipse bis hin zu kiesigen Schichten mit eingelagert sein. Die namensgebende rotbraune Färbung resultiert aus Eisenoxid, welches aus der Verbindung von im Gestein enthaltenem Eisen mit Luftsauerstoff im Wechsel von Feucht- und Trockenphasen entsteht. Durch Bleichungsprozesse kommen aber auch gelbliche bis sehr helle Farben vor.

Standorte des Oberen Buntsandsteins (Röt) sind in Niedersachsen nur selten mit Wald bestockt. Sie weisen einen höheren Tongehalt und eine bessere Nährstoffversorgung auf und werden i. d. R. landwirtschaftlich genutzt. Unter Wald werden sie überwiegend in die Substratgruppe Ton(stein) eingeordnet.

Der Untere und Mittlere Buntsandstein ist durch Serien feinkörniger Sandsteine und Tonsteine charakterisiert. Sie werden von grobkörnigen Sandsteinen unterbrochen, die jeweils eine neue Sedimentationsfolge einleiten.

Der Mittlere Buntsandstein wird klassisch unterteilt in den Hauptbuntsandstein (sm1) und den Bausandstein (sm2). Er kann aber auch in vier Sedimentations-Großzyklen gegliedert werden: Solling-, Hardeggen-, Detfurth- und Volpriehausen-Formation. Der Untere Buntsandstein wird in die Bernburg- und Calvörde-Formation gegliedert.

Der Buntsandstein wurde immer schon als Bau- und Erdmaterial geschätzt, viele historische Gebäude wie Kirchen, Klöster und Brücken wurden aus diesem Material errichtet. Im Wald finden sich daher häufig alte, aufgelassene Steinbrüche. Die Porosität der sandigen Gesteine im tieferen Untergrund ermöglicht Erdgasspeicherung (Südoldenburg), sichert Geothermie-Potential und Trinkwasser (Mittel- und Süddeutschland) (Lepper 2013).

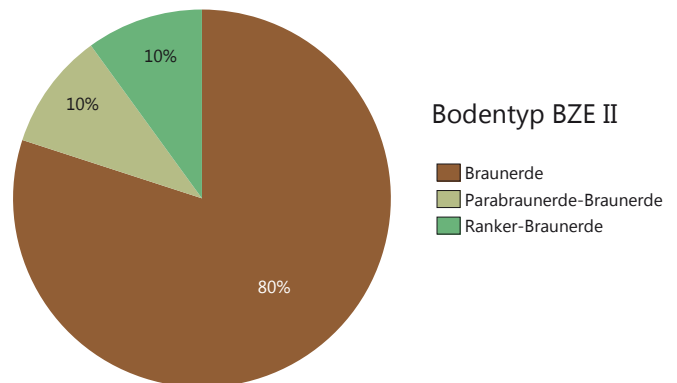
Bodenartenschichtung (Substrat-Lagerung)

Überwiegend findet man an den BZE II-Punkten auf Buntsandstein in Niedersachsen lehmig-sandige oder auch schluffig-lehmige Decken bis zu 30 cm Mächtigkeit über dem skelettreichen Buntsandstein. Auf ca. 20 % der BZE II-

Punkte auf Buntsandstein sind diese feinkörnigen Decken, auch mit Lösslehm, bis zu 70 cm mächtig. Vereinzelt kommen auch tonige oder basenreiche Buntsandstein-Ausprägungen vor.

Bodentypen

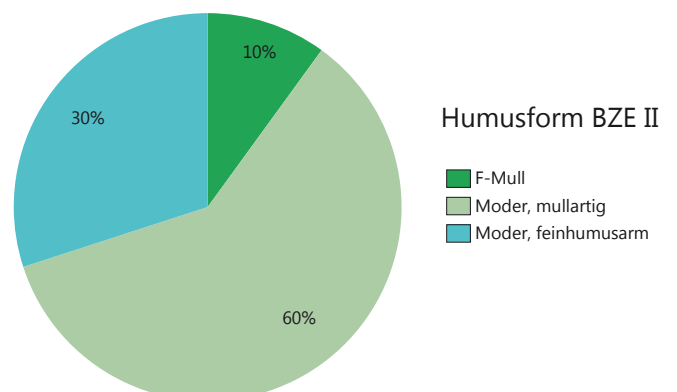
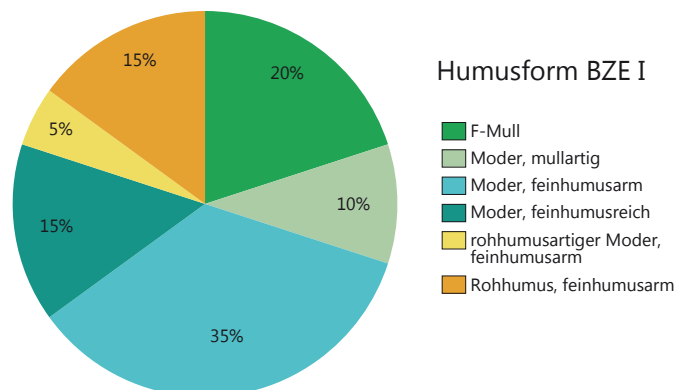
Der charakteristische Bodentyp in der Substratgruppe Buntsandstein ist die Braunerde. Im BZE II-Kollektiv wurden in dieser Substratgruppe zu 80 % reine Braunerden ausgewiesen, teilweise kommen noch Parabraunerden-Braunerden (bei höherem Lösseinfluss) und Ranker-Braunerden vor.



Verteilung der Bodentypen in der Substratgruppe Buntsandstein in Niedersachsen (BZE II)

Humusformen

Die vorkommenden Humusformen auf den Standorten der Substratgruppe Buntsandstein in Niedersachsen sind zum Zeitpunkt der BZE II recht günstig: Insgesamt 10 % der betreffenden BZE-Punkte zeigen den Humustyp F-Mull, 60 % die Humusform mullartig Moder und nur 10 % den feinkörnigen



Verteilung der Humusformen in der BZE I (oben, n=20) und BZE II (n=10) der Substratgruppe Buntsandstein in Niedersachsen

Die Substratgruppe Buntsandstein



Hainsimsen-Buchenwald Hüttenholz bei Göttingen Foto: J. Evers

musarmen Moder (Abb. Seite 36 unten). Zum Zeitpunkt der BZE I (1990) lag der Anteil dieser relativ günstigen Humusformen in der Substratgruppe Buntsandstein nur bei 65 %, 35 % der BZE-Punkte wiesen schlechtere Humusformen auf. Diese Verbesserung in den Humusformen kann zum einen auf die Waldkalkung zurückgeführt werden, da 90 % aller BZE II-Buntsandstein-Standorte gekalkt wurden, zum anderen auf die immer noch zu hohen Stickstoffeinträge, die die Mineralisierung im Auflagehumus antreiben können. Die durchschnittliche Trockenmasse im Auflagehumus hat von der BZE I zur BZE II um 36 % abgenommen, eine zwar deutliche, aber nicht signifikante Abnahme. Diese Tendenz passt zu den deutlich besseren Humusformen in der BZE II. Für gesicherte Unterschiede ist das Stichprobenkollektiv bei den auftretenden Schwankungen im Auflagehumus in der BZE für diese Substratgruppe zu gering.

Trophie

Die Trophiestufen der Buntsandstein-Standorte liegen zu 10 % im gut mesotrophen, zu 60 % im mesotrophen und zu 30 % im schwach mesotrophen Bereich. Die bessere Nährstoffversorgung findet sich eher in den tonigeren Ausprägungen des Buntsandsteins, die schwächere Nährstoffausstattung eher in den sandigeren, flachgründigen Standorten.

Natürliche Waldgesellschaften und aktuelle Bestockung

Auf Buntsandstein-Standorten kommen natürlicherweise Hainsimsen-Buchenwälder und Hainsimsen-Waldmeister-Buchenwälder vor.

Hainsimsen-Waldmeister-Buchenwälder finden sich vorzugsweise auf Standorten mit mächtigeren Lösslehmdecken (bis 70 cm) oder den tonigeren Ausprägungen des Buntsandsteins. Charakterarten der Hainsimsen-Waldmeister-Buchenwälder sind u. a. Weiße Hainsimse, Buschwindröschen, Flattergras, Waldmeister, Wald-Segge, Eichenfarn, Frauenfarn und Goldnessel.

Hainsimsen-Buchenwälder sind typisch für mittlere Buntsandstein-Standorte, neben der Hainsimse kommen u. a. Drahtschmiele, Frauenhaarmoos, Pillensegge, Wald-Ehrenpreis, Rotes Straußgras, Sauerklee, Frauenfarn und Rasenschmiele vor.

Zum Zeitpunkt der BZE II waren 60 % der Buntsandstein-Standorte überwiegend mit Buche und 40 % überwiegend mit Fichte bestockt. Weitere, häufig vorkommende Mischbaumarten auf Buntsandstein sind die Lärche, Eiche und Douglasie, auf den besser nährstoffversorgten Standorten auch Bergahorn.

Chemische Bodenkenngrößen

Austauschkapazität

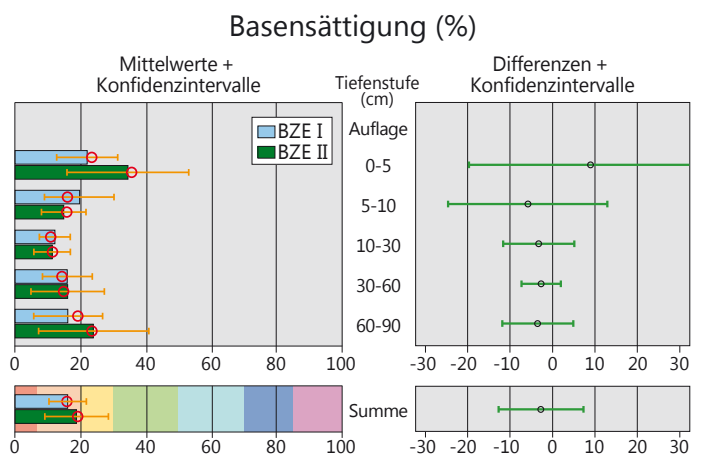
Eine der wichtigsten bodenchemischen Kenngrößen ist die Austauschkapazität als Summe der Konzentrationen der leicht mobilisierbaren Kationbasen Calcium, Magnesium, Kalium und Natrium sowie der Kationsäuren Aluminium, Eisen, Mangan und Protonen.

Die Substratgruppe Buntsandstein gehört in Niedersachsen zu den mittel mit Nährstoffen versorgten Standorten. Die mittlere Austauschkapazität beträgt 600 kmol_c je Hektar bis 90 cm Bodentiefe und liegt damit durchschnittlich sogar im mittel-hohen Bewertungsbereich der AK-Standortskartierung (2016). Die über das Profil summierte Austauschkapazität schwankt je nach Standort zwischen 250 kmol_c je Hektar (noch mittlerer Bewertungsbereich) bis über 1000 kmol_c je Hektar (gerade hoher Bewertungsbereich).

Basensättigung

Im Zuge fortschreitender Bodenversauerung werden die an der Pufferung beteiligten basischen Kationen Calcium, Magnesium und Kalium vom Austauscher durch die sauren Kationen Aluminium, Eisen, Mangan und Wasserstoff-Ionen verdrängt. Die Austauschkapazität bleibt dabei weitgehend konstant, es verringert sich jedoch die Basensättigung, also der relative Anteil der basischen Nährstoffkationen Calcium, Magnesium, Kalium und Natrium im Vergleich zur Summe aller Kationen am Austauscher. Ein starkes Absinken der Basensättigung im Mineralboden ist eine Folge luftbürtiger versauernd wirkender Stoffeinträge. Eine Basensättigung unterhalb von 20 % wird als gering, unter 7 % als sehr gering eingestuft. Diese Werte werden in den am stärksten versauerten Waldböden erreicht. Für Böden mittlerer Nährstoffgüte ist eine Basensättigung von 30 bis 50 % definiert.

Für die Buntsandstein-BZE II-Standorte in Niedersachsen liegt die durchschnittliche Basensättigung auf Profilebene bei 19 % und damit im geringen Bewertungsbereich. Ähnlich geringe durchschnittliche Basensättigungen in Niedersachsen bis 90 cm Bodentiefe zeigen auch die Substratgruppen Granit, unverlehmter Sand, Tonschiefer und organisch geprägte Standorte. Die durchschnittlichen Calcium- und Magnesiumvorräte im Buntsandstein liegen im mittleren, die Kaliumvorräte im geringen Bewertungsbereich.



Basensättigung der Substratgruppe Buntsandstein (n=10) in niedersächsischen Waldböden als Mittelwert für die BZE I und II (linke Spalte) und Differenz (BZE II - BZE I) (rechte Spalte) nach Tiefenstufen und Summe bis 90 cm.

Die Substratgruppe Buntsandstein



BZE-Buntsandsteinprofil südlich von Scharzfeld am südlichen Harzrand, eine Braunerde mit tonigem Buntsandstein, erkennbar an den teilweise glänzenden Oberflächen
Foto: NW-FVA

Veränderung der Basensättigung

Für die Buntsandstein-Standorte verringerten sich die durchschnittlichen Basensättigungswerte zwischen den BZE-Zeitpunkten mit Ausnahme der Tiefenstufe 0-5 cm leicht, doch sind diese Unterschiede in keinem Fall signifikant (s. Abb. Seite 37, rechts). Die Zunahme der Basensättigung in 0-5 cm kann als Reaktion auf die Waldkalkungen angesehen werden. Da alle BZE II-Punkte auf Buntsandstein gekalkt wurden, fehlt für eine gesicherte Aussage das Vergleichskollektiv. Mit 40 % Basensättigung zum Zeitpunkt der BZE II sind in der Tiefenstufe 0-5 cm mittlere Verhältnisse erreicht. Sie hat sich gegenüber der BZE I um 5 %-Punkte verbessert. In den Tiefenstufen 5-10, 10-30 und 30-60 cm verringerte sich die durchschnittliche Basensättigung nur geringfügig. Grundsätzlich sind die Buntsandstein-Standorte für Waldkalkungen in Abhängigkeit bereits vollzogener Waldkalkungen und standörtlichen Voraussetzungen vorgesehen. Obwohl schon einmal gekalkt, befinden sich 80 % der Buntsandstein-BZE II-Punkte in 30-60 cm Bodentiefe des unteren Hauptwurzelraumes unter 15 % Basensättigung und 100 % unter pH(KCl) 4,5. Diese Standorte sind damit aus bodenchemischer Sicht für eine Wiederholungskalkung vorgesehen.

Wesentliche Veränderungen gegenüber der BZE I haben auch für die pH-Werte nicht stattgefunden. Die Buntsandstein-Standorte decken den Austauscher-Pufferbereich ab. Seit der BZE I sind die mittleren pH(H₂O)-Werte im Auflagehumus signifikant angestiegen

und im Mineralboden weitgehend konstant geblieben. Die pH(KCl)-Werte sind tendenziell gesunken (Ausnahme Auflagehumus und 0-5 cm Bodentiefe), signifikante Unterschiede wurden nicht gefunden. Der Anstieg der pH(H₂O)-Werte kann mit geringeren Säureeinträgen im Niederschlag, vor allem Schwefelsäure, erklärt werden. Dennoch laufen im Boden weiterhin Pufferreaktionen ab, die Protonen an der Bodenmatrix binden und damit sinkende pH(KCl)-Werte verursachen.

Ernährungssituation der Waldbäume

In der Substratgruppe Buntsandstein sind in Niedersachsen vorwiegend Buchen und Fichten vertreten. Die Bewertung der Ernährungssituation dieser Baumarten erfolgt anhand der Mediane für die Hauptnährstoffe (Stickstoff, Kalium, Phosphor, Calcium und Magnesium) sowie der Stickstoffquotienten zum Zeitpunkt der BZE II im Jahr 2007 (Tabelle unten).

Für Buche und Fichte zeigen die Mediane auf Buntsandstein eine überwiegend gute Versorgung (Normalbereich) mit Calcium und Magnesium. Auch die Mediane der N/Ca- und N/Mg-Quotienten sind für beide Baumarten ausgewogen. Die Spanne der Calcium- und Magnesiumgehalte in den Blättern und Nadeln ist allerdings weit. Es treten sowohl latenter Mangel als auch Gehalte oberhalb des Normalbereichs auf. Die gute Versorgung mit Calcium und Magnesium steht in engem Zusammenhang mit Kalkungsmaßnahmen.

Phosphordefizite der Buche sind in Niedersachsen weit verbreitet und treten in allen Substratgruppen auf. Der Median der Phosphorgehalte in den Buchenblättern auf Buntsandstein entspricht dem Landesdurchschnitt. Bei den Fichten auf Buntsandstein sind an keinem BZE II-Punkt Defizite in den Phosphorgehalten der Fichtennadeln aufgetreten.

Auch (latenter) Kaliummangel wurde im Rahmen der BZE II in Niedersachsen in Buchenblättern und Fichtennadeln häufig festgestellt. 54 % der Buchenpunkte und 36 % der Fichtenpunkte weisen landesweit Kaliumdefizite auf. Diese angespannte Kaliumversorgung zeigt sich auch auf Buntsandstein. Die Mehrzahl der Buchenblätter und Fichtennadeln weisen (latenten) Mangel und unausgewogene N/K-Quotienten auf.

Insgesamt zeigen die Blatt- und Nadelanalysen der BZE II, dass die Ernährungssituation von Buche und Fichte auf gekalkten Buntsandsteinstandorten für die genannten Nährstoffe dem Landesdurchschnitt für Niedersachsen entspricht.

Elementgehalte und Stickstoffquotienten

Baumart	Anzahl BZE-Punkte	Elementgehalte (mg/g)					Stickstoffquotient			
		Stickstoff N	Phosphor P	Kalium K	Calcium Ca	Magnesium Mg	N/P	N/K	N/Ca	N/Mg
Rotbuche	11	24	1,1	5,7	8,0	1,1	19,3	4,0	3,0	20,4
Rotfichte	6	17	1,5	4,5	4,8	1,1	11,1	3,7	3,8	16,1

 Elementgehalt im latenten Mangel bzw. Stickstoffquotient unausgewogen
 Elementgehalt im Normalbereich bzw. Stickstoffquotient ausgewogen

Median der Elementgehalte und Stickstoffquotienten in Blättern und Nadeln (1. Nadeljahrgang) von Buche und Fichte an BZE II-Punkten auf Buntsandstein. Bewertung der Elementgehalte nach Göttlein (2015) und der Stickstoffquotienten nach Mellert u. Göttlein (2012)

Literaturverzeichnis

- AK Standortkartierung (2016): Forstliche Standortaufnahme. Arbeitskreis Standortkartierung in der Arbeitsgemeinschaft Forsteinrichtung, 7. Auflage, IHW-Verlag, Eching bei München, 400 S
- Barth N, Brandtner W, Cordsen E, Dann T, Emmerich KH, Feldhaus D, Kleefisch B, Schilling B, Utermann J (2000): Boden-Dauerbeobachtung, Einrichtung und Betrieb von Bodendauerbeobachtungsflächen. – In: Bachmann G, König W & Utermann J (Hrsg.): Bodenschutz. Ergänzbare Handbuch der Maßnahmen und Empfehlungen für Schutz, Pflege und Sanierung von Böden, Landschaft und Grundwasser, 3, Kennziffer: 9152, 1-127, Erich Schmidt Verlag, Berlin
- BMVEL (Hrsg.) (2005): BMELV-Gutachterausschuss Forstliche Analytik: Handbuch Forstliche Analytik – Eine Loseblatt-Sammlung der Analysemethoden im Forstbereich. Mit Ergänzungen bis 2015.
- Choat B, Jansen S, Brodribb TJ, Cochard H, Delzon S, Bhaskar R, Bucci SJ, Feild TS, Gleason SM, Hacke UG, Jacobsen AL, Lens F, Hafiz Maherali H, Marti´Nez-Vilalta J, Mayr S, Mencuccini M, Mitchell PJ, Nardini A, Pittermann J, Pratt RB, Sperry JS, Westoby M, Wright IJ, Zanne AE (2012): Global convergence in the vulnerability of forests to drought. *Nature*, 491, 752-755.
- Gauger T, Anshelm F, Schuster H, Draaijers GPJ, Bleeker A, Erisman JW, Vermeulen AT, Nagel HD (2002): Kartierung ökosystembezogener Langzeittrends atmosphärischer Stoffeinträge und Luftschadstoffkonzentrationen in Deutschland und deren Vergleich mit Critical Loads und Critical Levels. Forschungsvorhaben im Auftrag des BMU/UBA, FE-Nr. 299 42 210., Institut für Navigation, Univ. Stuttgart. 207 S
- Göttlein A (2015): Grenzwertbereiche für die ernährungsdiagnostische Einwertung der Hauptbaumarten Fichte, Kiefer, Eiche, Buche. *Allgemeine Forst- und Jagdzeitung* 182, 173-186
- Granier A, Breda N, Biron P, Villette S (1999): A lumped water balance model to evaluate duration and intensity of drought constraints in forest stands. *Ecol. Modelling*, 116, 269-283.
- Granier A, Reichstein M, Breda N, Janssens I A, Falge E, Ciais P, Grunwald T, Aubinet M, Berbigier P, Bernhofer C, Buchmann N, Facini O, Grassi G, Heinesch B, Ilvesniemi H, Kerö P, Knohl A, Koster B, Lagergren F, Lindroth A, Longdoz B, Loustau D, Mateus J, Montagnani L, Nys C, Moors E, Papale D, Peiffer M, Pilegaard K, Pita G, Pumpanen J, Rambal S, Rebmann C, Rodrigues A, Seufert G, Tenhunen J, Vesala T, Wang O (2007): Evidence for soil water control on carbon and water dynamics in European forests during the extremely dry year: 2003. *Agricultural and Forest Meteorology*, 143, (1-2), 123-145.
- Höper H & Meesenburg H (2012): Das Bodendauerbeobachtungsprogramm. In: 20 Jahre Bodendauerbeobachtungsprogramm in Niedersachsen. Tagungsband, GeoBerichte, Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (Hrsg.), Band 23, 6-18
- ICP Forests (2010): Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests. UNECE, ICP Forests, Hamburg
- Kawohl T, Dietrich H, Wehberg J, Böhner J, Wolf T, Röder A (2017): Das Klima in 80 Jahren - Wein- statt Waldbau? *AFZ-DerWald*, 72 Jg., (15), 32-35.
- Kölling C, Hoffmann M, Gulder HJ (1996): Bodenchemische Vertikalgradienten als charakteristische Zustandsgrößen von Waldökosystemen. *Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde*, 159, 69-77
- Kölling C, Hoffmann M, Gulder HJ (1996): Bodenchemische Vertikalgradienten als charakteristische Zustandsgrößen von Waldökosystemen. *Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde*, 159, 69-77
- Kölling C (1999): Ordination von Waldökosystemen nach Stoffkonzentrationen der Lösungsphase und bodenchemischen Tiefengradienten. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 162, 1, 89-95.
- Lepper J (2013): Einführung - - In: Deutsche Stratigraphische Kommission (Hrsg.; Koordination und Redaktion: J. Lepper & H.-G. Röhlings für die Subkommission Perm-Trias): Stratigraphie von Deutschland XI. Buntsandstein. –Schriftenreihe der Deutschen Gesellschaft für Geowissenschaften, Heft 69: 5-7; Hannover
- Mellert KH & Göttlein A (2012): Comparison of new foliar nutrient thresholds derives from van den Burg's literature compilation with established central European references. *European Journal of Forest Research* 131, 1461-1472
- Paar U, Guckland A, Dammann I, Albrecht M, Eichhorn J (2011): Häufigkeit und Intensität der Fruktifikation der Buche. *AFZ-DerWald*, 6, 26-29
- Röhlings HG (2013): Der Buntsandstein im Norddeutschen Becken-regionale Besonderheiten. -In: Deutsche Stratigraphische Kommission (Hrsg.; Koordination und Redaktion: J. Lepper & H.-G. Röhlings für die Subkommission Perm-Trias): Stratigraphie von Deutschland XI. Buntsandstein. –Schriftenreihe der Deutschen Gesellschaft für Geowissenschaften, Heft 69: 269-384; Hannover
- Schmidt-Walter P, Ahrends B, Meesenburg H (2017): Wasserhaushalt und Trockenstress für die BWI quantifiziert. *AFZ-DerWald*, 72, (15), 36-39.
- Ulrich B (1991): Beiträge zur Methodik der Waldökosystemforschung. Berichte des Forschungszentrums für Waldökosysteme/Waldsterben. Reihe B, Band 24, 142 S
- Wellbrock N, Aydin CT, Block J, Bussian B, Deckert M, Diekmann O, Evers J, Fetzer KD, Gauer J, Gehrman J, Kölling C, König N, Liesebach M, Martin J, Meiwes KJ, Milbert G, Raben G, Riek W, Schäffer W, Schwerhoff J, Ullrich T, Utermann J, Volz HA, Weigel A, Wolff B (2006): Bodenzustandserhebung im Wald (BZE II), Arbeitsanleitung für die Außenaufnahmen. BMELV (Hrsg.). Berlin, 413 S



Impressum:

Ansprechpartner

Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt

Abteilung Umweltkontrolle

Sachgebiet Wald- und Bodenzustand

Grätzelstraße 2, 37079 Göttingen

Tel.: 0551/69401-0

Fax: 0551/69401-160

Zentrale@nw-fva.de

www.nw-fva.de

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

Titelfoto: Evers J

Layout: Paar E

Herstellung: Nordwestdeutsche
Forstliche Versuchsanstalt

Druck: Printec Offset Kassel

Der Waldzustandsbericht 2017

ist abrufbar unter

www.nw-fva.de und

www.ml.niedersachsen.de > =>

Themenbereich Wald, Holz und Jagd

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

Prof. Dr. Johannes Eichhorn
Abteilungsleiter
Umweltkontrolle



Dr. Uwe Paar
Sachgebietsleiter Wald- und
Bodenzustand, Redaktion



Inge Dammann
Leiterin der Außenaufnahmen,
Auswertung, Redaktion



Dr. Jan Evers
Bodenzustandserhebung



Andreas Schulze
Datenbank



Jörg Weymar
Außenaufnahmen und Kontrollen



Michael Spielmann
Außenaufnahmen und Kontrollen



Dr. Bernd Westphal
Außenaufnahmen und Kontrollen



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

Misbräuchlich 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.