

LWF

aktuell

2 | 2018

Ausgabe 117

Angezapft! Datenströme aus dem Wald

BAYERISCHE
FORSTVERWALTUNG



Forstliches Umweltmonitoring

6 Umwelt und Standortsbedingungen in raschem Wandel

Hans-Peter Dietrich, Stephan Raspe, Lothar Zimmermann, Alexandra Wauer, Desirée Köhler, Alfred Schubert, Joachim Stiegler, Uwe Blum, Thomas Kudernatsch und Hans-Joachim Klemmt

12 Klimawandel in Bayern

Lothar Zimmermann und Stephan Raspe

16 Zu nass, zu trocken, zu windig

Hans-Joachim Klemmt, Alexandra Wauer, Lothar Zimmermann, Hans-Peter Dietrich und Stephan Raspe

21 Stickstoff im Überfluss

Stephan Raspe, Hans-Peter Dietrich, Desirée Köhler, Alfred Schubert, Joachim Stiegler

25 Immer wieder dienstags

Desirée Köhler

30 Quo vadis, Kiefer?

Alexandra Wauer, Tobias Mette und Hans-Joachim Klemmt

Wald & Mehr

40 Junge Buchen auf Femel- und Kahlfleichen

Rasmus Ettl, Wendelin Weis, Thomas Gugler und Axel Göttlein

44 Forstliche Genressourcen im rechtlichen Kontext

Florian Knutzen

47 Die Edel- oder Esskastanie

Richard Heitz, Marvin Lüpke, Felix Brundke und Christoph Hübner

50 Naturwaldreservate im Frankenwald

Markus Blaschke, Bernhard Förster, Christoph Hübner und Markus Köbel

53 Nuss und Mandelkern

Olaf Schmidt



Umwelt und Standortsbedingungen in raschem Wandel: Ein Vierteljahrhundert Umweltmonitoring zeigt: Der Wandel der Standortsbedingungen in unseren Wäldern verläuft schneller als uns lieb ist. Die Fieberkurve »Stress« nimmt zu, die Ausschläge werden größer. Die Messungen verheißen vielfach nichts Gutes. Foto: A. Kühn



Immer wieder dienstags: Jeden Dienstag rufen die Waldklimastationen – nach ihren Betreuern. Desirée Köhler war mit Stefan Donath auf einer »WKS-Tour« der besonderen Art. Unter den Augen des Kleinen Watzmanns machten sich beide auf den Weg – begleitet von Schnee und Eis. Foto: D. Köhler

Titelseite: Die Buche Nr. 35 ist als »Mitglied« der Waldklimastation Freising auch eine »Teilnehmerin« des europäischen forstlichen Umweltmonitorings ICP Forests. Die hier gezeigte Messeinrichtung sammelt Stammabflusswasser, dessen Analysen zum Beispiel wertvolle Hinweise zum Depositionsgeschehen in Wäldern liefern. Foto: A. Kanold, LWF

Rubriken

- 4 Meldungen
- 33 Zentrum Wald-Forst-Holz
- 37 Amt für forstliche Saat- und Pflanzenzucht
- 57 Waldklimastationen
- 63 Medien
- 64 Impressum

Kalender Seite 35
Forstliche Veranstaltungen
auf einen Blick



Liebe Leserinnen und Leser,

das forstliche Umweltmonitoring in Bayern kann auf eine mehr als dreißigjährige Geschichte zurückblicken. Es ist heute fester Bestandteil der forstlichen Umweltvorsorge in Deutschland und Europa. Eingeführt wurde es vor dem Hintergrund des »sauren Regens«, als Ende der 1980er Jahre das Waldsterben die öffentliche Diskussion prägte. Heute stellen die langjährigen Mess- und Beobachtungsreihen der LWF an Waldklimastationen und den landesweiten Rasternetzen der Wald- und Bodenzustandserhebung eine zuverlässige Daten- und Erkenntnisquelle dar. Sie hilft uns, die Veränderung von Umwelt- und Standortbedingungen in den Wäldern zu erkennen und die Folgen und Entwicklungen zeitnah abzuschätzen.

Aus den dort gewonnenen Daten lassen sich wichtige Hinweise zur Beantwortung zentraler forstpolitischer und forstwissenschaftlicher Fragen ableiten. Etwa zum Anbaurisiko bestimmter Baumarten in Zeiten des Klimawandels, zum Wachstum der Wälder oder zu den Auswirkungen von Trockenheit auf Wachstum und Vitalität unserer Waldbäume wie zum Beispiel in den Rekord Sommern der Jahre 2003 und 2015. Die Erhebungen belegen Erfolge der Luftreinhaltung und zeigen weiteren Handlungsbedarf auf für eine erfolgreiche Minderung der Stickstoffbelastungen im Wald.

Wir wollen die Wälder fit machen für die klimatischen Herausforderungen von morgen, damit auch kommende Generationen von den vielfältigen Funktionen unserer Wälder profitieren. Wir brauchen dazu standortgemäße, stabile und klimatolerante Mischwälder und dazu das engagierte Bestreben von Waldbesitzern und Forstleuten, den Waldumbau voranzubringen.

Ihr

Stefan Pratsch

Referat »Waldbau, Waldschutz, Bergwald«, StMELF



Junge Buchen auf Feme-I und Kahlfächen: **Unterschiedlicher können die Ausgangssituationen nicht sein für die jungen Buchen: behütet von einem Altholzschirm oder alleingelassen auf einer Kahlfäche. Solche Standortbedingungen machen sich natürlich auch in der Qualität des Jungwuchses bemerkbar.** Foto: W. Weis



Foto: R. Traidl, LFU

Gipfelstürmer Alpiner Felshumusboden

Er ist der Boden des Jahres 2018. Der alpine Felshumusboden spielt eine wichtige Rolle in den sensiblen Hochlagen der Alpen, ist er doch Spezialist für Klima- und Hochwasserschutz. Der Felshumusboden hält Regenwasser zurück, mildert Erosionsprozesse und speichert das Treibhausgas CO². Da der alpine Felshumusboden sehr empfindlich auf Veränderungen des Klimas und weitere Umwelteinflüsse reagiert, verdeutlicht er in besonderer Weise unsere Verantwortung zum Schutz und Erhalt der Böden.

Felshumusböden sind wahre Gipfelstürmer. Überall, wo in der hochmontanen und der subalpinen Höhenzone Festgestein an der Geländeoberfläche vorkommt, können sie sich entwickeln. Felshumusböden bestehen ausschließlich aus unterschiedlich stark zerkleinerter, zer-

setzter und zu Humus umgewandelter Pflanzenstreu über massivem und nur sehr langsam verwitterndem Gestein. In der nur wenige Zentimeter mächtigen obersten Schicht lagert abgestorbene, nur sehr wenig zerkleinerte Pflanzenstreu. Darunter folgt ein durch Kleinsäuger, Insekten und Milben stärker zersetzter Bereich. Je nach Art der Streu kann dieser Bereich zwischen wenigen Zentimetern und mehreren Dezimetern mächtig sein. Unmittelbar über dem Felsgestein folgt eine dunkelbraune bis schwarze Lage aus Feinhumus. Hier sind keine Pflanzenstrukturen mehr erkennbar. Hin und wieder sind Rindenstücke, schwerer zersetzbare Baumzapfen oder Holzreste eingebettet.

M. Mößnang

www.bodendesjahres.de
www.lfu.bayern.de/boden

BaySF: Rekordstrecke bei Schwarzwild

Die Bayerischen Staatsforsten gehen mit gutem Beispiel voraus und haben bei der Jagd auf Wildschweine in der Jagdsaison 2017/18 mit weit über 13.000 erlegten Wildschweinen ein Rekordergebnis erzielt – mehr als je zuvor. Damit leisten die BaySF einen wichtigen Beitrag, um die Afrikanische Schweinepest von Bayern fernzuhalten. Die Rekordstrecke im Staatswald ist eine Gemeinschaftsleistung der BaySF-Beschäftigten und der über 8.000 privaten Jagdgäste. Großflächige, revierübergreifende Bewegungsjagden, ganzjährige Bejagung und zusätzliche Abschussanreize für Jagdgäste – etwa die kostenlose Abgabe von Wildschweinen bis 20 Kilo Gewicht – waren die Erfolgsrezepte. Weil aber die von den Staatsforsten bejagten Reviere nur elf Prozent der Jagdfläche im Freistaat ausmachen, appellierte Forstminister Helmut Brunner an die Jägerinnen und Jäger, auch in den übrigen Jagdrevieren alle zulässigen Möglichkeiten für eine noch effizientere Bejagung und Bestandsregulierung zu nutzen. Bereits 2015 hatte Brunner ein Maßnahmenpaket zur Reduktion von Schwarzwild auf den Weg gebracht und so Spielräume für ortsspezifische Lösungen geschaffen – etwa eine verstärkte revierübergreifende Zusammenarbeit bei Bewegungsjagden oder die Verwendung von Nachtsichttechnik.

Michael Mößnang

Dr. Wald und die »Woche des Waldes«

»WaldErleben bewegt« lautet das Motto der diesjährigen »Woche des Waldes«. Waldwoche und weitere Aktivitäten der Bayerischen Forstverwaltung wollen die öffentliche Wahrnehmung auf die Bedeutung des Waldes als Erholungs- und Erlebnisraum lenken. Sport, Freizeit und Gesundheit haben einen unmittelbaren Bezug zwischen Wünschen und Ansprüchen vieler Menschen und den positiven Wirkungen des Waldes. Die Forstliche Bildungsarbeit kann dabei zum Themenkreis »Wald und Gesundheit« viele Anregungen geben. Hierzu erarbeitet die Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft die Arbeitshilfe »Doktor Wald«. Diese beinhaltet eine Sammlung waldpädagogischer Aktivitäten und methodischer Hinweise für die Praxis. Es werden sowohl neue als auch passende Aktivitäten aus dem »Leitfaden Forstliche Bildungsarbeit« im Kontext des Waldwochen-Mottos dargestellt.

Foto: T. Bosch, LWF

Der gesundheitsfördernde Waldaufenthalt wird zweifelsfrei an Bedeutung gewinnen, bietet Doktor Wald doch Prophylaxe und Therapie zugleich. Zahlreiche Studien belegen die positive Wirkung der Erholung im Wald auf den Menschen. Der Waldbesuch stärkt den Kreislauf, reduziert Stress, fördert die Entspannung und wirkt positiv auf die Psyche.

Dirk Schmechel



Super-Holz ist fester als Stahl



Foto: Klara, fotolia.de

Eine spezielle Behandlung mit Chemikalien, Hitze und Druck macht Holz steifer und fester als Stahl, berichtet ein Team um Jinwei Song in »Nature«. Bei dem Verfahren löst man durch Kochen in einer Salzlauge zuerst den Holzbestandteil Lignin aus dem Material, anschließend lässt man unter Hitze und Druck die Poren kollabieren. Durch den Prozess wird das Holz dreimal so dicht, seine Steifigkeit und spezifische Festigkeit jedoch steigen auf mehr als das Zehnfache. Weil so behandeltes Holz immer noch leichter ist als Stahl und andere Le-

gerungen, könnte es für manche Anwendungen besser geeignet sein als klassische Materialien.

Eine heiße Lösung von Natriumhydroxid und Natriumsulfit entfernt das Lignin aus dem Holz. Das scheint die Eigenschaften des Materials beim Heißpressen ganz erheblich zu verändern. Frühere Versuche, Holz durch Druck und Hitze zu einem deutlich stärkeren Werkstoff zu verarbeiten, waren nur bedingt erfolgreich: Die mechanische Festigkeit stieg nur etwa proportional zur Dichte. Nach Angaben der Arbeitsgruppe verhält sich das chemisch vorbehandelte Holz anders, weil sich die Zellulosefasern in einer dichten Parallelstruktur zusammenlagern, was ohne chemische Behandlung das Lignin verhindert. Zusätzlich soll das verdichtete Holz in Gegenwart von Wasser nicht so stark aufquellen. Ob es durch die Entfernung des Lignins anfälliger für Pilzbefall wird, ist noch unklar.

Lars Fischer, spektrum.de



Foto: H. Lemme, LWF

33 Millionen Festmeter in nur sechs Monaten

Sie leisteten allesamt ganze Arbeit, stolz zu sein auf ihre Taten brauchen diese Gesellen aber nicht. Gemeint sind Kalle, Xavier, Herwart, Yves, Burglind und Friederike. Innerhalb nur weniger Monate zwischen August 2017 (Kalle) und Januar 2018 (Friederike) zogen Gewitterstürme und Sturmtiefs über Europa hinweg und verwüsteten regional oder auch großflächig Natur und Landschaft. Seit August 2017 sind auf diese Weise in Europas Wäldern etwa 33 Millionen Festmeter Sturmholz zusammengekommen, wie die EUWID-Redaktion am 26. Januar 2018 in einer Pressemitteilung berichtete. Besonders betroffen waren demnach Deutschland (13,8 Mio. fm), Polen (12,2 Mio. fm) Tschechien (2,75 Mio. fm) und auch die Schweiz (1,30 Mio. fm).

Michael Mößnang

Deutsche Wildkatzen bleiben unter sich

Wissenschaftler des Senckenberg Forschungsinstitutes haben in einer Studie gezeigt, dass sich Wildkatzen in Deutschland nur sehr selten mit Hauskatzen paaren. Das Wissenschaftlerteam untersuchte über 1.000 DNA-Proben von Wildkatzen. Nur etwa 3 % der untersuchten Wildkatzen tragen deutliche Spuren von Hauskatzen-DNA im Erbgut.

Da in Deutschland rein rechnerisch auf eine Wildkatze mehr als tausend Hauskatzen kommen, sollte man davon ausgehen, dass Wild- und Hauskatze häufig aufeinandertreffen und sich auch paaren. Dabei entstehen »Hybride«, die weiter fortpflanzungsfähig sind. Im Laufe der Zeit könnten im schlimmsten Fall die heimischen Wildkatzen durch eine andauernde Vermischung mit Hauskatzen sogar gänzlich aussterben. Genau dies ist in einigen europäischen Regionen bereits weit fortgeschritten: In Schottland etwa gibt es wahrscheinlich keine echten Wildkatzen mehr, die Population besteht vollständig aus Mischlingen aus Haus- und Wildkatze. Auch in der Schweiz und in Frankreich wurde in 12 % der untersuchten Proben Merkmale von Haus- und Wildkatzen im Erbgut gefunden.

Umso überraschender ist das Ergebnis der Senckenberger Wildtiergenetiker. Von 1.071 Wildkatzen-Proben aus ganz Deutschland wurde nur bei 37 Tieren ein Hybridisierungsereignis festgestellt. Damit hat Deutschland eine der geringsten Hybridisierungsraten Europas. Warum sich die über 10 Millionen Hauskatzen so selten mit den 5.000 bis 10.000 Wildkatzen kreuzen, ist noch unklar.

Quelle: Senckenberg Gesellschaft für Naturforschung



Foto: K. Steyer

Umwelt und Standortbedingungen in raschem Wandel

Forstliches Monitoring der LWF zieht nüchterne Zwischenbilanz



1 Die Wälder, wie dieser 160-jährige Eichen-Buchen Mischbestand auf der Waldklimastation Freising müssen in Zukunft mit Umweltbedingungen zurechtkommen, die sie bislang nicht kannten. Foto: A. Kühn, LWF

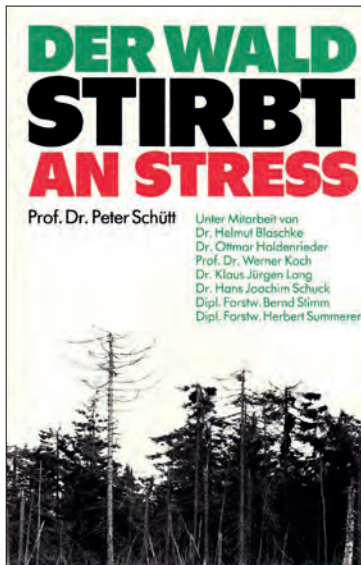
Hans-Peter Dietrich, Stephan Raspe, Lothar Zimmermann, Alexandra Wauer, Desirée Köhler, Alfred Schubert, Joachim Stiegler, Uwe Blum, Thomas Kudernatsch und Hans-Joachim Klemmt

Die Ergebnisse des Forstlichen Umweltmonitorings nach einem Vierteljahrhundert intensiver wissenschaftlicher Beobachtung zeigen deutlich auf: Wegen Umweltbelastungen und Klimawandel hat der Stress für die Wälder in den letzten Jahrzehnten zugenommen. Die Veränderungen geben Anlass zu großer Wachsamkeit.

Die Zwischenbilanzen von Waldzustandserhebung, wiederholter Waldbodeninventur und kontinuierlicher Messungen an den bayerischen Waldklimastationen lassen keinen Zweifel daran: Die Standortbedingungen der Wälder verändern sich stärker als erwartet und rasanter als im gesamten Jahrhundert zuvor. Vor allem in der Zeit nach 1990, in nur einem Generationenschritt, findet ein rascher Wandel statt, den Luftschadstoffe und die Kli-

maänderung verursachen. Wir wissen, dass sich seit Mitte der 1980er Jahre der Gesundheitszustand reifer Wälder auch in den nachwachsenden Baumgenerationen nicht dauerhaft verbessert hat. Ausnahme ist die Baumart Tanne, unser ehemaliges Sorgenkind. Im ungünstigen Fall weisen bis zu einem Drittel der Nadelbäume sowie mehr als die Hälfte der Laubbäume starke Kronenverlichtungen nach Extremjahren auf (Nadel-Blattverluste

über 25%). Bei Nadelverlusten von mehr als 40% reagieren zum Beispiel Fichten regelmäßig mit Zuwachseinbußen (Röhle 1987). In der Regel wachsen die Bäume heute dennoch besser, als in den Ertrags tafeln des letzten Jahrhunderts beschrieben wird. Zeitgleich registrieren wir eine Überdüngung durch Stickstoffeinträge aus der Luft, welche die Wälder zunehmend eutrophieren. »Ein hoher Zuwachs ist offensichtlich kein Ausdruck ökosystemarer Gesundheit und Stabilität« (Mohr 1994). Im Klimawandel steigt das Anbau risiko etwa für Baumarten wie die Fichte nach Trockenheiten, wiederkehrenden Wetterextremen und Borkenkäferkalamitäten rasch an. Deshalb besteht akuter Bedarf zum Umbau artenarmer Nadelholzreinbestände in stabilere und klimatolerantere Mischwälder mit zukunfts tauglichen Baumarten auf großer Fläche (Risikosteuerung). Aber selbst alte und naturnahe Waldbestände auf guten Standorten, wie der sehr trockenole-



2 Mit ihrem leicht verständlichen Buch warnten der Forstbotaniker Peter Schütt und andere Forstwissenschaftler in den 1980er Jahren vor einem bevorstehenden Waldsterben und forderten eine Verbesserung der Luftreinhaltung.

rante 160-jährige Eichen-Buchen-Mischbestand der Waldklimastation Freising im Kranzberger Forst, müssen seit ihrer Begründung in der Ära König Ludwig I. erstmals mit Standortbedingungen zu recht kommen, die sie nie zuvor erlebt haben. Die aktuellen Jahresmitteltemperaturen von 8,4 °C an der Waldklimastation Freising (Klimaperiode 1991–2016) übersteigen heute bereits jene, die noch im Klimazeitraum 1961 bis 1990 für das Weinbauklima der Fränkischen Platte (Waldklimastation Würzburg) als typisch galten.

Gestresster Wald, schon damals ...

»Der Wald stirbt an Stress« war das apokalyptisch anmutende Postulat des Münchner Forstbotanikers Peter Schütt zum Höhepunkt der Waldsterbensdiskussion in den 1980er Jahren, an das sich viele Zeitzeugen noch heute erinnern. Sein allzu pointiertes Resümee vom Stress der Wälder, das damals wohl auch aufgrund unzureichender Kenntnisse über ein komplexes Schadphänomen entstand, erlangt heute mit der Gewissheit des Klimawandels mehr Berechtigung denn je. Anders als in der Prognose unserer Vorgänger können Forscher heute jedoch mit größerer Zuversicht auf die Fähigkeit der Waldökosysteme blicken, selbst extreme Belastungen zu meistern. Mehr als 30 Jahre kontinuierlicher Beobachtung und Messung in den Wäldern (s. Kasten »Forstliches Umweltmonitoring«, S. 11) geben dazu Anlass. Das befürchtete großräumige Absterben der Wälder ist zum Glück ausgeblieben.

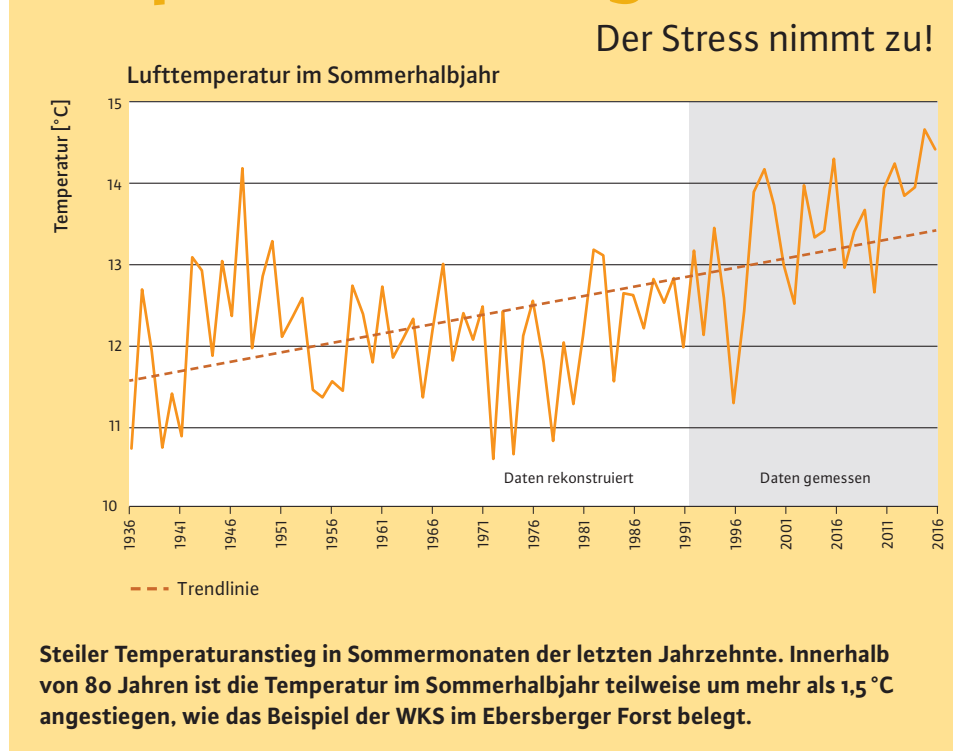
... aber heute noch mehr

Die pessimistischen Prognosen, die sich damals noch nicht auf belastbare Langzeitdaten stützen konnten, bewahrheiteten sich nicht. Heute haben wir gleichwohl die wenig erfreuliche Gewissheit: Die Kronenverlichtungen auch in den nachwachsenden Baumgenerationen haben sich im landesweiten Mittel auf hohem Niveau eingependelt, mit starken Schwankungen nach Trockenjahren, Mastjahren oder Jahren mit stärkerem Insektenfraß (bei Eichen). Einzig der Zustand der sehr schwefelsensitiven Weißtannen hat sich seit 30 Jahren kontinuierlich verbessert. Allgemein zeigt sich auch nach Extremjahren und vorübergehenden Vitalitätseinbußen eine hohe Resilienz der Waldbäume (vergleiche hierzu Beitrag Klemmt et al., S. 16 in diesem

Heft). In der Kombination von Trockenheit und Borkenkäferkalamität werden jedoch die standörtlichen Grenzen zum Beispiel des Fichtenanbaus in manchen Regionen Bayerns leider allzu deutlich aufgezeigt. Nach Jahrhundertsommern und den extremen Wetterereignissen zurückliegender Jahre mit anhaltenden Dürren steht ohne Zweifel fest, dass der Stress für die Wälder, verglichen mit den 1980er Jahren erheblich zugenommen hat. Die Standortbedingungen an allen Waldorten vom Flachland bis ins Hochgebirge veränderten sich in nur wenigen Jahrzehnten sogar rascher und dynamischer als im gesamten Jahrhundert davor. Wie damals ist auch heute die Zukunft ebenso ungewiss. Die zuverlässigen Daten aus den Langzeitbeobachtungen sowie geschärfte Prognoseinstrumente und -modelle ermöglichen jedoch besser als je zuvor gezieltes und verantwortungsbewusstes Handeln. Die drei wichtigsten Triebkräfte des aktuellen Standortwandels sind:

- Versauerung
- Überhöhte Stickstoffeinträge (Eutrophierung)
- Klimawandel und Wetterextreme

Temperaturanstieg



»Saurer Regen« ist Geschichte, Bodenversauerung rückläufig

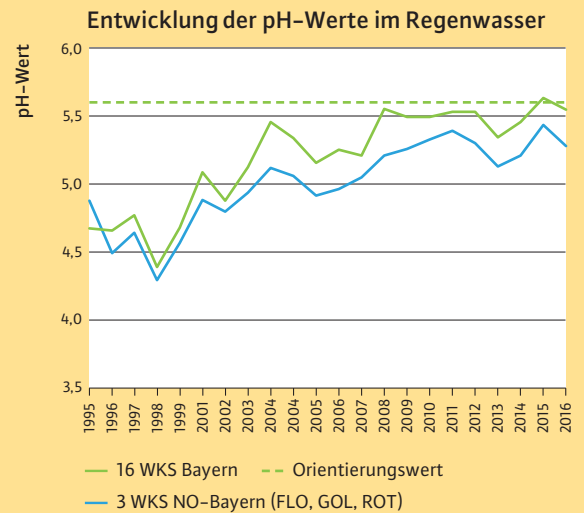
An dem Rückgang der Säureeinträge in unseren Wäldern zeigen sich die Erfolge einer gemeinsamen gesellschaftlichen und politischen Anstrengung besonders gut. Dank umfangreicher Luftreinhaltemaßnahmen, beginnend in den 1970er Jahren (Genfer Luftreinhaltekonvention 1979), konnte der noch bis in die 1990er Jahre bedeutendste Belastungsfaktor für unsere Wälder, der Schwefeleintrag über die Luft, nahezu aus der Umwelt verbannt werden. Die Umsetzung der Großfeuerungsanlagen-Verordnung (GFA-VO) im Jahre 1983 war hierfür ein umweltpolitischer Meilenstein. Mittelgebirge und nährstoffarme Standorte in Nord- und Ostbayern waren besonders betroffen. Der vor allem von den industriellen Schwefelemissionen aus Kraftwerken und der Verbrennung verursachte Säureeintrag in die Wälder ist seither stark rückläufig. Der sprichwörtliche »Saurer Regen« ist Geschichte und die Erfolge der Luftreinhaltung in den 1980er und 90er Jahren sind im Wald angekommen. Die kontinuierlichen Messungen des forstlichen Umweltmonitorings belegen dies eindrücklich. Schwefeleinträge von ehemals mehr als 60 Kilogramm pro Hektar und Jahr [kg/(ha*a)] sind um bis zu 90% auf nur noch 5 bis 10 kg/(ha*a) zurückgegangen. Die pH-Werte im Niederschlag haben annähernd wieder »Mineralwasserqualität« erreicht. Der Versauerungsdruck auf die Waldstandorte ist deutlich zurückgegangen, in den Nadeln und Blättern der Bäume wird Schwefel nicht mehr angereichert, die Waldböden, insbesondere die Oberböden, erholen sich bereits. Wegen der ebenfalls säurewirksamen Stickstoffeinträge werden jedoch noch immer kritische Belastungsschwellen (Critical Loads) der Versauerung an Waldorten überschritten. Auch kann der im Mineralboden deponierte Schwefel früherer Jahrzehnte mancherorts noch über Jahre mit dem Sickerwasser ausgetragen werden und weiterhin zur Versauerung der Waldböden, vor allem in tieferen Wurzelhorizonten beitragen. Damit verbunden ist ein weiterer Verlust vor allem von basischen Nährstoffen.

3 Bestandesmessstelle der Waldklimastation Würzburg mit Depositionssammlern und Streufängern. Foto: LWF

Luftreinhaltung

Erfolge sind messbar!

Dank des starken Rückgangs der Schwefeleinträge erreichen die pH-Werte im Freilandniederschlag heute vielerorts wieder annähernd »Mineralwasserqualität«. Der Orientierungswert in der Abbildung entspricht dem natürlichen Kohlensäuregehalt im Niederschlag. Lediglich die Waldklimastationen Flossenbürg, Goldkronach und Rothenkirchen hinken noch deutlich hinterher. Der »Saurer Regen« ist Geschichte. Dennoch schreitet wegen säurewirksamer Stickstoffeinträge und des ehemals deponierten Schwefels die Versauerung der Waldböden mancherorts weiter fort.



Stickstoff: einst im Mangel, zunehmend im Überfluss

Leider ist der Erfolg der Luftreinhaltung bei den Stickstoffeinträgen nicht annähernd vergleichbar. Stickstoffeinträge, die zu etwa 40% aus der Verbrennung (Straßenverkehr, Industrie und Hausbrand) und zu etwa 60% aus landwirtschaftlichen Quellen der Tierhaltung stammen (BMUB 2017), bleiben ein dominierender Standortfaktor für die Wälder in den bevölkerungsreichen, hochindustrialisierten Regionen Mitteleuropas mit intensiver Landwirtschaft (Raspe et

al. 2013). Trotz aktueller Bemühungen zur Emissionsminderung (vgl. Düngeverordnung) sind die Stickstoffeinträge in die Waldökosysteme seit Jahrzehnten zu hoch. Wir beobachten zunehmende Stickstoffsättigung der Wälder. Einerseits förderte der zusätzliche Stickstoff aus der Luft das Wachstum der Waldbäume in der Vergangenheit stark und trug über Jahre zur Vorratssteigerung in den Wäldern bei. Die von Natur aus stickstofflimitierten Wälder haben die Düngewirkung genutzt und mehr Stickstoff verwertet. Andererseits sind nicht an allen



Waldstandorten weitere lebensnotwendige Nährstoffe in gleichem Maße verfügbar. Nährstoffungleichgewichte sind die Folge. Gleichzeitig wird Stickstoff, der nicht verwertet und gespeichert werden kann, als Nitrat mit dem Sickerwasser ausgetragen, belastet das Grundwasser und versauert die Waldböden zusätzlich. Insgesamt steigt das Risiko der Stickstoffeutrophierung weiter an. Die Folgen können Nährstoffstörungen, Nährstoffverluste, Nitrataustrag und Verlust der Filterfunktion der Wälder sein.

Überhöhte Stickstoffeinträge wirken sich deutlich auf die Artenzusammensetzung unserer Wälder aus. So werden die Stickstoffdepositionen heute als ein maßgeblicher Einflussfaktor auf die Biodiversität in den Wäldern der gemäßigten Breiten angesehen. Artenveränderungen (z. B. Zunahme Stickstoffanzeigender Arten, Rückgang von Arten nährstoffarmer Standorte) und Homogenisierungseffekte sind bereits vielfach zu beobachten. Jedem aufmerksamen Waldwanderer sind zwischenzeitlich die undurchdringlichen Brombeerhecken in unseren Wäldern vertraut. Noch die Generation unserer Eltern erinnert sich an moosreiche, gras- und krautarme Fichtenwälder. Ein Bild ihrer Jugend, das heute fast nur noch in frühen Altersphasen artenarmer und dicht geschlossener Fichtenjungbestände anzutreffen ist. An der Hälfte der bayerischen Waldklimastationen werden derzeit kritische Belastungsgrenzen für die eutrophierende Wirkung des Stickstoffs überschritten. Annähernd 30% der Wälder in Bayern zeigen bereits Nitratausträge mit dem Sickerwasser von über 10 mg

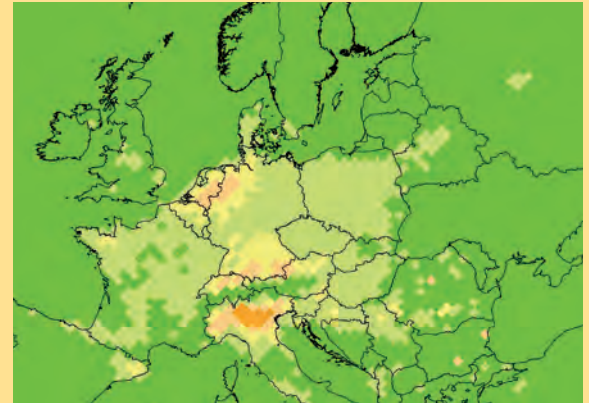
Stickstoff

Die Stickstoffeinträge in die Wälder sind seit Jahrzehnten hoch. Stickstoff – einst ein Mangelnährelement – ist heute vielerorts im Überfluss. Er ist ein dominierender Standortfaktor für die Wälder Mitteleuropas.

Quelle: Bultjes et al., 2011

Überfluss belastet Trinkwasser!

N-Deposition in Europa



N-Deposition [kg/(ha*a)]

| | | |
|-------|-------|-----|
| <10 | 15–20 | >30 |
| 10–15 | 20–30 | |

Nitrat/l (vgl. hierzu Beitrag von Raspe et al., S. 21 in diesem Heft).

Klimaerwärmung und Wetterextreme erhöhen das Risiko von Trockenstress

Seit wenigen Jahrzehnten, insbesondere aber nach 1990, wird nicht nur weltweit, sondern auch an bayerischen Waldstandorten eine starke Erwärmung gemessen. Die Sommerhalbjahre sind dort in den letzten 80 Jahren bereits um bis zu 1,5 Grad wärmer geworden.

Im Jahr 2003 wurde der bis dahin heißeste Sommer in Bayern seit Beginn der flächenhaften Wetteraufzeichnungen 1881 gemessen. Wegen der zusätzlich sehr geringen Niederschläge bekam er das Prädi-

kat »Jahrhundertsommer« verliehen. Nur zwölf Jahre später, im Jahr 2015, folgte dann das nächste »Jahrhundert«ereignis, wieder gekennzeichnet durch Rekordhitze (neuer absoluter Temperaturrekord mit 40,39°C in Kitzingen) und extreme Trockenheit. Neun der zehn wärmsten Jahre seit Beginn der Wetteraufzeichnungen vor 137 Jahren traten in Bayern somit nach der Jahrtausendwende auf. In phänologischen Erhebungen an den Waldklimastationen beobachten wir einen frühzeitigeren Blattaustrieb und eine Verlängerung der Vegetationsperiode.

Klimawandel: Zum Leidwesen der Fichte

Wir erkennen starke artspezifische Unterschiede in der Trockenstressresistenz. In Jahren mit extremen Trockensommern wie 2003 und 2015 war das Dickenwachstum bei vitalen Fichten bis in montane Berglagen im Vergleich zu den Vorjahren um 40 bis 60% vermindert (vgl. auch Beitrag Klemmt et al., S. 16 in diesem Heft).

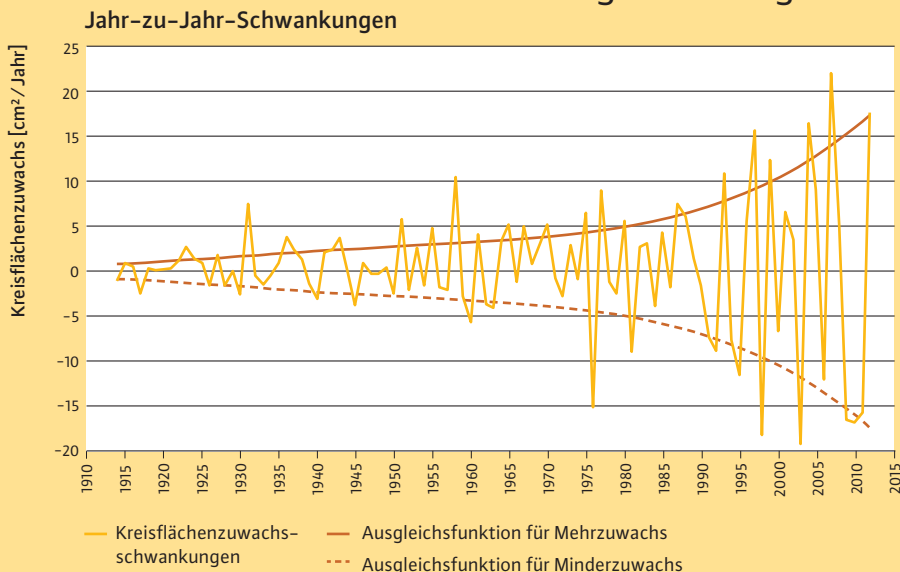


4 Waren früher die Waldböden unter Fichten noch moosreich und arm an Gräsern, Kräutern und Stauden, so hat sich das Bild dramatisch geändert. Vielfach wächst heute in Fichtenwäldern dichte Brombeervegetation, die vor allem bei der Verjüngung der Bestände Probleme bereiten kann. Foto:

W. Rothkegel, LWF

Zuwachs

Die Ausschläge werden größer!



Das Dickenwachstum von Fichten und Buchen im Flachland weist zunehmend stärkere Jahr-zu-Jahr-Schwankungen auf. Auf Jahre mit üppigem Wachstum folgen Jahre mit starken Zuwachseinbrüchen. Der Zuwachsverlauf ähnelt einer »Fieberkurve«. Extreme Trockenjahre sind oft Auslöser der starken Zuwachsreaktionen. Nach 1990 verzeichnen viele Bäume auf den Waldklimastationen höhere Ausschläge nach oben wie nach unten auf – wie zum Beispiel die Buchen auf der WKS Freising.

Die Fichte erweist sich vor allem auf was-serlimitierten Standorten als Baumart mit geringster Trockenresistenz. Weniger stark beeinträchtigt sind das Durchmesserwachstum und damit i.d.R. auch der Volumenzuwachs von Buchen und Eichen. Im Flachland zeigen Fichten wie Buchen auf allen Waldklimastationen Zuwachsanomalien, die sich in starken Zuwachsschwankungen in den letzten drei Jahrzehnten äußern. Trockenheit ist wiederholt Auslöser dieser starken Zuwachsreaktionen. Auf den bisher klimalimitierten Standorten in Berglagen können insbesondere Baumarten wie Tanne oder Buche von mehr Sommerwärme und erhöhter Sonnenstrahlung profitieren. Den Jahrhundert Sommern folgten jeweils Borkenkäferkalamitäten. Das Anbaurisiko insbesondere der Fichten steigt und folgt damit den Prognosen, die im Bayerischen Standortinformationssystem BaSIS seit einigen Jahren an die Praxis herangetragen werden.

Fazit

Die detaillierten Beobachtungen an den bayerischen Waldklimastationen zeigen, wie sehr der Mensch durch Emission von Luftschadstoffen und Treibhausgasen die Waldstandorte und damit auch Gesundheit, Funktionsfähigkeit und Biodiversität der Wälder beeinträchtigt. Die Standorts- und damit auch die Wachstumsbedingungen ändern sich derzeit rasch. Ehemals bewährte Planungsgrundlagen haben ihre Gültigkeit verloren. Die Wirkungen des Wandels sind in den Wäldern angekommen, Vitalitäts- und Bodenveränderungen können als Stressindikatoren gewertet werden. Wirksame Maßnahmen zur Verbesserung der Luftqualität (Minderung von Stickstoffemissionen und Treibhausgasen) sind dringend erforderlich, um wachsende Risiken für die Waldgesundheit zu minimieren. Eine naturnahe und vorausschauende Forstwirtschaft kann die Anpassungsprozesse in den Wäldern einleiten und beglei-

ten. Die Bayerische Staatsregierung hat zwischenzeitlich im Zusammenhang mit dem Klimaprogramm 2050 ein umfangreiches Waldumbauprogramm eingeleitet. Die Ergebnisse des forstlichen Umweltmonitorings haben vielfältig Eingang gefunden in aktuelle Planungs- und Beratungsgrundlagen sowie Prognosemodelle. Wie sich die Umweltbedingungen künftig weiter verändern werden, lässt sich nur schwer vorhersagen. Umso wichtiger ist es, ihre Entwicklung und die Wirkungen auf das Ökosystem Wald zeitnah und kontinuierlich zu erfassen.

Literatur

- BMEL – Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (Hrsg.) (2016):** Forstliches Umweltmonitoring in Deutschland. Durchführungskonzept Forstliches Umweltmonitoring; Bonn 2016
- BMUB – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (Hrsg.) (2017):** Stickstoffeintrag in die Biosphäre; Erster Stickstoff-Bericht der Bundesregierung. Berlin, 2017
- Builtjes, P. et al. (2011):** Abschlussbericht zum UFOPLAN-Vorhaben FKZ 3707 64 200: Erfassung, Prognose und Bewertung von Stoffeinträgen und ihren Wirkungen in Deutschland (Modelling of Air Pollutants and Ecosystem Impact – MAPESI). Im Auftrag des Umweltbundesamtes
- Dietrich, H.-P.; Raspe, S.; Zimmermann, L.; Bickel, E.; Blum, U.; Kanold, A.; Schubert, A.; Wauer, A.; Kölling, Ch. (2014):** Bayerische Waldklimastationen: Umweltbedingte Veränderungen im Wald erkennen und bewerten. LWF Wissen 76, S. 58–66
- Ferreti, M.; Fischer, R. (Hrsg.) (2013):** Forest Monitoring. Developments in Environmental Science 12, Elsevier, 207 S.
- Mohr H. (1994):** Stickstoffeintrag als Ursache neuartiger Waldschäden; Spektrum der Wissenschaft 1, 1994 S. 48
- Preuhler, T.; Gietl, G. (1994):** Langfristige Forschungsschwerpunkte im Waldökosystem-Monitoring an der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft. Forst und Holz 49. Jg., Heft 4, S. 83–86
- Raspe, S.; Dietrich, H.-P.; Zimmermann, L. (2013):** Stoffeinträge sind ein Standortfaktor. LWF aktuell 94, 18–22
- Röhle, H. (1987):** Entwicklung von Vitalität, Zuwachs und Biomassenstruktur der Fichte in verschiedenen bayerischen Untersuchungsgebieten unter dem Einfluss der neuartigen Walderkrankungen. Forstl. Forschungsberichte München, Band 83, 122 S.
- StMELF – Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten:** jährliche Kronenzustandserhebungen

Autoren

Hans-Peter Dietrich, Dr. Stephan Raspe, Dr. Lothar Zimmermann, Dr. Alexandra Wauer, Desirée Köhler und Alfred Schubert sind Mitarbeiter in der Abteilung »Boden und Klima« der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft. Joachim Stiegler (Abt. Waldbau und Bergwald) und Dr. Thomas Kudernatsch (Abt. Biodiversität, Naturschutz, Jagd) sind ebenfalls Mitarbeiter an der LWF. Dr. Uwe Blum leitet das chemische Labor der LWF. Dr. Hans-Joachim Klemmt leitet die für das Forstliche Monitoring federführende Abteilung »Boden und Klima«. **Kontakt:** Hans-Peter.Dietrich@lwf.bayern.de

Forstliches Umweltmonitoring

Das Monitoring von Umwelteinflüssen und ihrer Wirkungen auf Wälder ist in einer Verordnung zu § 41a des Bundeswaldgesetzes vom 20. Dezember 2013 verbindlich geregelt (»Verordnung über Erhebungen zum forstlichen Umweltmonitoring«, ForUmV), BGBl. I S. 4384. Das forstliche Umweltmonitoring stützt sich auf zwei Säulen (BMEL 2016), den landesweit repräsentativen Erhebungen des Wald- und des Bodenzustandes auf einem systematischen Stichprobennetz, dem sog. Level I-Netz und kontinuierlichen Intensivmessungen wichtiger Umwelteinflüsse und ihrer Wirkungen auf ausgewählte Waldbestände, dem sog. Level II-Netz, in Bayern auch Waldklimastationen genannt.

Level I: Wald- und Bodenzustandserhebungen

In Bayern wird der Gesundheitszustand der Wälder in den Waldzustandserhebungen (WZE) seit 1983 jährlich ermittelt und berichtet. Aktuell liegt den Erhebungen ein 16 x 16 km Aufnahmeaster zu grunde. Die erste flächendeckende Waldbodeninventur oder Bodenzustandserhebung (BZE) in Bayern erfolgte in den Jahren von 1985 bis 1987 auf einem 8 x 8 km Erhebungsraster. Zwischen 2006 und 2008 fand mit der BZE-2 die erste Wiederholung statt. Weitere Erhebungen im Abstand von 10 bis 20 Jahren werden folgen.

Level II: Waldklimastationen

An den Waldklimastationen (WKS) werden kontinuierlich die Umwelteinflüsse in ausgewählten Waldbeständen gemessen und ihre Wirkungen erfasst. An den ersten bayerischen Messstationen wurde der Intensivmessbetrieb im Jahr 1991 aufgenommen. Aktuell betreuen wir in Bayern ein Netz von 19 Waldklimastationen.

Inventur und Monitoring – aus zwei mach eins

Die Instrumente des forstlichen Umweltmonitorings ergänzen die periodischen Naturalinventuren zum Holzvorrat und zur Baumartenzusammensetzung (Bundeswaldinventur). In Bayern sind die Rastermessnetze von Inventur und Monitoring seit dem Jahr 2006 zusammengelegt. Die Fallstudien an bayerischen Waldklimastationen sind gleichzeitig auch Standorte der landnutzungsübergreifenden Bodendauerbeobachtung und erfüllen damit einen weiteren gesetzlichen Auftrag, der sich aus dem Gesetz zum Schutz vor schädlichen Bodenveränderungen und zur Sanierung von Altlasten (BBod-SchG) ergibt. Sie haben Schnittstellen zum forstgenetischen Monitoring und werden als Forschungsstandorte intensiv genutzt.

Europäisches Umweltmonitoring: international einzigartig

Das Forstliche Umweltmonitoring hat seine Ursprünge in der Waldschadensforschung der frühen 1980er Jahre. Konzept und Aufbau gehen in Bayern auf Landtagsaufträge in den 1980er Jahren zurück (Preuhsler et al. 1994; Dietrich et al. 2014) und waren damals weitblickend, wie der Name Waldklimastation erkennen lässt. Die Einrichtung und den Betrieb der Waldklimastationen hat in den Jahren 1987 bis 2006 die Europäische Union gefördert. Die Waldzustandserhebungen wie auch die Waldklimastationen sind von Beginn an eingebettet in ein internationales Protokoll zur Luftreinhaltung, der Genfer Luft-

reinhaltekonvention von 1979 (CLRTAP). Sie sind damit seit über einem Vierteljahrhundert Bestandteil des internationalen Beobachtungsnetzes zur Wirkung grenzüberschreitender Luftverunreinigung auf Wälder (UN-ECE ICP-Forests). An diesem weltweit einzigartigen Monitoringnetz in terrestrischen Ökosystemen mit unterschiedlichen Intensitätsleveln (Level I und Level II) beteiligen sich zwischenzeitlich 42 Staaten. Es reicht vom Nordkap bis zu den Kanaren, vom Atlantik bis zum Schwarzen Meer. Die Besonderheit: Datenerhebung und Messungen erfolgen nach einheitlichem Standard (Ferretti & Fischer 2013). Das ermöglicht die Vergleichbarkeit von Befunden über Landesgrenzen hinweg.

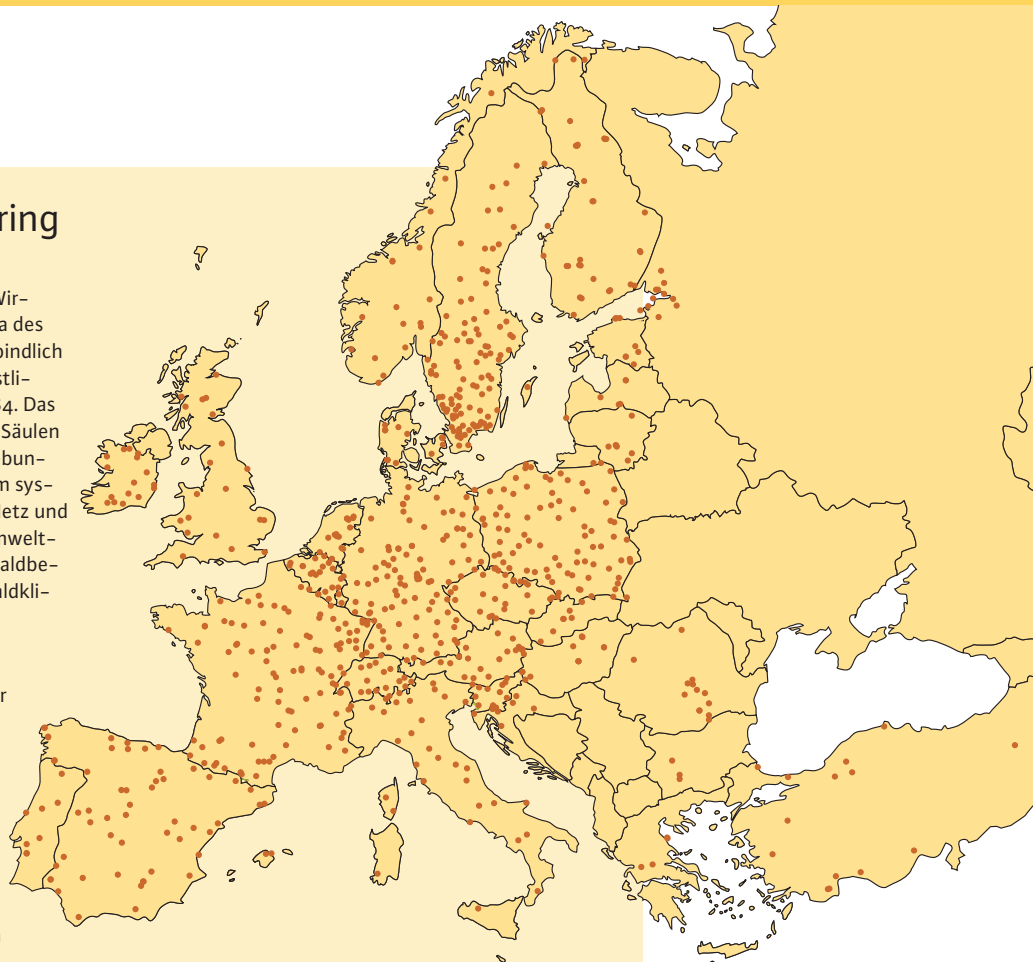
Über die Ergebnisse des Monitorings wird regelmäßig berichtet, in Waldzustandsberichten der Länder, bundesweit und international. Aktuelle Messdaten sind online aufbereitet.

Hans-Peter Dietrich

www.lwf.bayern.de
www.bmel.de

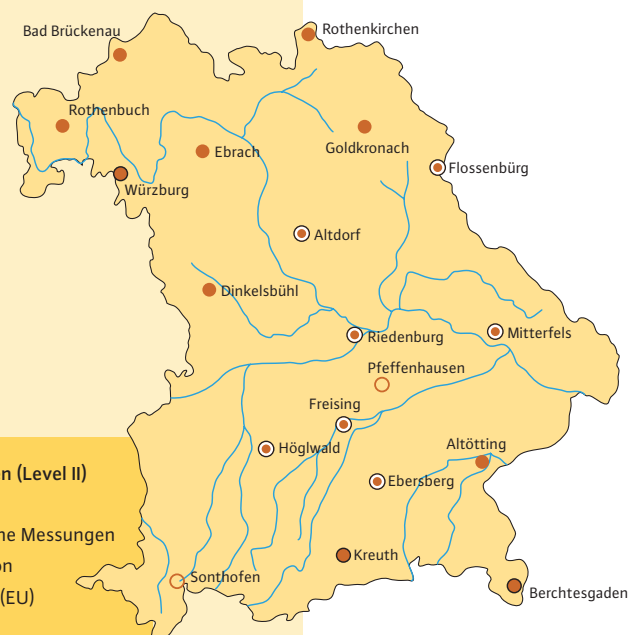
Waldklimastationen (Level II)

- Grundprogramm
- nur meteorologische Messungen
- Schwerpunktstation
- gefördert in LIFE+ (EU)



● Level-II-Flächen

Forstliches Umweltmonitoring in Waldökosystemen Europas (oben): 19 bayerische Waldklimastationen (unten) eingebunden in das europäische Monitoringnetzwerk von 42 Staaten im Level I und Level II des ICP Forests (International Cooperative Program of Forests)



Klimawandel in Bayern

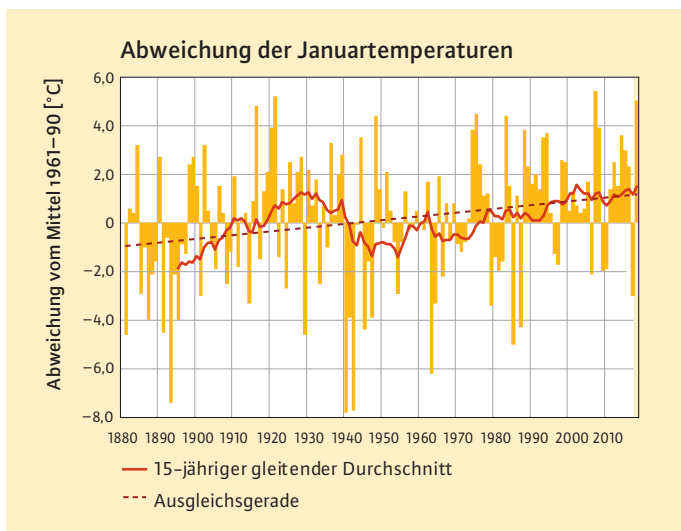
Sichtbar auch an Veränderungen im Wasserhaushalt an den Waldklimastationen

Lothar Zimmermann und Stephan Raspe

Der globale Klimawandel wirkt sich regional unterschiedlich aus. Neben Änderungen im Langzeitverhalten von meteorologischen Standardgrößen wie Lufttemperatur und Niederschlag sind für die Wasserversorgung der Wälder besonders komplexe Größen wie Transpiration und Trockenstress entscheidend, wie sie an den bayerischen Waldklimastationen abgeleitet werden.

Das Jahr 2017 hat wieder einige Klimarekorde aufgestellt (s. Beitrag Zimmermann & Raspe, S. 57 in diesem Heft). Und auch der Januar 2018 war abermals besonders warm. Er war der drittwärmste Januar in Bayern seit Beginn flächenhafter Messungen (Abbildung 2). Natürlich sind solche einzelnen Witterungsrekorde, wie auch andere Witterungsextreme, noch kein Nachweis des Klimawandels, doch ihre Häufung in den letzten drei Jahrzehnten spricht eine deutliche Sprache (Coumou & Rahmstorf 2012). Wir befinden uns schon voll im Klimawandel. Seit Ende der 1980er Jahre steigen in Bayern die Jahresmittelwerte der Lufttemperatur im Vergleich zu den langjährigen Mittelwerten der klimatologischen Referenzperiode (1961–90) deutlich erkennbar an (s. Beitrag Zimmermann & Raspe, S. 57 in diesem Heft). Doch was wissen wir über weitere, schon erkennbare Zeichen der Klimaänderungen in Bayern? Und was hat das alles mit dem Wasserhaushalt unserer Wälder zu tun?

2 Abweichung der mittleren Lufttemperatur für Bayern in den Jahren 1881–2018 vom Mittel der Jahre 1961–90 für den Monat Januar
(Quelle: DWD)



1 Die Waldklimastationen bestehen aus einer Bestandes- und einer Freilandmessstelle. Im Freiland werden z. B. wichtige Kenngrößen zu Wasserhaushalt, Globalstrahlung oder Verdunstung erhoben. Foto: S. Raspe, LWF



Lufttemperaturen nehmen zu

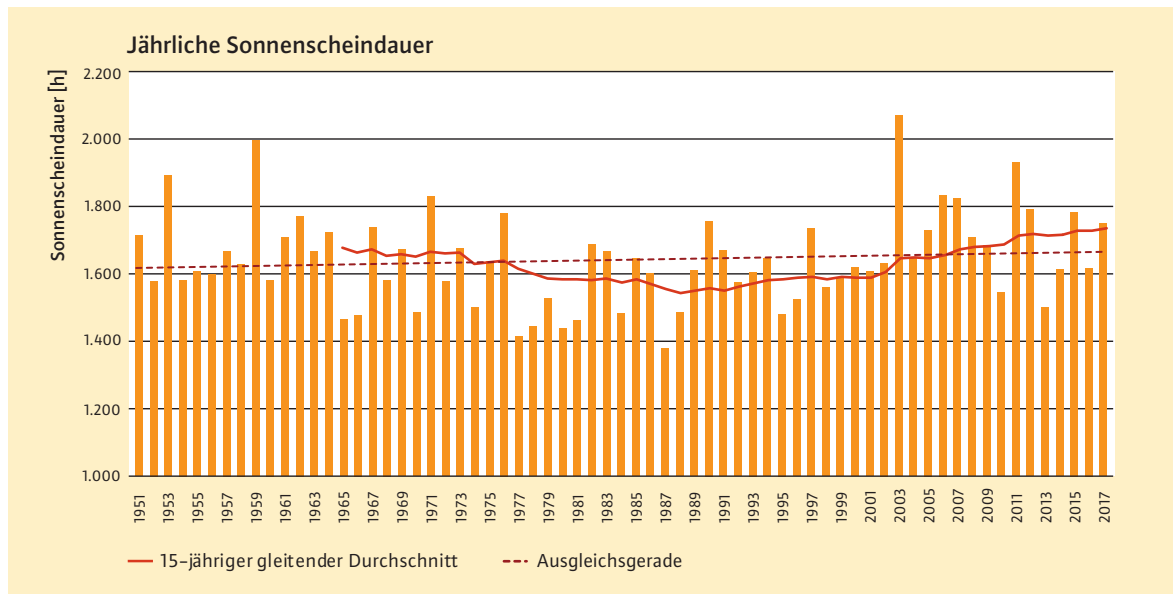
Dass die Klimaerwärmung nicht nur ein globales Phänomen ist, sondern uns ganz konkret auch in Bayern betrifft, zeigen deutlich die ansteigenden Trends der Lufttemperatur in den langen Zeitreihen von Klimastationen in ganz Süddeutschland (KLIWA 2016). Aktuell liegt die absolute Temperaturerhöhung aus den Daten des Deutschen Wetterdienstes (DWD) flächenrepräsentativ für Bayern für den Zeitraum von 1881 bis 2017 bei +1,5 Grad (s. Beitrag Zimmermann & Raspe, S. 57 in diesem Heft). Schon in kürzeren Zeitreihen (1931–2015) zeigte sich dieser Erwärmungstrend (KLIWA 2016), so auch in den retrospektiv verlängerten Zeitreihen der Waldklimastationen (s. Beitrag Dietrich et al., S. 6 in diesem Heft).

Die Erwärmung ist in Bayern im hydrologischen Winterhalbjahr (November–April) stärker ausgeprägt (1,6° in 136 Jahren) als im Sommerhalbjahr (1,4° in 137 Jahren). In den letzten 15 Jahren zeigt sich allerdings, dass die Zunahme der Erwärmung im Vergleich zur klimatologischen Referenzperiode 1961–90 im Sommerhalbjahr vergleichbar hoch wie im Winterhalbjahr ist.

Wenn es wärmer wird, kann nach der Magnus-Formel – einer Näherungsgleichung zur Berechnung des Sättigungsdampfdrucks in der Luft – auch mehr Wasserdampf in der Atmosphäre aufgenommen werden. Kühlt die Luft dann wieder ab, kondensiert das Wasser und wird als Niederschlag abgerechnet. Man kann sich also die Wirkung der Klimaerwärmung allgemein als Beschleunigung des Wasserkreislaufs vorstellen.

Veränderungen des Niederschlags

Welche Erkenntnisse haben wir zur Entwicklung der Niederschläge in Bayern? Kommt es zu einer saisonalen Umverteilung zwischen Sommer und Winter? Ein Problem bei den Niederschlägen ist, dass ihre räumliche und zeitliche Variabilität deutlich höher ist als die der Lufttemperatur. Daher sollten längere Zeitreihen (>50 Jahre) betrachtet werden, um Änderungen detektieren zu können. Generell sind die Aussagen zur Entwicklung des Niederschlags nicht so sicher und eindeutig wie beim Erwärmungstrend.



3 Linearer Trend und gleitendes 15-jähriges Mittel der jährlichen Sonnenscheindauer in Bayern für die Jahre 1951–2017 Quelle: DWD

Insgesamt zeichnet sich jedoch ein zunehmender Trend der Jahresniederschläge in Bayern ab. Aus der Zeitreihe von 1881 bis 2017 der Rasterdaten des DWD ergibt sich ein zunehmender Trend von 10,3% bei der Jahressumme des Gebietsniederschlags in Bayern, wobei wegen der höheren Variabilität nicht die Signifikanzhöhe wie bei der Lufttemperatur erreicht wird. Auch für ganz Deutschland nimmt der Jahresniederschlag vergleichbar zu (Kaspar et al. 2017). Wichtig ist dabei, dass die Niederschläge vor allem im Winter zunehmen, während sie im Sommer praktisch unverändert bleiben. In Bayern nehmen die Winterniederschläge in der Periode von 1881 bis 2017 um 25% (bezogen auf das Mittel 1961–90) zu. Im Sommer ist dagegen nur eine Zunahme um 0,3% festzustellen. Vergleichbare Befunde existieren auch für andere Bezugszeiträume im Jahr wie beispielsweise für das hydrologische Winterhalbjahr, für das sich eine Zunahme der Niederschläge von 22% im Zeitraum von 1881 bis 2017 ergibt. Im hydrologische Sommerhalbjahr (Mai bis Oktober) sind die Niederschläge lediglich um 1,5% mehr geworden sind. Untersuchungen für größere Flusseinzugsgebiete in Süddeutschland mit aggregierten Gebietsmitteln für eine kürzere Zeitreihe (1931–2015) zeigen ein vergleichbares saisonales Muster: Zunahmen im Winterhalbjahr sowie kaum eine Änderung im Sommerhalbjahr (KLIWA 2016). Viele der retrospektiv verlängerten Zeitreihen

der Waldklimastationen bestätigen dieses Verhalten. Im Sommerhalbjahr kann es aber selbst bei wenig Änderung in der Niederschlagssumme durch einen veränderten Energiehaushalt zu einer Erhöhung der Verdunstung und somit zu einem steigenden Wasserbedarf der Pflanzen kommen.

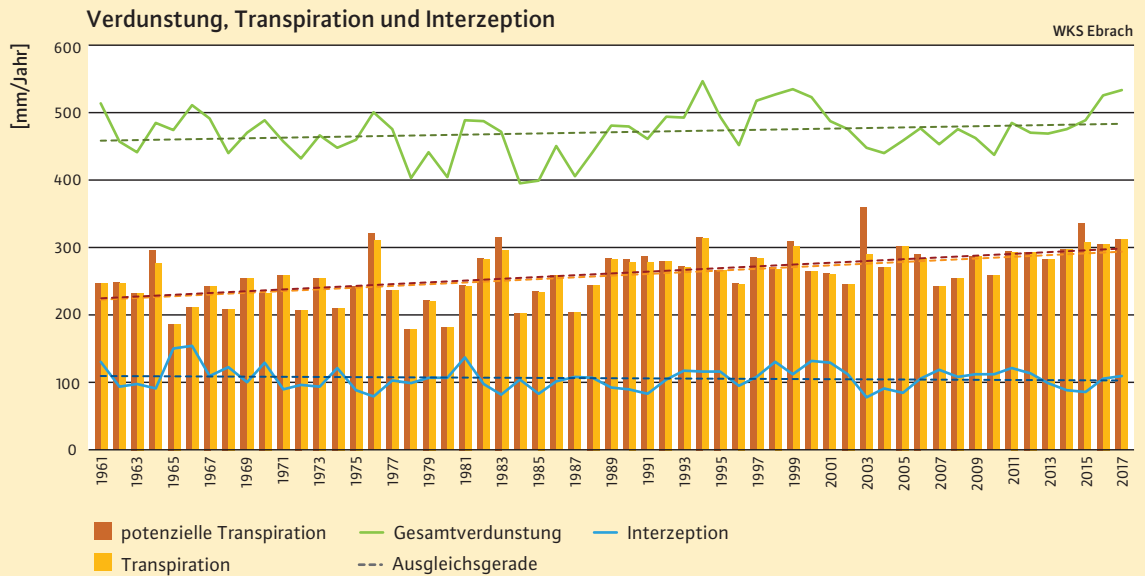
Solare Strahlung und Verdunstung

Neben dem Niederschlag ist die Verdunstung die zweite wichtige Größe im Wasserhaushalt. Sie macht in der Wasserbilanz Deutschlands etwa 62% des Niederschlags aus (Klämt 2008). Die Verdunstung verknüpft den Wasser- und Energiehaushalt der Erdoberfläche miteinander, da beim Übergang vom flüssigen zum gasförmigen Aggregatzustand Energie als Verdampfungswärme verbraucht wird und so zur Kühlung beispielsweise auch der Blatt- oder Nadeloberflächen beiträgt. Wenn der Wasserdampf dann wieder zu Regentropfchen oder zu Eiskristallen kondensiert bzw. sublimiert, wird diese Energie wieder frei. Dieser unsichtbare Wärmetransport wird als *latenter Wärmetrom* bezeichnet und ist gleichbedeutend mit dem Massenstrom der Verdunstung. Der latente Wärmetrom und mit ihm auch die Verdunstung werden wesentlich dadurch bestimmt, wie viel solare Strahlung auf der Austauschoberfläche umgesetzt wird, sei es nun ein Acker, ein kurzgeschnittener Rasen oder das Kronendach eines Waldes.

Die solare Einstrahlung wird meist über ihren kurzwelligen Anteil – die Globalstrahlung – beschrieben. Bevor es moderne Strahlungsmesser gab, die die Globalstrahlung unter einer Glashalbkugel direkt messen, wurde aufgezeichnet, wie lange direkte Sonneneinstrahlung an einem Standort herrschte. Diese Messzeitreihen der Sonnenscheindauer reichen deutlich weiter in die Vergangenheit zurück, so dass man an ihnen auch mit Trendanalysen testen kann, ob eine Veränderung vorliegt. Die Sonnenscheindauer kann direkt in die Globalstrahlung umgerechnet werden.

Ob nun die Sonneneinstrahlung in Bayern zu- oder abgenommen hat, ist zur Zeit nicht mit Sicherheit zu beantworten. Zum einen zeigen Untersuchungen des DWD zum Langzeitverhalten der Globalstrahlung bzw. der Sonnenscheindauer für Süddeutschland im Projekt KLIWA an Stationszeitreihen zwischen 1951 und 2000 signifikant negative Trends der jährlichen Sonnenscheindauer (Klämt 2008). Andererseits ergeben eigene Auswertungen aktuell für Bayern flächendeckend vorliegender Werte des DWD für die Sonnenscheindauer eine geringe relative Zunahme von +3% im Zeitraum 1951 bis 2017, die allerdings nicht signifikant ist (Abbildung 3). Gerade solche Befunde zeigen, wie wichtig es im ablaufenden Klimawandel ist, möglichst aktuelle Datengrundlagen für die Trendanalyse zur Verfügung zu haben, um Veränderungen registrieren zu können, die sich aus dem Rauschen der klimatischen Variabilität herausheben.

4 Gesamtverdunstung, aktuelle sowie potenzielle Transpiration und Interzeptionsverdunstung eines 183-jährigen Buchenbestandes an der WKS Ebrach



5 Relativer Trend (Trendbetrag/Mittelwert der Zeitreihe) und Signifikanzmaße der Waldklimastationen Ebrach, Freising, Riedenburg und Würzburg

| Verdunstungskomponente | Statistisches Maß | Ebrach | Freising | Würzburg | Riedenburg |
|---------------------------|---------------------|--------|----------|----------|------------|
| Gesamtverdunstung | Relativer Trend [%] | 5 | -3 | -8 | 5 |
| | Signifikanz | n.s. | n.s. | ** | n.s. |
| Transpiration | Relativer Trend [%] | 13 | 5 | 4 | 3 |
| | Signifikanz | **** | *** | *** | * |
| potenzielle Transpiration | Relativer Trend [%] | 13 | 6 | 4 | 4 |
| | Signifikanz | **** | *** | n.s. | n.s. |
| Interzeption | Relativer Trend [%] | -1 | -6 | -9 | -2 |
| | Signifikanz | n.s. | * | **** | n.s. |
| Bodenevaporation | Relativer Trend [%] | -17 | -11 | -17 | 1 |
| | Signifikanz | **** | *** | **** | n.s. |

Signifikanz: Trendtest nach Mann-Kendall: ****: p > 99,9%; ***: p > 99%; **: p > 95%; *: p > 90%; n.s.: p < 90%

Aus den negativen Trends der solaren Strahlung wurde für die Zeitreihe 1931–1997 für Süddeutschland noch ein Rückgang der potenziellen Verdunstung berechnet (Klämt 2008). Unter potenzieller Verdunstung versteht man die maximal mögliche Verdunstung, die sich nur aus dem Verdunstungsanspruch der Atmosphäre errechnet, ohne zu berücksichtigen, wieviel Wasser bei welcher Rauigkeit der Oberfläche und dadurch bei Wind mit welcher Turbulenz in die Atmosphäre aufgenommen werden kann. Dieser etwas überraschende Befund wurde mit längeren Zeitreihen (1891–2006) von einigen wenigen Stationen jedoch widerlegt, hier fanden sich langfristig signifikante Zunahmen der potenziellen Verdunstung (Klämt 2008).

Verdunstung in Wäldern

Aufgrund dieser sehr unterschiedlichen Befunde interessierte uns, welche Änderungen der Verdunstung und ihrer Komponenten wir an den Waldklimastationen sehen können. Hat die Klimaän-

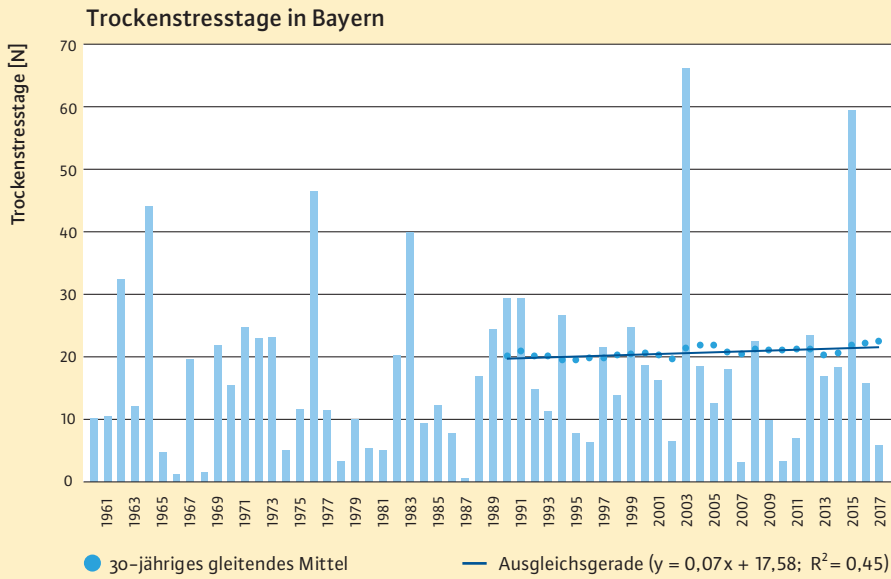
derung auch schon erkennbare Auswirkungen auf die Wasserversorgung der Wälder in Bayern? Um diese Frage zu beantworten, haben wir den Wasserhaushalt für die Waldklimastationen mit dem Modell LWF-BROOK90 (Hammel & Kennel 2004) modelliert. Da Klimawirkungen nur in langen Zeitreihen zu verstehen sind, haben wir dazu die meteorologischen Messreihen der Waldklimastationen durch Regressionen mit Zeitreihen von nahegelegenen Stationen des Deutschen Wetterdienstes bis in die 1960er Jahre hinein verlängert und so die Verdunstung und damit auch die Wasserversorgung der Bäume berechnet.

Als erstes schauen wir uns die Transpiration über die Blätter der Bäume an. Dabei unterscheidet man zwischen der aktuellen Transpiration und der potenziellen Transpiration. Während die aktuelle Transpiration die Wassermenge bezeichnet, die die Bäume tatsächlich verdunsten, gibt die potenzielle Transpiration an, wieviel die Bäume hätte verdunsten müssen, um den atmosphärischen Ver-

dunstungsanspruch zu erfüllen. Beispielfhaft werden hier zwei Buchen- sowie zwei Eichenstandorte in Nord- und Südbayern vorgestellt. Potenzielle wie auch die tatsächliche Transpiration zeigen einen deutlich zunehmenden Trend in der Zeitreihe 1961–2017 (Beispiel Buche, WKS Ebrach; Abbildung 4). Dies ist nicht nur in Ebrach, sondern an allen der vier untersuchten Laubwald-Waldklimastationen der Fall. Bei der tatsächlichen Transpiration ist dieser positive Trend auch in allen vier untersuchten Waldklimastationen signifikant (Abbildung 5). In Jahren mit Trockensommern wie 2003 und 2015, aber auch 1976 und 1983, wird Trockenstress im Sommer durch die gegenüber der aktuellen Transpiration höheren potenziellen Transpiration deutlich. Die Differenz zwischen potenzieller und tatsächlicher Transpiration ist auch ein Maß für den Trockenstress und wird beispielweise im digitalen forstlichen Standortinformationssystem BaSIS zur Charakterisierung des Wasserhaushalts verwendet.

Die passive Interzeptionsverdunstung, also die Evaporation von den benetzten Blatt- und Stammoberflächen, wie auch die Bodenevaporation nehmen tendenziell dagegen überall ab (Abbildung 5). Bei der Interzeption, die auch stark von der Art der Niederschläge bestimmt wird, könnte dies durch eine Verschiebung hin zu intensiveren Niederschlagsereignissen mit prozentual niedriger Interzeption verursacht sein.

Die Gesamtverdunstung weist je nach Verhältnis der Trends ihrer Teilkomponenten (Transpiration, Interzeption und



6 Anzahl der Trockenstresstage im Mittel aller Waldklimastationen von 1960 bis 2017 (Balken) sowie das gleitende 30-jährige Mittel (Punkte) und dessen linearer Trend (Linie) von 1990 bis 2017

Bodenevaporation) sowohl zunehmende wie auch abnehmende Trends auf (Abbildung 5). Insgesamt zeigt aber die überall zunehmende Transpiration bei mehr oder weniger gleichbleibender Niederschlagsmenge während der Vegetationszeit (siehe oben) ein zunehmendes Trockenstressrisiko an allen untersuchten Laubwaldstandorten an.

Mehr Trockenstresstage als früher

Dies zeigt sich auch an einer Zunahme der Trockenstresstage an den Waldklimastationen. Tage, an denen der pflanzenverfügbare Wasservorrat im Boden weniger als 40% der nutzbaren Feldkapazität beträgt, werden als Trockenstresstage bezeichnet. Da in der Klimatologie eine Periode von mindestens 30 Jahren zur Charakterisierung des Klimas herangezogen wird, haben wir zusätzlich das gleiten-

de dreißigjährige Mittel der Anzahl der Trockenstresstage für den Zeitraum von 1961 bis heute für jede Waldklimastation berechnet. Die mittlere Anzahl der Tage mit einer eingeschränkten Wasserversorgung der Wälder hat im Zeitraum von 1961 bis 2017 erkennbar zugenommen (Abbildung 6). Die durchschnittliche Anzahl der Trockenstresstage stieg seit 1990 bis heute um 1,9 Tage an. Nordbayern ist davon stärker betroffen als Südbayern (Abbildung 7). An den Waldklimastationen nördlich der Donau lag der Anstieg bei 2,7, südlich davon bei 1,1 Tagen. Die relativ geringe Anzahl der mittleren Trockenstresstage über alle Waldklimastationen hinweg darf nicht darüber hinwegtäuschen, dass an trockeneren Standorten und in Extremjahren wesentlich häufiger Trockenstress vorkommt. So müssen beispielsweise die Kiefern an der

Waldklimastation Altdorf im Nürnberger Reichswald im Mittel an über 80 Tagen im Jahr mit einer eingeschränkten Wasserversorgung leben. Hier nahm in dem 27-jährigen Untersuchungszeitraum die Anzahl der Trockenstresstage auch besonders stark um fast neun Tage zu. Dagegen kommt in den Alpen oder Mittelgebirgen normalerweise kein oder nur sehr selten Trockenstress vor. In Jahren mit extrem wenig Niederschlag während der Vegetationszeit und hohen Temperaturen nimmt die Anzahl an Trockenstresstagen allgemein zu. Besonders deutlich wird das an den Extremjahren 2003 mit im Mittel mehr als 66 Tagen, 2015 mit rund 60 Tagen und 1976 mit knapp 47 Tagen. Das bedeutet, dass in Extremjahren im Mittel aller Waldklimastationen die Bäume für eineinhalb bis über zwei Monate unter Trockenstress stehen können. Zur möglichen Zunahme von Extremereignissen lesen Sie auch den Artikel von Klemmt et al., S. 16 in diesem Heft.

Zusammenfassung

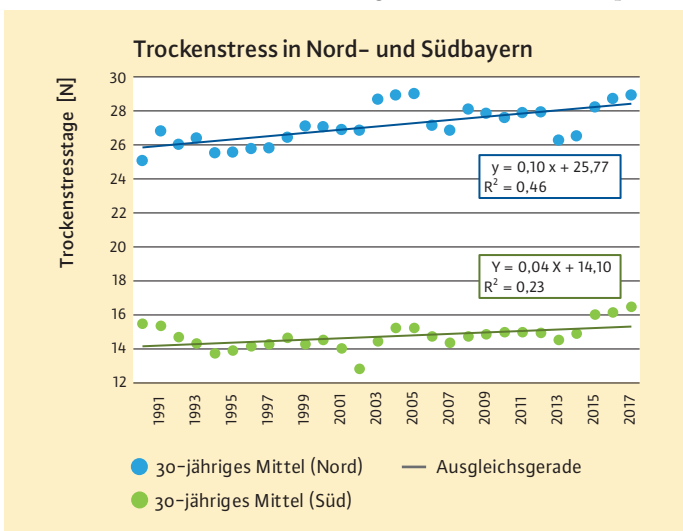
Seit Anfang der 1990er Jahre betreibt der Freistaat Bayern die Waldklimastationen. Durch die Verlängerung der gemessenen Klimazeitreihen in die Vergangenheit sind Änderungen im Langzeitverhalten wie der ansteigende Trend der Lufttemperatur und auch saisonale Änderungen beim Niederschlag (Zunahme im Winterhalbjahr) auf die Waldstandorte übertragbar. Die meteorologischen Zeitreihen werden unter Berücksichtigung von Bestand und Boden durch die Anwendung eines vorher überprüften Wasserhaushaltsmodells in Zeitreihen des Wasserhaushalts umgerechnet. Damit kann die Zunahme der Transpiration mit der Klimaerwärmung und damit auch des Trockenstress für die Bäume quantifiziert werden. Vor allem die Wälder in Nordbayern leiden zunehmend mehr unter Trockenstress als Wälder in Südbayern.

Literatur

Coumou, D.; Rahmstorf, S. (2012): A decade of weather extremes. Nature Climate change, doi:10.1038/nclimate1452
 Hammel, K.; Kennel, M. (2004): Charakterisierung und Analyse der Wasserverfügbarkeit und des Wasserhaushalts von Waldstandorten in Bayern mit dem Simulationsmodell BROOK90. Forstl. Forschungsberichte München185, 135 S.
 Kaspar, F.; Mächel, H.; Jacob, D.; Kottmeier, C. (2017): Beobachtung von Klima und Klimawandel in Mitteleuropa und Deutschland. In: Brasseur, J.; Jacob, Schuck-Zöllner (Hrsg.), Klimawandel in Deutschland. Springer Spektrum, Berlin, Heidelberg, S. 17–26
 Klämt, A. (2008): Langzeitverhalten von Sonnenscheindauer und Globalstrahlung sowie von Verdunstung und klimatischer Wasserbilanz in Baden-Württemberg und Bayern. KLIWA-Bericht 12; aufgerufen am 14.02.2018: http://www.kliwa.de/_download/KLIWAHeft12.pdf
 KLIWA (2016): Klimawandel in Süddeutschland. Veränderungen von meteorologischen und hydrologischen Kenngrößen. Klimamonitoring-Bericht 2016; aufgerufen am 14.02.2018: http://www.kliwa.de/_download/KLIWA_Monitoringbericht_2016.pdf

Autoren

Dr. Lothar Zimmermann und Dr. Stephan Raspe sind Mitarbeiter in der Abteilung »Boden und Klima« der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft.
Kontakt: Lothar.Zimmermann@lwf.bayern.de



7 30-jähriges gleitendes Mittel der Anzahl der Trockenstresstage im Mittel aller Waldklimastationen nördlich und südlich der Donau von 1990 bis 2017

1 Im Jahr 2015 vertrockneten bereits Mitte August, wie hier im Perlacher Forst bei München, überall in Bayern in den Baumkronen die Blätter und die Waldwege waren mit dürrer Laub bedeckt. Foto: S. Raspe, LWF



Zu nass, zu trocken, zu windig

Witterungsextreme stressen unsere Wälder im Klimawandel

Hans-Joachim Klemmt, Alexandra Wauer, Lothar Zimmermann, Hans-Peter Dietrich und Stephan Raspe
Dass sich das Klima auf der Erde in den letzten Jahrzehnten rasch geändert hat bzw. sich in Zukunft weiterhin ändern wird, ist mittlerweile eine weitgehend anerkannte Tatsache. Die Beschreibung der Klimaänderung erfolgt dabei meist auf Basis von Mittelwertbetrachtungen für verschiedenste meteorologische Parameter. Aber sind diese Mittelwerte die entscheidenden Größen? Bestimmen nicht vielmehr Klima- und Witterungsextreme über Sein- und Nichtsein, Vitalität oder gar Mortalität von Waldbäumen und Waldbeständen?

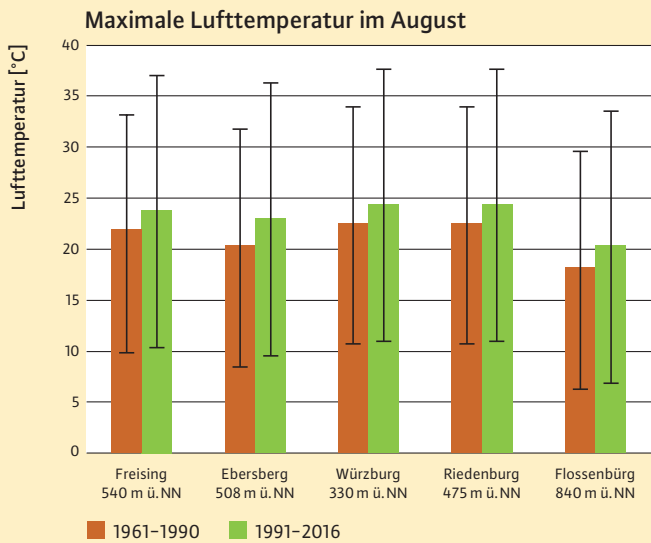
Die Beobachtungsdaten der letzten Jahrzehnte belegen weltweit eindeutig eine Erwärmung des Klimas. Die Hauptursache sind die in der Spätphase des 20. Jahrhunderts deutlich gestiegenen Konzentrationen an Treibhausgasen. Klimaforscher erwarten für die Zukunft eine weitere Verstärkung der Klimaänderungen, wobei deren Struktur regional und jahreszeitlich sehr variabel ausfällt (UBA 2013).

Extremereignisse sind Bestandteil der natürlichen Klimavariabilität. Hierzu zählen zum Beispiel Starkniederschläge und langanhaltende Niederschlagsperioden bzw. damit verbundene Hochwasser, Hitze- und Trockenperioden, besonders

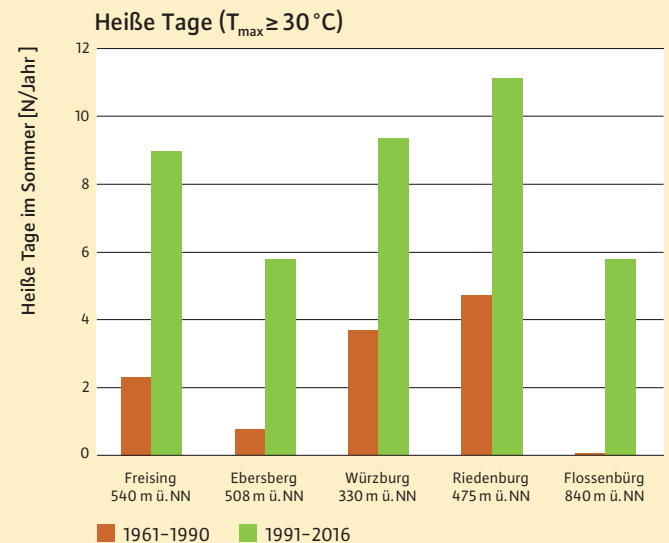
heiße und kalte Tage oder auch Stürme (Schönwiese 2007). Aufgrund der unterschiedlichen gesellschaftlichen Relevanz der Auswirkungen erfahren die aufgezählten Extremereignisse eine unterschiedliche Beachtung. Stürme und Hochwasserereignisse stellen meist relativ kurzzeitig auftretende Witterungsextreme dar, die allerdings häufig mit unmittelbaren Sach- und Personenschäden verbunden sind und entsprechend zeitnah monetär eingewertet werden können. Manion (1981) ordnet derartige Extremereignisse im Zusammenhang mit der Vitalität oder gar Mortalität von Bäumen in die Gruppe schnell wirkender, »antreibender« (inciting) Ereignisse ein.

Ein hierzu aktuelles, forstlich für Bayern relevantes Beispiel war das Sturm-Tief Kolle vom 18. August 2017, das erhebliche Schäden in den Wäldern insbesondere in den ostbayerischen Landkreisen Passau und Regen hinterlassen hat.

Neben diesen Phänomenen existiert eine zweite Gruppe von Wetterextremen. Hierzu zählen zum Beispiellanganhaltende Niederschlags- oder Trockenperioden bzw. Temperaturextreme im positiven sowie negativen Temperaturbereich. Ereignisse dieser Gruppe wirken eher langfristig und entfalten Auswirkungen auf Vitalität, Leistungsfähigkeit, Konkurrenzkraft und Mortalität unserer Waldbäume. Diese sind allerdings meist nicht unmittelbar sichtbar, daher erfahren derartige Ereignisse in der Regel ein geringeres mediales Echo. Manion (1981) bezeichnet derartige Ereignisse als »anfällig machende« (predisposing) Ereignisse. Darüber hinaus scheidet Manion noch eine dritte Gruppe der mitwirkenden (contributing) Ereignisse bzw. Faktoren aus, die kurz- oder langfristig wirksam werden können. Hierzu zählt unter anderem massenhafter Borkenkäferbefall, der durch die vorausgehende Witterungsentwicklung gefördert wurde.



2 Mittlere maximale Lufttemperatur und Spannweiten im Monat August an ausgewählten bayerischen Waldklimastationen



3 Mittlere Anzahl heißer Tage (T_{max} ≥ 30 °C) im Sommer an ausgewählten bayerischen Waldklimastationen

Extremtemperaturen nehmen zu

Aus forstlicher Sicht ist es notwendig zu wissen, wie sich die verschiedenen Extremereignisse in einem sich erwärmenden Klima entwickeln und welche Konsequenzen sie für das Leben und Überleben unserer Waldbäume haben. Wetterextreme lassen sich mathematisch-statistisch nachweisen: In Abbildung 2 sind die gemessenen Tagesmaximaltemperaturen der bayerischen Waldklimastationen Freising, Ebersberg, Würzburg, Riedenburg und Flossenbürg für die beiden Perioden 1961–1990 und 1991–2016 gegenübergestellt. Qualitativ wird der Anstieg zunächst an den Mittelwerten der maximalen Lufttemperatur zwischen den Zeiträumen 1961–90 und 1991–2016 beispielweise für den Sommermonat August sichtbar. Auffällig steigen die höchsten gemessenen Maximaltemperaturen in diesem Monat stärker an als die niedrigsten Maximaltemperaturen. Noch deutlicher wird diese Zunahme extremer Temperaturen an der Häufigkeit des Auftretens heißer Tage (T_{max} ≥ 30 °C) im Sommer (Abbildung 3). Zwischen den Perioden 1961–90 und 1991–2016 steigt an allen betrachteten Waldklimastationen die Anzahl der heißen Tage auf 5 bis 6,6 Tage an.

Ergänzend hierzu hat eine Analyse der Abweichungen aller Tagesmaximaltemperaturen vom langjährigen Mittel gezeigt, dass positive Temperaturabweichungen um mehr als +10 Grad auf allen Stationen in den letzten 25 Jahren erheblich öfter vorkommen als früher. Eine mathematisch-statistische Analyse der Überschreitungswahrscheinlichkeiten belegt, dass derartige Extremereignisse an den bayerischen Waldklimastationen von 1991 bis 2016 um 4% bis 22% wahrscheinlicher geworden sind als in der benannten Vorperiode. Hingegen hat die Überschreitungswahrscheinlichkeit für das Auftreten extremer Kältewerte über alle Stationen gleichsinnig abgenommen. Diese Auswertungen bestätigen die von Schönwiese (2007) oder von Coumou und Rahmstorf (2014) aufgezeigte Zunahme von Klima- und Witterungsextremen bei gleichzeitiger Verschiebung der mittleren Temperaturen hin zu höheren Werten.



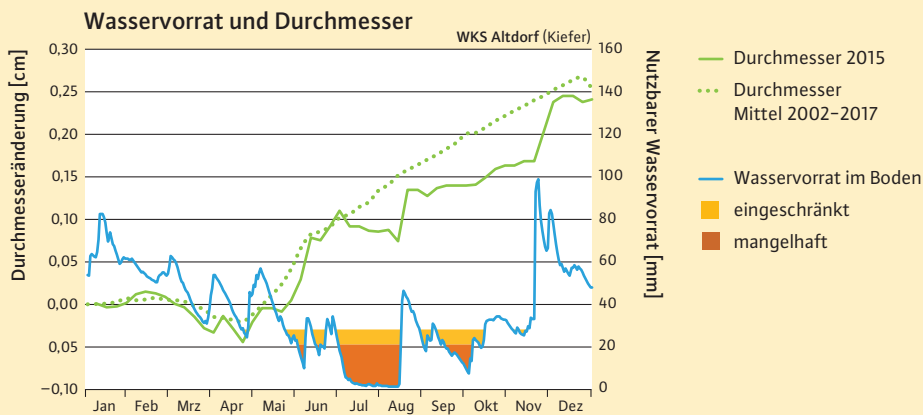
Folgen der Trockenjahre 2003 und 2015

Während der Klimaperiode 1991–2016 gelten die Jahre 2003 und 2015 als Jahre, in denen Temperaturextremwerte in Verbindung mit langanhaltenden Trockenperioden aufgetreten sind. Wie haben unsere Waldbäume und Waldbestände darauf reagiert? Hinweise liefern wiederum die Daten des langfristigen Umweltmonitorings in Bayern.

Wassermangel bremst Baumwachstum

Wie stark die Wasserversorgung der Waldbäume und deren Wachstumsprozesse in extremen Trockenjahren unter Druck kommen, wird an sieben ausgewählten Waldklimastationen untersucht, an denen kontinuierlich die Bodenfeuchte in verschiedenen Tiefen gemessen sowie wöchentlich der Brusthöhendurchmesser an bis zu zehn Bäumen einer Baumart erhoben werden. In den beiden Trockenjahren 2003 und 2015 wurden die von den Bäumen nutzbaren Bodenwasserspeicher im Sommer auf vielen Standorten fast vollständig entleert. Die Transpiration der Bäume war dadurch erheblich eingeschränkt (Raspe et al. 2004a) und die Bäume reagierten vielfach

4 Trockenheit erhöht das Stressrisiko der Fichte deutlich. In Trockenjahren und den darauffolgenden Jahren reagiert die Fichte häufig mit Zuwachsreduktionen und Vitalitätseinbußen – und bieten somit auch Schädlingen wie den Borkenkäfern günstigere Entwicklungsmöglichkeiten. Foto: R. Petercord, LWF



mit einem frühzeitigen Abwurf von Blättern oder Nadeln (Raspe et al. 2004b). In der Folge blieb die Durchmesserentwicklung im Jahr 2003 um bis zu 40% hinter der des Vorjahrs zurück. Besonders betroffen waren damals Fichte, Kiefer und Buche, wobei bei der Buche die gleichzeitige Mast den Effekt sicher verstärkt hatte (Dietrich et al. 2004). Auch im Folgejahr war die Durchmesserentwicklung der Bäume weiter eingeschränkt (Raspe 2005). Ein ganz ähnlicher Verlauf zeigte sich zum Beispiel bei Fichten, Kiefern und Eichen während der Trockenperioden 2015 (Raspe & Zimmermann 2016). Anders als 2003 blieben bei den Buchen in 2015 allerdings vergleichbare Wachstagnationen aus.

Diese Befunde decken sich gut mit den jährlichen wachstumskundlichen Erhebungen an größeren Baumkollektiven auf den Flächen im selben Jahr (Stiegler et al.

2016), die allerdings für die Kiefern keine Einbußen im Grundflächenzuwachs zeigten. Aus der Gegenüberstellung der Wasserversorgung an der Waldklimastation Altdorf im Nürnberger Reichswald mit der wöchentlichen Durchmesserentwicklung wird ersichtlich, dass praktisch keine Durchmesseränderung der Kiefern stattfand, solange die Wasserversorgung im Sommer eingeschränkt war (Abbildung 5). Erst nach Wiederauffüllung der Bodenwasserspeicher Mitte November nahm der Durchmesser der Kiefern nochmals deutlich zu, so dass am Jahresende nahezu keine Einbuße im Dickenwachstum festzustellen war. Die Fichten und Eichen auf den anderen Waldklimastationen konnten sich zum Jahresende weniger gut erholen und zeigten daher zum Teil erhebliche Rückgänge im Grundflächenzuwachs. Insgesamt war der Einfluß der Trockenheit 2015 weniger gravierend

5 Gegenüberstellung der Entwicklung des Brusthöhendurchmessers von Kiefern und der Wasserversorgung an der WKS Altdorf im Jahr 2015

als 2003, wohl auch, weil die Wasserversorgung der Bäume in der Vegetationsperiode 2003 bereits deutlich früher eingeschränkt war als im Jahr 2015. Die Wirkung von Extremereignissen auf den Wald ist daher immer auch eine Frage des Zeitpunktes ihres Auftretens.

Jahringuntersuchungen belegen Sensitivität der Fichte

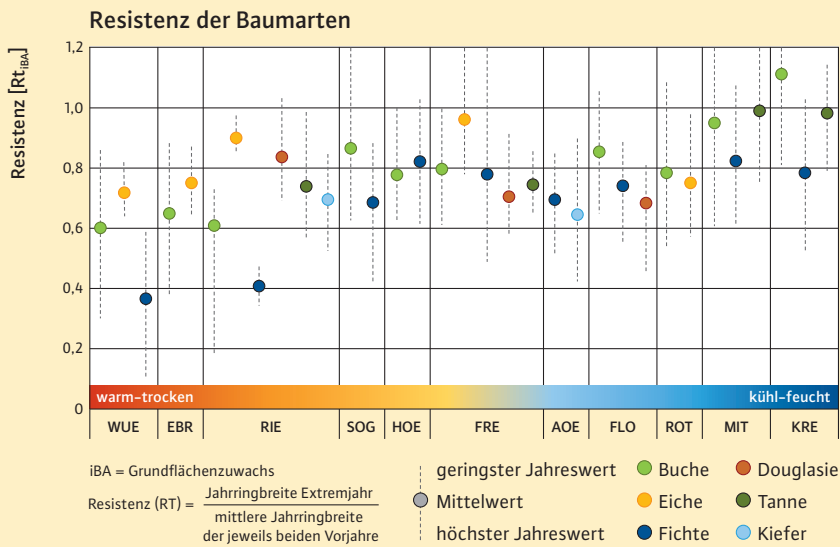
Um explizit die Wirkungen von extremer Trockenheit der Jahre 1947, 1976 und 2003 auf das Radialwachstum verschiedener Baumarten in Bayern zu untersuchen, hat die Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF) in Kooperation mit dem Thünen-Institut und dem Lehrstuhl für Ökophysiologie der TUM eine retrospektive, dendroökologische Untersuchung im Umgriff von elf bayerischen Waldklimastationen durchgeführt. Dabei wurde das Wachstum unterschiedlicher Baumarten an jeweils denselben Standorten entlang eines weiten Standortgradienten miteinander verglichen (Dietrich et al. 2015). Die Jahringanalysen an Bohrkernen von jeweils 20 herrschenden Bäumen einer Baumart offenbarten deutliche Unterschiede im Dickenwachstum der Baumarten, insbesondere an den klimatischen Rändern der Stichprobe. Im Artvergleich konnte nach dieser Untersuchung zum Radialzuwachsverhalten Folgendes festgehalten werden (Abbildung 7):

Eichen wiesen die höchste Toleranz gegenüber Trockenheit auf. Ihre Resistenz ist hoch, ihr Radialzuwachs war auch in den benannten Extremjahren wenig beeinflusst. Das Trockenstressrisiko war i.d.R. gering (gute Tiefendurchwurzelung), die Transpiration selbst bei starker Trockenheit kaum eingeschränkt (anohydrisches Verhalten).

Fichten erwiesen sich am wenigsten trockenresistent. Sie zeigten starke Abhängigkeit von Temperatur, Trockenheit und Wassermangel. Als Flachwurzler ist ihr Trockenstressrisiko höher. Fichten reagieren empfindlicher als alle anderen

6 Dauerhaft angebrachte Umfangmessbänder wie an dieser Kiefer auf der WKS Altdorf ermöglichen eine kontinuierliche Beobachtung des Zuwachsverhaltens. Foto: Archiv, LWF

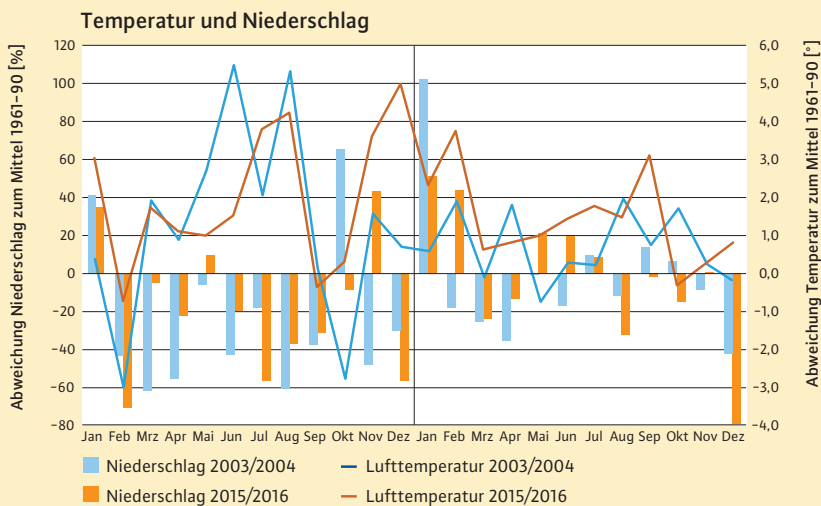




7 Resistenz der Baumarten auf den unterschiedlichen WKS-Standorten in den Jahren 1947, 1976 und 2003; in Riedenburg ohne Fichte und Douglasie für 1947

Mit größerer Nähe zu Trockengrenzen und dem aktuellen ökologischem Nischenrand einer Art dürften die Zuwachsverluste in Extremjahren die Vorteile günstiger Wuchsbedingungen durch Klimaerwärmung aufzehren, von denen derzeit besonders Eichen, Douglasien, Tannen und Bergmischwälder profitieren. Effekte starker Blüte und Mast überlagern teilweise jene der Trockenheit. Auf nicht wasserlimitierten Standorten ist ein Blüh-/ Masteffekt als wichtiger Stressfaktor für verminderte Resistenz in den untersuchten Trockenjahren zu werten.

Die positive Nachricht: Die herrschenden Bäume aller Baumarten erwiesen sich bislang als sehr resilient und vital genug, um sich von starken Zuwachseffekten und Zuwachsrückgängen zu erholen. Die Ergebnisse der Studie der LWF aus dem Jahr 2015 bestätigen und ergänzen andere Befunde zur Trockentoleranz der Baumarten in Bayern (vgl. Zang et al. 2011; Pretzsch et al. 2013; Uhl et al. 2013; Hartl-Meier 2015). Unbeachtet blieben Mischungseffekte oder die Mortalität von Beständen, die für die Anbaueignung von Baumarten im Klimawandel ebenfalls relevant sind.



8 Abweichungen der Monatsmittelwerte für Temperatur und Niederschlag in den Jahren 2003/04 und 2015/16 vom langjährigen Mittel Quelle: DWD 2017

Arten auf zunehmende Stressdosis und schränken ihre Transpiration in diesen Phasen stark ein (isohydriche Reaktion). Der Radialzuwachs reduzierte sich in Extremjahren an trockenen Standorten um bis zu 60% gegenüber den Vorjahren (Mittel der drei Extremjahre).

Buchen erwiesen sich gegenüber *Fichten* als toleranter, ihr Zuwachs reduzierte sich auf vergleichbaren Standorten um maximal 40%. Sie ähnelten in ihrem Toleranzverhalten den *Eichen* und reagierten weniger empfindlich wie *Fichten* auf zunehmenden Trockenstress (mehr Bäume innerhalb einer Population mit hoher Resistenz, schwächere Resilienz als bei *Fichte*, aber raschere Erholung).

Die Trockentoleranz von *Tannen*, *Douglasien* und *Kiefern* im Hinblick auf ihr Zu-

wachverhalten war, wenngleich nur an wenigen Standorten untersucht, auch auf trockeneren Standorten vergleichsweise hoch. Sie werden deshalb – ungeachtet physiologischer Unterschiede – als trocken-toleranter eingestuft als *Buchen*.

Insgesamt haben auf Standorten geringer bis mittlerer Bodenfeuchte (nutzbare Feldkapazität »nFK« unter 150 mm) und bei warm-trocknerem Klima vor allem die *Fichten* in Trockenjahren mit erheblichen Produktionseinbußen reagiert. Diese waren bei *Buche* weniger stark ausgeprägt. Produktionseinbußen waren auch in Folgejahren nach den »Jahrhundert-sommern« feststellbar. Teilweise dauerte der Zeitraum der Erholung (bis 80% der Bäume wieder Normalwachstum erreichen) zwischen drei und sechs Jahre. Als Schwelle für hohes Risiko wird ein verfügbarer Bodenwasservorrat von 40% der nFK angesehen.

| Baumart | Nadel-/Blattverlust | 2002 | 2003 | 2004 | Differenz (2004-2003) | 2014 | 2015 | 2016 | Differenz (2016-2015) |
|----------------|---------------------|------|------|------|-----------------------|------|------|------|-----------------------|
| Alle Baumarten | Mittelwert* | 20,0 | 20,5 | 24,6 | 4,1 | 20,0 | 20,7 | 23,1 | 2,4 |
| | Anteil SST**2-4 [%] | 20,9 | 21,8 | 36,5 | 14,7 | 22,9 | 24,3 | 32,4 | 8,1 |
| Fichte | Mittelwert | 19,9 | 20,5 | 24,1 | 3,6 | 18,2 | 19,0 | 21,6 | 2,6 |
| | Anteil SST 2-4 [%] | 24,1 | 23,2 | 36,5 | 13,3 | 19,2 | 20,9 | 29,5 | 8,6 |
| Tanne | Mittelwert | 31,4 | 29,1 | 27,5 | -1,6 | 19,4 | 17,7 | 21,5 | 3,8 |
| | Anteil SST 2-4 [%] | 50,1 | 48,5 | 46,7 | -1,8 | 26,3 | 24,9 | 33,4 | 8,5 |
| Kiefer | Mittelwert | 21,1 | 22,3 | 24,8 | 2,5 | 22,0 | 24,0 | 25,6 | 1,6 |
| | Anteil SST 2-4 [%] | 15,7 | 19,9 | 32,1 | 12,2 | 20,7 | 27,3 | 35,1 | 7,8 |
| Buche | Mittelwert | 19,6 | 21,6 | 28,6 | 7,0 | 25,7 | 22,6 | 27,2 | 4,6 |
| | Anteil SST 2-4 [%] | 20,5 | 25,0 | 46,3 | 21,3 | 40,7 | 27,9 | 45,0 | 17,1 |
| Eiche | Mittelwert | 19,6 | 19,4 | 28,2 | 8,8 | 21,9 | 24,9 | 20,6 | -4,3 |
| | Anteil SST 2-4 [%] | 17,1 | 18,1 | 50,2 | 32,1 | 31,4 | 37,1 | 22,1 | -15,0 |

9 Vergleich der WZE-Daten 2003/04 mit 2015/16

* Mittelwert: mittleres Nadel-/Blattverlustprozent
 ** SST 2-4: Schadstufen mit 30 bis 100 % Blatt-/Nadelverlust

Positive Zahlen in der Spalte »Differenz« markieren Verschlechterungen, negative Zahlen Verbesserungen

2004 meist deutlich größer waren als zwischen 2015 und 2016. Dies gilt sowohl für alle Baumarten zusammen als auch für die Hauptbaumarten Fichte, Buche und Kiefer. Das frühe Einsetzen der Trockenheit bereits zu Beginn der Vegetationsentwicklung im Jahr 2003 hatte offensichtlich größere Auswirkungen auf den Waldzustand als die erst im Juli beginnende Wasserknappheit im Jahr 2015. Abweichend davon zeigten Tannen und Eichen unterschiedliche Reaktionen nach den Trockenjahren.

Die Tanne profitierte 2003 vor allem in montanen Höhenlagen von der Wärme, darauf deuten auch die Zuwachsmessungen hin (s.o.). 2015 wies diese Baumart jedoch mit 17,7% Nadelverlust im bayernweiten Durchschnitt das niedrigste

Niveau seit Beginn der Waldzustandserhebungen 1983 auf. In den Alpen, in denen die Tanne einen hohen Anteil an der Baumartenzusammensetzung sowie eine große waldbauliche Bedeutung hat, wird ihre Entwicklung im Rahmen der jährlichen Waldzustandserhebung auch zukünftig intensiv verfolgt.

Die unterschiedliche Reaktion der Eichen in den Trockenjahren 2003 und 2015 ist stark durch das unterschiedliche Auftreten blattfressender Insekten überlagert. 2004 waren nach Angabe im Waldzustandsbericht circa 40% der Eichen nach Massenvermehrung von Eichenprozessionsspinner, Schwammspinner und Frostspanner von Fraß betroffen. Ein vergleichbares Phänomen trat nach dem Trockenjahr 2015 nicht auf.

Zusammenfassung

Die Messdaten der bayerischen Waldklimastationen konnten neben einem Anstieg der mittleren Temperaturen eine Zunahme von Extremtemperaturen belegen. Weitergehende Untersuchungen zum Beispiel für die Niederschlagsextreme nach Länge und Intensität zeigen hingegen kein einheitliches Bild oder stehen noch aus. Im Laufe der Beobachtungszeit konnten Auswirkungen aller drei eingangs aufgezählten Arten von Extremereignissen sowohl an den bayerischen Waldklimastationen als auch im Rahmen der jährlich durchgeführten Waldzustandserhebung beobachtet werden.

Sowohl auf den Waldklimastationen als auch auf den Inventurpunkten der Waldzustandserhebung haben die Waldbäume entsprechende artspezifische Reaktionen (insbesondere im Radialzuwachsverhalten und im Benadelungs- bzw. Belaubungszustand auf langanhaltende Trockenheit) gezeigt. Es zeigte sich, dass auch der Zeitpunkt des Auftretens einer Stresssituation für die Reaktion der Bäume von großer Bedeutung ist. Die Ergebnisse geben daher wichtige Hinweise auf die Anbaueignung und Zukunftsfähigkeit heimischer Baumarten mit Hinblick auf das künftige Klima in Bayern. Die Heterogenität der Umweltbedingungen hat bereits zugenommen und wird voraussichtlich weiterhin zunehmen. Mit einer weiteren klimaentwicklungsbedingten Zunahme von Extremereignissen muss gerechnet werden. Aus forstlicher Sicht ergeben sich hierdurch zahlreiche neue Herausforderungen und Probleme. Das forstliche Umweltmonitoring, wie es in den letzten Jahrzehnten weitblickend in Bayern etabliert wurde, stellt ein leistungsfähiges und zuverlässiges Instrument dar, um die Folgen des Wandels frühzeitig zu erkennen und entsprechende Anpassungsmaßnahmen einleiten zu können.

Literatur

- Coumou, D.; Rahmstorf, S. (2012): A decade of weather extremes. Nature Climate change, doi:10.1038
- Dietrich, H.-P.; Nikolova, P.; Beck, W.; Grams, T.; Seifert, T.; Seifert, S. (2015): Vergleichende ökophysiologische und dendroklimatologische Bewertung der Auswirkungen von Wassermangel und Trockenheit auf verschiedene Baumarten an Bayerischen Waldklimastationen. Abschlussbericht zum Forschungsprojekt Mz8 (LWF), unveröffentlicht
- Dietrich, H.-P.; Raspe, S.; Schubert, A. (2004b): Trockenheit 2003 war nicht die einzige Ursache für starke Zuwachsverluste. LWF aktuell 43, S. 14-16
- Hupfer, P.; Börgen, M. (2004): Gibt es »Klimakatastrophen«? Naturwiss. Rdsch., 57, S. 233-240
- Harti-Meier (2015): Dendroökologische Untersuchungen zum Einfluss der Klimaänderung auf Bergwälder der nördlichen Kalkalpen. Wiss. Diss. an der TUM, angenommen März 2015
- Manion, P.D. (1981): Tree Disease Concepts. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice-Hall
- Pretzsch, H.; Biber, P.; Schütze, G.; Uhl, E.; Rötzer, T. (2014a): Veränderte Dynamik von Süddeutschen Waldbeständen seit 1870. In: Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (Hrsg.), LWF Wissen 76, S. 72-86
- Raspe, S. (2005): Ende gut, alles gut? LWF aktuell 49, S. 28-29
- Raspe, S.; Grimmeisen, W.; Schultze, B. (2004a): Der Sommer 2003 grub dem Wald das Wasser ab. LWF aktuell 43, S. 4-6
- Raspe, S.; Schulz, Ch.; Kroll, F. (2004b): Wenn schon im Sommer tonnenweise Blätter fallen. LWF aktuell 43, S. 11-13
- Raspe, S.; Zimmermann, L. (2016): Sturm und Trockenheit belasteten Wald 2015. LWF aktuell 109, S. 34-37
- Schönwiese, C.-D. (2007): Wird das Klima extremer? Eine statistische Perspektive. In: Endlicher W., Gerstengarbe, F.-W. (Hrsg.), 2007: Der Klimawandel – Einblicke, Rückblicke und Ausblicke – , G&S Medien GmbH, 134 S.
- Stiegler, J.; Wöhrle, A.; Zimmermann, L.; Dietrich, H.-P. (2016): Es war einmal ein heißer Sommer LWF aktuell 110, S. 10-13
- UBA (2013): Und sie erwärmt sich doch. Was steckt hinter der Debatte um den Klimawandel? Umweltbundesamt (Hrsg.), 122 S., online verfügbar unter: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/und_sie_erwaermt_sich_doch_131201.pdf (Aufruf vom 21.01.2018)
- Uhl, E.; Ammer, C.; Spellmann, H.; Schölich, M.; Pretzsch, H. (2013): Zuwachstrend und Stressresilienz von Tanne und Fichte im Vergleich. Allg. Forst- u. J.-Ztg., 184, Jg., 11/12
- Zang, C.; Rothe, A.; Weis, W.; Pretzsch, H. (2011): Zur Baumarteneignung bei Klimawandel: Ableitung der Trockenstress-Anfälligkeit wichtiger Waldbaumarten aus Jahrringbreiten. Allg. Forst- u. J.-Ztg. 182. Jg., S. 98-112

Autoren

Dr. Hans-Joachim Klemmt leitet die Abteilung »Boden und Klima« der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft. Dr. Alexandra Wauer (Waldzustandserhebung), Dr. Lothar Zimmermann (Forstmeteorologie, Klimaszenarien), Hans-Peter Dietrich (Umweltmonitoring, Waldklimastationen) und Dr. Stephan Raspe (Stoff- und Wasserhaushalt, Boden) sind wissenschaftliche Mitarbeiter dieser Abteilung.

Kontakt: Hans-Joachim.Klemmt@lwf.bayern.de

Stickstoff im Überfluss

Waldböden in Bayern reichern Stickstoff weiter an

**Stephan Raspe, Hans-Peter Dietrich,
Desirée Köhler, Alfred Schubert,
Joachim Stiegler**

Die Stickstoffeinträge in die Wälder Bayerns sind seit Jahrzehnten auf hohem Niveau. Wo bleibt dieser Stickstoff? Mit den umfangreichen Messungen an den Waldklimastationen können die Austräge mit dem Sickerwasser und die Aufnahme in die Waldbestände den Einträgen gegenüber gestellt werden. Die erstellten Bilanzen deuten auf eine Anreicherung in den Waldböden hin. Die Risiken der Stickstoffsättigung und Eutrophierung der Wälder nehmen weiter zu.

Die Stickstoffbelastung der Biosphäre ist eines der nach wie vor ungelösten Umweltprobleme in Deutschland (BMUB 2017; SRU 2015). Die seit vielen Jahrzehnten nahezu unvermindert hohen Stickstoffeinträge in die Wälder (Raspe et al. 2013) haben dazu geführt, dass bereits ein Drittel der bayerischen Wälder als Stickstoff-gesättigt gelten (Mellert et al. 2005). Zuletzt zeigte sich bei der landesweiten Bodenzustandsinventur (2006 bis 2008) im systematischen 8 x 8 km Raster, dass bei über einem Viertel der Waldböden Bayerns von einem erheblichem Nitrataustrag (NO_3^- -Konzentrationen in der Bodenlösung über 10 mg/Liter) ausgegangen werden muss und dass nur noch knapp 20% der Waldökosysteme das verfügbare Nitrat vollständig aufnehmen können (Schubert et al. 2015). An über 50% der bayerischen Waldklimastationen werden aktuell kritische Belastungsgrenzen (Critical Load) für den Eintrag eutrophierender Stickstoffverbindungen überschritten (StMELF 2017).

Unbelastete natürliche Waldökosysteme sind normalerweise stickstoff-limitiert und daher bestrebt, den angebotenen Stickstoff aus der Luft zu verwerten und möglichst wenig Stickstoff wieder zu verlieren. Zwar besteht gut 70% der Luft aus molekularem Stickstoff (N_2), dieser kann jedoch nur durch wenige spezialisierte Organismen (z. B. Stickstoff-bindende Bakterien im Boden) gebunden und somit für Pflanzen nutzbar gemacht werden. Durch



1 Stickstoff-Depositionssammler auf der WKS Freising Foto: S. Raspe, LWF

alle Verbrennungsprozesse in Industrie, Verkehr und Hausbrand entstehen aber sogenannte Stickoxyde (NO_x), die in der Atmosphäre mit Wasser zu Nitrat (NO_3^-) umgewandelt und mit dem Niederschlag in die Ökosysteme eingetragen werden. Eine weitere wichtige Quelle für reaktiven Stickstoff stellt die landwirtschaftliche Intensivtierhaltung dar. Hier entweicht sowohl bei der Tierhaltung direkt als auch bei der folgenden Gülleausbringung auf dem Feld Ammoniak (NH_3) in die Luft, das sich wiederum in der Atmosphäre in Wasser zu Ammonium (NH_4^+) löst. Ammonium wie Nitrat sind wichtige Pflanzennährstoffe und fördern das Wachstum der Wälder. Im Übermaß angeboten tragen sie jedoch auch maßgeblich zur Eutrophierung und Versauerung von Wäldern bei (Ammoniumaufnahme durch die Pflanze, Nitrifikation im Boden und Nitrataustrag aus den Waldböden). Daher gilt der Stickstoffbilanz ein ganz besonderes Augenmerk bei allen Stoffhaushaltsbetrachtungen von Waldökosystemen.

An den bayerischen Waldklimastationen werden maßgebliche und relevante Größen der Stickstoffflüsse gemessen, die für eine Stickstoffbilanz im Waldökosystem erforderlich sind. Mit dem nachfolgend dargestellten vereinfachten Bilanzansatz

wird der Frage nachgegangen, wie sich die Stickstoffvorräte der Böden in den letzten 25 Jahren entwickelten haben und ob an den Standorten der Waldklimastationen Stickstoff angereichert wurde oder verloren ging.

Stickstoffbilanz

Die Stickstoffbilanz berechnet sich aus der Differenz zwischen den Stickstoffeinträgen aus der Atmosphäre und den Stickstoffverlusten durch die Austräge mit dem Sickerwasser sowie der Stickstofffestlegungsrate im Bestand. Gasförmige Stickstoffverluste aus dem Boden durch Denitrifikationsprozesse werden hier nicht berücksichtigt, da deren Größenordnung nur mit unverhältnismäßigem Aufwand zu ermitteln wäre. Es kann jedoch davon ausgegangen werden, dass sie in der Regel vernachlässigbar klein sind.

Eine verkürzte Bilanzformel lautet also:

$$N_B = N_{\text{dep}} - (N_i + N_u)$$

N_B = Stickstoffbilanz
 N_{dep} = Stickstoffeintrag
 N_i = Stickstoffaustrag m. d. Sickerwasser
 N_u = Stickstoffnettoaufnahme

Alle Angaben in [kg/(ha*a)]

N-Eintrag: über 20 kg/(ha*a)

Der Eintrag von Nitrat und Ammonium mit dem Niederschlag in die Wälder wird in den Beständen der Waldklimastationen mit der Kronentraufe seit über 20 Jahren kontinuierlich gemessen. Auf Grundlage der Messungen im Freiland und in der Kronentraufe des Bestandes können über sogenannte Kronenraumbilanzmodelle, wie sie von Ulrich (1983) für die meisten Kationen und Sulfat entwickelt und von zum Beispiel Draaijers und Erisman (1995) auch für Stickstoff erweitert wurden, die Raten der Stickstoffaufnahme im Kronenraum abgeschätzt werden. Aus dem Stickstoffeintrag mit der Kronentraufe und der Stickstoffaufnahme im Kronenraum ergibt sich dann der Gesamtstickstoffeintrag in die betrachteten Waldökosysteme. Darin ist allerdings die direkte gasförmige Stickstoffaufnahme über die Spaltöffnungen der Blätter und Nadeln nicht enthalten, da sie über Kronenraumbilanzmodelle nicht erfasst werden können. Insofern stellen die hier dargestellten Eintragsraten Mindestbefunde dar.

Im Mittel aller Waldklimastationen liegen die Stickstoffgesamteinträge bei 21 kg N/(ha*a), wobei die Spanne von 8 kg N/(ha*a), gemessen an der »Reinluftstation« der Waldklimastation Berchtesgaden unterhalb des Watzmanns, bis zu 38 kg N/(ha*a) an der höchstbelasteten Waldklimastation im Höglwald bei Augsburg reicht (Abbildung 2). Insgesamt ist seit Beginn der Messungen nur ein leicht abnehmender Trend zu erkennen. Im Mittel aller Waldklimastationen hat der Stickstoffeintrag von 25 auf 19 kg N/(ha*a) abgenommen. Bei über 50% der Waldklimastationen müsste der Stickstoffeintrag um bis zu 70% sinken, um langfristig schädliche Einflüsse auf die Waldökosysteme zu vermeiden (StMELF 2017).

Stickstoffaustrag: 6 kg/(h*a)

Ein wichtiger Austragspfad aus Waldökosystemen stellt der Stofftransport mit dem Sickerwasser dar, welches den Wurzelraum verlässt. Um diesen zu erfassen, wird das Bodenwasser in verschiedenen Tiefenstufen an den Waldklimastationen seit 1991 kontinuierlich beprobt und analysiert. Hierzu wurden in den verschiedenen Bodenhorizonten bis unter den

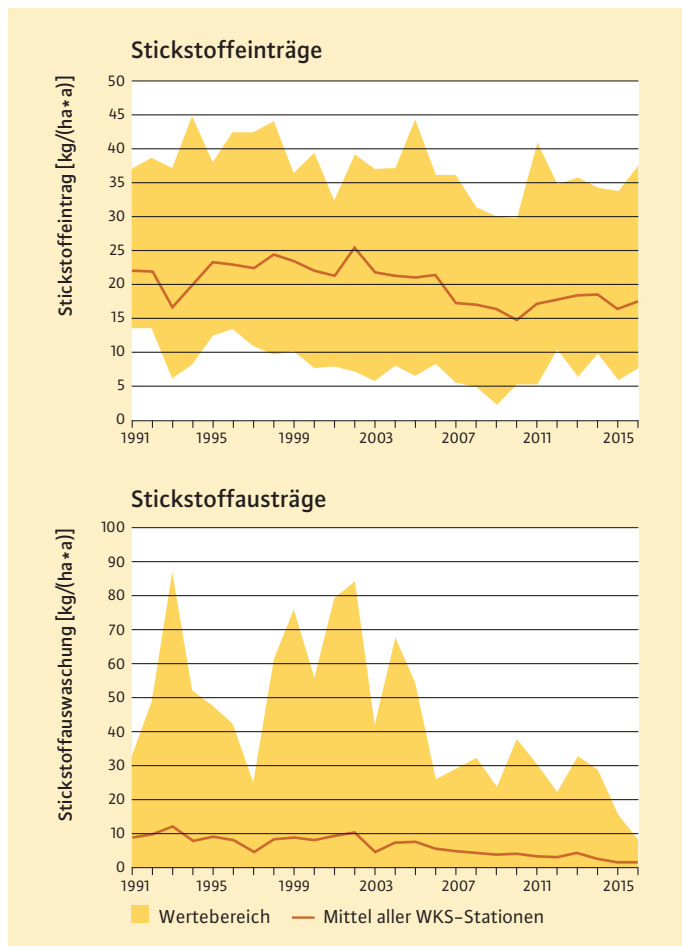
Wurzelraum sogenannte Saugkerzen eingebaut, mit deren Hilfe in regelmäßigen Zeitabständen Wasser aus der Bodenmatrix gesaugt wird. Die so gewonnene Bodenlösung wird dann im Labor der LWF auf seine anorganischen Inhaltsstoffe analysiert. Die Wasserflüsse im Boden werden mit dem Wasserhaushaltsmodell LWF-Brook 90 (Hammel und Kenel 2001) berechnet. In das Modell gehen neben den bodenphysikalischen Kenndaten auch Bestandesmerkmale und die Triebkräfte der Witterung (Niederschlag, Temperatur, Luftfeuchte, Strahlungintensität und Windgeschwindigkeit) ein. Durch Multiplikation der Wasserflüsse mit den Stoffkonzentrationen im Sickerwasser unter dem Wurzelraum errechnet sich dann der Stoffaustrag mit dem Sickerwasser.

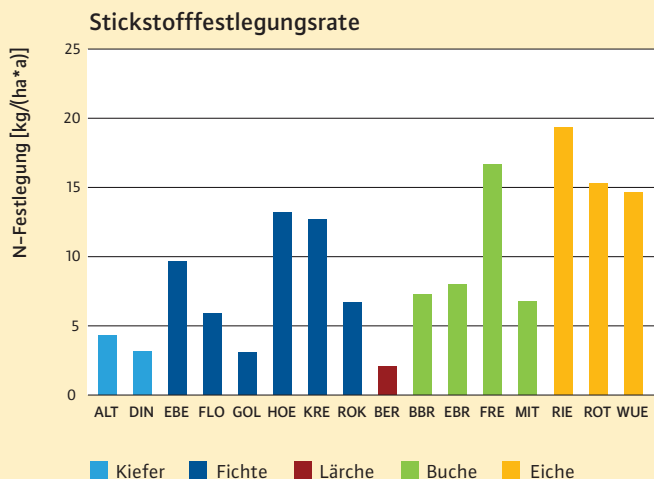
Im Mittel liegen die berechneten Stickstoffausträge an den Waldklimastationen bei 6 kg N/(ha*a), wobei die Spanne zwischen den Stationen noch größer als beim Eintrag ist. Während an den Kiefernstandorten (Altdorf, Bodenwöhr, Dinkelsbühl und Pegnitz) nur sehr wenig Stickstoff (unter 0,5 kg N/(ha*a) mit dem Sickerwasser ausgetragen wird, ist wiederum der von landwirtschaftlicher Flur umgebene Höglwald mit 42 kg N/(ha*a) Spitzenreiter. Insgesamt fällt auch hier ein rückläufiger Trend auf (Abbildung 2), der teilweise auch auf eine zunehmende Aufnahme über die Bodenvegetation in den sich verändernden Beständen zurückgeführt werden kann.

N-Festlegung im Bestand: 9,3 kg/(ha*a)

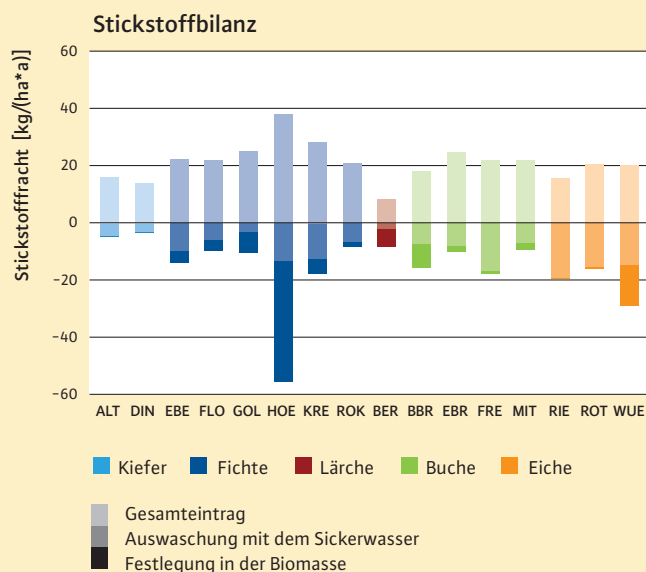
Eine weitere wichtige Bilanzgröße stellt die Stickstoffaufnahme und -festlegung in Holz und Rinde durch die Wälder dar. Stickstoff ist ein wichtiger Pflanzennährstoff, der in vielfältiger Weise in die Biomasse eingebaut wird. Stickstoff, der in den Blattorganen oder im Pflanzgewebe kurzlebiger Pflanzen gebunden ist, wird mit dem Streufall rasch wieder in den Waldboden zurückgeführt. Stickstoff in Holz und Rinde wird dagegen langfristig festgelegt und bei der Holzernte aus den Wäldern entfernt. Daher muss in unseren Wirtschaftswäldern die Stickstofffestlegung in der Biomasse auch als potenzielle Stickstoffsенke in der Bilanzrechnung berücksichtigt werden. Auf den Waldklimastationen wird regelmäßig alle fünf

2 Entwicklung der mittleren Gesamtstickstoffeinträge (oben) sowie der Stickstoffausträge mit dem Sickerwasser (unten) an den bayerischen Waldklimastationen von 1991 bis 2016. Die gelben Flächen stellen den Wertebereich zwischen dem jeweils niedrigsten und höchsten Jahresmittel des Eintrags bzw. Austrags dar.





3 Jährliche Stickstofffestlegungsrate in Holz und Rinde an den Waldklimastationen im Zeitraum von 1999 bis 2014; Im Mittel ergeben sich für Kiefer 4, Fichte 9, Buche 10 und Eiche 16 kg N/(ha*a). Kürzel der Waldklimastationen siehe Abbildung 5.



4 Stickstoffbilanzgrößen an den Waldklimastationen im Zeitraum von 1999 bis 2014; Im Mittel ergeben sich für Kiefer 4, Fichte 9, Buche 10 und Eiche 16 kg N/(ha*a). Kürzel der Waldklimastationen siehe Abbildung 5.

Jahre der laufende jährliche Zuwachs (iV) der Bestände durch eine Durchmesser- und Höherermittlung der Bäume ermittelt. Nach der folgenden Formel er-

$$N_u = K_{gr} \cdot \rho_{st} \cdot ctN_{dr}$$

N_u = Stickstoffnettoaufnahme [kg/(ha*a)]
 K_{gr} = jährlicher Zuwachs (iV) [m³/(ha*a)]
 ρ_{st} = Rohdichte des Stammholzes [kg/m³] aus Wagenführ (2000)
 ctN_{dr} = Stickstoffgehalt in Derbholz mit Rinde [mg/g] aus Jacobsen et al. (2003)

rechnet sich die Stickstofffestlegung im Bestand (nach CLRTAP 2017):

Für die bayerischen Waldklimastationen ergibt sich somit in dem Beobachtungszeitraum eine mittlere Stickstofffestlegungsrate von 9,3 kg N/(ha*a), wobei die Kiefernbestände mit 4 kg N/(ha*a) die geringsten und die Eichenbestände mit durchschnittlich 16 kg N/(ha*a) die höchsten Werte aufweisen (Abbildung 3). Stickstofffestlegungsdaten dieser Größenordnung stimmen gut mit den im Rahmen der empirischen Critical Load-Betrachtungen verwendeten mittleren Stickstoffaufnahmeleistungen überein (CLRTAP 2017).

Die tatsächliche Stickstoffaufnahme von Bäumen ist natürlich noch viel höher, da auch die Zweige, Blätter und Nadeln sowie die Blüten und Früchte mit Stickstoff versorgt werden müssen. Diese fallen jedoch im Laufe der Zeit wieder ab und

| Waldklimastationen | Wuchsbezirk | Führende Baumart | Höhe ü. NN [m] | Temperatur ¹ [°C] | Niederschlag ² [mm] |
|---------------------|-------------------------------------|------------------|----------------|------------------------------|--------------------------------|
| Altdorf (ALT) | Rezat-Rednitzsenke | Kiefer | 406 | 8,3 | 804 |
| Bad Brückenau (BBR) | Hohe Rhön | Buche | 812 | 6,1 | 950 |
| Berchtesgaden (BER) | Berchtesgadener Hochalpen | Lärche | 1500 | 5,2 | 1841 |
| Dinkelsbühl (DIN) | Südliche Keuperabdachung | Kiefer | 468 | 7,8 | 710 |
| Ebersberg (EBE) | Südliche Münchner Schotterebene | Fichte | 540 | 7,7 | 979 |
| Ebrach (EBR) | Steigerwald | Buche | 410 | 7,9 | 764 |
| Flossenbürg (FLO) | Innerer Oberpfälzer Wald | Fichte | 840 | 6,3 | 918 |
| Freising (FRE) | Oberbayerisches Tertiärhügelland | Buche | 508 | 8,3 | 818 |
| Goldkronach (GOL) | Fichtelgebirge | Fichte | 800 | 5,3 | 1310 |
| Höglwald (HOE) | Oberbayerisches Tertiärhügelland | Fichte | 545 | 9,0 | 904 |
| Kreuth (KRE) | Oberbayerische Flysch-Voralpen | Fichte | 1100 | 6,7 | 1857 |
| Mitterfels (MIT) | Östlicher Vorderer Bayerischer Wald | Buche | 1025 | 5,7 | 1507 |
| Riedenburg (RIE) | Südliche Frankenalb | Eiche | 475 | 8,1 | 701 |
| Rothenkirchen (ROK) | Frankenwald | Fichte | 670 | 6,4 | 1022 |
| Rothenbuch (ROT) | Hochspessart | Eiche | 470 | 6,9 | 1016 |
| Würzburg (WUE) | Südliche Fränkische Platte | Eiche | 330 | 9,3 | 634 |

gelangen als Streu zurück auf den Waldboden. Die mit dem Streufall zurückgeführte Stickstoffmenge beträgt im Mittel aller Waldklimastationen etwa 50 kg N/(ha*a). In Altbeständen wie an den Waldklimastationen kann davon ausgegangen werden, dass die Stickstoffflüsse bei der Aufnahme und im Streufall dieser Kronenkompartimente mehr oder weniger konstant bleiben und daher für eine weitere Bilanzierung des Bodenstickstoffs nicht berücksichtigt werden müssen.

5 Die 16 bayerischen Waldklimastationen, auf denen unter anderem auch die Stickstoff-relevanten Parameter gemessen werden.

1 Jahresmittel 1998–2016
2 Jahressumme 1998–2016

N-Anreicherung in den Waldböden: 6 kg/(ha*a)

Stellt man die oben dargestellten Stickstoffeinträge den Stickstoffverlusten gegenüber, erhält man also die Stickstoffbilanzen der Waldklimastationen für die letzten 25 Jahren. Aus den Bilanzen kann dann unmittelbar auf mögliche Veränderungen der Stickstoffvorräte in den Böden geschlossen werden (Abbildung 6). Im Mittel ergeben sich für die Kiefernstandorte eine jährliche Stickstoffakkumulation in den Böden von 11,2 kg N/(ha*a), für die Fichtenstandorte von 7,1 kg N/(ha*a) und für die Buchenstandorte von 8,5 kg N/(ha*a). Negative Bilanzen weisen nur der Höglwald (-16,3 kg N/(ha*a)) sowie die Eichenstandorte Riedenbürg (-3,7 kg N/(ha*a)) und Würzburg (-9,5 kg N/(ha*a)) auf. Dort sind Austräge und Festlegungsraten höher als die Einträge. In Berchtesgaden mit Lärche heben sich Ein- und Austräge auf (vgl. Abbildung 4).

Somit ergibt sich für alle Waldklimastationen eine mittlere jährliche Stickstoffakkumulation in den Böden von rund 6 kg N/ha*a (Abbildung 5). Von wenigen Ausnahmen abgesehen, müssten also die Stickstoffvorräte in den Waldböden in Bayern in den letzten Jahrzehnten zugenommen haben. Abweichende Befunde für den Gesamtboden bis 60 cm Tiefe aus dem Vergleich der bundesweiten Bodenzustandserhebungen (BZE1 und BZE2, Andreae et al. 2016) werden der-

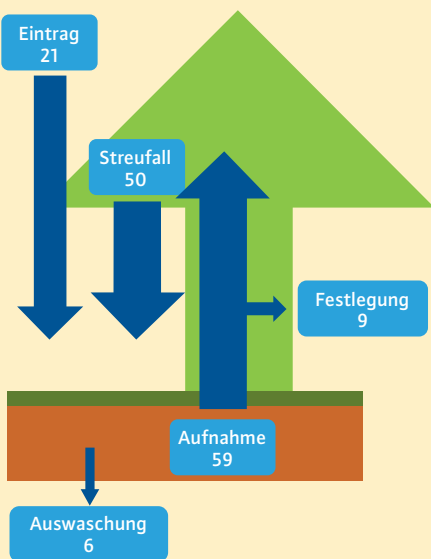


7 Auch auf den Freilandmessstellen der Waldklimastationen werden Stickstoff und andere Schadstoffe gemessen, die mit dem Niederschlag oder als Stäube in den Wald eingetragen werden. Die Probennehmerin der WKS Höglwald, Eva Rusch, leert einen Depositionssammler auf der Freilandmessstelle.

zeit fachlich diskutiert und methodisch hinterfragt. Bestätigt hat sich jedoch, dass innerhalb des Zeitraums der beiden Bodeninventuren (WBI 1987 und BZE II 2006–2008) von nur 20 Jahren sowohl Stickstoffgehalte als auch -vorräte in den Oberböden der Wälder in Bayern gestiegen sind und die C/N-Verhältnisse entsprechend enger wurden (Schubert et al. 2015). Die Stickstoffüberdüngung der Wälder schreitet also weiter voran. Die Einträge aus der Luft können trotz günstiger Wachstumseffekte nicht mehr verwerten werden, die Risiken der Eutrophierung nehmen zu.

Zusammenfassung

Seit 1991 werden an den Bayerischen Waldklimastationen unter anderem die Stickstoffein- und austräge gemessen. Die Ergebnisse aus diesen langjährigen Messreihen belegen, dass sich die Stickstoffeinträge in die Wälder Bayerns seit Jahrzehnten auf einem hohem Niveau befinden. So werden im Durchschnitt jährlich etwa 21 kg Stickstoff pro Hektar und Jahr eingetragen, während 6 kg Stickstoff pro Hektar und Jahr mit dem Sickerwasser aus den Wäldern austragen werden. Da etwa 9 kg Stickstoff in Holz, Rinde und Pflanzengewebe festgelegt werden, ist mit einer Stickstoffanreicherung in den Waldböden von circa 6 kg pro Hektar und Jahr zu rechnen. Somit nehmen die Risiken einer weiteren Stickstoffsättigung und Eutrophierung der Wälder zu.



6 Mittlere jährliche Stickstoffflüsse an den Waldklimastationen in kg N/(ha*a). Daraus ergibt sich eine mittlere jährliche Anreicherung im Boden von 6 kg N/(ha*a).

Literatur

- Andreae, H.; Eickenscheidt, N.; Evers, J.; Grüneberg, E.; Ziche, D.; Ahrends, B.; Höhle, J.; Nagel, H.-D.; Wellbrock, N. (2016): Stickstoffstatus und dessen zeitliche Veränderungen in Waldböden. In: Wellbrock, N.; Bolte, A.; Flessa, H. (eds.): Dynamik und räumliche Muster forstlicher Standorte in Deutschland: Ergebnisse der Bodenzustandserhebung im Wald 2006 bis 2008. Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut, Thünen Rep. 43, S. 135–180
- BMUB – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (2017): Stickstoffeintrag in die Biosphäre. Bericht der Bundesregierung Stand 17.05.2017, 24 S.
- CLRTAP (2017): Mapping critical loads for ecosystems, Chapter V of Manual on methodologies and criteria for modelling and mapping critical loads and levels and air pollution effects, risks and trends. UNECE Convention on Long-range Transboundary Air Pollution; accessed 20.12.2017 at www.icpmapping.org
- Draaijers, G.; Erisman, J.W. (1995): A canopy budget model to assess atmospheric deposition from Throughfall measurements. Water Air Soil Pollut. 85, S. 2253–2258
- Hammel, K.; Kennel, M. (2001): Charakterisierung und Analyse der Wasserverfügbarkeit und des Wasserhaushalts von Waldstandorten in Bayern mit dem Simulationsmodell BROOK90. Forstliche Forschungsberichte München, Nr. 185, 148 S.
- Jacobsen, C.; Rademacher, P.; Meessenburg, H.; Meiwes, K.J. (2003): Gehalte chemischer Elemente in Baumkompartimenten – Literaturstudie und Datensammlung. Berichtsbände des Forschungszentrums Waldökosysteme/Waldsterben, Reihe B/69: 81 S. Selbstverlag der Universität Göttingen
- Mellert, K.H.; Gensior, A.; Kölling, Ch. (2005): Stickstoffsättigung in Wäldern Bayerns – Ergebnisse der Nitratinventur. Forstarchiv 76, S. 35–43
- Raspe, S.; Dietrich, H.-P.; Zimmermann, L. (2013): Stoffeinträge sind ein Standortsfaktor. LWF aktuell Nr. 94, S. 18–22
- Schubert, A.; Falk, W.; Stetter, U. (2015): Waldböden in Bayern – Ergebnisse der BZE II. Forstliche Forschungsberichte München, Nr. 213, 143 S.
- SRU – Sachverständigenrat für Umweltfragen (2015): Stickstoff: Lösungsstrategien für ein drängendes Umweltproblem. Sondergutachten, Hausdruck, 564 S.
- StMELF – Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (2017): Waldbericht 2017. http://www.stmelf.bayern.de/mam/cmso4/wissenstransfer/bilder/waldbericht_2017.pdf
- Ulrich, B. (1983): Interaction of forest canopies with atmospheric constituents: S=2, alkali and earth alkali cations and chloride. In Ulrich, B.; Pankrath, J. (Hrsg.): Effect of Accumulation of Air Pollutants in Forest Ecosystems. D. Reidel Publishing Company, Dordrecht, S. 33–45
- Wagenführ, R. (2000): Holzatlas, 5. Aufl., 707 S. Hanser Verlag, München

Autoren

Dr. Stephan Raspe, Hans-Peter Dietrich, Desirée Köhler und Alfred Schubert sind Mitarbeiter in der Abteilung »Boden und Klima« der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft. Joachim Stiegler ist Mitarbeiter in der Abteilung »Waldbau und Bergwald« der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft.
Kontakt: Stephan.Raspe@lwf.bayern.de

Immer wieder dienstags

Wenn die Waldklimastation ruft



Stefan Donath, Ranger im Nationalpark Berchtesgaden und Probennehmer der dortigen Waldklimastation, auf den Weg zur Arbeit

Foto: D. Köhler, LWF

Desirée Köhler

An den Standorten der Waldklimastationen werden bereits seit 1991 Umwelteinflüsse und ihre Wirkungen auf den Wald gemessen. Jeden Dienstag sind die Probennehmer vor Ort. Sie gewinnen Wasser- und Streuproben für die Analysen im Labor und kontrollieren die Messeinrichtungen im Sommer wie im Winter.

An diesem Dezembermorgen ist der Himmel grau bedeckt, über Nacht hat es geschneit, nur noch vereinzelt fallen Schneeflocken vom Himmel. Es ist ganz still um uns herum – kein Laut ist zu hören,

kein Windhauch zu spüren. Doch dann unterbricht ein Rauschen die Stille, gefolgt von einem anschließend dumpfen Schlag. Gerade hat sich ein dickes Schneepaket von einem der Fichtenäste gelöst und ist zu Boden gefallen. Wir sind auf dem Aufstieg zur Waldklimastation Berchtesgaden an der Nordflanke des Watzmanns. Es ist kein Spaziergang, vor allem im Winterhalbjahr. Mit aufgelegten Schneeketten waren wir zuvor so weit wie möglich über eine Forststraße den Berg hinaufgefahren. Auf 1.200 Metern Meereshöhe geht es jetzt nur noch über schmale Wanderwege weiter. Diesen Weg legte auch die Multi-Karawane mit Lastsäcken im Jahr 1991 zurück, als die Messstation errichtet wurde. Mit Leichtigkeit und scheinbar mühelos geht Stefan Donath mit seinen Tourenski voraus und blickt immer wieder zurück, nicht dass ich den Anschluss verliere. Ich darf heute Stefan begleiten, möchte mir ein Bild von den Waldklimastationen – kurz WKS genannt – machen. Was liegt da näher, als gleich mal mit der höchstgelegenen WKS in Deutschland anzufangen.



**Ausblick oberhalb
der Waldklimastation
in 1.500 m Höhe**
Foto: D. Köhler, LWF

Ein Viertel Jahrhundert mit der WKS auf Du und Du

Das erste Mal mit Schneeschuhen unterwegs und das in den Bergen ist für mich schon eine kleine Herausforderung. Lächelnd wartet Stefan auf mich, um mir den Gipfel des Kleinen Watzmanns zu zeigen, der gerade hinter uns zwischen den Wolken auftaucht und gleich wieder von ihnen umhüllt wird. Stefan Donath ist Ranger im Nationalpark Berchtesgaden und betreut seit fast 27 Jahren die WKS Berchtesgaden. Jeden Dienstag kontrolliert er die Messinstrumente und nimmt Proben vom Niederschlagswasser, der Bodenlösung oder der Streu, welche anschließend an der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF) analysiert und ausgewertet werden. Wenn er mal verhindert ist, unterstützt ihn meist sein Kollege Josef Egger. Wir treten zwischen den schneebedeckten Fichten heraus und sehen vor uns die Mitterkaseralm – fast ist es geschafft. Auf einer kleinen Freifläche am Rande der Kernzone des Nationalparks auf 1.500 Meter Meereshöhe haben wir die Freifläche der Waldklimastation erreicht. Im Schnee sind kaum Spuren zu erkennen, außer unseren eigenen noch ein paar tief eingesunkene Schritte eines Wanderers, der in der letzten Nacht wohl im Winterraum des Watzmannhauses nur 430 Höhenmeter oberhalb übernachtet haben muss. Der eigentliche Wanderweg ist unter den 40 cm Neuschnee nicht mehr zu erkennen. Auch der Watz-

mann Gipfel ist heute durch dichte graue Wolken und den Hochnebel verdeckt. Dafür ist die Aussicht ins Tal einfach perfekt. Zwischen den kahlen Lärchenspitzen hindurch erstrecken sich im Hintergrund die österreichischen Alpen. Rechts sieht man den Obersalzberg und vor uns im Tal durch einen Nebelschleier verdeckt liegt Berchtesgaden.

Ein ungleiches Paar – aus zwei mach eins

Die meteorologische oder Freiland-Messstation liegt direkt vor uns. Hier werden die wichtigsten Wetterdaten erfasst, die auch auf das Kronendach des Waldes einwirken (z. B. Temperatur, Niederschlag, Strahlung, Windrichtung und Windgeschwindigkeit). Die Messfläche auf der Lichtung ist in angemessenem Abstand von einzelnen Fichten und Lärchen umgeben. Aus dem Schnee ragen noch die Zaunpfosten für die Einzäunung zum Schutz vor dem Weidevieh im Sommer hervor. Die dazugehörige Bestandesmessfläche liegt nur ein paar Höhenmeter den Berg hinauf im angrenzenden Lärchenbestand. Die räumliche Nähe sowie eine vergleichbare Höhenlage und Geländeformation gewährleisten den inhaltlichen Zusammenhang der Messungen auf der Freifläche und im Waldbestand. Freilandmessstelle und der Waldbestand bilden zusammen die »Waldklimastation« des Forstlichen Monitorings.

Tagesaktuelle Daten per Satellit

Viele der aufgebauten Messeinrichtungen sind durch die hohen Schneeberge kaum noch zu erkennen. Mit gezielten Schritten spurt Stefan den Weg zu den einzelnen Instrumenten. Dann zieht er eine kleine Lawinenschaufel aus seinem Rucksack und befreit die einzelnen Messgeräte von ihren Schneehauben. Vor allem die Solarpanels sind wichtig, da diese die notwendige Energie für den Betrieb der gesamten Station bereitstellen – einen Stromanschluss gibt es hier nicht. Als Nächstes ist die Überprüfung des Elektronikschrankes samt dem Modul für die Datenübermittlung dran. Im Schrank sind zahlreiche bunte Kabel miteinander verbunden und enden in einem Datenlogger. Dieser zeigt nicht nur den aktuellen Batteriestand an, sondern auch Datum, Uhrzeit und einzelne Messwerte. »Aktuell sind es minus 3,2 °C«, liest Stefan beim Durchblättern der Anzeige vor. »Früher wurden alle Messdaten auf einem Datenträger gespeichert und mussten anschließend an die LWF zum Auslesen geschickt werden. Erst dann konnte man Auswertungen zum Beispiel zu aktuellen Wetterereignissen machen. Heute werden die Daten direkt und tagesaktuell per Satellit übermittelt.« Durch die schnelle Datenübertragung können aktuelle Witterungsdaten an allen Waldklimastationen in Bayern über die Internetseite der LWF abgerufen werden. WKS-Online zeigt in einer interaktiven Karte die Temperaturen, Witterungsverläufe, Niederschläge und Bodenfeuchteparameter der letzten 14 Tage.

Die Reinigung der Solarpanels gehört genauso zu den Aufgaben eines WKS-Probennehmers wie der prüfende Blick in den Elektronikkasten.
Fotos: D. Köhler, LWF



Verschiedene Niederschlagsmessungen auf einer Fläche

Wir gehen weiter – zur Niederschlagswaage. Durch die Umstellung auf eine elektronische Messung und direkte Datenübermittlung muss die Waage nur noch vom äußeren Schnee befreit werden. »Es ist eine erhebliche Erleichterung in der wöchentlichen Arbeit an der Station. Früher musste die Waage und deren Inhalt erst aufgetaut werden, sonst konnte man die Schrauben nicht lösen und die Niederschlagsmenge nicht bestimmen.« Auch der Totalisator, der die gesamte Niederschlagsmenge in den Wintermonaten ermittelt und an den Bergstationen lediglich zur Absicherung der Messergebnisse aus der Niederschlagswaage dient, wird anschließend vom Schnee befreit. Durch die Gefrierschutzlösung aus Calcium-Chlorid kann der Niederschlag darin auch über einen längeren Zeitraum gesammelt werden. Hier findet die Messung der Menge allerdings erst in der kommenden Woche statt, denn für dieses Messinstrument wurde ein vierwöchentlicher Probenahmeturnus festgelegt. Nicht nur die Menge, sondern auch die inhaltlichen Bestandteile des Niederschlags werden an den Waldklimastationen gemessen. Dafür sind auf der Freifläche und auch im Bestand mehrere Depositionssammler aufgestellt. Die Sammler stecken senkrecht in einfachen roten KG-Rohren ungefähr einen Meter über den Boden. Stefan zieht geübt den Behälter aus dem Rohr heraus. Er schraubt den oberen Teil des Behälters vorsichtig ab, so dass kein Schnee im Trichter und der Schneehaube verloren geht. »Durch das eingesetzte Sieb im Trichter, das grobe Verunreinigungen auf fängt, rutscht der Schnee meistens nicht automatisch nach unten weiter.« Heute befindet sich nur eine geringfügige Schneemenge im darunterliegenden Sammler. Auf diesem Teil des Behälters ist ein

großes »F« zu erkennen. »F steht für Freiland, denn die Buchstaben auf den Sammlern dienen der Unterscheidung zwischen der Freiland- und Bestandesmessung«, wie Stefan ergänzt. Dann tauscht er den gefüllten Sammler mit einem leeren Depositionsbehälter aus. Doch dazu später mehr. Bevor er den leeren Sammler wieder zurück stellt, streift er mit den Fingern die letzten Schneereste von der Innenseite des KG-Rohrs. »Die Sammler rutschen oft tief in die Rohre hinein und man kann sie – vor allem im Winter – wenn sie angefroren sind, nur schwer herausziehen.« Aus diesem Grund kam er zusammen mit den Technikern der Messnetzbetreuung von der LWF auf die Idee, eine Art »Stopper« einzubauen. Unterhalb des Depositionssammlers verläuft nun quer durch jedes Rohr eine Schraube.

Die »Lärchen«-WKS – einzigartig in ganz Europa

»Was sagen eigentlich die vielen Bergwanderer vom Watzmannhaus zu der Station, an der sie ja so nahe vorbeigehen?« Auf meine Frage antwortet Stefan ganz stolz: »Die interessiert das hier sehr. Sie fragen oft nach und finden es gut, dass wir hier sind. Zerört wurde auch noch nie etwas. Und auch die Tourneeger im Winter nehmen Rücksicht.«

Aber schon geht's wieder weiter – auf der Freilandmessfläche sind wir fertig mit den Probenahmen. Der kurze Aufstieg zur Bestandesmessfläche ist nicht so einfach. Das Gelände wird immer steiler und unwegsamer. Abseits des Weges muss man sich bei jedem Schritt konzentrieren, um einen sicheren Stand zu finden. Unter dem Schnee ist der Boden von Felsgeröll übersät, dazwischen tiefere Klüfte. Schon im Sommer ein »Kniebrecher«. Unser Ziel ist der 190 Jahre alte und tief beastete Lärchenbestand. Nur einzelne Fichten und eine spärliche Fichten-Naturverjüngung sind noch zu erkennen.



Die Depositionssammler auf der Freifläche wie auch im Waldbestand werden jede Woche beprobt. Foto: D. Köhler, LWF



Stefan befreit die Niederschlagswaage von ihrer äußeren Schneehaube. Foto: D. Köhler, LWF



Im Winter Routine: Die Depositionssammler müssen vom umliegenden Schnee freigeschaufelt sein, um das Verschieben der Sammler möglichst zu vermeiden. Foto: D. Köhler, LWF

Diese Fläche ist ebenfalls von Zaunpfählen umstellt als Schutz vor dem Weidevieh in den Sommermonaten. Ein Zaun ist aber auch hier nicht zu erkennen. Der ist nur während der schneefreien Zeit gespannt. »Es gab viele Versuche mit einem normalen Zaungeflecht, aber immer wurde der Zaun durch den Schnee umgedrückt und musste jedes Mal neu aufgestellt werden«, erzählt Stefan und fährt fort: »Aus diesem Grund sind beide Messflächen in den Wintermonaten nicht mehr gezäunt, obwohl dies eigentlich zum Standard einer Waldklimastation gehört.« Am heutigen Termin der Probenahme werden ausschließlich die Sammler der Bestandesdeposition und die Humuslysimeter geleert. Auch hier müssen die Depositionssammler erst großzügig freigeschaufelt werden. Durch den Druck der Schneemassen auf die KG-Rohre stehen die Sammelbehälter nicht mehr alle senkrecht und müssen dann später wieder gerade aufgerichtet werden. Insgesamt werden drei Depositionssammler im Bestand ausgetauscht, zusätzlich zu dem einzelnen auf der Freilandfläche. Stefan zieht auch hier jeden einzelnen Sammler heraus und versucht, ohne größere Verluste den Sammelbehälter auszutauschen.

Leere Behälter rauf – volle runter vom Berg

Für eine Beprobung des Niederschlags auf dessen stoffliche Zusammensetzung benötigt das Labor an der LWF eine flüssige Probe von mindesten 100 ml. Stefan tauscht deshalb die Sammelbehälter komplett aus, denn der gesammelte Schnee in den einzelnen Behältern muss erst aufgetaut werden. Er trägt also neue gereinigte Behälter im Rucksack mit zur Station hinauf und nimmt anschließend die mit Schnee gefüllten Behälter wieder mit hinunter. An seiner Dienststelle in der Nationalparkverwaltung werden die Proben langsam aufgetaut. Anschließend wird auch hier die gesammelte Wassermenge ermittelt und der Wert in einen Probenlaufzettel eingetragen. Von der LWF werden dafür jeden Monat große graue Kisten mit mehreren vorbedruckten Probeflaschen, Streuprobentüten und den benötigten Laufzetteln an alle Probenehmer verschickt. Nach dem Abfüllen



Kiste mit den Sammelbehältern, in die die Humuslösung aus den Humuslysimetern geleitet werden Foto: D. Köhler, LWF

der Proben in die jeweils dazugehörigen Flaschen werden diese kühl gelagert und bis zum monatlichen Abholtermin der Kiste aufbewahrt. Dadurch werden stoffliche Veränderungen in den Proben weitgehend vermieden. Die Kühlkette wird bis zur Analyse im Labor aufrechterhalten.

Unterirdische Wasserproben, so das Wetter will

Nach der Beprobung der Deposition geht Stefan mit seinen Tourenski gezielt auf eine der Lärchen im Bestand zu, bleibt vor dem Stammfuß stehen und beginnt mit seiner Schaufel im Schnee ein Loch zu graben. Nachdem er den ersten Schnee beiseitegeräumt hat, entdeckte ich eine kleine weiß-graue Kiste am Boden. Nichts deutete darauf hin, dass sich hier eine Kiste befindet. Die langjährige Erfahrung von Stefan bei Eis und Schnee machen sich bei vielen kleinen Handgriffen bemerkbar. In der Kiste stehen zwei Sammelbehälter. Diese sind mit Auffanggefäßen unter der Humusaufgabe des Bodens über Schläuche verbunden. Das im Boden versickernde Wasser läuft dabei durch die Humusschicht, wird von einem Humuslysimeter aufgefangen und in die Sammelbehälter geleitet. Als Stefan die Behälter aufschraubt, stellt er fest, dass es mit der Probenahme an diesem Tag wohl nichts wird. Die Wassermenge in den Sammelbehältern ist komplett gefroren, sogar an einem der Zulaufschläuche ist ein kleiner Eiszapfen zu erkennen. Auch im Humus des Waldbodens ist das Wasser zurzeit gefroren. Wann die nächste Probenahme möglich ist, wird sich zeigen.

Vom Wachstum bis zum Aussehen der Bäume

Ich möchte wissen, welche Aufnahmen neben Deposition und Humuslösung auf der Bestandesfläche noch gemacht werden, denn man erkennt zum Beispiel an allen Lärchen der Messfläche Maßbänder in etwa 1,3 Metern Höhe. »Das sind Permanenzumfangmessbänder. Damit wollen wir die Durchmesseränderung jedes Baumes von Woche zu Woche dokumentieren. Bedingt durch physikalische Einflüsse wie Quellen und Schwinden von Holz und Rinde, aber auch durch physiologische Einflüsse wie

eine Veränderung des Saftstroms können die Werte sogar auch mal abnehmen«, weiß Stefan zu berichten.

Dann holt Stefan aus einer großen grünen Kiste mehrere Zettel hervor. Er zeigt mir eine Liste für die Umfangmessungen und eine für die phänologischen Phasen einzelner Bäume sowie für den gesamten Bestand. »Während des gesamten Jahres dokumentiere ich darin die Zeitpunkte und die Ausprägungen für Blatt- und Nadelentfaltung, für Blüte, Blattverfärbung und für den Blattfall. Aktuell sind bei der Lärche schon alle Nadeln abgefallen, deshalb gibt es diese Woche nichts zu berichten. Und auch das Sickerwasser in den verschiedenen Tiefenstufen beproben wir heute nicht. Wie bei dem Totalisator auf der Freifläche findet da eine Probennahme nur alle vier Wochen statt«.

Sicherheit hat oberste Priorität

Bevor es dunkel wird, sollten wir uns auf den Weg nach unten machen. Auch der Abstieg birgt einige Risiken. Stefan prüft die Schneeverhältnisse und schätzt die Gefahr von Lawinen vor Ort ein. Er hatte schon einmal einen schweren Arbeitsunfall und trägt deshalb jetzt einen besonderen Piepser, einen »Spot Satellit«. Mittels eines Notfallknopfs kann er jederzeit einen Notruf absetzen, wodurch die Rettungsleitstelle in Traunstein alarmiert und sein genauer Standort übermittelt werden. »In den Bergen ist viel Erfahrung notwendig, besonders im Winter. Jeden Dienstag in der Frühe rufe ich den Lawinenlagebericht auf der Homepage des Lawinenwarndienst Bayern ab«, erklärt er mir. Sein Blick schweift noch einmal über die Baumkronen bis hinunter ins Tal. Dann packt er seinen Rucksack, lächelt mich an und fährt mit seinen Tourenski voraus.

WKS Berchtesgaden – »Referenzstandort mit Reinluftcharakter«

An der Wimbachbrücke im Tal endet unsere Tagesreise zur Waldklimastation Berchtesgaden – ein Ort, der nicht nur wegen seiner faszinierenden Natur und dem heutigen Erlebnis etwas Besonders ist. Die Belastung durch Luftschadstoffe ist hier so niedrig wie an keiner anderen der 19 bayerischen Waldklimastationen oder einer anderen Intensivmessstation im bundesweiten forstlichen Umweltmonitoring. In Berchtesgaden sind die Werte ausgezeichnet: Die Station reicht fast an die Reinluftgrenze heran. Aber nicht nur die Schadstoffeinträge und ihre Wirkungen interessieren die LWF, die die Waldklimastationen seit über 25 Jahren betreibt. Im Fokus stehen auch die Folgen des Klimawandels für den Wald und seine Baumarten. Denn auch da ist der Bergwald und seine artenreiche Fauna und Flora eine eigene Welt.



Stefan Donath ist seit 1988 Ranger im Nationalpark Berchtesgaden. Der gelernte Schreiner kennt sich aber auch mit meteorologischen Stationen bestens aus. 22 Jahre lang kümmerte er sich um die 25 Wetterstationen des Deutschen Wetterdienstes in diesem Gebiet bis zu deren Automatisierung. Seit 1991 betreut er die Waldklimastation Berchtesgaden für die LWF. Seine Hauptaufgabe ist neben der Mitarbeit im Borkenkäfermonitoring die Kontrolle sowie der Unterhalt von Steigen und Hinweisschildern. Zusätzlich kommt er noch verschiedenen Naturschutzaufgaben nach.

Seit Beginn der Messungen an der Waldklimastation kann die LWF auf eine erfolgreiche Zusammenarbeit mit der Nationalparkverwaltung Berchtesgaden zurückblicken. Jede Woche ist Stefan Donath wie seine Kolleginnen und Kollegen an den anderen Stationen unterwegs. Sie nehmen Proben, überprüfen und reparieren die Messeinrichtungen. Wenn es um die Elektronik und die Datenübermittlung geht, kommen die Kollegen der LWF zur Unterstützung aus Freising. Den Spaß an seiner Arbeit kann man Stefan deutlich anmerken. Eigentlich ist es »seine Station«. Denn wie kein anderer erlebt er und kümmert er sich um sie, die WKS Berchtesgaden. Woche für Woche, Sommer wie Winter...

Autorin

Desirée Köhler ist wissenschaftliche Mitarbeiterin in der Abteilung »Wald und Klima« der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft.
Kontakt: Desiree.Koehler@lwf.bayern.de



Zahlreiche Lärchen auf der WKS sind mit Permanentumfangmessbändern ausgestattet. Die periodischen Ableisungen offenbaren hie und da sogar negative Zuwächse. Foto: D. Köhler, LWF

Quo vadis, Kiefer?

Waldzustandserhebung übernimmt langfristig Kiefernmonitoring in Mittelfranken

Alexandra Wauer, Tobias Mette und Hans-Joachim Klemmt

Frühjahr und Sommer 2016: Im Großraum Nürnberg werden immer mehr sterbende Kiefern mit roten Nadeln beobachtet, ein Alarmsignal. Hier ist die Kiefer die wichtigste Wirtschaftsbaumart. Sollte es tatsächlich mit ihr bergab gehen? Ein Gemeinschaftsprojekt der LWF und des Lehrstuhls für Ökoklimatologie der TU München geht den Ursachen nach. Der folgende Beitrag beleuchtet den Aspekt, den die jährliche Waldzustandserhebung dazu leisten kann. Langfristig wird die daraus entstehende Zeitreihe wertvolle Erkenntnisse zu Absterbe- und Revitalisierungsprozessen liefern.

Der Sommer 2015 war in Bayern außergewöhnlich heiß und trocken. Beispielsweise wurden im unterfränkischen Kitzingen 40,3 °C gemessen, ein neuer Hitzerekord. Hinsichtlich der Anzahl der heißen Tage ($T_{max} \geq 30 \text{ °C}$) und der klimatischen Wasserbilanz war 2015 im Vergleich zum Trockensommer 2003 sogar noch extremer, wie Abbildung 2 verdeutlicht.

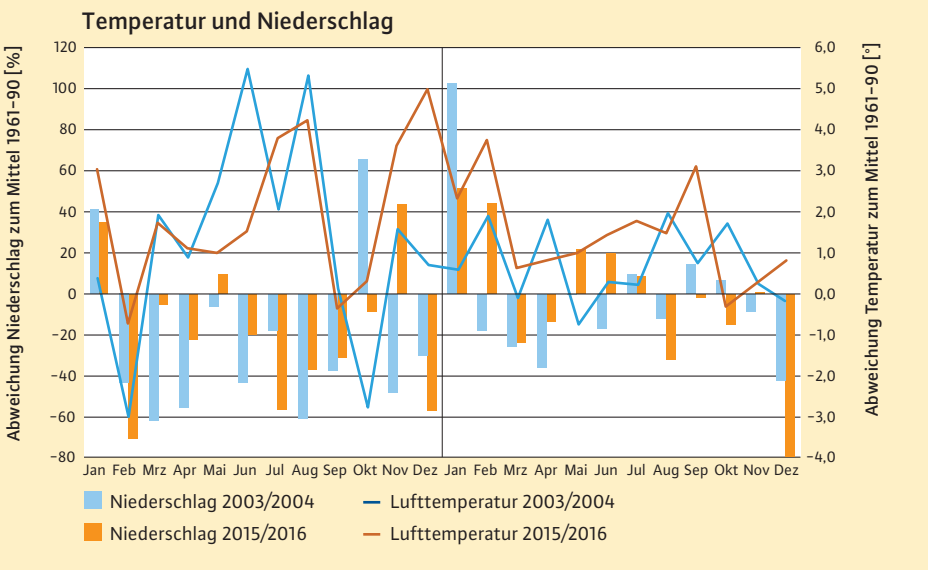
Reaktion der Kiefern auf die Extremjahre 2003 und 2015

Vergleicht man die Ergebnisse der Waldzustandserhebungen von 2003 und 2004 mit denen der Jahre 2015 und 2016, so zeigt sich, dass die Differenzen von 2003 auf 2004 deutlich größer ausfielen als von 2015 auf 2016, vor allem beim Anteil der Schadstufen zwei bis vier (Abbildung 3).



1 Abgestorbene Kiefern am Teufelsberg, AELF Roth Ende Juni 2016 Foto: M. Püls, LWF

Bis zum Jahr 2013 erholten sich die bei der jährlichen Waldzustandserhebung (WZE) aufgenommenen Kiefern deutlich, in diesem Jahr betrug ihr mittlerer Nadelverlust nur 15,2%. Danach ist in Bayern eine stetige Verschlechterung zu beobachten. Der mittlere Nadelverlust stieg 2014 auf 22%, die Ursache dafür ist unbekannt. 2015 erreichte er 24, 2016 knapp 26%. Die Ergebnisse der Jahre 2015 und vor allem 2016 lassen sich als Reaktion auf den Trockensommer 2015 werten. Die Kiefer als ursprünglich boreale Baumart leidet wahrscheinlich dank ihrer Fähigkeit, äußerst tief wurzeln zu können, weniger unter Trockenheit, sondern vermehrt unter großer Hitze (u. a. Rigling et al. 2006). Dazu kommen Sekundärschädlinge, die bereits geschwächte Bäume zum Absterben bringen können (z. B. *Diplodia pinea*, Kiefernprachtkäfer, Waldgärtner). Die postglaziale Evolution von *Pinus sylvestris* ermöglichte vor allem dieser Baumart mit ihrer großen ökologischen Amplitude, Randbereiche zu besiedeln, in denen andere Baumarten keine oder nur wenige Chancen hatten, und besonders viele Standortsrassen hervorzubringen. Gerade diese Eigenschaft der Kiefer, auch auf armen und trockenen Standorten noch gute Wachstumsleistungen hervorzubringen, trug zu ihrem häufigen Anbau in Mittelfranken bei.



| Baumart und Jahr | Mittelwert ¹ | Schadstufen [%] ² | | |
|--------------------------|-------------------------|------------------------------|------|-------|
| | | 0 | 1 | 2-4 |
| Kiefer 2003 | 22,3 | 12,4 | 67,7 | 19,9 |
| Kiefer 2004 | 24,8 | 8,7 | 59,2 | 32,1 |
| Differenz 2004-2003 | +2,5 | -3,7 | -8,5 | +12,2 |
| Kiefer 2015 | 24,0 | 15,1 | 57,6 | 27,3 |
| Kiefer 2016 ³ | 25,6 | 11,3 | 53,6 | 35,1 |
| Differenz 2016-2015 | +1,6 | -3,8 | -4,0 | +7,8 |

2 Vergleich von Temperatur und Niederschlag 2003 zu 2015

3 Vergleich der Ergebnisse der Waldzustandserhebungen (WZE) nach den Trockensommern 2003 und 2015

1 Mittelwert: Durchschnittlicher Nadelverlust aller aufgenommenen Kiefern
 2 Anteil am Gesamtkollektiv 3 WZE 2016: alle Trakte



| Region | Mittelwert | | Schadstufen 2–4 [%] | |
|---|------------|------|---------------------|------|
| | 2016 | 2017 | 2016 | 2017 |
| Kiefer gesamt | 26,7 | 25,2 | 39,3 | 32,2 |
| Kiefer in den Wuchsgebieten Schwäbischer und Fränkischer Jura (WG 6) und Fränkische Platte (WG 4) | 23,4 | 24,1 | 38,6 | 29,4 |
| Kiefer im Wuchsgebiet Fränkischer Keuper und Albvorland (WG 5) | 28,9 | 22,9 | 42,7 | 26,7 |
| Kiefer in den Trakten des Projekts »Mittelfranken« | 29,6 | 29,4 | 47,5 | 44,5 |
| Kiefer im Wuchsgebiet Alpen (WG 15) | 24,6 | 23,9 | 29,6 | 25,9 |

| Ausfallgrund | 2016 Anteil [%] | 2017 Anteil [%] |
|--|-----------------|-----------------|
| Planmäßige Nutzung | 4,4 | 1,9 |
| Nutzung auf Grund von Schäden | 0,4 | 0,7 |
| Tot stehend im Bestand ohne Feinreisig | 0,1 | 0,3 |
| Zum Aufnahmezeitpunkt frisch abgestorben | 0,6 | 0,3 |
| Nicht mehr bonitierbar | 4,3 | 4,7 |

4 Mittlere Nadelverluste und Anteile der Schadstufen 2 bis 4 nach Regionen

5 Anteile der ausgefallenen Kiefern nach Ausfallgründen, Vergleich zwischen 2016 und 2017

Situation in Mittelfranken

Besonders betroffen war die Kiefer in Mittelfranken, dort wirkte sich der Trockensommer 2015 außergewöhnlich stark aus. Die Kiefer ist in dieser Region eine wichtige Wirtschaftsbaumart. Insbesondere im Gebiet der Ämter für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten Ansbach, Fürth, Roth, Uffenheim, Weißenburg und Neumarkt waren bereits ab September 2015, verstärkt dann ab Winter/Frühjahr 2016 an Kiefern rötlich-braune Verfärbungen der Nadeln bis hin zum Absterben der Bäume zu beobachten.

Deshalb wurden die Schäden an der Kiefer im Projekt »Kiefernmonitoring in Mittelfranken« genauer unter die Lupe genommen. An diesem Projekt waren die Abteilungen »Boden und Klima« und »Waldschutz« der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF) sowie der Lehrstuhl für Ökologiklimatologie der TU München beteiligt. Ziel war, Schäden an den Kiefern im Wuchsgebiet 5 »Fränkischer Keuper und Albvorland« infolge des Trockensommers 2015 zu erfassen und Ursachen zu ergründen.

Konzept für die Beobachtung der Kiefern im Rahmen der Waldzustandserhebung

An 96 ausgewählten Traktecken der Bundeswaldinventur (BWI) wurden alle Probestämme der Winkelzählprobe 4 (WZP 4) erstmals im Rahmen der WZE 2016 angesprochen. Diese Inventurpunkte wurden entsprechend einer Versuchsanordnung ausgewählt, die zwölf verschiedene Standort-Kombinationen der Faktoren Bonität, Waldrandlage, Staunässe und Nährstoffe abdeckt und auf denen min-

destens vier lebende Kiefern stocken. Grundlagen für die Auswahl der Standorte waren die Daten der BWI 3 aus dem Jahr 2012, das Bayerische Standortinformationssystem BaSIS sowie klassische Standortskarten (Mette 2016).

Über in größeren Gebieten absterbende Kiefern wurde bisher nur an Standorten im Wallis oder in den Pyrenäen berichtet (Rigling et al. 2006; Galiano et al. 2010). Als Ursachen wurden Trockenheit bzw. Dürreereignisse, Mistelbefall und diverse Faktorenkomplexe diskutiert (Rigling et al. 2006; Rigling et al. 2013).

Im Rahmen der WZE werden nicht nur der Nadel-/Blattverlust, sondern auch Schäden und Befall mit Schadorganismen angesprochen. Die »Momentaufnahme« eines einzelnen Jahres dokumentiert zwar den Istzustand, läßt aber kaum Schlüsse hinsichtlich der künftigen Entwicklung zu. Deshalb wurden die für das Kiefernmonitoring ausgewählten BWI-Traktecken in die jährliche Waldzustandserhebung integriert, um langfristige Zeitreihen zu erzielen, mit denen sich Mortalität und Absterbe- bzw. Revitalisierungsprozesse nachvollziehen und dokumentieren lassen.

Ergebnisse 2016 und 2017

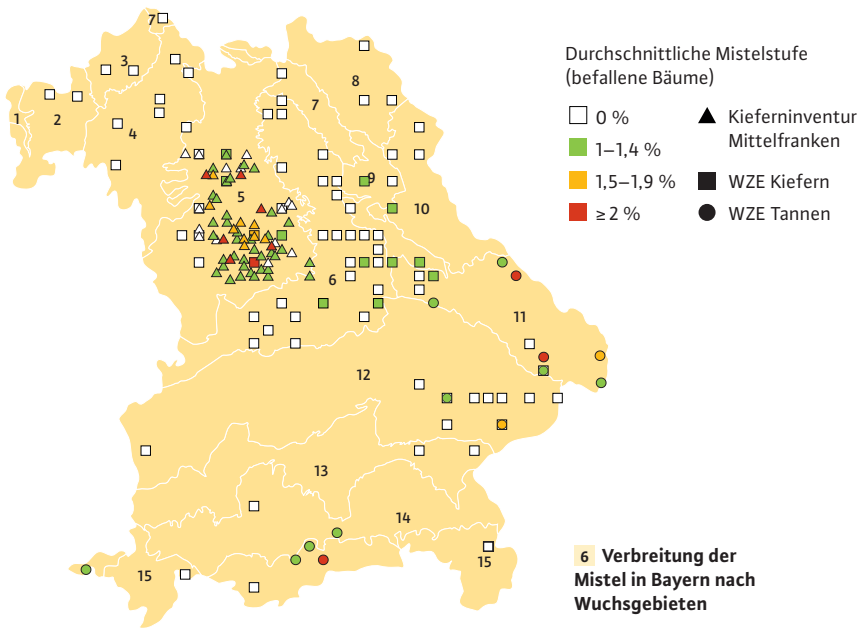
Die erste Aufnahme fand im Anschluss an die WZE vom 25. Juli bis 12. August 2016 statt, die zweite im Rahmen der WZE im Juli 2017. Bei der Waldzustandserhebung werden nur Bäume der Kraftklassen 1 bis 3 (Lichtkrone) aufgenommen. Die erhobenen Daten wurden hinsichtlich der Parameter Nadelverlust/Schadstufe (Abbildung 4), Ausfallgründe

(Abbildung 5), und Mistelbefall ausgewertet. Anschließend wurden sie mit den Ergebnissen der WZE 2016 und 2017 für Gesamtbayern sowie für die anderen Trockengebiete verglichen (Abbildung 4).

Abbildung 4 zeigt, dass die Kiefer vor allem im mittelfränkischen Projektgebiet als auch 2016 im gesamten Wuchsgebiet 5 »Fränkischer Keuper und Albvorland« die höchsten Nadelverluste im gesamten Freistaat aufweist. Insbesondere der Anteil der Schadstufen 2 bis 4 von knapp 50% 2016 ließ aufhorchen. Um dieses Ergebnis weiter verfolgen zu können, wurde ab 2017 im gesamten Wuchsgebiet 5 das Aufnahme raster auf 8 x 8 km verdichtet und damit eine bessere Datengrundlage geschaffen. Die Unterschiede zwischen den beiden ersten Aufnahmejahren belegen noch keine Tendenz. Es ist auch noch zu früh, aus diesen Daten Hinweise für ein zukünftig verstärktes Abgehen der Kiefer in Mittelfranken ableiten zu wollen. Eine langfristige Zeitreihe, die die kommenden Jahre abbildet, wird Aufschluß geben.

Ausfallgründe

Der Anteil planmäßig genutzter Bäume ging von 2016 auf 2017 zurück. Dagegen stiegen die Anteile auf Grund von Schäden genutzter bzw. im Bestand tot stehender Bäume ohne Feinreisig leicht an. Inwieweit sich diese Tendenzen fortsetzen, werden die Aufnahme in den kommenden Jahren zeigen.



Mistelbefall

Die Mistel als Halbschmarotzer entzieht dem besiedelten Baum Wasser. Bei stärkerem Befall leidet der Baum vor allem in Trockenperioden unter Wasserstress. Starker Mistelbesatz führt zu Zuwachsverlusten und schließlich zum Absterben. Im Rahmen der jährlichen Waldzustandserhebung wird seit 2007 auch der Mistelbefall erfasst. Damals lag die relative Befallsrate der Kiefernmistel noch bei circa 1,5%. Im Jahr 2016 waren an den Inventurpunkten bereits knapp 13% der Kiefern mit Misteln besiedelt. Im Gebiet zwischen Ansbach und Neumarkt/Oberpfalz sowie zwischen Roth und Bamberg weisen die Kiefern die höchsten Nadelverluste auf. Dort breitet sich auch die Mistel stärker als in anderen Kieferngebieten aus. Im Gegensatz zu Mittelfranken sind in den übrigen bayerischen Wuchsgebieten meist nur wenige Kiefern von Misteln befallen (Abbildung 6), auf den Inventurpunkten in den Alpen wurde bisher kein Befall nachgewiesen. In Mittelfranken sind derzeit knapp ein Drittel der aufgenommenen Kiefern mit Misteln besiedelt. Diese unterschiedliche regionale Verteilung steht im Einklang mit den Temperaturansprüchen der Mistel. Nach Auswertungen verschiedener Klimaparameter lassen sich signifikante positive Einflüsse der Jahresdurchschnittstemperatur und insbesondere der Sommertemperatur sowie ein signifikant negativer Einfluss der Jahresniederschlagsmenge auf den Mistelbefall feststellen (Hardtke 2013; Petercord et al. 2017; Behrendt 2018).

Die Bayerische Staatsregierung hat das Bayerische Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz zur Erstellung von Anpassungskonzepten an den Klimawandel beauftragt. Hier liefert das Netz der WZE eine wichtige Datengrundlage. Unter anderem sollen für die jährlichen Klimaanpassungsreports Klimaanpassungsindikatoren ermittelt und berechnet werden, die sich auf diese Daten stützen. Ein geplanter Klimaanpassungsindikator widmet sich der Ausbreitung der Mistel. Dafür sind unter anderem verlässliche Daten für diese Baumart notwendig, die die Standardaufnahmen der WZE liefern.

Zusammenfassung und Ausblick

Die 2016 erstmals an der in Mittelfranken waldbaulich bedeutsamen Kiefer beobachteten Schäden initiierten ein gemeinsames Projekt der Abteilungen 2 »Boden und Klima« und 5 »Waldschutz« der LWF, an dem auch der Lehrstuhl für Ökologiklimatologie der TU München beteiligt war. Das Projekt wurde erfolgreich abgeschlossen. Die Ergebnisse sprachen eindeutig dafür, das Kiefernmonitoring im Rahmen der WZE weiterzuführen. Dafür lassen sich die Möglichkeiten, die die WZE bietet, sehr gut nutzen. Der Zustand der Kiefern im betroffenen Gebiet wird weiter jährlich hinsichtlich der Entwicklung des Nadelverlustes und der Schadorganismen sowie der eventuellen Ausbreitung der Symptome begutachtet. Die Lebensdauer der Kiefern, insbesondere solcher mit bereits heute höheren Nadelverlusten, wird beobachtet, um Absterbe- und Revitalisierungsprozesse verfolgen zu können. Mit Hilfe jährlicher Durchmessererhebungen wird der Frage nachgegangen, wie lange und in welchem Ausmaß Extremereignisse den Holzwuchs beeinflussen.

7 Stark befallene Kiefer in Mittelfranken Foto: R. Petercord, LWF

Literatur

- Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten:** Waldzustandsberichte 2003 bis 2016
- Behrendt, K. (2018):** Die Nadelholzmistel in Bayern – Analyse von Befallsituation, Ursachen und Auswirkungen anhand von Langzeitmonitoringdaten. (Unveröffentlichte) Masterarbeit am Lehrstuhl für Waldbau der Technischen Universität München, 112 S.
- Galiano, L.; Martínez-Vilalta, J.; Lloret, F. (2010):** Drought-Induced Multifactor Decline of Scots Pine in the Pyrenees and Potential Vegetation Change by the Expansion of Co-occurring Oak Species. *Ecosystems* 13, S. 978–991
- Hartmann, T. (1990):** Die Kiefernmistel im Raum Schwabach/Mittelfranken. *Allgemeine Forstzeitschrift* 36, S. 914–920
- Hilker, N.; Rigling, A.; Dobbertin, M. (2005):** Mehr Misteln wegen der Klimaerwärmung? *Wald und Holz* 3, S. 39–42
- Mette, T. (2016):** WZE-Erweiterung 2016 im Wuchsgebiet 5 im Hinblick auf Kiefernbeschäden infolge des Trockensommers 2015. LWF, unveröffentlicht
- Mette, T.; Wauer, A. (2016):** Status Quo WZE-Erweiterung 2016 im Wuchsgebiet 5 im Hinblick auf Kiefernbeschäden infolge des Trockensommers 2015. LWF, unveröffentlicht
- Nierhaus-Wunderwald, D.; Lawrenz, P. (1997):** Zur Biologie der Mistel. Merkblatt für die Praxis Nr. 28, Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft, Birmensdorf, 8 S.
- Petercord, R.; Wauer, A.; Krüger, F.; Wallerer, G. (2017):** Grüne Mitesser – Die Misteln an Tanne, Kiefer und Laubbaumarten. LWF aktuell 112; S. 18–22
- Rigling, A.; Dobbertin, M.; Bürgi, M.; Gimmi, U.; Graf Pannatier, E.; Gugerli, F.; Heiniger, U.; Polomski, J.; Rebetz, M.; Rigling, D.; Weber, P.; Wermelinger, B.; Wohlgenuth, T. (2006):** Verdrängen Flaumeichen die Walliser Waldföhren? Merkblatt für die Praxis Nr. 41, Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft, Birmensdorf, 15 S.
- Taeger, S. (2016):** Monitoring-Konzept Kiefernbeschäden. LWF, unveröffentlicht
- Tubeuf, v. K.; Neckel, G.; Marzell, H. (1923):** Monographie der Mistel. Verlag R. Oldenbourg, München und Berlin, XII + 832 S.
- Wauer, A. (2016):** Verdichtung des WZE-Rasters 2016 in bestimmten Regionen – Analyse und Empfehlung. LWF, unveröffentlicht, 20 S.
- Wauer, A.; Klemmt, H.-J. (2016):** Waldzustandserhebung 2017 – Konzeption und Planung. LWF, unveröffentlicht, 11 S.
- Wauer, A.; Zimmermann, L.; Klemmt, H.-J. (2017):** Waldzustandserhebung im (Klima-)Wandel. *Allgemeine Forstzeitschrift*, in Vorbereitung
- Wauer, A.:** Ergebnisse der WZE 2017. LWF Forum 6. November 2017, unveröffentlicht

Autoren

Dr. Alexandra Wauer ist Landesinventurleiterin für die Waldzustandserhebung in Bayern und Mitarbeiterin in Abteilung »Boden und Klima« der LWF.
Dr. Tobias Mette ist in derselben Abteilung für den Fachbereich »BaSiS« zuständig.
Dr. Hans-Joachim Klemmt leitet die Abteilung »Boden und Klima«.
Kontakt: Alexandra.Wauer@lwf.bayern.de





ZENTRUM WALD FORST HOLZ
WEIHENSTEPHAN

3. ZWFH-Forum: Biodiversität und Ökosystemleistungen



Intakte Ökosysteme und ihre Dienstleistungen zu sichern, gehört unumstritten zu den großen Nachhaltigkeits-Herausforderungen des 21. Jahrhunderts. Diese Herausforderung wurde am Zentrum Wald-Forst-Holz (ZWFH) Weihenstephan im Jahr 2017 mit zwei zusammenhängenden wissenschaftlichen Foren aufgegriffen, die ein Bild vom Zusammenwirken der Ökosystemleistungen und der Notwendigkeit biologischer Vielfalt zeichneten. Vor diesem Hintergrund beschäftigte sich das Forum am 11. Juli 2017 mit dem »Erhalt der Biodiversität in Wäldern und Mooren«. Das Forum am 21. November 2017 widmete sich den »Ökosystemleistungen«.

Nach der Begrüßung durch Olaf Schmidt (Leiter des ZWFH) schärfte zunächst Prof. Thomas Knoke (TUM), der auch als Moderator durch diesen Nachmittag führte, den Begriff Ökosystemleistungen. Er wies darauf hin, dass der Begriff Ökosystemleistungen zunehmend anstelle des älteren Begriffs Öko-

systemdienstleistungen verwendet wird. In den anschließenden Vorträgen stellten Wissenschaftler der Partnerinstitutionen TUM, LWF und HSWT ihre neuesten, umfassenden und zukunftsweisenden Projekte und Ergebnisse vor und erläuterten, wie Ökosystemleistungen dem menschlichen Wohl dienen, wie sie direkt in der Forstplanung berücksichtigt werden und wie ökonomische Optimierungsansätze als hilfreiche Entscheidungsunterstützungssysteme für die nachhaltige Waldbewirtschaftung eingesetzt werden können. Im abschließenden Vortrag zeigte Prof. Carsten Lorz (HSWT), dass mit einem nicht-komplexen Ansatz die dringend benötigte Bewertung ökosystemarer Dienstleistungen möglich ist. »Für die Praxis ein Gewinn, insbesondere wenn der Ansatz auch von Nicht-Experten nachvollziehbar ist und existierendes Wissen einbezogen wird«, so Prof. Lorz.

Die sehr lebendigen Diskussionen ließen ein hohes Interesse der Besucher, aus dem Zent-

rum, dem Campus Weihenstephan und dem Bayerischem Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten erkennen. In der Schlussdiskussion kam klar zum Ausdruck, wie wichtig die wissenschaftlichen Analysen für Entscheidungsträger sind, um den Wert von Biodiversität vermitteln zu können. Prof. Thomas Knoke ging noch einen Schritt weiter: »Auch ohne Marktpreis können Ökosystemleistungen einen hohen ökonomischen Wert haben, denn die theoretische Zahlungsbereitschaft für Ökosystemleistungen ist sehr groß. Hieraus müsste sich ein entsprechender Geldfluss für die Forstbetriebe entwickeln lassen, wenn die theoretischen Beträge ernst genommen werden sollen«.

Am 12. Juli 2018 präsentiert das 4. ZWFH-Forum das Thema »Stadtwälder – Urban Forestry« im Hanskarl-Goettling-Saal der LWF. Der Blick in die Zukunft verrät, dass im Jahr 2050 70 % der bayerischen Bevölkerung in Städten leben wird.

Publikum beim 3. Forum des ZWFH
Foto: C. Josten, ZWFH

Welche Probleme und Gelegenheiten sich daraus ergeben und welche Vorkehrungen zu treffen sind, werden die drei Institutionen des ZWFH in ihren Vorträgen aufzeigen und mit dem Publikum diskutieren. »Eine der Chancen für die Forstverwaltung wird sein, über Stadtwälder, das städtische Grün und die Bäume in der Stadt die Bedeutung von Bäumen, Wald und Forstwirtschaft einer breiten Öffentlichkeit nahe zu bringen«, erklärt Olaf Schmidt, der das 4. Forum moderieren wird.

Veronika Baumgarten, ZWFH

www.forstzentrum.de

Die Referenten v.l.: Christoph Schulz (LWF), Horst Kolo (TUM), der Moderator Prof. Dr. Thomas Knoke (TUM), Fabian Schweiger (TUM), Dr. Nadja Simons (TUM) und Prof. Dr. Carsten Lorz (HSWT) und Olaf Schmidt, Leiter des ZWFH. Foto: C. Josten, ZWFH





Am zweiten Treffen des »Arbeitskreis Wildtiere Weihenstephan« kamen 14 Teilnehmer aus LfL, HSWT, TUM und LWF zusammen. Foto: C. Josten, ZWFH

Am 15. November 2017 und am 20. Februar 2018 traf sich der »Arbeitskreis Wildtiere Weihenstephan« zu seinen ersten Arbeitssitzungen. Der Arbeitskreis versteht sich als Gruppe, die sich an der LWF, der TU München (TUM), der Hochschule Weihenstephan-Triesdorf (HSWT) sowie an der

Neuer »AK Wildtiere Weihenstephan« im Forstzentrum

Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) am Campus Weihenstephan vor allem mit Wildtieren befassen und in diesem Rahmen verstärkt fachlich austauschen will. Alois Zollner, Leiter der Abteilung »Biodiversität, Naturschutz, Jagd« an der LWF betonte in seiner Begrüßung, dass Wildtiere für die öffentliche Wahrnehmung der Forst- und Landwirtschaft eine große Rolle spielen: »Wildtiere sind ein hochaktuelles Thema und über die Tiere erreicht man die Menschen. Wenn wir über die Lebensweisen und Ansprüche der Arten berichten, öffnet das für uns Türen!«

Beim ersten Treffen wurden drei Projekte vorgestellt: Über »Integrales Schalenwildmanagement im Bergwald« berichtete Hendrik Edelhoff (LWF) und über das seit Oktober 2017 laufende Interreg V–Projekt im Böhmerwald »Neue Wege zu einem grenzübergreifenden Rotwildmanagement in Zeiten des Klimawandels« referierte Dr. Wibke Peters (LWF). PD Dr. Andreas König von der Arbeitsgruppe Wildbiologie und Wildtiermanagement am Lehrstuhl für Tier-

ernährung der TU München referierte über das Projekt »Analyse der Veränderung des Energiegehaltes und Qualität der Rehnahrung im Jahresverlauf«.

In der zweiten Sitzung gaben Henning Zimmermann (LfL) und Katharina Mikschl (LfL) Einblicke in das Wildtierportal Bayern und die Bürgerplattform »Wildtiere in Bayern« (WilTiB). Dr. Christian Wagner (LfL) referierte über »Management von Wildgänsen in Bayern« und »Fischotter-Management in Ostbayern«. Dr. Fiona Schönfeld (HSWT) stellte Projekte aus dem Bereich Schalenwildmonitoring und Wildtiermanagement vor und Prof. Dr. Volker Zahner (HSWT) sprach über die Thermenbereiche Mensch und Wildtier sowie Schlüsselstrukturen und -arten mit Ergebnissen aus verschiedenen Projekten.

Am 13. März 2018 fand ein Workshop AK Wildtiere zum Monitoring mit Fotofallen statt. Dabei wurden Erfahrungen ausgetauscht und Problemstellungen bei der Anwendung im Feld diskutiert.

red



Forstlicher Arbeitbertag

Chancenreich und vielfältig sind die Berufsmöglichkeiten für Forst-Absolventen der Hochschule Weihenstephan-Triesdorf (HSWT). Dies zeigen die an den Forstlichen Arbeitbertagen im Dezember und Januar an der Fakultät Wald und Forstwirtschaft vorgestellten Berufsperspektiven. Fünf große forstliche Arbeitgeber waren nach Weihenstephan angereist: Die Bundesforsten, die Bayerische Forstverwaltung, die Bayerischen Staatsforsten AöR, Hessen-Forst und der Bayerische Waldbesitzerverband stellten sich als Arbeitgeber den Studierenden vor. In den nächsten Jahren gehen 50% des Forstpersonals in den Ruhestand, so dass aktuell gute Chancen für den forstlichen Nachwuchs bestehen. Zusätzlich plant die Forstverwaltung weitere 120 Stellen für Forstleute in Bayern.

Dr. Volker Zahner

Interforst 2018

Vom 18. bis 22. Juni 2018 präsentiert sich das Zentrum Wald–Forst–Holz Weihenstephan auf der Interforst in München. Die 13. Interforst ist als internationale Leitmesse für Forstwirtschaft und Forsttechnik mit wissenschaftlichen Veranstaltungen und Sonderschauen der Treffpunkt der gesamten Branche im Jahr 2018. Die drei Partner im Forstzentrum – die Studienfakultät Forstwissenschaft und Ressourcenmanagement der TU München, die Fakultät Wald und Forstwirtschaft der Hochschule Weihenstephan-Triesdorf und die Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft – informieren über aktuelle forstliche Ausbildung und Forschung und stellen Informationsmaterial zur Verfügung.

Die Interforst ist so vielschichtig wie die Forstwirtschaft selbst und bietet einen umfassenden Marktüberblick. Das Themenspektrum reicht von Walderneuerung und -pflege über Holzernte, -bearbeitung und -energie bis hin zu Transportfahrzeugen, Arbeitsschutz und Informationstechnologie im Forst. Dieses Konzept überzeugt über die deutschen Grenzen hinaus: »Die Interforst 2014 war mit rund 50.000 Besuchern aus 72 Ländern und über 450 Ausstellern aus 27 Ländern so international wie noch nie, diese Entwicklung wird sich 2018 fortsetzen«, ist Projektleiterin Martina Ehrnsperger überzeugt. Darüber hinaus wird die Interforst 2018 eine der ersten Veranstaltungen auf dem weiter ausgebauten Messegelände sein.

red

www.interforst.com

Foto: Messe München



Tropenwaldforscherin erhält Thurn und Taxis Förderpreis

Dr. Angela Luciana de Avila erhielt am 13. Dezember 2017 den Thurn und Taxis Förderpreis für die Forstwissenschaft 2017. Die mit 6.000 Euro dotierte Auszeichnung wurde ihr im Schloss St. Emmeram in Regensburg von Ihrer Durchlaucht Fürstin Gloria von Thurn und Taxis und Professor Dr. Michael Suda, Studiendekan der Studienfakultät Forstwissenschaft und Ressourcenmanagement der TU München, überreicht. Dr. de Avila hat mit ihrer Dissertation an der Professur für Waldbau der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg einen wesentlichen Beitrag zu den wissenschaftlichen Grundlagen einer nachhaltigen Bewirtschaftung tropischer Regenwälder geleistet. Für die Untersuchung der Frage, ob diese Wälder aus ökologischer Perspektive nachhaltig bewirtschaftet werden können, hat sie ein dreißigjähriges Experiment zum Einfluss

der Bewirtschaftungsintensität im brasilianischen Amazonas analysiert. Mit ihren Ergebnissen konnte Dr. de Avila eindrucksvoll zeigen, dass eine Erholung der Baumartenzusammensetzung, der Kohlenstoffspeicherung und der nutzbaren Holzvorräte in einem Zeitraum von 30 Jahren nach selektiver Nutzung und Durchforstung möglich ist, wenn die Nutzungsintensität etwa 20 Prozent der ursprünglichen Bestandesgrundfläche nicht übersteigt. Diese Ergebnisse zeigen auf der einen Seite, dass diese Wälder deutlich robuster gegenüber Störungen sind, als dies gemeinhin angenommen wird. Auf der anderen Seite verdeutlicht ihre Untersuchung, dass die Art und Intensität der Ernte und waldbaulicher Eingriffe sorgfältig gesteuert werden muss, um eine rasche Erholung der Ökosystemfunktionen zu gewährleisten.

Stefanie Ederer, TUM



Fürstin Gloria von Thurn und Taxis (z.v.l.) überreicht Dr. A. L. de Avila den Förderpreis für die Forstwissenschaft. Mit im Bild (v.l.): Festredner Prof. Dr. R. Kienberger (TUM), Doktorvater Prof. Dr. J. Bausch (Albert-Ludwigs-Universität Freiburg) und Prof. Dr. M. Suda, Studiendekan der Studienfakultät Forstwissenschaft und Ressourcenmanagement (TUM) Foto: C. Josten, ZWFH

Termine

24.–26. April 2018

Deutsche Baumpflegetage 2018

Messe Augsburg

www.deutsche-baumpflegetage.de

3. Mai – 4. November 2018

Bayerische Landesausstellung

»Wald, Gebirg und Königstraum – Mythos Bayern«

Kloster Ettal

www.hdbg.de/wald

16.–18. Mai 2018

Natura 2000 – Management in montanen Fichtenwäldern und Bergmischwäldern

Laufen

www.anl.bayern.de

9.–17. Juni 2018

Woche des Waldes

dezentral

www.stmelf.de

12. Juni 2018

Jahresempfang

»15 Jahre Forstzentrum«

Freising

www.forstzentrum.de

21. Juni 2018

LWF regional

Niederbayern

www.lwf.bayern.de

26.–28. Juni 2018

Erhaltungsmanagement von Eichenlebensraumtypen

Bad Windsheim

www.bmel.de

28.–30. Juni 2018

Wildtierökologische Forschung für die Praxis – Vom Monitoring bis zum Management

Waldachtal im Nordschwarzwald

www.fva-bw.de

28.–30. Juni 2018

9. Rotwildsymposium

Bad Driburg

www.rothirsch.org

6. Juli 2018

29. Weihenstephaner Forsttag

»Wald-Wild-Wolf – Was Forstleute bewegt«

Freising Weihenstephan

www.forstzentrum.de

9.–10. Juli 2018

26. C.A.R.M.E.N.-Symposium

Würzburg

www.carmen-ev.de

12. Juli 2018

4. ZWFH-Forum

»Stadtwälder – Urban Forestry«

Freising

www.forstzentrum.de

18.–22. Juli 2018

INTERFORST 2018

Messe München

www.interforst.com

18.–22. Juli 2018

Bundesforstfrauentreffen 2018

Freising Weihenstephan

www.forstzentrum.de

FFK Gotha besucht die LWF

Am 6. Dezember 2017 trafen sich die kommissarische Leiterin des Forstlichen Forschungs- und Kompetenzzentrums Gotha von Thüringenforst, Frau Corinna Geißler, und ihr Stellvertreter, Herr Wolfgang Arenhövel, mit der Leitung und den Abteilungsleitern der LWF in Freising zu einem intensiven Gedankenaustausch. Zwischen beiden Institutionen bestehen seit vielen Jahren gute und freundschaftliche Beziehungen, die bereits im Jahr 2008 in einer schriftlichen Kooperationsvereinbarung festgehalten wurden. In den nächsten Jahren soll vor allem in den Bereichen Baumarteneignung im Klimawandel, beim klimatoleranten Waldumbau und bei Fragen des Auftretens und der Bekämpfung forstschädlicher Organismen – zum Beispiel Eschentriebsterben und Eichenprozessionsspinner – noch stärker zusammengearbeitet werden. Sehr positiv wurde im Rückblick der gegenseitige Austausch von Experten als Referenten bei verschiedenen Fachtagungen bewertet. Dieser Austausch soll auch künftig beibehalten und ggf. sogar intensiviert werden. Man war sich nach der Besprechung einig, dass der Prozess der guten Zusammenarbeit und Kooperation zwischen den beiden forstlichen Institutionen LWF und FFK über die Ländergrenze hinweg weiter gepflegt und möglichst noch verbessert werden sollte. Konkret wurde ein jährliches Abstimmungstreffen der für Waldschutz zuständigen Institutionen von Thüringen, Bayern und Sachsen vorgeschlagen. Weiter soll 2018 die thüringische Versuchsfläche des Projektes KLIP18 in Heldrungen gemeinsam der Öffentlichkeit vorgestellt werden.

Olaf Schmidt, LWF

Personalia



Foto: J. Gangkofer, HSWT

Professor Lorz ist Vizepräsident für Internationalisierung

Der Hochschulrat der Hochschule Weihenstephan–Triesdorf hat Prof. Dr. habil. Carsten Lorz am 15. November 2017 zum Vizepräsidenten mit dem Geschäftsbereich Internationales und Diversity gewählt. Er ist zunächst bis 30. September 2020 im Amt.

Professor Lorz wurde zum Wintersemester 2011/12 als Professor für »Forstliche Bodenkunde, Geologie und standörtliche Grundlagen der Forstwirtschaft« an der HSWT berufen. Seitdem engagiert er sich in der Fakultät »Wald und Forstwirtschaft« unter anderem als Mitglied des Fakultätsrats und als Haushaltsbeauftragter.

Professor Lorz kann auf umfangreiche internationale Erfahrungen zurückblicken. Dazu zählen Forschungsprojekte mit dem Schwerpunkt Mittel- und Südost-Europa, die Koordination eines Verbundprojektes zum Integrierten Wasserressourcen-Management in Zentral-Brasilien, die Beteiligung bei der Gründung des European Land-use Institute sowie Lehrtätigkeit in mehreren englischsprachigen Studiengängen.

An der Hochschule Weihenstephan–Triesdorf hat er ein vom Bundesministerium für Bildung und Forschung finanziertes Forschungsprojekt zu den Auswirkungen einer geänderten Landnutzung in Südafrika durchgeführt. Professor Lorz hat zudem ein vom DAAD finanziertes und ein durch das brasilianische Programm *Ciências sem Fronteiras* finanziertes Promotionsstipendium eingeworben.

red



Gründungsmitglieder Caroline Bennemann (3. v.l.), Stefan Herbst (1. v.l.), Jos Hornung (6. v.l.), Siegfried Waas (8. v.l.), Max Kammermaier (2. v.l.) sowie die Referenten Emil Hudler (4. v.l.), Eva Ritter (5. v.l.), Franziska Partenhäuser (7. v.l.) und Georg Süß (9. v.l.) Foto: Q. Neuner

Neue BDF-Hochschulgruppe

Am 4. Dezember 2017 haben sechs Studierende des Masterstudiengangs Forst- und Holzwissenschaften die Hochschulgruppe des Bunds Deutscher Forstleute (BDF) an der Technischen Universität München gegründet. Bei der mit 70 Studierenden gut besuchten Auftaktveranstaltung stellten Vertreter aus staatlichem und kommunalem Forstbetrieb sowie der Bayerischen Forstverwaltung in Kurzvorträgen ihre Erfahrungen aus Studium, Referendariat und Berufseinstieg vor. Die BDF-Landesjugendvertreterin Franziska Partenhäuser stellte in ihrem Vortrag den Berufsverband sowie dessen Ziele und Erfolge

vor. »Der BDF Bayern freut sich auf die zukünftige Zusammenarbeit mit der Hochschulgruppe. Weitere Informationsveranstaltungen und Fachexkursionen unterstützen wir gerne«, so Partenhäuser.

Die Hochschulgruppe fördert eine stärkere Vernetzung des Studien-Campus Weihenstephan mit der forstlichen Praxis und setzt sich für die Erhaltung und Stärkung der forstlichen Lehre an der Studienfakultät Forstwissenschaft und Ressourcenmanagement der TU München ein.

red

www.facebook.com/bdf.studenten.tum

15 Jahre Forstzentrum Weihenstephan

In den 1990er Jahren ergab sich für die Forstwelt in Deutschland eine einmalige Situation: Drei forstliche Institutionen – HSWT, TUM und LWF – wurden direkte Nachbarn auf dem Campus Freising Weihenstephan.

Professor Dr. Wolfgang A. Herrmann (Präsident der TUM), Professor Dr. Josef Herz (ehem. Präsident der Fachhochschule Weihenstephan) und Dr. Gerhard Schreyer (ehem. Leiter der Bayerischen Staatsforstverwaltung) unterschrieben am 8. Mai 2003 die Kooperationsvereinbarung über die Zusammenarbeit im Zentrum Wald–Forst–Holz Weihenstephan.

Das Ziel war, den Standortvorteil besser zu nutzen sowie eine Geschäftsstelle für gemeinsame Herausforderungen und Öffentlichkeitsarbeit zu etablieren. Der Grundgedanke, Synergieeffekte zu nutzen, wird nun seit 15 Jahren täglich im direkten Austausch der Wissenschaftler, Lehrenden, Mitarbeiter und Studierenden sowie in zahlreichen gemeinsamen Veranstaltungen gelebt.

Vertreter aus Politik, Forst und Forschung sowie alle Mitarbeiter und Interessierte sind am 12. Juni herzlich zum Jubilä-

ums-Jahresempfang »15 Jahre Forstzentrum« eingeladen. In diesem Rahmen wird auch die Georg-Dätzel-Medaille durch den Vorsitzenden des Fördervereins Zentrum WFH Weihenstephan e.V., Professor Dr. Reinhard Mosandl, für besondere Leistungen in der Anwendung, Umsetzung und Verbreitung von Waldwissen verliehen.

red

v.l.n.r.: Dr. Gerhard Schreyer, Prof. Dr. Wolfgang A. Herrmann, Prof. Dr. Josef Herz und Josef Miller, ehem. Staatsminister für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten bei der Gründungsfeier Foto: Archiv, ZWFH



Weißtannensaatversuch Frankenwald



Tannensaat mit einer von zwei Pferden gezogenen Sämaschine

Foto: F. Wystrach, AELF Coburg

Die Weißtanne ist eine Baumart der Alpen und Mittelgebirge und neben Fichte, Buche und Bergahorn ein wichtiger Bestandteil des Bergmischwaldes. Ihr tiefreichendes Wurzelsystem ist Voraussetzung für eine gute Wasser- und Nährstoffversorgung sowie eine hohe Stabilität. Dadurch kann sie den Auswirkungen des Klimawandels wie Trockenheit und Sturm besser trotzen als die Hauptbaumart Fichte. Beim Waldumbau kommt daher dem Voranbau von Weißtanne in nicht standortgerechten Fichtenaltbeständen eine wichtige Rolle zu.

Hauptaugenmerk der Untersuchungen am ASP liegt auf Austriebsverhalten, Wachstum, Sämlingsentwicklung, Qualität, Vitalität, genetischer Anpassungsfähigkeit und Widerstandsfähigkeit gegenüber abiotischen und biotischen Schäden. Daher wurde im Zuge des Projektes ST 306 »Verbesserung der Versorgung mit forstlichem Vermehrungsgut in den Herkunftsgebieten Ostbayerns« in

einem Fichtenaltbestand im Frankenwald im Revier Tettau (BaySF-Forstbetrieb Rothenkirchen) eine Weißtannenversuchsfäche angelegt.

Zur Einsaat kam im Frühjahr 2014 Saatgut folgender vier Herkünfte:

- Avrig-Samenplantage - Rumänien
- Slowakische Republik - Slowakei
- 827 07 Bayerischer und Oberpfälzer Wald
- 827 06 Thüringisch-Sächsisch-Nordostbayerisches Mittelgebirge

In der Saatgutprüfung wurden unter Laborbedingungen erhebliche Herkunftsunterschiede festgestellt. Die Samen der rumänischen Weißtannen waren besonders groß. Die Tausendkornmasse (TKM) lag bei

84,7 g und war fast dreimal so hoch wie bei dem Saatgut aus dem Bayerischen und Oberpfälzer Wald mit 30,3 g. Auch die Anzahl lebender Keime pro Kilogramm variierte stark. Saatgut aus dem Bayerischen Wald enthielt 6.300 Keime je Kilogramm, Saatgut aus Thüringen dagegen bis 11.200. Des Weiteren gab es deutliche Differenzen bei der Keimfähigkeit des Saatgutes. Beim slowakischen und rumänischen Saatgut lagen die Werte bei 64 bzw. 60 % und beim deutschen Saatgut nur bei circa 23 %. Die Aussaat erfolgte mittels einer von Pferden gezogenen Sämaschine. Auf den vier etwa 0,5 ha großen Versuchsfeldern wurden jeweils 10 kg Weißtannensaatgut auf 960 laufende Meter ausgebracht. Das entspricht je nach TKM etwa 120 bis 340 Samen pro Laufmeter.

Die zwischen 2014 und 2017 durchgeführten Keimlingsaufnahmen zeigen, dass bei allen vier Herkünften die mittlere Anzahl an Weißtannensämlingen pro 1qm deutlich zurückgegangen ist. Bei den osteuropäischen Herkünften waren nach vier Jahren nur noch 2,5 % der ursprünglichen Sämlingszahlen vorhanden, bei den bayerischen Saatgutpartien dagegen noch 8,7 %. Die Spreitung hat innerhalb des Beobachtungszeitraums erheblich abgenommen. Bei den rumänischen und slowakischen Weißtannen liefen bis September 2014 besonders viele Keimlinge auf. Die Samenkörner dieser beiden Herkünfte waren erheblich größer als die der bayerischen Herkünfte. Sie hatten daher mehr Reservestoffe, die auf ungünstigen Standorten zu einem höherem Anwuchserfolg führten. Unmittelbar nach der Aussaat trat

bei einigen Sämlingen die Umfallkrankheit auf. Mit zunehmendem Alter und einhergehender Verholzung der Triebe war diese Ausfallursache jedoch rückläufig. Besonders erwähnenswert ist die Entwicklung der bayerischen Herkunft 827 07, die bei der Anzahl an Keimlingen nach vier Jahren den vordersten Platz einnimmt, gefolgt von der Herkunft aus der Slowakei, der Herkunft 827 06 und aus Rumänien. Die hohen Ausfallraten sind nicht nur durch die Trockenheit des Sommers 2015 begründet. Die Qualität des Saatgutes und die richtige Wahl des Standortes, insbesondere die Nährstoff- und Wasserversorgung der Böden, waren entscheidend für den Erfolg der Saat.

Die mittleren Keimlingshöhen variierten im Alter 1 zwischen 3,0 und 4,0 cm. Im Alter 3 bewegten sich die Messwerte zwischen 4,6 und 7,4 cm, wobei die rumänische Herkunft den höchsten Wert aufweist, gefolgt von der slowakischen Herkunft und den bayerischen Herkünften. Die slowakischen und rumänischen Weißtannen konnten ihren anfänglich zahlenmäßigen Vorsprung nicht halten. Dies zeigt, dass nicht nur die Qualität des Saatgutes mit dem entsprechenden Keimprozent und Gehalt an Reservestoffen einen großen Einfluss auf den Erfolg einer Saat haben, sondern auch der Standort, insbesondere die Wasser- und Nährstoffversorgung, und die Bodenvegetation. Um vergleichbare Ausgangsbedingungen bei einem Saatversuch zu schaffen, müssen die Keimfähigkeit und das Gewicht des Saatgutes berücksichtigt werden.

Christoph Sommer



Tannenkeimlinge auf der Versuchsfäche Foto: ASP

ASP-Fortbildung »Baumarten- und Herkunftswahl im Klimawandel«



Foto: M. Kunz, ASP

Im Rahmen der letztjährigen Fortbildung zum Thema »Baumarten- und Herkunftswahl im Klimawandel« haben 21 Teilnehmer aus unterschiedlichen Ämtern für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten aus ganz Bayern teilgenommen und über Möglichkeiten diskutiert, wie sie die Wälder fit für den Klimawandel machen können. Gerade in Zeiten des Klimawandels ist es besonders wichtig, dass das Forstvermehrungsgutgesetz (FoVG) eingehalten wird. Die Berücksichtigung aller drei relevanten Kategorien des forstlichen Saatgutes, gerade unter den neuen Herausforderungen, und die Verwendung von Ersatzherkünften wurden besprochen. Es wurde darauf hingewiesen, dass die Baumschulen oft nicht über Vermehrungsgut von allen geeigneten Herkunftsfeldern verfügen und dann Ersatzherkünfte liefern, was zu Problemen bei der Förderung führen kann. Hier sollte bei anderen Baumschulen nachgefragt werden. Die Verwendung des Saatgutes höherer Kategorien (Qualifiziert und Geprüft) kann empfohlen werden.

Ein weiteres wichtiges Thema für die Forstpraktiker war die Herkunftskontrolle. Gerade mit den neuen Methoden der Forstgenetik ist es möglich zu überprüfen, ob das Vermehrungsgut auch aus dem angegebenen Bestand kommt. Die Kursleiterin, Frau Dr. Barbara Fussi, machte deutlich, dass »man für eine sichere Kontrolle Referenzproben benötigt«. Mit der Gewinnung von Referenzproben können die Forstkollegen vor Ort ihren Beitrag leisten, um den Zerti-

fizierungsring für überprüfbare forstliche Herkunft Süddeutschland e.V. (ZüF) noch sicherer zu machen. Ralph Jenner von der Saatgutprüfung des ASP erklärte, wie die praktische Umsetzung von der Beschriftung bis zur Einlagerung der Referenzproben erfolgen soll.

Anschließend führen die Teilnehmer zu einem Generhaltungsbestand, wo das Generhaltungskonzept sowie ein Projekt zum europaweitem genetischen Monitoring (Lifegenmon) vorgestellt wurden. Die Ausweisung weiterer Generhaltungsbestände wird in den kommenden Jahren bayernweit fortgesetzt. Am Beispiel einer Nachkommenschaftsprüfung für Bergahorn wurden die zukünftige Anlage und Auswertung von Feldversuchen diskutiert.

Am Nachmittag besichtigten die Teilnehmer die Saatgutprüfung, das Isoenzymlabor und das DNA-Labor des ASP und die Genbank, wo sie weitere Einblicke in die einzelnen Arbeiten erhielten.

Am zweiten Tag ging es mit Fachvorträgen zu Alternativbaumarten weiter. Bevor über mögliche Baumarten diskutiert wird, sollte überprüft werden, ob die Baumarten dem FoVG unterliegen. Wenn das der Fall ist, muss das Inverkehrbringen von forstlichem Vermehrungsgut im Rahmen des Bundesrechts (FoVG) erfolgen (z.B. Atlaszeder, Libanonzeder, Zerreiche und Flaumeiche). Behandelt wurden verschiedene Laub- und

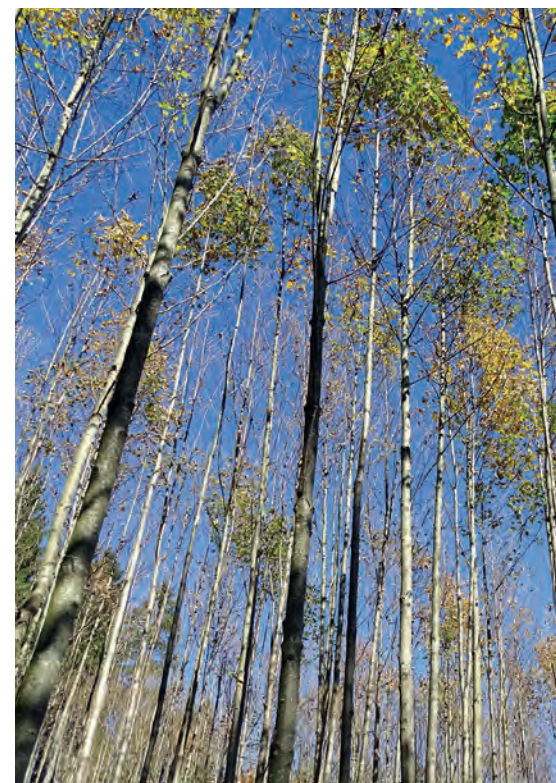
Bergahorn-Versuchsbestand im Rahmen einer Nachkommenschaftsprüfung Foto: M. Kunz, ASP

Nadelbaumarten, die als Ersatz für labile Fichten- und Kieferbestände in Frage kommen könnten. Die Anbaueignung sollte von Forschungseinrichtungen unter kontrollierten Bedingungen untersucht werden. Die LWF stellte das Klip18-Projekt vor. Vor allem sollten die Erfahrungen aus den Herkunftsländern sowie die genaue Beschreibung der möglichen Erntebestände berücksichtigt werden. Bei den Baumarten mit einem großen und disjunkten natürlichen Verbreitungsgebiet haben Anpassungen stattgefunden, die über die Erbanlagen weitergegeben werden. Es reicht nicht aus, anhand einer Herkunft das Anpassungspotenzial einer ganzen Baumart zu bewerten. Ziel des ASP im Klimawandel ist unterstützend und lenkend einzuwirken durch:

- Strategien zum Erhalt der genetischen Vielfalt
- Identifizierung klimaplastischer Herkunftsfelder (Feldversuche)
- Baumarten- und Herkunftswahl (Herkunftsempfehlungen)
- Dokumentation der angebauten Alternativbaumarten (Herkunft, genetische Struktur, Anbauorte)
- Anpassung der Forschungsansätze und -aufgaben

Zum Ende der Fortbildung waren sich alle Teilnehmer einig, dass die Herausforderungen, vor denen die Forstwirtschaft durch den Klimawandel gestellt wird, durch die Forschung und Praxis gemeinsam gelöst werden können. Damit wird vermieden, dass sich Fehler aus der Vergangenheit beim Anbau von nichtheimischen Baumarten wiederholen. Für die Forstpraxis kann dies bedeuten, dass ihr künftig keine größeren wirtschaftlichen Ausfälle mehr entstehen.

Dr. Muhidin Šeho



Tierskulpturen für Osinger Waldpfad

Unter dem Motto »Heimische Tiere im Klimawandel – Gewinner und Verlierer« veranstaltete das ASP im Rahmen des Lifegenmon-Projekts gemeinsam mit der Berufsfachschule für Holzschnitzerei und Schreinerei des Landkreises Berchtesgadener Land und dem Forstbetrieb Berchtesgaden ein Schnitzsymposium am Abtsdorfer See bei Laufen. Acht Tage lang hackten, sägten und klopfen zehn Schnitzschülerinnen und -schüler des dritten Lehrjahrs zum Teil mit schwerem Gerät überlebensgroße Tierskulpturen aus massiven Eichenstämmen.

Thomas Klein, Revierleiter im Forstbetrieb Berchtesgaden, lieferte den Schülern die mächtigen Eichenstämmen. »Für die Aktion mussten wir keinen einzigen Baum fällen, die enormen Stürme der vergangenen Wochen haben auch außergewöhnlich dicke Eichen geworfen«, so der Förster. »Im Zuge des Klimawandels müssen wir wohl häufiger mit solchen Extremereignissen rechnen«, erklärte Mark Walter vom ASP den Schülern. »So gesehen passt sogar das verwendete Holz thematisch zu unserer Aktion, mit der wir auf den Klimawandel aufmerksam machen wollen.«



Die Schülerinnen und Schüler des dritten Lehrjahres der Berufsfachschule für Holzschnitzerei und Schreinerei des Landkreises Berchtesgadener Land gemeinsam mit ihrem Klassenlehrer Lutz Hesse

Fotos: M. Walter, ASP

Der Lehrer der Schnitzschule, Lutz Hesse, zeigte sich erfreut über die massiven Stämme: »Die Schüler bekommen nicht allzu oft die Gelegenheit, in solchen Dimensionen zu schnitzen. Das ist schon etwas Besonderes.« Als Holzgestalter beurteilt Hesse die Holzqualität unter anderen Gesichtspunkten als ein klassischer Schreiner. »Wir benötigen kein Furnierholz, der ein oder andere Ast oder Zwiesel lässt sich oft ideal in die Skulpturen integrieren«, so der Holzbildhauermeister.

Bei Wind und Wetter machten sich die Schüler im Alter von 18 bis 28 Jahren ans Werk. Die körperliche Arbeit mit Kettensäge, Axt, Schnitzisen und »Klüpfel«, wie der kolbenförmige Hammer der Schnitzer genannt wird, ist anstrengend. Aber nicht nur körperliche Arbeit ist beim Schnitzen gefragt. Auch auf ein gutes räumliches Vorstellungsvermögen kommt es an. Fertiggestellt wurden die Skulpturen auf dem Walderlebnistag im Osinger Wald im Herbst 2017. Dort sollen die Tiere auf dem Lehrpfad »Wald im Wandel« installiert werden.

Mark Walter

Besuch aus dem Iran



Foto: ASP

Seit dem 10. Oktober 2017 arbeitete Frau Saboura Rahanjam auf Einladung der Bayerischen Staatskanzlei am ASP, um sich in vier Monaten mit den praktischen Abläufen der genetischen Analyse vertraut zu machen. Im Fokus stand die Analyse der Blattproben von Orientbuchen, die im Juli 2017 im Rahmen des genetischen Monitorings in einem Urwaldbestand bei Gorgan im Norden des Iran gewonnen wurden. Ziel ist der Vergleich der genetischen Strukturen von *Fagus orientalis* und *Fagus sylvatica*.

In einem vom Kuratorium für Forstliche Forschung befürworteten Projekt wurde beim Waldklimafonds ein Projekt zu ökologisch-genetischen Studien dieser beiden Baumarten beantragt, um ihre Anpassungsfähigkeit im Klimawandel abschätzen zu können. Die Orientbuche zeigt eine sehr hohe genetische Diversität und wächst im Iran auch in Gebieten mit Sommerniederschlägen von nur etwa 30 mm pro Monat. Das Projekt in Zusammenarbeit mit Prof. Dr. Christian Ammer (Waldbau und Waldökologie der gemäßigten Zonen an der Georg-August-Universität Göttingen) umfasst Klimakammertests und die Anlage von Herkunftsversuchen. Es soll ab Herbst 2018 von Frau Rahanjam in einer Dissertation bearbeitet werden.

Die Zusammenarbeit erfolgt im Rahmen eines Kooperationsvertrags des ASP mit der Iranischen Forstlichen Versuchsanstalt (RIFR).

Randolf Schirmer

Junge Buchen auf Femel- und Kahlfleichen

Langzeitprojekt sucht nach Unterschieden in Qualität, Wachstum und Ernährung

1 Buchenverjüngung auf der Kleinkahlfleiche (li.) im Ebersberger Forst (2011) und auf der geräumten Femelfleiche (re.) im Höglwald (2013) Fotos: W. Weis (li.), R. Ettl (re.)



Rasmus Ettl, Wendelin Weis, Thomas Gugler und Axel Göttlein

In Zeiten des Klimawandels erweist sich die Fichte auf vielen Standorten zunehmend als anfällige Wirtschaftsbaumart. Aufgrund der großen Fichtenanbaufläche in Bayern stellt sich die Frage nach dem zukünftigen Umgang mit Fichtenbeständen. In diesem Zusammenhang spielt die Einbringung von Buchenverjüngung in Fichtenreinbestände eine große Rolle. Von praktischer Bedeutung sind hier zwei Verjüngungsverfahren – Pflanzung nach Femelhieb und auf Kahlfleichen.

Wie unterscheiden sich Femel- und Kleinkahlschlag nach längerer Zeit? Was lässt sich über Sickerwasserqualität und Stoffhaushalt sagen? Wie hat sich die gepflanzte Buchenverjüngung entwickelt? Das wurde im Forschungsprojekt B71 untersucht. In reinen Fichtenaltbeständen wurden im Jahr 2000 nach Gruppenschirmstellung und Kleinkahlschlag Bu-

chen gepflanzt. Die Buchenverjüngungen im Höglwald und im Ebersberger Forst wurden jetzt qualitativ und ernährungskundlich bewertet.

Die Altbestände und ihre Buchenverjüngung

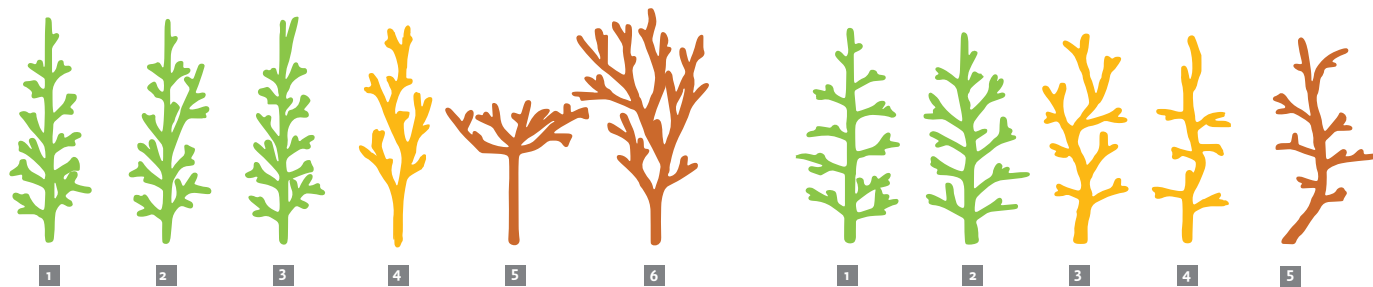
Im Jahr 2000 wurden je zwei Fichtenaltbestandsteile kahlgeschlagen bzw. aufgelichtet und mit Buchen bepflanzt. In den Jahren 2005 bzw. 2006 wurden die Femelflächen nachgelichtet und 2012/2013 endgültig geräumt. Abbildung 2 beschreibt die Altbestände sowie die Behandlungs-

historien der vier Versuchsflächen. 2014 wurde die Biomasse detailliert erhoben. Dazu wurden in der Buchenverjüngung jeweils zehn herrschende Bäume pro Versuchspartizelle entlang der BHD-Verteilung entnommen und vermessen.

2016 wurde nochmals die Qualität der Buchen angesprochen und es wurden Blätter aus der Lichtkrone entnommen und analysiert, um den Ernährungszustand zu ermitteln. Aufgrund des geschlossenen Bestandsbildes der Verjüngung fand keine erneute Höhenmessung statt. Beurteilt wurden bei der Buchenverjüngung

| Fichtenaltbestand | Höglwald | | Ebersberger Forst | |
|----------------------------------|------------------|---------------|-------------------|---------------|
| Alter [a] | 95 | | 85 | |
| Anzahl [N/ha] | 620 | | 675 | |
| Durchmesser (BHD) [cm] | 39 | | 36 | |
| Grundfläche [m ² /ha] | 79 | | 71 | |
| Mittelhöhe [m] | 35 | | 33 | |
| Vorrat [m ³] | 1309 | | 980 | |
| Maßnahmen | Femel | Kahlfleiche | Femel | Kahlfleiche |
| Hiebsmaßnahme | Auflichtung 2000 | Feb. 2000 | Auflichtung 2000 | Dez. 1999 |
| Auflichtung [%] | 10 | — | 34 | — |
| Pflanzung | Frühjahr 2000 | Frühjahr 2000 | Frühjahr 2000 | Frühjahr 2000 |
| Nachlichtung | Feb. 2006 | — | 2005/2006 | — |
| Räumung | März 2013 | — | Dez. 2012 | — |

2 Bestandsbeschreibung der Fichtenaltbestände im Höglwald und im Ebersberger Forst und Übersicht über die forstlichen Eingriffe auf den Verjüngungsflächen



Kronenform

- 1 Wipfelschäftige
- 2 Zwiesel mit Tendenz zur Wipfelschäftigkeit
- 3 Wipfelschäftige mit Tendenz zum Zwiesel
- 4 Mehrfachzwiesel
- 5 Verbuschende
- 6 mit auflösender Krone

- gut
- schlecht
- sehr schlecht

Stammform

- 1 gerade
- 2 schwach knickig
- 3 knickig
- 4 stärker knickig mit Leittriebbruch
- 5 bogig

3 **Aufnahmeschlüssel zur Qualitätsansprache nach Gockel (1994) und Aufteilung in gute, schlechte und sehr schlechte Formen**

Stamm- und Kronenform nach den Kriterien von Gockel (1994) (Abbildung 3) sowie der Ernährungszustand nach Göttlein (2015). Die Kronenform wurde dabei in sechs Kategorien angesprochen, die Stammform in fünf Güteklassen. Bis einschließlich der Stammformzahl 2 (»schwach knickig«) wurde angenommen, dass die Buchen waldbaulich gut veranlagt sind. Zudem unterstellten wir, dass ausreichend gut veranlagte, vitale Buchen bis einschließlich Kronenformziffer 3 (»Wipfelschäftige mit Tendenz zum Zwiesel«) problemlos in den Altbestand übernommen werden können, während vitale Bäume mit Grobformen (vor allem Kronenform 4) bei Durchforstungseingriffen zurückgenommen werden sollten. Der parameterfreie Mann-Whitney-U-Test zeigt mögliche statistische Unterschiede in den Nährelementgehalten der Buchenverjüngung zwischen den gleichen Verjüngungsvarianten auf beiden Standorten. Die verschiedenen Beprobungszeitpunkte auf einem Standort wurden innerhalb der jeweiligen Varianten mit dem Wilcoxon-T-Test für abhängige Stichproben verglichen.

Im Femel »feiner« ...

Abbildung 4 zeigt die Durchmesser-Entwicklung (BHD) sowie die Höhe der Buchenverjüngung auf den zwei Standorten. Auf beiden Standorten waren die Buchen der Femelfläche im Mittel 2 bis 2,5 cm dünner als die der Kahlfäche. Die Buchen im Höglwald waren insgesamt dicker als die im Ebersberger Forst. Die Höhen der Buchen auf den Kahlschlagflächen unterschieden sich nicht wesentlich. Der deutliche Höhenunterschied der Buchen auf den Femelflächen – im Ebersberger Forst waren sie im Mittel fast ei-

nen Meter höher als im Höglwald – kann einerseits durch die unterschiedlichen Pflanzsortimente (mittlere Höhe der Buchenpflanzung im Ebersberger Forst 65 cm, im Höglwald 35 cm), andererseits durch das deutlich geringere Auflichtungsprozent im Höglwald erklärt werden. Die aus der BHD-Verteilung 2014 geschätzte gesamte oberirdische Biomasse lag auf den Kahlfächen mit 64,0 (Ebersberger Forst) und 68,5 (Höglwald) Tonnen (atro) pro Hektar jeweils deutlich höher als auf den entsprechenden Femelflächen (Ebersberger Forst 15,7, Höglwald 15,8 Tonnen (atro) pro Hektar).

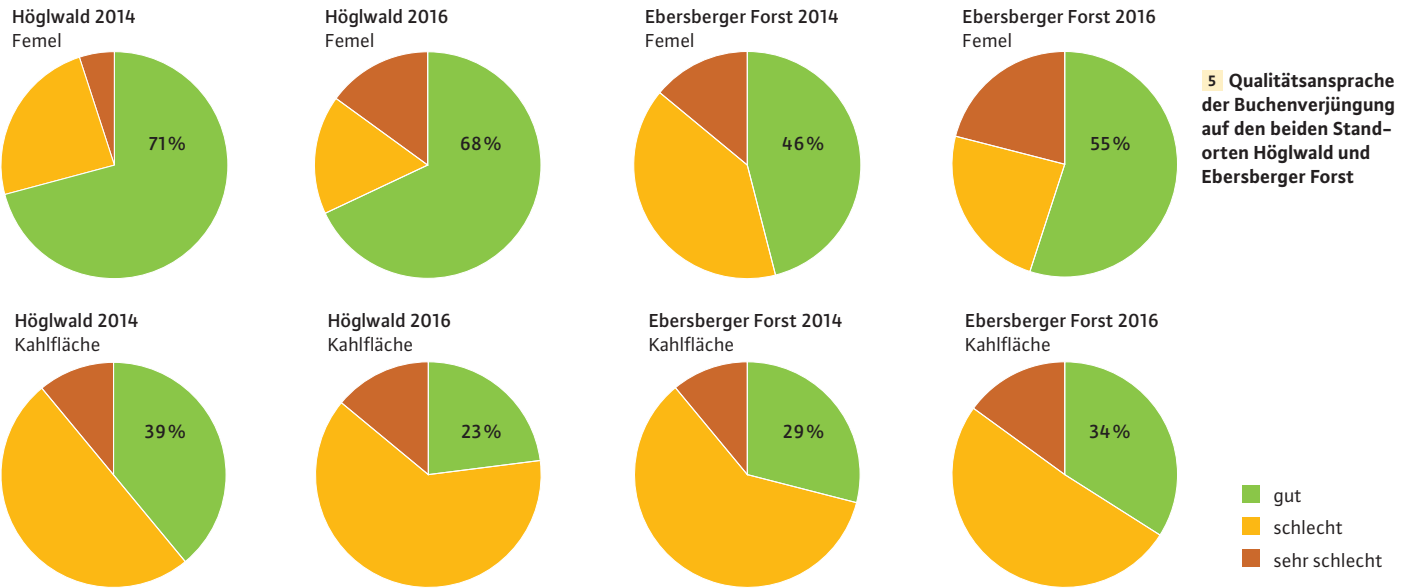
... und von besserer Qualität

Die Qualität der Jungbuchen ergab sich aus Kronenform und Stammform nach der Farbeinteilung in Abbildung 3. Buchen hoher Qualität zeichnen sich demnach durch mehr oder weniger wipfelschäftige Kronen ohne Tendenz zu Mehrfachzwiesel, Verbuschung oder Kronenauflösung bei gleichzeitig geradem bis schwach knickigem Stamm aus. Für beide Standorte lag der Anteil von Buchen mit hoher Qualität auf den Femelflächen deutlich über den Werten der Kahlfächen (Abbildung 5). Auf der Femelfläche im Ebersberger Forst stieg der

Anteil gut geformter Buchen zwischen 2014 und 2016 von 46 auf 55 %. Im Höglwald lag der Anteil qualitativ hochwertiger Bäume bereits 2014 bei 71 % und verringerte sich bis 2016 unwesentlich auf 68 %. Dagegen fanden sich auf der Kahlfäche im Ebersberger Forst 2016 nur 34 % gut geformte Buchen, im Höglwald gar nur 23 %. Auf allen Verjüngungsflächen nahm der Anteil sehr schlechter Buchen zu. Die beobachtete Entwicklung ist ein Indiz für eine beginnende Selbstdifferenzierung der Buchenbestände. Hierfür spricht auch der Anstieg des Anteils toter Bäume an der Gesamtmenge von 0,9 % (2014) auf 5 % (2016). Zudem zeigte sich die enorme Reaktionsfähigkeit der Buchen auf veränderte Lichtverhältnisse mit deutlich erhöhtem Dickenwachstum auf den Kahlfächen. Weidig (2016) sieht aber in seinen Untersuchungen in der fehlenden Beschattung durch den Altbestand das Risiko des Qualitätsverlustes durch unkontrolliertes Wachstum. Diese Einschätzung bestätigt unsere Untersuchung bei der visuellen Qualitätsansprache nach Gockel (1994). Der regulierende Schirm des Altbestandes fehlte auf der Kahlschlagfläche von Beginn an und bedingte hier die schlechteren Buchenqualitäten.

| Standort | Variante | Jahr | Durchmesser (BHD) Mittel (Spanne) [cm] | Höhe Mittel (Spanne) [m] |
|-----------|-----------|------|--|--------------------------|
| Höglwald | Kahlfäche | 2014 | 5,80 (0,80-12,90) | 8,65 (7,56-10,27) |
| | | 2016 | 7,12 (2,90-14,60) | — |
| | Femel | 2014 | 3,35 (0,90-6,60) | 4,92 (4,03-5,80) |
| | | 2016 | 4,63 (1,70-9,20) | — |
| Ebersberg | Kahlfäche | 2014 | 5,36 (1,90-9,80) | 8,64 (7,16-10,39) |
| | | 2016 | 6,01 (2,40-10,80) | — |
| | Femel | 2014 | 3,00 (0,30-5,30) | 5,85 (4,28-9,30) |
| | | 2016 | 4,07 (0,80-7,80) | — |

4 **Durchmesser-Entwicklung und Höhe auf den Verjüngungsflächen**



Ernährungssituation

Die Abbildung 7 zeigt die Ernährungszustände der Buchenverjüngung (die Daten aus 2004 und 2012 entstammen älteren Untersuchungen).

Für *Calcium* wiesen die Buchen der Femelflächen zunächst deutlich niedrigere Gehalte in den Blättern auf als auf den Kahlflächen. Gemessen an dem Bereich für normale Ernährung von Buchen (Göttlein 2015) lagen die Calciumgehalte auf der Femelfläche im Ebersberger Forst lange Zeit sogar im Mangelbereich. Bis 2016 glichen sich dann aber auf beiden Standorten die Calciumgehalte der Femel- und Kahlflächen zunehmend aneinander an.

Auch bei der *Kalium*-Ernährung der Jungbuchen schnitten die Kahlflächen beider Standorte deutlich besser ab. Insbesondere nach Freistellung zeigten die Buchen der Femelflächen niedrigere Kaliumgehalte, die teilweise unter den Normalbereich sanken.

Keine signifikanten behandlungsspezifischen Unterschiede ergaben sich für die Nährelemente Magnesium, Stickstoff, Phosphor und Schwefel. Alle Buchen befanden sich bezüglich *Magnesium* entweder im oberen Normalbereich oder sogar im Überschuss. Mit Phosphor waren die Buchen dagegen auf beiden Standorten eher schlechter versorgt. Im Hinblick auf *Schwefel* sind alle Buchen unterhalb der Normalversorgung mit ansteigendem Trend. Die Buchen sind bezüglich *Stickstoff* im oberen Normalbereich.

Unterschiede in der Ernährung

Die tendenziell bessere Ernährung der Buchen auf den Kahlschlagsflächen mit Calcium und Kalium hat vermutlich mehrere Ursachen.

Kahlschlag mobilisiert Nährstoffe

Die Buchen können die in den ersten Jahren nach Kahlschlag freiwerdenden Nährstoffe aus absterbenden Wurzeln des Fichtenaltbestandes zusätzlich nutzen. Allerdings sind gleichzeitig auch die Nährstoffausträge mit dem Sickerwasser in den ersten Jahren sehr hoch (Huber et al. 2010; Weis et al. 2006; Weis et al. 2001).

Schattenblätter, Sonnenblätter

Die geringeren Calciumgehalte in den Blättern der Buchen können aber auch an der unterschiedlichen Blattmorphologie liegen: Die Blätter entwickeln sich im Femel im Schatten und behalten die Eigenschaft eines Schattenblattes auch längere Zeit nach Freistellung (Engler 1935). Auf beiden Kahlflächen entwickeln sich die Blätter dagegen von Beginn an bei voller Sonneneinstrahlung. Schat-

tenblätter weisen meist ein nur einschichtiges, Sonnenblätter ein mehrschichtiges, häufig englumiges Palisadenparenchym auf (Schütt et al. 1992). Mit anderen Worten: Sonnenblätter sind dicker und derber als Schattenblätter und enthalten damit einen höheren Zellwandanteil. Da an der Stabilisierung der Zellwände mehrwertige Kationen (vor allem Calcium) beteiligt sind, erklärt dies die im Vergleich höheren Calciumgehalte der Buchenblätter auf den Kahlflächen.

Unterschiedliches Wurzelwachstum

Eine dritte Erklärungsmöglichkeit für die Ernährungsunterschiede auf den Flächenvarianten ist das langsamere und vor allem lichtlimitierte Wachstum der Buchen unter Schirm. Um die Energiegewinnung aus Sonnenlicht zu optimieren, müssen die Buchen für eine große Blattfläche sorgen und den fixierten Kohlenstoff vor allem zur Bildung von Blattmasse und zum Wachstum in Richtung Licht nutzen. Dies kann die Tiefenerschließung des Bodens durch langsamer wachsende Wurzeln bedingen. Da vor allem im



6 Buchenverjüngung im Femel im Ebersberger Forst im Mai 2011, elf Jahre nach der Pflanzung Foto: W. Weis

7 Ernährungszustand (P, K, Ca, Mg) der Buchenverjüngung; die Buchstaben stehen für signifikante Unterschiede zwischen den Beprobungsterminen ($p \leq 0,05$). Sterne zeigen signifikante Unterschiede zwischen den Varianten an.

Ebersberger Forst, aber auch im Höglwald die calciumreichen Bodenschichten erst unterhalb 50 cm beginnen, der Oberboden dagegen deutlich versauert ist, können die Bäume hinsichtlich ihrer Calciumernährung gegenüber den rascher und unter voller Strahlung wachsenden Buchen der Kahlfächen ins Hintertreffen geraten.

Zusammenfassung

Fichtenaltbestände in Ebersberger Forst und im Höglwald wurden jeweils nach Femeltrieb und Kleinkahlschlag mit Buche verjüngt. Aufgrund der unterschiedlichen Ausgangssituationen für die Buchenverjüngungen war anzunehmen, dass sich die Jungbuchen bezüglich Wuchsform, Wachstum und Ernährung unterscheiden. Klarere Antworten waren aus dem Forschungsprojekt »Femel- und Kleinkahlschlag im Langzeitvergleich« hierzu zu erwarten. Da der Buchenvoranbau auch eine finanzielle Investition darstellt, muss auf die Qualität der Buchen besonders geachtet werden. Hier bringt der Femelschlag ein Verjüngungskollektiv mit deutlich besserer Qualität hervor. Die höhere Biomasseentwicklung der Buchenverjüngung und die tendenziell bessere Ernährung der Verjüngung auf den Kahlschlagflächen wiegen die Nachteile der schlechteren Qualität und der anfangs hohen Nitrat- und Nährstoffauswaschung nur bedingt auf. Für zukünftige Auslesedurchforstungen steht auf den Kahlfächen ein deutlich kleineres Kollektiv gut ausgeformter Buchen zur Verfügung. Um diese Nachteile zu vermeiden, wird heute in der waldbaulichen Praxis in Fichtenreinbeständen ein rechtzeitiger Voranbau angestrebt und der Schirm durch schonende Durchforstungseingriffe möglichst lang gehalten (Bayerische Staatsforsten 2009).

Literatur

Bayerische Staatsforsten (2009): Richtlinie Bewirtschaftung von Fichten- und Fichtenmischbeständen im Bayerischen Staatswald. WNJF-RL-001 »Fichtenrichtlinie«, Version 01.00. Regensburg, 83 S.

Gockel, H. A. (1994): Soziale und qualitative Entwicklungen sowie Z-Baumhäufigkeiten in Eichenjungbeständen. Universität Göttingen: Dissertation

Göttlein, A. (2015): Grenzwertbereiche für die ernährungsdiagnostische Einwertung der Hauptbaumarten Fichte, Kiefer, Eiche, Buche. Allg. Forst- u. J.-Ztg. 186, S. 110–116

Huber, C.; Aherne, J.; Weis, W.; Farrell, E.P.; Göttlein, A.; Cummins, T. (2010): Ion concentrations and fluxes of seepage water before and after clear cutting of Norway spruce stands at Ballyhooley, Ireland, and Höglwald, Germany. Biogeochemistry 101, S. 7–26

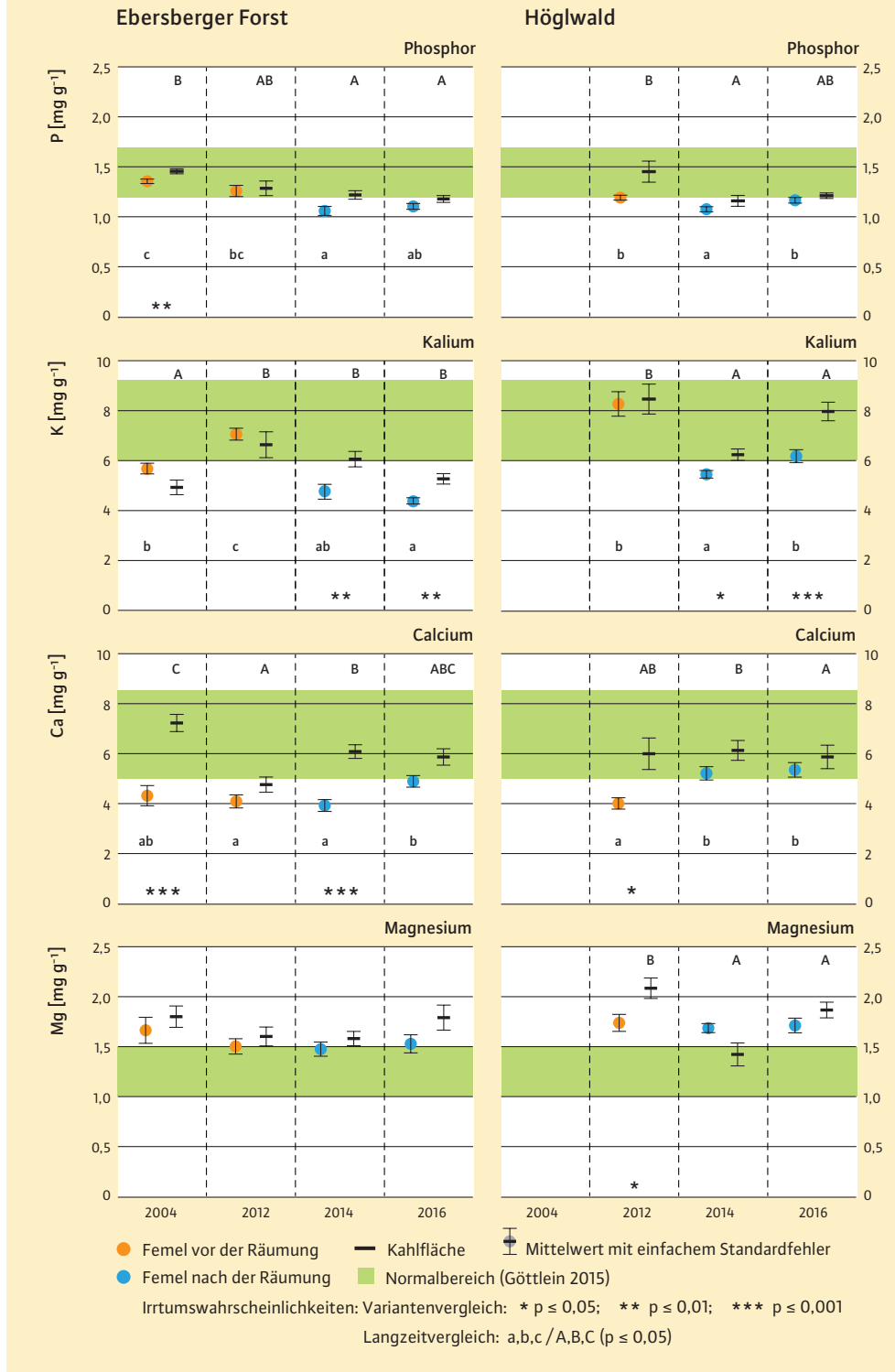
Engler, A. (1935): Waldbau auf ökologischer Grundlage. Ein Lehr- und Handbuch. Springer Verlag Berlin Heidelberg.

Schütt, P.; Schuck, H. J.; Stimm, B. (Hrsg.) (1992): Lexikon der Forstbotanik. Ecomed Verlagsgesellschaft mbh, Landsberg/Lech

Weidig, J. (2016): Qualitätsentwicklung von Buchenvoranbauten (Fagus sylvatica L.) nach unplanmäßigem, sturmbedingtem Verlust des Fichtenschirms. Technische Universität Dresden. Dissertation. 227 S.

Weis, W.; Huber, C.; Göttlein, A. (2001): Regeneration of Mature Norway Spruce Stands: Early Effects of selective Cutting on Seepage Water Quality and Soil Fertility. The Scientific World, S. 493–499

Weis, W.; Rotter, V.; Göttlein, A. (2006): Water and element fluxes during the regeneration of Norway spruce with European beech: Effects of shelterwood-cut and clear-cut. Forest Ecology and Management 224, S. 304–317



Autoren

Dr. Rasmus Ettl und Thomas Gugler sind wissenschaftliche Mitarbeiter im Fachgebiet für Waldernährung und Wasserhaushalt der Technische Universität München. Prof. Dr. Axel Göttlein leitet dieses Fachgebiet.
 Dr. Wendelin Weis ist wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Abteilung »Boden und Klima« der Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft.
Kontakt: ettl@forst.tu-muenchen.de

Dank

Herrn Dr. Bernhard Felbermeier und Herrn M.Sc. Hadi Manghabati danken wir für die Unterstützung bei den Außenaufnahmen.

Projekt

Das Projekt B71 »Stoffbilanzen von Femel- und Kleinkahlschlag im Langzeitvergleich« verfolgte das Ziel, auf langjährig untersuchten Standorten die Verjüngungsmaßnahme »Buchenpflanzung nach Femel- und Kleinkahlschlag in Fichtenaltbeständen« durchzuführen, Sickerwasser zu beproben und Stoffbilanzen zu erstellen. Zusätzlich wurden die Auswirkungen der beiden Eingriffsvarianten auf die Qualität der Verjüngung untersucht. Das Projekt hatte eine Laufzeit von 2012 bis 2017 und wurde vom Bayerischen Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten finanziell gefördert.



1 Ein naturnaher Mischwald wie auf dieser Gen-Tree-Untersuchungsfläche nahe Inzell leistet einen wichtigen Beitrag zur Erhaltung forstlicher Genressourcen. Foto: F. Knutzen, ASP

Forstliche Genressourcen im rechtlichen Kontext

Die genetische Ausstattung des Waldes ist ein Schlüsselfaktor für einen gesunden Wald – erst recht im Klimawandel

Florian Knutzen

Der Wald muss sich mit einem sich stark ändernden Klima auseinandersetzen. Damit er diesen Veränderungen erfolgreich begegnen kann, müssen Forstwirtschaft und Politik zügig wirkungsvolle Anpassungsstrategien entwickeln. Diese müssen auch die forstgenetischen Ressourcen im Auge behalten, da zahlreiche Maßnahmen die forstlichen Genressourcen beeinflussen. Rechtliche Rahmenbedingungen bilden dabei oftmals die Leitplanken, die eine Entwicklung in bestimmte Bahnen lenken.

Ungefähr ein Drittel der deutschen Landesfläche ist bewaldet. Nach Schmidt et al. (2003) sind hier 77 Baumarten heimisch. In erster Linie sind es Fichten, Kiefern, Buchen und Eichen, die dafür verantwortlich sind, dass Deutschland zu den am dichtesten bewaldeten Ländern Europas zählt. Allerdings gibt es starke Unterschiede in den einzelnen Bundesländern: Während in Schleswig-Holstein nur 10% bewaldet sind, kommt man in Rheinland-Pfalz auf 42%. Bayern liegt hier mit einer Bewaldungsrate von 36% in der Spitzengruppe (BMELV 2011).

Der Klimawandel und sein Einfluss auf den Wald

Die Wälder Bayerns werden in den nächsten Jahrzehnten einem sich stark ändernden Klima ausgesetzt sein. Das langjährige Mittel von 1971 bis 2000, ermittelt vom DWD, in Bayern zeigt eine Temperatur von 7,8 °C (LFU). Gegenwärtig (2011–2016) liegt die Durchschnittstemperatur im Freistaat bei 8,9 °C. Moderatere Klimamodelle wie KLIWA prognostizieren schon für die Mitte unseres Jahrhunderts eine Temperaturzunahme von knapp zwei Grad gegenüber dem langjährigen

Mittel. Auch die Niederschlagsmuster haben sich verändert. Neben einer generellen Zunahme von Starkregenereignissen regnet es in Bayern – mit Ausnahme des Nordostens – in den Sommermonaten von Juni bis August weniger. Besonders starke Folgen werden dort zu spüren sein, wo die Bestände heute schon an ihrer Trockenheitsgrenze stehen. Da im Forstbereich sehr lange Produktionszeiträume gelten, ist dieser vom Klimawandel besonders stark betroffen. Daher ist die Forstwirtschaft besonders interessiert an einer zügigen Entwicklung möglicher Anpassungsstrategien.

Genetische Vielfalt = geringeres Risiko

Hierfür ist neben unterschiedlichen forstlichen Eingriffen oder einer geeigneten Baumartenwahl die Genetik von zentraler Bedeutung. Denn je vielseitiger die Erbanlagen sind, desto größer ist die Auswahl an Möglichkeiten für Wälder, auf herausfordernde Umweltbedingungen zu

reagieren. Die genetische Vielfalt kann durch eine vernünftige Verjüngung oder durch die Wahl des geeigneten Vermehrungsguts erhalten und vergrößert werden. Dabei spielen die Herkunft sowie die Beerntung und die Anzucht des Vermehrungsguts eine wichtige Rolle. Für die Praxis bedeutet eine vielfältige genetische Zusammensetzung eines Bestandes verbunden mit der Möglichkeit einer guten Streuung der Samen und Pollen eine höhere Anpassungsfähigkeit und damit ein reduziertes Anbaurisiko. Dementsprechend spielen forstgenetische Ressourcen (FGR) eine erhebliche Rolle für die Klimateignung von Baumarten, für die Anpassungsfähigkeit von Beständen, für das Gesamtwohl der Wälder und somit für die forstliche Betriebssicherheit. Für die Zukunft ist es von zentraler Bedeutung, das vorhandene genetische Potenzial zu schützen, wenn möglich weiter zu entwickeln und für die forstliche Praxis nutzbar zu machen.

Schutzschilder forstgenetischer Ressourcen

Auf internationaler, europäischer und nationaler Ebene tritt die Politik seit einigen Jahrzehnten dem Verlust der Biodiversität entgegen und bemüht sich um den Erhalt der genetischen Vielfalt. In Deutschland bilden das Bundeswaldgesetz, das Forstvermehrungsgutgesetz und das Bundesnaturschutzgesetz den rechtlichen Rahmen bezüglich forstlicher Genressourcen (FGR). Forstliche Genressourcen werden definiert als »genetisches Material (Populationen, Individuen, Pflanzenteile, Samen, Früchte) von Baum- und Straucharten mit tat-

sächlichem oder potenziellem Wert für eine nachhaltige multifunktionale Forstwirtschaft«. Im Wesentlichen werden der Schutz der Wälder und damit der Erhalt forstlicher Genressourcen von den einzelnen Bundesländern umgesetzt. Die hier angewandten Strategien und Aktivitäten werden in einer Bund-Länder-Arbeitsgruppe, der BLAG-FGR, abgestimmt. Das *Bundeswaldgesetz* (BWaldG 1975) hat unter anderem den Zweck, den Wald wegen seines wirtschaftlichen und ökologischen Nutzens, insbesondere für die dauernde Leistungsfähigkeit des Naturhaushaltes, zu erhalten. Hierfür ist eine hohe genetische Variabilität unerlässlich, folglich ist ihr Erhalt im Sinne dieses Gesetzes. Explizite Verweise auf genetische Aspekte finden sich zwar nicht im BWaldG, jedoch haben verschiedene Abschnitte, wie die Erhaltung (§9) oder die Bewirtschaftung (§11) des Waldes und die Erklärung zum Schutzwald (§12), direkte Effekte auf die forstgenetische Diversität.

Das *Forstvermehrungsgutgesetz* (FoVG 2002) wurde vom Bundestag mit der Zustimmung des Bundesrats beschlossen und setzt die Richtlinie 1999/105/EG des Europäischen Rates über den Verkehr mit forstlichem Vermehrungsgut um. Das FoVG orientiert sich am BWaldG und hat den Zweck, »den Wald mit seinen vielfältigen positiven Wirkungen durch die Bereitstellung von hochwertigem und identitätsgesichertem forstlichem Vermehrungsgut in seiner genetischen Vielfalt zu erhalten und zu verbessern sowie die Forstwirtschaft und ihre Leistungsfähigkeit zu fördern«. Dem FoVG unterliegt die Erzeugung, das Inverkehrbringen und

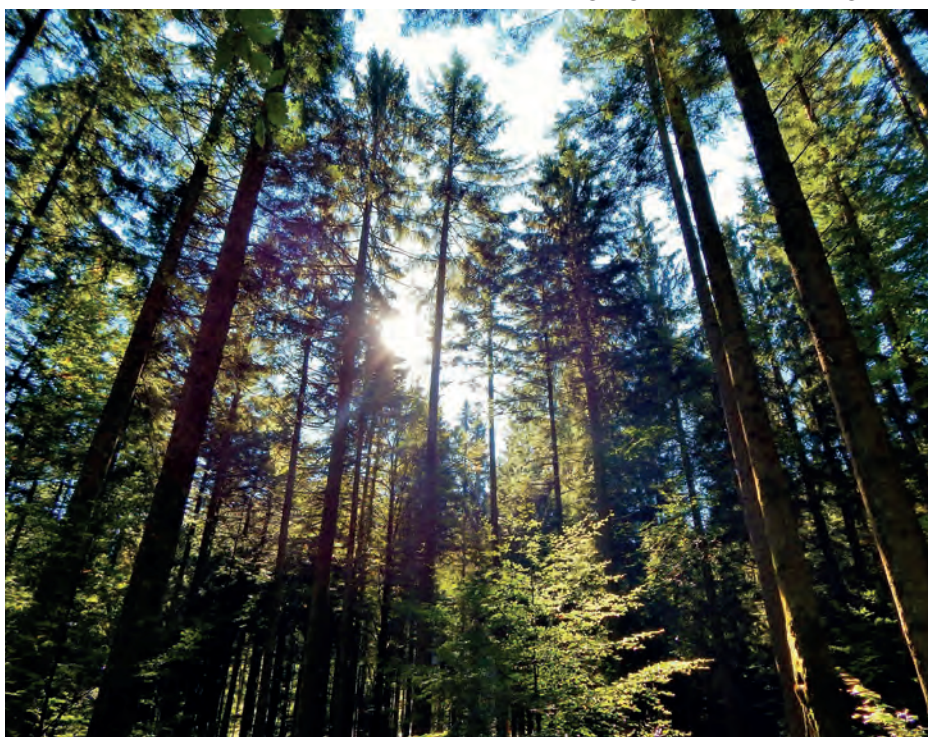
die Ein- und Ausfuhr von 26 Baumarten, der Hybridlärche und der Gattung Pappel. Von weiteren 20 Baumarten in der Liste der genannten EU-Richtlinie sind keine Herkunftsgebiete in der Bundesrepublik ausgewiesen und somit keine gewerblichen Beerntungen möglich.

Das *Bundesnaturschutzgesetz* (BNatSchG 2009) bildet die rechtliche Basis für Natur und Landschaft und ihren Schutz in Deutschland. Die drei zentralen Ziele des BNatSchG sind der Schutz der biologischen Vielfalt, der Erhalt der Funktionsfähigkeit des Naturhaushaltes einschließlich der Regenerationsfähigkeit und die Sicherung der Vielfalt und Eigenart von Natur und Landschaft.

Zur dauerhaften Sicherung der biologischen Vielfalt sollen laut BNatSchG lebensfähige Populationen wild lebender Tiere und Pflanzen einschließlich ihrer Lebensstätten erhalten und der Austausch zwischen Populationen sowie Wanderungen und Wiederbesiedelungen ermöglicht werden. Da genetische Diversität ein integraler Bestandteil der Biodiversität ist, wird ihr Schutz nur indirekt im Gesetzeszweck angeführt. Die Bedeutung des Erhalts forstlicher Genressourcen oder qualitativ hochwertigen Saatguts wird jedoch nicht explizit erwähnt. Die Wahrung genetischer Ressourcen wird mittels des BNatSchG also durch Flächen- oder Habitatschutz umgesetzt, insbesondere durch Biotopvernetzung. Auch wird mit diesem Gesetz die FFH-Richtlinie der EU umgesetzt, die zu einem länderübergreifenden Schutz das Netz von Schutzgebieten Natura 2000 bildet.

BLAG-FGR: Wächter der forstlichen Diversität

Im Jahr 1985 wurde die Bund-Länder-Arbeitsgruppe »Forstliche Genressourcen und Forstsaatgutrecht« (BLAG-FGR) als Reaktion auf die massiven Waldschäden in den 1980er Jahren vom Bundesrat ins Leben gerufen. Im selben Jahr verabschiedete auch der Ministerrat der DDR eine Resolution zum Waldschutz, welche den Schutz forstgenetischer Ressourcen beinhaltete. Seit der Wiedervereinigung 1989 sind die alten und die neuen Bundesländer mit forstlichen Forschungs-



2 Weißtannenbestand aus dem Erntezulassungsregister: Die Weißtanne ist eine von 26 Baumarten, die dem Forstvermehrungsgutgesetz unterliegen. Foto: ASP



3 In Samenplantagen wird Saatgut höchster Qualität erzeugt. Samenplantagen versorgen Forstpflanzenzuchtbetriebe und Forstwirtschaft mit herkunftsgerechtem Saatgut.

Foto: M. Luckas, ASP

zentren in der BLAG-FGR vertreten. Diese Arbeitsgruppe wird ergänzt durch das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL), durch das Bundesforschungsinstitut für Ländliche Räume, Wald und Fischerei (Thünen-Institut) und durch die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE). Diese halbjährlich zusammenkommende Arbeitsgruppe hat das Ziel, Strategien und Aktivitäten zu entwickeln, die dem Schutz und der nachhaltigen Nutzung forstgenetischer Ressourcen und dem Erhalt der Vielfalt der Baum- und Straucharten sowie der genetischen Variabilität der Arten und Populationen dienen. Weiterhin unterstützt und stärkt die BLAG-FGR genetisches Monitoring sowie Forschung zur Anpassung von Waldökosystemen an den Klimawandel. Für all diese Ziele wurde das »Konzept zur Erhaltung und nachhaltigen Nutzung forstlicher Genressourcen in der Bundesrepublik Deutschland« entwickelt, welches als Nationales FGR-Programm angesehen wird. Zusammen mit anderen Naturschutz-Programmen bildet es die Agrobiodiversitätsstrategie des BMEL, welche einen zentralen Beitrag zur Umsetzung der UN-Biodiversitätskonvention (CBD) darstellt.

Literatur

BMELV (2011): German forests – Nature and economic factor. Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz
LFU – Landesamt für Umwelt: www.lfu.bayern.de/wasser/klima_wandel/bayern/lufttemperatur/index.htm; aufgerufen am 24.1.2018
Schmidt, M.; Ewald, J.; Fischer, A.; Oheimb, G. v.; Kriebitzsch, W.-U.; Ellenberg, H.; Schmidt, W. (2003): Liste der Waldgefäßpflanzen Deutschlands. Mitteilungen der Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft, 212, S. 1–34

Gen-Schutz – vor allem Ländersache

Der Erhalt der forstgenetischen Ressourcen in Deutschland wird also eher indirekt durch verschiedene Gesetze oder explizit im FoVG geregelt. Der Schutz der Wälder und damit auch der Erhalt ihrer genetischen Ressourcen ist jedoch vor allem Ländersache und wird auf ganz unterschiedliche Arten umgesetzt. Im Landeswaldgesetz von Rheinland-Pfalz ist die Erhaltung der Genressourcen im Gesetzeszweck verankert, während die Sicherung der Genressourcen in Brandenburg unter dem Paragraphen für ordnungsgemäße Forstwirtschaft zu finden ist. In Thüringen oder Mecklenburg-Vorpommern können Wälder einen Schutzstatus bekommen, wenn sie dem Erhalt lokaler Genressourcen dienen. In Hessen zählt der Schutz der Genressourcen satzungsgemäß zum Landesbetrieb Hessen-Forst. In Bayern spielt die Bewahrung der Genressourcen eine besonders wichtige Rolle. Die Bayerischen Verfassung fordert unter Artikel 141, die heimischen Tier- und Pflanzenarten und ihre notwendigen Lebensräume zu schonen und zu erhalten. Im Gesetzeszweck des Bayerischen Waldgesetzes (BayWaldG) ist Erhalt und Erhöhung der Biodiversität des Waldes festgeschrieben. Der Bayerische

Links

BWaldG, FoVG, BNatSchG: www.gesetze-im-internet.de
CBD: www.bmel.de
KLIWA: www.kliwa.de
BV, BayWaldG: www.gesetze-bayern.de
VNP: www.stmelf.bayern.de/kulap
Bayer. Biodiversitätsstrategie: www.stmuv.bayern.de/themen/naturschutz/biodiversitaet/index.htm
EZR: www.asp.bayern.de/074362/index.php
Biodiversitätsprogramm Bayern 2030: www.naturvielfalt.bayern.de

Ministerrat hat in enger Kooperation mit Grundeigentümern und -nutzern sowie unterschiedlichen Verbänden vor zehn Jahren die Bayerische Biodiversitätsstrategie mit dem Motto »Natur. Vielfalt. Bayern.« ins Leben gerufen. Man verständigte sich unter anderem darauf, die Arten- und Sortenvielfalt zu sichern, vielfältige Lebensräume mit guter Vernetzung zu erhalten und die ökologische Durchlässigkeit in fragmentierter Landschaft zu erhöhen. Darauf aufbauend wurde im Jahr 2014 das ressortübergreifende Programm »Natur Vielfalt Bayern – Biodiversitätsprogramm Bayern 2030« beschlossen. Außerdem gibt es das Bayerische Vertragsnaturschutzprogramm Wald (VNP Wald), was von den Waldbesitzern sehr gut angenommen wird. Hier gibt es Anreize, die biologische Diversität zu erhöhen, insbesondere in Natura 2000-Flächen. Im Bayerischen Erntezulassungsregister (EZR) sind derzeit circa 3.000 Bestände registriert, die der Gewinnung von forstlichem Vermehrungsgut dienen. Im Freistaat sind über 75.000 ha Wald und circa 60 Samenplantagen für Beerntungen zugelassen. Das alles dient nicht nur dem Erhalt der genetischen Vielfalt, sondern auch der Erzeugung von quellengesichertem forstlichem Vermehrungsgut von höchster Qualität.

Zusammenfassung

Wenn ein Wald gesund bleiben will, dann benötigt er starke Gene. Starke forstliche Genressourcen resultieren aus der großen Vielfalt, die Wald und Waldbäume durchaus zu bieten haben. Je größer die Vielfalt an Genen ist, umso höher ist die Auswahl für Natur und Wald, wenn sie sich auf bestimmte Umweltbedingungen einstellen müssen. Von zentraler Bedeutung ist dies gerade in der heutigen Zeit, wo auf den Wald durch den Klimawandel große Herausforderungen zukommen werden. Unterstützung findet der Wald hierbei von Forstwirtschaft und Politik, die mit rechtlichen Rahmenbedingungen als Leitplanken die Waldentwicklung in die richtigen Bahnen lenken sollen.

Autor

Dr. Florian Knutzen ist Projektmitarbeiter im Sachgebiet 3 »Erhalten und Nutzen forstlicher Genressourcen« des ASP.
Kontakt: Florian.Knutzen@asp.bayern.de

Die Edel- oder Esskastanie

Baum des Jahres 2018

Richard Heitz, Marvin Lüpke, Felix Brundke und Christoph Hübner

Die Edelkastanie ist seit der letzten Eiszeit im ganzen Mittelmeerraum verbreitet. Die meisten Menschen kennen vor allem ihre schmackhaften und nahrhaften Früchte, die Maroni. Ein weiteres besonderes Merkmal ist ihr sehr dauerhaftes und optisch ansprechendes Holz. Einst von den Römern in Europa verbreitet, wird heute waldbaulich ein hohes Potenzial im Klimawandel vermutet und untersucht.

Die Edel- oder auch Esskastanie (*Castanea sativa*) ist in Deutschland eine durchaus seltene Baumart. Lediglich in den wärmebetonten Regionen kann man ihr etwas öfters begegnen.

1 Diese beeindruckende Edelkastanie steht in Geisenbrunn (Lkr. Starnberg) nordöstlich des Ammersees.

Foto: V.A. Bouffier



Vorkommen und Anbauggebiete

Natürliche Vorkommen der Edelkastanie gibt es im gesamten Mittelmeerraum, begrenzt durch die Gebirgsketten Atlas, Pyrenäen, Alpen, Rhodopen und Kaukasus. Die Römer, die auf die Früchte der Edelkastanie – die Maroni – nicht verzichten wollten, haben sie in Europa weiter verbreitet. Großflächig angebaut wird sie vor allem in Frankreich und Italien, außerdem ist sie auch in Spanien, England und Irland sowie auf der Balkanhalbinsel verbreitet. Im Alpenraum wächst die Edelkastanie in der Schweiz und in Südtirol. In Deutschland kommt sie punktuell in wärmebegünstigten Lagen wie der Rheinebene, an Nahe, Saar und Mosel, im westlichen Schwarzwald, im Odenwald und Taunus sowie am Main vor.

Dem bayerischen Klima gewachsen

Aus der Klimahülle der Edelkastanie kann man gut ablesen, dass diese Baumart mit Blick auf den Klimawandel durchaus in Bayern eine Zukunft haben kann (Abbildung 2). Auf der X-Achse ist der durchschnittliche Jahresniederschlag in mm, auf der Y-Achse die Jahresdurchschnittstemperatur in °C zu finden. Das zukünftige trockenere und wärmere Klima Bayerns ist rot markiert. Der für die Edelkastanienverbreitung kennzeichnende Klimabereich, welcher als ockerfarbene Fläche eingezeichnet ist, deckt sich komplett mit dem künftigen Klima in Bayern.

Bayern. Der gegenwärtige Klimabereich Bayerns ist blau umrandet und deckt sich in großen Teilen mit der Klimahülle der Edelkastanie.

Bestandesbegründung

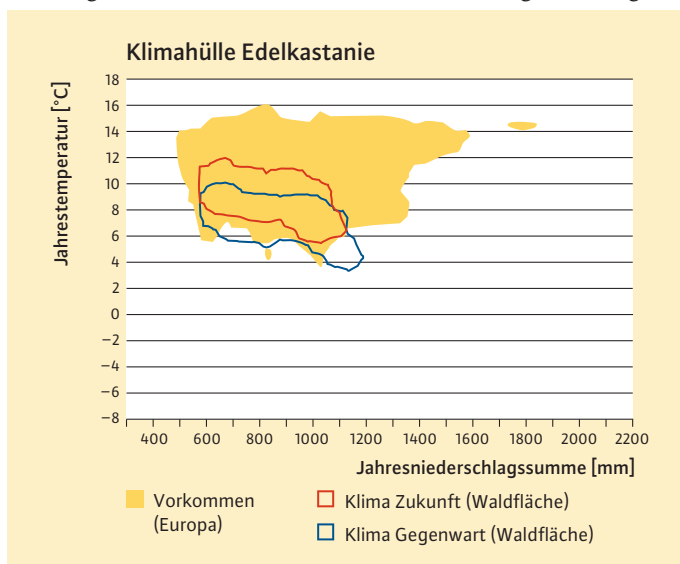
Die meisten Bestände werden durch Pflanzung im Weitverband (z.B. 2 x 3 m, 3 x 3 m) begründet. Auch die Saat kann erfolgreich praktiziert werden, wobei hier allerdings eine Zäunung gegen Schwarzwild notwendig ist. Zudem ist die Verjüngung über Stockausschläge möglich und weit verbreitet. Daneben tragen auch Tiere wie Eichelhäher und Nager zur Verbreitung bei.

Mischungsformen

Die besten Wuchsleistungen werden im Reinbestand erzielt. Aufgrund der frühen Zuwachskulmination und der Lichtbedürftigkeit ist die Mischung mit anderen Baumarten waldbaulich anspruchsvoll.

Pflege und Nutzung

Um die Risiken von Rindenkrebs, Ringschale, Gallwespe und Tintenkrankheit gering zu halten, ist es bei der Wertholzproduktion notwendig, den Zieldurchmesser von 50 bis 60 cm in einer möglichst kurzen Umtriebszeit zu erreichen. Dies ist nur mit großkronigen Bäumen möglich. Aufgrund der frühen Zuwachs-



2 Der für die Edelkastanie kennzeichnende Klimabereich deckt sich komplett mit dem künftigen Klima in Bayern.



3 Der Stamm alter Edelkastanien ist grau, die Rinde ist längsgefurcht. Foto: R. Heitz



4 Die Blüten (links) stehen in 20–25 cm langen, gelben, kätzchenähnlichen Blütenständen. Foto: vonWolkenegg, fotolia
Innerhalb der stacheligen Fruchtkelche liegen die essbaren Maronen (unten) Foto: photocreww, fotolia

kulmination und Astreinigung muss der Kronenausbau in jungen Jahren erfolgen. Spätere Eingriffe bieten nur noch geringe Steuerungsmöglichkeiten. Daher ist die Auswahl von 60 bis 80 Z-Bäumen pro Hektar frühzeitig notwendig. Bei niedrigeren Zieldurchmessern sind auch mehr Z-Bäume möglich. Die Z-Bäume müssen konsequent freigestellt werden. Jungbestände sind bereits wenige Jahre nach dem Eingriff wieder komplett geschlossen. Daher sind Folgeeingriffe in kurzen Abständen sinnvoll und notwendig. Der Ringschäle kann mit regelmäßigen Eingriffen vorgebeugt werden, sodass ein gleichmäßiger Holzaufbau ohne Jahrringsprünge entsteht.

Wachstum

Der Zuwachs der Edelkastanie ist besonders in der Jugendphase hoch. In den ersten 20 Jahren kann durchaus mit einem jährlichen Volumenzuwachs von 10 bis 14 m³/ha kalkuliert werden. Unter optimalen Standortbedingungen erreichen Stockausschläge jährliche Massenzuwächse von bis zu 22 m³/ha. Ein 120-jähriger Altbestand mit einem Vorrat von etwa 520 m³/ha kann immer noch jährliche Volumenzuwächse von 10 m³/ha leisten. Unter günstigen Standortbedingungen und mit geeigneter Behandlung können bis zum Alter von 60 Jahren Bäume mit einem BHD von 60 cm erreicht werden. Durch entsprechende Pflegeeingriffe ist die Erzielung von starkem Wertholz möglich.

Holzeigenschaften

Das ringporige Holz hat eine geflammte Zeichnung. Der helle Splint hebt sich



gut vom dunklen Kernholz ab. Durch die starke Verthyllung im Kern ist das Holz der Edelkastanie sehr dauerhaft. Sie zählt zu den dauerhaftesten Holzarten Europas. Die Einstufung in die Dauerhaftigkeitsklassen 1–2 (sehr dauerhaft – dauerhaft) nach DIN EN 350-2 ermöglicht den Einsatz ohne Schutzmittel auch im Außenbereich.

Verwendungsbereiche in der Holzindustrie sind chemisch: Faser- und Brennholz sowie mechanisch: Rebpfähle, Hobelware, Möbelbau, Lawinverbauung und vieles mehr. Vor allem der Einsatz im Außenbereich ist etabliert. Rebpfähle im Weinbau haben eine lange Tradition.

Neben der Holzverwendung werden in vielen Regionen Europas Edelkastanien zur Fruchtproduktion angebaut. Die Maronen großfruchtiger Kultursorten werden zu Mehl verarbeitet, dienen in vielfältiger Weise als Beilage zu Speisen, werden geröstet oder roh verzehrt. Weitere Nebenprodukte sind hochwertiger, dunkler Honig oder Speisepilze, die als Mykorrhiza mit der Edelkastanie vergesellschaftet sind.

Waldschutz

Unter den abiotischen Risiken leidet die Edelkastanie als Baumart der wärmeren Lagen unter Schneebruch und Spätfrost.

Unter den biotischen Risiken ist besonders der 1992 nach Deutschland eingeschleppte Schlauchpilz *Cryphonectria parasitica* zu erwähnen, welcher den Edelkastanienrindenkrebs auslöst. Der Pilz zerstört das Kambium der Edelkastanie und verursacht so das Absterben von Stamm- und Kronenabschnitten bis zum ganzen Baum. Die europäische Edelkastanie *C. sativa* gilt zwar als etwas weniger anfällig als die amerikanische Art *C. dentata*, ist aber dennoch existenziell durch den Krebs gefährdet. Wenn die Bäume den Befall überleben, sind sie durch starke Rindenschäden und Zuwachsverluste kaum mehr forstwirtschaftlich nutzbar.

Längere Trocken- und Hitzeperioden erhöhen die Zahl der Infektionen. Es gibt eine hypovirulente Form des Rindenkrebsses, welche deutlich weniger aggressiv ist und den Baum weniger schwächt. Die von der hypovirulenten Form befallenen Bäume können nicht mehr von der aggressiven Form befallen werden. Daher wird die Beimpfung von noch gesunden Bäumen mit dem hypovirulenten Krebs derzeit erprobt, um die Ausbreitung des aggressiven Krebses zu hemmen.

Eine Gefahr stellt auch die eingeschleppte Edelkastaniengallwespe dar. Die weiblichen Gallwespen legen ihre Eier in Knospen. Die überwinterten Larven verursachen beim Frühlingsaustrieb eine Gallbildung, welche die gesunde Entwicklung der Blüten oder Blätter verhindert. Dadurch entstehen Verluste im Holzzuwachs sowie bei der Fruchtproduktion. Die Ausbohrlöcher der Wespe aus den Gallen stellen mögliche Eintrittspforten für Sporen des Rindenkrebsses dar und

können so den Befall und die Ausbreitung des Pilzes beschleunigen.

Besonders auf staunassen oder grundwasserbeeinflussten Standorten sind Kastanien für *Phytophthora*-Pilze anfällig, welche die Tintenkrankheit auslösen und im Extremfall auch zum Absterben führen können.

Lebensraum Edelkastanie

Ihre Auswirkungen auf das Ökosystem können als positiv bewertet werden. Sie bietet vielen Tieren Nahrung. Von der langen und intensiven Blüte profitieren viele Insekten und die Früchte ergänzen die Nahrung zahlreicher Säugetiere. In der rauen Borke verstecken sich Insekten. In hohem Alter neigt sie verstärkt zur Höhlenbildung und bietet somit wertvolle Habitate für Höhlenbewohner (Eremit bis Wildkatze).

Obwohl die Edelkastanie in Mitteleuropa ursprünglich nicht heimisch ist, integriert sie sich gut in das Ökosystem.

Autoren

Christoph Hübner ist wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Abteilung »Waldbau und Bergwald« der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft und Leiter des Projekts C 29 »Die Edelkastanie (*Castanea sativa*) in Süddeutschland«. Dr. Richard Heitz und Dr. Marvin Lüpke sind Projektbearbeiter in diesem Projekt. Felix Brundke (StMELF) als ehemaliger Mitarbeiter der Abteilung »Waldbau und Bergwald« hat sich ebenfalls intensiv mit der Edelkastanie befasst.

Kontakt: Christoph.Huebner@lwf.bayern.de

Links

www.baum-des-Jahres.de
www.lwf.bayern.de/waldbau-bergwald/waldbau/172728/index.php

Kurzportrait Edelkastanie

Klasse: *Rosopsida* = Dreifurchenpollen-Zweikeimblättrige

Unterklasse: *Rosidae* = Rosenähnliche

Ordnung: *Fagales* = Buchenartige

Familie: *Fagaceae* = Buchengewächse

Gattung: *Castanea* = Kastanien

Art: *Castanea sativa* (MILL.) = Edel- oder Esskastanie

Höchstalter: in Mitteleuropa 500–600 Jahre; in West- und Südeuropa bis 1.000 Jahre

Gestalt: bis 35 m hoher Baum mit eichenähnlichem Habitus; Stammumfang bis 2 m; gerader Schaft; Krone weit ausladend und rundlich; Kronenansatz oft sehr tief

Triebe: kantig; oliv- bis rotbraun; mit weißen, punktförmigen Lentizellen

Knospen: stumpf eiförmig; stehen einzeln an den Triebspitzen oder als Seitenknospen in spiralförmiger Anordnung; 8–10 mm lang; leicht gestaucht; mit 2–3 matt braunen bis gelbgrünen Schuppen

Blätter: zweizeilig (seltener spiralförmig) angeordnet; lanzettlich und derb; Rand stachelspitzig gezähnt; 12–20 cm lang und 3–6 cm breit; etwas ledrig; Oberseite glänzend tiefgrün und kahl; Unterseite heller mit 12–20 Aderpaaren; Herbstfärbung gelbbraun bis braun

Rinde: olivbraun und glatt; im Alter graubraune, dicke und längsgefurchte Borke

Blüten: Blüte im Juni, nach dem Austreiben der Blätter; einhäusig; Blüten stehen in 20–25 cm langen, gelben, kätzchenähnlichen Blütenständen; wind- und insektenbestäubt

Früchte: glänzende mittel- bis dunkelbraune Nüsse; Fruchtbecher mit Durchmesser von 5–6 cm, bei Kulturformen bis 10 cm; ein bis drei Früchte je Fruchtbecher; hoher Gehalt an den Kohlenhydraten Stärke und Saccharose; Verbreitung v.a. durch Eichhörnchen und Vögel

Bewurzelung: anfangs nicht sehr tief durchdringende Pfahlwurzel; später wenige, aber intensiv verzweigte Seitenwurzeln (Übergang zu Herzwurzelsystem)

5 Zwischen September und Oktober wirft die Esskastanie ihre stacheligen Früchte ab. Dabei können durchaus 50 kg Maronen unter einem Baum aufgesammelt werden. Foto: C.

Hübner, LWF



Naturwaldreservate im Frankenwald

Naturwaldreservate zeigen die Dominanz der Buche im Frankenwald

Markus Blaschke, Bernhard Förster, Christoph Hübner und Markus Kölbl

Im bayerischen Teil des Frankenwaldes – dem Waldgebiet des Jahres 2017 – liegen fünf Naturwaldreservate. Eine zentrale Anforderung an die Naturwaldreservate ist es, Erkenntnisse für die forstliche Praxis abzuleiten. Daher wurden bereits bei der Ausweisung entsprechende Beobachtungsflächen angelegt, waldbaulich aufgenommen und durch spätere Erhebungen im Rahmen von Stichprobeninventuren ergänzt. Nach fast vier Jahrzehnten unbeeinflusster Waldentwicklung zeigt die Auswertung dieses umfangreichen Datenmaterials deutlich die natürlichen Dominanzverhältnisse der Baumarten.

Der Frankenwald wird auf großer Fläche von der Fichte als Hauptbaumart (ca. 75%) geprägt. Die fünf Frankenwald-Naturwaldreservate weisen allerdings höhere Anteile von Buche auf (Abbildung 2). Lediglich in den beiden Reservaten Ramschleite und Schmidtsberg werden ursprünglich größere Fichtenanteile beschrieben. Alle fünf Reservate wurden bereits 1978 mit der Ausweisung der ersten 135 Naturwaldreservate in Bayern eingerichtet. So konnten sich die Waldbestände seit fast 40 Jahren ohne unmittelbare Eingriffe des Menschen entwickeln. Nur vereinzelt waren Eingriffe in bemessenem Umfang wegen der Gefährdung benachbarter Wälder durch die Fichten-Borkenkäfer notwendig.

1 Wie viel Buche geht eigentlich im von Fichten dominierten Frankenwald? Antworten können die fünf Buchen-Naturwaldreservate des Frankenwaldes liefern. Eines davon ist das NWR Schmidtsberg.

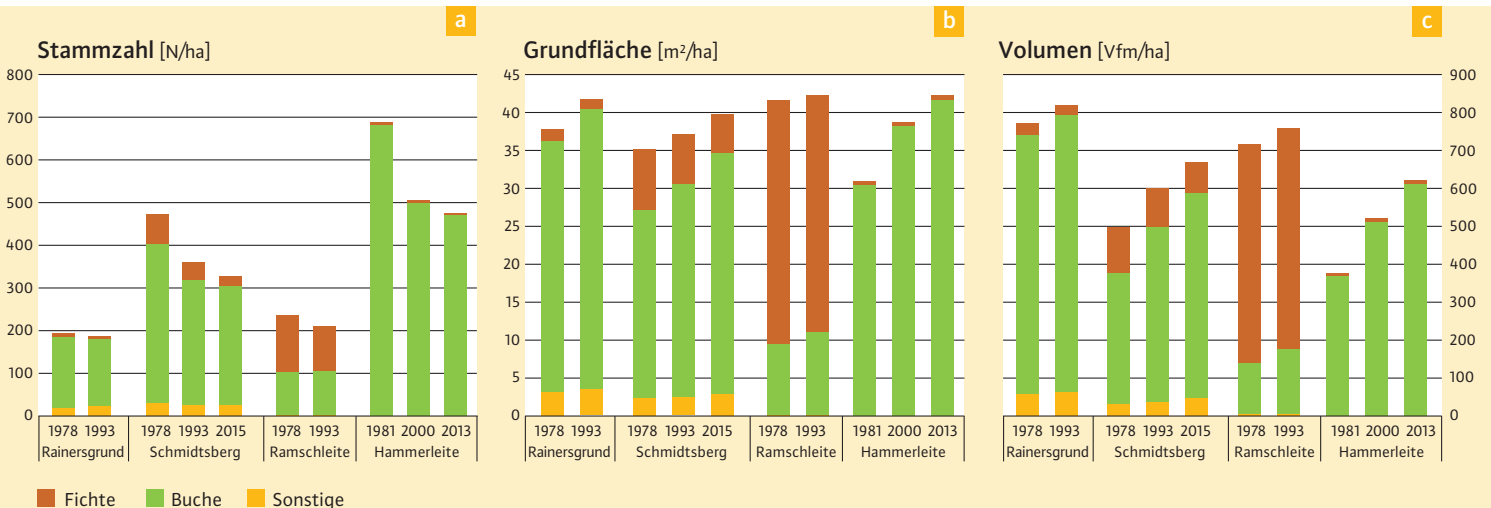
Foto: M. Blaschke

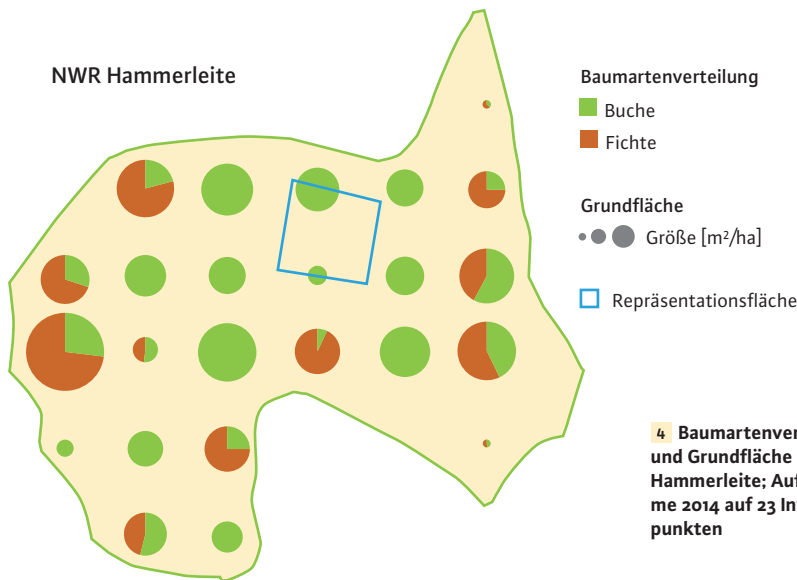


| Name | Kurzbeschreibung | Forstbetrieb | AELF | Fläche [ha] |
|--------------|--|---------------|-----------|-------------|
| Rainersgrund | Buchenwald mit Edellaubbäumen | Nordhalben | Kulmbach | 44,8 |
| Schmidtsberg | Buchen-Fichtenwald (Westexposition) | Nordhalben | Kulmbach | 21,9 |
| Ramschleite | Buchen-Fichtenwald (ONO-Exposition) | Rothenkirchen | Kulmbach | 23,7 |
| Kühberg | Buchen-Tannen-Fichtenwald | Nordhalben | Kulmbach | 39,1 |
| Hammerleite | Buchenwald mit beigemischter Fichte (SSW-Exposition) | Nordhalben | Münchberg | 23,6 |

2 Die Naturwaldreservate des Frankenwaldes

3 Entwicklung von (a) Stammzahl, (b) Grundfläche und (c) Vorrat auf den Repräsentationsflächen der Naturwaldreservate Rainersgrund, Schmidtsberg, Ramschleite und Hammerleite





Waldentwicklung auf den Repräsentationsflächen

Mit der Einrichtung der ersten Naturwaldreservate in Bayern 1978 wurden darin sogenannten Repräsentationsflächen angelegt. Auf diesen rund einen Hektar großen Dauerbeobachtungsflächen wurden Baumart, Durchmesser (BHD) und Höhen für die Bäume erfasst. Viele dieser Flächen wurden in den vergangenen Jahren wiederholt aufgenommen. Die Entwicklung dieser besonders typischen Teilflächen der Bestände bis hin zu Einzelbaumschicksalen kann somit in einigen Schwerpunktreservaten bereits über vier Jahrzehnte dokumentiert werden. Auf vier deutlich von der Buche dominierten Repräsentationsflächen im Frankenwald haben die Stammzahlen zunächst überall abgenommen und lagen nur noch in Größenordnungen von 200 bis 450 Stück je Hektar (Abbildung 3a). Die Grundflächen und Holzvorräte haben im Vergleich zur Stammzahl mehr

oder weniger deutlich zugenommen (Abbildungen 3b und c). Die Grundflächen konnten seit der Einstellung der forstlichen Nutzung überall den Wert von 40 m²/ha überschreiten, die Vorräte auf den Repräsentationsflächen lagen alleamt über 600 Vorratsfestmeter pro Hektar (Vfm/ha) und erreichten bei der Aufnahme 1993 im Naturwaldreservat Rainersgrund sogar über 820 Vfm/ha. Eine gewisse Stagnation auf hohem Niveau deutet sich im fichtenreichen Reservat Ramschleite an.

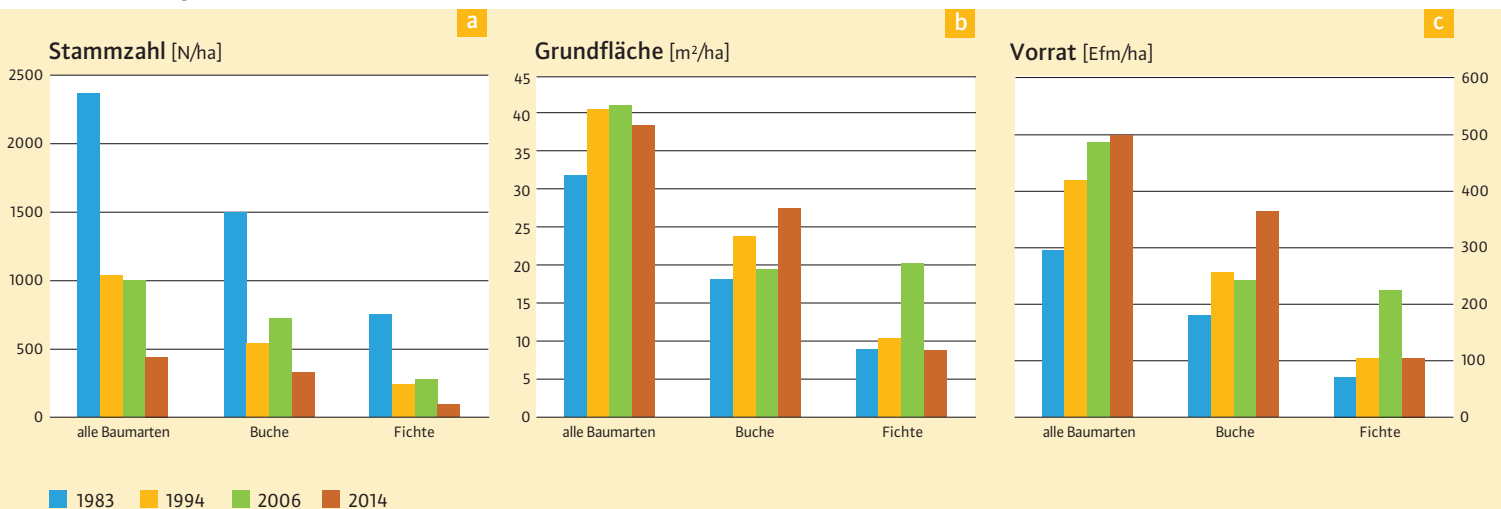
Hinsichtlich der Waldentwicklungsphasen könnten die Probeflächen mittleren bis späten Optimalphasen zugeordnet werden, die durch eine konkurrenzbedingte Mortalität und Kronenschluss gekennzeichnet sind. Auf zwei Flächen konnte jedoch inzwischen eine deutliche Zunahme der Stammzahlen durch den Einwuchs junger Bäume beobachtet werden. Genaue Zahlen werden die demnächst anstehenden Aufnahmen liefern.

Waldentwicklung auf der gesamten Reservatsfläche

Die Entwicklung von Waldbeständen kann man auch mit Stichprobeninventuren verfolgen. Ab Mitte der 1980er Jahre führte die Bayerische Staatsforstverwaltung solche Verfahren im Rahmen der mittelfristigen Forstbetriebsplanung (i.d.R. im 10-jährigen Turnus) ein. Die Aufnahmen wurden häufig auch in den Naturwaldreservaten durchgeführt. Zunächst arbeitete man dabei in den ersten Jahren (1980er und 1990er Jahre) mit Relaskopaufnahmen auf nicht dauerhaft markierten Flächen. Nach und nach setzten sich jedoch permanente Probeflächen mit konzentrischen Probekreisen von bis zu 500 m² in ganz Bayern durch. Im Rahmen der Aufgabenneugliederung zwischen der Bayerischen Forstverwaltung und den Bayerischen Staatsforsten wurde 2009 vereinbart, auf der Mehrzahl der Naturwaldreservate auf Staatsgrund eine Verdichtung der Inventurpunkte auf ein Raster von 100 x 100 m vorzunehmen (Abbildung 4). Ziel ist es, auf der Ebene der Einzelreservate Zustandsgrößen (Stammzahl, Grundfläche, Vorrat, Totholz) zu ermitteln, die weitgehend akzeptable Schätzfehler enthalten.

Die durchschnittliche Stammzahl der Oberschicht je Hektar hat sich praktisch in allen fünf Reservaten über die letzten 20 Jahre verringert. Abbildung 5a zeigt beispielhaft die Waldentwicklung im Naturwaldreservat Rainersgrund. Wurden in den 1990er Jahren dort noch Stammzahlen von etwa 1.000 Stück pro Hektar

5 Entwicklung von Stammzahl (a), Grundfläche (b) und Volumen (c) der Oberschicht bzw. in ungeschichteten Bestandteilen von Buche und Fichte sowie aller Baumarten im NWR Rainersgrund



(N/ha) gezählt, waren es bei der letzten Forsteinrichtung im Jahr 2014 nur noch etwa 400. Mit etwa 350 N/ha blieb nur im Naturwaldreservat Hammerleite die Stammzahl über die Jahre konstant. Der Rückgang der Stammzahlen macht sich im Prinzip bei allen Baumarten bemerkbar. Am deutlichsten ist er in vier Reservaten bei der Fichte zu erkennen. Nur im Naturwaldreservat Hammerleite ist die Stammzahl bei der Fichte konstant bzw. leicht ansteigend. Auch bei der Buche sinkt die Stammzahl in vier Reservaten und bleibt nur im Naturwaldreservat Schmidtsberg konstant.

Dagegen zeigen sich die Grundflächen und Volumen relativ konstant. In den Reservaten Rainersgrund (Abbildungen 5b und c) und Kühberg ist sogar eine deutliche Zunahme zu erkennen, die im Wesentlichen auf den Zuwachs der Buchen zurückzuführen ist, während die Fichte eher stagniert.

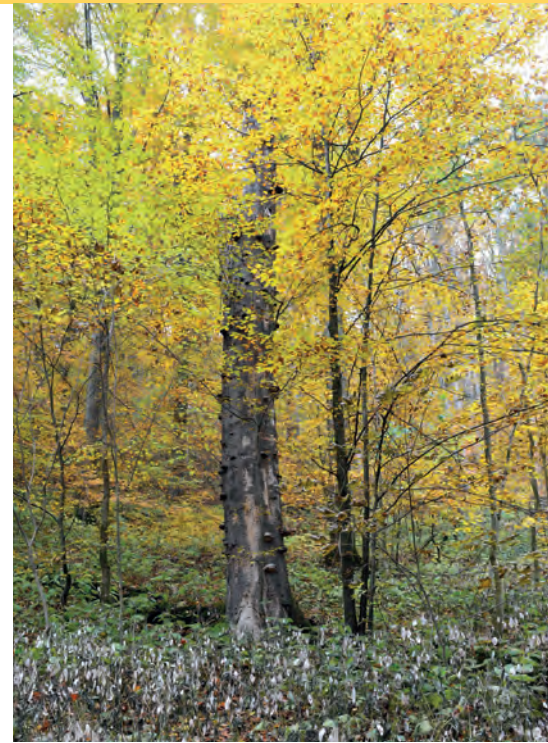
Gesamteinschätzung: Die Buche übernimmt die Herrschaft

Die Waldbestände in den fünf Frankенwald-Naturwaldreservaten entwickelten sich in den zurückliegenden vier Jahrzehnten ähnlich, wie auch in vielen anderen bayerischen Reservaten. Seit der Einstellung der Hiebsmaßnahmen haben sich die Bestände zunächst geschlossen. Aufgrund des hohen Konkurrenzdrucks sind dann die Stammzahlen oftmals deutlich zurückgegangen, betroffen sind überwiegend die schwächeren Bestands-

glieder. Im Gegensatz dazu konnten die Grundflächen und Volumen noch weiter zulegen. Die große Gewinnerin auf den Flächen ist die Buche, die seitdem weiteren Wuchsraum erobern konnte. Hierbei spielt die Betrachtung der Stammzahlen eine wichtige Rolle, da sich darin die Zu- und Abgänge widerspiegeln. Die Fichte stagniert bzw. nimmt leicht ab. Damit bestätigen die Aufnahmen der Repräsentationsflächen den Trend der Stichprobeninventuren für die gesamten Reservatsflächen.

Für die Praxis

Ziel der Forstwirtschaft sind stabile Mischbestände. Die Buche ist neben der Tanne die geeignete Baumart für den Umbau der fichtendominierten Bestände im Frankenwald. Die Konkurrenzkraft der Buche macht jedoch in buchendominierten Beständen ein aktives Eingreifen zur Sicherung der Mischbaumarten erforderlich, um auch hier für Vielfalt zu sorgen. Von den weiteren Mischbaumarten kann der Bergahorn auf für ihn begünstigten Standorten wie nährstoffreicheren Unterhanglagen oder Schluchtwäldern lange mit der Buche mithalten, muss aber auch bewusst durch Pflege gefördert werden, um dauerhaft Bestandteil der herrschenden Schicht zu bleiben.



6 Starkes Buchenthotholz im NWR Rainersgrund

Foto: M. Blaschke

Zusammenfassung

Mit der Ausweisung der ersten 135 Naturwaldreservate im Jahr 1978 können Forstleute auf eine zum Teil 40-jährige vom Menschen weitgehend unbeeinflusste Waldentwicklung dieser Schutzgebiete blicken. Die walldkundlichen Aufnahmen in fünf von Buchen dominierten Naturwaldreservaten im Frankenwald zeichnen ein klares Bild, wohin sich diese Wälder in Zukunft entwickeln könnten. Die Buche gewinnt dabei zunehmend an Bedeutung. So wird auch im von Fichten geprägten Frankenwald die Buche problemlos in ihre Rolle der »Mutter des Waldes« schlüpfen können, zeigen doch die Untersuchungen in den Frankenwald-Naturwaldreservaten, dass die Buche gegenüber den anderen Baumarten auf Normal-Standorten außerordentlich konkurrenzstark ist. Dies macht sie zwar zum einen zu einer geeigneten Baumart für die Anreicherung und Stabilisierung insbesondere von Fichtenreinbeständen, erschwert aber auch die Etablierung von Mischbaumarten in buchendominierten Beständen.

Autor

Markus Blaschke ist in der Abteilung »Biodiversität, Naturschutz und Jagd« der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF) für den Bereich Naturwaldreservate und Mykologie verantwortlich. Dr. Bernhard Förster und Christoph Hübner sind in der Abteilung »Waldbau und Bergwald« zuständig für die Naturwaldreservate. Markus Kölbl (BaySF) leitet den Teilbereich »Naturschutz und Erholung« an der Zentrale der Bayerischen Staatsforsten in Regensburg.

Kontakt: Markus.Blaschke@lwf.bayern.de

Links

www.lwf.bayern.de/biodiversitaet/naturwaldreservate/index.php
www.lwf.bayern.de/biodiversitaet/naturwaldreservate/frankenwald

Naturwaldreservate – Freilandlaboratorien der Waldforschung

Die ersten Ansätze der Naturwaldreservate in Bayern reichen bis ins 19. Jahrhundert zurück. Offiziell wurden Naturwaldreservate im bayerischen Staatswald vor 40 Jahren mit der Bekanntmachung vom 20. Februar 1978 eingerichtet.

1982 wurden die Naturwaldreservate in das Waldgesetz für Bayern aufgenommen. Damit wurden sie zu einer eigenständigen Schutzgebietskategorie aufgewertet. Heute verfügt Bayern über 164 Naturwaldreservate mit 7.514 Hektar und bilden ein flächendeckendes Netz im Staatswald als auch in Privat- und Kommunalwäldern.

Ziel der Naturwaldreservate ist, möglichst alle in Bayern vorkommenden natürlichen Waldgesellschaften und ihre Standorte zu repräsentieren, um deren natürliche Entwicklung zu erforschen und Erkenntnisse und Strategien für die naturnahe Forstwirtschaft im Zeichen des Klimawandels zu gewinnen.



1 Buntessortiment

Foto: Heike Rau, fotolia

Nuss und Mandelkern

Nüsse und Nussbäume näher betrachtet

Olaf Schmidt

Nuss und Mandelkern – das klingt fast nach Vorweihnachtszeit. Aber man darf sich nicht täuschen, schon längst haben Nüsse in allen Jahreszeiten ihren Platz gefunden. Gerade in dem Bereich »gesunde Ernährung« sind Nüsse oder was wir landläufig als Nüsse bezeichnen allgegenwärtig. Neben Klassikern wie Haselnuss, Mandeln und Walnüssen kommen bei uns auch exotische Nussarten wie Cashewkerne, Paranüsse und Macadamianüsse auf den Tisch. Grund genug, sich mal mit Nussarten und Nussartigen etwas ausführlicher zu befassen.

»Schalenobst« oder auch »Schalenfrüchte« ist die im Handel übliche Bezeichnung für Nüsse und Kerne, die von einer harten, meist holzigen Schale umgeben sind und von Menschen gegessen werden können. Als »Nuss« wird umgangssprachlich eine rundliche oder ovale, an einem Ende oft leicht zugespitzte Frucht mit einer harten, verholzten Schale bezeichnet. Der essbare Kern ist oft sehr öl- und fett- haltig (Dünnebeil 2011).

Nuss ist nicht gleich Nuss

Die Botaniker dagegen unterscheiden sehr genau zwischen Nuss und Samen. Eine Nuss umgibt eine mehr oder weniger holzige Fruchtwand, die sich bei Reife nicht öffnet. So ist zum Beispiel die Maroni der Esskastanie eine Nussfrucht, während bei der Rosskastanie sich eine Kapsel- frucht öffnet und den braunen Samen, die Kastanie, freigibt. Die stachelige

Hülle der Edelkastanie hat nichts mit der eigentlichen Frucht zu tun. Sie entsteht aus der Blütenstandsachse und wird als Fruchtkelch (*Cupula*) bezeichnet. Dieser Fruchtkelch ist typisch für die Angehörigen der Buchengewächse, daher sind Bucheckern und Eicheln im botanischen Sinne Nüsse in einem Fruchtkelch. Der größte Samen der Welt ist die sogenannte »Seychellen-Nuss«, der Samen der Seychellenpalme (*Lodoicea maldivica*), die nur ein winziges Areal auf den Seychellen besitzt. Der Samen kann 20–25 kg Gewicht erreichen.

Von den zahlreichen bei uns im Handel erhältlichen »Nüssen« werden im Folgenden die wohl bekanntesten wie zum Beispiel Erdnuss, Haselnuss, Walnuss, Mandel, Cashewnuss, Edelkastanie, aber auch einige unbekanntere wie Macadamianuss, Paranuss, Pekannuss und Pili- Nuss beschrieben.

Ein türkischer Exportschlager

Haselnüsse stammen meist von unserer einheimischen *Haselnuss* (*Corylus avellana*) oder von der nahen Verwandten, der in Südeuropa heimischen *Lambertshasel* (*Corylus maxima*). Unsere Hasel wächst als vielstämmiger aufrechter, manchmal baumförmiger Strauch bis zu 6–8 m hoch. Es entwickeln sich aus den Blüten einsamige Nussfrüchte, die neben den Menschen auch bei vielen Tieren, zum Beispiel Eichhörnchen, Haselmaus und Tannenhäher, sehr beliebt sind. Die energiereiche Nahrungsquelle der Haselnüsse haben in Europa schon in der Steinzeit unsere Vorfahren geschätzt. Die wichtigsten Haselnusserzeugerländer sind die Türkei und Italien. Allein die türkischen Haselnussernten machen circa 70 Prozent der weltweiten Haselnussproduktion aus. Die Erntemengen liegen in der Türkei zwischen 400.000 t und 800.000 t pro Jahr. Die Haselnüsse selbst enthalten rund 60% fettes Öl und spenden pro 100 g Haselnusskerne rund 2.700 kJ Energie. Die Nüsse werden für Süßigkeiten, für Backwaren, für Speiseeis und für Nougatcreme verwendet. Auf der Suche nach alternativen Baumarten im Klimawandel wird in den letzten Jahren vermehrt die *Baumhasel* (*Corylus colurna*) genannt.

Unentbehrlich für Marzipan

Streng genommen handelt es sich bei der *Mandel* nicht um echte Nussfrüchte im botanischen Sinne, sondern um die Stein- kerne von Steinfrüchten, die gemeinhin als Nuss bezeichnet werden. Der *Mandelbaum* (*Prunus dulcis*) gehört zur Familie der Rosengewächse und wächst als sommergrüner, baumförmiger Strauch mit Höhen von 6–8 m vor allem im Mittelmeerraum. Die Heimat des Mandelbaums liegt in Südwestasien. Seit 4.000 Jahren wird der Mandelbaum kultiviert. Heute wird die Mandel in vielen Ländern der Welt, so zum Beispiel in Kalifornien, im Mittelmeerraum, in Pakistan, im Iran, in Australien und in der Türkei angebaut. Mit über 80% entfällt der größte Teil der Weltproduktion von rund 900.000 Tonnen auf die USA. Die dicht flaumig behaarten Steinfrüchte sind abgeflacht und weisen eine Länge von 3–4 cm und einen Durchmesser von 2–3 cm auf. Die Samen, die eigentlichen Mandeln selbst,

schmecken süß oder bitter. Daher wird die Mandel in drei Varietäten unterteilt:

- Süßmandel (*Prunus dulcis* var. *dulcis*) mit süß schmeckenden Samen,
- Krachmandel (*Prunus dulcis* var. *fraxilis*) mit süß schmeckenden Samen in dünnbrüchiger Schale des Steinkerns,
- Bittermandel (*Prunus dulcis* var. *amara*) mit bitter schmeckenden giftigen Samen.

In Mitteleuropa reift die Mandel nur in Weinanbaugebieten, wohin sie wahrscheinlich schon zusammen mit den Weinreben von den Römern eingeführt wurde. 100 g Mandeln enthalten rund 50 % Fett. Für die Herstellung von Marzipan sind sie unentbehrlich.

Die »Linolen-Bomben«

Ebenso gerne werden *Walnüsse* verzehrt, die von der *Echten Walnuss* (*Juglans regia*), einem sommergrünen Laubbaum aus der Familie der *Walnussgewächse* (*Juglandaceae*) stammen. Der Walnussbaum erreicht im Freiland Höhen bis 25 m, in Waldbeständen bis 30 m. Walnussholz ist für wertvolle Möbel, Intarsien, Furniere und Gewehrkolben eine sehr gesuchte Holzart. Da der Walnussbaum gegen Winterkälte und Spätfröste empfindlich ist, wird er bei uns hauptsächlich in wintermilden Lagen angebaut. Die Walnuss war Baum des Jahres 2008 und die LWF hat zusammen mit der LWG in



2 **Walnuss:** die grüne Hülle entsteht aus den Trag- und Vorblättern des Blütenprozesses.

Foto: M. Schuppich, fotolia

Veitshöchheim eine Tagung über die Walnuss durchgeführt, deren Ergebnisse im LWF Wissen Nr. 60 »Beiträge zur Walnuss« veröffentlicht wurden.

Lange Zeit nahmen die Botaniker an, es würde sich bei der Walnuss um eine Steinfrucht handeln, ähnlich Kirsche oder Pflaume. Neuere morphologische Untersuchungen bestätigen nun, dass die grü-

ne Hülle der Walnuss aus den Trag- und Vorblättern des Blütenprozesses entsteht. Die Walnuss hat demnach eine komplett verholzte Fruchtwand und ist im botanischen Sinne eine Nuss wie die Haselnuss oder die Eichel (Aas 2008).

Die Walnusskerne haben einen Fettanteil von 40–60 %. Von allen Nussfrüchten haben die Walnüsse mit 7.490 mg/100 g den höchsten Gehalt an Linolensäure. Der Energiewert von 100 g Walnusskernen liegt bei 2.700 kJ. Bei großkronigen Walnussbäumen können Erträge von bis zu 150 kg Nüsse pro Baum möglich sein. Die Haupterzeugerländer für Walnüsse sind China, Iran, USA, Türkei und die Ukraine. Die Weltproduktion hat sich in den letzten 25 Jahren fast verdoppelt und beträgt 1,6 Mio. t. Der größte Produzent ist derzeit China mit knapp 500.000 t, gefolgt von den USA mit über 300.000 t. In Europa werden die meisten Walnüsse in Frankreich auf einer Anbaufläche von 16.600 ha und mit einem Ertrag von 35.000 t erzeugt (Aas 2008).

Die Walnüsse werden roh verzehrt und sind im Handel als ganze Nüsse oder nur als Nusskerne erhältlich. Verwandte Arten, die wegen ihres Wachstums auch als alternative Waldbaumarten von Interesse sind, sind *Schwarzwalnuss* (*Juglans nigra*) und die *Butternuss* (*Juglans cinerea*).

Paradebeispiel für ökologische Netzwerke – die Paranuss

Ebenfalls regelmäßig in Nussmischungen vertreten sind *Paranüsse*, die von dem bis 50 m hohen *Paranussbaum* (*Bertholletia excelsa*) stammen. Diese Baumart ist in Amazonien beheimatet. Das Besondere ist, dass alle Paranüsse, die in den Handel gelangen, von wilden Bäumen im Wald gesammelte Nüsse sind. Die runde Frucht des Paranussbaumes ist etwa 10–12 cm im Durchmesser und enthält 10 bis 25 Samen, die uns bekannten »Paranüsse«. Diese große Frucht fällt als Ganzes ab und bleibt am Boden liegen, wo sie von den Paranuss-sammlern, den Castaneros, aufgesammelt werden. Alexander von Humboldt lernte als erster Europäer den Paranussbaum bei seiner Reise am Orinoco kennen und beschrieb diese Baumart (Wieland & Bärtschi 1995)

Jeder Paranuss-sammler hat ein eigenes Sammelgebiet, das mehrere hundert bis zweitausend Hektar umfasst und meist einige hundert bis tausend Paranussbäume enthält. Im Ökosystem des tropischen

3 Frucht eines Paranussbaumes mit Paranüssen

Foto: Jens Teichmann, fotolia



Regenwaldes übernimmt das Aguti, ein Nagetier, das mit den Meerschweinchen verwandt ist, die Aufgabe, die stark verholzten Früchte zu öffnen und die Samen im Umkreis von mehreren bis zu hundert Metern zu verteilen und als Vorratslager zu vergraben. Das Aguti trägt damit zur Verbreitung des Paranussbaumes bei. Bis heute ist es nicht gelungen, den Paranussbaum in Plantagen zu kultivieren. Um die golfballgroßen, fleischigen Blüten der Paranussbäume zu befruchten, braucht es eine bestimmte Prachtbienenart der Gattung *Euglossina*. Diese wiederum benötigt spezielle Orchideen, die von den Bienenmännchen nur des Duftes wegen, der für Weibchen attraktiv wirkt, besucht werden. Der Paranussbaum ist daher ein Musterbeispiel, wie eng und vielfältig die gegenseitigen Vernetzungen von Tier- und Pflanzenarten im tropischen Regenwald sind. Die Paranüsse selbst sind 2–5 cm groß und besitzen einen hohen Fettgehalt bis fast 70 % und einen im Vergleich zu anderen Nüssen hohen Anteil an Mineralstoffen, insbesondere Selen. Allerdings bekommt man seit einigen Jahren auf den Märkten keine Paranüsse in der Schale mehr, denn die EU hat seit 2003 Auflagen für den Import von Paranüssen in Schalen erlassen. Hintergrund ist, dass in der Schale der Giftstoff Aflatoxin vorkommen kann. Daher sind nur noch geschälte Paranüsse im Handel und insgesamt ist der traditionelle Handel mit der ganzen Paranuss in die EU stark zurückgegangen.

Ein großer Cash nicht nur für Indien

Großer Beliebtheit erfreuen sich in den letzten Jahren die *Cashewkerne*. Der *Cashewbaum* (*Anacardium occidentale*) wächst im tropischen Klima und trägt sogenannte Cashewäpfel mit den Cashewkernen. Der Baum erreicht Wuchshöhen von 10–12 m und Brusthöhendurchmesser von ca. 30 cm.

4 Cashewnüsse

Foto: Birgit Brandlhuber, fotolia



Die Cashewfrucht ist ein kleines, nierenförmiges Gebilde, das an einem fleischig verdickten, paprikaförmigen Fruchts蒂el hängt. Dieses Anhängsel wird auch geerntet und daraus die bekannte Cashewnuss gewonnen. Die Kerne werden roh, geröstet und gesalzen im Handel angeboten. Sie besitzen rund 42% Fett. Heimat des Cashewbaumes ist eigentlich Brasilien. Von dort haben ihn Portugiesen nach Mosambik und Indien eingeführt. Die größten Erzeugerländer sind heute Indien, Brasilien, Nigeria und Tansania. In Indien wurden die Cashewkerne erst ab 1970 zu einem wichtigen Exportprodukt und Devisenbringer. Die dortige Anbaufläche wird auf über 530.000 ha geschätzt (Trueb 1999).

Exportschlager aus Hawaii – mit australischen Wurzeln

Die *Macadamianuss* wird als »Königin der Nüsse« bezeichnet. Sie stammt von den *Macadamiabäumen* (*Macadamia integrifolia* und *M. tetraphylla*). Die Heimat der Macadamiabäume liegt in Australien, weswegen die Macadamianüsse auch manchmal Queensland-Nüsse genannt werden. Die Macadamiabäume zählen zur Familie der Silberbaumgewächse (*Proteaceae*). Macadamianüsse gelten als fette und wohl schmeckende Nüsse. Bei uns sind sie erst in den letzten zehn bis zwanzig Jahren weiter bekannt geworden. Die Nüsse sind rund, 1,5–2 cm im Durchmesser und haben eine sehr harte und dicke Schale. Daher kommen die Nüsse fast ausschließlich geschält oder weiterverarbeitet in den Handel. Die Nüsse besitzen einen hohen Energiegehalt bis 3.000 kJ und über 72% Fettanteil. Wichtig ist für Tierhalter zu wissen, dass Macadamianüsse für Katzen und Hunde giftig sind! Neben den natürlichen Vorkommen in Australien wird die Macadamianuss auch in Hawaii, Neuseeland, Südafrika, Israel und Kalifornien angebaut. Der größte Produzent ist Hawaii. Vielen Urlaubern sind zum Beispiel auf den Kanarischen Inseln oder an den Mittelmeerküsten in den häufig sehr abwechslungsreich gestalteten Hotelanlagen fruchtende Macadamiaträucher oder -bäume bekannt. Das dunkelbraune, schwere Holz der Macadamianuss ist, wie das aller Angehörigen der Silberbaumgewächse, durch breite, helle Holzstrahlen sehr dekorativ.

Eine echte Texanerin mit »bundesstaatlichen« Wurzeln

Die *Pekannuss* ist die Frucht des *Pekannussbaumes* (*Carya illinoensis*). Die Gattung *Carya* umfasst die Hickory-Bäume, die zur Familie der Walnussgewächse (*Juglandaceae*) zählen. Die Pekannuss ist im Süden der USA beheimatet und erreicht dort Wuchshöhen von 30–40 m. Die etwa 2,5–5 cm langen und eiförmigen Früchte lassen sich leicht öffnen und schmecken ähnlich wie Walnüsse. Der Pekannussbaum ist der offizielle Staatsbaum des US-Bundesstaates Texas. Neben

5 Die Pekannuss kommt im südlichen Nordamerika vor. Als offizieller Staatsbaum Texas feiern die Texaner am 14. April den »National Pecan Day«. Foto: Igor Dudchak, fotolia



den USA werden heute Pekannussbäume vor allem in Australien, Brasilien, China und Israel kultiviert (Lüdders 2004). Die Pekannüsse sind in USA sehr geschätzt und Bestandteil vieler Gerichte und Süßwaren. Aber die wärmeliebenden und frostempfindlichen Pekannussbäume gedeihen leider (noch) nicht so gut in Mitteleuropa, dass man ihren Anbau empfehlen könnte. Forstlich bekannter ist bei uns in Versuchsanbauten die *Schindelrindige Hickory* (*Carya ovata*).

Gebratene Feinkost mit geringem Brennwert

Die Früchte der *Edelkastanie* (*Castanea sativa*) sind essbar und werden in Europa als Maronen oder in Südtirol und in der Rheinpfalz als »Keschtn« bezeichnet. Edelkastanien sind große, den Eichen und Buchen naheverwandte, sommergrüne Bäume, die mächtige Ausmaße und hohe Alter erreichen können. Die Früchte, die Maronen, sind glänzende dunkelbraune Nüsse, die zu ein bis dreien



6 Maronen heißen die Früchte der Edelkastanie. Maronenbratereien sind auf den winterlichen Märkten nicht mehr wegzudenken. Foto: Carola Vahldiek, fotolia

in einem stacheligen Fruchtkelch, der Cupula, sitzen. Im Vergleich zu anderen Nussfrüchten haben Maronen einen sehr hohen Kohlenhydratwert und einen nur sehr geringen Fettgehalt von etwa 3%. Die Edelkastanie tritt rund ums Mittelmeer auf und wird wegen ihrer essbaren Früchte dort geschätzt. In Deutschland liegen die Hauptvorkommen in der Oberrheinischen Tiefebene, in der Pfalz, im Odenwald und am Untermain. Kreisrunde Löcher in Maronen bzw. kleine dicke weiße Larven in den Früchten stammen vom Esskastanienbohrer (*Curculio elephas*), einem Rüsselkäfer mit überdimensioniertem langen Rüssel. Seine Larve frisst das Innere der Früchte.

Die Marone wird vielfältig in der Küche verwendet. In der Winterzeit sind aus vielen Städten die Maronenbratereien nicht mehr wegzudenken. Dabei werden über Feuer die Maronen geröstet. Weitere Produkte aus Edelkastanien sind Kastanienmehl, Kastanienpüree, Maronencreme und glasierte Maronen. Auch die Edelkastanie ist aufgrund ihrer Wärmeansprüche, ihres Wachstums und ihres Holzes wegen eine im Klimawandel interessante alternative Baumart.

Noch sehr unbekannt – die Pili-Nuss

In letzter Zeit wird die tropische *Pili-Nuss* von den Philippinen vermehrt im Handel angeboten. Hierbei handelt es sich um Samenkerne mit einer dicken Schale, dreikantig und beiderseits zugespitzt, rund 4 cm groß. Es sind die Steinfrüchte von *Canarium ovatum*, einer Baumart aus der Verwandtschaft der Balsambaumgewächse (Nowak & Schulz 2009), die wie unsere Ahorne und die Rosskastanie zu der Ordnung der Seifenbaumgewächse zählen.

Die »Nuss« aus dem Erdreich

Die *Erdnuss (Arachis hypogaea)* gehört zur Familie der Hülsenfrüchtler und wächst nicht an Bäumen oder baumartigen Sträuchern. Die Erdnuss ist eine einjährige, krautige Pflanze, die unterirdische Früchte, eben die sogenannten »Erdnüsse« produziert. Im Vergleich zu allen anderen echten Nüssen ist bei der Erdnuss der Anteil an den wichtigen Omega-3-Fettsäuren geringer. Die Heimat der Erdnuss liegt in den Anden Südamerikas, wo sie schon seit Menschengedenken genutzt wird. Unterdessen werden Erdnüsse in weiten Bereichen der Subtropen und Tropen angebaut. Die wichtigsten Anbaugelände der Erdnuss sind Nord- und Südamerika, Westafrika, Indien und China. Allein die fünf Länder USA, Argentinien, Sudan, Senegal und Brasilien machen über 70% des gesamten weltweiten Exports an Erdnüssen aus.

Sondernutzungen: Getränke, Gewürz und Knöpfe

Die *Kolanuss* ist der Samen des in Westafrika beheimateten *Kolabaumes (Cola acuminata)*. Wegen des hohen Koffeingehaltes wurden Extrakte der Kolanuss für Erfrischungsgetränke, zum Beispiel Cola, verwendet. Die in der Küche als Gewürz beliebte *Muskatnuss* stammt von dem *Muskatnussbaum (Myristica fragans)*, der ursprünglich von den Molukken, einer indonesischen Inselgruppe, stammt. Unterdessen wird der Muskatnussbaum auch auf den Antillen, in Südostasien, in Sri Lanka und in Indien angebaut. Die birnenförmigen 5–8 cm großen Früchte enthalten 2–3 Samen, die von einem zerschlitzten Samenmantel umgeben sind. Die *Steinnüsse* der *Steinnusspalme* oder *Tagua-Palme (Phytelephas microcarpa* und *P. macrocarpa)* wurden vor dem Siegeszug der Kunststoffe zur Knopfherstellung genutzt. Nach der Trocknung lassen

| Nussfrucht | Brennwert [kJ/100 g] | Fettgehalt [g/100 g] | Kohlenhydrate [g/100 g] | Eiweiß [g/100 g] |
|---------------|----------------------|----------------------|-------------------------|------------------|
| Erdnuss | 2337 | 49 | 21,5 | 24 |
| Haselnuss | 2662 | 61,6 | 11 | 12 |
| Walnuss | 2738 | 42–62,5 | 15–23 | 11–16 |
| Mandel | 2411 | 49–54,1 | 21,7 | 21,2 |
| Cashewnuss | 2377 | 42,2 | 32,7 | 15,3 |
| Macadamianuss | 2896–3000 | 73,0 | 13,3 | 8 |
| Paranuss | 2764 | 66,8 | 2,5 | 14,3 |
| Pekannuss | 2897 | 72,0 | 14,6 | 9,2 |
| Edelkastanie | 795 | 3,4 | 57 | 6 |

7 Inhaltsstoffe und Energieinhalt von getrockneten Nüssen (ungeröstet, ohne Samenschale) Quelle: Dt. Forschungsanstalt für Lebensmittelchemie (2009), verändert

sich die Steinnüsse gut bearbeiten, polieren und schnitzen. Das Material ähnelt im Aussehen dem tierischen Elfenbein und wird daher auch als vegetables Elfenbein bezeichnet. Die Steinnuss erlebt daher in den letzten Jahren eine Wiederentdeckung als nachwachsender Ersatz für Elfenbein und Plastik, zumindest bei kleinen Objekten, wie Schachfiguren, Schlüsselanhänger und Tierplastiken. Sie wächst in tropischen Bergwäldern von Peru, Ecuador und Kolumbien in Höhen bis 1.500 m und kann dichte Bestände bilden.

Essbare Samen von Kiefern

Von den Nadelbaumarten werden die Samen der Pinie, der Zirbelkiefer und der Korea-Kiefer als Nahrungsmittel genutzt. Die Samen der *Pinie (Pinus pinea)*, als Pinienkerne bekannt, werden hauptsächlich in Spanien, aber auch in Portugal, Italien und in der Türkei erzeugt (Trueb 1998). Die Nüsse der *Zirbelkiefer (Pinus cembra)* werden vor allem in Russland als Snack geschätzt. Bei uns werden sie hauptsächlich als Vogelfutter verwendet. In Ostasien spielen die Samenkerne der ebenfalls fünfnadeligen *Korea-Kiefer (Pinus koraiensis)* als Nahrungsmittel eine gewisse Rolle. Die Zapfen werden wild im Wald von großen Korea-Kiefern gesammelt.

Literatur

Aas, G. (2008): Die Walnuss (*Juglans regia*): Systematik, Verbreitung und Morphologie. LWF Wissen Nr. 60, »Beiträge zur Walnuss«, S. 5–10
 Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (Hrsg.) (2008): Beiträge zur Walnuss. LWF Wissen Nr. 60, 70 S.
 Deutsche Forschungsanstalt für Lebensmittelchemie (Hrsg.) (2009): Lebensmitteltabelle für die Praxis
 Dünnebeil, A. (2011): Nuss – die Bezeichnung kann täuschen. Institut für Systematische Botanik und Ökologie, Nutzpflanzenseminar 2011, Universität Ulm
 Lüdders, P. (2004): Pekannuss (*Carya illinoensis*) – Botanik, Anbau und Verwendung einer subtropischen Obstart mit Zukunft. Erwerbs-Obstbau 46, S. 52–58
 Nowak, B.; Schulz, B. (2009): Taschenlexikon tropischer Nutzpflanzen und ihrer Früchte, Quelle und Meyer, 635 S.
 Trueb, L. (1997): Pekannüsse. Naturwiss. Rundschau, Heft 4, S. 141–144
 Trueb, L. F. (1998): Pinienkerne, Naturwissenschaftliche Rundschau, Heft 7/S. 260–262
 Trueb, L. (1999): Früchte und Nüsse aus aller Welt. S. Hirzel Verlag Stuttgart–Leipzig, 274 S.
 Wieland, J.; Bärtschi, A. (1995): Paranuss: Kernkraft aus dem wilden Wald. GEO–Heft Nr. 4, S. 37–54

Zusammenfassung

Nüssen oder Schalenobst haben für die gesunde menschliche Ernährung eine durchaus wichtige Bedeutung. Der Beitrag geht zunächst auf die botanische Unterscheidung zwischen Nuss und Samen ein. Im Folgenden beschreibt er dann verschiedene, meist bekannte »Nüsse« und ordnet sie ernährungsphysiologisch untereinander ein. Weiterhin wird über interessante Details, Besonderheiten und Wissenswertes zu den erwähnten »Nuss«bäumen berichtet.

Autor

Präsident Olaf Schmidt leitet die Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft.
 Kontakt: Olaf.Schmidt@lwf.bayern.de



8 Steinnüsse sind die Samen der Tagua-Palme. Die Frucht ist etwa handballgroß und enthält mehrere Dutzend hühnereigroße Nüsse, die poliert und unpoliert zu allerlei dekorativen Gegenständen verarbeitet werden können.

Foto: J. Schott, mammutwerkstatt.de

2017: Trotz Wärmerekorde wenig Trockenstress!

Wie schon 2016 konnte der Wald auch 2017 Wasser aus dem Vollen schöpfen

Das Jahr 2017 war laut Deutschem Wetterdienst deutschlandweit mit einer Jahresmitteltemperatur von 9,6 °C wieder deutlich wärmer (+1,4°) im Vergleich zur Klimanormalperiode 1961–90. Damit gehört 2017 zu den acht wärmsten Jahren seit Beginn regelmäßiger Temperaturmessungen 1881. Zehn der fünfzehn wärmsten Jahre Deutschlands finden sich im 21. Jahrhundert, vor 1994 gab es noch nie eine Jahresmitteltemperatur von 9,6 °C in Deutschland.

2017: weltweit zu warm – und auch in Bayern

Weltweit war es das zweitwärmste Jahr, wie Auswertungen globaler Datensätze durch das Europäische Zentrum für mittelfristige Wettervorhersage (ECMWF) und der Raumfahrtbehörde NASA zeigten. Und 2017 war das bisher wärmste Jahr, das nicht in einem El-Niño-Ereignis lag. Seit Beginn der Industrialisierung im 18. Jahrhundert ist damit die Lufttemperatur um 1,2 Grad gestiegen und somit nicht mehr fern vom postulierten Ziel des Klimaabkommens von Paris, den Temperaturanstieg auf maximal 1,5 Grad zu begrenzen.

In Bayern war 2017 nach Wetterdienstdaten »nur« das neuntwärmste Jahr seit Beginn flächendeckender Messreihen im Jahr 1881. Mit einer Jahresmitteltemperatur von 8,8 °C lag es 1,3 Grad über dem langjährigen Mittel 1961–90. Von den 30 wärmsten Jahren seit 1881 finden sich 22 in den letzten 30 Jahren, ein deutlicher Hinweis auf die Klimaerwärmung. Der Niederschlag 2017 (+2 %) lag nahe beim langjährigen Klimamittel und kann als feucht eingeschätzt werden. Entsprechend entwickelte sich auch das Dickenwachstum der Fichten durchschnittlich.

Der Winter: kalt und niederschlagsarm

Hochdruckgebiete bestimmten die Witterung im Dezember 2016 und es fiel sehr wenig Niederschlag (fünftrockenste Dezember seit Messbeginn). Trotz der geringen Niederschläge, aber auch wegen des geringen Wasserverbrauchs durch die Bäume im Winter änderte sich wenig an den Bodenfeuchteverhältnissen auf den Waldklimastationen (WKS). Wegen der Vegetationsruhe dürften aber auch niedrigere Füllstände der Bodenfeuchte für die Bäume keine größere Bedeutung gehabt haben.

Auch im Januar 2017 blieb es bei häufigem Hochdruckeinfluss deutlich zu trocken und sonnig, dafür wurde es aber recht frostig. An den Waldklimastationen sanken die Thermometer häufig unter –10 °C, teilweise wurden auch –20 °C erreicht.

Der Februar war dann vergleichsweise mild und tagsüber teilweise schon frühlinghaft. An einzelnen Tagen wurden sogar Maxima über 15 °C erreicht. In zwei Drittel der Nächte gab es jedoch Luftfrost. Der Niederschlag lag deutlich unter dem langjährigen Mittel (–38 %), doch dies reichte, dass sich die Bodenwasserspeicher wieder füllten. Schnee fand sich nur im Bergland, in den unteren und mittleren Lagen gab es keine Schneeflocke.

Der Winter 2016/2017 war insgesamt mit nur rund der Hälfte des normalen Niederschlags niederschlagsarm, dafür sehr sonnenreich (+43 %) und mit –0,5 °C geringfügig kälter als im langjährigen Mittel. Der Grund hierfür war, dass nur wenige Tiefdruckgebiete Mitteleuropa erreichten – meist herrschten die Hochdruckgebiete mit trocken-kalter Luft vor. Häufig verliefen die

Nächte klar und die Temperaturen fielen unter den Gefrierpunkt. Über Schnee trat vor allem im Süden mehrfach sogar strenger Frost auf. Erst Mitte Februar geriet Deutschland in eine kräftige westliche Strömung mit feuchter und auch frühlingshafter Luft.

Das Frühjahr: erst verführerisch warm, dann frostig kalt

Im März herrschten häufig frühlingshafte Temperaturen, so dass das Jahr 2017 den zweitwärmsten März seit 1881 für sich beanspruchen konnte. Die Niederschläge waren durchschnittlich und somit märztypisch reichlich, weshalb die Bodenwasservorräte zunächst überall gut gefüllt wurden. An den tiefergelegenen Fichten-WKS Ebersberg und Höglwald sorgte die extrem warme Witterung mit ihrem hohen Transpirationsanspruch für eine starke Abnahme der Bodenfeuchte. An den noch laubfreien Laubwaldstandorten mit Bodenfeuchtemessung blieben hingegen die Bodenwasservorräte meist auf hohem Niveau. Die Zahl der Sonnenscheinstunden lag jedoch ein Drittel über dem Soll, so dass zusammen mit der Rekordwärme von einem »Märzsommer« gesprochen werden konnte – beste Bedingungen also für einen frühen Start der Vegetation. Erlen, Forsythien und auch die Korbweiden blühten im Mittel jeweils drei Tage früher. In der Folge von Trockenheit und teils böig auffrischendem Wind kam es am 29. März im Naturschutzgebiet der Pupplinger Au/Isar bei Wolfratshausen zu einem größeren Waldbrand (6,5 ha).

Im April führte frühlingshafte Wärme in der ersten Monatshälfte zu weiteren »Frühstarts« der Vegetation: Die Blattentfaltung der Hängebirke setzte elf Tage früher ein, die Blüte der Birke neun Tage früher und auch die Buche entfaltete ihre ersten Blätter fünf Tage früher als normal. Zu Ostern stellte sich jedoch die Witterung um: Polare Kaltluft sorgte für zunächst typisches Aprilwetter mit Graupelschauern und Gewittern, bevor es dann richtig winterlich wurde. Bis in tiefe Lagen fiel Schnee und es wurde frostig. Nasser, schwerer Schnee führte bei zahlreichen bereits belaubten Bäumen zu Schneebruch.

Spätfröste verursachten in der Woche nach Ostern am Frankenwein und an Obstbaumblüten heftige Schäden. Bis auf die nördlichen Stationen Würzburg und Riedenburg lagen die Füllstände der Bodenwasserspeicher im Winter über 80 %, spätestens im März wurden dann auch diese aufgefüllt. An den niedrig gelegenen fichtenreichen Waldklimastationen wie Höglwald und Ebersberg jedoch machte sich die Märzwärme durch eine höhere Transpiration der Nadelbäume bemerkbar, was zu in einer Abnahme der Bodenwasservorräte führte.

Der Mai war deutlich wärmer als normal (+2,2°), dafür mit weniger Sonnenschein (–9 %). Regional verteilte sich der Niederschlag aufgrund der vielen Gewitter sehr unterschiedlich (–13 %). Zu Monatsbeginn gab es in Unter- und Mittelfranken intensive Niederschläge. Im Vorspessart im Landkreis Aschaffenburg kam es im Einzugsgebiet der Kahl nach Starkniederschlägen zu lokalen Überschwemmungen und teilweise rutschten auch Hänge ab. Die Fichte, der Baum des Jahres 2017, begann jetzt auch wie üblich mit dem Nadeltrieb. Damit war der Vegetationsstart der Fichte weder früher noch später als normal. Zu Beginn des Sommers starten die Böden mit noch relativ gut gefüllten Wasserspeichern zwischen 70 und 90 % der nutzbaren Feldkapazität.

Der Frühling war etwas trockener als normal in Bayern (−6%), dafür fiel am Alpenrand überdurchschnittlich viel Niederschlag (bis zu 670 l/m²). Im Vergleich zum Vorjahr war dieser Frühling mit +2 Grad Abweichung vom langjährigen Mittel deutlich zu warm, immerhin mit 9,2 °C der zehntwärmste Frühling seit 1881. Verantwortlich war dafür der exzeptionell warme März. Die Sonne schien 16% mehr als normal. Eine kurze Hitzewelle zum Ende des »Wonnemonats« mit vielen Tagen über 30 °C stimmte dann auf den Sommer ein.

Der Sommer: ein Auf und Ab beim Wetter

2017 gab es den zweitwärmsten Juni seit 1881, verbunden mit viel Sonnenschein. Die Waldbrandgefahr war vielfach sehr hoch. Nur für kurze Zeitabschnitte setzten sich kühlere Witterungsbedingungen durch. Meist jedoch kam mit südwestlichen Winden heiße und trockene Luft nach Bayern. Die Sonne schien rund ein Drittel mehr als üblich. Gleichzeitig fiel fast ein Viertel weniger Niederschlag. Dadurch ging die Bodenfeuchte auf allen Waldklimastationen während des ganzen Monats kontinuierlich zurück. Zum Ende des Monats lag der Füllstand der Bodenwasserspeicher fast überall unter 50% der nutzbaren Feldkapazität, an der WKS Freising sank die Bodenfeuchte sogar bis fast auf die 40%-Trockenstressgrenze.

Auch der Juli war zu warm (+1,6°). Allerdings hatte er reichlich Niederschlag im Gepäck (+51%). Bezeichnend war auch das Auf und Ab der Lufttemperatur. Regenschauer sorgten nach Phasen starker Austrocknung immer wieder für entspannte Bodenfeuchteverhältnisse.

Der August war wie schon der Juni und Juli zuvor zu warm (+2,0°). Hochsommerliche Witterung traf auf kühlere Tiefausläufer, was schwere Gewitter, Sturmböen und örtlich ungewöhnlich viel Niederschlag mit sich brachte. Herausragendes Ereignis war am 18. August 2017 der Gewittersturm »Kolle« mit Orkanböen in den Landkreisen Passau und Freyung-Grafenau, der schwere Verwüstungen in den Wäldern anrichtete. Betroffen waren mehr als 12.000 ha Wald mit 2,3 Mio. Festmeter (Fm) Schadholz.

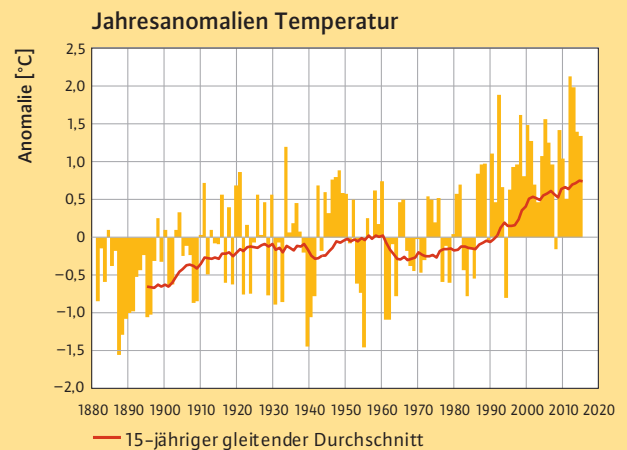
Der Sommer 2017 war der fünftwärmste in Bayern (+2° zum Mittel 1961–90). Gekennzeichnet war er von einem steten Wechsel zwischen heiß-trockenen sowie kühl-feuchteren Perioden. Daher war auch die Wasserversorgung der Wälder durch ein starkes Auf und Ab geprägt. Phasen mit Trockenstress kamen nur selten und zu meist kurzzeitig vor. Nur an der Waldklimastation Würzburg auf der südlichen Fränkischen Platte war die Transpiration der Bäume von Mitte bis Ende August eingeschränkt. Ansonsten herrschte eine für die Wälder überwiegend günstige Wasserversorgung vor.

Der Herbst: einfach nur herbstlich

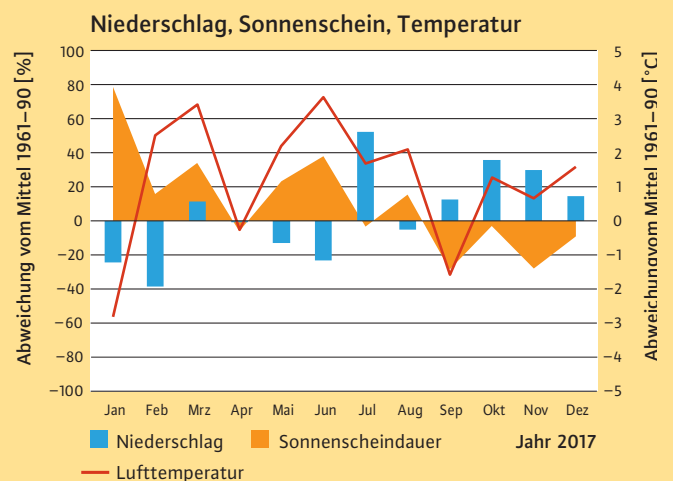
Der Herbst startete mit einem kühlen, sonnenscheinarmen und oft regnerischen September so richtig herbstlich. Tiefdruckgebiete und ihre von Westen übergreifenden Ausläufer bestimmten mit meist kühler Luft das Wetter in den ersten beiden Monatsdekaden. Sie ließen Zwischenhochs nur wenig Zeit für Wärme und Sonnenschein. Im letzten Drittel sorgte ein sogenanntes Höhentief für meist starke Bewölkung, vereinzelt Schauer und Gewitter.

Im Oktober fand ein doppelter Wechsel von zunächst wechselhafter zu sommerlicher und wieder zu wechselhafter Witterung statt. In den wechselhaften Perioden wurde es jeweils auch stürmisch. Glücklicherweise wurde Bayern von den Stürmen »Xavier« und »Herwart« dabei nur gestreift, während der Norden Deutschlands stark betroffen war. Lokal kam es zu Sturmschäden im Wald. Insgesamt war der Monat wieder deutlich wärmer als im langjährigen

Mittel. Für Bayern war der Oktober 2017 mit 10,0 °C Durchschnittstemperatur (+1,9 Grad zum Mittel 1961–90) nach DWD-Daten der neuntwärmste Oktober seit 1881. Niederschlag fiel rund ein Viertel mehr als normal. Der Füllstand des Bodenwasserspeichers blieb an der WKS Würzburg nahezu unverändert unter 40%, während an



1 Jahresanomalien der Lufttemperatur (Jahresmitteltemperatur minus Periodenmittel 1961–1990) im Gebietsmittel für Bayern 1881–2017 Quelle: Deutscher Wetterdienst

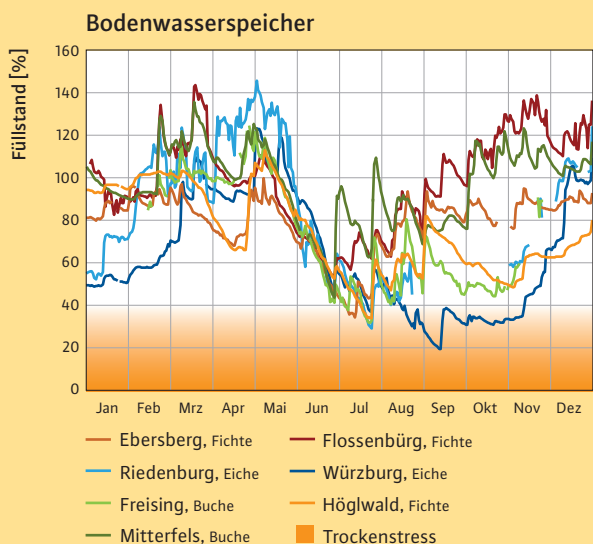


2 Monatliche Niederschlags-, Sonnenscheindauer- und Temperaturabweichungen an den 19 bayerischen Waldklimastationen sowie an der Wetterstation Taferlbruck

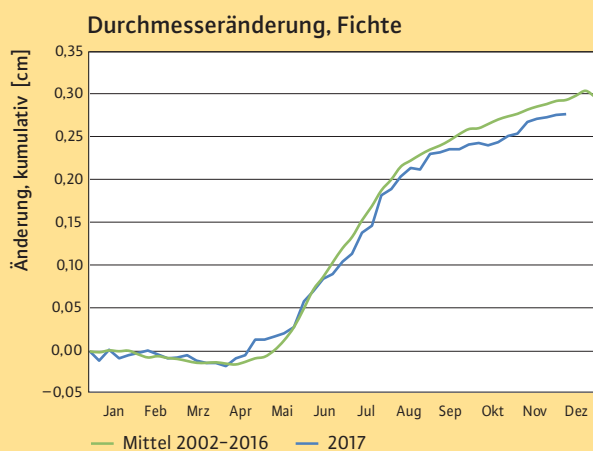


den Waldklimastationen Mitterfels im Bayerischen Wald und Flossenbürg im Oberpfälzer Wald vollständige Sättigung eintrat.

Im November erreichten Bayern nur Ausläufer von Tiefdruckgebieten, die den Norden Deutschlands in diesem Monat häufig querten. So wurde die Witterung von intensiveren Niederschlägen bestimmt,



3 Bodenwasservorräte im gesamten durchwurzelten Bodenraum in Prozent zur nutzbaren Feldkapazität im Jahr 2017



4 Mittlere Veränderung der Baumdurchmesser (kumulativ) von Fichten auf den WKS Ebersberg, Flossenbürg und Höglwald im Vergleich zum mehrjährigen Mittel (2002–2016)

blieb aber häufig mild. In Hochdruckphasen herrschten jahreszeitentypisch Nebel bzw. Hochnebel vor, besonders in den Flussniederungen. Der November war wieder wärmer als das langjährige Mittel (+1 Grad). Niederschlag fiel ein Fünftel mehr als normal (+21%), dafür gab es mit nur 45 Sonnenscheinstunden rund ein Fünftel weniger Sonnenschein. Damit war der November der 13. trübste seit 1951. Bis zum Monatsende füllten sich die Bodenwasserspeicher an allen Messstationen auf über 60% der nutzbaren Feldkapazität wieder auf. In den Mittelgebirgen lagen sie sogar über 100%, so dass hier bereits von einer nennenswerten Grundwasserspense ausgegangen werden kann.

Tiefdruckgebiete mit vielen Wolken und Niederschlägen prägten den Herbst. Sie waren allerdings oft mit milder Luft verbunden, so dass die Temperatur im Herbst insgesamt wieder über dem Mittel 1961–90 lag (+0,6°) lag. Mit den Tiefs kamen auch Stürme, die Bayern allerdings nur streiften. Gelegentlich gab es auch Hochdruckeinfluss, der zur zweiten Oktoberdekade nochmals sommerliche Wärme brachte. Mitte November sorgten dann Hochdruckwetterlagen bei klaren, windstillen Nächten für Frost, der über einer dünnen Schneedecke zu strengem Nachtfrost intensiviert wurde. Auf einen kühlen September folgte ein Oktober mit einer kurzen Rückkehr des Sommers. Der November war mild mit gelegentlichen Vorstößen kälterer Meeresluft aus Nordwest. Alle drei Herbstmonate waren zu nass (+15%), am Alpenrand fielen sogar bis zu 780 l/m² Niederschlag! Die vielen Wolken und auch der Hochnebel sorgten dafür, dass die Sonnenscheinbilanz mit 275 Stunden negativ wurde (–18%). Die Bodenfeuchte nahm saisontypisch wieder zu. Von einer vollständigen Auffüllung der Bodenwasserspeicher waren jedoch die Messstationen im Flachland noch ein gutes Stück weit entfernt.

Dezember: Schnee, danach Tauwetter

Im Dezember dauerte die vorwiegend westliche Strömung an, die schon im November für wechselhafte Verhältnisse gesorgt hatte. So gab es meist nasskaltes und wolkenreiches Wetter. Die Niederschläge fielen im Flachland gelegentlich, im Bergland aber überwiegend als Schnee. Im Vergleich zu den schneearmen Wintern 2015 und 2016 fiel in der Adventszeit relativ viel Schnee, der aber dann unterhalb 1.000 m mit dem Weihnachtstauwetter verschwand. Am 11. und 14. Dezember sorgten zwei Sturmtiefs besonders in Südbayern für Brüche und Würfe einzelner Bäume. Insgesamt fiel der Dezember vergleichsweise mild (+1,5° zu 1961–90), niederschlagsreich mit 87 l/m² (+14%) und sonnenscheinärmer (–9%) aus. Am meisten Niederschlag fiel im Allgäu mit bis zu 250 l/m².

Autoren

Dr. Lothar Zimmermann und Dr. Stephan Raspe sind Mitarbeiter in der Abteilung »Boden und Klima« der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft.
Kontakt: Lothar.Zimmermann@lwf.bayern.de

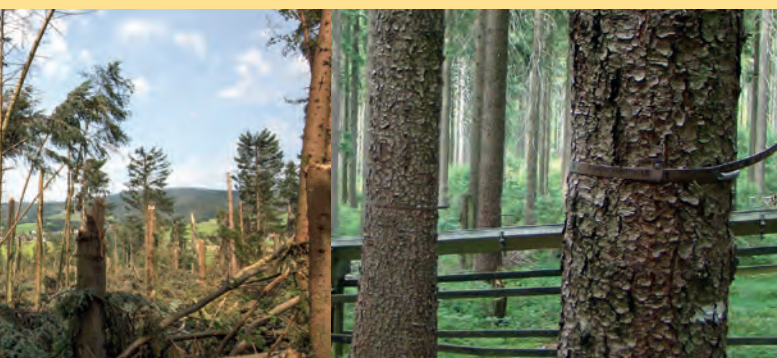


Bild links: **Drei Tage früher als normal, am 26. März, leitete die Forsythienblüte den phänologischen Erstfrühling ein.** Foto: Kisa Markiza, fotolia

Mitte: **Der Gewittersturm Kalle führte lokal zu gewaltigen Schäden.** Foto: H. Lemme, LWF

Bild rechts: **Hohe und über das Jahr hinweg verteilte Niederschläge sorgten für ein gutes Waldwachstum.** Foto: LWF-Archiv

Ein Winter mit vielen Extremen

Niederschlag – Temperatur – Bodenfeuchte

Dezember

Im Dezember dauerte die vorwiegend westliche Strömung an, die bereits im November geherrscht und für wechselhafte Verhältnisse gesorgt hatte. So gab es meist nasskaltes und wolkenreiches Wetter mit häufigen Niederschlägen.

Tiefdruckgebiete und ihre Ausläufer brachten wiederholt Niederschläge, die räumlich große Unterschiede aufwiesen. Am 18. Dezember wurde an der Waldklimastation Goldkronach im Fichtelgebirge 135 mm Niederschlag gemessen. Im Flachland fiel der Niederschlag nur gelegentlich, im Bergland aber überwiegend als Schnee. Im Vergleich zu den schneearmen Wintern 2015 und 2016 fiel in der Adventszeit damit relativ viel Schnee, der aber dann unterhalb 1.000 m mit dem Weihnachtstauwetter verschwand. Die hohen Niederschläge führten auch zu einem deutlichen Anstieg des Füllstandes der Bodenwasserspeicher an den Waldklimastationen (Abbildung 2).

Von der Temperatur her war es deutlich zu warm. Nur auf einigen Mittelgebirgsgipfeln und am Alpenrand war es zu kalt (Zugspitze $-1,8$ Grad). In den ersten beiden Monatsdekaden schwankte die Temperatur um das langjährige Mittel, danach lagen die Temperaturen meist darüber. Die niedrigste Temperatur der Waldklimastationen wurden am 3. Dezember mit -12 °C an der WKS Berchtesgaden unterhalb des Watzmanns über Schnee, die höchste mit $13,8$ °C am 25. Dezember an der WKS Sonthofen gemessen.

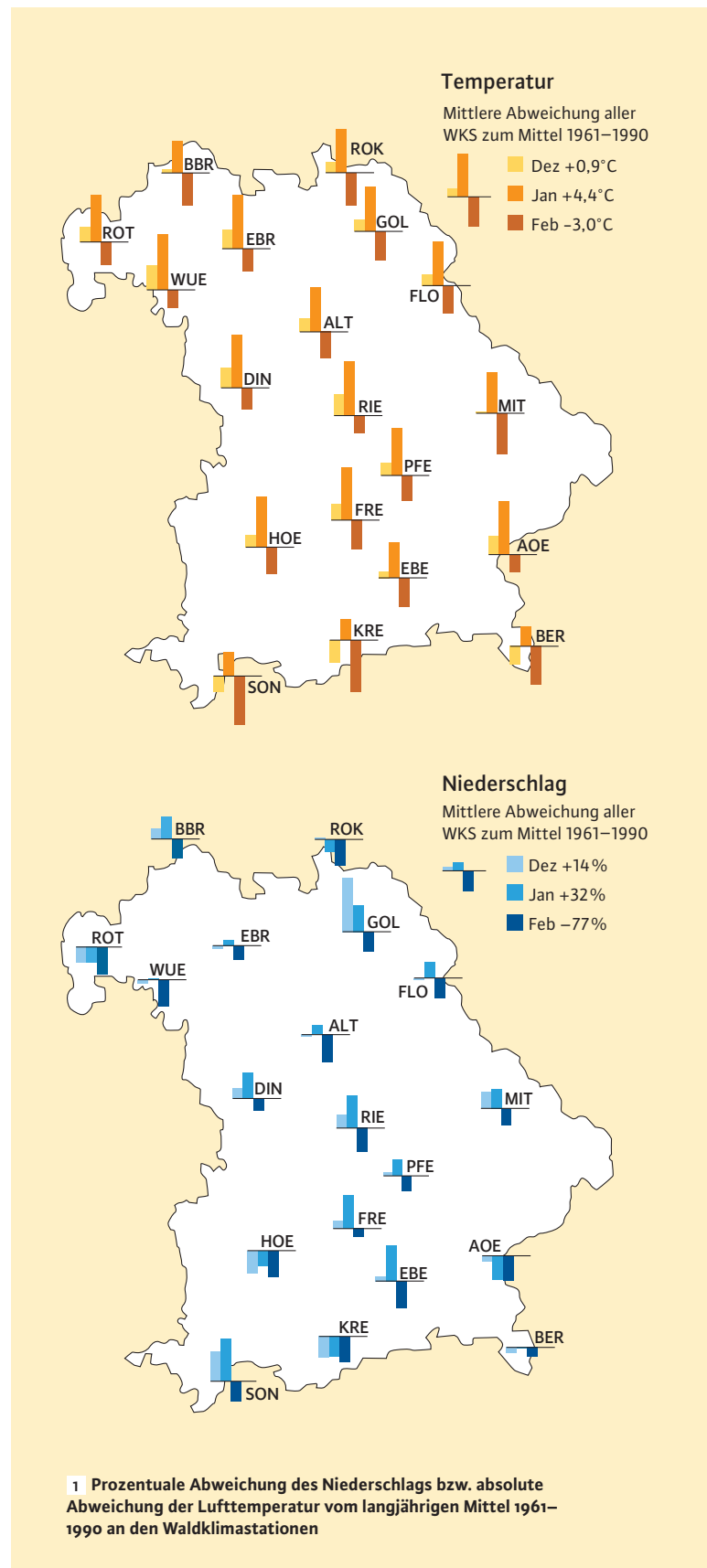
Am 11. und 14. Dezember sorgten zwei Sturmtiefs, besonders in Südbayern, für Brüche und Würfe einzelner Bäume (DWD 2018a). Am Morgen des 14. Dezembers kippte in dem kurzen,

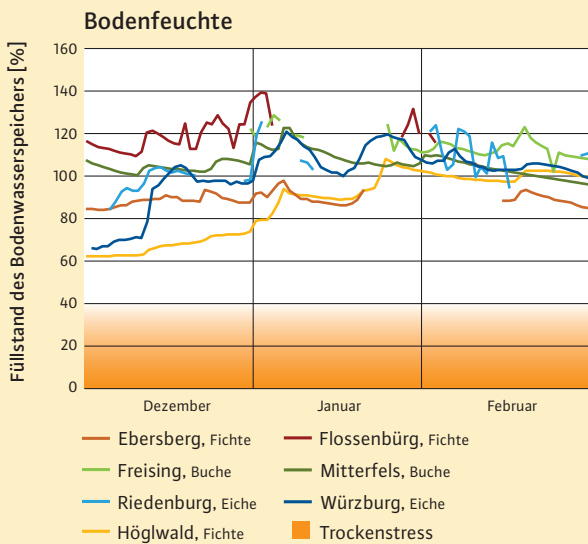
aber heftigen Gewittersturm mit Orkanböen in Germering bei München sogar ein Baukran um und verursachte hohen Sachschaden. Auf der Zugspitze wurden dabei Windspitzen bis zu 150 km/h erreicht. An den Waldklimastationen wurde die höchste Windböengeschwindigkeit mit 98 km/h auf der WKS Höglwald gemessen.

Insgesamt fiel der Dezember in Bayern vergleichsweise mild ($+1,5$ Grad im Vergleich zu 1961–90, an den WKS $+0,9$ Grad), niederschlagsreich mit 87 l/m² ($+14$ %) und sonnenscheinärmer (-9 %) aus. Die meisten Niederschläge fielen im Allgäu mit bis zu 250 l/m².

Januar

Der Januar 2018 war deutlich zu warm und sehr niederschlagsreich. Wärmemäßig schob sich dieser Januar auf Platz 3 der wärmsten Januare in Bayern seit 1881. Deutschlandweit erreichte er Platz 6. Phänologisch kam damit der Startschuss für den Vorfrühling sehr früh in diesem Jahr. Verantwortlich war das Vorherrschen einer westlichen Strömung, die den Durchzug zahlreicher Tiefausläufer wie schon in den beiden Vormonaten begünstigte. Sie brachten zum einen ungewöhnlich lang sehr milde und feuchte Luft nach Bayern, zum anderen sorgten sie auch für die zwei heftigen Winterstürme »Burglind« und »Friederike«, die aber für Bayern noch verhältnismäßig glimpflich abliefen. Besonders Friederike wurde von seiner Sturmstärke mit dem exakt zehn Jahre früher aufgetretenen Orkan »Kyrill« verglichen. Vorsichtshalber stellte die Deutsche Bahn den gesamten Fernverkehr ein. In Schwaben und Franken blockierten umgefallene Bäume den Regionalverkehr. Schüler in der Stadt und dem Landkreis





2 Entwicklung der Bodenwasservorräte im gesamten durchwurzelten Bodenraum in Prozent zur nutzbaren Feldkapazität

| Waldklimastationen | Höhe ü.NN [m] | Dezember 2017 | | Januar 2018 | | Februar 2018 | |
|---------------------|---------------|---------------|-----------|-------------|-----------|--------------|-----------|
| | | Temp. [°C] | NS [l/m²] | Temp. [°C] | NS [l/m²] | Temp. [°C] | NS [l/m²] |
| Altdorf (ALT) | 406 | 0,8 | 63 | 2,7 | 78 | -3,2 | 0 |
| Altötting (AOE) | 415 | 0,6 | 50 | 2,8 | 6 | -2,4 | 5 |
| Bad Brückenau (BBR) | 812 | -1,3 | 134 | 0,5 | 138 | -5,6 | 16 |
| Berchtesgaden (BER) | 1500 | -3,3 | 99 | -0,4 | 117 | -6,4 | 61 |
| Dinkelsbühl (DIN) | 468 | 0,6 | 90 | 2,7 | 105 | -3,6 | 26 |
| Ebersberg (EBE) | 540 | 0,6 | 60 | 2,6 | 108 | -3,4 | 0 |
| Ebrach (EBR) | 410 | 1,2 | 64 | 3,4 | 76 | -2,9 | 25 |
| Flossenbürg (FLO) | 840 | -2,0 | 66 | 0,2 | 86 | -6,1 | 14 |
| Freising (FRE) | 508 | 0,3 | 65 | 2,7 | 100 | -3,9 | 29 |
| Goldkronach (GOL) | 800 | -1,9 | 347 | 0,2 | 193 | -6,1 | 20 |
| Höglwald (HOE) | 545 | 0,9 | 9 | 3,7 | 23 | -3 | 2 |
| Kreuth (KRE) | 1100 | -1,9 | 28 | 1,2 | 31 | -6,3 | 7 |
| Mitterfels (MIT) | 1025 | -2,9 | 208 | -0,4 | 186 | -6,8 | 34 |
| Pfeffenhausen (PFE) | 492 | 0,5 | 64 | 2,6 | 84 | -3,2 | 21 |
| Riedenburg (RIE) | 475 | 0,3 | 74 | 2,2 | 102 | -3,5 | 5 |
| Rothenkirchen (ROK) | 670 | -1,4 | 111 | 0,6 | 43 | -6,1 | 3 |
| Rothenbuch (ROT) | 470 | 0,7 | 49 | 2,7 | 39 | -3,3 | 0 |
| Sonthofen (SON) | 1170 | -2,3 | 227 | 0,9 | 256 | -6 | 26 |
| Taferlruck (TAF) | 770 | - | - | - | - | - | - |
| Würzburg (WUE) | 330 | 2,5 | 53 | 4,5 | 51 | -1,7 | 1 |

3 Mittlere Lufttemperatur und Niederschlagssumme an den Waldklimastationen sowie an der Wetterstation Taferlruck

Hof sowie im Landkreis Wunsiedel konnten sich über einen schulfreien Tag wegen des Sturms freuen. An den Waldklimastationen betrug die höchste Windgeschwindigkeit 98 km/h, gemessen im Höglwald bei Augsburg. Am 3. Januar hinterließ in Neuhütten im Spessart ein Tornado eine 5 km lange Schneise mit umgestürzten und abgebrochenen Bäumen (DWD 2018 a).

Deutschlandweit fiel der Monat um mehr als 4 Grad zu warm aus. Der Großteil der Nächte verlief frostfrei, strenge Fröste traten nicht einmal in den Alpentälern auf (DWD 2018 b). Temperaturen unter -6 °C wurden an den Waldklimastationen nur im Bayerischen Wald und in den Alpen gemessen. Am wärmsten war es mit 14,2 °C am 25. Januar um die Mittagszeit in Pfeffenhausen im Landkreis Landshut.

Durch die milden Temperaturen wurde die Winterruhe der Vegetation schon früh unterbrochen. Im Bereich des Tertiärhügellands, nördlich der Isar fing der Hasel schon – zum Leidwesen vieler Allergiker – am 9. Januar an zu blühen (DWD 2018 b). Mehr als drei Wochen früher als im langjährigen Mittel 1992–2017, das eh schon aus den warmen 1990er und 2000er Jahren besteht. Der Blühbeginn der Erle wurde gar vereinzelt über einen Monat früher als im vergleichsweise kurzen Beobachtungsmittel (2009–2017) gemeldet. Im Donautal sowie im Süden und Südosten gab es vereinzelt Meldungen des Blühbeginns ab Mitte bis Ende des Monats. Und erwartungsgemäß blühte auch schon das Schneeglöckchen, dessen Austrieb allerdings stärker durch die Tageslänge beeinflusst wird. Aber auch hier spielt die hohe Temperatur eine Rolle und verfrüht ihr Auftreten um fast drei Wochen. Ebenso waren Kro-

kusse und Winterlinge, die beide normalerweise erst ab Mitte Februar zu erwarten sind, schon im Januar zu erspähen.

Auch wenn er sehr mild war, so war der Januar mit einem bayernweiten Gebietsmittel von ca. 120 mm doch sehr nass (DWD 2018 b). Im Mittel der Waldklimastationen fielen allerdings »nur« 96 mm, knapp 5% mehr normalerweise. Spitzenreiter war die Waldklimastation Sonthofen, wo mit 256 mm mehr als doppelt so viel Niederschlag fiel als im langjährigen Mittel (+156%). Der Monat verlief über weite Strecken schneefrei, lediglich um den 21. Januar schneite es bis in viele tiefe Lagen. Um den 5. und 22. Januar führten Regen und starkes Tauwetter besonders an kleineren Flüssen zu Hochwasser (DWD 2018 b). Durch häufigen Niederschlag und die nassen Vormonate waren die Böden durchweg gesättigt. Auch auf den letzten beiden Waldklimastationen, an denen die Bodenfeuchte gemessen wird, übersteigt der Füllstand der Bodenwasserspeicher die 100-Prozentmarke. Die Böden blieben meist aufgetaut, so dass das Befahren im Zuge der Holzerte schwierig war.

Februar

Dem trüben, nassen und viel zu milden Januar folgte ein sonniger, trockener und eisigkalter Februar. Hierfür musste sich die Wetterlage komplett umstellen.

Wer schon auf einen weiteren milden Rekordwinter gesetzt hatte, der hatte jedoch nicht die Rechnung mit Russlands »Väterchen Frost« gemacht. Gegen Ende des Monats führte eisige Kaltluft aus Nordost bzw. Ost vielfach zu zweistelligen Minusgraden. Die niedrigste Temperatur an den Waldklimastationen wurde an der WKS Mitterfels im Bayerischen Wald

mit -20°C am 27. Februar in den Morgenstunden gemessen. Eine Kältewelle Mitte/Ende Februar kommt immer wieder vor, zuletzt traf es uns 2012 mit einer zweiwöchigen Frostperiode. Damit in unseren Breiten solche tiefen Temperaturen erreicht werden, müssen viele Faktoren gleichzeitig zusammenspielen. Zum einen muss ein stabiles Hoch über dem Atlantik Tiefdruckgebieten den Weg zu uns versperren, welche normalerweise von Westen feuchte und milde Luft im Gepäck haben. Zum anderen müssen sowohl Hochdruckgebiete über Skandinavien oder Nordosteuropa im Zusammenspiel mit tiefem Luftdruck im Mittelmeerraum mit einer östlichen bis nordöstlichen Strömung sibirische Kaltluft zu uns transportieren. Wenn dann noch eine Schneedecke die nächtliche Abkühlung in sternenklaren Nächten unterstützt, wird es richtig frostig.

Und genau so lief es ab: Zunächst erschwerte der allmähliche Aufbau kräftiger Hochdruckgebiete über Nord- und

Osteuropa zunehmend die Passage von Tiefdruckgebieten über Mitteleuropa. Anfang und Mitte Februar brachten Tiefausläufer noch gebietsweise kräftigen Wind und Niederschlag. Letzter fiel dann ab Monatsmitte noch als Schnee und sorgte auch in tieferen Lagen für eine vergleichsweise dünne, aber für die weitere Auskühlung ausreichende Schneedecke. Sonst herrschte unter Hochdruckeinfluss eine trockene und überwiegend sonnenscheinreiche Witterung vor. In der letzten Dekade floss dann mit stärker werdender Ostströmung am Südrand eines kräftigen nordeuropäischen Hochs trockene Polarluft ein, die für sonniges und eiskaltes Winterwetter sorgte.

Insgesamt war der Februar sowohl in Bayern als auch in Gesamtdeutschland deutlich zu kühl und sehr niederschlagsarm. Dabei war Bayern sogar mit $2,9^{\circ}\text{C}$ und einer Abweichung der Lufttemperatur vom Soll von $-2,4$ Grad das kälteste Bundesland. An den Waldklimastationen betrug die mittlere Ab-

weichung sogar -3 Grad. Damit reichte es allerdings nur für Rang 24 der kältesten Februare. Zuletzt war 2012 der zehntkälteste Februar mit einer monatlichen Durchschnittstemperatur von $-4,5^{\circ}\text{C}$ und 1986 wurden sogar -7°C erreicht, was dann für Rang 5 reichte. Richtig kalt war es 1956 mit $-11,3^{\circ}\text{C}$, dafür musste dann der Frost mit zweistelligen Minusgraden vier Wochen anhalten! Insgesamt fiel durch den Hochdruck bayernweit nur die Hälfte des üblichen Niederschlags, an den Waldklimastationen sogar nur ein Viertel, während die Sonne mit 97 Stunden dafür um ein Viertel mehr als gewöhnlich schien. Trotzdem war Bayern damit das zweitsonnenscheinärmste Bundesland. Besonders vom Allgäu bis zum Chiemgau schien die Sonne örtlich weniger als 40 Stunden (DWD 2018b). Trotz der geringen Niederschläge blieben die Böden meist wassergesättigt. Nur unter Nadelwald gingen die Füllstände der Bodengewässerspeicher zeitweise geringfügig unter die Feldkapazität zurück.

Winter 2017/18

Der Winter 2017/2018 war mit $0,4^{\circ}\text{C}$ in Bayern trotz des kalten Februars überdurchschnittlich warm, $1,5$ Grad wärmer als das Mittel 1961–90. Hier machten sich der milde Dezember und der Rekordjanuar bemerkbar. Damit war der Winter trotz »Väterchen Frost« immer noch der 29. mildeste Winter seit 1881/1882. Mit 230 l/m^2 fiel rund 15 % mehr Niederschlag als im langjährigen Mittel (Rang 33 der feuchtesten Winter seit 1881/82). Die Sonnenscheindauer lag mit 180 Stunden 5 % über der Norm. Die Wälder konnten mit voll gesättigten Bodengewässerspeichern in die neue Vegetationsperiode hineingehen.

Literatur

DWD (2018 a): Witterungsreport Express Dezember 2017.

DWD (2018 b): Monatlicher Klimastatus Deutschland Januar + Februar 2018. www.dwd.de/DE/leistungen/pbfb_verlag_monat_klimastatus/monat_klimastatus.html

Autoren

Dr. Lothar Zimmermann und Dr. Stephan Raspe sind Mitarbeiter in der Abteilung »Boden und Klima« der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft. Lothar.Zimmermann@lwf.bayern.de
Stephan.Raspe@lwf.bayern.de

»Friederike« und die Sturmsaison des Winters 2017/18

Die Spitzenböengeschwindigkeiten in Deutschland, die das Orkantief Friederike am 18. Januar 2018 auslöste, sind durchaus vergleichbar mit denen anderer schwerer Winterstürme, wie beispielsweise Orkan Kyrill, der vor genau elf Jahren am 18./19. Januar 2007 über ganz Deutschland wütete. Kyrill zog damals über Schottland, die Nordsee und Dänemark nach Osten, so dass an seiner Südseite sehr hohe Geschwindigkeiten in ganz Deutschland auftraten. Sein tiefster Kerndruck betrug 965 hPa . Bei Friederike verlief die Zugbahn etwas weiter südlich, auch wurde »nur« ein Kerndruck von 974 hPa erreicht. Von den höchsten Windgeschwindigkeiten wurde vor allem die Mitte Deutschlands getroffen, d.h. ein Streifen von Nordrhein-Westfalen über Hessen und Thüringen bis Sachsen. Hier übertrafen die Spitzenböen jene aus dem Zeitraum 1981–2010. In Bayern war insbesondere der äußerste Nordwesten betroffen.

Laut einer Meldung der Europäischen Wirtschaftsdienst GmbH (EUWID) vom 24. Januar 2018 verursachte der Orkan Friederike bundesweit knapp 7 Mio. fm Sturmholz, wobei die Hauptschadensgebiete in Süd-Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen, Nordhessen, Sachsen und Sachsen-Anhalt lagen. Daneben forderte er auch mindestens sechs Menschenleben und legte den gesamten Fernverkehr der Bahn lahm. In Bayern war Friederike dagegen eher ein üblicher Wintersturm und verursachte relativ geringen Schaden. Dennoch mussten die Einsatzkräfte viele hundert Male ausrücken, um umgestürzte Bäume und abgebrochene Äste auf den Straßen zu entfernen.

Die Sturmsaison im Herbst und Winter 2017/2018 begann mit Sturm Sebastian am 14. September 2017 ungewöhnlich früh und hatte eine Reihe schwerer Stürme im Gepäck. Die Stürme Xavier am 5. und Herwart

am 31. Oktober suchten vor allem Nord- und Ostdeutschland heim. Am 2. Januar sorgte Sturm Burglind auch für größere Schäden in Bayern. Den krönenden Abschluss bildete dann Friederike. Die Ursache für diese Häufung an schweren Stürmen war eine seit dem Herbst vorherrschende Westwetterlage. Dabei ziehen Tiefdruckgebiete in rascher Abfolge vom Nordatlantik über die Nordsee nach Südsandinavien. An ihrer Südflanke können sich bei großen Temperaturgegensätzen dann Sturmtiefs entwickeln. Ähnliche Verhältnisse mit den entsprechenden Stürmen gab es auch Anfang der 1990er Jahre häufiger. Zwischenzeitlich nahm die Zahl der Westwetterlagen und damit auch der Stürme deutlich ab. Erst in der jüngeren Vergangenheit ist wieder eine Zunahme zu verzeichnen. Ob sich dieser Trend fortsetzen wird, ist allerdings noch ungewiss.

Lothar Zimmermann und Stephan Raspe



Enzyklopädie der Wildobst- und seltenen Obstarten

Mehr als 200 seltene heimische und exotische Obstarten, die sich im eigenen Garten ziehen lassen, werden von A bis Z beschrieben. Mini-Kiwi, Indianerbanane, Berberitze, Roter Holunder, Kornelkirsche, Kaki, Büffelbeere, Sanddorn, verschiedene Kastanienarten, Honigbeere, Butternuss- und andere Walnussgewächse, Blasschotenstrauch, Feige oder Goji-Beere sind nur einige wenige der Arten, die in diesem umfassenden Buch ihren Auftritt haben. Jede Art wird im Detail beschrieben. Fast vergessene heimische Wildobstarten sind ebenso lückenlos vertreten wie alle für den Anbau in unseren Breiten geeigneten exotischen Obstarten.

Helmut Pirz: **Enzyklopädie der Wildobst- und seltenen Obstarten.** Leopold Stocker Verlag 2015, 416 Seiten. 39,90 Euro. ISBN: 978-3-7020-1515-2



Anbaueignung der Douglasie

Das Ziel der vorliegenden Untersuchung ist die Prüfung der Anbaueignung 36 nordamerikanischer und 2 deutscher Douglasien-Herkünfte in Bezug auf ihre Wuchsleistung. Hierzu wurden die Versuchsflächen der II. Internationalen Douglasien-Provenienzversuchsserie, die durch die damalige Niedersächsische Forstliche Versuchsanstalt im Jahr 1961 begründet wurden, bis zum Alter 38 Jahre ausgewertet. Auf die Bedeutung der Douglasie im Zeichen des Klimawandels wird ebenfalls eingegangen. Die Ergebnisse sind aufschlussreich sowohl für Wissenschaftler als auch für die forstliche Praxis.

Andreas Weller: **Prüfung der Anbaueignung von 38 autochthonen bzw. nichtautochthonen Douglasienherkünften (Pseudotsuga menziesii [Mirb.] Franco) in Bezug auf ihre Wuchsleistung und qualitative Entwicklung.** Cuvillier Verlag 2011, Dissertation Uni Göttingen, 294 Seiten. 74,86 Euro. ISBN: 9783869557021



Waldumbau

Erkennen Sie die wichtigsten Standorteigenschaften und analysieren Sie, an welcher natürlichen Waldgesellschaft Sie sich für die Baumartenwahl am besten orientieren. Können exotische Baumarten, beispielsweise die Douglasie, ein Teil der Lösung sein? Mit Beschreibungen aller Techniken, die für den Waldumbau in Frage kommen. Da der Waldumbau Jahre bis Jahrzehnte dauern kann, erklärt der Autor die wichtigsten Schadfaktoren und leitet ab, wie man Schäden langfristig vermeiden kann.

Bernhard Henning: **Waldumbau. Gesunden Mischwald bewirtschaften.** Ulmer Verlag 2017, 202 Seiten. 39,90 Euro. ISBN: 978-3-8186-0116-4



Bergahornweiden im Alpenraum

Bergahornweiden sind Hotspots der Biodiversität. Sowohl auf den Bäumen als auch am Boden findet eine Vielzahl von Organismen ihren Lebensraum, darunter zahlreiche seltene und gefährdete Arten wie zum Beispiel das Rudolphis Trompetenmoos (*Tayloria rudolphiana*). Bergahornweiden sind durch den Nutzungswandel in der Landwirtschaft bedroht und werden zunehmend seltener. Die Autoren präsentieren eine umfassende Analyse der Bergahornweiden. Sie beleuchten sowohl die herausragende Artenvielfalt und den Naturschutzwert als auch die historischen Aspekte und den kulturellen Wert dieser einzigartigen Kulturlandschaft.

Thomas Kiebacher, Ariel Bergamini, Christoph Scheidegger, Matthias Bürgi: **Bergahornweiden im Alpenraum – Kulturgeschichte, Biodiversität und Rudolphis Trompetenmoos.** Haupt Verlag 2018, 235 Seiten. 36,00 Euro. ISBN: 978-3-258-08055-0



Sylvicultura oeconomica – Transkription in das Deutsch der Gegenwart

Das von Hans Carl von Carlowitz im Jahre 1713 veröffentlichte erste deutsche rein forstliche Fachbuch »Sylvicultura oeconomica« erschien seit dem Jahre 2000 bereits in drei Reprintausgaben und einer wissenschaftlichen Edition. Da der originale Buchtext infolge der Frakturschrift und der ausschweifenden barocken Sprache des 18. Jahrhunderts dem heutigen Leser doch einige Schwierigkeiten bereitet, haben Harald Thomasius und Bernd Bendix den Original-Carlowitz-Text in das Deutsch der Gegenwart transkribiert. Die Transkription erschließt dem Leser in verständlicher Sprache die erstmals von Carlowitz beschriebenen Gedanken einer kontinuierlichen Holzversorgung der Bevölkerung.

Harald Thomasius, Bernd Bendix: **Sylvicultura oeconomica – Transkription in das Deutsch der Gegenwart.** Kessel-Verlag 2013, 368 Seiten. 25 Euro. ISBN: 978-3941300705

Großlaufkäfer in Bayern

Die heimischen Großlaufkäfer der Gattung *Carabus* sind wichtige Indikatorarten mit oftmals konkreter Bindung an bestimmte Lebensräume. Wegen ihrer Auffälligkeit und Schönheit sind sie auch geeignete Objekte für die Umweltbildung. Viele dieser Arten haben eine weltweit eng begrenzte Verbreitung und wir tragen für ihren Schutz eine hohe Verantwortung. Mit dem von ANL und LWF neu konzipierten und geländetauglichen Bestimmungsschlüssel können auch geübte Laien alle heimischen Arten bestimmen. Das »hosentaschentaugliche« Format und die robuste, wasserfeste Ausführung machen den Schlüssel zum perfekten Begleiter im Gelände.

Stefan Müller-Kroehling (LWF), Wolfram Adelman (ANL) (2017): **Großlaufkäfer der Gattung *Carabus* in Bayern – Eine Bestimmungshilfe am lebenden Tier.** Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (Hrsg.). 16 Seiten, kostenlos (www.anl.bayern.de/publikationen/index.htm). ISBN: 978-3-944219-33-2



Nächste Ausgabe

3 | 2018

Impressum

Herausgeber:

Olaf Schmidt für die Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft und für das Zentrum Wald-Forst-Holz Weißenstephan
Hans-Carl-von-Carlowitz-Platz 1, 85354 Freising
Telefon: 08161 71-4801, Telefax: 08161 71-4971
www.lwf.bayern.de und www.forstzentrum.de, redaktion@lwf.bayern.de

Chefredakteur: Michael Mößnang V.i.S.d.P.

Redaktion: Michael Mößnang, Stefan Geßler,
Christoph Josten (Zentrum Wald-Forst-Holz)

Gestaltung: Christine Hopf

Bezugspreis: EUR 5,- zzgl. Versand

für Mitglieder des Zentrums Wald-Forst-Holz Weißenstephan e.V. kostenlos
Mitgliedsbeiträge: Studenten EUR 10,-/Privatpersonen EUR 30,-/
Vereine, Verbände, Firmen, Institute EUR 60,-

Jahrgang: 25. Jg.

Erscheinungsweise: Viermal jährlich

Erscheinungsdatum: 17. April 2018

Auflage: 2.800 Stück

Druck und Papier: PEFC zertifiziert

Druckerei: Bosch Druck GmbH, Ergolding

Vervielfältigung, Verbreitung und Bearbeitung bzw. jede Art der Verwertung außerhalb der Grenzen des Urheberrechts, insbesondere außerhalb des privaten Gebrauchs, ist nur nach vorheriger Zustimmung des Herausgebers erlaubt.

Privatwald

700.000 Waldbesitzerinnen und Waldbesitzer gibt es in Bayern. Sie sind für über 50 % des Waldes in Bayern verantwortlich, was etwa 1,4 Millionen Hektar Wald entspricht. Daher ist es nicht verwunderlich, dass Beratung und Unterstützung der Waldbesitzer Kernaufgaben der Bayerischen Forstverwaltung sind. Zudem ist festzustellen, dass immer mehr Waldbesitzerinnen und Waldbesitzer immer weniger mit der Bewirtschaftung ihres Waldes vertraut sind. Diesen unerfahrenen Waldbesitzern einen Weg aufzeigen, wie sie ihrem Wald und einer nachhaltigen Waldbewirtschaftung näher kommen, dieses ist das Ziel des Bildungsprogramms Wald. Nach dem verheerenden Gewittersturm Kolle im August 2017 stand für die Forstverwaltung fest, dass zu Hilfe gelangen muss. Aufgrund der teils existenzbedrohenden Sturmschäden wurde der Privatwald finanziell wie auch personell unterstützt. Aber auch auf vielen anderen Gebieten wird der Privatwald in vielfältiger Weise unterstützt und gefördert.